

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO

**COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M.
CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI**

IDRAULICA

Relazione idrologica

SCALA:

-

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


I Z 0 9 0 0 D 2 6 R I I D 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	F. Serrau	Settembre 2019	M. Ventura	Settembre 2019	S. Lo Presti	Settembre 2019	F. Sacchi Settembre 2019

ITALFERR - DC INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23172 Sp. A.

File: IZ0900D26RIID0000001A

n. Elab.:

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 2 di 14

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	INQUADRAMENTO GENERALE DELL' AREA	6
4	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	8

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 3 di 14

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le analisi idrologiche previste per la progettazione definitiva del PRG e ACC del nuovo PM di Carnaccho e delle opere sostitutive dei P.L. interferenti con il nuovo PM. Obiettivo della presente relazione è la stima dei necessari parametri pluviometrici e l'inquadramento idraulico dell'area in esame con individuazione delle interferenze con i corsi d'acqua maggiori e minori.

L'analisi effettuata ha seguito differenti fasi:

- Reperimento della cartografia di base; scale variabili: 1:25000, 1:5000;
- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluvio-meteorologico dell'area in esame e del bacino di interesse;
- Reperimento di 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.

Gli elaborati idraulici prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella 1.1:

IDRAULICA	
	Relazione idrologica
1:5000	Corografia dei bacini idrografici
	Relazione di compatibilità di smaltimento idraulico - Sede ferroviaria
1:1000	Planimetria di smaltimento idraulico sede ferroviaria - Tav. 1/2
1:1000	Planimetria di smaltimento idraulico sede ferroviaria - Tav. 2/3
1:1000	Planimetria di smaltimento idraulico sede ferroviaria - Tav. 3/3
1:50	Sezioni tipologiche idraulica 1/2
1:50	Sezioni tipologiche idraulica 2/2
varie	Particolari e dettagli opere di smaltimento idraulico

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A

	SL01 Nuovo sottopasso al km 7+189
	Relazione idraulica smaltimento acque
1:500	Planimetria con rete di smaltimento idraulica

	SL02 Nuovo sottopasso al km 8+015
	Relazione idraulica smaltimento acque
1:500	Planimetria con rete di smaltimento idraulica 1/2
1:500	Planimetria con rete di smaltimento idraulica 2/2

	SL03 Nuovo sottopasso al km 10+291
	Relazione idraulica smaltimento acque
1:500	Planimetria con rete di smaltimento idraulica

	FA01 - Fabbricato tipologico T2 - PM Cargnacco
	Relazione idrologico-idraulica e di smaltimento acque
1:100	Planimetria di smaltimento acque meteoriche

Tabella 1.1: Elaborati prodotti nell'ambito del presente studio.

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

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 5 di 14

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- PAI - 1. Relazione Generale
- 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;
- PRTA – Piano Regionale di Tutela delle Acque
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 04/03/2016);
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee;
- Decreto del Presidente della Regione 27 marzo 2018, n.083/Pres. - Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque).- PAIR – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali
- PAI – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D.26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 6 di 14

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

INQUADRAMENTO NORMATIVO IDRAULICO

Le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico della "Laguna Marano Grado" ricadente all'interno del bacino idrografico Alpi Orientali, pertanto le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali e al PAI in vigore.

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 (Figura 3-1) in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 3-1 - Suddivisione territoriale in distretti idrografici

Gli interventi in progetto ricadono nell'area di giurisdizione del Distretto idrografico Alpi Orientali
 Figura 3-2.

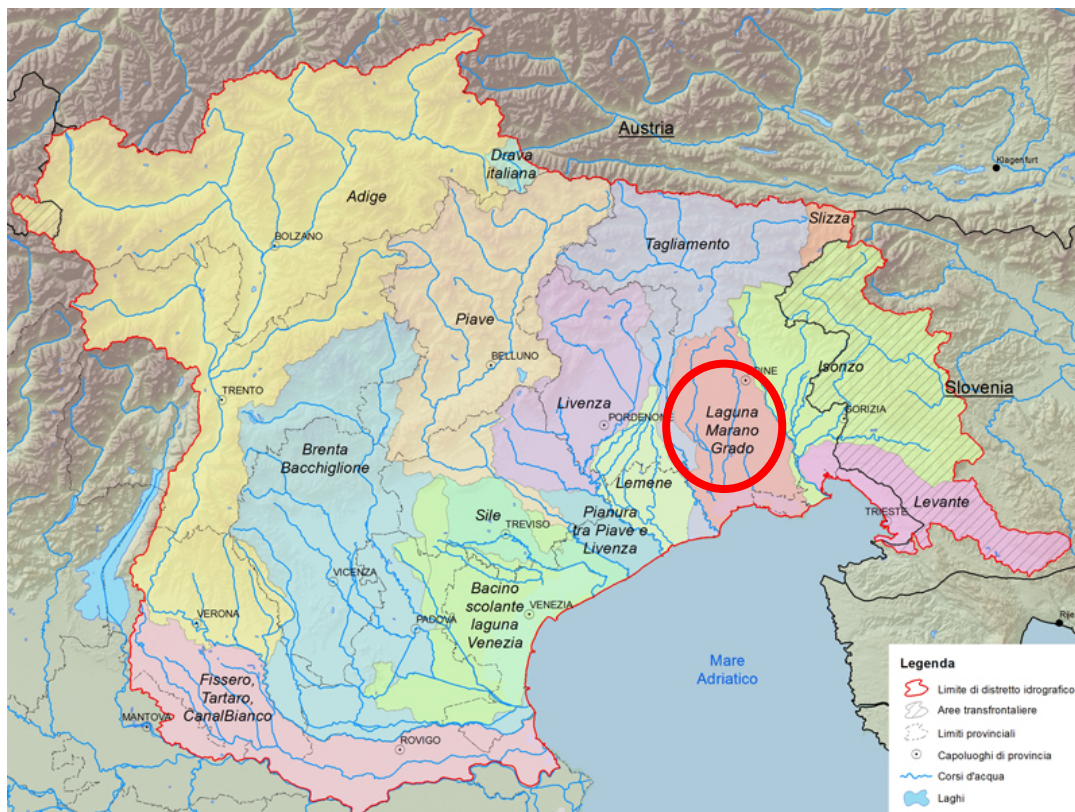


Figura 3-2 – Distretto idrografico Padano

L'analisi idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento che, per la zona in esame, sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A

4 ANALISI PLUVIOMETRICA

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.

Il software Rainmap FVG permette la determinazione delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, che hanno il compito di esprimere il legame esistente tra l'altezza della pioggia h e la sua durata d , per un assegnato tempo di ritorno T . I dati analizzati sono stati ricavati da serie storiche di 130 stazioni pluviometriche e coprono un intervallo di tempo dal 1920 al 2013. Usualmente tale legame si trova espresso nella formulazione: $hd(T) = a * d^n$.

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica permettono quindi di ottenere uno studio statistico delle piogge intense in un punto o in un'area della superficie terrestre. Nella formulazione i parametri a ed n sono in funzione del tempo di ritorno T . Il parametro a rappresenta l'altezza della precipitazione di durata unitaria e tempo di ritorno T ; tale valore risulta essere crescente rispetto a T . Il parametro n invece assume oscillazioni molto più limitate.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti inserendo le coordinate geografiche del progetto in esame:

Parametri LSPP							
n	0,31						
a	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
	33,1	44,5	52,7	61,0	72,6	81,9	91,8

Precipitazioni (mm)							
Durata (Hr)	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
1	33,1	44,5	52,7	61,0	72,6	81,9	91,8
2	41,0	55,0	65,1	75,4	89,7	101,2	113,5
3	46,3	62,2	73,6	85,3	101,5	114,6	128,4
4	50,6	67,9	80,4	93,1	110,9	125,1	140,2
5	54,2	72,7	86,1	99,7	118,7	133,9	150,1
6	57,3	76,9	91,0	105,4	125,5	141,6	158,7
7	60,0	80,6	95,4	110,5	131,5	148,4	166,3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A

8	62,5	84,0	99,4	115,1	137,0	154,6	173,3
9	64,8	87,0	103,0	119,3	142,0	160,3	179,6
10	66,9	89,9	106,4	123,2	146,7	165,5	185,5
11	68,9	92,5	109,5	126,9	151,0	170,4	191,0
12	70,8	95,0	112,5	130,3	155,1	175,0	196,1
13	72,5	97,4	115,2	133,5	158,9	179,3	201,0
14	74,2	99,6	117,9	136,6	162,5	183,4	205,6
15	75,8	101,7	120,4	139,5	166,0	187,3	209,9
16	77,3	103,8	122,8	142,2	169,3	191,1	214,1
17	78,7	105,7	125,1	144,9	172,5	194,6	218,1
18	80,1	107,6	127,3	147,5	175,5	198,1	222,0
19	81,4	109,4	129,4	149,9	178,4	201,4	225,7
20	82,7	111,1	131,5	152,3	181,3	204,6	229,2
21	84,0	112,8	133,4	154,6	184,0	207,6	232,7
22	85,2	114,4	135,3	156,8	186,6	210,6	236,0
23	86,3	115,9	137,2	158,9	189,2	213,5	239,2
24	87,5	117,4	139,0	161,0	191,6	216,3	242,3

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. Per le opere idrauliche relative alla piattaforma ferroviaria il tempo di ritorno con cui dimensionare è di 100 anni mentre per alcuni manufatti il tempo di ritorno di riferimento è 25 anni. Bisogna quindi ricavare anche i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 25 anni; questo può essere effettuato attraverso l'interpolazione dei parametri precedentemente definiti.

I parametri di riferimento per i tempi di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

Tr= 25 anni	
a [mm/h]	n [-]
64.0	0.31

Di seguito si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1h con l'aggiunta della curva interpolata per TR25 anni.

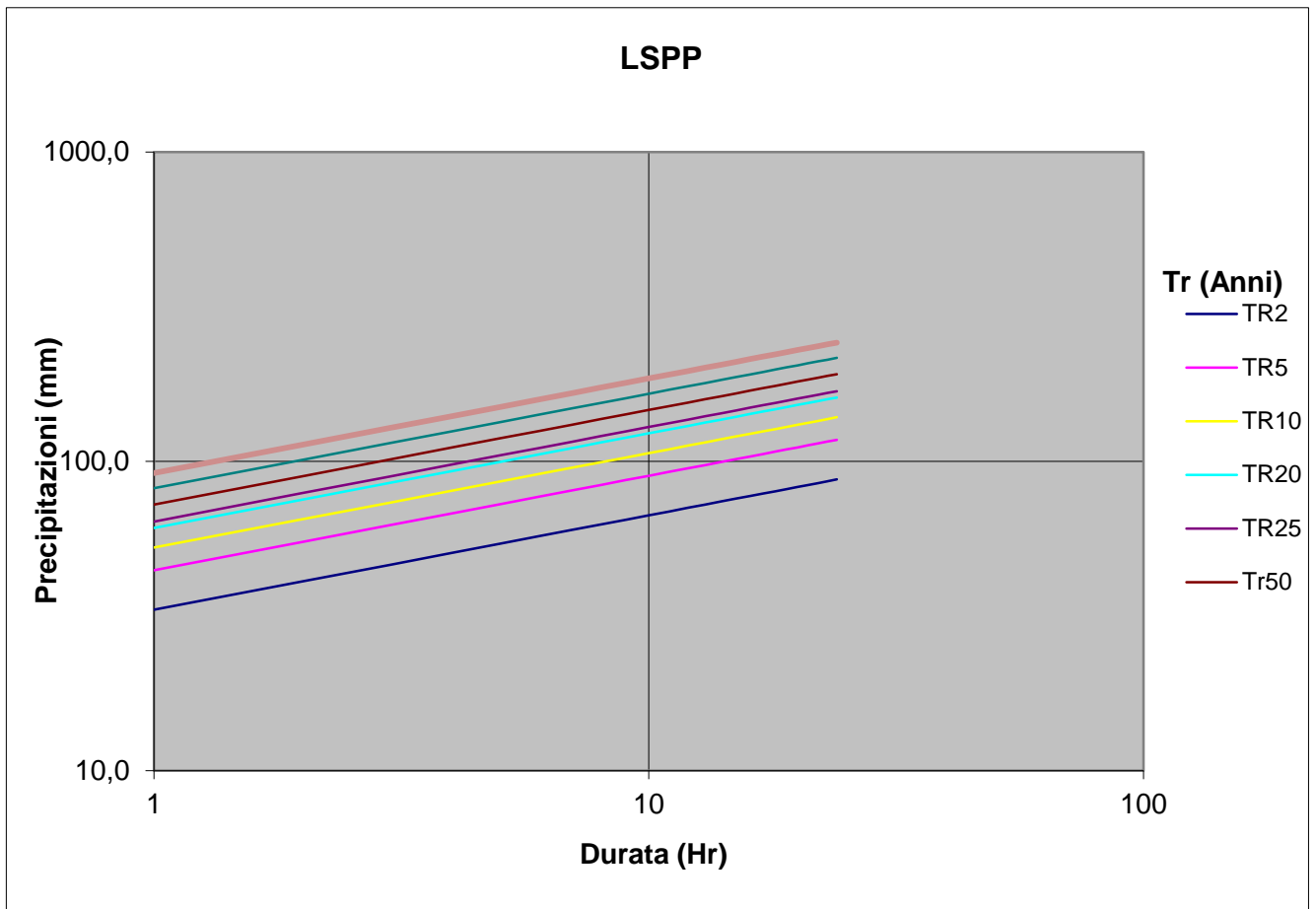


Figura 4-1- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

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 ("Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – 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 inferiori 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 4.1 - 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.

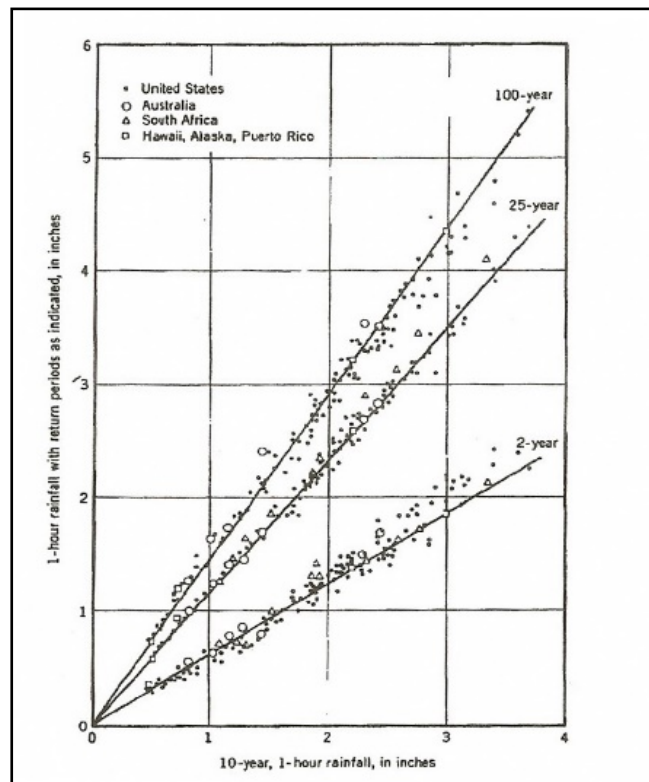



Figura 4-2- Relazione altezza-frequenza per 2, 25, 100 anni

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 4.3, ha riscontrato la costanza dei rapporti tra tempi di pioggia

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A

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 h_t 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 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata inferiore ad un ora, riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti.

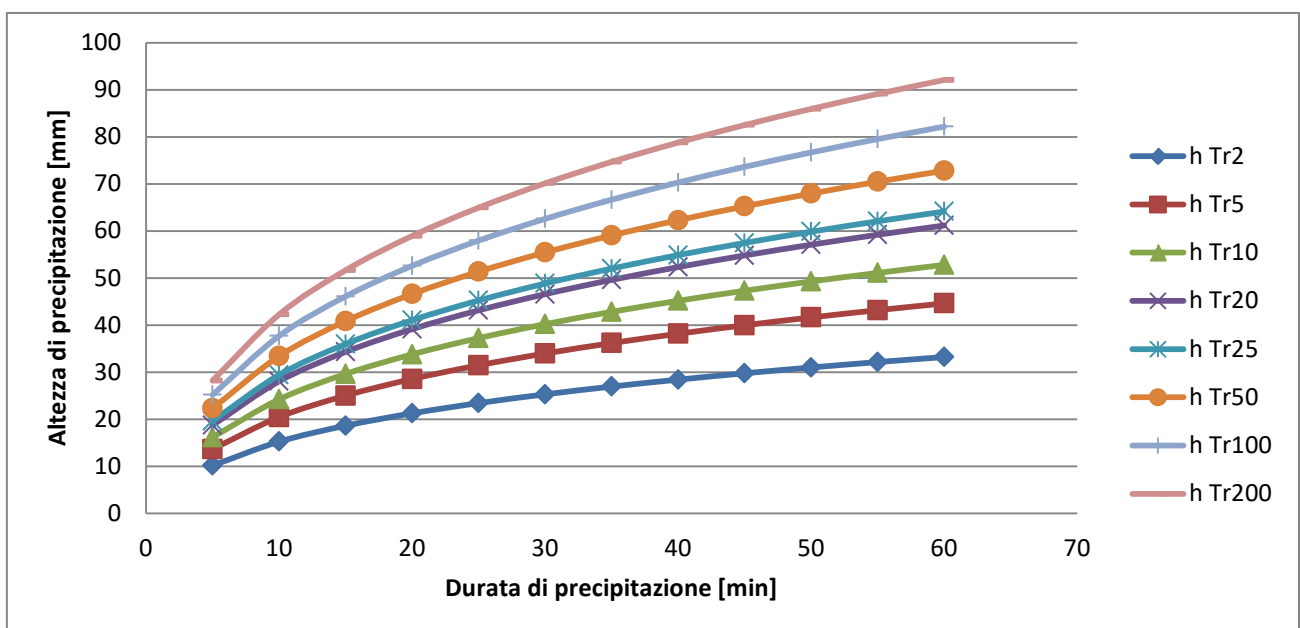


Figura 4-3- Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 13 di 14

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.

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, trincea drenante:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

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:

- $h = 81.9 \cdot \tau^{0.31}$, per le durate di pioggia t maggiori di un'ora;
- $h = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 81.9$, per le durate di pioggia t minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come: $h = 81.9 \cdot \tau^{0.464}$.

	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ09	LOTTO 00 D 26	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000 001	REV. A	FOGLIO 14 di 14

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio non direttamente connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 25 anni), la legge di pioggia è:

- $h = 64 \cdot t^{0.31}$, per le durate di pioggia t maggiori di un'ora;
- $h = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 64$, per le durate di pioggia t minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come $h = 64 \cdot t^{0.464}$.