

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.
SACYR S.A.U.
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. D. Spoglianti Ordine Ing. Milano n° 20953</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato Dott. P.Ciucci</p>
Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"			

<i>Unità Funzionale</i>	GENERALE	AMV0643_F0
<i>Tipo di sistema</i>	AMBIENTE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	
<i>Titolo del documento</i>	SISTEMAZIONE DI TRATTI DEI CORSI D'ACQUA – RELAZIONE IDROLOGICA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	X	V	G	A	M	I	A	Q	2	0	0	0	0	0	2	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	31/05/2012	Emissione finale	M. BATTISTON	M. SALOMONE	D. SPOGLIANTI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

INDICE

INDICE.....	3
Premessa.....	4
1 Bacini idrografici	4
2 Stazioni pluviometriche di riferimento	6
2.1 Analisi delle precipitazioni	8
3 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica	9
3.1 Regressione statistica diretta dei massimi orari e pluriorari	9
3.2 Modello di regionalizzazione VA.PI.	15
3.3 Curve di possibilità pluviometrica di riferimento	19
4 Eventi di precipitazione di durata inferiore all'ora	22
5 Portate di piena.....	28
5.1 Metodologia di analisi.....	28
5.2 Caratteristiche fisiche e idrologiche dei bacini sottos.....	28
5.3 Modello di trasformazione afflussi-deflussi.....	33
6 Risultati	34
6.1 Portate massime di progetto	34

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Premessa

Il presente documento costituisce la relazione idrologica generale relativa all'area nella quale ricadono i bacini dei torrenti Gibia, Laticogna, Prestianni, Serro della Torre e Piria.

Questi sono costituiti da corpi idrici di estensione modesta - con bacini imbriferi sottesi di superficie compresa fra 0,124 e 1,255 km², generalmente caratterizzati da regime idrologico discontinuo e con presenza di deflussi solo in concomitanza di eventi meteorologici particolarmente intensi.

Inoltre, in ragione delle loro caratteristiche, non sono presenti stazioni idrometriche utili per una determinazione diretta delle portate di progetto.

Si è pertanto proceduto alla elaborazione di uno studio idrologico, articolato come segue.

- Individuazione del reticolo idrografico superficiale, delimitazione dei bacini imbriferi sottesi dalle sezioni di interesse, determinazione delle caratteristiche fisiografiche e morfologiche necessarie per le successive elaborazioni.
- Individuazione delle stazioni pluviometriche disponibili nell'area in esame e di caratteristiche idonee per lo studio; reperimento dei dati di misura aggiornati.
- Analisi statistica delle serie storiche dei massimi di precipitazione di assegnata durata, con confronto di diverse distribuzioni di probabilità e modalità di regressione; scelta della metodologia più affidabile e cautelativa.
- Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di riferimento per il calcolo delle portate meteoriche.
- Determinazione delle portate di piena in corrispondenza delle sezioni di interesse.

C'è da evidenziare che lo studio elaborato ha tenuto conto anche dei risultati dello studio idrologico allegato al Progetto Definitivo Ponte sullo Stretto.

Nei capitoli che seguono vengono descritte in dettaglio le attività svolte ed i risultati ottenuti. Per l'individuazione dei bacini idrografici e del reticolo di deflusso principale, l'ubicazione delle stazioni pluviometriche di riferimento ed una sintesi dei parametri caratteristici di ciascun bacino si rimanda agli elaborati grafici specifici, ovvero la Carta dei bacini idrografici (in scala 1:5.000).

1 Bacini idrografici

Sono stati considerati i corpi idrici significativi nel tratto in esame e complessivamente sono state definite 5 sezioni di chiusura di interesse coincidenti con lo sbocco a mare per tutti ad eccezione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

del t. Gibia la cui sezione di interesse è stata considerata alla sua confluenza con il t. S. Trada. Relativamente a queste sono stati delimitati i bacini sottesi e determinate le relative caratteristiche morfologiche e fisiografiche (v. Tabella 1).

I bacini in esame presentano i seguenti parametri significativi:

Nome bacino	Superficie A [km ²]	Lunghezza asta principale L [m]	Pendenza media asta principale i_{med}	Altezza minima bacino H_{min} [m s.l.m.]	Altezza massima bacino H_{max} [m s.l.m.]	Altezza media bacino H_{med} [m s.l.m.]
t. Gibia	1,215	2.165	0,222	24,82	481	309,22
t. Laticogna	0,160	1.062	0,271	0	288	113,62
t. Prestianni	0,150	1.145	0,264	0	302	124,85
t. Serro della Torre	0,124	1.005	0,235	0	236	88,84
t. Piria	0,435	2.035	0,174	0	355	184,90

Tabella 1 – Principali parametri morfologici e fisiografici dei bacini in esame

In funzione delle risultanze degli specifici sopralluoghi effettuati è stato possibile affinare la conoscenza relativa alle modificazioni antropiche della rete naturale di drenaggio, la quale in diversi punti risulta tombata e spesso adibita a viabilità locale, definendo così con maggiore precisione anche l'estensione della superficie contribuente afferente a ciascuna sezione di chiusura.

La lunghezza dell'asta principale L e la sua pendenza media i_{med} sono definite funzionalmente alle elaborazioni idrologiche eseguite. In particolare, L corrisponde alla distanza che una goccia di pioggia caduta nel punto del bacino idraulicamente più distante dalla sezione di chiusura percorre per raggiungere quest'ultima; i_{med} è una pendenza di riferimento, valutata cautelativamente¹ come differenza tra le quote massima e minima del bacino rapportata alla lunghezza L.

A corredo della descrizione dei bacini in esame è stata inoltre condotta una valutazione della struttura gerarchica del reticolo idrografico principale, così da fornire una rappresentazione sintetica della sua densità e del modo in cui esso è articolato ed è distribuito sul territorio. Tale valutazione è stata effettuata applicando il noto metodo di Horton, il quale attribuisce un ordine gerarchico a tutti i tratti compresi tra due successive confluenze e si basa sui seguenti punti fondamentali:

¹ In quanto una maggior pendenza produce una maggior concentrazione dei deflussi e quindi una portata al colmo di piena più elevata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- un ramo che non nasce dalla confluenza di altri due è di primo ordine;
- un ramo di ordine n congiungendosi con uno di ordine $n-1$ non modifica il suo ordine;
- due rami di ordine n congiungendosi generano un ramo di ordine $n+1$;
- in ogni nodo interno vi possono essere solo due rami entranti ed uno uscente
- la magnitudine m del bacino rappresenta il numero di rami del primo ordine.

L'ordine massimo indica, a parità di condizioni, se il reticolo è più o meno fitto. Tale valutazione comporta tuttavia dei termini di arbitrarietà, in quanto è dipendente dalla base cartografica e dalla scala a cui si effettua l'analisi, consentendo quindi confronti solo di tipo relativo.

Nel caso in esame, i bacini risultano di modesta ramificazione, per cui l'analisi gerarchica appare poco significativa e non è stata rappresentata su alcun elaborato grafico.

Per maggiori dettagli relativamente alle caratteristiche del reticolo idrografico si rimanda agli elaborati descrittivi dello stato attuale dei luoghi riscontrato nell'ambito dei sopralluoghi e alla documentazione fotografica in appendice.

2 Stazioni pluviometriche di riferimento

Come già detto in precedenza, non sono disponibili nei bacini in esame stazioni idrometriche che consentano una stima diretta delle portate di progetto. Vi sono tuttavia diverse stazioni di registrazione delle precipitazioni, alcune dotate di serie storiche piuttosto estese (in quanto appartenenti alla rete in passato gestita dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale – S.I.M.N.), altre relativamente recenti.

Le stazioni fanno parte del sistema di monitoraggio attualmente gestito dal Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile regionale; alcune di esse sono strumentate in modo da fornire i dati in tempo reale (consultabili mediante applicativo webGIS).

In particolare sono state individuate 5 stazioni di interesse per il presente studio, elencate di seguito, le quali registrano la precipitazione con frequenza almeno oraria (rendendo pertanto possibile l'analisi dei massimi di precipitazione per brevi durate) e sono ubicate in prossimità dell'area in esame. Le serie storiche di tali stazioni sono state desunte dagli Annali Idrologici pubblicati dal S.I.M.N., mentre sono stati acquisiti dal Centro Funzionale gli aggiornamenti più recenti disponibili (anno 2009) i cui valori sono riportati in allegato.

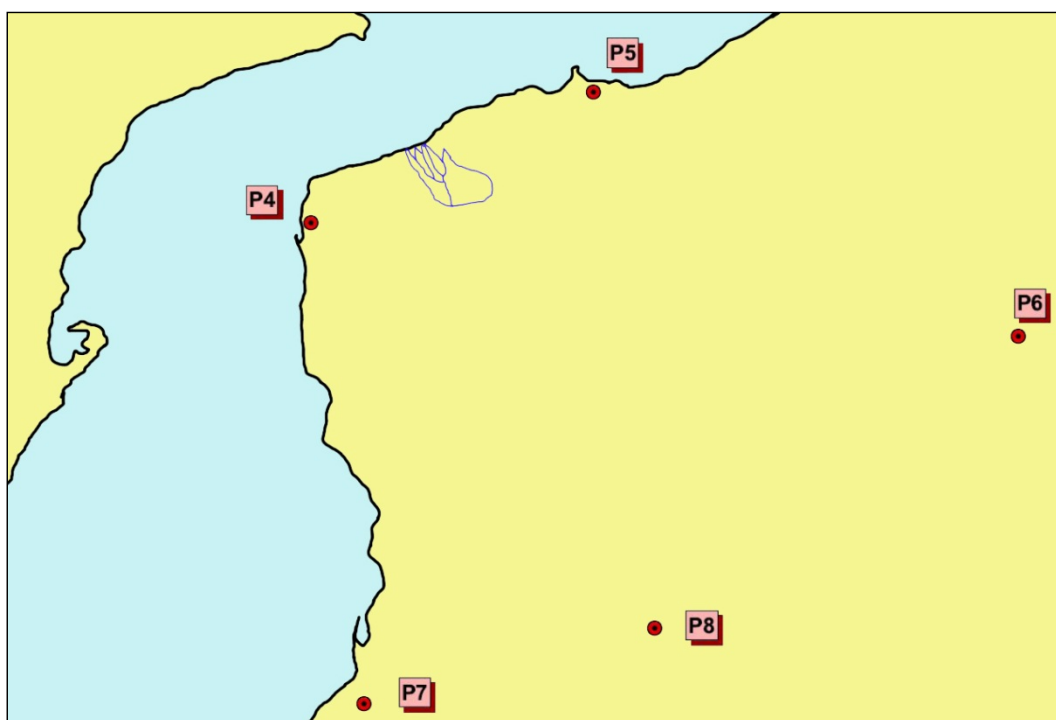
- [P4]: Villa San Giovanni (1928-1977, 30 anni di osservazioni disponibili);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						

- [P5]: Scilla (1991-2009, 19 anni di osservazioni disponibili) ;
- [P6]: Gambarie d’Aspromonte (1948-2009, 36 anni di osservazioni disponibili);
- [P7]: Reggio di Calabria (1918-2009, 55 anni di osservazioni disponibili);
- [P8]: Arasi (1960-2009, 27 anni di osservazioni disponibili).

Il codice riportato prima di ciascuna stazione è un numero progressivo identificativo di ciascun pluviometro, utilizzato come riferimento per le successive elaborazioni idrologiche.

Nella figura seguente è riportata l’ubicazione delle stazioni.



In Tabella 2 sono invece riportate le informazioni anagrafiche delle stazioni, tra cui il codice ufficiale attribuito dal Centro Funzionale. Le stazioni risultano tutte attive, ad eccezione di quella di Villa S. Giovanni, la quale ha smesso di funzionare nel 1977. Essa è stata comunque considerata nelle elaborazioni, in quanto è l’unica ubicata in prossimità dell’area in esame e dispone di una serie storica piuttosto estesa (30 anni).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Nome stazione	Quota [m s.l.m.]	Comune	Attiva	Max orari e pluriorari	Max < 1 ora
Villa S. Giovanni	4	Villa San Giovanni	No	Si	No
Scilla	73	Scilla	Si	Si	Si
Gambarie d'Aspromonte	1200	Scilla	Si	Si	Si
Reggio Calabria	15	Reggio Calabria	Si	Si	Si
Arasi	573	Reggio Calabria	Si	Si	Si

Tabella 2 - Anagrafica delle stazioni pluviometriche considerate.

Le stazioni considerate risultano ben distribuite per quanto riguarda la possibilità di descrivere correttamente il regime pluviometrico dell'area di interesse, essendo una all'interno di quest'ultima e le altre ben spaziate in tutte le direzioni (verso la terraferma) in una fascia esterna di distanza compresa tra 5 e 15 km.

Le serie storiche sono sufficientemente estese in modo tale da consentire una analisi statistica diretta piuttosto robusta e affidabile. Per tutti i pluviometri considerati sono disponibili le registrazioni dei massimi annuali di precipitazione su brevi durate (1, 3, 6, 12 e 24 ore), sia nel periodo storico che recente.

Per quanto riguarda gli eventi di durata inferiore, i dati sono invece assai più scarsi. Relativamente al periodo storico, per Villa S. Giovanni e Gambarie sono riportati negli annali gli scrosci di intensità eccezionale, relativi soprattutto a durate di 5 o 10 minuti, con alcuni eventi di durata superiore (fino a 30 minuti). Nel periodo più recente (dal 2001) i dati sono forniti con frequenza pari a 20 minuti, per cui è possibile determinare i valori massimi annui relativi a durate di 20 e 40 minuti. Tra il 1991 e il 2000 sono disponibili per Scilla, Reggio e Gambarie i massimi per 15, 20 e 30 minuti

2.1 Analisi delle precipitazioni

Per ciascuna delle stazioni pluviometriche individuate (di cui al paragrafo precedente) sono state condotte analisi di regressione statistica, secondo diverse metodologie e applicando differenti distribuzioni probabilistiche, finalizzate a caratterizzare l'entità dell'evento critico associato ad un determinato tempo di ritorno e una data durata.

Per l'adattamento alle serie dei massimi annuali di precipitazione di durata oraria e plurioraria, e in generale per la descrizione degli eventi intensi, si è fatto riferimento alle distribuzioni GEV (Generalized Extreme Value) di tipo I (Gumbel), Log-Normale e TCEV, scegliendo quindi, a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

seguito di analisi critica supportata anche dall'applicazione di test statistici di adattamento, la procedura che garantisce una descrizione più affidabile e cautelativa.

A partire dalle curve di possibilità pluviometrica (CPP) definite per le durate pari o superiori all'ora, sono poi state ricavate le analoghe curve valide per durate inferiori, di particolare interesse per il presente studio idrologico, mediante una metodologia basata su osservazioni empiriche.

I parametri pluviometrici di riferimento definiti puntualmente sulle singole stazioni sono successivamente stati spazializzati con procedure di regionalizzazione locale.

3 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica

3.1 Regressione statistica diretta dei massimi orari e pluriorari



Per ciascuna stazione pluviometrica sono stati costruiti 5 campioni statistici costituiti dalle osservazioni dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Si è proceduto quindi ad una regolarizzazione statistica dei singoli campioni, verificando l'adattamento ai dati con due distribuzioni probabilistiche tipiche, ovvero le già citate Gumbel e log-normale.

Le distribuzioni GEV sono state sviluppate proprio come curve generali di distribuzione asintotica (ovvero per dimensione del campione che tende a infinito) dei massimi di una serie; in particolare quella di tipo I (Gumbel) è descrittiva della forma asintotica dei valori massimi di distribuzioni con decadimento esponenziale (ad esempio Gaussiana, esponenziale, log-normale, ecc.), e fornisce spesso un buon adattamento ai campioni di precipitazioni intense di breve durata.

La funzione di probabilità cumulata della distribuzione di Gumbel di una variabile aleatoria h (ad esempio l'altezza di pioggia) è esprimibile con la seguente formula, funzione di due parametri α e u :

$$P(h) = \exp(-\exp(-\alpha \cdot (h - u))) \quad [1]$$

I parametri della distribuzione possono essere stimati a partire dai dati campionari; in particolare nel caso in esame è stato utilizzato il metodo dei momenti, per cui α e u derivano dalla media $\mu(h)$ e dalla deviazione standard $\sigma(h)$ della serie secondo le seguenti formule:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h)}$$

$$u = \mu(h) - 0,45 \cdot \sigma(h)$$

La distribuzione log-normale deriva dal considerare che il logaritmo naturale di una variabile aleatoria idrologica $y=\ln(h)$ abbia una distribuzione Gaussiana (o normale); essa a differenza delle GEV risulta quindi limitata inferiormente (non può assumere valori negativi), congruentemente con le grandezze fisiche che descrive.

La distribuzione di densità di probabilità di una log-normale a due parametri μ_y e σ_y è definita come segue:

$$p(h) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_y \cdot h} \cdot \exp \left[-\frac{(\ln h - \mu_y)^2}{2 \cdot \sigma_y^2} \right] \quad [2]$$



Secondo il metodo dei momenti, i parametri della distribuzione possono essere stimati semplicemente come media e deviazione standard della serie di y , ovvero del logaritmo dei valori campionari.

Per tutte le serie in esame sono state quindi definite le distribuzioni Gumbel e log-normale che meglio regolarizzano il campione. Per scegliere la distribuzione più appropriata per le successive elaborazioni sono stati applicati due noti test statistici di adattamento, ovvero il test di Smirnov-Kolmogorov (SK) e quello del Chi quadro (χ^2).

Il test SK valuta lo scostamento della frequenza cumulata del campione dalla probabilità cumulata teorica della distribuzione regolarizzata; esso deve risultare per tutti i valori compreso all'interno di un fuso di accettabilità, definito in funzione del livello di significatività del test.

Il test χ^2 invece consiste nel suddividere il campione in classi equiprobabili (in funzione della distribuzione di probabilità regolarizzata) e di valutare lo scostamento relativo tra la numerosità di dati in ciascuna classe ed il valore atteso. La variabile test che rappresenta tale scostamento risulta avere una distribuzione di tipo χ^2 , con gradi di libertà pari a $f=k-s-1$, dove k è il numero delle classi e s quello dei parametri della distribuzione indagata. Il test è superato con un dato livello di significatività se la variabile test è minore di un corrispondente valore critico.

In generale, per quanto riguarda l'analisi dei valori estremi di una serie, la scelta tra due

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						

distribuzioni non dovrebbe basarsi esclusivamente sui test di adattamento, in quanto diverse distribuzioni hanno forme simili nella loro parte centrale, ma differiscono molto nelle “code”, ovvero nella stima degli eventi di minor probabilità di accadimento, che sono proprio quelli di interesse. Può capitare analogamente che una distribuzione appaia più “performante” in quanto più aderente ai dati “ordinari” (di maggiore numerosità), ma risulti poi meno soddisfacente di un’altra nella descrizione dei valori estremi.

I campioni in esame, nonostante la buona numerosità, non mostrano sempre frequenze compatibili con una distribuzione probabilistica classica di tipo “a campana”, anche a causa della presenza di alcuni “outliers”, ovvero valori marcatamente discosti dal resto del campione, i quali però non hanno motivo di dover essere scartati, derivando dalle medesime modalità di osservazione degli altri dati ed essendo riscontrati in tutte le stazioni, pur non per le stesse durate. Tale condizione è più ricorrente su durate maggiori (6-12 ore e talvolta sulle 24 ore); la Figura 1 mostra a titolo di esempio la differenza di forma, per la medesima durata di 12 ore, tra la distribuzione di frequenza dei campioni di Scilla e di Villa S. Giovanni.

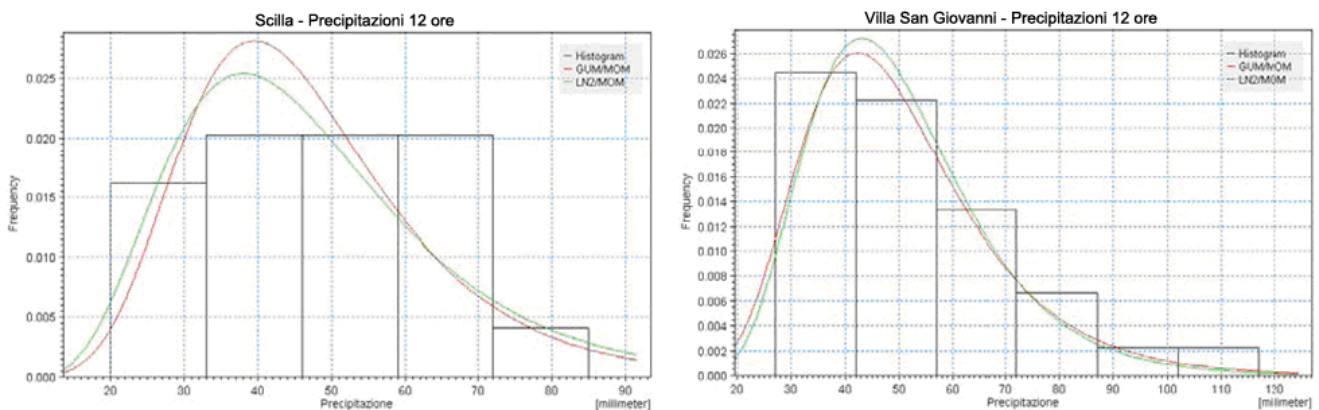




Figura 1 - Confronto tra distribuzioni di probabilità teoriche e frequenza delle osservazioni relativo a due campioni (Scilla e Villa S.Giovanni) per la durata di 12 ore.

In linea generale i test eseguiti non appaiono marcatamente a favore di alcuna delle due distribuzioni indagate.

Il test SK fornisce per tutti i campioni di tutte le stazioni il medesimo livello di significatività per entrambe le distribuzioni, pari al 25% (valore relativamente modesto).

Per quanto riguarda il test st del χ^2 , a seconda dei campioni si ha la prevalenza della Gumbel o della log-normale; per omogeneità di trattazione e congruenza dei valori ottenuti è opportuna

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

tuttavia la scelta di una distribuzione unica.

Considerando in particolare i campioni relativi alla durata di 1 ora, di maggiore interesse per il caso in esame (cfr. capitoli seguenti), per tutte le stazioni si ha la sostanziale equivalenza tra la bontà di adattamento delle due curve, tranne per Villa S.Giovanni dove si riscontra una modesta predominanza della log-normale. Dall'esame del cartogramma probabilistico (Figura 2) si nota però come la log-normale fornisca una migliore descrizione del campione nella porzione più bassa (tempi di ritorno inferiori a 5 anni, di scarso interesse per le finalità dello studio), mentre nella porzione superiore la Gumbel risulti più prossima ai dati misurati, e comunque più cautelativa.

È stata pertanto scelta come distribuzione probabilistica di riferimento, utilizzata per la regolarizzazione di tutti i campioni, la GEV di tipo 1 (Gumbel).

Per completezza in Figura 2 si riportano i cartogrammi relativi alla durata di 1 ora anche per le altre stazioni.

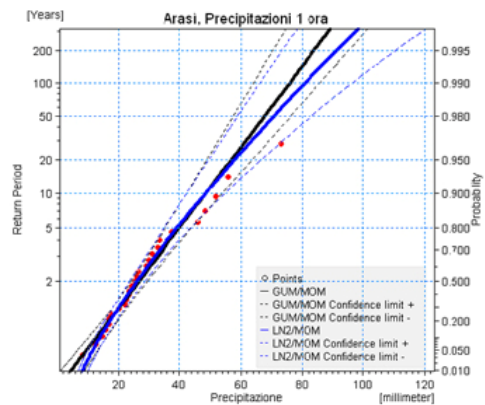
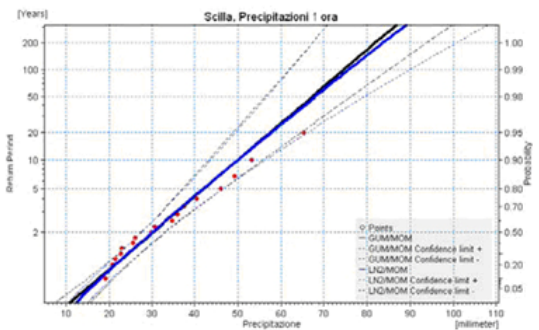
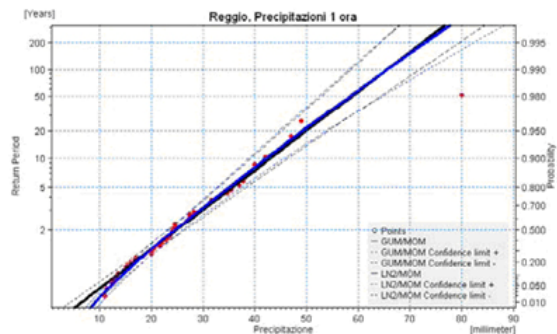
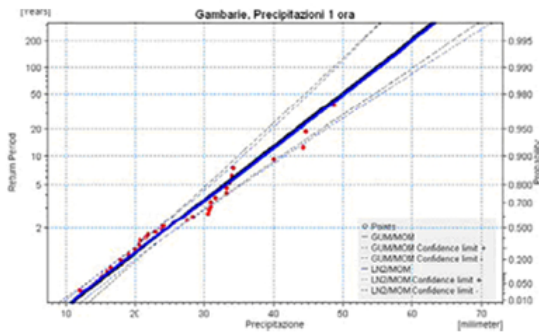
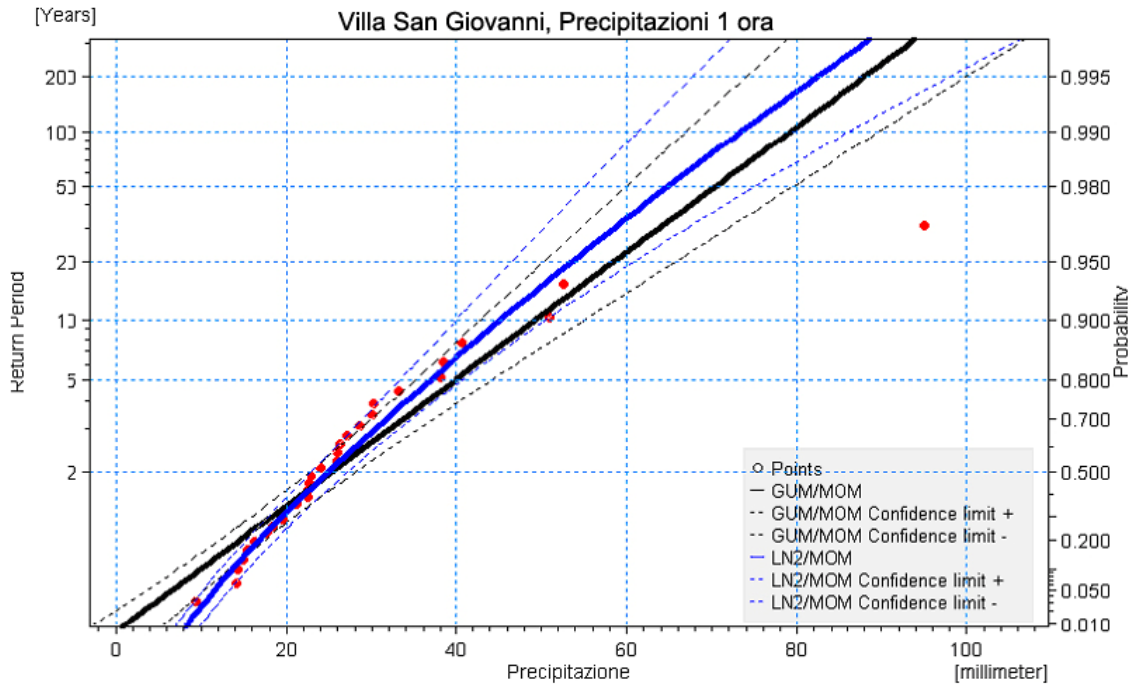


Figura 2 - Cartogrammi probabilistici per le serie di durata pari a 1 ora (in nero la distribuzione di Gumbel, in blu la log-normale).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDROLOGICA	<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0

La Tabella 3 riporta la media e la deviazione standard per ciascuna serie dei massimi di precipitazione; la Tabella 4 fornisce invece i valori dei parametri delle distribuzioni di Gumbel adattate a ciascun campione.



Stazione	Parametro	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Villa S. Giovanni	μ [mm]	27,96	38,67	44,60	50,45	59,15
	σ [mm]	16,34	19,64	18,88	18,11	22,78
Scilla	μ [mm]	32,43	39,51	43,52	47,12	55,33
	σ [mm]	13,45	16,15	16,14	16,78	25,95
Gambarie d'Aspromonte	μ [mm]	26,30	43,22	61,90	86,50	114,71
	σ [mm]	9,08	15,63	28,14	42,54	63,58
Reggio Calabria	μ [mm]	26,85	34,71	42,33	50,32	58,97
	σ [mm]	12,35	16,36	18,07	22,33	26,38
Arasi	μ [mm]	29,13	41,49	50,65	63,22	77,72
	σ [mm]	14,89	17,97	16,53	17,38	28,44

Tabella 3 - Media e deviazione standard campionarie per le varie durate.

Stazione	Parametro	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Villa S. Giovanni	α [mm]	0,079	0,065	0,088	0,071	0,056
	μ [mm]	20,61	29,83	36,11	42,30	48,90
Scilla	α [mm]	0,095	0,079	0,079	0,076	0,049
	μ [mm]	26,38	32,24	36,25	39,57	43,65
Gambarie d'Aspromonte	α [mm]	0,141	0,082	0,046	0,030	0,020
	μ [mm]	22,22	36,18	49,24	67,35	86,09
Reggio Calabria	α [mm]	0,104	0,078	0,071	0,057	0,049
	μ [mm]	21,29	27,35	34,19	40,27	47,10
Arasi	α [mm]	0,086	0,071	0,078	0,074	0,045
	μ [mm]	22,43	33,40	43,22	55,40	64,92

Tabella 4 - Parametri della distribuzione di Gumbel per le varie durate.

La relazione che lega la funzione di probabilità cumulata P ed il tempo di ritorno TR è la seguente:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						

$$P(h) = 1 - \frac{I}{TR}$$

Essendo la $P(h)$ di Gumbel analiticamente nota ed invertibile, esplicitando la [1] si può ottenere una formula diretta per il calcolo di h [mm] in funzione di TR [anni]:

$$h(TR) = \frac{\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{I}{TR}\right)\right]}{-\alpha} + u \quad [3]$$

3.2 Modello di regionalizzazione VA.PI.

Il Progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR-GNDCI), ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. In particolare ci si propone di individuare un modello di regionalizzazione sia dei parametri di precipitazione critica che delle portate di piena, così da poter definire dei valori di progetto anche in zone non coperte da un sufficiente sistema di monitoraggio.

Il modello VA.PI. si basa sulla distribuzione probabilistica TCEV (Two Component Extreme Value distribution), a quattro parametri, che considera i valori estremi di una data grandezza idrologica come provenienti da due diverse popolazioni, una di eventi "normali" e una di eventi "eccezionali", descritti da due diversi rami della curva.

In particolare la distribuzione di probabilità cumulata della TCEV è definita come:

$$P_x(x) = \exp\left(-\lambda_1 \cdot e^{-\frac{x}{\vartheta_1}} - \lambda_2 \cdot e^{-\frac{x}{\vartheta_2}}\right) \quad x \geq 0; \quad \vartheta_2 > \vartheta_1 > 0; \quad \lambda_1 > 0; \quad \lambda_2 \geq 0;$$

dove X è la variabile, x è un generico valore di X e i parametri indicano:

- λ_1 e λ_2 il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una data soglia, per ciascuna delle due popolazioni;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- θ_1 e θ_2 il valore medio dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta.

Se si pongono

$$\vartheta_* = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad \text{e} \quad \lambda_* = \frac{\lambda_2}{\lambda_1^{\frac{1}{\vartheta_*}}}$$

si possono considerare i quattro parametri "ridotti" della distribuzione: λ_* , θ_* , λ_1 , θ_1 .

L'applicazione diretta di tale distribuzione alla regolarizzazione di un singolo campione puntuale (massimi di data durata per una certa stazione) non è stata effettuata in quanto ritenuta non significativa: l'elevato numero di parametri rende certamente agevole l'adattamento al campione, ma si perde il significato statistico e la congruenza tra le diverse durate. La procedura VA.PI. prevede infatti diversi livelli di regionalizzazione, in cui i parametri vengono stimati su scala territoriale ampia, utilizzando i dati provenienti da tutte le stazioni disponibili (così da supplire anche alla eventuale carenza di osservazioni su alcune stazioni) e definendone i valori in ragione delle caratteristiche complessive di aree omogenee, non della singola osservazione puntuale.



In particolare vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al primo livello: regioni omogenee rispetto ai parametri Λ^* e Θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria della distribuzione;
- al secondo livello: sottozone omogenee anche rispetto al parametro Θ_1 , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione della distribuzione;
- al terzo livello: sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro Λ_1 (e quindi della media della distribuzione) da alcune grandezze geografiche locali, quali ad esempio la quota, la distanza dal mare, l'orientamento dei versanti.

Per quanto riguarda la Calabria occorre fare riferimento al Rapporto Regionale *Valutazione delle piene in Calabria* (Versace et al., 1989) del citato Progetto VA.PI.

L'analisi condotta, per quanto attiene alle precipitazioni intense, è relativa ai massimi annuali di piogge giornaliere, il cui campione è stato costruito sulla base di tutte le stazioni del S.I.M.N. di Catanzaro attive nel periodo 1916-1987 e con una numerosità della serie almeno pari a 48 anni (53 stazioni, per un totale di 2624 anni stazione).

Per il primo livello di regionalizzazione è stata considerata l'intera Calabria quale zona pluviometrica omogenea rispetto ai parametri λ^* e θ^* , mentre per il secondo livello sono state

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

definite tre sottozone, ovvero Tirrenica (di cui l'area in esame fa parte e di cui sono riportati i parametri della corrispondente distribuzione in Tabella 5), Centrale e Ionica.

L'approccio metodologico adottato nel progetto VA.PI. si basa su procedimenti probabilistici che consentono di determinare il valore massimo della variabile X considerata (intensità di pioggia per evento di durata definita, portata di piena, ecc.) associato ad un determinato tempo di ritorno T secondo la seguente relazione:

$$X_T = K_T \cdot m(X)$$

dove:

K_T è un coefficiente di crescita probabilistico funzione (con relazione unica all'interno di una stessa zona idrologicamente omogenea) del tempo di ritorno T;

$m(X)$ è la media della distribuzione della grandezza X (eventualmente stimabile in funzione delle osservazioni disponibili).

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata della variabile all'interno di una data sottozona omogenea, risulta univocamente determinata la relazione fra tempo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{I}{1 - F_k(k)} = \frac{I}{1 - \exp\left(-\lambda_1 \cdot e^{-\eta \cdot k} - \lambda_* \cdot \lambda_1^{1/\theta_*} \cdot e^{-\frac{\eta \cdot k}{\theta_*}}\right)} \quad [4]$$

SZO Tirrenica	$\theta^* = 2,154$	$\lambda^* = 0,418$	$\lambda_1 = 48,914$	$\eta = 5,173$
----------------------	--------------------	---------------------	----------------------	----------------

Tabella 5 - Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali di pioggia giornaliera secondo la regionalizzazione VA.PI. (secondo livello).

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della [4], per cui fissato un valore del tempo di ritorno si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione adottata tale relazione non è però analiticamente ottenibile, per cui sono stati ricavati numericamente i valori di K_T corrispondenti a determinati tempi di ritorno, riportati in Tabella 6.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

TR (anni)	5	10	20	50	100	200
K_T (piogge)	1,22	1,45	1,69	2,04	2,32	2,60

Tabella 6 - Valori del coefficiente probabilistico di crescita per l'area in esame.

Relativamente alle piogge intense di breve durata (oraria o plurioraria), per cui non risulta possibile un'analisi analoga vista la scarsa numerosità delle serie disponibili, lo studio assume che sia valida la medesima curva di crescita ricavata per le piogge giornaliere.

Il terzo livello di regionalizzazione, come già detto, consiste nell'individuazione di legami tra i valori medi delle serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano l'area di riferimento. Nel caso della Calabria è stata osservata, all'interno di aree omogenee, una buona relazione tra la media annuale dei massimi giornalieri di precipitazione e la quota. È stata pertanto suddivisa l'intera regione in 13 aree pluviometriche omogenee (APO), in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera $m(h_g)$ e la quota sul mare Z , del tipo:

$$\text{Log}[m(h_g)] = C \cdot Z + D \quad [5]$$

in cui C e D sono due parametri variabili da area ad area. La zona di studio è interamente inclusa nell'APO T4, parte della SZO Tirrenica; i corrispondenti parametri sono forniti in Tabella 7.

Per quanto riguarda le piogge di breve durata, le informazioni disponibili presso le stazioni non sono tali da consentire una regionalizzazione statisticamente robusta dei parametri di pioggia, come già riscontrato per il secondo livello di regionalizzazione; lo studio osserva tuttavia come il rapporto

$$r = \frac{m(h_g)}{m[h(24)]}$$

tra i valori massimi giornalieri e quelli massimi su 24 ore relativi ad uno stesso periodo di funzionamento, comprendente cioè solo gli anni per cui sono disponibili entrambi i valori, vari molto poco passando da una stazione all'altra. Nel caso della Calabria in particolare r è distribuito normalmente, con media 0,875 e scarto quadratico medio 0,031.

Sulla base di questa osservazione, definendo un legame di tipo monomio tra altezza di pioggia e durata (valido sito per sito) del tipo $m[h(t)] = a \cdot t^n$, dove t [ore] è la durata e a , n i parametri della curva, ed ipotizzando che il valor medio dell'altezza d'acqua per evento di durata oraria $m[h(1)]$,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

ovvero a , sia costante per ciascuna APO, lo studio ritiene di poter utilizzare l'informazione ben più ampia disponibile sulle precipitazioni giornaliere [5] anche per sviluppare il terzo livello dell'analisi regionale delle piogge brevi.

Si ottiene pertanto:

$$n = \frac{C \cdot Z + D - \log r - \log a}{\log 24} \quad [6]$$

APO (codice e nome)	A	C	D
T4 Stretti	26,73	0,00028	1,736

Tabella 7 - Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali di pioggia giornaliera secondo la regionalizzazione VA.PI. (terzo livello).

In funzione di quanto esposto, risulta possibile definire, per ciascuna stazione pluviometrica considerata nel presente studio, i valori di riferimento di altezza di pioggia massima per assegnate durate e tempi di ritorno, nota la quota Z del sito (v. Tabella 2), applicando la [6] con i valori dei parametri di Tabella 7, ricavando le altezze medie $m[h(t)]$ per le durate di interesse e applicando i coefficienti di crescita di Tabella 6 per i tempi di ritorno considerati.

3.3 Curve di possibilità pluviometrica di riferimento

La Tabella 8 presenta un confronto tra le altezze di precipitazione relative a determinate durate e tempi di ritorno, stimate, in corrispondenza delle 5 stazioni pluviometriche considerate, utilizzando le metodologie di regressione statistica descritte nei paragrafi precedenti.

Si nota in particolare come le altezze d'acqua fornite dall'applicazione del modello VA.PI. risultino generalmente inferiori rispetto a quelle determinate mediante la regressione diretta con la distribuzione di Gumbel.

Più in dettaglio, i valori ottenuti dalla Gumbel sono inferiori solamente per la stazione di Gambarie, relativamente alla durata di un'ora (da -2% a -14%), e a quella di Arasì, per la durata di 6 ore e tempi di ritorno maggiori di 100 anni (da -3% a -6%).

Per tutte le altre stazioni e durate, esse risultano superiori, con differenze medie di circa +20% che giungono anche a sfiorare +30%, con scostamenti percentuali maggiori per la durata di 1 ora a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDROLOGICA	<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0

Villa S.Giovanni, Scilla e Arasi, e per la durata di 24 ore a Gambarie e Reggio.

Stazione pluviometrica	modello di regressione	durata [ore]	altezze d'acqua [mm] per vari TR [anni]					
			5	10	20	50	100	200
Villa S. Giovanni	VA.PI. (TCEV)	1	32,6	38,8	45,2	54,5	62,0	69,5
		6	45,2	53,8	62,7	75,6	86,0	96,4
		24	58,3	69,3	80,7	97,4	110,8	124,2
	Gumbel	1	39,7	49,3	58,4	70,3	79,2	88,0
		6	58,2	69,2	79,8	93,5	103,8	114,0
		24	75,5	88,9	101,6	118,2	130,6	142,9
Scilla	VA.PI. (TCEV)	1	32,6	38,8	45,2	54,5	62,0	69,5
		6	46,4	55,1	64,3	77,6	88,2	98,9
		24	60,9	72,4	84,4	101,9	115,9	129,8
	Gumbel	1	42,1	50,0	57,5	67,3	74,6	81,9
		6	55,1	64,6	73,6	85,3	94,1	102,9
		24	74,0	89,2	103,7	122,6	136,7	150,8
Gambarie d'Aspromonte	VA.PI. (TCEV)	1	32,6	38,8	45,2	54,5	62,0	69,5
		6	69,9	83,0	96,8	116,8	132,9	148,9
		24	126,0	149,8	174,5	210,7	239,6	268,5
	Gumbel	1	32,8	38,1	43,2	49,8	54,8	59,7
		6	82,1	98,6	114,4	134,8	150,1	165,4
		24	160,4	197,6	233,3	279,5	314,1	348,5
Reggio di Calabria	VA.PI. (TCEV)	1	32,6	38,8	45,2	54,5	62,0	69,5
		6	45,4	54,0	62,9	75,9	86,4	96,8
		24	58,7	69,8	81,3	98,1	111,6	125,1
	Gumbel	1	35,7	43,0	49,9	58,9	65,6	72,3
		6	55,3	65,9	76,0	89,2	99,0	108,8
		24	77,9	93,4	108,2	127,3	141,7	156,0
Arasi	VA.PI. (TCEV)	1	32,6	38,8	45,2	54,5	62,0	69,5
		6	55,6	66,1	77,1	93,0	105,8	118,6
		24	84,1	100,0	116,5	140,6	159,9	179,2
	Gumbel	1	39,8	48,5	56,9	67,7	75,8	83,9
		6	62,5	72,2	81,5	93,5	102,5	111,4
		24	98,2	114,8	130,8	151,4	166,9	182,3

Tabella 8 - Confronto tra i valori di pioggia stimati sulle stazioni in esame per diverse durate e tempi di ritorno secondo le due metodologie di regressione trattate.

A conclusione dell'analisi svolta, le altezze d'acqua assunte come riferimento per il progetto sono quelle ottenute dalla regressione diretta mediante regolarizzazione della distribuzione di Gumbel, per i motivi elencati di seguito.

- Le osservazioni campionarie alla base delle elaborazioni sono estremamente aggiornate (anno 2009), mentre i dati alla base del metodo VA.PI. risalgono al periodo 1916-1987. Si evidenzia peraltro come gli anni più recenti siano stati caratterizzati nei dintorni delle aree in esame da numerosi eventi idrogeologici di intensità particolarmente elevata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- Per sopperire alla non elevata numerosità delle serie disponibili, a fronte di un'attività di regionalizzazione su ampia scala, la definizione dei parametri strutturali del modello VA.PI. è basata su un'analisi statistica dei massimi di pioggia giornalieri, ipotizzando poi di poter estendere i risultati ottenuti anche alle durate brevi (orarie e pluriorarie), le quali però appaiono in generale governate da dinamiche di tipo differente. La regressione delle serie aggiornate opera invece direttamente su campioni di buona numerosità dei massimi di pioggia di breve durata, fornendo in linea di principio risultati di maggiore attendibilità, considerando anche, come si vedrà in seguito, che le durate critiche di pioggia per le opere in progetto risultano addirittura inferiori all'ora.
- L'utilizzo delle altezze di pioggia derivate dalla regressione diretta risulta in generale cautelativo (cfr. Tabella 8).

A partire dalle altezze di pioggia critica così determinate, è possibile definire in modo sintetico i parametri di progetto grazie all'utilizzo delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), le quali per un assegnato tempo di ritorno legano la durata della precipitazione d con l'altezza d'acqua $h(t)$. Per le finalità del presente studio è stata adottata la classica formula monomia, del tipo $h(t) = a \cdot t^n$, con a, n parametri della curva.

Rappresentando i valori di $h(t)$ su un piano bi-logaritmico (avente sugli assi le grandezze $\ln(h)$ e $\ln(t)$), la validità di questa relazione presuppone che i punti associati ad un medesimo tempo di ritorno TR risultino giacere con buona approssimazione su una retta. I coefficienti di quest'ultima, determinabili mediante una regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati, permettono di ricavare i parametri $a(TR)$, $n(TR)$.

Noti tali parametri, l'applicazione della CPP consente il calcolo dell'altezza d'acqua associata ad un dato tempo di ritorno per una qualsiasi durata dell'evento.

La Tabella 9 riporta i risultati ottenuti e riportati in appendice (All. 1).

stazione	parametro	tempo di ritorno TR [anni]					
		5	10	30	50	100	200
Villa S. Giovanni	a [mm/h ⁿ]	40,81	50,54	65,25	71,97	81,04	90,07
	n [-]	0,192	0,173	0,153	0,147	0,140	0,134
Scilla	a [mm/h ⁿ]	41,81	49,33	60,69	65,88	72,88	79,86
	n [-]	0,164	0,165	0,167	0,167	0,168	0,168
Gambarie	a [mm/h ⁿ]	32,43	37,46	45,09	48,59	53,30	58,00
	n [-]	0,508	0,527	0,547	0,554	0,561	0,567

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

<i>Reggio di Calabria</i>	a [mm/h ⁿ]	35,62	42,84	53,74	58,72	65,43	72,12
	n [-]	0,247	0,245	0,244	0,243	0,242	0,242
<i>Arasi</i>	a [mm/h ⁿ]	39,48	47,76	60,27	65,98	73,67	81,34
	n [-]	0,275	0,257	0,239	0,233	0,225	0,220

Tabella 9 - Parametri delle curve pluviometriche di riferimento presso le stazioni in esame.

4 Eventi di precipitazione di durata inferiore all'ora

Per il dimensionamento delle opere in progetto (reti di drenaggio e collettamento delle acque di pioggia, sistemazioni idrauliche per interferenze con corpi idrici aventi bacini contribuenti di estensione modesta e tempi di corrivazione assai brevi) gli eventi idrologici critici da considerare sono associati a fenomeni di precipitazione intensa di durata inferiore all'ora.

I parametri di precipitazione di riferimento disponibili, determinati nel paragrafo 3.3, sono invece ottenuti da regressioni statistiche su registrazioni di eventi di durata pari o superiore all'ora (1, 3, 6, 12 e 24 ore). L'utilizzo di tali parametri per tempi di pioggia più brevi (eventi governati da dinamiche idrologiche differenti) può portare ad una errata valutazione delle intensità di precipitazione e pertanto delle altezze d'acqua considerate in progetto.

Presso le stazioni pluviometriche considerate sono disponibili alcuni dati relativi a questa tipologia di eventi; essi risultano tuttavia di numerosità non sufficiente per poter condurre un'affidabile inferenza statistica che consenta di definire i parametri di progetto. Si è fatto pertanto riferimento a metodologie di stima derivanti da esperienze di tipo empirico, utilizzando poi i dati disponibili per verificarne l'attendibilità nel caso in esame.

In letteratura sono infatti disponibili numerosi studi ed esperienze che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di brevissima durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo uno schema tipico.

Più in dettaglio, definendo il parametro $p(t) = h(t)/h(1)$, ovvero il rapporto tra l'altezza di pioggia per durata t e quella per durata di 1 ora, è stato notato (Bell, 1969; Goswami, 1973) come esso risulti poco dipendente dalla località considerata, fintantoché si considerino durate brevi ($t < 2$ ore). In particolare Bell² (1969) ha osservato come i valori medi di tale parametro variassero in misura modesta tra serie storiche registrate negli Stati Uniti, in Australia e nell'ex Unione Sovietica. Sulla base di questi risultati, l'Autore ha ricavato una formula per la stima del parametro p :

² Bell, F.C., 1969. *Generalized rainfall-duration-frequency relationship* – Journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol.95, n.HY1, pp.311-327.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

$$\rho(t) = 0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50$$

con t espressa in minuti.

Ad analoghe conclusioni sono pervenuti altri Autori, analizzando serie di dati relative a diverse regioni del mondo, ad esempio Goswami ³(1973) relativamente alle precipitazioni in India, o Jennings ⁴(1950) e Hershfield ed Engman (1981), nell'ambito di uno studio per una *curva inviluppo delle massime piogge osservate nel mondo*.

Per quanto riguarda il territorio italiano, il parametro $\rho(t)$ è stato calcolato in alcuni studi disponibili in letteratura; si segnalano in particolare (per significatività dei dati) quelli relativi al pluviometro di Roma Macao, su un campione di 8 anni (Domanico⁵, 1986 e Calenda et al.⁶, 1993), e a quello di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga et al.⁷, 1990).

La Figura 3 mette a confronto i valori medi del parametro $\rho(t)$ ottenuti negli studi citati. Si osserva come effettivamente le differenze riscontrate tra i vari siti appaiano modeste, e si riscontri un andamento tipico poco dipendente dalla località considerata. In particolare tutte le curve presentano all'incirca lo stesso valore per durate di 5 minuti, mentre gli scostamenti sono massimi tra i 15 e i 30 minuti. Tutte le curve assumono ovviamente valore unitario per $t = 1$ ora.



³ Goswami, A. C. (1973). *Short duration rainfall depth-duration-frequency map of India* – Decision with inadequate hydrologic data, Proceedings of the second Symposium on Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, pp.48-56.

⁴ Jennings, A. H. (1950). *World's greatest observed point rainfall* – Monthly Weather Rev., n.78, pp.4-5.

⁵ Domanico, R. (1986). *Pioggie intense a Roma* – Tesi di laurea, Università "La Sapienza", Roma.

⁶ Calenda, G. et al. (1993). *Rainfall assessment with inadequate data* – In "Urban storm drainage" (edited by Cao, C. et al.), Water Resources Publication, Hyland Ranch, USA, pp.23-44.

⁷ Piga, E. et al. (1990). *Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano* – Città Studi, Milano.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA	<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

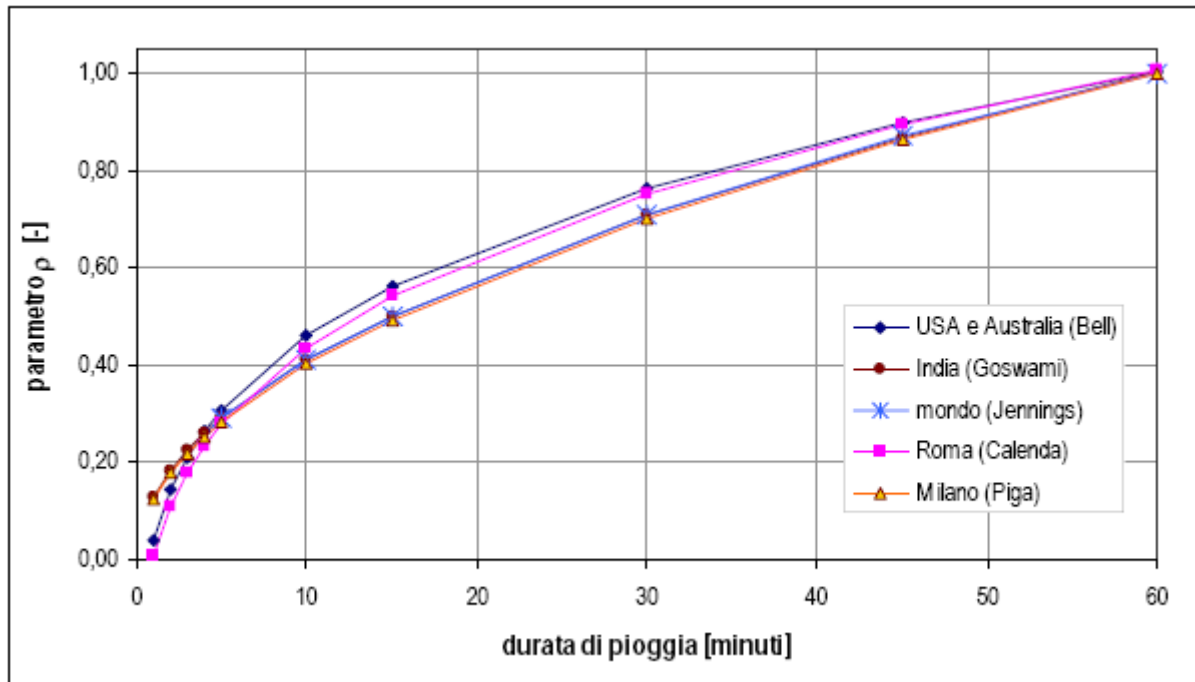


Figura 3 - Andamento del parametro $\rho(t)$ ottenuto in diversi studi.

Sulla base quindi di tali osservazioni sperimentali è stata sviluppata⁸ una metodologia di stima in grado di fornire i parametri di precipitazione necessari ad una valutazione più accurata delle portate di piena su piccoli bacini, per i quali il tempo di pioggia critica è inferiore all'ora.

In particolare l'andamento di $\rho(t)$ è stato assunto come totalmente indipendente dalla località, e cautelativamente pari all'involuppo dei valori riportati in Figura 3, così da introdurre unicamente errori di sovrastima dell'altezza di pioggia. Tale involuppo è stato definito mediante una curva interpolatrice in forma di legge di potenza, per la quale risulta:

$$\rho(t) = 1,015 \cdot t^{0,433} \quad [7]$$

con t (durata della precipitazione) espressa in ore.

Per ciascun sito di interesse, in funzione della curva di possibilità pluviometrica (CPP) di progetto, si può ricavare l'altezza di pioggia $h(1)$ relativa alla durata di 1 ora. Applicando a quest'ultima i

⁸ HYDRODATA S.p.A. (2010). HYDren – Software per il dimensionamento di reti di drenaggio delle acque di pioggia, Torino.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

valori assunti per il parametro $\rho(t)$ si ricavano quindi i valori di $h(t)$ per durate inferiori:

$$h(t) = \rho(t) \cdot h(1) \quad [8]$$

Si noti che, poiché la [7] comporta una maggiorazione (+1,5%) di $h(1)$, il punto esatto di raccordo tra le due curve che descrivono l'andamento di $h(t)$ per durate superiori o inferiori all'ora non sia in corrispondenza di $t = 1$ ora, ma leggermente prima (circa $t = 57$ minuti). Nell'intorno dell'ora (anche per durate poco superiori) l'errore commesso applicando la [8] risulta comunque ingegneristicamente trascurabile (<5%). Nel seguito si continuerà pertanto a fare riferimento alla durata di 1 ora come discriminante tra le due curve.

Nell'ambito del progetto VA.PI. – Rapporto Regionale *Valutazione delle piene in Sicilia* (Cannarozzo et al., 1993) è stata proposta un'analogia formulazione, valida per l'intervallo 30-60 minuti, ottenuta da una regionalizzazione dei dati disponibili (354) su un totale di 191 stazioni:

$$\rho(t) = 0,208 \cdot t^{0,386} \quad [9]$$

con t in minuti.

Poiché, come descritto in precedenza, l'andamento del parametro $\rho(t)$ è stato riscontrato poco dipendente dalla località, e vista la contiguità dell'area in esame con quella a cui si riferisce la [9], si ritiene applicabile quest'ultima per quanto attiene al presente studio, a titolo di confronto. I valori ottenuti entro il *range* di validità risultano sostanzialmente coincidenti con quanto restituito dalla [7], a riprova della validità della metodologia adottata (cfr. Figura 4).

Presso le stazioni pluviometriche considerate sono disponibili, come già detto, alcuni dati relativi alle precipitazioni di durata inferiore all'ora, come dettagliato di seguito.

La stazione di Villa S. Giovanni, di maggiore rilievo in quanto ubicata entro l'area di interesse, dispone purtroppo solo di alcune registrazioni storiche di scrosci di durata pari a 5 e 10 minuti, riferite a un periodo di 10 anni.

- La stazione di Scilla dispone dei valori massimi annuali di precipitazione per durate di 15, 20, 30 e 40 minuti, con diversa numerosità (da 10 a 19 dati) per il periodo 1991-2009.
- La stazione di Gambarie d'Aspromonte dispone dei valori massimi annuali di precipitazione per durate di 15, 20, 30 e 40 minuti per il periodo 1991-2009, e delle registrazioni di scrosci relativi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

a durate anche di 5 e 10 minuti nel periodo 1961-1978, con diversa numerosità complessiva dei campioni (da 4 a 19 dati).

- La stazione di Reggio di Calabria dispone dei valori massimi annuali di precipitazione per durate di 15, 20, 30 e 40 minuti, con diversa numerosità (da 5 a 15 dati) per il periodo 1988-2009.
- La stazione di Arasì dispone dei valori massimi annuali di precipitazione per durate di 20 e 40 minuti, con un campione di 5 dati relativo al periodo 2005-2009.

Relativamente alle stazioni di Scilla, Gambarie e Reggio, le sole a disporre di serie di numerosità significativa e relative a durate ben distribuite nel campo inferiore all'ora, è stata condotta una regolarizzazione statistica per i campioni relativi a durate di 15, 20, 30 e 40 minuti, del tutto analoga a quella descritta nel paragrafo 3.1 per i massimi pluriorari, considerando la distribuzione di Gumbel. Secondo la medesima procedura descritta nel paragrafo 3.3 sono state poi ricavate delle CPP riferite alle brevissime durate, effettuando la regressione sui valori così ottenuti integrati con quelli relativi a 1 e 3 ore determinati in precedenza (così da verificare una migliore congruenza e raccordo con le CPP di riferimento).

Per ciascuna stazione è stato quindi calcolato il rapporto $\rho(t)$ per le durate di interesse; la Figura 4 mette a confronto i risultati ottenuti con i corrispondenti valori restituiti dalla [7]. I valori campionari si riferiscono alla media per i $\rho(t)$ relativi ai TR di 50, 100 e 200 anni; la differenza tra queste tre serie è sostanzialmente trascurabile per tutte le stazioni (deviazione standard media pari a circa lo 0,2% a Gambarie, l'1,0% a Scilla e lo 0,6% a Reggio). Nella medesima figura viene riportata anche la curva proposta dal VA.PI. (per il corrispondente *range* di validità); i valori sono riportati inoltre in Tabella 10.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

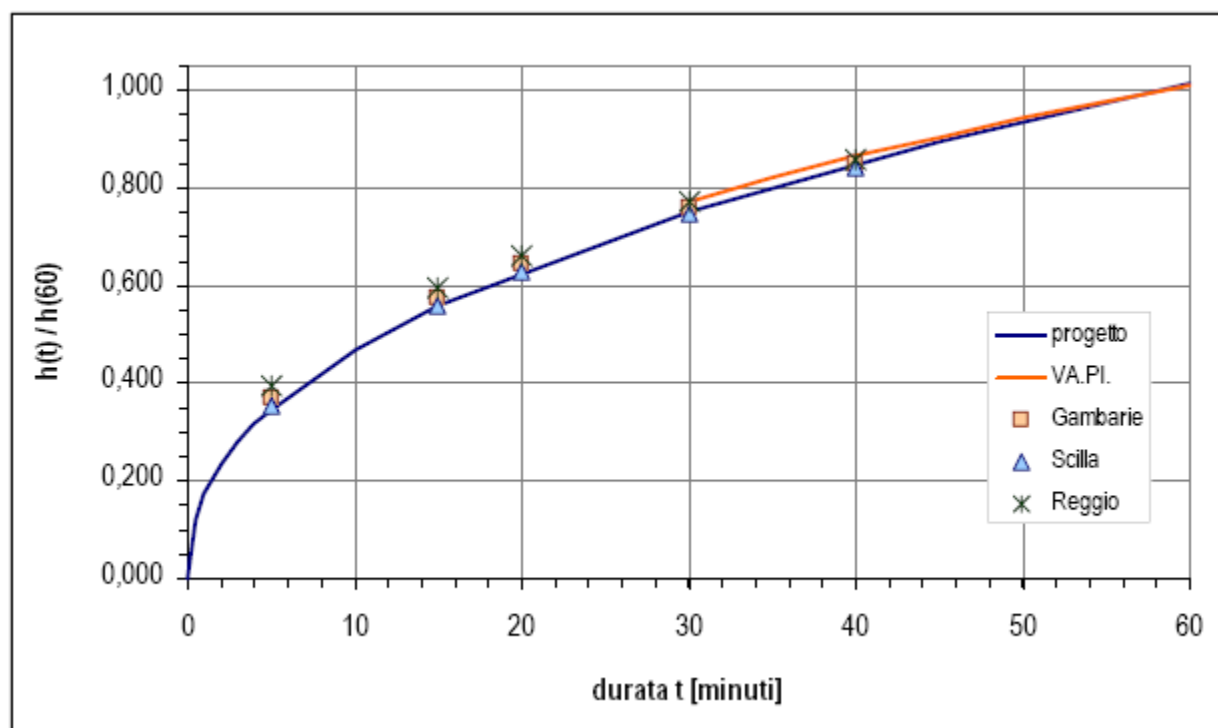


Figura 4 - Confronto tra i valori $\rho(t)$ di progetto e quelli campionari.

Curva o stazione	Durata [minuti]				
	5	15	20	30	40
Progetto	0,346	0,563	0,631	0,752	0,852
VA.PI.	-	-	-	-	-
Gambarie	0,370	0,575	0,645	0,758	0,850
Scilla	0,351	0,557	0,629	0,747	0,843
Reggio	0,392	0,593	0,661	0,770	0,858

Tabella 10 - Confronto tra i valori $\rho(t)$ di progetto e quelli campionari.

Il grafico evidenzia come vi sia un buon accordo tra la curva di progetto, quella proposta dal VA.PI. e i dati sperimentali sulle tre stazioni, fermo restando -come già detto- che questi ultimi derivano da un'analisi statistica basata su campioni in generale non molto numerosi, per cui non è garantita l'affidabilità dei valori associati a tempi di ritorno elevati. Gli scostamenti minimi tra le varie serie si riscontrano per le durate di 30 e 40 minuti; le serie di Scilla (in particolar modo) e Gambarie risultano congruenti alle ipotesi di progetto anche per durate inferiori, mentre i valori della serie di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Reggio risultano un poco più elevati.

Si ritiene quindi in conclusione di confermare la validità della metodologia proposta, e di poter applicare la [7] e la [8] per la definizione dei valori di precipitazione critica di progetto.

5 Portate di piena

5.1 Metodologia di analisi

Nei bacini in oggetto non sono presenti stazioni idrometriche per la misura dei deflussi che possano consentire una stima diretta dei valori di portata di progetto. Tale stima è stata pertanto condotta mediante applicazione di un modello concettuale di trasformazione afflussi-deflussi, nell'assunzione che ad eventi di precipitazione associati a determinati tempi di ritorno corrispondano eventi di piena caratterizzati dalla medesima probabilità di occorrenza.

5.2 Caratteristiche fisiche e idrologiche dei bacini sottesi

I bacini imbriferi sottesi dalle sezioni di interesse dei corpi idrici in esame sono stati rappresentati nell'elaborato grafico Corografia generale bacini.

Sono stati, altresì, definiti i parametri fisiografici di interesse (superficie, quote massima, media e minima, lunghezza e pendenza longitudinale media dell'asta principale), riportati nella precedente tabella 1.

Nella formazione del deflusso superficiale degli stati idrologici di piena, i quali derivano da eventi di piovosità intensa, il tipo di suolo e di copertura vegetale influenzano sia la funzione di trattenuta (intercettazione), sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate. Tale effetto viene preso in conto nei modelli di trasformazione afflussi-deflussi di più diffusa applicazione sintetizzandolo mediante due parametri idrologici principali, quali il parametro CN ed il coefficiente di deflusso.

CN è il *Runoff Curve Number*, coefficiente sperimentale che schematizza le caratteristiche idrologiche del bacino classificate secondo i criteri stabiliti dal U.S. Soil Conservation Service (Department of Agriculture). Il valore di tale coefficiente si ricava con riferimento ai parametri riportati nella Tabella 11, sulla base di valutazioni in merito alla classe di appartenenza del suolo, al tipo di copertura e destinazione d'uso del terreno e alle condizioni di umidità (contenuto d'acqua) del suolo in condizioni naturali.

Le classi di appartenenza del suolo nel metodo S.C.S. sono:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



- A. Suoli ad alta permeabilità, costituiti da sabbie grossolane, silt calcarei non consolidati ed omogenei.
- B. Suoli a moderata permeabilità, costituiti da sabbie limose ed argillose.
- C. Suoli a medio-bassa permeabilità, costituiti da argille e limi, con contenuti organici.
- D. Suoli a bassa permeabilità, costituiti da argille plastiche, con livello piezometrico permanentemente alto.

L'Autorità di Bacino Regionale della Regione Calabria, nell'ambito della redazione del PAI, ha prodotto uno studio relativo alla permeabilità dei terreni da cui si è estratta la Figura 5. Nei bacini più a Nord-Est e nelle zone montane risultano predominanti terreni a bassa permeabilità, mentre nelle altre aree sono presenti terreni con permeabilità da elevata a molto elevata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Runoff Curve Numbers for Hydrologic Soil-Cover Complexes (Antecedent Moisture Condition II, and I _a * 0.2 S)						
<u>Land Use Description/Treatment/Hydrologic Condition</u>			<u>Hydrologic Soil Group</u>			
			<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
Residential:						
Average lot size		Average % Impervious				
1/8 acre or less		65	77	85	90	92
1/4 acre		38	61	75	83	87
1/3 acre		30	57	72	81	86
1/2 acre		25	54	70	80	85
1 acre		20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.			98	98	98	98
Streets and roads:						
paved with curbs and storm sewers			98	98	98	98
gravel			76	85	89	91
dirt			72	82	87	89
Commercial and business area (85% impervious)			89	92	94	94
Industrial districts (72% impervious)			81	88	91	93
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.						
good condition: grass cover on 75% or more of the area			39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area			49	69	79	84
Fallow			77	86	91	94
Row crops						
Straight row		----	72	81	88	91
Straight row		Poor	67	78	85	89
Contoured		Good	70	79	84	88
Contoured		Poor	65	75	82	86
Contoured & terraced		Good	66	74	80	82
Contoured & terraced		Poor	62	71	78	81
Small grain						
Straight row		Poor	65	76	84	88
Straight row		Good	63	75	83	87
Contoured		Poor	63	74	82	85
Contoured		Good	61	75	81	84
Contoured & terraced		Poor	61	72	79	82
Contoured & terraced		Good	59	70	78	81
Close - seeded						
legumes 4/		Straight row	66	77	85	89
or		Straight row	58	72	81	85
rotation		Contoured	64	75	83	85
meadow		Contoured	55	69	78	83
meadow		Contoured & terraced	63	73	80	83
meadow		Contoured & terraced	51	67	76	80
Pasture						
or range		Poor	68	79	86	89
or range		Fair	49	69	79	84
or range		Good	39	61	74	80
or range		Poor	47	67	81	88
or range		Fair	6	35	70	79
Meadow						
Woods or		Good	30	58	71	78
Forest land		Poor	45	66	77	83
Forest land		Fair	36	60	73	79
Forest land		Good	25	55	70	77
Farmsteads						
Farmsteads		----	59	74	82	86

Tabella 11 – Valori del coefficiente CN (Rif. Mc Cuen – S.C.S. Method)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						

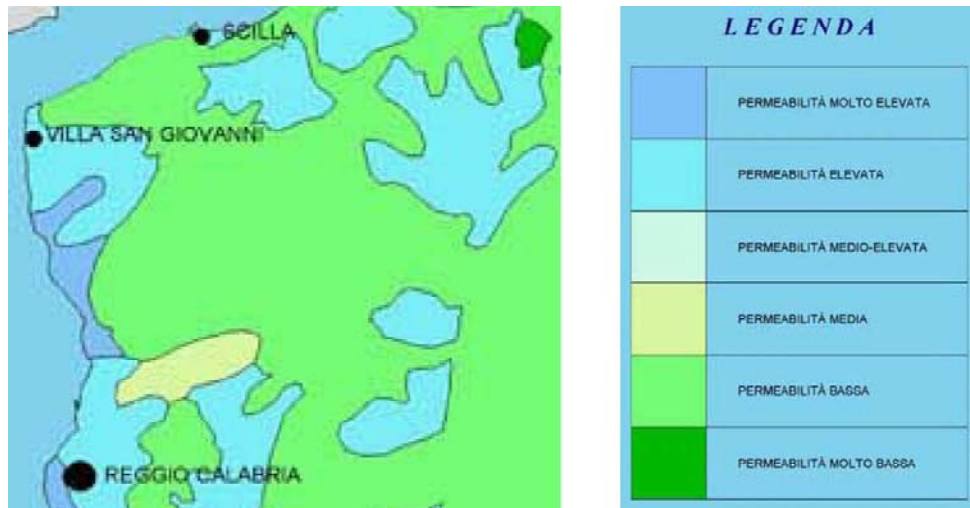


Figura 5 - Mappa della permeabilità dei suoli nell'area di interesse

È stata realizzata una mappa georeferenziata del parametro CN nell'area di interesse, sulla base delle informazioni fornite dallo studio citato e della carta del Progetto CORINE per l'uso del suolo, prodotta dal Centro Cartografico della Regione Calabria. Considerando condizioni di umidità medie del terreno e classi di appartenenza in funzione delle caratteristiche litologiche macroscopiche medie delle diverse zone, si è pervenuti alla determinazione dei coefficienti CN per macroaree. Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_o :



$$R_o [mm] = \frac{(h - 0,2 \cdot S)^2}{(h + 0,8 \cdot S)}$$

dove:

h = precipitazione meteorica ragguagliata [mm];

S = valore massimo dell'invaso per infiltrazione [mm].

Il parametro S rappresenta la massima ritenzione del bacino, funzione del tipo e del grado di saturazione del terreno e dell'uso del suolo, ovvero di CN: $S = 25,4 \cdot (1000/CN - 10)$.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						

La distribuzione del parametro CN tra i bacini in studio risulta significativamente uniforme, come si nota dal grafico di Figura 6.

Il coefficiente di deflusso ϕ rappresenta invece il rapporto tra l'afflusso netto effettivo, ovvero la porzione che si trasforma in deflusso superficiale alla sezione in esame, e quello complessivo. È possibile considerare una scomposizione del parametro in fattori rappresentativi dei diversi aspetti che governano il meccanismo di trasformazione afflussi-deflussi:

- il ragguglio della precipitazione alla superficie del bacino idrografico, per considerare distribuzioni di precipitazione non uniformi;
- il fattore di trattenuta del terreno c , funzione della capacità di assorbimento e intercettazione (rapporto tra l'altezza di pioggia netta e l'altezza di pioggia totale);
- il fattore di laminazione C_L , che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

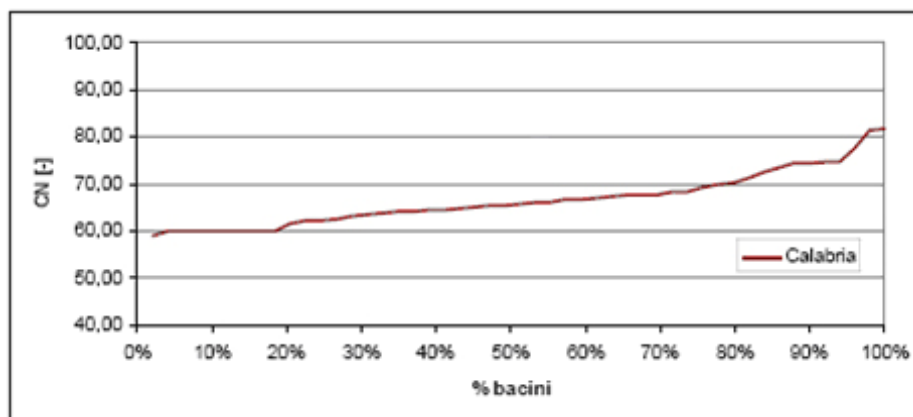




Figura 6 – Distribuzione del parametro CN tra i bacini in esame.

L'aspetto di ragguglio areale degli afflussi non è significativo per i bacini in esame, di estensione piuttosto modesta. Analogamente può essere trascurato il fattore C_L , in quanto la morfologia dei corpi idrici (elevata pendenza, scarsa ramificazione del reticolo) permette di escludere significativi fenomeni di laminazione delle piene. Il coefficiente di deflusso si identifica pertanto con quello di trattenuta.

Quest'ultimo risulta correlato al valore di CN, costituendo entrambi una descrizione sintetica dei medesimi aspetti di permeabilità e intercettazione. In particolare la variazione percentuale dei due parametri risulta significativamente concorde, per cui ad una sostanziale uniformità di CN

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

corrisponde un'analogia uniformità di $c = \varphi$.

Nel presente progetto si è quindi deciso di attribuire per tutti i bacini un coefficiente di deflusso pari a **0,65**.

5.3 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

Per la stima delle portate di progetto è stato fatto ricorso al noto modello concettuale razionale (o cinematico), che schematizza il processo di corrivazione (e quindi di deflusso dell'acqua di pioggia verso la sezione di chiusura) come predominante rispetto a quello di invaso, facendo riferimento ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Tale modello appare senz'altro il più appropriato per la descrizione delle dinamiche di trasformazione afflussi-deflussi in bacini come quello in esame, di morfologia caratterizzata da una struttura "a canalone", con elevate pendenze longitudinali e reticolo di drenaggio semplificato, generalmente di ordine gerarchico molto basso e con presenza di deflussi limitata quasi esclusivamente ai periodi di pioggia intensa.

Secondo il metodo razionale, il calcolo delle portate di piena in funzione di una determinata altezza di pioggia h di progetto viene effettuato utilizzando la nota formula di Turazza:

$$Q [m^3 / s] = \frac{\varphi \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \quad [10]$$

dove:

$A [km^2]$ = superficie del bacino;

$\varphi [-]$ = coefficiente medio di deflusso del bacino;

$h [mm]$ = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione, determinata a partire dalla curva di possibilità climatica di assegnato tempo di ritorno considerata

$t_c[ore]$ = tempo di corrivazione del bacino.

Il tempo di corrivazione dei bacini in esame è stato determinato utilizzando alcune formule sperimentali disponibili in letteratura, pesate in funzione dei rispettivi campi di applicazione. Tali formule necessitano, come dati di input, dei valori delle caratteristiche fisiografiche ed idrologiche dei bacini definiti alla sezione di chiusura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

$$\text{Formula di Pezzoli} \quad t_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$$

$$\text{Formula di Ventura} \quad t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}}$$

$$\text{Formula di Pasini} \quad t_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i}}$$

La scelta delle tre formule sperimentali presentate è stata condotta sulla base di considerazioni di carattere generale sui campi di applicabilità delle stesse. Dalla letteratura si rileva infatti come esse siano state ottenute per bacini naturali di dimensioni modeste: la formula di Pezzoli è stata sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di forte pendenza e di dimensioni inferiori ai 20 km², Ventura e Pasini considerano bacini di dimensioni piccole e medie (anche fino a 40 km²) e pendenze più ridotte.

Poiché i valori ottenuti appaiono significativamente concordi tra le diverse formule, come si può notare dai risultati di dettaglio riportati nella successiva tabella 12, il tempo di corrivazione di progetto è stato assunto come semplice media aritmetica tra i tre valori.

Nome bacino	Tempo di corrivazione				
	Pezzoli [ore]	Ventura [ore]	Pasini [ore]	Media [ore]	Media [minuti]
t. Gibia	0,253	0,298	0,316	0,289	17,33
t. Laticogna	0,112	0,098	0,115	0,108	6,50
t. Prestianni	0,123	0,096	0,117	0,112	6,71
t. Serro della Torre	0,114	0,092	0,111	0,106	6,35
t. Piria	0,268	0,201	0,249	0,239	14,36

Tabella 12 – Tempi di corrivazione dei bacini in esame calcolati con diversi metodi

6 Risultati

6.1 Portate massime di progetto

La stima delle portate di progetto per ciascun bacino, condotta secondo la metodologia descritta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

nei paragrafi precedenti, è stata effettuata per un tempo di ritorno di 200 anni che risulta essere il più significativo. Infatti, per come riportato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Calabria (PAI) al punto 2.5 – Portate di Progetto, la verifica delle esistenti infrastrutture a rete e delle vie di comunicazione che attraversano le zone con pericolo di inondazione, deve essere effettuata con una portata corrispondente a T = 200 anni, così come T = 200 anni deve essere considerato per la progettazione di opere che interagiscono con la rete idrografica.



Per ciascun bacino sono state ricavate le altezze di precipitazione critiche ed applicato quindi il modello di trasformazione afflussi deflussi secondo le modalità descritte.

Di seguito (tabella 13) si fornisce una sintesi dei risultati ottenuti per ciascun bacino, riportando il tempo di corrivazione adottato (media tra le diverse formule utilizzate) espresso in ore e in minuti, e le portate di progetto per il tempo di ritorno indicato in precedenza (T = 200 anni).

Nome bacino	Tempo di corrivazione		Portate di progetto [m ³ /s]
	Media [ore]	Media [minuti]	Q ₂₀₀
t. Gibia	0,289	17,33	36,45
t. Laticogna	0,108	6,50	6,87
t. Prestianni	0,112,	6,71	6,44
t. Serro della Torre	0,106	6,35	5,33
t. Piria	0,239	14,36	15,88

Tabella 13 – Tempi di corrivazione e portate di piena di progetto per i bacini in esame

NOTA: le portate sopra riportate sono riferite alla sola fase liquida. Per il dimensionamento idraulico delle opere, con particolare riferimento alla portata associata ad un tempo di ritorno di 200 anni, si è tenuto conto delle stime relative alla capacità di trasporto solido della corrente calcolate nel Progetto Definitivo Ponte sullo Stretto di Messina, le quali hanno portato ad una maggiorazione del valore considerato nelle simulazioni idrodinamiche condotte. Tale attività è descritta in dettaglio (relativamente alla metodologia applicata e ai risultati ottenuti) nella *Relazione idraulica*, alla quale si rimanda.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA		<i>Codice documento</i> AMV0643_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

ALLEGATO 1

Stazioni pluviometriche: dati disponibili e rappresentazione delle curve di regressione

RELAZIONE IDROLOGICA

Codice documento
 AMV0643_F0.docx

Rev
 F0

Data
 31/05/2012

Massimi di precipitazione per durate 1, 3, 6, 12, 24 ore: disponibilità di dati					
ANNO	VILLA S. GIOVANNI	SCILLA	GAMBARIE D'ASPRMONTE	REGGIO DI CALABRIA	ARASI'
1928	X			X	
1929	X			X	
1930	X			X	
1931	X				
1932	X				
1933	X			X	
1934	X			X	
1935				X	
1936	X			X	
1937	X			X	
1938	X			X	
1939				X	
1940	X			X	
1941				X	
1942				X	
1943				X	
1944				X	
1945				X	
1946				X	
1947				X	
1948			X	X	
1949			X		
1950	X			X	
1951	X			X	
1952	X			X	
1953	X		X	X	
1954				X	
1955	X			X	
1956	X		X		
1957	X		X	X	
1958	X			X	
1959	X			X	
1960	X			X	X
1961	X		X	X	X
1962	X		X	X	X
1963			X	X	X
1964	X		X	X	X
1965			X	X	X
1966	X		X	X	X
1967			X	X	X
1968	X		X		X
1969	X		X		
1970			X		X
1971	X		X		X
1972			X		X
1973	X			X	
1974			X		X
1975					X
1976					
1977	X				X
1978			X		
1979					X
1980					X
1981					X
1982					X
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988				X	
1989					
1990					
1991		X	X	X	
1992		X			
1993		X		X	
1994		X	X	X	
1995		X	X	X	
1996		X	X	X	
1997		X	X	X	
1998		X	X	X	
1999		X	X	X	
2000		X	X	X	
2001		X	X		
2002		X	X		X
2003		X	X	X	X
2004		X	X	X	X
2005		X	X	X	X
2006		X	X	X	X
2007		X	X	X	X
2008		X	X	X	X
2009		X	X	X	X
n. anni	30	19	36	54	27

