

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO

ELABORATI GENERALI
IDROLOGIA E IDRAULICA
Idraulica di piattaforma
Relazione idrologica

SCALA:

-

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

NN2G 00 D 78 RI ID0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	E.Sellari <i>[Signature]</i>	05.12.2022	V.Colamesta <i>[Signature]</i>	05.12.2022	M.Leogrande <i>[Signature]</i>	05.12.2022	F.Sacchi 05.12.2022 <i>[Signature]</i>

ITALFERR SpA
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Tecnica
S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri Prov. di Roma n. 23172 Str. A

NN2G00D78RIID0001001A

n. Elab.: 78_14_1

INDICE

1	PREMESSA	2
2	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	3
3	STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	4
3.1	TEMPI DI RITORNO DI RIFERIMENTO.....	4
3.2	ELABORAZIONE STATISTICA DELLE REGISTRAZIONI PLUVIOMETRICHE.....	4
3.3	EVENTI DI DURATA INFERIORI ALL'ORA (SCROSCI).....	7

1 PREMESSA

Il presente documento è stato emesso nell'ambito dello sviluppo del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica Arricchito per il completamento della Linea Salerno – Pontecagnano Aeroporto, Nuova fermata a Servizio dell'Area ASI di Salerno.

L'analisi degli strumenti di pianificazione territoriale per l'assetto idrogeologico, *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I.)* e *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale*, ha escluso la presenza di aree a pericolosità idraulica nella tratta di intervento e non sono stati individuati corsi d'acqua per i quali prevedere uno studio idraulico di compatibilità.

L'analisi idrologica dell'area di intervento è stata dunque condotta ai fini della determinazione delle curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma ferroviaria della fermata in progetto.

Nel dettaglio, lo studio idrologico è stato eseguito elaborando i dati disponibili della stazione pluviometrica di Pontecagnano secondo il modello probabilistico di Gumbel e definendo i parametri della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno 100 anni, opportunamente modificati per tenere conto di eventi di breve durata o scrosci.

2 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'intervento di adeguamento del PRG di Pontecagnano in progetto si sviluppa all'interno del Bacino Regionale *Destra Sele*.

In quest'area gli strumenti di pianificazione territoriale di riferimento per la progettazione idraulica in vigore sono il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I.) - Rischio Alluvioni - dell'ex Autorità di Bacino Regionale Destra Sele (agg. 2017)* e relative Norme Tecniche di Attuazione e il *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (II ciclo di pianificazione, agg. Aprile 2020)* e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA).

Dall'analisi delle mappe di pericolosità idraulica emerge la presenza di aree perimetrate a diversa pericolosità che risultano del tutto esterne all'area di intervento, come mostrato nella figura seguente.

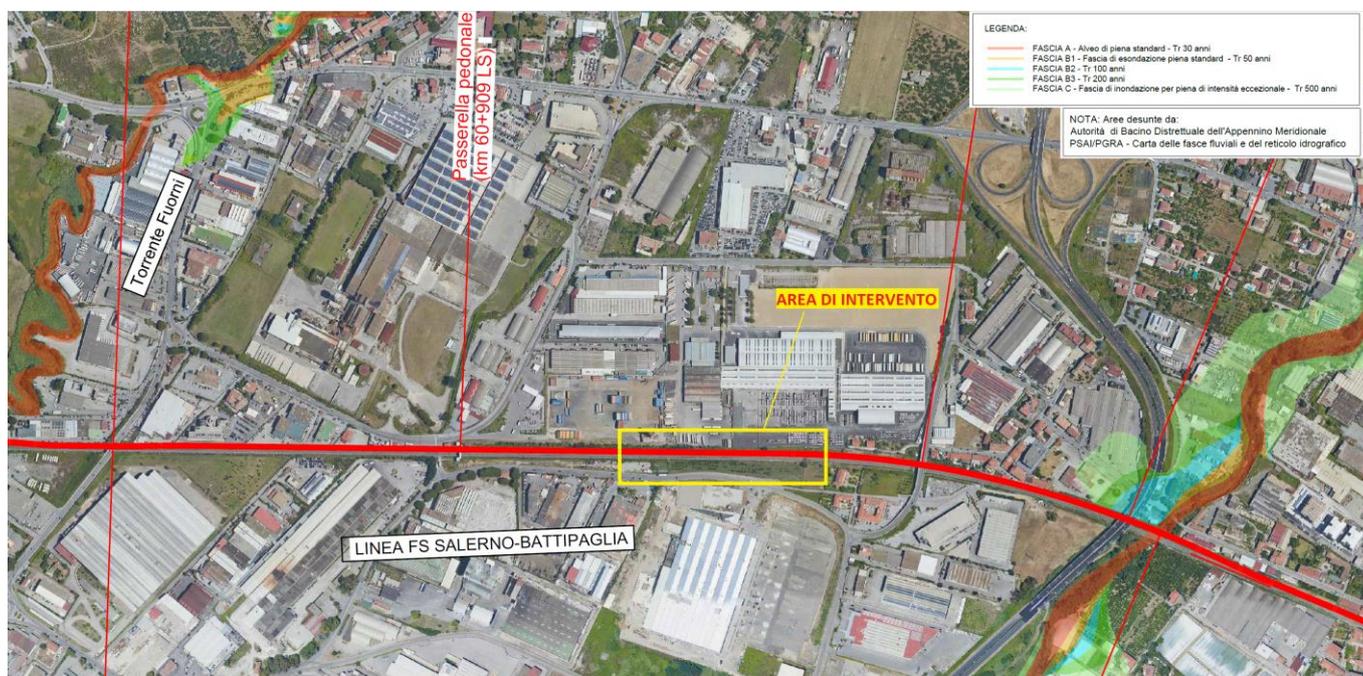


Figura 1 - Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica secondo il PSAI/PGRA e inquadramento dell'area di intervento

3 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

L'analisi delle precipitazioni intense è stata eseguita mediante l'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche disponibili mediante il metodo di Gumbel, prendendo in esame le serie storiche dei dati di pioggia, aggiornate alle recenti registrazioni (fino al 2018), della stazione pluviometrica di interesse, fornite dal Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile della Regione Campania.

3.1 Tempi di ritorno di riferimento

La scelta del tempo di ritorno per il dimensionamento del sistema di drenaggio in progetto è stata effettuata in conformità a quanto previsto nel Manuale di Progettazione Ferroviaria (RFI, 2021).

	Manuale di progettazione ferroviaria (RFI, 2020)
Drenaggio di piattaforma (cunette, tubazioni, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Piattaforma ferroviaria: $Tr = 100$ anni • Piattaforma stradale e/o deviazioni stradali: $Tr = 25$ anni

Tabella 1 – Tempi di ritorno da Manuale RFI.

In particolare per gli elementi di drenaggio ferroviari si è assunto un tempo di ritorno pari a 100, mentre per quelli di piazzale 25 anni.

3.2 Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

Sono state prese in considerazione le registrazioni pluviometriche presso la stazione di misura di *Pontecagnano*, data la vicinanza all'area di progetto.



Figura 2 - Stazione pluviometrica di riferimento per l'area di intervento.

Si è proceduto quindi all'elaborazione statistica delle serie storiche di altezza di pioggia per 1, 3, 6, 12, 24 ore, registrate e disponibili presso la stazione di misura sopra individuata, secondo il modello di Gumbel.

Tale metodo prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione (**27 osservazioni, nel periodo 1957-2018, per la stazione di Pontecagnano**) intesi come variabili indipendenti.

Nello specifico, la funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y :

$$y = \alpha(x - u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N + 1}$$

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare. Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si basa sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

Stazione di Pontecagnano											
Anno/ore	1	3	6	12	24	Anno/ore	1	3	6	12	24
1957	26.0	72.5	73.5	73.5	101.0	2006	31.0	46.2	60.0	85.4	99.6
1958	20.0	35.5	49.0	58.0	60.0	2007	30.8	49.0	53.4	55.0	60.2
1972	31.0	40.6	42.2	47.0	64.2	2008	20.0	29.2	31.2	38.8	55.0
1980	37.0	48.6	52.4	54.4	62.6	2009	35.0	46.6	50.0	54.6	72.2
1981	24.0	35.0	37.6	40.0	47.0	2010	53.6	112.8	141.4	150.0	158.2
1982	34.0	60.6	63.6	63.6	63.6	2011	39.0	52.8	70.2	76.6	89.0
1990	46.4	46.4	74.2	74.6	74.6	2012	31.4	41	63	69.6	71.4
1991	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	2013	43.4	81.8	82	82	82.2
1993	21.8	23.4	26.4	42.2	50.4	2014	28.8	30.8	39.6	46.8	70.2
1997	18.4	27.8	32.6	37.8	53.8	2015	46.4	76.2	91.8	101.2	123
2002	42.4	54.2	76.8	99.4	131.4	2016	30.0	43.2	55.2	79.4	96.6
2003	20.6	29.4	31.2	39.6	50.4	2017	33.6	41.0	48.2	57.2	63.2
2004	24.8	35.4	51	62.4	69.2	2018	45.6	54.2	69.8	71.0	71.6
2005	38.8	39.0	59.4	60.4	61.2						

Tabella 2 – Stazione pluviometrica di Pontecagnano: dati di pioggia (periodo di osservazione 1957-2018).

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad e \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende soltanto da h (= precipitazione) secondo la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Si ottengono quindi per α e u le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Richiamando il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

È stata quindi ricavata l'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di precipitazione (h) in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione $j(T_r, \tau)$ è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

Nelle tabelle seguenti, sono dunque riportati i valori a e n (per durate di pioggia superiori all'ora), relativamente alla stazione di misura considerata, per differenti tempi di ritorno (T_r), in accordo alle normative e ai regolamenti attualmente in vigore.

Stazione di Pontecagnano		
T_R (anni)	a	n
25	57.9	0.288
30	59.6	0.289
100	70.5	0.295
200	76.7	0.298
300	80.4	0.299

Tabella 3 – Stazione pluviometrica di Pontecagnano: valori dei parametri a e n , per differenti tempi di ritorno.

3.3 Eventi di durata inferiori all'ora (scrosci)

Come indicato nel Manuale di Progettazione Ferroviaria, le elaborazioni idrologiche finalizzate al calcolo della portata di dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma ferroviaria devono essere eseguite sui valori assunti dalle altezze di precipitazione con durata inferiore all'ora (scrosci).

Nel caso in esame, non sono disponibili dati storici relativi a registrazioni di eventi meteorici di breve durata (inferiori all'ora) e forte intensità, da poter rielaborare statisticamente.

È necessario quindi ricorrere a relazioni disponibili nella letteratura tecnica. Nello specifico, si è fatto riferimento allo studio condotto da Ferro & Bagarello (1996), secondo il quale per la Regione Campania è possibile ricorrere alla seguente relazione

$$\frac{h_t}{h_{60}} = \left(\frac{t}{60} \right)^s$$

con h_t = altezza di pioggia di durata pari a t ; h_{60} = altezza di pioggia oraria; $s = 0.310$ (valore tipico per la Regione Campania).

Rielaborando quindi le *CPP* determinate per durate superiori all'ora mediante la relazione proposta da Ferro & Bagarello (1996), si ottengono le seguenti *CPP* (parametri a e n) valide per durate inferiori all'ora.

Stazione di Pontecagnano		
<i>TR (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
25	51.99	0.310
30	53.37	0.310
100	62.37	0.310
200	67.53	0.310
300	70.54	0.310
500	74.33	0.310

Tabella 4 – Stazione di Pontecagnano: valori dei parametri a e n , per differenti tempi di ritorno, per durate inferiori all'ora.

In conclusione, per il dimensionamento dei sistemi di drenaggio in progetto sono stati utilizzati i seguenti parametri a e n :

Stazione di Pontecagnano		
<i>TR (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
25	51.99	0.310
100	62.37	0.310

Tabella 5 – Stazione di Pontecagnano: valori dei parametri a e n , Tr 25 anni e 100 anni, per eventi con durate inferiori all'ora.