

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

IDROLOGIA E IDRAULICA GENERALE

Relazione idrologica generale e di compatibilità idraulica

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 2 5 0 3 D 2 6 R H I D 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Coppa 	Aprile 2020	S. Santopietro 	Aprile 2020	M. Berlingeri 	Aprile 2020	
File: NM2503D26RHID0000001A								

Sommario

1. PREMESSA	2
1 INTRODUZIONE	3
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Documenti di input	4
3 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2. DESCRIZIONE DEI BACINI INDIVIDUATI.....	6
4 AREE DI ESONDAZIONE PGRA.....	6
3. ANALISI IDROLOGICA.....	14
3.1. Analisi pluviometrica	14
3.2. Stima delle piogge di forte intensità e breve durata	16
3.3. Calcolo portate al colmo di piena.....	20
4. PORTATE DI PIENA.....	27
7.1	Errore. Il segnalibro non è definito.
7.2 Portate stimate con il metodo SCS e metodo Razionale.....	28
8 CONSIDERAZIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	30
9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	33
ALLEGATI.....	35

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID00000D	REV. A	FOGLIO 2 di 39

1. PREMESSA

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualficazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^ fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualficazione delle Stazioni e dei PRG di

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID00000D	REV. A	FOGLIO 3 di 39

Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L'intervento, nel suo complesso, grazie all'incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

1 INTRODUZIONE

L'analisi idrologica nel seguito illustra le metodologie adottate per il calcolo delle portate transitanti all'interno dei manufatti idraulici previsti lungo il tratto in esame, Piadena-Mantova Lotto 3.

La fase iniziale del presente studio ha riguardato l'analisi degli input idrologici per poter sviluppare un modello afflussi-deflussi e in secondo luogo stimare le portate transitanti in tutti gli attraversamenti presenti lungo la tratta ferroviaria del Lotto 3. Nello specifico, mediante l'utilizzo di modelli di calcolo quali il GIS, si sono estratti i bacini idrografici oggetto di studio utilizzando come base cartografica sia il LiDar che la cartografica disponibile nel GeoPortale della Regione Lombardia. I bacini tengono conto sia dell'orografia del terreno e soprattutto del districato reticolo idrografico artificiale dell'area in quanto le porzioni di territori interessati dall'opera sono prevalentemente ad uso agricolo e quindi la quasi totalità dei corsi d'acqua intercettati sono risultati canali irrigui di conseguenza lo studio delle portate tal volta è derivato dall'analisi delle piogge e talvolta dalle portate regimentate forniteci dai vari consorzi di bonifica.

La scelta dei tempi di ritorno è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle indicazioni riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po (PAI Fiume Po), dalle Norme tecniche delle costruzioni (NTC18) e dal Manuale di Progettazione Ferroviaria 2018.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 4 di 39

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documenti di input

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Rif. [1] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000001, intitolato “Corografia dei bacini Tav1/4”, datato Aprile 2020;
- Rif. [2] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000002, intitolato “Corografia dei bacini Tav2/4”, datato Aprile 2020;
- Rif. [3] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000003, intitolato “Corografia dei bacini Tav3/4”, datato Aprile 2020;
- Rif. [4] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000004, intitolato “Corografia dei bacini Tav4/4”, datato Aprile 2020;
- Rif. [5] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000005, intitolato “Inquadramento aree di esondazione secondo il PGRA Tav1/2”, datato Aprile 2020;
- Rif. [6] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26C5ID0000006, intitolato “Inquadramento aree di esondazione secondo il PGRA Tav2/2”, datato Aprile 2020;
- Rif. [7] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26RIID0000001, intitolato “Relazione idraulica di drenaggio ferrovia e compatibilità idraulica”, datato Aprile 2020;
- Rif. [8] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26RINV0000001, intitolato “Relazione idraulica di drenaggio di piattaforma stradale e piazzali”, datato Aprile 2020;
- Rif. [9] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26RIID0000002, intitolato “Relazione idraulica attraversamenti minori ferroviari”, datato Aprile 2020;
- Rif. [10] Italferr S.p.a., documento n.° NM2503D26RINV000000, intitolato “Relazione idraulica attraversamenti minori stradali”, datato Aprile 2020.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 5 di 39

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.3 - Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relative "Norme tecniche regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'articolo 3, comma 1 del Regolamento reg. 2006, n.3".
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID00000D	REV. A	FOGLIO 6 di 39

- DGR 6738 del 19 giugno 2017. “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”.
- Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019.

4 AREE DI ESONDAZIONE PGRA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L’infrastruttura oggetto di studio si trova nell’area alluvionale del fiume Oglio e del fiume Po. Per individuare i tratti di ferrovia interessati dalla pericolosità idraulica si è sovrapposta la ferrovia alle carte di rischio idraulico del PGRA come riportato negli elaborati Rif[05], Rif[06]. Le aree di esondazione mappate dal P.G.R.A. sono riportate negli elaborati succitati mentre lo studio di compatibilità idraulica dell’infrastruttura è riportato negli elaborati Rif[07], Rif[08], Rif[09], Rif[10].

L’intervento in progetto, ubicato nelle Province di Mantova, Cremona e Lodi, ricade nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino del Po. Lo studio della compatibilità idraulica degli interventi in progetto è sviluppato anche in riferimento alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), Interventi sulla rete idrografica e sui versanti, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 il 26 aprile 2001 e al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., marzo 2016).

4.1 Piano per l’Assetto Idrogeologico

L’adozione del Piano per l’Assetto Idrogeologico, nel seguito PAI, ottempera a quanto previsto dall’art.17, comma 6-ter, L.183/89, dell’art.1, comma 1, D.L.180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98 (Decreto “Sarno”), e dell’art.1bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000 (Decreto “Soverato”).

Ai sensi della Legge n. 183/89 gli obiettivi del PAI sono:

- la riduzione del rischio idrogeologico, il riequilibrio del territorio ed il suo utilizzo nel rispetto del suo Stato, della sua tendenza evolutiva e delle sue potenzialità d’uso;
- la riduzione del rischio idraulico ed il raggiungimento di livelli di rischio socialmente accettabili;

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 7 di 39

- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale in base alle caratteristiche morfologiche, naturalistico-ambientali ed idrauliche.

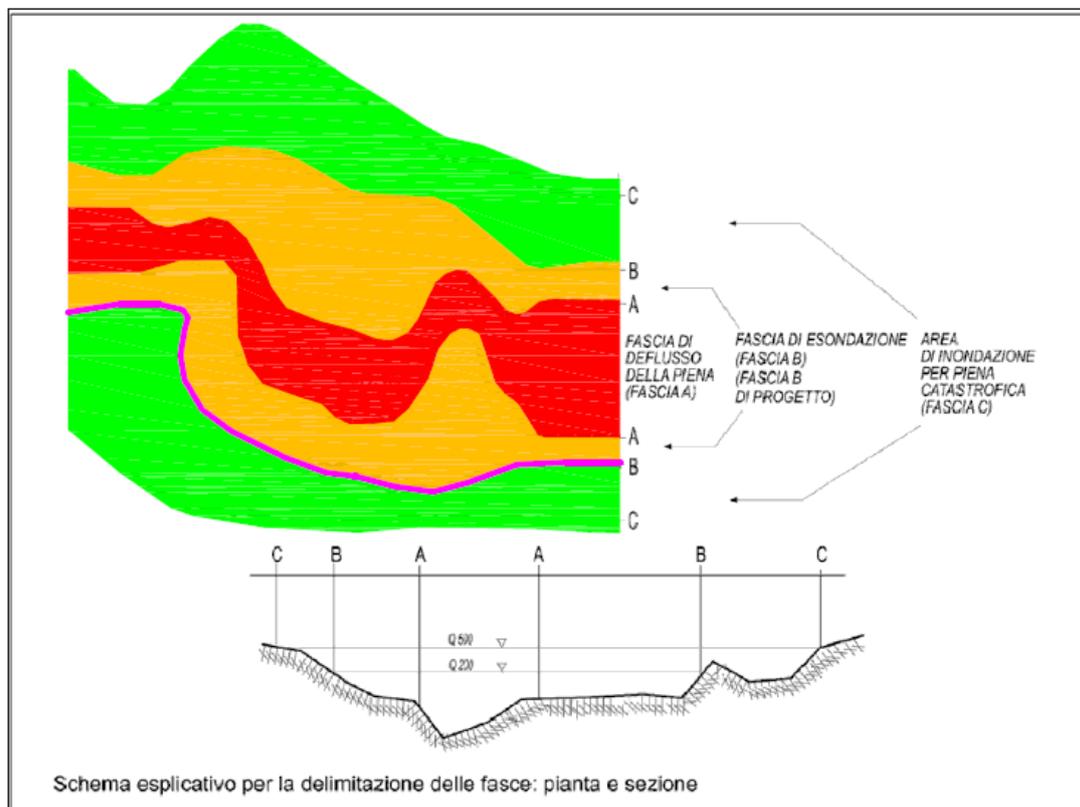
I vincoli idraulici e i condizionamenti fisici sono costituiti dalle Fasce Fluviali definite nel Piano Stralcio delle fasce fluviali PSFF e che sono relative a:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" del Titolo II delle Norme di attuazione del PAI vengono definiti i criteri per la delimitazione delle fasce fluviali:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A).** Si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:
 - ✓ fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0,4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
 - ✓ limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati);
- **Fascia di esondazione (Fascia B).** Si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata. La delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:

- ✓ le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
- ✓ le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.
- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C).** Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.



Alcuni tratti dell'opera da realizzare sono interferenti con le aree di inondazione per piena dei fiumi Oglio e Mincio, i cui limiti sono rappresentati dalle fasce fluviali predisposte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, come verrà particolareggiato nei paragrafi seguenti.

L'art.38 delle Norme di Attuazione del PAI, recante gli "interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico", asserisce che:

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID00000D	REV. A	FOGLIO 9 di 39

che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

4.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA

Il piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) non prevede ancora delle norme che disciplinano le attività consentite nelle aree di allagamento individuate, l'analisi di compatibilità idraulica degli interventi in progetto si esegue aderendo alle Norme di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico del Fiume Po.

Gli scenari di alluvione di riferimento per le analisi del PGRA sono:

- Aree allagabili – scenario frequente: elevata probabilità di alluvioni (H), tempo di ritorno 20-50 anni;
- Aree allagabili – scenario poco frequente: media probabilità di alluvioni (M), tempo di ritorno 100-200 anni;
- Aree allagabili – scenario raro: scarsa probabilità di alluvioni o scenario di eventi estremi (L), tempo di ritorno 500 anni o massimo storico registrato.

I criteri di compatibilità definiti all'art. 38 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico prescrivono che gli interventi "non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo lungo le fasce, che non

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 10 di 39

costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo”. Tale indicazione rappresenta l’elemento principale per la valutazione di compatibilità.

La valutazione della pericolosità idraulica cui è sottoposta l’infrastruttura in esame è stata effettuata calando il tracciato di progetto sulle carte di pericolosità idraulica fornite dal PGRA dell’Autorità di bacino per il fiume Po, approvato in data 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale.

4.3 Piani di governo del territorio PGT

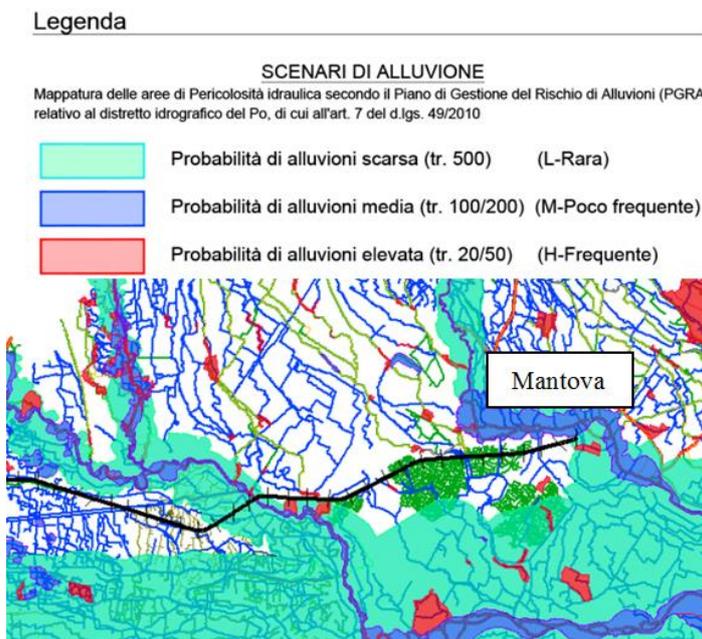
Per le aree ricadenti in Fascia C, le norme tecniche di attuazione del PAI non danno particolari prescrizioni, riportando che “Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C”. Ad ogni modo, consultati i PGT dei comuni interessati dagli interventi, non si rilevano particolari prescrizioni e vincoli, posto che il progetto è stato corredato in ogni sua componente, da un dettagliato studio di compatibilità che verifica la coerenza dello stesso e documenta la correlata assenza di rischio idraulico secondo le indicazioni emanate dell’Autorità di Bacino.

4.4 Analisi del tracciato

La sovrapposizione del tracciato ferroviario con le carte di pericolosità idraulica redatte dall’Autorità di Bacino per il fiume Po, evidenzia che l’asse ferroviario oggetto del presente Progetto Definitivo interseca in molteplici comuni aree a pericolosità idraulica. In particolare, utilizzando le *progressive storiche* del tracciato:

- Marcaria e Bozzolo – da km 64+300 a 68+600: aree allagabili a scenario frequente, medio (tempo di ritorno 100/200 anni) e raro, legate alle fasce d’esonazione del fiume Oglio;
- Mantova – da km 88+650 a 89+450: aree allagabili a scenario raro, tempo di ritorno 500 anni;
- Marcaria – da km 69+400 a 70+250: aree allagabili a scenario frequente, tempo di ritorno 20 – 50 anni;

In Figura 1 viene rappresentata la sovrapposizione delle aree di pericolosità idraulica alla linea ferroviaria in progetto di raddoppio, ove può notare l’intersezione della linea con tutti e tre gli scenari.



Dalla Figura 3 si evince che il paese di Marcaria rientra in parte all'interno di zone a pericolosità elevata, media e bassa, dovuta alla vicinanza con il fiume Oglio e all'attraversamento da nord a sud della linea ferroviaria da parte del fiume Tartaro, alla progressiva km 71+367 (L.S.), ad est della stazione di Marcaria.

4.4.1 Protezione del rilevato contro fenomeni erosivi

La sicurezza idraulica della linea è stata verificata in funzione delle aree di esondazione sopra esposte, nelle quali sono stati condotti degli studi specifici effettuati nell'ambito del presente progetto volti ad approfondire il livello di conoscenza dei fenomeni in atto, sia dal punto di vista della perimetrazione dell'area, sia sui livelli idrici raggiunti, sia sulle velocità. Dall'analisi dei risultati degli studi sopra descritti, per i quali si rimanda agli elaborati specifici, sono stati individuati i tratti del rilevato ferroviario che necessitano di sistemi di protezione contro fenomeni di erosione.

4.5 Compatibilità idraulica

Il dimensionamento delle opere di attraversamento in corrispondenza dei corsi d'acqua minori realizzati con tombini sono stati fissati i seguenti criteri:

- garantire l'assenza di rigurgiti e il rispetto di un franco di sicurezza (riempimento massimo pari al 70% della sezione disponibile);

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 12 di 39

- evitare l'innesco di fenomeni di escavo in prossimità dell'opera prevedendo nei raccordi a monte ed a valle, la realizzazione di opere di presidio elastiche (materassi e gabbioni);

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed i risultati delle verifiche idrauliche riportate nei paragrafi precedenti, sono stati definiti tipologia e dimensione delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua minori e maggiori.

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle riportate nelle norme di attuazione del PAI, in quanto:

- il potenziamento della linea ferroviaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- l'intervento proposto è tale da non aggravare la funzionalità idraulica dell'area;
- le opere di progetto non precludono la possibilità di eliminare le cause che determinano le attuali condizioni di rischio.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 13 di 39

2. DESCRIZIONE DEI BACINI INDIVIDUATI

Per poter conoscere l'entità delle portate che i tombini di attraversamento idraulico dovranno smaltire, si è studiato il bacino idrologico che contribuisce alla formazione delle stesse.

Ad ogni manufatto idraulico è stato appunto associato un bacino idrografico avente sezione di chiusura proprio sull'opera stessa.

I suddetti bacini non interferendo nessun reticolo idrografico, sono stati perimetrati in funzione delle strade esistenti che, nel caso in esame, si identificano come spartiacque. Tali bacini risultano prevalentemente di tipo agricolo essendo la zona prevalentemente coltivata. Per la corografia dei bacini si rimanda agli elaborati Rif[01], Rif[02], Rif[03], Rif[04].

Per lo studio idraulico dei bacini, in primo luogo, si sono determinate le grandezze fisiche quali: Area, altezza massima e minima del bacino, lunghezza del tronco e pendenza di questo.

Per poter calcolare le portate, oltre alle caratteristiche fisiche dei bacini, si è proceduto nel calcolo del tempo di corrivazione, questo è definito come il tempo che impiega l'ultima goccia d'acqua caduto nel punto idraulicamente più lontano ad arrivare alla sezione di chiusura, il punto idraulicamente più lontano non è quello che presenta una distanza maggiore, bensì il tragitto più lento che una goccia d'acqua percorre per arrivare, appunto, alla sezione di chiusura del bacino stesso.

Per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino t_c , espresso in ore, si è scelto di utilizzare sia la formulazione del Soil Conservation Service sia le formulazioni di Giadotti e di Ventura in funzione della metodologia utilizzata per la stima delle portate al colmo.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</p>	<p>COMMESSA NM25</p>	<p>LOTTO 03</p>	<p>CODIFICA D26RH</p>	<p>DOCUMENTO ID000000D</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 14 di 39</p>

3. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica dei bacini in questione è stata condotta con riferimento ai seguenti documenti prodotti dalle autorità competenti sul territorio lombardo:

- *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d'acqua del reticolo principale*
- *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - dell'Adda nel tratto da Olginate alla confluenza nel Po, del Fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda*

I valori delle portate di piena sono stati stimati mediante l'utilizzo delle curve di possibilità pluviometrica fornite dall'ARPA Lombardia e successivamente l'applicazione di modelli idrologici afflussi-deflussi.

3.1. Analisi pluviometrica

Per la stima delle portate di piena defluenti nei corsi d'acqua sono stati utilizzati modelli di trasformazione afflussi-deflussi che a partire dalle curve di possibilità pluviometrica dell'ARPA Lombardia forniscono il corrispondente andamento nel tempo delle portate.

L'applicazione di tali modelli necessita quindi della conoscenza del regime delle precipitazioni di forte intensità nel territorio di interesse, sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l'altezza h , la durata d della pioggia e il tempo di ritorno T tramite l'espressione:

$$h(t) = a t^n$$

Per il calcolo del regime pluviometrico sono state considerati i parametri a ed n delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia. Tali valori sono stati individuati analizzando l'intera area oggetto di studio (Da Mantova a Cremona) scegliendo quelli in prossimità di Cremona in quanto massimizzavano i valori delle altezze di pioggia.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Cremona

Coordinate:

Linea segnatrice

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

Tempo di ritorno (anni) **100**

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26,879999

N - Coefficiente di scala 0,26660001

GEV - parametro alpha 0,2719

GEV - parametro kappa -0,0752

GEV - parametro epsilon 0,82099998

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore] **24**

Precipitazione cumulata [mm] **145,2**

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,92204	1,25272	1,48770	1,72590	2,05400	2,31538	2,58983	2,31538482
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	24,8	33,7	40,0	46,4	55,2	62,2	69,6	62,24
2	29,8	40,5	48,1	55,8	66,4	74,9	83,7	74,87
3	33,2	45,1	53,6	62,2	74,0	83,4	93,3	83,42
4	35,9	48,7	57,9	67,1	79,9	90,1	100,7	90,07
5	38,1	51,7	61,4	71,3	84,8	95,6	106,9	95,59
6	40,0	54,3	64,5	74,8	89,0	100,3	112,2	100,35
7	41,6	56,6	67,2	77,9	92,8	104,6	117,0	104,56
8	43,1	58,6	69,6	80,8	96,1	108,3	121,2	108,35
9	44,5	60,5	71,8	83,3	99,2	111,8	125,1	111,80
10	45,8	62,2	73,9	85,7	102,0	115,0	128,6	114,99
11	47,0	63,8	75,8	87,9	104,6	117,9	131,9	117,95
12	48,1	65,3	77,6	90,0	107,1	120,7	135,0	120,72
13	49,1	66,7	79,2	91,9	109,4	123,3	137,9	123,32
14	50,1	68,1	80,8	93,8	111,6	125,8	140,7	125,78
15	51,0	69,3	82,3	95,5	113,7	128,1	143,3	128,11
16	51,9	70,5	83,7	97,2	115,6	130,3	145,8	130,34
17	52,7	71,7	85,1	98,7	117,5	132,5	148,2	132,46
18	53,6	72,8	86,4	100,3	119,3	134,5	150,4	134,50
19	54,3	73,8	87,7	101,7	121,0	136,4	152,6	136,45
20	55,1	74,8	88,9	103,1	122,7	138,3	154,7	138,33
21	55,8	75,8	90,0	104,5	124,3	140,1	156,7	140,14
22	56,5	76,8	91,2	105,8	125,9	141,9	158,7	141,89
23	57,2	77,7	92,3	107,0	127,4	143,6	160,6	143,58
24	57,8	78,6	93,3	108,2	128,8	145,2	162,4	145,22

Tabella 1 - Calcolo linea segnatrice 1-24 ore

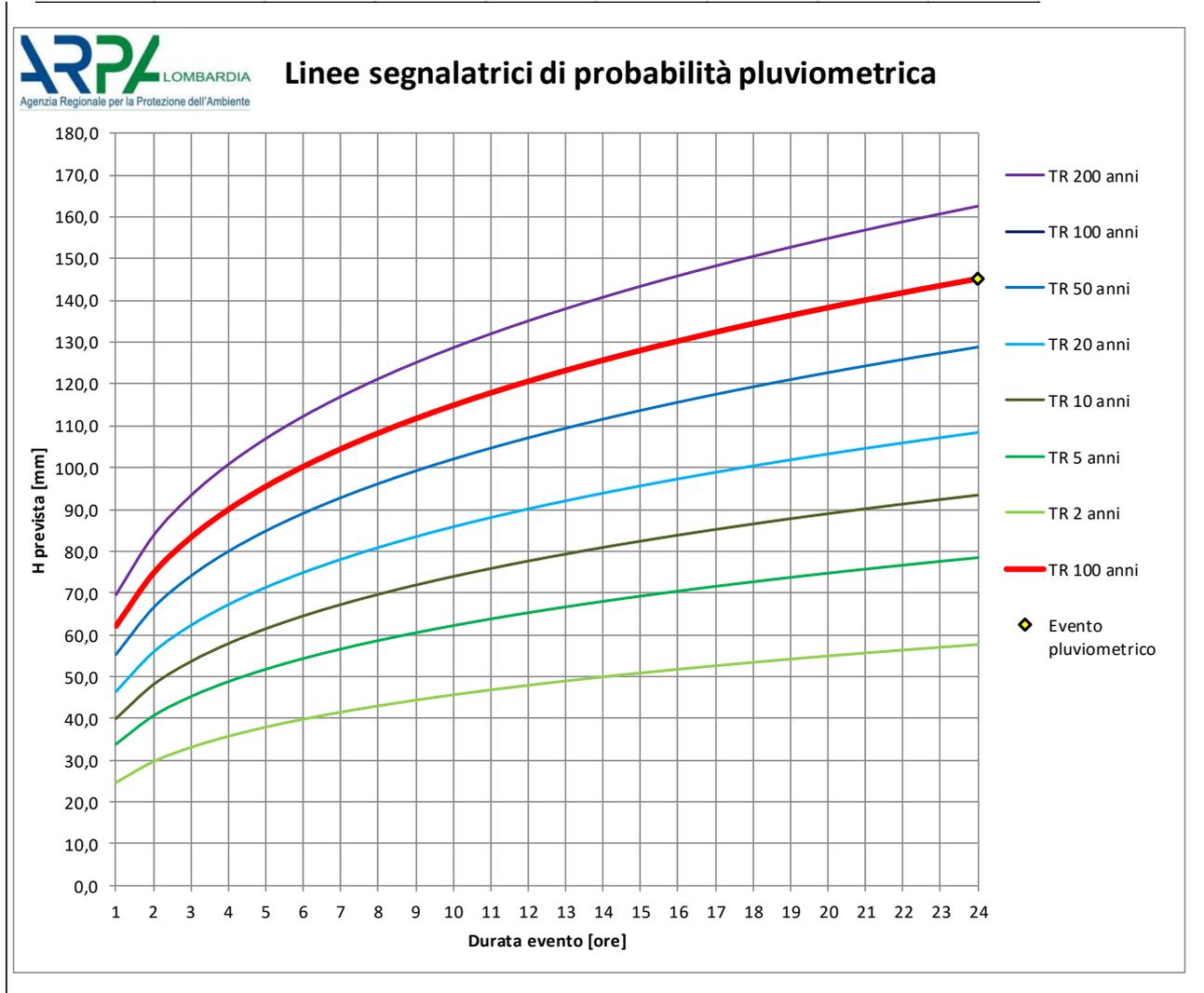


Figura 1 - LSPP ARPA Lombardia

3.2. Stima delle piogge di forte intensità e breve durata

È stato notato che i rapporti r_t tra le altezze di durata t molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località. Bell (1969), osservando che i valori medi di tali rapporti variano in misura modesta negli Stati Uniti e in Australia, riporta i parametri statistici indicati nella tabella 2. Il campo di variabilità di r_t negli Stati Uniti e nell'ex-Unione Sovietica è indicato nella Tabella 3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 17 di 39

Parametro	<i>t</i> (minuti)			
	5	15	30	120
Stati Uniti				
Media	0,29	0,57	0,79	1,25
Deviazione standard (appross.)	0,03	0,04	0,04	0,08
Australia				
<i>Tempo di ritorno 2 anni (media)</i>	0,30	0,57	0,77	1,24
<i>Tempo di ritorno 10 anni (media)</i>	0,31	0,58	0,78	1,25
<i>Tempo di ritorno 25 anni (media)</i>	0,30	0,58	0,79	1,23
Media	0,30	0,57	0,78	1,24
Deviazione standard	0,04	0,04	0,03	0,06

Tabella 2 - Rapporti r_t tra i massimi annuali delle altezze di pioggia di diversa durata e la corrispondente altezza oraria negli Stati Uniti e in Australia (Bell, 1969)

Parametro	<i>t</i> (minuti)			
	5	15	30	120
Stati Uniti				
Valore superiore	0,32	0,61	0,83	1,31
Valore inferiore	0,26	0,53	0,75	1,17
Unione Sovietica				
Valore superiore	0,32	0,61	0,83	1,31
Valore inferiore	0,26	0,53	0,75	1,17

Tabella 3 - Intervalli di variazione dei rapporti r_t tra i massimi annuali delle altezze di pioggia di diversa durata e la corrispondente altezza oraria negli Stati Uniti e nell'ex-Unione Sovietica (Bell, 1969)

Per brevi durate (meno di 2 ore) i rapporti appaiono più stabili che per durate maggiori (Bell, 1969, Goswami, 1973). Gli stessi rapporti per la curva inviluppo delle massime piogge osservate nel mondo, di equazione:

$$h_t = 390 \cdot t^{0.50}$$

con t in ore, sono (Jennings, 1950, Hershfield ed Engman, 1981):

<i>t</i> (minuti)	5	10	15	20	30	45	120	240
$r_t = h_t/h_1$	0,29	0,41	0,50	0,58	0,71	0,87	1,41	2,00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A

Al pluviometro registratore di Roma Macao su un campione di 8 anni sono stati calcolati i seguenti rapporti dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata rispetto al valor medio della massima altezza oraria dell'anno (Domanico, 1986; Calenda e altri, 1993):

<i>t (minuti)</i>	5	10	15	20	25	30
$r_{t,m} = h_{t,m}/h_{1,m}$	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Al pluviografo di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga e altri, 1990) sono stati calcolati i seguenti rapporti tra i valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_t e il valor medio della massima altezza annua oraria h_1 , nonché i corrispondenti rapporti dei valori massimi:

<i>t (minuti)</i>	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_t = h_t/h_1$	0,130	0,180	0,229	0,272	0,322	0,489	0,601	0,811	0,913
$r_{t,m} = h_{t,m}/h_{1,m}$	0,155	0,178	0,215	0,241	0,304	0,449	0,568	0,700	0,799

Più elevati sono i rapporti misurati al pluviografo dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze in 25 anni d'osservazione:

<i>t (minuti)</i>	5	15	30
$r_t = h_t/h_1$	0,431	0,618	0,858
$r_{t,m} = h_{t,m}/h_{1,m}$	0,481	0,673	0,898

Applicando i coefficienti di riduzione ricavati dal pluviografo Milano Monviso, tale strumento è più pertinente alla stima dei dati di pioggia intensa in quanto è più prossimo all'area di intervento, si ottiene la relazione che lega l'altezza di pioggia con la durata per eventi meteorici di notevole intensità e breve durata con i tempi di ritorno oggetto di studio.

$$Tr = 2 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 27.63t^{0.518}$$

$$Tr = 5 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 37.54t^{0.518}$$

$$Tr = 10 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 44.56t^{0.518}$$

$$Tr = 20 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 51.69t^{0.518}$$

$$Tr = 50 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 61.50t^{0.518}$$

$$Tr = 100 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 69.29t^{0.518}$$

$$Tr = 200 \text{ anni} \rightarrow h(t) = 77.54t^{0.518}$$

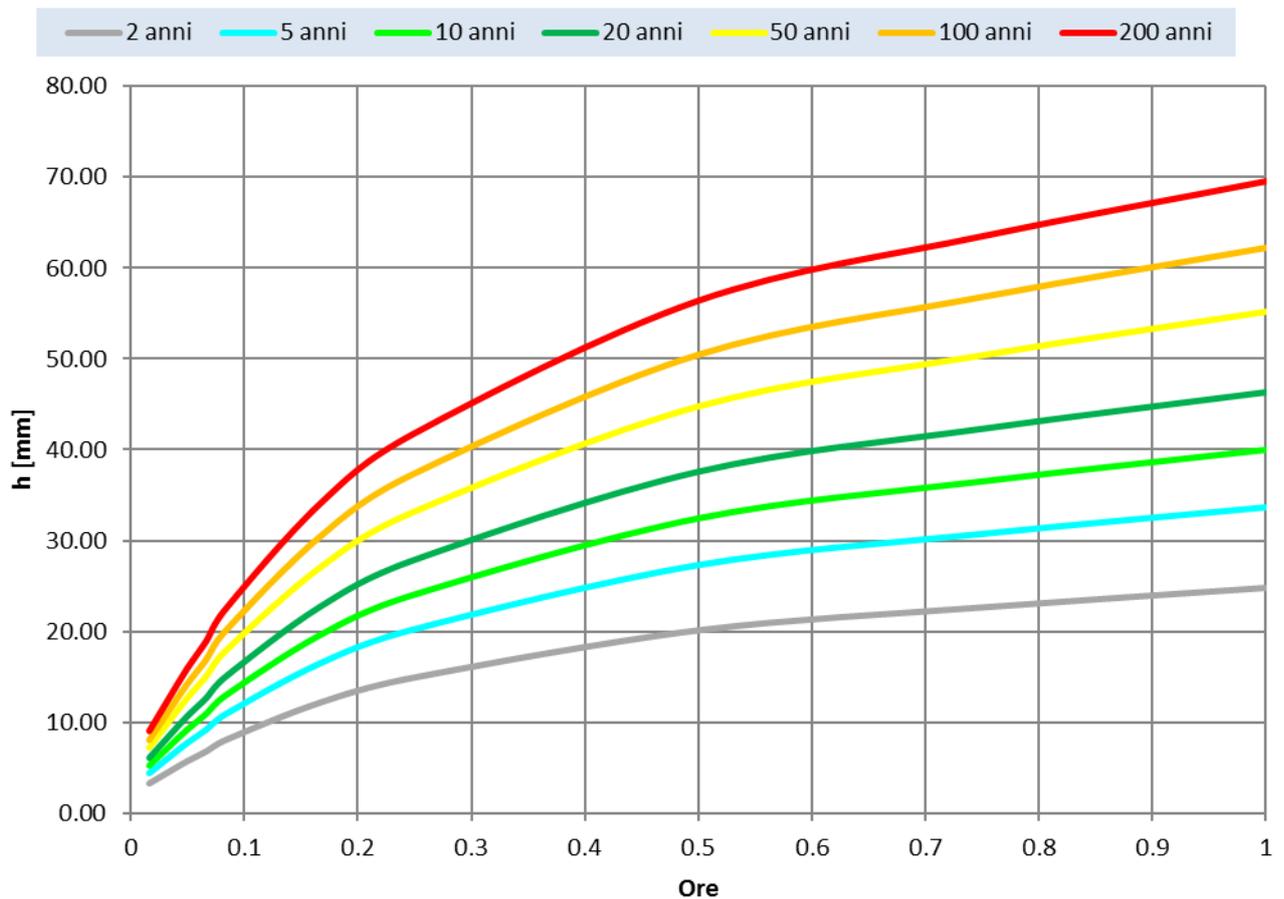


Figura 2 - Curve di possibilità pluviometrica piogge di forte intensità e breve durata

3.3. Calcolo portate al colmo di piena

Nel seguente paragrafo si riportano i metodi di trasformazione afflussi-deflussi e la metodologia per la stima dei coefficienti di deflusso che permetteranno il calcolo delle portate di piena.

La trasformazione afflussi-deflussi raggruppa l'insieme di diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso si incanali all'interno della rete idrografica.

Si può schematizzare tale metodo nella figura sottostante.

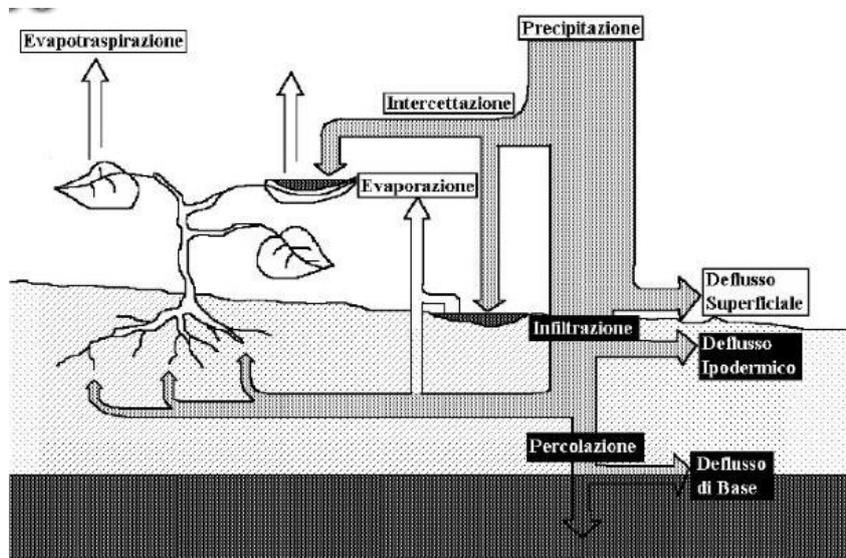


Figura 3 - Schema trasformazione afflussi-deflussi

La precipitazione viene in parte intercettata dalla vegetazione, in parte si infiltra nel terreno, in parte si accumula in piccoli invasi naturali e/o artificiali come per esempio avvallamenti nel terreno, pozze o impluvi artificiali mentre la parte rimanente costituisce il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete idrografica in funzione della pendenza del bacino idrografico.

Il sistema suolo-vegetazione, quindi, costituisce una naturale capacità di invaso che tende a decurtare parte della pioggia che arriverà nella rete idrografica.

La riduzione della pioggia è dunque dipendente dalla capacità complessiva degli invasi che risulterà variabile nel tempo in quanto funzione del progressivo riempimento degli invasi e sia in funzione dei processi di trasferimento dell'acqua che agiscono nel sistema suolo-atmosfera.

La modellazione afflussi-deflussi è dunque la componente essenziale per la ricostruzione/stima degli idrogrammi di piena a partire dalla distribuzione areale delle piogge insistenti sul bacino idrografico. Dal punto di vista matematico, il problema della ricostruzione di un idrogramma di piena può essere visto come la messa a punto di un filtro il cui ingresso è costituito da misure di una variabile $P(s,t)$ – la precipitazione insistente sul bacino durante un particolare evento – di tipo distribuito, ovvero dipendente sia dalla coordinata temporale t che dalla coordinata spaziale s e la cui uscita è una variabile $Q(t)$ – la portata nella sezione di chiusura del bacino – di tipo integrato nello spazio, ovvero dipendente solo dal tempo.

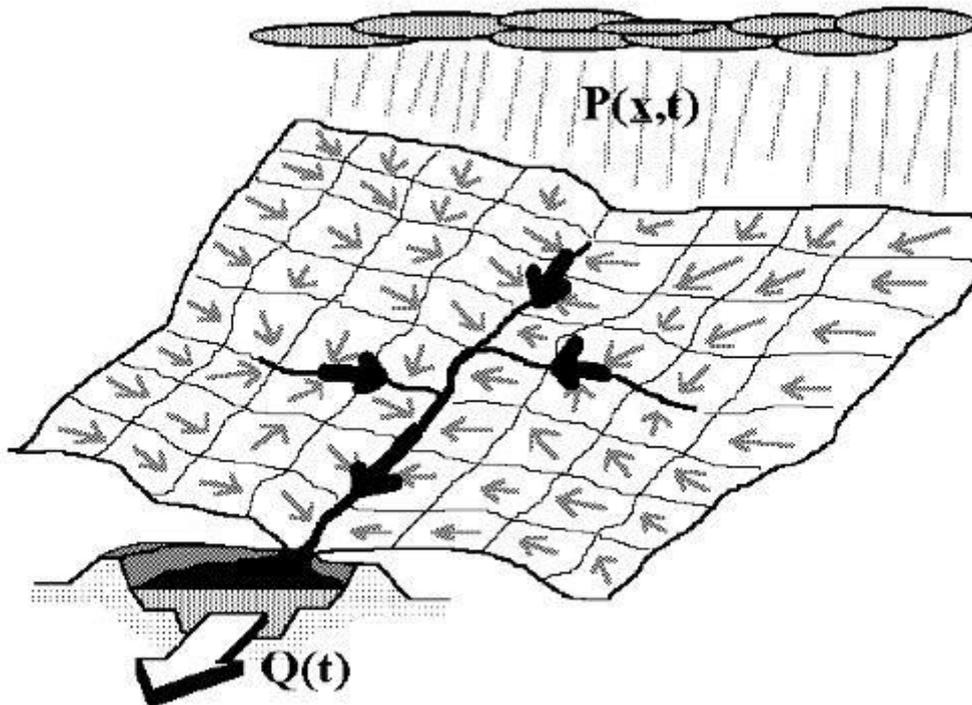


Figura 4 - Schema di trasferimento della pioggia

La trasformazione da pioggia al suolo a portata nella sezione di chiusura avviene secondo una cascata di processi, ciascuno dei quali può essere rappresentato tramite un opportuno sotto-modello specializzato. In particolare, l'ingresso principale al modello sarà costituito da una serie di misure di pioggia, nel caso in esame si sono utilizzati i dati registrati dalle stazioni di Brindisi, Latiano e San Pancrazio Salentino che sono state interpolate mediante un opportuno modello estimativo, in modo da ottenere l'andamento delle precipitazioni lorde al suolo nello spazio e nel tempo in termini di afflussi per unità di area (ovvero con dimensioni di portata per unità di area).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A

La quota parte di tali precipitazioni che andrà in scorrimento superficiale (ed eventualmente anche in deflusso ipodermico, nei limiti precedentemente accennati), detta anche precipitazione efficace o deflusso efficace, verrà stimata con un opportuno modello di trasformazione afflussi – deflussi, che stimerà la produzione di deflusso $q(s, t)$ idealmente in ciascun punto del bacino, avente questa ancora le dimensioni di una portata per unità di area.

Infine, il processo di concentrazione dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico e di trasferimento lungo questo sino alla sezione di chiusura verrà rappresentato tramite un opportuno modello di formazione dell'onda di piena.

Per il calcolo delle portate al colmo sono stati individuate due tipologia di trasformazione afflussi deflussi, più precisamente il metodo della corrivazione ed il metodo SCS CN Curve number.

Metodo razionale:

Il metodo razionale si basa sull'ipotesi che durante un evento meteorico, che inizi istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando l'area di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo Q_c è allora proporzionale al prodotto tra intensità di pioggia e area del bacino attraverso il coefficiente di afflusso ϕ .

Il calcolo del tempo di corrivazione, definito come il tempo che impiega la particella di acqua idraulicamente più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura, è stato eseguito per ogni bacino idrografico in esame utilizzando differenti formulazioni:

- Per bacini di $A > 8 \text{ km}^2$ si è scelto di utilizzare la Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{\text{media}} - h_{\text{min}}}}$$

- Per bacini di $A < 8 \text{ km}^2$ si è scelto di utilizzare il tempo di corrivazione calcolato con la formulazione di Ventura.

$$t_c = 0.127 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$$

dove:

- S/A è l'area del bacino espressa in km^2 ;
- i è la pendenza;
- L è la lunghezza dell'asta fluviale;
- h_{\min} è la quota alla sezione di chiusura;
- h_{med} è la quota media del bacino.

Nella tabella seguente si riportano i valori del tempo di corrivazione dei bacini:

Bacino	Area [km^2]	Pendenza [%]	t_c [ore]
B01	0.13	0,36%	1,09
B03	0.35	0,14%	2,72
B04	1.14	0,16%	2,04
B05	0.77	0,17%	2,03
B06	0.58	0,10%	4,98
B07	0.10	0,16%	2,04
B08	0.14	0,17%	2,29
B09	0.21	0,13%	2,90
B10	0.51	0,14%	3,04
B11	0.43	0,25%	1,54
B12	0.33	0,24%	1,48
B13	0.17	0,25%	1,25
B14	0.18	0,23%	1,41
B15	0.12	0,22%	1,36
B16	0.09	0,26%	1,23
B17	0.08	0,25%	1,27
B18	0.18	0,20%	2,00
B19	0.08	0,23%	1,29
B20	0.16	0,22%	1,41
B21	0.28	0,22%	1,83
B22	0.03	0,23%	0,81
B23	2.64	0,06%	10,90
B24	100.10	0,18%	45,42
B25	0.06	0,20%	0,56
B26	0.05	0,17%	1,06
B28	0.06	0,33%	0,43
B29	0.101	0,65%	1,94
B30	2.15	0,06%	15,33
B31	0.24	0,18%	1,66
B32	0.12	0,10%	2,18
B33	1.48	0,12%	11,07
B34	0.03	0,26%	0,40

Bacino	Area [km ²]	Pendenza [%]	t _c [ore]
B35	0.33	0,14%	3,33
B36	0.05	0,28%	0,94
B37	0.53	0,16%	4,13
B38	2.15	0,13%	7,71
B40	0.34	0,15%	2,94
B41	0.35	0,14%	3,33
B42	0.18	0,10%	2,88
B43	0.24	0,11%	2,51
B44	0.19	0,13%	1,09
B45	0.05	0,14%	0,71
B46	0.01	0,17%	2,29
B47	0.22	0,18%	1,62
B48	0.12	0,19%	1,91
B49	0.10	0,15%	1,83
B50	0.12	0,16%	1,44
B51	0.05	0,16%	1,54
B52	0.12	0,19%	0,63
B53	0.08	0,25%	1,09

Tabella 4 - tempi di concentrazione bacini

Stimato il tempo di concentrazione si è individuato il coefficiente di deflusso che consentirà di tener conto della tipologia di terreno e di conseguenza la perdita del flusso di acqua all'interno del terreno.

Il coefficiente di deflusso ϕ è dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo e il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale:

$$C = \frac{P_e}{P}$$

Per bacini di ridotte dimensioni, sono stati assunti i valori dei coefficienti di afflusso C e le percentuali di ripartizione tra aree boschive, aree ad uso agricolo e aree urbanizzate, sulla base dei valori riportati nella tabella seguente e da cui deriva un valore stimato di C=0.30.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 25 di 39

Metodo SCS:

Il CN (Curve Number) è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale) proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972. Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione.

Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell'afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l'intero evento preso in considerazione resti invariata la seguente relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Dove

- F = perdite effettive generate durante l'evento [mm];
- S = massima capacità di ritenzione idrica del suolo [mm];
- Q = pioggia netta cumulata [mm],
- P = pioggia lorda cumulata [mm];
- I_a = perdite iniziali dovute all'intercettazione, all'infiltrazione e alla saturazione delle depressioni superficiali [mm].

Lo sviluppo successivo richiede la stima della portata massima adottando come forzante del bacino una pioggia netta desunta dal metodo del Curve Number introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Il volume specifico di pioggia netta P_e, dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t è legato al volume specifico di pioggia lorda P, caduta nel medesimo intervallo temporale, dalla relazione:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A

Nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale. Questa relazione è valida soltanto per:

$$P \geq I_a$$

mentre nel caso in cui l'altezza di pioggia risulti minore di I_a si ha $P_e = 0$.

I parametri S ed I_a possono essere determinati attraverso operazioni di taratura del modello, ma in maniera semplificata si adotta $I_a = 0,2S$ verificata con buona approssimazione.

La valutazione di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN, tramite:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Con S espresso in millimetri.

L'indice CN, numero adimensionale compreso tra 0 e 100, è una funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione. Nella fattispecie esistono quattro gruppi che distinguono le tipologie di terreno sulla base delle capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento: a ciascuno di essi corrisponde un determinato valore di CN. Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC).

Come per il metodo razionale, anche in questo caso si è stimato un valore del CN medio per i sottobacini BC01 e BC02 in quanto ricadevano in aree diversamente permeabili, mentre per i bacini minori si è individuato direttamente il Curve Number. Tale operazione è stata eseguita utilizzando i dati del Corine Land Cover 2012 IV livello e ricavando il corrispettivo Curve Number, tale tabella ci fornisce il CN(II) che a sua volta è stato utilizzato per stimare il CN(III) mediante la seguente formulazione:

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

Nel caso in esame il CN(III) è pari a 85.54.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato eseguito per ogni bacino idrografico in esame utilizzando la formulazione del metodo SCS:

$$t_c = \left(\frac{1000}{CN(III)} - 9 \right)^{0.7} \left(\frac{L^{0.8}}{441i} \right)^{0.5}$$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta fluviale espressa in m;
- i è la pendenza;
- CN(III) è il cuvre number.

4. PORTATE DI PIENA

In questo paragrafo vengono riassunti i parametri precedentemente calcolati per i bacini idrografici più precisamente si riporteranno i valori dei tempi di corrivazione dei bacini, i coefficienti di deflusso calcolati mediante l'utilizzo delle due metodologie adottate, razionale e SCS, la stima delle portate al colmo al variare dei tempi di ritorno definiti ed un confronto dei risultati ottenuti.

Per quanto riguarda la scelta del coefficiente di deflusso, cioè quel parametro che tiene conto della tipologia di terreno e del suo uso, come riportato nei paragrafi precedenti si è deciso di utilizzare due differenti metodologie; il Metodo Razionale e il Metodo SCS.

Essendo i bacini individuati di modesta estensione, per la stima del coefficiente di deflusso è stato fatto uno studio del differente uso del suolo sia in termini agricoli che antropici e questo ha evidenziato che l'uso del suolo è omogeno per i bacini, di conseguenza il coefficiente di deflusso stimato è pari a 0.30 ed il Curve Number pari a 85.54.

Il tempo di corrivazione è stato stimato utilizzando la formulazione presente nel Soil Conservation Service per quanto riguarda il metodo SCS e la formulazione di Ventura per quanto riguarda il metodo razionale a meno del bacino 24 che, data la grande estensione si è adottata la formulazione di Giandotti.

4.6 Portate stimate con il metodo SCS e metodo Razionale

Nel seguente paragrafo si riportano i valori delle portate dei bacini idrografici individuati, calcolate con i due metodi afflussi/deflussi adottati nel Progetto Definitivo in esame. Nelle tabelle riportate si individua il bacino (ID), la portata Razionale (Q_r) e la portata SCS (Q_{scs})

Si rimanda agli allegati di calcolo per le caratteristiche geomorfologiche sei bacini.

Q[m ³ /s]		
IN	SCS	Razionale
1	0.85	0.98
3	1.29	1.20
4	5.02	2.70
5	2.14	2.17
6	1.49	1.82
7	0.44	0.64
8	0.59	0.73
9	0.74	0.83
10	1.78	1.54
11	2.21	1.68
12	1.76	1.43
13	0.99	0.94
14	1.00	0.96
15	0.65	0.78
16	0.53	0.67
17	0.44	0.58
18	0.53	0.67
20	0.90	0.88
21	1.30	1.22
22	0.26	0.29
23	4.14	3.25
24	61.64	34.67
25	0.54	0.47
26	0.33	0.39
28	0.52	0.51
29	0.46	0.97
30	2.71	2.87

Q[m ³ /s]		
IN	SCS	Razionale
31	1.23	1.06
32	1.18	1.35
33	5.65	4.66
34	0.23	0.26
35	1.99	1.91
36	0.42	0.45
37	1.52	1.64
38	4.21	3.69
40	1.20	1.21
41	1.14	1.19
42	0.63	0.68
43	0.95	0.87
44	0.75	0.81
45	0.30	0.35
46	0.11	0.14
47	0.93	1.01
48	0.62	0.69
49	0.44	0.55
50	0.60	0.66
51	0.27	0.38
52	0.62	0.69
53	0.72	0.62

Tabella 5 - Portate stimate

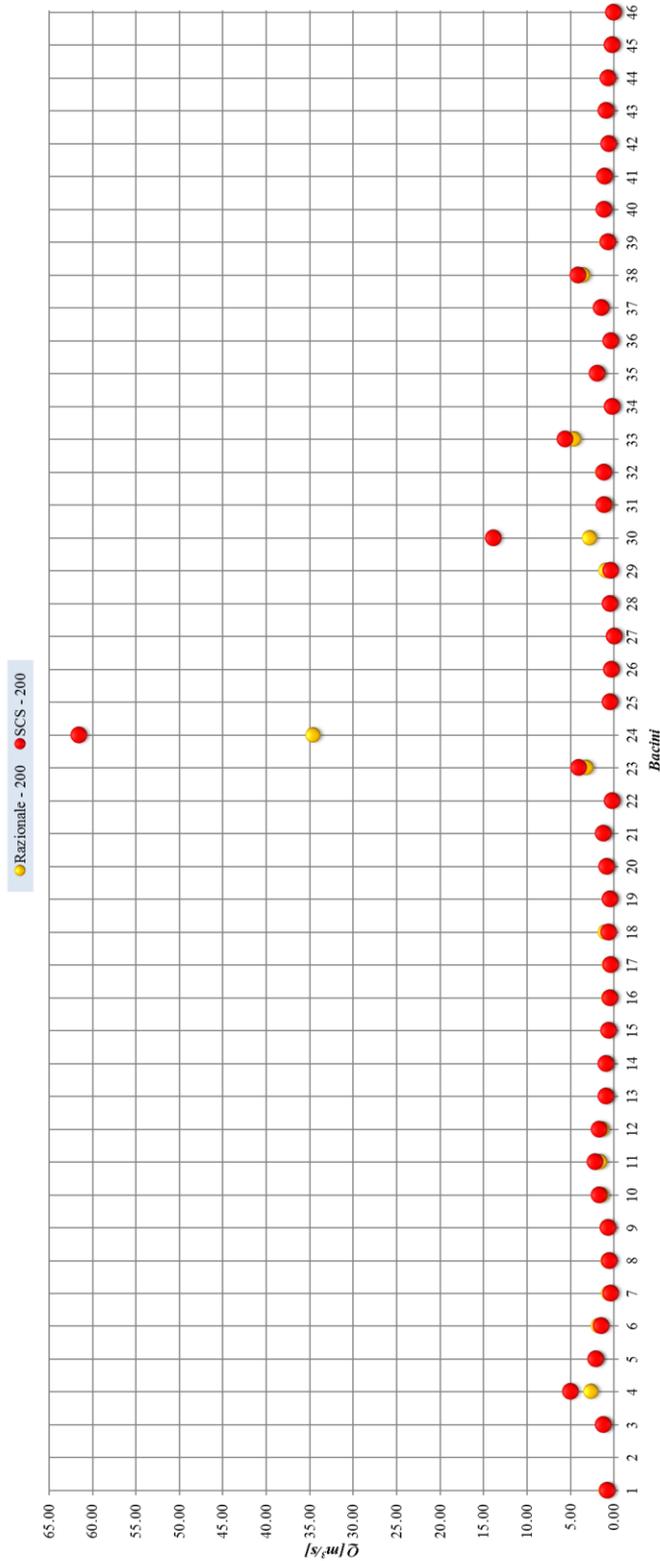


Figura 5 – Confronto portate

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A	FOGLIO 30 di 39

Dal grafico sopra riportato si evince che entrambi i metodi restituiscono valori di portata confrontabili, in via cautelativa si è deciso di verificare gli attraversamenti idraulici utilizzando la massima portata calcolata con i due metodi.

5 CONSIDERAZIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

Secondo la definizione della *World Meteorological Organization* (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'*Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (*Representative Concentration Pathways* – RCP), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m^2 - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m^2 - RCP4.5 e 6 W/m^2 - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m^2 - RCP8.5).

Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine “*proiezione climatica*”, riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, *globali* e *regionali*, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro. I modelli regionali (“*Regional Climate Models*”, RCM) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

Recentemente l'ISPRA (rif. "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali", 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli.

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2070 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD) con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5.

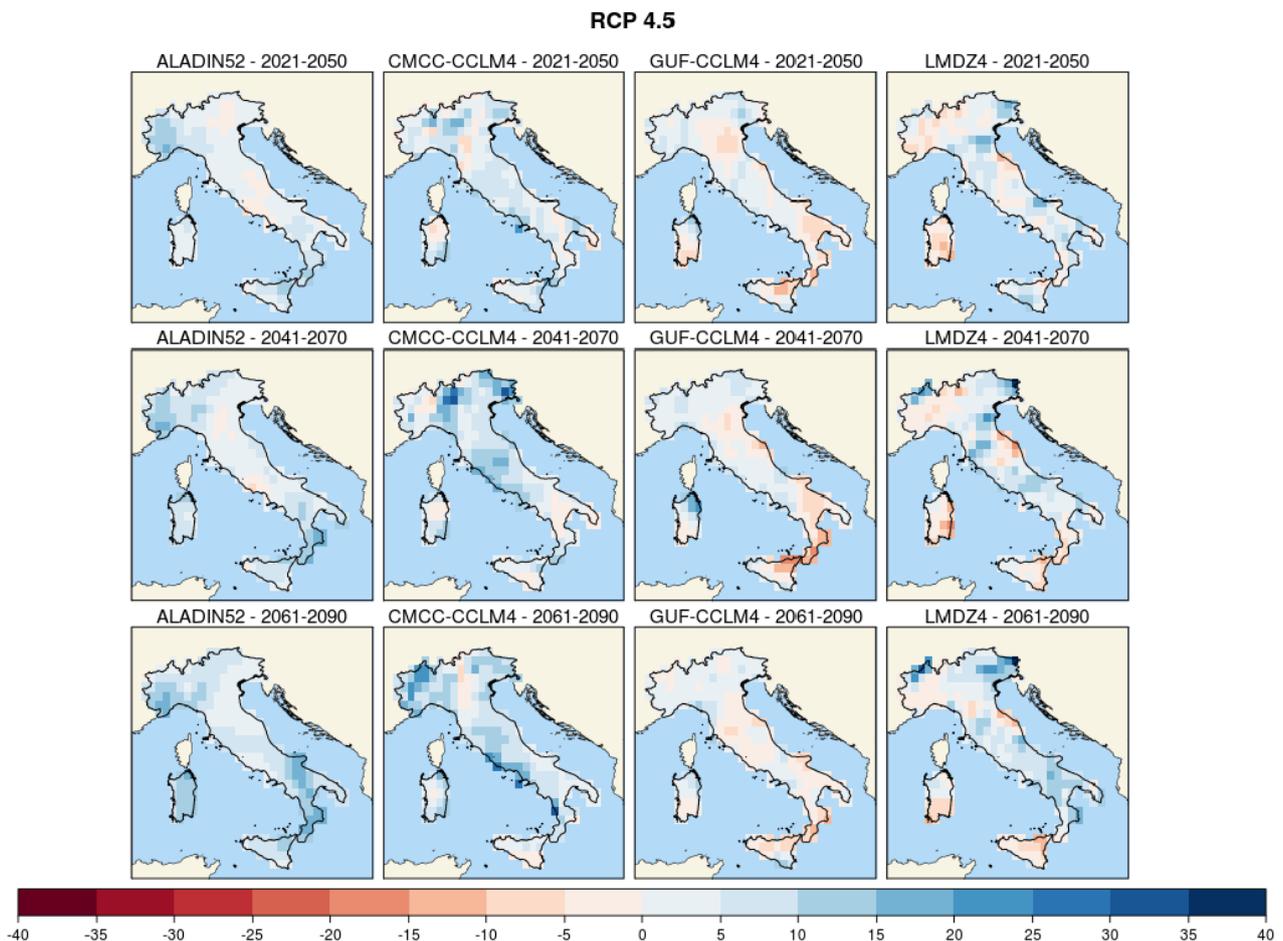


Figura 6 - Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5

Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

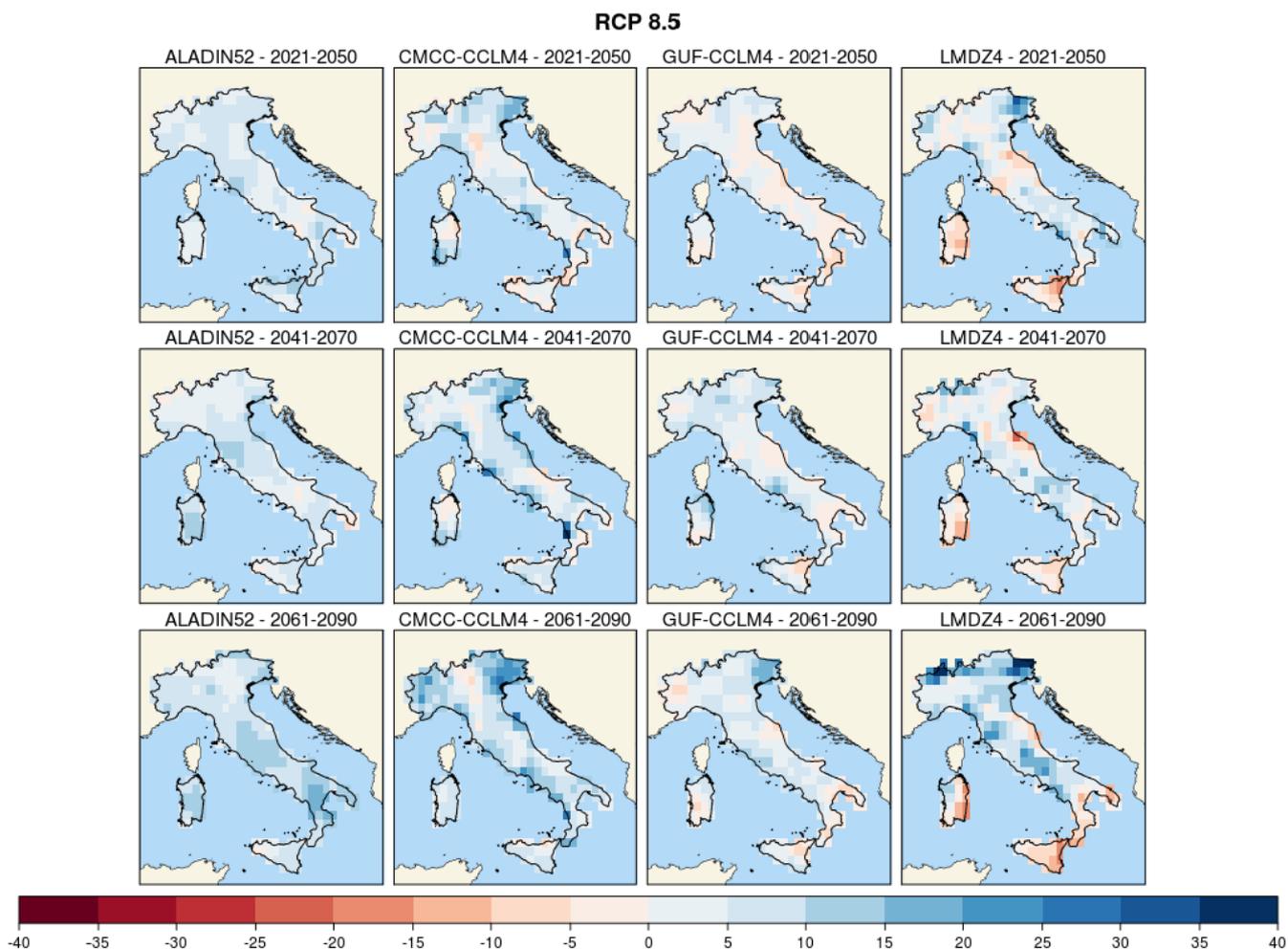


Figura 7 - Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5.

Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID000000D	REV. A

Nella tabella seguente si riportano le variazioni di precipitazione massima giornaliera (h_{24}) (rispetto al valore nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), previste nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, con riferimento ai due scenari RCP4.5 e RCP8.5, dedotte dalle mappe sopra descritte.

Periodo	Variazione $maxh_{24}$ (RCP4.5)	Variazione $maxh_{24}$ (RCP8.5)
2021-2050	+5-10 mm (LMDZ4)	+10-15 mm (ALADIN52)
2041-2070	+0-5 mm (ALADIN52)	+5-10 mm (ALADIN52)
2061-2090	+15-20 mm (ALADIN52)	+20-25 mm (ALADIN52)

Tabella 5.1 – Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell'area di intervento (ISPRA, 2015).

Con riferimento allo studio idrologico annesso, per l'aria di intervento nel presente progetto, la variazione massima prevista ammonta a +5-15 mm nel trentennio 2061-2090, corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera che non pregiudica le analisi effettuate con i modelli classici.

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per poter dimensionare le opere idrauliche inerenti al progetto definitivo del "Raddoppio Codogno-Cremona-Mantova", è stato svolto lo studio idrologico dell'area in esame per poter definire le portate che dovranno transitare su di esse (tombini di attraversamento idraulico e verifica degli impalcati).

Lo studio idrologico ha utilizzato due differenti metodologie per la stima delle portate al colmo per poter dimensionare e verificare le opere idrauliche.

In primo luogo, si sono individuati i bacini idrografici pertinenti alle opere idrauliche. Individuati i bacini idrografici si è provveduto al calcolo del regime pluviometrico mediante l'utilizzo dei parametri delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia.

Individuate i parametri delle LSPP si sono ricavate le curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno sia in condizioni di piogge con durata superiore all'ora e sia le piogge di grande intensità e breve durata.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO CODOGNO-CREMONA-MANTOVA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D26RH	DOCUMENTO ID00000D	REV. A	FOGLIO 34 di 39

Il passo successivo è stato individuare il tempo di concentrazione dei bacini individuati utilizzando differenti formulazioni presenti in letteratura per poi individuare quella più pertinente ai singoli bacini in funzione della loro estensione areale.

L'ultimo step per poi ricavare la portata al colmo è stato schematizzare il terreno dei bacini oggetto di studio. In questo caso, avendo utilizzato due differenti metodologie, si è ricavato il coefficiente di deflusso ed il valore del Curve Number individuando i differenti usi del suolo.

Stimati tutti i parametri necessari si sono determinate le portate di picco di tutti i bacini al variare del tempo di ritorno.

Confrontando tali valori di portata ricavati sia con il metodo razionale e sia con il metodo SCS è emerso che al variare dei bacini i valori di portata stimati risultavano massimizzati in taluni casi con il metodo SCS ed in altri con la formulazione razionale. Per il dimensionamento e le verifiche idrauliche sono state utilizzate le portate al colmo più gravose.

Sono stati presi in considerazione anche dei modelli che analizzano lo scenario dei cambiamenti climatici nei prossimi 70 anni, i quali, per le zone in oggetto mostrano degli incrementi di precipitazioni che non pregiudicano il corretto funzionamento idraulico delle opere così come dimensionate.

ALLEGATI

PORTATE STIMATE CON IL METODO SCS

1			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	1,09	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	70,76	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	36,8	[mm]	pioggia netta
P	0,36	[%]	pendenza bacino
t_r	0,65	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,09	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	1,20	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,85	[m ³ /s]	Portata

3			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	2,72	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	90,32	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	53,6	[mm]	pioggia netta
P	0,14	[%]	pendenza bacino
t_r	1,63	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,72	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	3,00	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,29	[m ³ /s]	Portata

4			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	2,04	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,67	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	47,8	[mm]	pioggia netta
P	0,16	[%]	pendenza bacino
t_r	1,23	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,04	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	2,25	[ore]	tempo di accumulo
Q	5,02	[m ³ /s]	Portata

5			
T_r	100	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	2,03	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,51	[mm]	pioggia lorda
S	83,74	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	16,75	[mm]	Perdite iniziali
h_n	29,6	[mm]	pioggia netta
P	0,00	[%]	pendenza bacino
t_r	1,22	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,03	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	2,23	[ore]	tempo di accumulo
Q	2,14	[m ³ /s]	Portata

6			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	4,98	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	106,08	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	67,7	[mm]	pioggia netta
P	0,10	[%]	pendenza bacino
t_r	2,99	[ore]	tempo di ritardo
t_p	4,98	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	5,48	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,49	[m ³ /s]	Portata

7			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
t_c	2,04	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,63	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	47,7	[mm]	pioggia netta
P	0,16	[%]	pendenza bacino
t_r	1,22	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,04	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrivazione
t_a	2,24	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,44	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	36 di 39

8			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,29	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	86,21	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	50,0	[mm]	pioggia netta
P	0,17	[%]	pendenza bacino
t_l	1,37	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,29	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	2,52	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,59	[m ³ /s]	Portata

9			
T_r	100	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,90	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	91,84	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	54,9	[mm]	pioggia netta
P	0,00	[%]	pendenza bacino
t_l	1,74	[ore]	tempo di ritardo
t_p	2,90	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	3,19	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,74	[m ³ /s]	Portata

10			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	3,04	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	93,04	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	56,0	[mm]	pioggia netta
P	0,14	[%]	pendenza bacino
t_l	1,83	[ore]	tempo di ritardo
t_p	3,04	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	3,35	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,78	[m ³ /s]	Portata

11			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,54	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	77,59	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	42,5	[mm]	pioggia netta
P	0,25	[%]	pendenza bacino
t_l	0,92	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,54	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,69	[ore]	tempo di accumulo
Q	2,21	[m ³ /s]	Portata

12			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,48	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	76,80	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	41,9	[mm]	pioggia netta
P	0,24	[%]	pendenza bacino
t_l	0,89	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,48	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,63	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,76	[m ³ /s]	Portata

13			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,25	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	73,37	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	39,0	[mm]	pioggia netta
P	0,25	[%]	pendenza bacino
t_l	0,75	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,25	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,37	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,99	[m ³ /s]	Portata

14			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,41	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	75,71	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	40,9	[mm]	pioggia netta
P	0,23	[%]	pendenza bacino
t_l	0,84	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,41	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,55	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,00	[m ³ /s]	Portata

15			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,36	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	75,03	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	40,4	[mm]	pioggia netta
P	0,22	[%]	pendenza bacino
t_l	0,82	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,36	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,49	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,65	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	37 di 39

16			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,23	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	73,11	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	38,7	[mm]	pioggia netta
P	0,26	[%]	pendenza bacino
t _l	0,74	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,23	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,36	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,53	[m ³ /s]	Portata

17			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,27	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	73,64	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	39,2	[mm]	pioggia netta
P	0,25	[%]	pendenza bacino
t _l	0,76	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,27	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,39	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,44	[m ³ /s]	Portata

18			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,30	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	74,17	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	39,6	[mm]	pioggia netta
P	0,24	[%]	pendenza bacino
t _l	0,78	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,30	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,43	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,53	[m ³ /s]	Portata

19			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,29	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	73,96	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	39,5	[mm]	pioggia netta
P	0,23	[%]	pendenza bacino
t _l	0,77	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,29	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,42	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,49	[m ³ /s]	Portata

20			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,41	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	75,82	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	41,0	[mm]	pioggia netta
P	0,22	[%]	pendenza bacino
t _l	0,85	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,41	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,55	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,90	[m ³ /s]	Portata

21			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,83	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	81,27	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	45,7	[mm]	pioggia netta
P	0,22	[%]	pendenza bacino
t _l	1,10	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,83	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,02	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,30	[m ³ /s]	Portata

22			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,81	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	69,39	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	35,6	[mm]	pioggia netta
P	0,23	[%]	pendenza bacino
t _l	0,48	[ore]	tempo di ritardo
t _p	0,81	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	0,89	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,26	[m ³ /s]	Portata

23			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,81	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	81,06	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	45,5	[mm]	pioggia netta
P	0,12	[%]	pendenza bacino
t _l	1,09	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,81	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,00	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,49	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	38 di 39

24			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	45,42	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	191,25	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	147,9	[mm]	pioggia netta
P	0,18	[%]	pendenza bacino
t_l	27,25	[ore]	tempo di ritardo
t_p	45,42	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	49,96	[ore]	tempo di accumulo
Q	61,64	[m ³ /s]	Portata

25			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,56	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	57,35	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	25,9	[mm]	pioggia netta
P	0,20	[%]	pendenza bacino
t_l	0,33	[ore]	tempo di ritardo
t_p	0,56	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	0,61	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,54	[m ³ /s]	Portata

26			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,06	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	70,32	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	36,4	[mm]	pioggia netta
P	0,17	[%]	pendenza bacino
t_l	0,64	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,06	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,17	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,33	[m ³ /s]	Portata

27			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,11	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	71,02	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	37,0	[mm]	pioggia netta
P	0,49	[%]	pendenza bacino
t_l	0,66	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,11	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,22	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,00	[m ³ /s]	Portata

28			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,43	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	50,25	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	20,5	[mm]	pioggia netta
P	0,33	[%]	pendenza bacino
t_l	0,26	[ore]	tempo di ritardo
t_p	0,43	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	0,48	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,52	[m ³ /s]	Portata

29			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,94	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	82,46	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	46,7	[mm]	pioggia netta
P	0,11	[%]	pendenza bacino
t_l	1,16	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,94	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	2,13	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,00	[m ³ /s]	Portata

30			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	5,97	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	111,35	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	72,5	[mm]	pioggia netta
P	0,04	[%]	pendenza bacino
t_l	3,58	[ore]	tempo di ritardo
t_p	5,97	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	6,57	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,54	[m ³ /s]	Portata

31			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,66	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	79,10	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	43,8	[mm]	pioggia netta
P	0,18	[%]	pendenza bacino
t_l	0,99	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,66	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,82	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,23	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	39 di 39

32			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,18	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	85,08	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	49,0	[mm]	pioggia netta
P	0,10	[%]	pendenza bacino
t _l	1,31	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,18	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,39	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,53	[m ³ /s]	Portata

33			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,71	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	64,83	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	31,9	[mm]	pioggia netta
P	0,17	[%]	pendenza bacino
t _l	0,42	[ore]	tempo di ritardo
t _p	0,71	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	0,78	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata

34			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,40	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	47,96	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	18,8	[mm]	pioggia netta
P	0,26	[%]	pendenza bacino
t _l	0,24	[ore]	tempo di ritardo
t _p	0,40	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	0,43	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,23	[m ³ /s]	Portata

35			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	3,33	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	95,28	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	58,0	[mm]	pioggia netta
P	0,14	[%]	pendenza bacino
t _l	2,00	[ore]	tempo di ritardo
t _p	3,33	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	3,66	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,10	[m ³ /s]	Portata

36			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,94	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	74,97	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	40,3	[mm]	pioggia netta
P	0,28	[%]	pendenza bacino
t _l	0,56	[ore]	tempo di ritardo
t _p	0,94	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,03	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,42	[m ³ /s]	Portata

37			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	4,13	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	100,91	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	63,0	[mm]	pioggia netta
P	0,16	[%]	pendenza bacino
t _l	2,48	[ore]	tempo di ritardo
t _p	4,13	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	4,54	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,52	[m ³ /s]	Portata

38			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	3,62	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	97,43	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	59,9	[mm]	pioggia netta
P	0,22	[%]	pendenza bacino
t _l	2,17	[ore]	tempo di ritardo
t _p	3,62	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	3,98	[ore]	tempo di accumulo
Q	3,43	[m ³ /s]	Portata

39			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	4,20	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	101,37	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	63,4	[mm]	pioggia netta
P	0,11	[%]	pendenza bacino
t _l	2,52	[ore]	tempo di ritardo
t _p	4,20	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	4,62	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,73	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	40 di 39

40			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,94	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	92,19	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	55,2	[mm]	pioggia netta
P	0,15	[%]	pendenza bacino
t _l	1,76	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,94	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	3,23	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,20	[m ³ /s]	Portata

41			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	3,33	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	95,28	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	58,0	[mm]	pioggia netta
P	0,14	[%]	pendenza bacino
t _l	2,00	[ore]	tempo di ritardo
t _p	3,33	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	3,66	[ore]	tempo di accumulo
Q	1,14	[m ³ /s]	Portata

42			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,88	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	91,72	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	54,8	[mm]	pioggia netta
P	0,10	[%]	pendenza bacino
t _l	1,73	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,88	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	3,17	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,63	[m ³ /s]	Portata

43			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,51	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	88,36	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	51,9	[mm]	pioggia netta
P	0,11	[%]	pendenza bacino
t _l	1,50	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,51	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,76	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,95	[m ³ /s]	Portata

44			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,50	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	88,28	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	51,8	[mm]	pioggia netta
P	0,13	[%]	pendenza bacino
t _l	1,50	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,50	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,75	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,75	[m ³ /s]	Portata

45			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,09	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	70,73	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	36,7	[mm]	pioggia netta
P	0,14	[%]	pendenza bacino
t _l	0,65	[ore]	tempo di ritardo
t _p	1,09	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	1,20	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,30	[m ³ /s]	Portata

46			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,71	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	64,83	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	31,9	[mm]	pioggia netta
P	0,17	[%]	pendenza bacino
t _l	0,42	[ore]	tempo di ritardo
t _p	0,71	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	0,78	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,11	[m ³ /s]	Portata

47			
T _r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	2,29	[ore]	tempo di corrvazione
h _l	86,24	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I _a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h _n	50,0	[mm]	pioggia netta
P	0,18	[%]	pendenza bacino
t _l	1,37	[ore]	tempo di ritardo
t _p	2,29	[ore]	tempo evento meteorico ≡ tempo di corrvazione
t _a	2,52	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,93	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	41 di 39

48			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,62	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	78,60	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	43,4	[mm]	pioggia netta
P	0,19	[%]	pendenza bacino
t_l	0,97	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,62	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,78	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata

49			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,91	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	82,19	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	46,5	[mm]	pioggia netta
P	0,15	[%]	pendenza bacino
t_l	1,15	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,91	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	2,10	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,44	[m ³ /s]	Portata

50			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,83	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	81,22	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	45,6	[mm]	pioggia netta
P	0,16	[%]	pendenza bacino
t_l	1,10	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,83	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	2,01	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,60	[m ³ /s]	Portata

51			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,44	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	76,17	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	41,3	[mm]	pioggia netta
P	0,16	[%]	pendenza bacino
t_l	0,86	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,44	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,58	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,27	[m ³ /s]	Portata

52			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	1,54	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	77,58	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	42,5	[mm]	pioggia netta
P	0,19	[%]	pendenza bacino
t_l	0,92	[ore]	tempo di ritardo
t_p	1,54	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	1,69	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata

53			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
Gruppo	B	----	tipo di suolo
CN(II)	72	----	Curve number AMCII
CN(III)	85,54	----	Curve number AMCIII
tc	0,63	[ore]	tempo di corrvazione
h_l	60,97	[mm]	pioggia lorda
S	42,95	[mm]	potenziale di assorbimento
I_a	8,59	[mm]	Perdite iniziali
h_n	28,8	[mm]	pioggia netta
P	0,25	[%]	pendenza bacino
t_l	0,38	[ore]	tempo di ritardo
t_p	0,63	[ore]	tempo evento meteorico \equiv tempo di corrvazione
t_a	0,69	[ore]	tempo di accumulo
Q	0,72	[m ³ /s]	Portata

PORTATE STIMATE CON IL METODO RAZIONALE

1			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,77	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	67,89	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,134	[km ²]	area bacino
Q	0,98	[m ³ /s]	Portata

3			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	2,01	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,27	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,35	[km ²]	area bacino
Q	1,20	[m ³ /s]	Portata

4			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	3,34	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	95,41	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	1,14	[km ²]	area bacino
Q	2,70	[m ³ /s]	Portata

5			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	2,68	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	89,94	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,77	[km ²]	area bacino
Q	2,17	[m ³ /s]	Portata

6			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	2,29	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	86,21	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,580	[km ²]	area bacino
Q	1,82	[m ³ /s]	Portata

7			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,99	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	76,95	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,099	[km ²]	area bacino
Q	0,64	[m ³ /s]	Portata

8			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,17	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	72,17	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,142	[km ²]	area bacino
Q	0,73	[m ³ /s]	Portata

9			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,63	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	78,73	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,206	[km ²]	area bacino
Q	0,83	[m ³ /s]	Portata

10			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	2,43	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	87,59	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,512	[km ²]	area bacino
Q	1,54	[m ³ /s]	Portata

11			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,66	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	79,18	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,42	[km ²]	area bacino
Q	1,68	[m ³ /s]	Portata

12			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,48	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	76,75	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,33	[km ²]	area bacino
Q	1,43	[m ³ /s]	Portata

13			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,03	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	69,78	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,17	[km ²]	area bacino
Q	0,94	[m ³ /s]	Portata

14			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,13	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	71,41	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,182	[km ²]	area bacino
Q	0,96	[m ³ /s]	Portata

15			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,91	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	73,87	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,115	[km ²]	area bacino
Q	0,78	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	43 di 39

16			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,75	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	66,97	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,090	[km ²]	area bacino
Q	0,67	[m ³ /s]	Portata

17			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,70	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	64,33	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,075	[km ²]	area bacino
Q	0,58	[m ³ /s]	Portata

18			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,78	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	68,17	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,092	[km ²]	area bacino
Q	0,67	[m ³ /s]	Portata

19			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,76	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	67,24	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,084	[km ²]	area bacino
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata

20			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,10	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	70,92	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,163	[km ²]	area bacino
Q	0,88	[m ³ /s]	Portata

21			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,44	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	76,17	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,276	[km ²]	area bacino
Q	1,22	[m ³ /s]	Portata

22			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,47	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	52,25	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,031	[km ²]	area bacino
Q	0,29	[m ³ /s]	Portata

23			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	1,16	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	71,96	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,103	[km ²]	area bacino
Q	0,53	[m ³ /s]	Portata

24			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	46,24	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	192,17	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	100,104	[km ²]	area bacino
Q	34,67	[m ³ /s]	Portata

25			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,70	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	64,66	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,061	[km ²]	area bacino
Q	0,47	[m ³ /s]	Portata

26			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,70	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	64,54	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,051	[km ²]	area bacino
Q	0,39	[m ³ /s]	Portata

27			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,00	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	0,00	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,000	[km ²]	area bacino
Q	0,00	[m ³ /s]	Portata

28			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,53	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	55,68	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,057	[km ²]	area bacino
Q	0,51	[m ³ /s]	Portata

29			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
tc	0,00	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	0,00	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,000	[km ²]	area bacino
Q	0,00	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	44 di 39

30			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	2,93	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	92,12	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,236	[km ²]	area bacino
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata

31			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,47	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	76,68	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,245	[km ²]	area bacino
Q	1,06	[m ³ /s]	Portata

32			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,44	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	76,26	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,124	[km ²]	area bacino
Q	0,55	[m ³ /s]	Portata

33			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,84	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	70,87	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,073	[km ²]	area bacino
Q	0,51	[m ³ /s]	Portata

34			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,40	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	48,15	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,026	[km ²]	area bacino
Q	0,26	[m ³ /s]	Portata

35			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,99	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,05	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,334	[km ²]	area bacino
Q	1,16	[m ³ /s]	Portata

36			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,55	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	56,74	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,052	[km ²]	area bacino
Q	0,45	[m ³ /s]	Portata

37			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	2,32	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	86,54	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,528	[km ²]	area bacino
Q	1,64	[m ³ /s]	Portata

38			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	2,86	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	91,54	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	1,095	[km ²]	area bacino
Q	2,92	[m ³ /s]	Portata

39			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,90	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	82,02	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,254	[km ²]	area bacino
Q	0,92	[m ³ /s]	Portata

40			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,90	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	82,08	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,337	[km ²]	area bacino
Q	1,21	[m ³ /s]	Portata

41			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	2,03	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	83,47	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,347	[km ²]	area bacino
Q	1,19	[m ³ /s]	Portata

42			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,73	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	80,02	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,177	[km ²]	area bacino
Q	0,68	[m ³ /s]	Portata

43			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,92	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	82,27	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,242	[km ²]	area bacino
Q	0,87	[m ³ /s]	Portata

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D26RH	ID000000D	A	45 di 39

44			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,53	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	77,41	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,191	[km ²]	area bacino
Q	0,81	[m ³ /s]	Portata

45			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,73	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	65,73	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,047	[km ²]	area bacino
Q	0,35	[m ³ /s]	Portata

46			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,35	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	45,19	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,013	[km ²]	area bacino
Q	0,14	[m ³ /s]	Portata

47			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,41	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	75,82	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,225	[km ²]	area bacino
Q	1,01	[m ³ /s]	Portata

48			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,03	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	69,77	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,123	[km ²]	area bacino
Q	0,69	[m ³ /s]	Portata

49			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,01	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	69,33	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,096	[km ²]	area bacino
Q	0,55	[m ³ /s]	Portata

50			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,14	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	71,55	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,126	[km ²]	area bacino
Q	0,66	[m ³ /s]	Portata

51			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,70	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	64,65	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,050	[km ²]	area bacino
Q	0,38	[m ³ /s]	Portata

52			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	1,00	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	69,15	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,119	[km ²]	area bacino
Q	0,69	[m ³ /s]	Portata

53			
T_r	200	[anni]	tempo di ritorno
t_c	0,73	[ore]	tempo di corrivazione
h_l	65,93	[mm]	pioggia lorda
ϕ	0,30	----	coefficiente di permeabilità
A	0,083	[km ²]	area bacino
Q	0,62	[m ³ /s]	Portata