

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO - AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica

SCALA:



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

NT01 04 D 26 RH ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore
A	Emissione Esecutiva	S.Scafa	Dicembre 2018	Giacchi	Dicembre 2018	F. Perrone	Dicembre 2018	Giacchi

ITALFERR UO INFRASTRUTTURE NORD
 Dott. Ing. Ferruccio Giacchi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 n. 3172 Sez. I

File:NT0104D26RHID0001001A n. Tab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
3.1	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	7
3.2	CENNI DI CLIMATOLOGIA	10
4	ANALISI IDROLOGICA.....	12
4.1	LSPP - AUTORITÀ DI BACINO DEL PO.....	12
4.2	INTERPOLAZIONE DEI PARAMETRI PLUVIOMETRICI.....	16
4.3	RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI.....	19
5	VALORI ADOTTATI.....	23

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 3.1 - LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	7
FIGURA 3.2 -SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI	8
FIGURA 3.3 –DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO	8
FIGURA 3.4 - INQUADRAMENTO DEL BACINO DELLA DORA RIPARIA	9
FIGURA 3.5 - INQUADRAMENTO DEL BACINO DELLA DORA RIPARIA	10
FIGURA 3.6 -ANOMALIA DI PRECIPITAZIONE PER L'ANNO 2015 RISPETTO ALLA NORMA 1971-2000	11
FIGURA 4.1- INDIVIDUAZIONE CELLE DI RIFERIMENTO PAI 7. NORME DI ATTUAZIONE- ALLEGATO 3.....	14
FIGURA 4.2- NORME DI ATTUAZIONE_ ALLEGATO 3 - CARATTERIZZAZIONE CELLA AD101 DI RIFERIMENTO PAI 7	14
FIGURA 4.3- NORME DI ATTUAZIONE_ ALLEGATO 3 - CARATTERIZZAZIONE CELLA AE101 DI RIFERIMENTO PAI 7	15
FIGURA 4.4- NORME DI ATTUAZIONE_ ALLEGATO 3 - CARATTERIZZAZIONE CELLA AH102 DI RIFERIMENTO PAI 7	16
FIGURA 4.5- INTERPOLAZIONI A ED N PER Tr=25 ANNI PER IL PM DI BRUZOLO	17
FIGURA 4.6- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA.....	18
FIGURA 4.7- INTERPOLAZIONI A ED N PER Tr=25 ANNI PER PM DI CONDOVE	18
FIGURA 4.8- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA.....	19
FIGURA 4.9- RELAZIONE ALTEZZA-FREQUENZA PER 2, 25, 100 ANNI	20
FIGURA 4.10- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA INFERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI BRUZOLO	21
FIGURA 4.11- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA INFERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI CONDOVE	22

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1.I - STRALCIO ELENCO ELABORATI.....	5
TABELLA 4.I - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD 1 H.....	16
TABELLA 4.II PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA	18
TABELLA 4.III PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA	19
TABELLA 4.IV - RAPPORTO TRA ALTEZZA DI PIOGGIA DI DURATA INFERIORE AD UN'ORA – U.S. WATER BUREAU	20

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

1 INTRODUZIONE

Il presente intervento si inquadra nel progetto più ampio di Adeguamento della tratta Avigliana Bussoleno della Linea Linea Torino – Modane.

Il tratto di linea oggetto di intervento, compreso tra le stazioni, di Bussoleno e di Avigliana escluse, fa parte della linea di valico che connette Modane/Susa al nodo di Torino. La lunghezza della tratta Bussoleno-Avigliana è di circa 21,5 km.

Fra i vari adeguamenti il presente Lotto 4 riguarda la necessità di avere un modulo 750 m; ciò si ottiene attraverso la realizzazione di due PM sfalsati, uno pari ed uno dispari, in prossimità delle località di Bruzolo/San Didero e di Condove.

In particolare, quello di Bruzolo/San Didero, è il PM dispari (pk 38+121 – pk 36+358) e il binario di precedenza ha la funzione anche di binario di arrivo e partenza a servizio del raccordo con l'acciaieria lì presente.

Il PM di Condove è il PM pari (pk 30+614 – pk 29+405) ed è situato poco prima dell'impianto di Condove lato Francia. Entrambi i PM sono attrezzati con un cappello da prete completo che consente, all'occorrenza, i movimenti da entrambi i binari di linea al binario di precedenza.

A Condove, inoltre, in coerenza con il progetto della tratta internazionale della Torino Lione, è prevista la predisposizione per il ripristino dell'accesso al sito di deposito di Caprie che potrà essere utilizzato dai treni dello smarino durante le fasi realizzative del tunnel di Base. Il progetto di ripristino del raccordo, posto alla pk 28+795, non è all'interno del presente intervento ma sarà a carico del progetto della tratta internazionale. Comunque nel progetto del Lotto 4, da un punto di vista degli impianti di segnalamento, si terrà conto del raccordo di Caprie.

Il progetto del Lotto 4 è preceduto dagli interventi di adeguamento del segnalamento/tlc, della soppressione di due PL a Borgone e dell'adeguamento, per il rispetto delle STI, delle fermate di Bruzolo, Borgone, e Sant'Ambrogio.

Obiettivo della presente relazione è la definizione dei dati pluviometrici per piogge intense di breve durata con la stima dei necessari parametri, il censimento del reticolo idraulico, lo studio dei sottobacini idraulici dei corsi d'acqua interessati dal tracciato ferroviario e la delimitazione delle fasce fluviali e relative aree di esondazione. Nella relazione, inoltre, si riporta l'inquadramento idraulico dell'area in esame con individuazione delle interferenze con i corsi d'acqua maggiori e minori.

L'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- Reperimento della cartografia di base: scale variabili: 1:2000;
- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluvio-meteorologico dell'area durante gli eventi di pioggia estremi;
- Raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici;
- Analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curve di probabilità pluviometrica rappresentative.

Lo studio idrologico è finalizzato alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0I	04	D 26 RH	ID0001 001	A	5 di 24

opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni.

Le curve di probabilità pluviometrica sono state stimate per periodi di ritorno pari a 20, 25, 100, 200 e 500 anni.

Gli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella:

DESCRIZIONE ELABORATO		CODIFICA ELABORATO																				
		a	a	a	a	b	b	c	d	d	e	f	f	h	h	j	j	g	i	i	i	k
POTENZIAMENTO DEFINITIVO LINEA MODANE - TORINO																						
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA																						
REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)																						
IDROLOGIA E IDRAULICA																						
Relazione idrologica		N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	H	I	D	0	0	0	1	0	0	1	A
Planimetria aree di esondazione PAI/PGRA		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	4	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Relazione idraulica smaltimento acque meteoriche		N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	I	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Sezioni tipo idrauliche		N	T	0	I	0	4	D	2	6	W	B	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Particolari e dettagli idraulici		N	T	0	I	0	4	D	2	6	B	Z	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
STUDIO IDRAULICO FIUME DORA RIPARIA																						
Relazione Idraulica Fiume Dora Riparia - Compatibilità idraulica		N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	I	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
Planimetria dei livelli idrici ante operam Tr=200 anni		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Planimetria dei livelli idrici post operam Tr=200 anni - Argine in progetto		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
Planimetria dei livelli idrici post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	3	A
Planimetria della distribuzione delle velocità ante operam Tr=200 anni		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	4	A
Planimetria della distribuzione delle velocità post operam Tr=200 anni - Argine in progetto		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	5	A
Planimetria della distribuzione delle velocità post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	6	A
Planimetria del rischio ante operam Tr=200 anni		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	7	A
Planimetria del rischio post operam Tr=200 anni - Argine in progetto		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	8	A
Planimetria del rischio post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	9	A
Profilo idraulico ante/post operam per Tr 200 anni - Tav. 1/2		N	T	0	I	0	4	D	2	6	F	7	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Profilo idraulico ante/post operam per Tr 200 anni - Tav. 2/2		N	T	0	I	0	4	D	2	6	F	7	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
PM CONDOVE																						
RI01 - CORPO STRADALE																						
Planimetria idraulica		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	6	R	I	0	1	0	0	0	0	2	A
PM BRUZOLO																						
RI02 - CORPO STRADALE																						
Planimetria idraulica		N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	6	R	I	0	2	0	0	0	0	2	A

Tabella 1.1 - Stralcio elenco elaborati

	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- 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. 152e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).
- "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) .
- 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 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.
- 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.
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.
- Regolamento regionale n. 1/R del 20 febbraio 2006 – “Regolamento regionale recante: disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (L.r. n. 61 del 29 dicembre 2000) .
- Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009, n. 2-11830 Indirizzi per l'attuazione del PAI: sostituzione degli allegati 1 e 3 della DGR. 45-6656 del 15 luglio 2003 con gli allegati A e B. Allegato B - Criteri tecnici per la valutazione della pericolosità e del rischio lungo il reticolo idrografico.

Il progetto in essere considera inoltre:

- “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza del Po e del fiume Toce nel tratto da Masera alla Foce” effettuato dall’Autorità di Bacino del Fiume Po.

	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di studio è compresa tra i comuni di Bussoleno e Avigliana, nella provincia di Torino, la linea ferroviaria oggetto dell'intervento si estende per circa 25 Km.

Il progetto definitivo in oggetto prevede la realizzazione di due PM ferroviari nei pressi degli abitati di Bruzolo/Vaie/Borgone e Condove.

In Figura 3.1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google Heart).



Figura 3.1 - Localizzazione dell'area di intervento

3.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 3.2 -Suddivisione territoriale in distretti

Gli interventi in progetto ricadono nel bacino idrografico della Dora Riparia ricadente nell’area di intervento del Distretto idrografico Padano.

Nell’immagine a seguire i principali bacini idrografici gestiti, fino a febbraio 2017, dall’Autorità di Bacino del fiume Po; in rosso il bacino idrografico della Dora Riparia.



Figura 3.3 –Distretto idrografico Padano

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D 26 RH	ID0001 001	A	9 di 24

Come mostrato nell'immagine sottostante l'intervento di interesse ricade all'interno di un sottobacino secondario del Bacino idrografico della Dora Riparia e non interseca il reticolo idrografico superficiale.

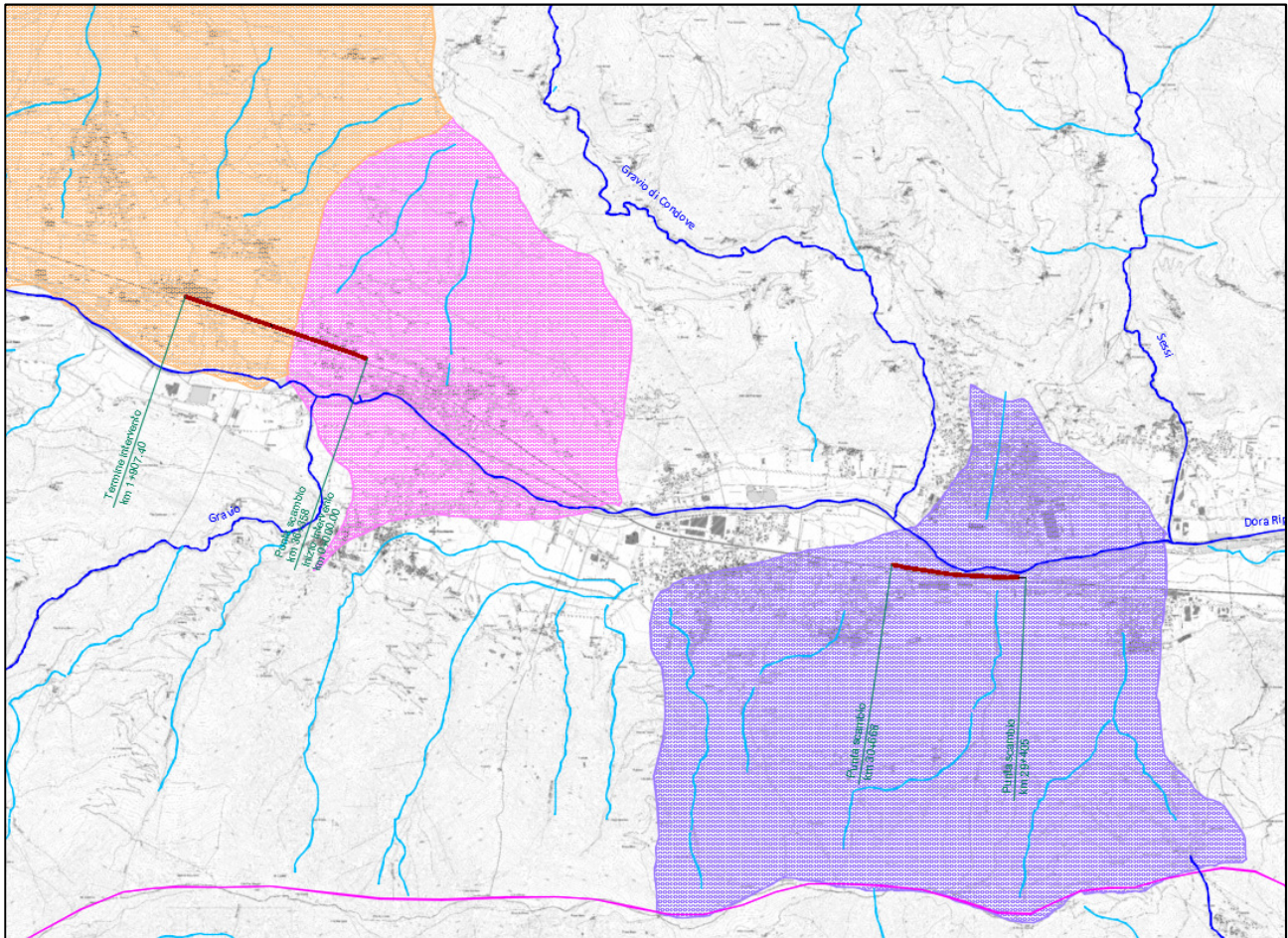


Figura 3.4 - Inquadramento del bacino della Dora Riparia

L'intervento di ammodernamento della linea Bussoleno - Avigliana percorre la Valle di Susa all'interno del bacino della Dora Riparia. Il fiume Dora Riparia nasce dalla confluenza del Ripa con la Piccola Dora in comune di Cesana Torinese, il suo corso drena l'intera Valle di Susa prima di confluire nel Po in comune di Torino. I principali affluenti sono la Dora di Bardonecchia che confluisce in sinistra in comune di Oulx ed il torrente Cenischia che confluisce sempre in sinistra in corrispondenza dell'abitato di Susa.

Nel tratto tra Bussoleno e Avigliana confluiscono in destra, tra i principali, il rio Gerardo, il Torrente Gravio di Villar Focchiardo, in sinistra invece si hanno il Rio Moletta, il Rio Prebech e il Rio Pissaglio. Nella Piana di Chiusa San Michele è presente un sistema di canali artificiali, regolato da scaricatori di piena, che svolgono la duplice funzione di canali irrigui e canali di drenaggio e scarico dei versanti: i principali elementi di questo reticolo risultano il canale del Molino ed il canale di Rivoli i quali a loro volta ricevono in ingresso i rii di versante insistenti su Vaie, Chiusa e S. Ambrogio.

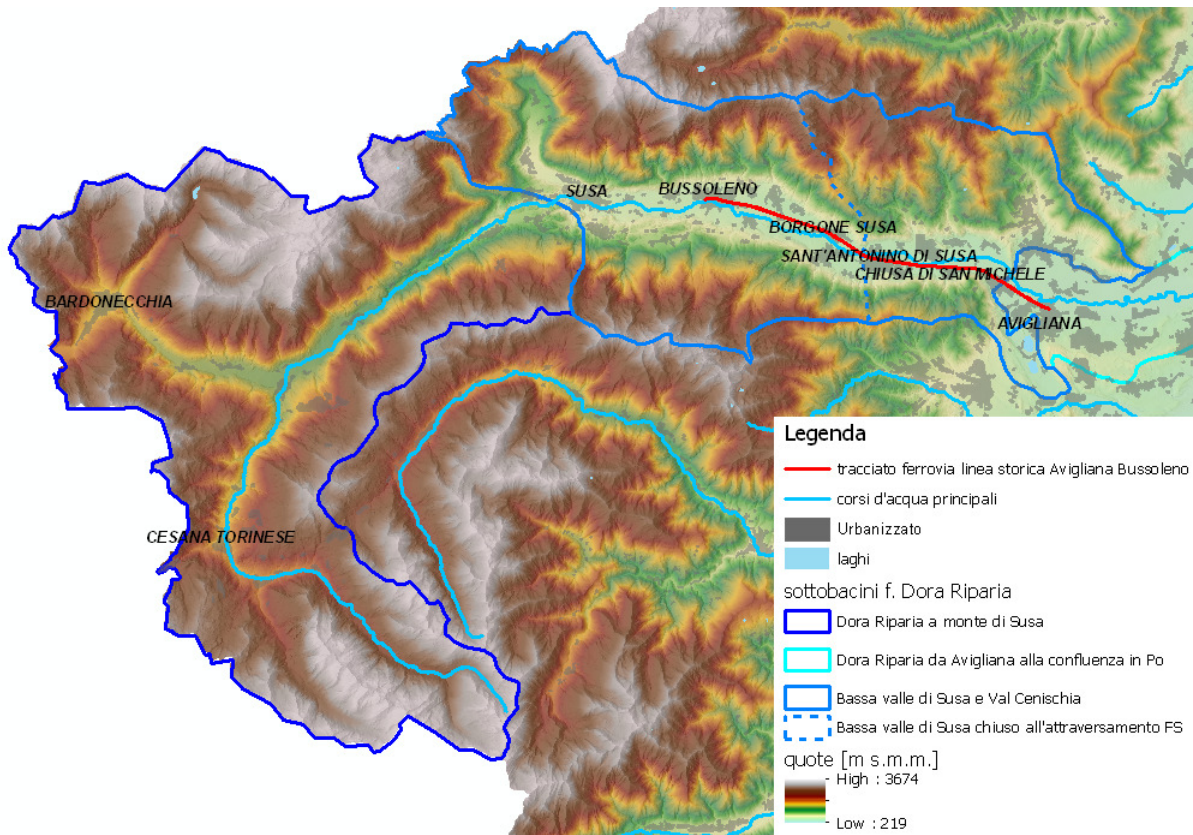


Figura 3.5 - Inquadramento del bacino della Dora Riparia

Il tratto ferroviario tra Bussoleno e Avigliana attraversa il fiume Dora Riparia in località S. Antonino di Susa: l'estensione complessiva del bacino della Dora Riparia chiuso a tale sezione risulta pari a 964 km².

3.2 CENNI DI CLIMATOLOGIA

La caratterizzazione climatologica di interesse per il presente lavoro è quella relativa alle precipitazioni meteoriche. Si presentano di seguito i risultati degli studi condotti in merito da ARPA Piemonte e dal CREST (Centro Regionale per la Tutela della Biodiversità degli Ambienti Acquatici C/o Ente di Gestione del Parco Naturale Regionale dei Laghi di Avigliana (Regione Piemonte).) per la Provincia di Torino.

Precipitazioni intense: nell'ultimo decennio, la quantità di precipitazione giornaliera corrispondente al 95° percentile della distribuzione, considerando solo i giorni di pioggia, è aumentata quasi ovunque sulla regione, con una variazione significativa nell'area del Verbano, corrispondente ad una variazione fino al 50% del valore del periodo trentennale antecedente. Anche le zone a ridosso dei rilievi appenninici mostrano un aumento importante, corrispondente ad una variazione fino a quasi il 30% del valore del periodo trentennale antecedente. A parità di pioggia cumulata questo risultato sembra indicare uno spostamento della coda della distribuzione della precipitazione giornaliera verso eventi più severi, in modo però non uniforme sulla regione. Anche il numero di giorni all'anno in cui la precipitazione giornaliera supera il valore corrispondente al 95° percentile della distribuzione è aumentato sulla zona del Verbano ed in quelle a ridosso dei rilievi appenninici. Questa variazione indicherebbe l'aumento di eventi severi in tali aree.

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTOI	04	D 26 RH	ID0001 001	A	11 di 24

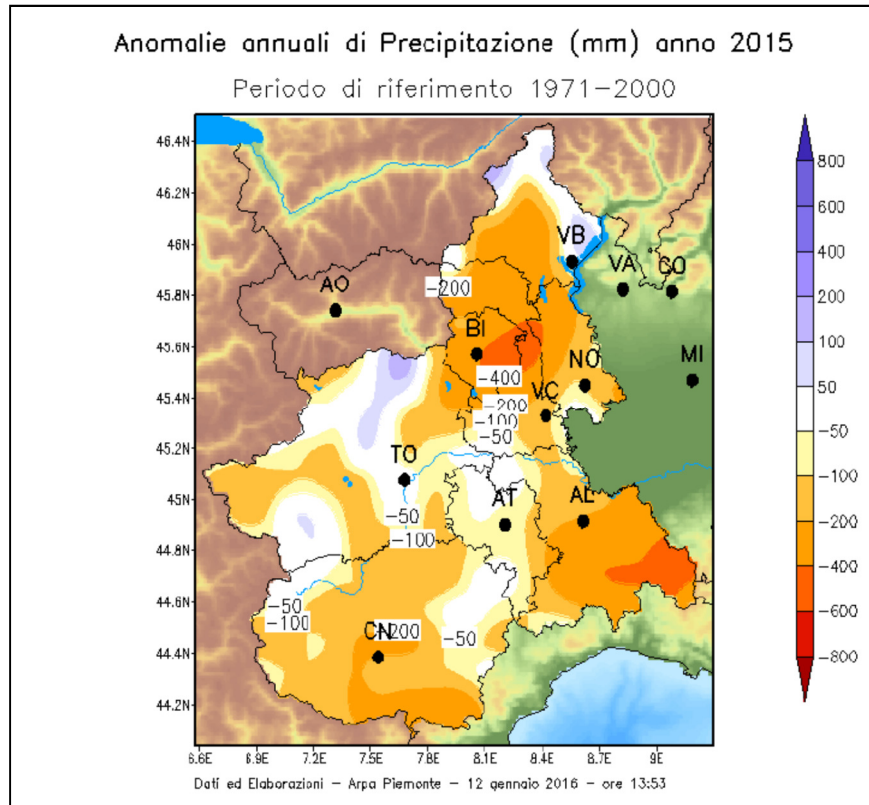
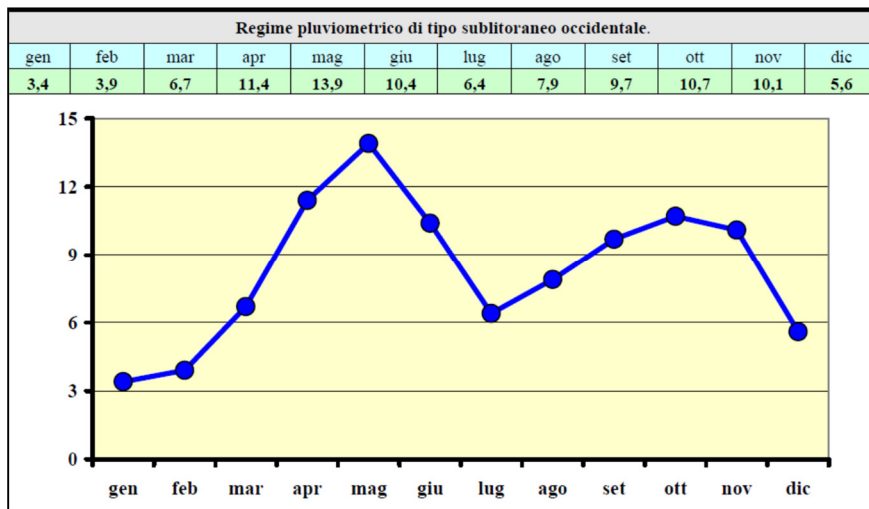


Figura 3.6 -Anomalia di precipitazione per l'anno 2015 rispetto alla norma 1971-2000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

4 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento dei diversi manufatti idraulici in particolare per la valutazione dei tiranti idrici.

Lo studio idrologico deve fornire l'inquadramento generale dell'area di studio sulla base dei dati idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

In generale è preferibile utilizzare analisi già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle LSPP dell'area in esame. In caso contrario:

- Per bacini privi di strumentazione, potrebbe essere utilizzata una qualsiasi delle analisi di frequenza sulle portate di piena già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle portate di piena nel corso d'acqua in esame;
- In assenza di un'analisi regionale ufficiale o qualora la stessa non risulti applicabile a causa di consistenti regolazioni dei deflussi o altre caratteristiche peculiari del bacino in esame, dovrà essere selezionata la metodologia più appropriata per la stima dei dati di portata necessari. Allo scopo potranno essere impiegati i metodi sviluppati da vari Autori o enti o modelli afflussi-deflussi, quali quelli basati sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Nel progetto in essere sono stati utilizzati i valori delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" delle Norme di attuazione del PAI.

4.1 LSPP - AUTORITÀ DI BACINO DEL PO

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), all'art.10 delle Norme di attuazione, dispone:

"L'Autorità di bacino definisce, con propria direttiva:

- i valori delle portate di piena e delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino;

- i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d'acqua;

[...]"

La "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", in attuazione dell'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI dell'Autorità di bacino del Fiume Po, fornisce i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d'acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d'acqua, il profilo della piena di progetto.

Ai fini di quanto richiesto dall'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI, la direttiva è costituita dai seguenti punti:

- delimitazione dei sottobacini idrografici nella porzione collinare e montana del bacino del Po e degli ambiti idrografici di pianura;

	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

- stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali nelle stazioni di misura delle precipitazioni;
- analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense;
- indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni;
- stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali;
- definizione del profilo di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.

La legge di dipendenza della media dei massimi di precipitazione con la durata può esprimersi, nel caso più semplice, come:

$$h = a \cdot t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata dall'Autorità di Bacino sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Nel procedere al calcolo dei parametri a ed n, sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata inoltre condotta dall'Autorità di bacino, all'interno della "Direttiva", un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri "a" ed "n" delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nell'Allegato 3; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia.

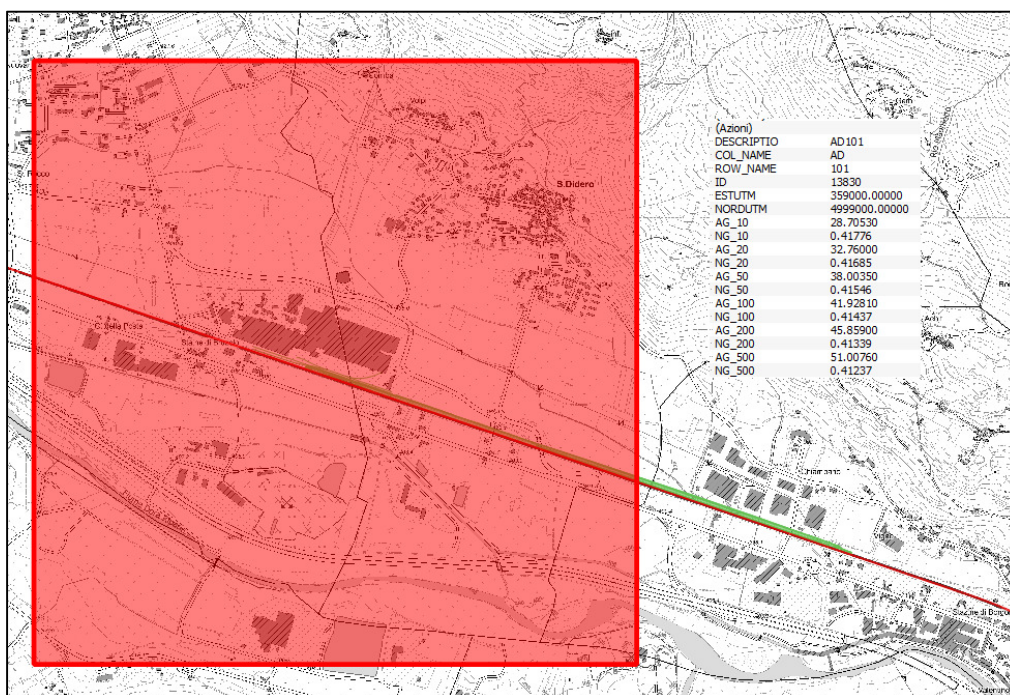
In Figura 4.1 si evidenziano le celle della Griglia di Dati in cui ricadono gli interventi in oggetto. Per lo studio idrologico e idraulico dell'argine in progetto si rimanda agli elaborati di dettaglio.



Figura 4.1- Individuazione celle di riferimento PAI 7. Norme di attuazione- Allegato 3

Di seguito i dati pluviometri di dettaglio per i due interventi in progetto, in particolare:

- L'intervento del PM di Bruzolo interessa due celle pluviometriche

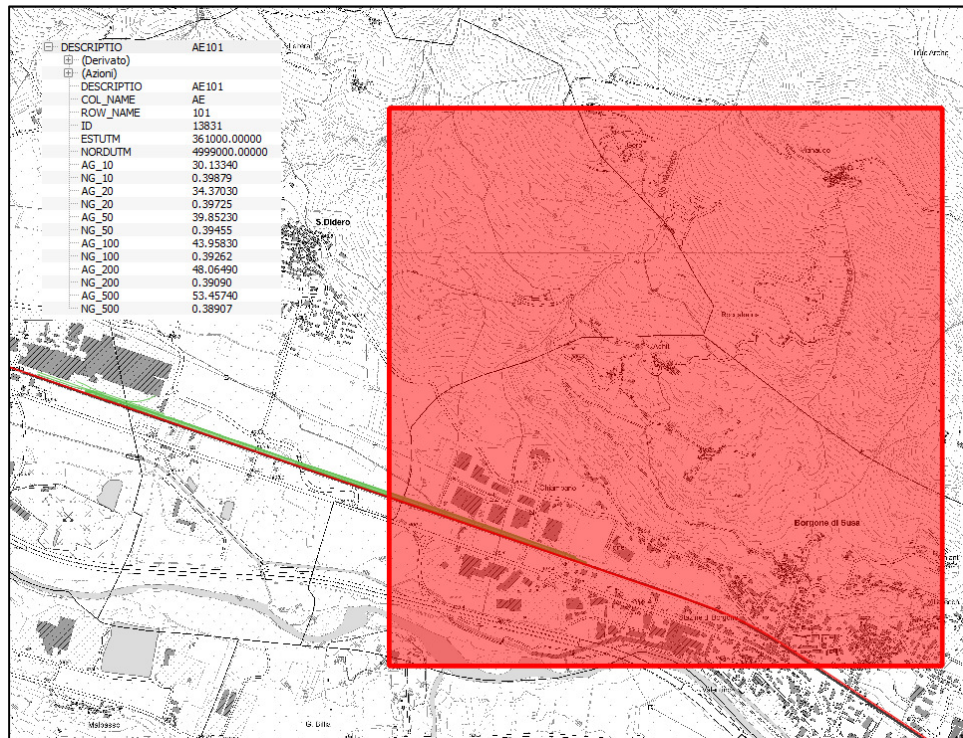


CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AD101	28.705	0.418	32.760	0.417	38.004	0.415	41.928	0.414	45.859	0.413	51.008	0.412

Figura 4.2- Norme di attuazione_ Allegato 3 - Caratterizzazione cella AD101 di riferimento PAI 7

RELAZIONE IDROLOGICA

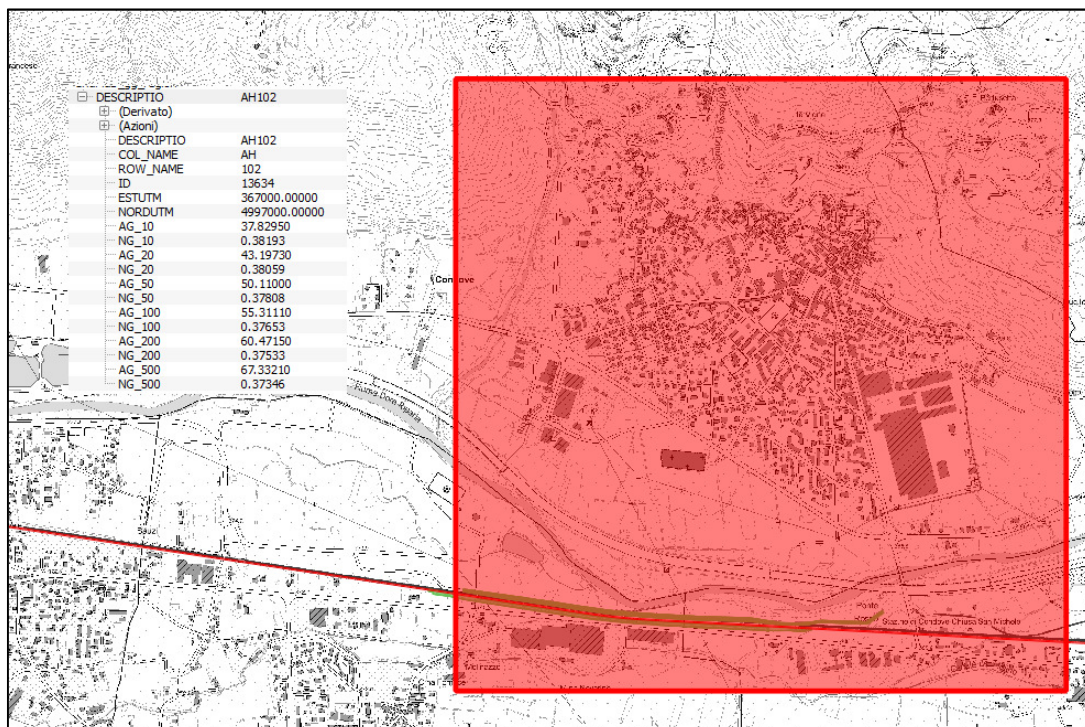
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0I	04	D 26 RH	ID0001 001	A	15 di 24



CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AE101	30.133	0.399	34.370	0.397	39.852	0.395	43.958	0.393	48.065	0.391	53.457	0.389

Figura 4.3- Norme di attuazione_Allegato 3 - Caratterizzazione cella AE101 di riferimento PAI 7

- L'intervento del PM di Condove interessa una sola cella pluviometrica:



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AH102	37.830	0.382	43.197	0.381	50.110	0.378	55.311	0.377	60.472	0.375	67.332	0.373

Figura 4.4- Norme di attuazione_Allegato 3 - Caratterizzazione cella AH102 di riferimento PAI 7

4.2 INTERPOLAZIONE DEI PARAMETRI PLUVIOMETRICI

Nel progetto in essere si è fatto riferimento all'Allegato 3_Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense del PAI 7. Norme di attuazione per l'estrapolazione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Di seguito una sintesi:

La "Direttiva" riporta inoltre:

I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale. Nelle parti del bacino ove sono disponibili, possono essere utilizzati, in alternativa, i risultati derivanti da studi di regionalizzazione, che siano stati predisposti a cura della Regione interessata.

Per la progettazione del PM di Bruzolo si è preferito non fare un'interpolazione dai dati pluviometrici delle varie celle in cui ricade l'intervento ma considerare la cella con i valori più cautelativi, in questo caso descritti dalla cella AE101; per il PM di Condove sono stati considerati i valori pluviometrici della cella in cui ricade il progetto, AH102.

Di seguito i parametri presi in riferimento per il dimensionamento delle opere idrauliche relativamente ai due interventi:

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AE101	30.133	0.399	34.370	0.397	39.852	0.395	43.958	0.393	48.065	0.391	53.457	0.389
AH102	37.830	0.382	43.197	0.381	50.110	0.378	55.311	0.377	60.472	0.375	67.332	0.373

Tabella 4.I - Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad 1 h

Il Manuale di Progettazione ferroviaria di RFI definisce i tempi di ritorno da utilizzare per il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione dell'importanza strategica del manufatto. In particolare:

Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

Fossi di guardia:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

Si evince la necessità di definire i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 25 anni attraverso l'interpolazione dei parametri forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po precedentemente definiti.

Le curve di interpolazione di seguito considerando hanno permesso di definire i parametri pluviometrici necessari per i due interventi:

- PM di Bruzolo

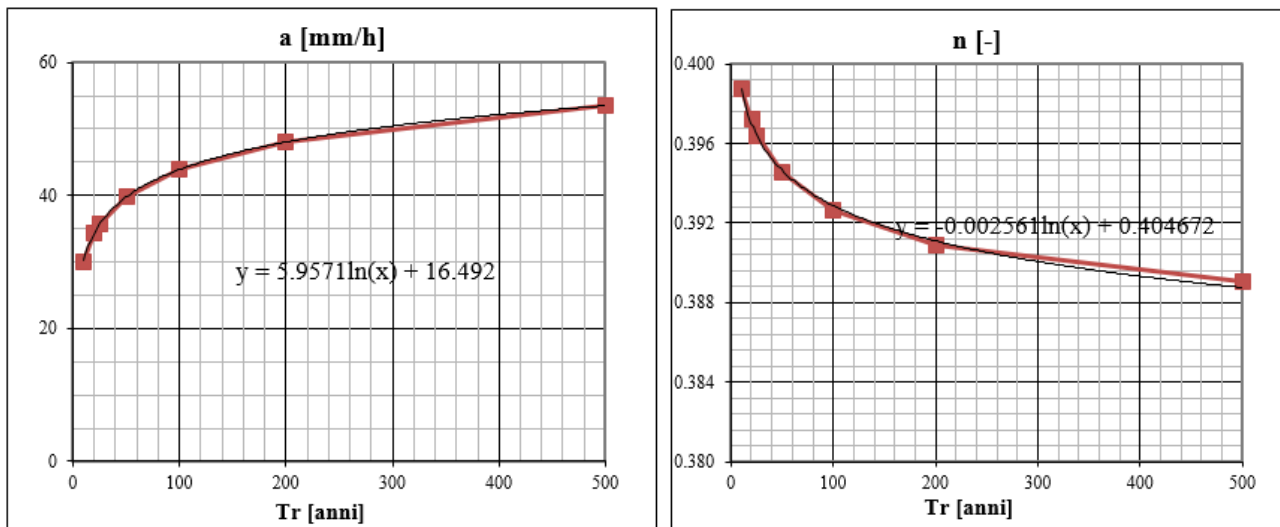


Figura 4.5- Interpolazioni a ed n per Tr=25 anni per il PM di Bruzolo

I parametri di riferimento per il tempo di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

CELLA PAI	Tr = 25 anni	
	a [mm/h]	n [-]
AE101	35.667	0.396

In Figura 4.5 si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1 h.

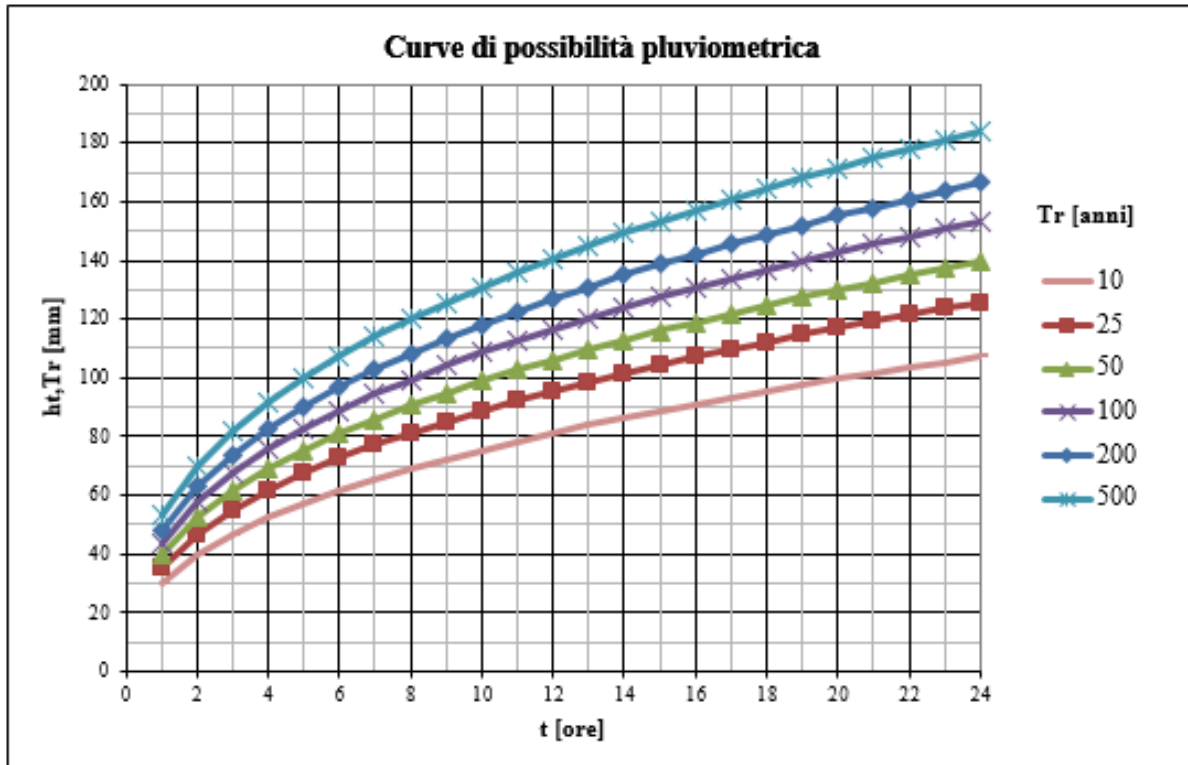


Figura 4.6- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

I valori dei parametri idrologici utilizzati nel progetto in essere sono:

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AE101	30.133	0.399	34.370	0.397	35.667	0.396	39.852	0.395	43.958	0.393	48.065	0.391	53.457	0.389

Tabella 4.II Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

- PM di Condove

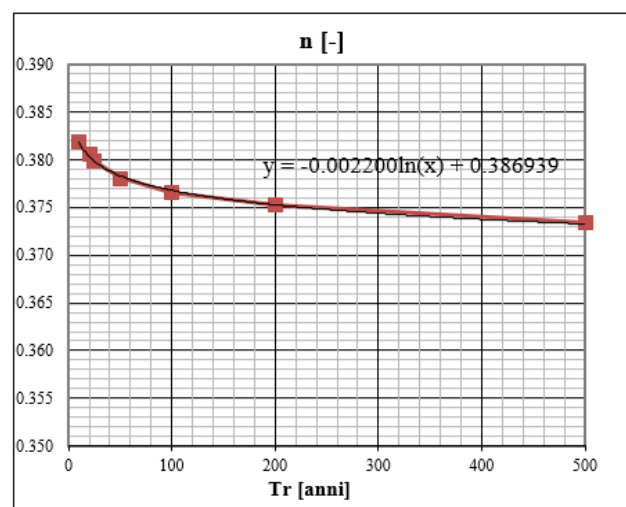
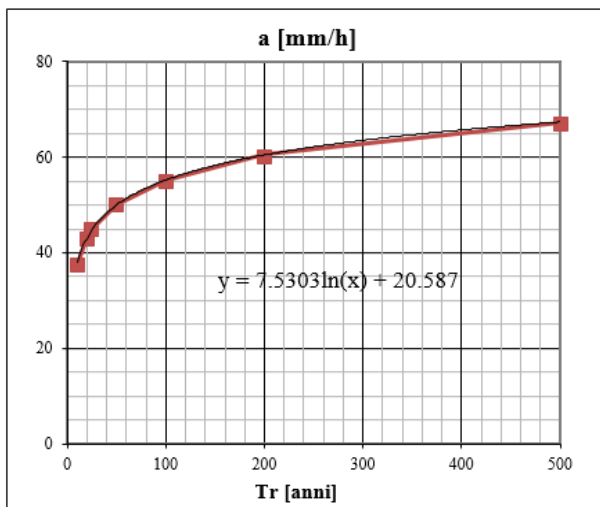


Figura 4.7- Interpolazioni a ed n per Tr=25 anni per PM di Condove

I parametri di riferimento per il tempo di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

CELLA PAI	Tr = 25 anni	
	a [mm/h]	n [-]
AH102	44.826	0.380

In Figura 4.8 si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1 h.

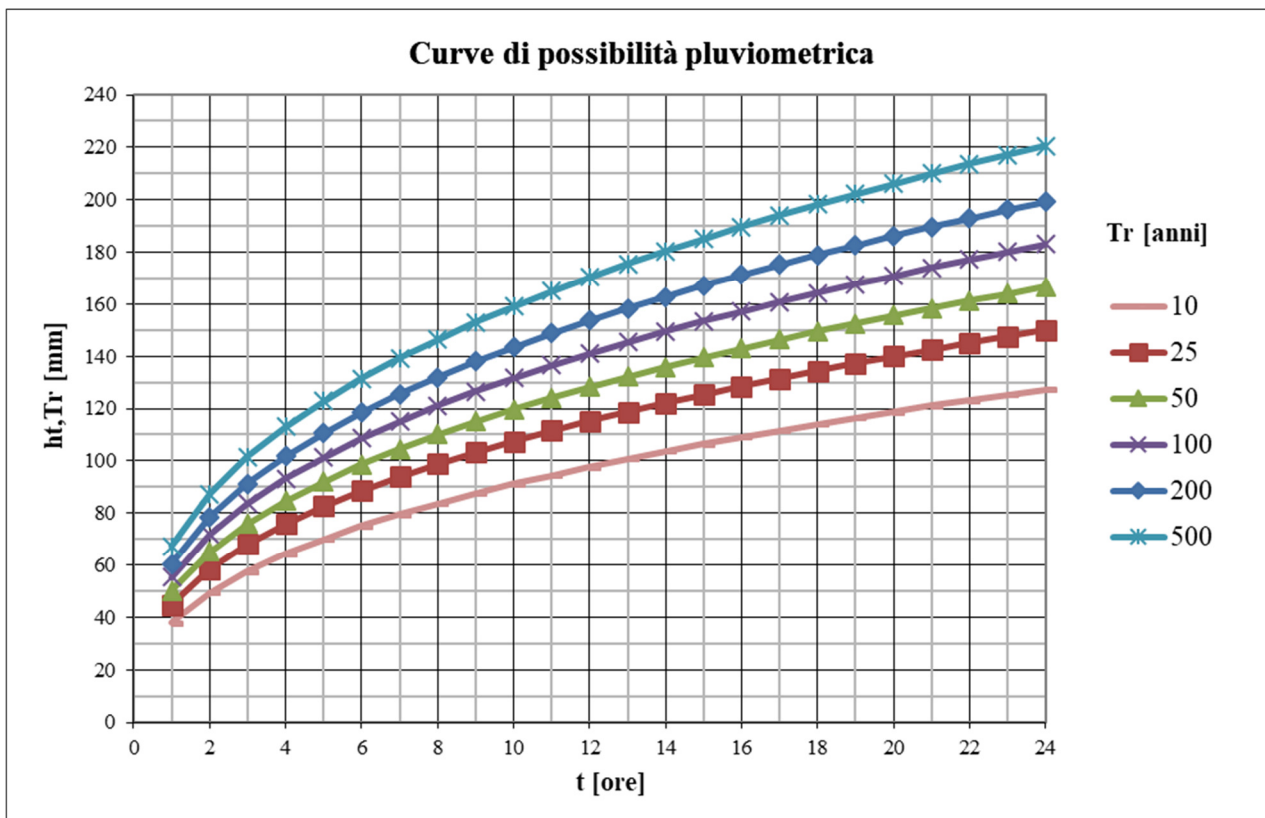


Figura 4.8- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

I valori dei parametri idrologici utilizzati nel progetto in essere sono:

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AH102	37.830	0.382	43.197	0.381	44.826	0.380	50.110	0.378	55.311	0.377	60.472	0.375	67.332	0.373

Tabella 4.III Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

4.3 RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI

In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica a tempi inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell.

Bell ("GeneralizedRainfallDurationFrequencyRelationship" – Journal of the HydraulicsDivision – Proceedings of american Society of CivilEngineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) ha osservato che i rapporti r_T tra le altezze di durata t molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano.

Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

t [min]	5	10	15	30
$r_{\delta} = h_{\delta} / h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Tabella 4.IV - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora – U.S. Water Bureau

Questi rapporti variano di molto poco negli Stati Uniti ed i loro valori sono indipendenti dal periodo di ritorno.

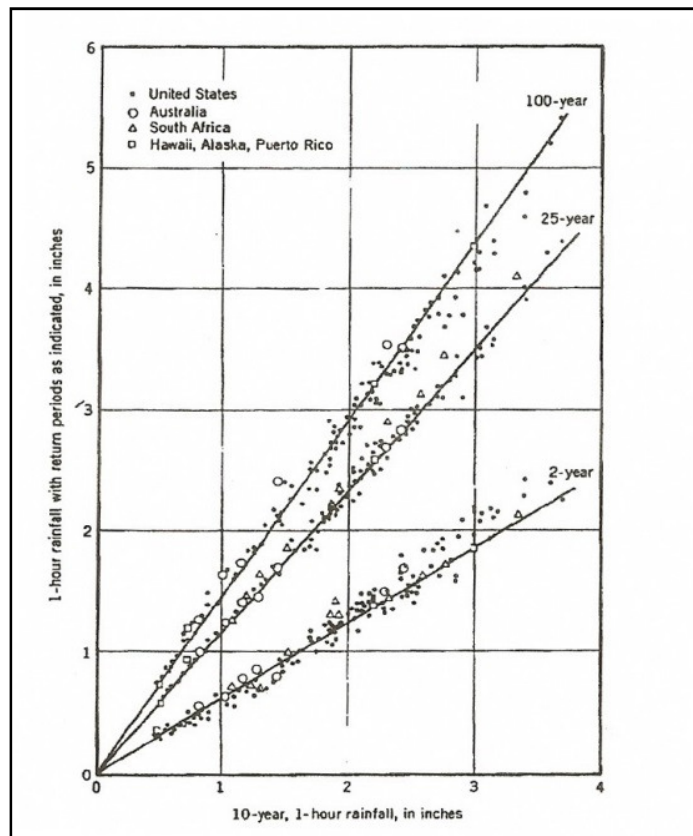


Figura 4.9- Relazione altezza-frequenza per 2, 25, 100 anni

Bell, come sopra accennato, sulla scorta di osservazioni provenienti da oltre 150 stazioni con oltre 40 anni di osservazione, ha dimostrato che tale correlazione si può estendere fino a valori di durata sino alle due ore, come risulta dalla Figura 4.7, ha riscontrato la costanza dei rapporti r_T tempi di pioggia breve e tempo di pioggia della durata pari ad un'ora, anche in Australia, Africa, Hawaii, Alaska e Porto Rico.

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T

- h_T^{60} è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T

- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia ht relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' .

Le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata inferiore ad un'ora sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti, per i due interventi:

- PM di Bruzolo

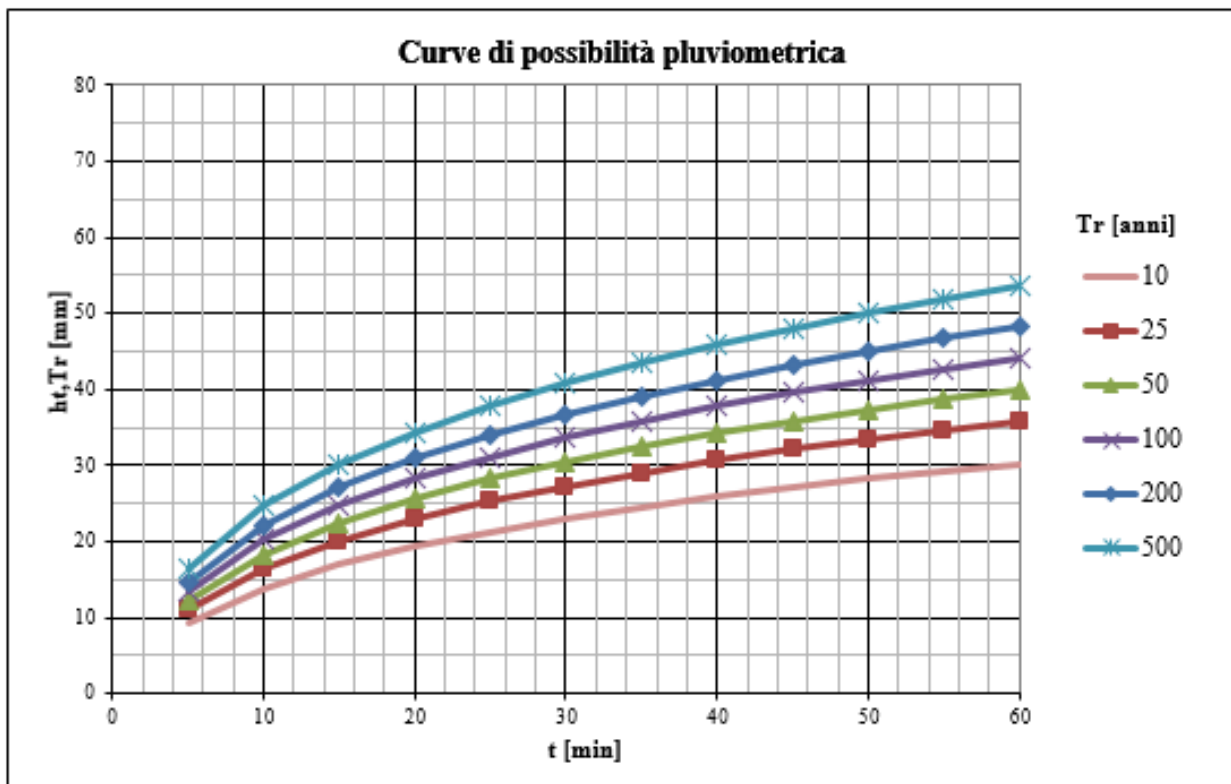


Figura 4.10- Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora per il PM di Bruzolo

- PM di Condove

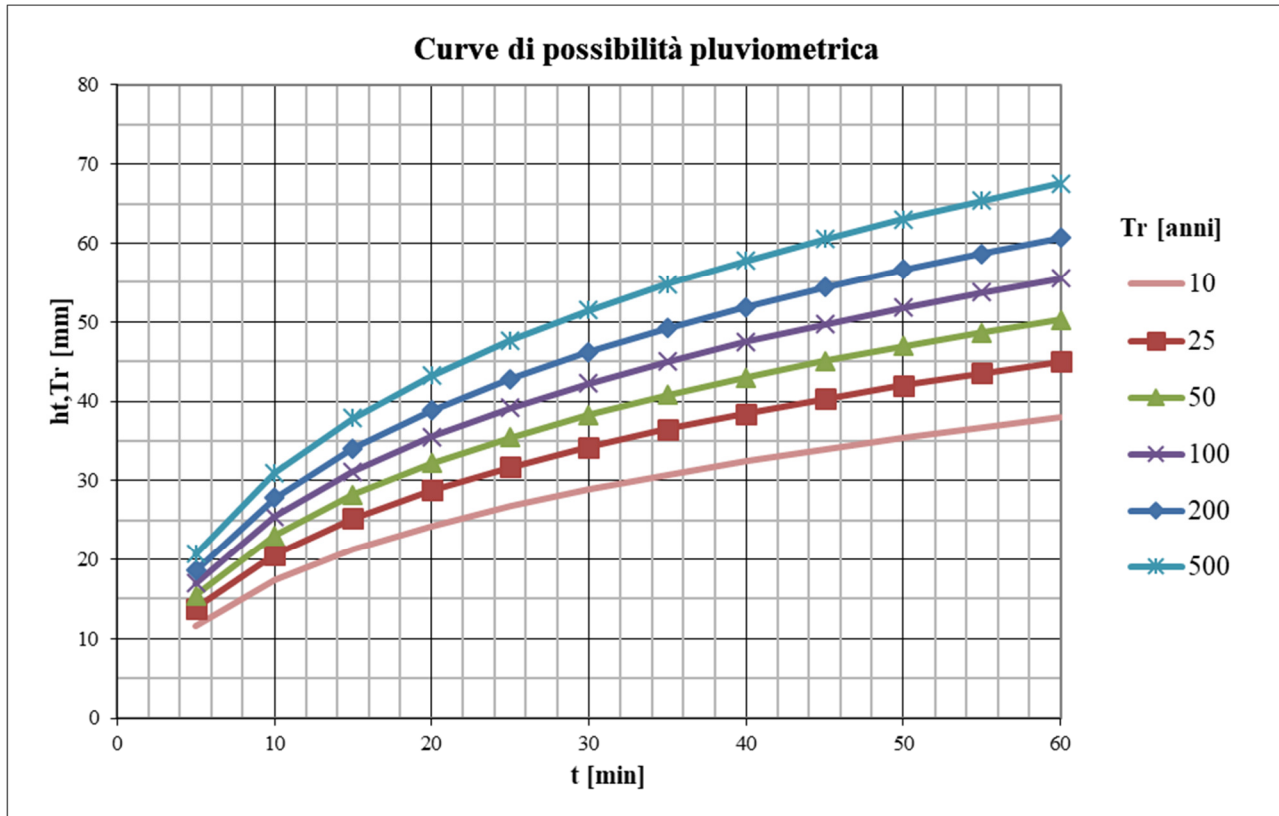


Figura 4.11- Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora per il PM di Condove

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

5 VALORI ADOTTATI

Nell'ambito dello studio idrologico vengono stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica per i differenti tempi di ritorno al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

I tempi di ritorno (T_r) prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria variano infatti a seconda del tipo di manufatto idraulico:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Fossi di guardia:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

	S [Km ²]	Tr [anni]
Linea ferroviaria	$S \geq 10$	300
	$S < 10$	200
Deviazioni stradali	-	200

PM DI BRUZOLO

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 100 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 43.958 \cdot t^{0.393}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 43.958, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 43.958 \cdot t^{0.464}.$$

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alle deviazioni stradali (tempo di ritorno pari a 25 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 35.667 \cdot t^{0.396}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 35.667, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 35.667 \cdot t^{0.464}.$$

	ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA LOTTO 04 - PM SFALSATO					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

PM DI CONDOVE

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 100 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 55.311 \cdot t^{0.377}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 55.311, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 55.311 \cdot t^{0.464}.$$

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alle deviazioni stradali (tempo di ritorno pari a 25 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 44.886 \cdot t^{0.380}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 44.886, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 44.886 \cdot t^{0.464}.$$