

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE
DEL MAR TIRRENO CENTRO SETTENTRIONALE

**OPERE STRATEGICHE
PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA
- 2° STRALCIO -**

OTTEMPERANZA V.I.A.

Interventi di Riqualficazione dell'alveo
del Fosso della Fiumaretta e del Fosso del Prete (Buonaugurio)

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO TAVOLA :

**DOCUMENTAZIONE TECNICA
RELAZIONE IDROLOGICA**

Scala:

I D R R E 0 1 A

Committente:

Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta
IL PRESIDENTE
Avv. Francesco Maria Di Majo
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Maurizio Marini
IL COORDINATORE GENERALE
Dott. Ing. Giuseppe Solinas

Progetto A.T.I. :

MODIMAR S.r.l. (Capogruppo)

V.A.M.S. Ingegneria S.r.l.

SEACON S.r.l.



MODIMAR S.r.l.
Amministratore Unico
Dott. Ing. Marco Tartaglini

Novembre 2018

A

PRIMA EMISSIONE

D. FODDE

A. ADEMOLLO

N. SARACA

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
Dimensioni foglio :			A4	<p>La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo disegno con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta. This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission</p>		
Visto del Committente :						

Dimensioni foglio :

A4

La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo disegno con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.
This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission

Visto del Committente :

Sommario

1	Premessa	2
2	Aspetti Geomorfologici	3
3	Analisi delle piogge	5
3.1	Densità della rete pluviometrica ed ubicazione delle stazioni	5
3.2	Analisi delle osservazioni pluviometriche	9
4	Fosso del Prete	12
4.1	Analisi pluviometrica a scala regionale	12
4.1.1	Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri.....	14
4.1.2	Regionalizzazione delle massime altezze di pioggia giornaliera	15
4.1.2.1	<i>Primo livello di regionalizzazione</i>	16
4.1.2.2	<i>Secondo livello di regionalizzazione</i>	16
4.1.2.3	<i>Terzo livello di regionalizzazione</i>	17
4.1.3	Piogge di massima intensità e breve durata.....	19
4.2	Calcolo della portata di piena.....	21
5	Fosso della Fiumaretta	24
6	Conclusioni	28
7	Bibliografia	30

1 PREMESSA

La presente relazione parte integrante del progetto definitivo “***Interventi di Riqualificazione dell'alveo del Fosso della Fiumaretta e del Fosso del Prete (Buonaugurio)***”, elemento progettuale determinante nel nuovo assetto portuale previsto nel quadro più generale di intervento denominato “**Opere strategiche per il Porto di Civitavecchia - Il Stralcio**”, illustra lo studio idrologico del fosso della Fiumaretta e del fosso del Prete, in particolare vengono descritte tutte le fasi che hanno consentito la stima delle portate che transitano nei due corpi idrici oggetto di studio.

2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il bacino imbrifero si svolge in terreni appartenenti al Complesso dei Flysh dei Monti della Tolfa ed è costituito da strati e livelli di roccia lapidea (calcari, marme ed arenarie) che si alternano in modo irregolare a strati e banchi di terreni a grana fina (argille ed argilliti). La presenza dei livelli più o meno continui di materiali argillosi conferisce ai terreni una bassa permeabilità di insieme. Il complesso ha struttura caotica e presenta un elevato stato di fratturazione. I versanti oltre ad essere soggetti ad una forte azione erosiva da parte delle acque ruscellanti superficiali, presentano diffuse tracce di franamenti più o meno importanti.

Queste caratteristiche morfologiche e geometriche, considerate le condizioni climatiche della zona, conferiscono ai fossi un regime torrentizio molto marcato, caratterizzato da una grandissima escursione tra portate medie e portate di piena. Le piene possono avere decorso rapido, senza che siano precedute da significativi preavvisi, e verificarsi praticamente in qualsiasi periodo dell'anno.

I bacini (Fig. 1) presentano una forma tipica ad "imbuto", con versanti che degradano rapidamente dalla quota massima di circa 450 m s.l.m. per quanto riguarda il fosso del Fiumaretta e di circa 135 m s.l.m. per il fosso del Prete, fino alla parte terminale che si raccorda con il mare secondo un tratto a debole pendenza.

L'autorità dei bacini regionali, nell'ambito del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I.) prima e del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) poi, non ha inserito nella zona a rischio di inondazioni il fosso del Prete mentre ha individuato zone a rischio inondazione per il fosso della Fiumaretta.

Va comunque evidenziato che le Norme di Attuazione del PAI (art.32 – Interventi di difesa dalle inondazioni) prevedono che le vie di comunicazioni che attraversano corsi d'acqua devono essere progettate con riferimento alla piena con tempi di ritorno pari a 200 anni.

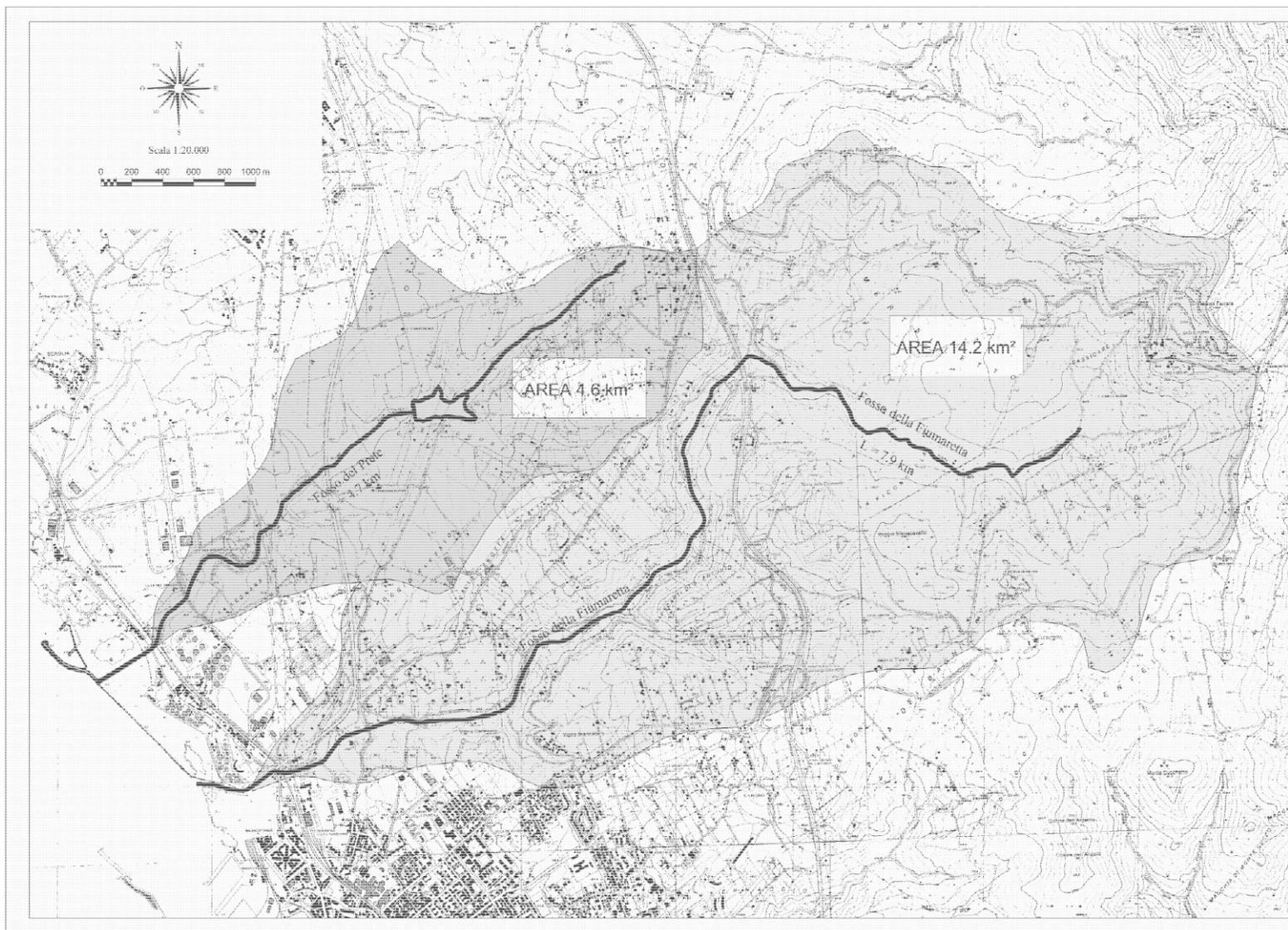


Figura 1 - Bacini imbriferi del fosso della Fiumaretta e del fosso del Prete

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geomorfologiche principali del bacino:

	Superficie del bacino imbrifero [km ²]	Lunghezza dell'asta principale [km]
Fosso del Prete	4.6	4.7
Fosso della Fiumaretta	14.2	7.9

Tabella 1 – Bacini

3 ANALISI DELLE PIOGGE

Le informazioni sulle piogge derivano dalle misurazioni registrate dalle stazioni pluviometriche situate all'interno del bacino o nelle sue immediate vicinanze. La principale caratteristica delle misure di precipitazione è dunque quella di essere misure puntuali; esse, con opportuni accorgimenti, sono state estese all'area di interesse.

Poiché la valutazione dell'altezza di precipitazione relativa a una superficie estesa può essere fatta soltanto a partire da misure puntuali, è necessario installare molti strumenti, la cui posizione geografica deve essere scelta con cura, così da limitarne il più possibile il numero. Nel caso del bacino in esame, la scelta della localizzazione dei pluviometri non è stata possibile, ed è necessario lavorare con i dati reperibili presso l'Istituto Idrografico di Roma.

Un altro problema fondamentale per l'analisi dei dati è quello della non ripetibilità delle misure, come peraltro avviene per la maggior parte delle misure idrologiche. Molte volte si devono registrare mancanze di dati a causa di inconvenienti tecnici o di fattori di disturbo che tolgono veridicità alla misura, e in questi casi viene meno la possibilità di estrarre dalla serie di dati le giuste conclusioni a seguito di un'analisi statistica. L'azione del vento è la principale causa di errore nella misura delle precipitazioni.

Per quanto riguarda la precisione delle misure, in Italia le altezze di pioggia ai pluviometri riportate nelle pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano sono misurate con la precisione di 0.2 mm.

3.1 Densità della rete pluviometrica ed ubicazione delle stazioni

Per lo studio di eventi di pioggia di particolare intensità e breve durata, che interessano un'area tanto più ristretta quanto più grande è l'intensità della pioggia e che sono la causa delle grandi piene in bacini di piccola superficie, può essere giustificata l'installazione di quattro o cinque pluviometri per km². Per determinare, invece, l'afflusso meteorico mensile o annuo di una regione può essere del tutto sufficiente una densità inferiore anche di due ordini di grandezza.

Il bacino imbrifero in esame, date le sue minime dimensioni areali, non presenta alcun pluviometro. La mancanza di dati sito-specifici è tuttavia surrogabile ricorrendo alle stazioni pluviometriche limitrofe di Civitavecchia e Allumiere in ragione della loro prossimità all'area d'interesse (distanze dal bacino comprese entro i 10km come desumibile dalla figura 2).

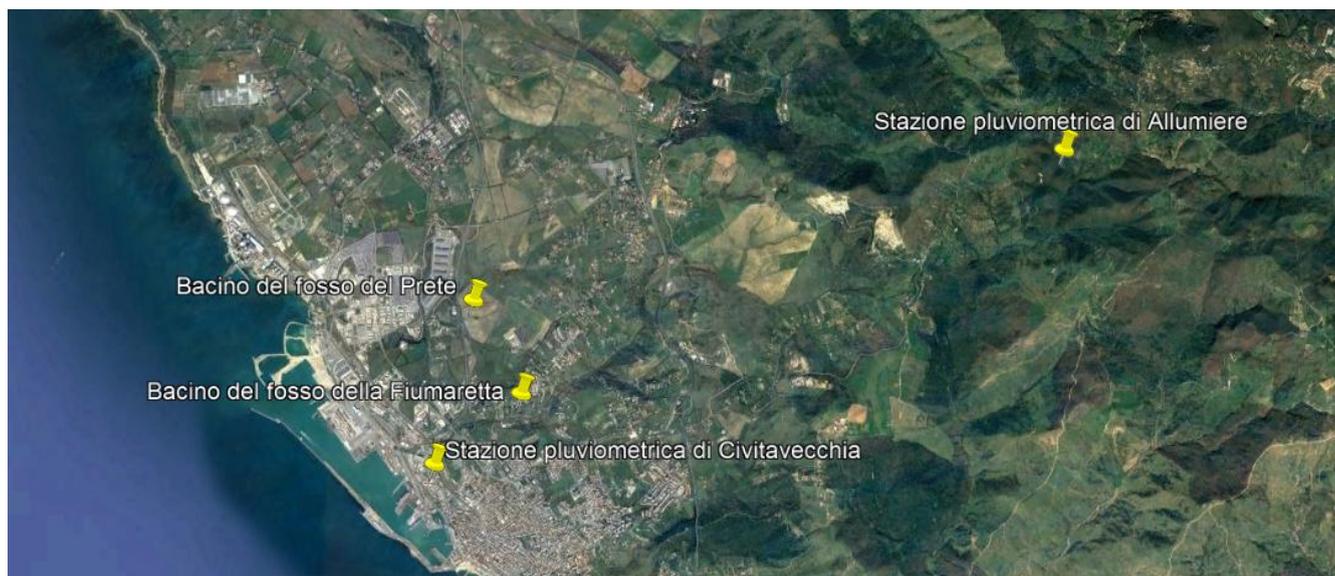


Figura 2 - Stazioni pluviometrica limitrofe all'area di studio

Infine, riguardo l'orografia, è generalmente noto che l'aria, innalzandosi al di sopra delle montagne, si raffredda innescando la condensazione del vapore acqueo e le precipitazioni, che a causa della loro origine si dicono, appunto, orografiche. Un primo effetto della dipendenza delle precipitazioni dal rilievo è l'aumento dei totali di precipitazione con l'altitudine. E' da notare però che non ci si deve attendere che le precipitazioni crescano indefinitamente con l'altitudine: è possibile che, una volta raggiunto un massimo a una certa quota (quota di "ottimo pluviale", generalmente compreso tra 800-1000 m in Italia per le piogge giornaliere), per ulteriori aumenti di quota ritornino a valori più bassi, semplicemente perché le masse d'aria ascendenti hanno ormai perso la maggior parte del loro contenuto di umidità. Un secondo importante effetto esercitato dal rilievo è quello di diminuire le quantità di pioggia nelle zone che si trovano al riparo delle catene montuose.

Tali caratteristiche si riflettono distintamente nei tratti pluviometrici della Regione Lazio, così come riportato nel Piano di tutela delle acque regionali, in quanto i massimi valori medi di pioggia totale annua sono registrati nelle stazioni di Sorgente Carpinetto e di Vallepietra sui rilievi dei Monti Simbruini ed Ernici, rispettivamente pari a 1748mm e 1593mm, mentre i minimi valori medi si rilevano lungo la costa tirrenica presso le stazioni di Civitavecchia, Tarquinia e Anzio con valori rispettivamente di 663, 668 e 719 mm. Anche osservando i dati mensili è possibile osservare che le aree più intensamente piovose sono quelle ubicate presso i maggiori rilievi montuosi dove, per esempio, nel periodo estivo si registrano in media 50-60 mm contro valori inferiori ai 10 mm lungo la costa.

I dati pluviometrici su scala regionale sono riassunti dalle carte della piovosità totale mensile (Fig. 4) e di quella totale annua (Fig. 5), che ben rappresentano per l'area d'interesse un regime climatico di tipo sublitoraneo appenninico, caratterizzato da un massimo in autunno ed un minimo in estate. Le caratteristiche riportate sono state utilizzate in quanto il bacino imbrifero del Fosso della Fiumaretta ha la quota minima pari a 0 m s.l.m. e +450 m s.l.m., mentre il bacino imbrifero del fosso del Prete ha quota minima pari a 0 m s.l.m. e quota massima +135 m s.l.m..

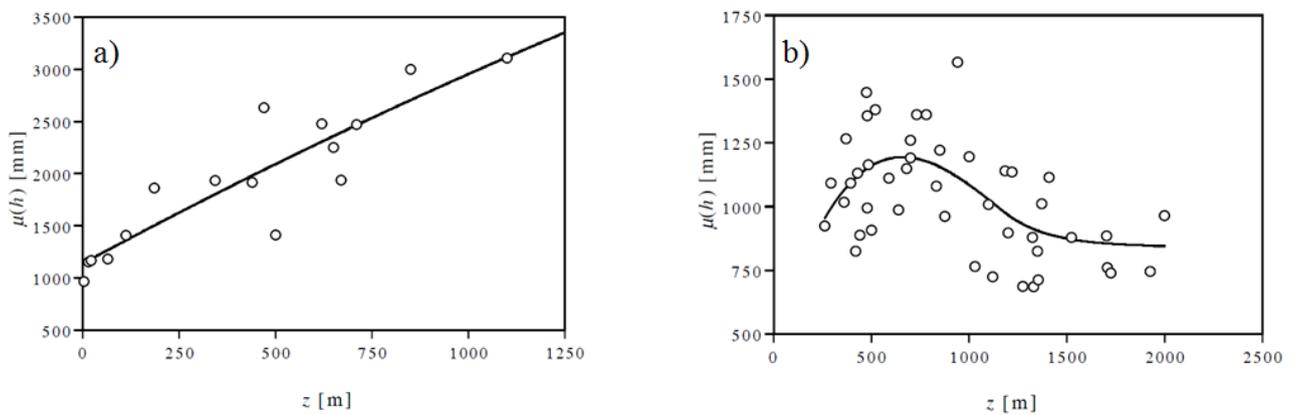
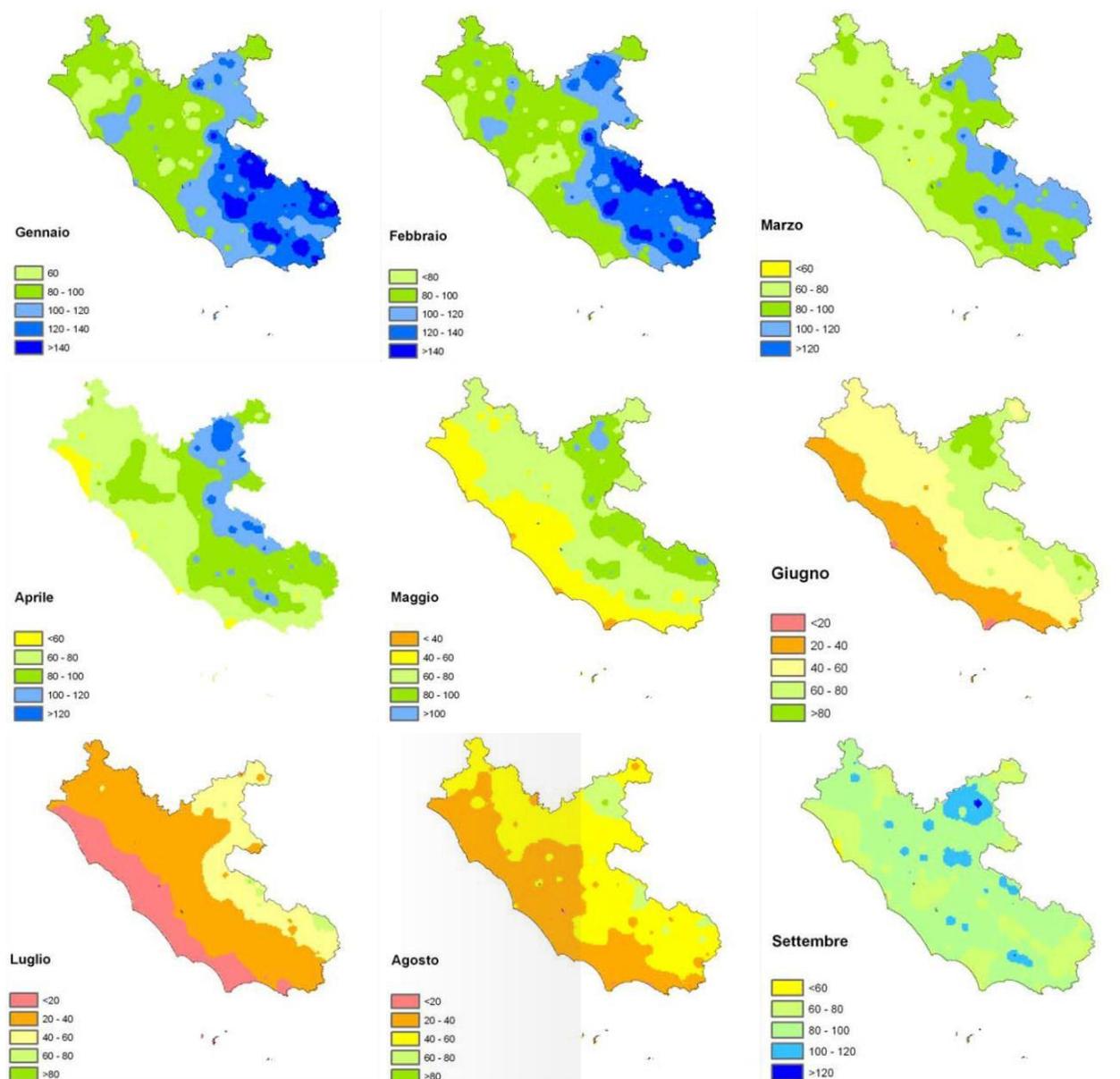


Figura 3 - Relazione tra quota e valor medio del totale annuo di precipitazione a) in Versilia e nel versante marittimo delle Alpi Apuane; b) nelle Alpi occidentali (Moisello, 1998).



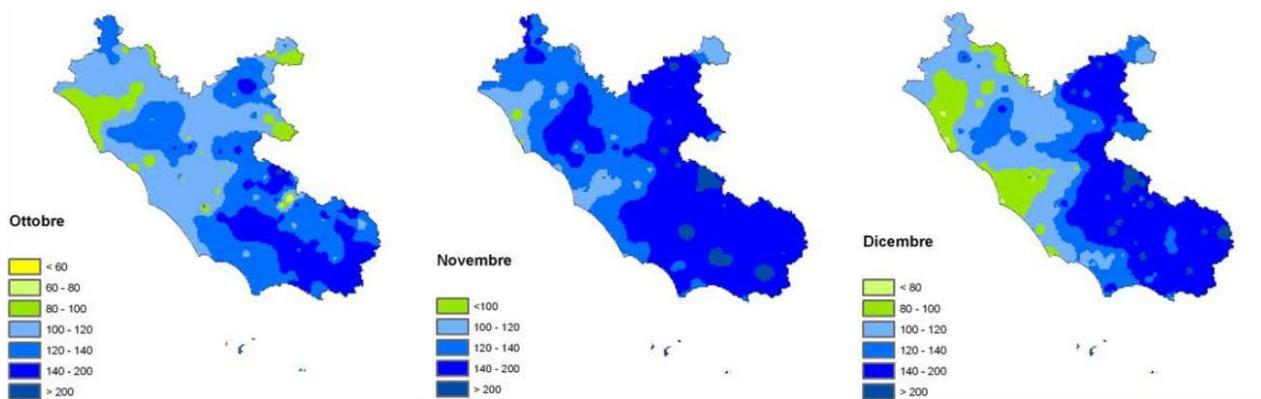


Figura 4 - Carta delle piogge totali mensili (mm/mese, P.T.A. Regione Lazio).

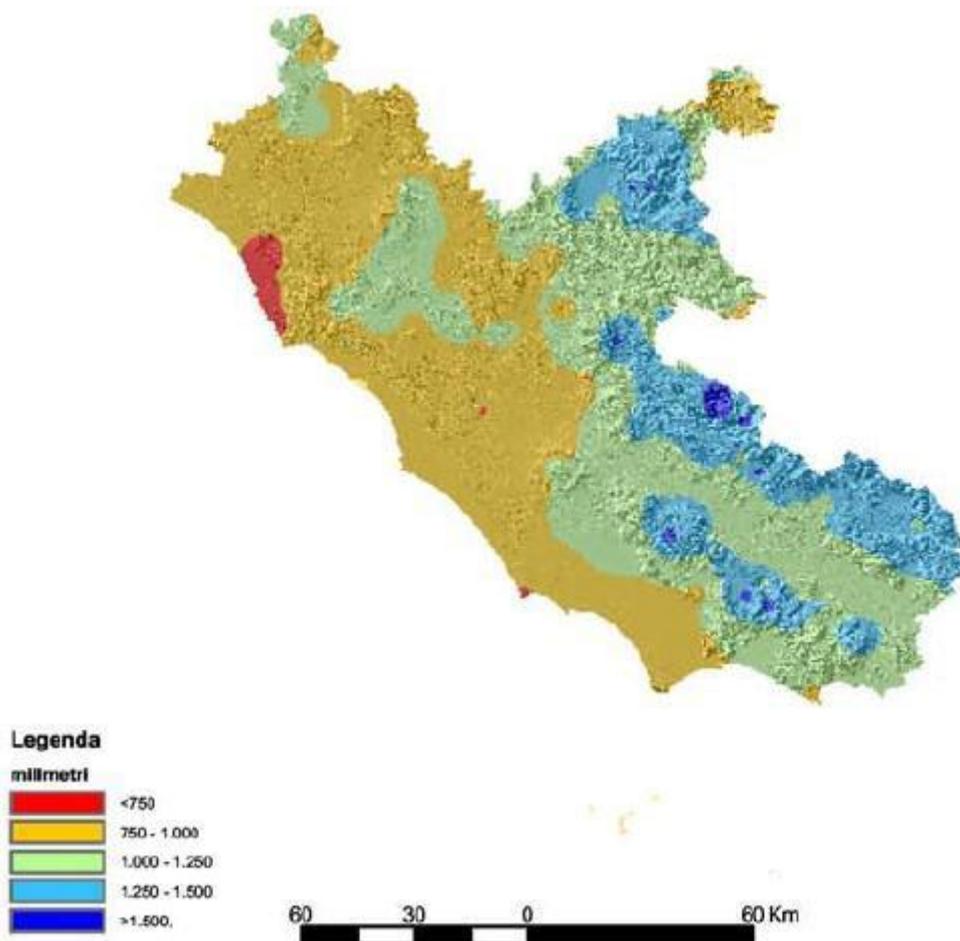


Figura 5 - Carta delle piogge totali annuali (mm/anno, P.T.A. Regione Lazio).

3.2 Analisi delle osservazioni pluviometriche

Per quanto riguarda i totali mensili ed annui dell'altezza di precipitazione si forniscono di seguito il valore medio, i valori estremi (massimo e minimo) e lo scarto quadratico medio.

Naturalmente la significatività di questi valori aumenta all'aumentare della lunghezza della serie di anni considerata. Verifiche effettuate su stazioni in cui sono disponibili lunghe serie di osservazioni hanno mostrato che lo scarto tra le medie ricavate da serie parziali è poco superiore all'8% rispetto alla media ricavata dall'intero periodo per serie di 10 anni, poco più del 3% per una serie di 20 anni e poco più del 2% per serie di 30 anni. Un periodo di osservazione di 20-30 anni è dunque del tutto sufficiente a fornire un'ottima stima del valor medio. Dei totali annui è anche molto utile dare una rappresentazione grafica in forma di diagramma cronologico, che permette di farsi intuitivamente un'idea del modo con cui la grandezza varia e del succedersi di anni ricchi e poveri di pioggia.

Nelle tabelle 2 e 3 sono riportati i valori medi, minimi, massimi e di deviazione dalla media delle precipitazioni medie mensili e annuali, nonché dei mesi secchi, rispettivamente a Civitavecchia (stazione n° 3087 quota 6m) e Allumiere (Stazione N°3084 quota 609m).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Dry	TOT
Media	70.1	65.2	56.9	48.7	40.7	22.9	11.0	21.1	54.7	92.5	95.9	88.8	0.85	668.5
Dev	46.5	43.9	39.0	34.2	34.0	25.3	17.7	32.2	44.5	68.4	71.6	70.5	0.88	178.2
Min	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	338.4
Max	196.8	179.6	215.2	148.0	159.4	138.2	93.4	156.8	192.2	363.0	364.0	433.0	4.00	1277.0

Tabella 2 - Valori medi, minimi, massimi e di deviazione delle precipitazioni medie mensili e annuali, nonché dei mesi secchi, a Civitavecchia nel periodo 1922-2011 (Fonte Idrografico Roma)

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Dry	TOT
Media	105.5	92.3	88.1	79.0	63.2	36.0	17.9	34.5	72.1	124.8	136.5	132.1	0.33	981.9
Dev	69.9	60.5	46.1	46.3	47.4	32.0	29.3	48.7	54.3	84.1	86.8	83.0	0.58	218.2
Min	3.8	0.0	0.0	12.4	0.0	2.2	0.0	0.0	2.4	0.8	0.0	0.0	0.00	534.2
Max	262.6	219.3	198.4	211.4	210.7	139.0	166.5	253.6	204.0	415.4	371.4	397.0	2.00	1497.8

Tabella 3 - Valori medi, minimi, massimi e di deviazione delle precipitazioni medie mensili e annuali, nonché dei mesi secchi, ad Allumiere nel periodo 1958-2011 (Fonte Idrografico Roma)

Come si evince dagli andamenti mensili, le due stazioni sono rappresentative di un medesimo regime pluviometrico e possono essere utilizzate per determinare i valori medi di precipitazione sull'area d'interesse considerando la variabilità dell'intensità di pioggia al cambiare delle quote altimetriche di ubicazione delle stazioni. In dettaglio, assumendo una variabilità lineare delle precipitazioni con la quota altimetrica delle stazioni al disotto dell'ottimo pluviometrico (condizione verosimilmente rispettata nelle analisi qui descritte), dal confronto tra le serie storiche a Civitavecchia e Allumiere registrate dal 1958 al 2004, sono stati ricavati gli incrementi mensili delle altezze di precipitazione. Assumendo 100m s.l.m. come quota significativa dell'area d'interesse, si è potuto ricostruire l'andamento mensile delle precipitazioni sull'area d'interesse con un incremento

medio di precipitazione al suolo di circa 60mm/anno rispetto alla stazione di Civitavecchia. Il valore medio previsto di 727 mm/anno ben si adegua ai risultati di un'analisi eseguita su scala più vasta, interpolando i dati delle stazioni ricadenti nel bacino del fiume Mignone, eseguita da A. Baiocchi (2005) e riportata in figura 6.

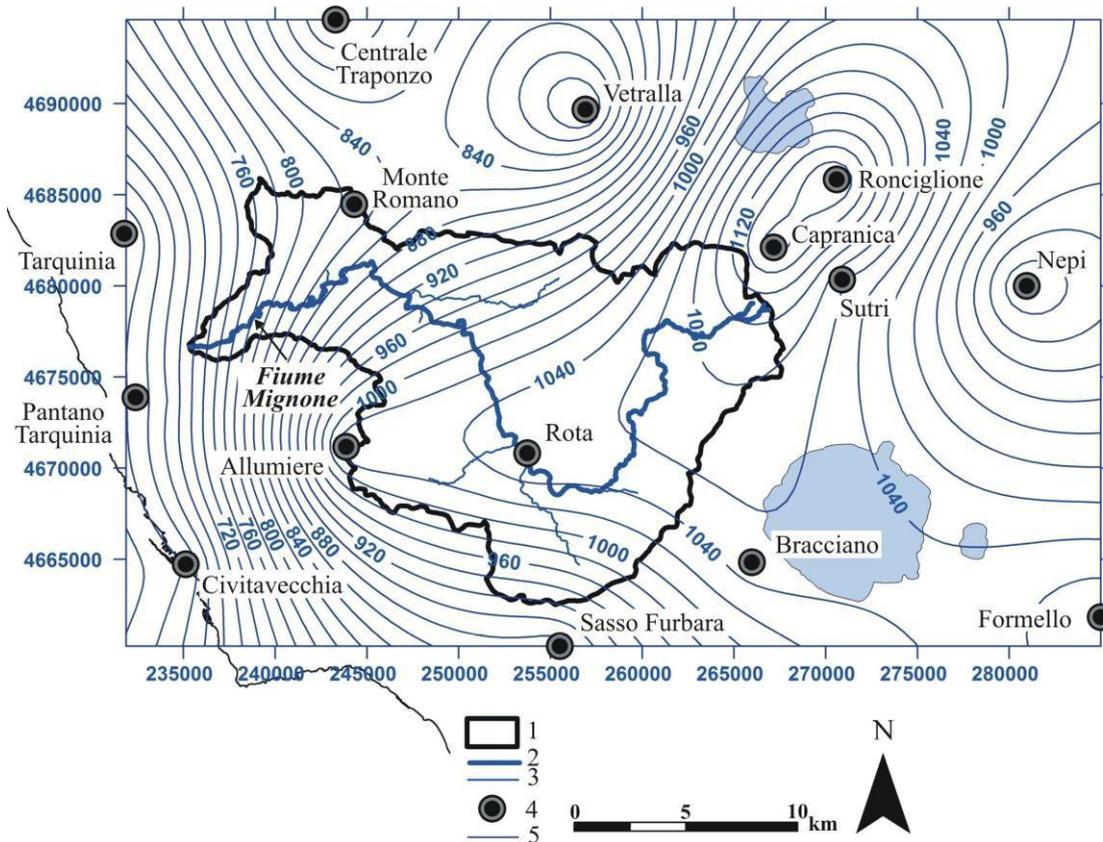


Figura 6 - Mappa delle isolinee di precipitazione (mm) elaborata dai valori di precipitazione media annua, con equidistanza pari a 20mm (legenda - 1: area di studio; 2: fiume Mignone; 3: principale reticolo idrografico; 4: stazioni termopluviometriche; 5: curve

Altro dato d'interesse per le valutazioni sulla disponibilità idrica nell'invaso sui fossi oggetti di studio è il trend di variazione inter-annuale del totale delle precipitazioni medie annuali, approssimazione della variazione climatica futura delle aree oggetto d'indagine.

Per la valutazione approssimativa di tale trend si è fatto ricorso all'indice di variabilità annuale calcolato come rapporto tra il totale annuale delle precipitazioni ed il valore medio della stessa grandezza sull'intero periodo a disposizione. Come si vede chiaramente analizzando la figura .7.

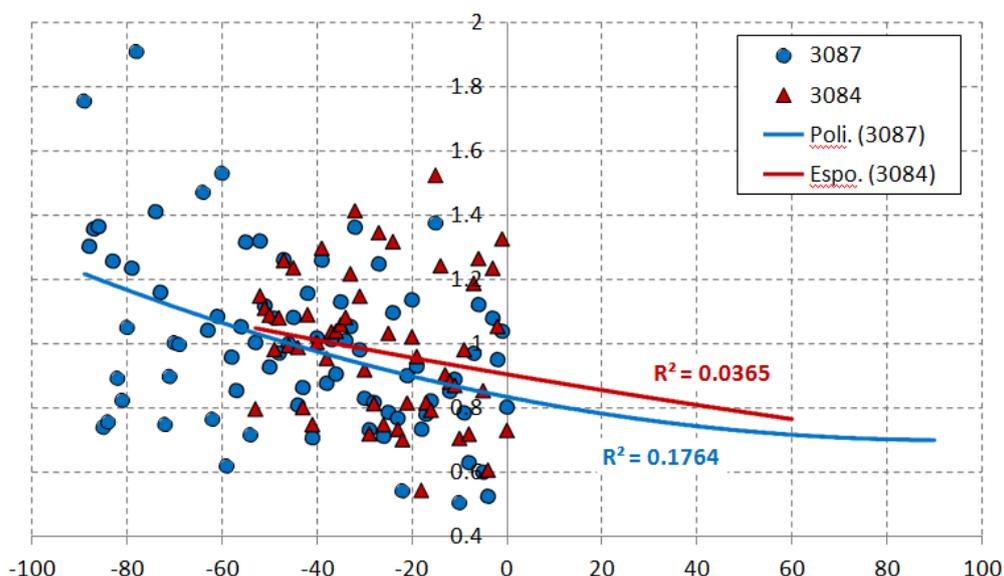


Figura 7 - Andamenti dell'indice di variabilità annuale delle precipitazioni totali a Civitavecchia (3087) e Allumiere (3084) e dei relativi trend futuri.

L'indice di variabilità annuale ha una forte variabilità intorno alla media (valore unitario dell'indice) con trend in diminuzione sia nel periodo analizzato, sia in proiezione futura. La variabilità maggiore ed il trend più marcato sono presentati dalla stazione 3087 di Civitavecchia, per cui è disponibile una copertura temporale maggiore.

Per le precipitazioni insistenti sul bacino imbrifero del fosso del Prete e della Fiumaretta si stima una riduzione percentuale del 25% in media a 50 anni e del 15% in media ad oggi. Pertanto, si può assumere che la disponibilità media di precipitazioni sull'area d'interesse nel prossimo cinquantennio sia pari al 80% del valore medio annuale (tabella 4).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOT
3084	105.5	92.3	88.1	79.0	63.2	36.0	17.9	34.5	72.1	124.8	136.5	132.1	981.9
3087-58	62.5	55.9	58.2	50.3	37.6	21.9	12.6	22.0	53.5	84.5	89.8	79.9	628.7
3087	70.1	65.2	56.9	48.7	40.7	22.9	11.0	21.1	54.7	92.5	95.9	88.8	668.5
Invaso	77.2	71.3	61.9	53.5	44.9	25.3	11.9	23.2	57.8	99.2	103.7	97.5	727.4
Proiezione	61.8	57.0	49.5	42.8	35.9	20.2	9.5	18.6	46.2	79.4	83.0	78.0	581.9

Tabella 4 - Valori medi delle precipitazioni totali mensili e annuali nelle stazioni 3084 e 3087, e sull'area sottostante l'invaso nel periodo 22-11 e, in proiezione, nei prossimi 50 anni.

La medesima riduzione è applicata all'andamento medio mensile già determinato in precedenza che sarà, dunque, distribuito come mostrato in figura 8.

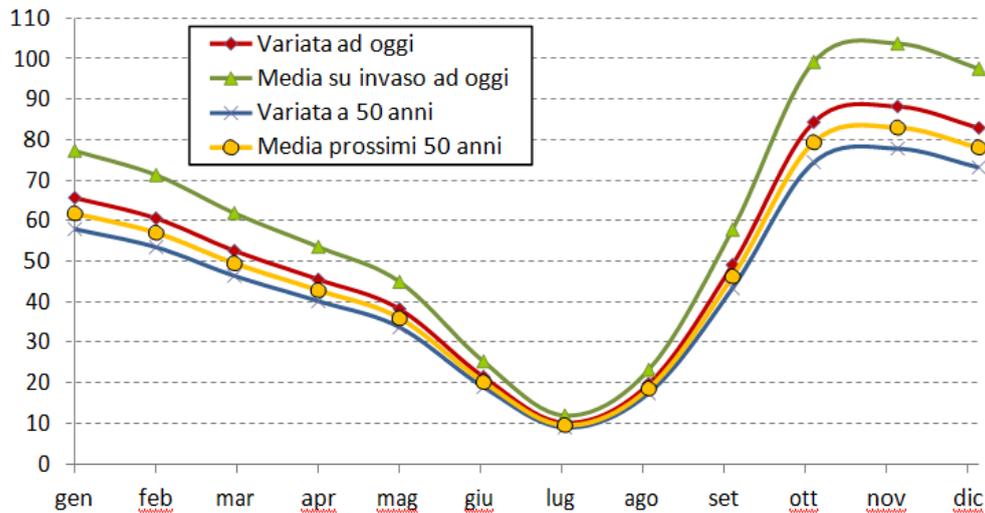


Figura 8 - Andamenti delle precipitazioni totali medie mensili (mm/mese) sull'area d'interesse; media ad oggi, detrended ad oggi, detrended a 50 anni e media nei prossimi 50 anni.

4 FOSSO DEL PRETE

4.1 Analisi pluviometrica a scala regionale

L'adozione della legge TCEV è stata introdotta a seguito della constatazione del fatto che in numerosi pluviometri si sono registrati alcuni eventi assolutamente straordinari, la cui intensità supera di gran lunga le intensità inferiori di pari durata. Tali eventi sono indicati nella letteratura anglosassone come *outliers*. La probabilità di questi eventi è fortemente sottostimata da una legge di Gumbel o da una legge log-normale.

La distribuzione TCEV definisce la probabilità di non superamento di una mistura di due popolazioni di eventi definite come *componente bassa*, che include gli eventi che potremmo chiamare *ordinari*, e *componente alta* che include gli eventi che potremmo considerare *straordinari*, di cui fanno parte gli eventuali *outliers*.

Il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI è basato sulla distribuzione dei valori estremi tipo 1 a due componenti (TCEV1) (Rossi e Versace, 1982) (Rossi et altri, 1984), che rappresenta la distribuzione del massimo valore di una mistura di due popolazioni, costituite da:

- una componente base, contenente i valori medi e bassi,
- una componente straordinaria, contenente i valori più elevati,

e ha quindi la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali riescono a rendere conto.

Per la distribuzione TCEV, il massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria o suboraria t , è dato dall'espressione

$$P_X(x) = e^{-\left[-A_1 e^{\left(\frac{-x}{\theta_1}\right)} - A_2 e^{\left(\frac{-x}{\theta_2}\right)} \right]}$$

dove:

- Λ_1 e Λ_2 il valore atteso del numero degli eventi nell'intervallo di tempo unitario, ad esempio l'anno, che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta;
- Θ_1 e Θ_2 il valore atteso dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta, con $\Theta_2 \geq \Theta_1$.

ponendo

$$\Theta_1 = \frac{1}{\alpha_1} \quad \Theta_2 = \frac{1}{\alpha_2} \quad \Lambda_1 = e^{\alpha_1 \varepsilon_1} \quad \Lambda_2 = e^{\alpha_2 \varepsilon_2}$$

può essere posta nella forma semplificata

$$P_X(x) = e^{-e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1)} - e^{-\alpha_2(x-\varepsilon_2)}}$$

Derivando le espressioni precedenti rispetto a x, si determina la densità di probabilità della TCEV:

$$p_X(x) = \left(\frac{\Lambda_1}{\Theta_1} e^{-\frac{x}{\Theta_1}} + \frac{\Lambda_2}{\Theta_2} e^{-\frac{x}{\Theta_2}} \right) e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{x}{\Theta_1}} - \Lambda_2 e^{-\frac{x}{\Theta_2}}}$$

ovvero

$$p_X(x) = \left(\alpha_1 e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1)} + \alpha_2 e^{-\alpha_2(x-\varepsilon_2)} \right) e^{-\alpha_1(x-\varepsilon_1) - \alpha_2(x-\varepsilon_2)}$$

Da cui, ponendo:

$$\Theta^* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\Theta^*}}$$

Si ottiene la seguente:

$$p_X(x) = \left(\frac{\Lambda_1}{\Theta_1} e^{-\frac{x}{\Theta_1}} + \frac{\Lambda_1 \Lambda_1^{1/\Theta^*}}{\Theta^* \Theta_1} e^{-\frac{x}{\Theta^* \Theta_1}} \right) e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{x}{\Theta_1}} - \Lambda_1 \Lambda_1^{1/\Theta^*} e^{-\frac{x}{\Theta^* \Theta_1}}}$$

4.1.1 Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri

Nel caso delle piogge intense il numero degli eventi straordinari registrati da un singolo pluviometro è molto basso, e ciò rende impossibile una stima efficace dei parametri della componente alta facendo riferimento alle singole serie di osservazioni. È necessario quindi far ricorso a metodi regionali, in modo da utilizzare per la stima dei parametri tutte le osservazioni di una regione pluviometricamente omogenea. Il concetto di omogeneità pluviometrica risulterà definito dal modo in cui si sviluppa la procedura di regionalizzazione.

Con regionalizzazione delle altezze di pioggia nei diversi pluviometri s'intende l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Si richiede generalmente che i raggruppamenti abbiano anche riferimenti geografici.

Secondo la procedura proposta da Versace e al. (1989) vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al primo livello, *regioni omogenee* rispetto ai parametri Λ_* e Θ_* , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al *coefficiente di asimmetria*;
- al secondo livello, *zone omogenee* anche rispetto al parametro Λ_I , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al *coefficiente di variazione*;
- al terzo livello, *sottozone omogenee* rispetto alla dipendenza del parametro Θ_I - e quindi della media - da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

Si procede come segue:

A al *primo livello di regionalizzazione*:

- in base ai valori dei coefficienti di asimmetria empirici, s'individuano, in prima approssimazione, le regioni omogenee;
- in ciascuna regione viene eseguita la stima dei parametri Λ_* e Θ_* con il metodo proposto da Fiorentino e Gabriele (1985), applicando il criterio della massima verosimiglianza a tutte le variabili che ricadono in essa;
- con la legge standardizzata si determinano gli intervalli di confidenza, con livello di significatività α , del coefficiente di asimmetria, e si verifica se l'ipotesi di omogeneità è verificata, con quel livello di significatività, per le regioni individuate;
- se tale condizione non è soddisfatta, si modificano le regioni e si riprende la procedura;

B al *secondo livello di regionalizzazione*, avendo fissato i valori di Λ_* e Θ_* determinati al primo livello:

- in base ai valori dei coefficienti di variazione empirici, s'individuano, in prima approssimazione, le zone omogenee;
- si stimano con il criterio della massima verosimiglianza i parametri $\Lambda_{I,i}$ relativi a ciascuna stazione;
- si determinano i coefficienti di variazione della componente base di ciascuna stazione tramite la:

$$\gamma_{1,i} = \frac{1.2825}{\ln \Lambda_{1,i} + 0.57722}$$

- in ciascuna zona omogenea si calcola il coefficiente di variazione della zona γ_1 come media dei $\gamma_{1,i}$ relativi a quella zona;
- per ciascuna zona omogenea si calcola la stima di Λ_1 introducendo γ_1 nell'equazione ;
- con la legge standardizzata si determinano gli intervalli di confidenza, con livello di significatività α , del coefficiente di variazione, e si verifica se l'ipotesi di omogeneità è verificata, con quel livello di significatività, per le zone individuate;
- se questa condizione non è soddisfatta, si modificano le zone e si riprende la procedura;

C al terzo livello di regionalizzazione, avendo fissato i valori di Λ_* , Θ_* e Λ_1 determinati ai precedenti livelli, per cui risulta fissato il parametro β :

- s'individuano, in prima approssimazione, in base all'andamento della media con la quota z, le sottozone omogenee;
- s'interpolano gli andamenti di $\mu(z)$ con la legge prescelta, e si verifica l'adattamento;
- se l'adattamento non risulta soddisfacente, si modificano le sottozone e si riprende la procedura.

In questa relazione si fa riferimento alla regionalizzazione delle piogge intense svolta nell'ambito del progetto VAPI su un'ampia fascia dell'Italia Centrale, comprendente tra l'altro, tutti i bacini del Compartimento di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce lungo il litorale del Lazio (Calenda e al. 1994; Calenda e Cosentino, 1996).

4.1.2 Regionalizzazione delle massime altezze di pioggia giornaliera

Per meglio definire le aree omogenee è stata preventivamente effettuata la regionalizzazione dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliera h_d , in modo da utilizzare anche i pluviometri ordinari, utilizzando tutte le serie con almeno 30 dati. Le stazioni complessivamente utilizzate sono 628 (626 con numerosità di almeno 30 anni e 2 con numerosità di almeno 20 anni) . La numerosità delle serie è distribuita come segue:

numerosità della serie	< 20	20 ÷ 29	≥ 30
numero di stazioni	206	131	627

Per la regionalizzazione si è utilizzato un criterio geografico, ed è sempre stato possibile conservare la continuità territoriale delle aree omogenee.

Ricordando la distribuzione di probabilità del massimo giornaliero si scrive:

$$p(h_d) = e^{-\Lambda_1 e^{-\left(\frac{h_d}{\mu_{h_d}}\right) \beta}} - \Lambda_* \Lambda_*^{1/\Theta_*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_* \mu_{h_d}}\right) \beta}$$

dove con μ_{h_d} si è indicata il valore medio delle massime altezze giornaliere.

4.1.2.1 Primo livello di regionalizzazione

Al primo livello di regionalizzazione si è dovuta respingere l'ipotesi di un'unica regione omogenea rispetto al coefficiente d'asimmetria, che non è risultata accettabile. Il territorio è stato quindi suddiviso in tre regioni omogenee, che si potrebbero definire: *regione tirrenica* (regione A, con 154 stazioni), *regione appenninica* (regione B, con 353 stazioni) e *regione adriatica* (regione C, con 120 stazioni).

I valori regionali dei parametri Δ_* e Θ_* sono riportati nella **Tabella 5**.

regione	Δ_*	Θ_*
A	0,250	3,423
B	0,762	1,241
C	0,795	2,402

Tabella 5 - Parametri del primo livello di regionalizzazione.

Nel presente studio, quindi, trovandosi il porto di Civitavecchia localizzato ovviamente sul litorale laziale, sono stati adottati i parametri di primo livello relativi alla regione A (Tirrenica centrale) $\Delta_*=0,250$ e $\Theta_*=3,423$.

4.1.2.2 Secondo livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione sono state considerate le stesse tre regioni individuate al primo livello. L'ipotesi che ciascuna fosse omogenea anche rispetto al coefficiente di variazione è risultata accettabile.

I valori regionali dei parametri Δ_1 e β sono riportati nella tabella 6

regione = zona	A	B	C
Δ_1	38,847	22,017	27,806
β	4,901	4,359	5,301

Tabella 6 - Parametri al secondo livello di regionalizzazione.

Da quanto sopra, sempre per la regione tirrenica A, risultano definiti univocamente i parametri $\Delta_1 = 38,847$ e $\beta = 4,80$.

4.1.2.3 Terzo livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nella individuazione di legami tra valori medi delle serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano le località in cui sono installate le stazioni di misura. Nel caso della zona centrale dell'Italia è stata osservata, all'interno di aree omogenee, una buona relazione tra la media annuale dei massimi giornalieri e la quota. Si è pertanto ipotizzato che l'intera regione possa essere suddivisa in aree omogenee (sottozone) in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera m [hg] e la quota sul mare Z , h , del tipo:

$$\mu_{h_d} = cz + d$$

Sono state individuate 78 sottozone in cui i parametri della regressione e il coefficiente di correlazione assumono i valori indicati nella tabella 7.

I parametri per la regionalizzazione delle massime altezze di pioggia giornaliera sono state riprese dal Progetto Esecutivo del **"1° lotto Funzionale: prolungamento antemurale C. Colombo darsene servizi e traghetti"**.

sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	ρ	sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	ρ
A1	10	0,01892	55,64	0,886	B19	6	0,01418	36,02	0,836
A2	8	0,02785	59,22	0,953	B20	5	0,01098	57,23	0,449
A3	9	0,02738	64,43	0,919	B21	6	0,15691	16,83	0,913
A4	13	0,03390	67,67	0,833	B22	7	0,01890	76,65	0,795
A5	7	0,03031	60,09	0,620	B23	5	0,04972	60,54	0,887
A6	8	0,13518	66,15	0,901	B24	7	0,07960	30,38	0,903
A7	7	0,03582	67,72	0,830	B25	10	0,02089	64,28	0,676
A8	16	0,01680	62,79	0,843	B26	9	0,13532	-48,29	0,894
A9	7	0,02671	61,61	0,741	B27	5	0,05786	67,35	0,954
A10	5	0,06301	67,83	0,968	B28	12	0,03599	63,48	0,792
A11	3	0,07624	41,70	0,996	B29	5	0,03152	87,30	0,565
A12	6	0,01510	72,77	0,920	B30	4	0,05066	68,93	0,999
A13	9	0,02714	50,42	0,624	B31	11	0,00116	60,07	0,060
A14	4	0,02517	62,33	0,783	B32	7	0,04004	27,64	0,971
A15	4	0,03647	68,78	0,834	B33	6	0,01264	54,93	0,634
A16	4	0,02592	52,00	0,889	B34	4	0,25615	-85,09	0,955
A17	7	0,10165	15,14	0,860	B35	5	0,07432	15,64	0,740
A18	11	0,02208	58,80	0,685	B36	7	0,05270	40,46	0,667
A19	5	0,03408	41,11	0,980	B37	2	0,03513	33,42	1,000
A20	7	0,03637	49,62	0,956	B38	10	0,01874	40,79	0,637
A21	4	0,02854	43,38	0,926	B39	4	0,04514	38,13	0,969
B1	13	0,03028	43,52	0,895	B40	8	0,04250	58,21	0,921
B2	5	0,02250	42,59	0,830	B41	4	0,08894	34,37	0,835
B3	11	0,03478	49,18	0,859	B42	9	0,02237	71,20	0,567
B4	10	0,02747	62,61	0,724	C1	19	0,00482	57,46	0,392
B5	13	0,03136	53,96	0,904	C2	34	0,02822	64,04	0,915
B6	6	0,03764	44,54	0,933	C3	8	0,05900	42,12	0,952
B7	9	0,01863	49,36	0,756	C4	5	0,06381	49,63	0,984
B8	4	0,02219	50,91	0,844	C5	6	0,01574	61,16	0,809
B9	16	0,04546	46,32	0,953	C6	5	0,01374	58,39	0,825
B10	9	0,04145	37,12	0,893	C7	5	0,00985	62,40	0,831
B11	44	0,02300	35,60	0,849	C8	7	0,07690	50,19	0,917
B12	13	0,04292	45,49	0,901	C9	6	0,02767	51,23	0,886
B13	2	0,01793	20,47	1,000	C10	7	0,11377	38,98	0,937
B14	13	0,05343	55,04	0,921	C11	5	0,02573	57,44	0,887
B15	6	0,00153	69,69	0,135	C12	4	0,02395	44,17	0,976
B16	12	0,02565	22,88	0,912	C13	3	0,04634	-5,21	0,898
B17	5	0,00722	64,41	0,798	C14	4	0,03330	32,01	0,763
B18	3	0,00128	62,43	0,391	C15	4	0,00655	57,57	0,776

Tabella 7 - Terzo livello di regionalizzazione: parametri della regressione della media sulla quota.

Il porto di Civitavecchia, sulla base della suddivisione pluvio-geografica omogenea, si trova all'interno della sottozona A4.

4.1.3 Piogge di massima intensità e breve durata

Per l'elaborazione delle precipitazioni intense di breve durata si è adottata una la legge intensità-durata-frequenza a tre parametri:

$$i_t = i_0 \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$
$$m = \frac{\log \left(1,15 \frac{c \cdot z + d}{24 \mu_{i_0}} \right)}{\log \left(\frac{b}{b+24} \right)}$$

dove:

- t è la durata della pioggia critica,
- b è un parametro di deformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t , sia dal tempo di ritorno T_r ,
- m è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno,
- z quota media sul mare del bacino imbrifero,
- i_t è l'intensità di pioggia in funzione della durata t

Il parametro i_0 è ricavabile dalla seguente espressione:

$$P = e^{-\Lambda_1} e^{-\frac{i_0}{\mu_{i_0} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\Theta^*}} e^{-\frac{i_0 \beta}{\Theta^* \mu_{i_0}}}}$$

Fissato un tempo di ritorno della precipitazione pari a 10, 20, 50, 100, 200 anni si ha:

$$P_{10} = 1 - \frac{1}{10}; P_{20} = 1 - \frac{1}{20}; P_{50} = 1 - \frac{1}{50}; P_{100} = 1 - \frac{1}{100}; P_{200} = 1 - \frac{1}{200}$$

- $P_{10}=0,900$;
- $P_{20}=0,950$;
- $P_{50}=0,980$;
- $P_{100}=0,990$;
- $P_{200}=0,995$.

quindi, le precipitazioni intense sono rappresentate da:

- $I_{10}=52$ mm/h per 10 anni;
- $I_{20}= 62$.mm/h per 20 anni;
- $I_{50}=81$ mm/h per 50 anni;
- $I_{100}=100$ mm/h per 100 anni;
- $I_{200}=117$ mm/h per 200 anni.

Per il calcolo del tempo di corrivazione dei bacini t_c è stata utilizzata la formulazione interpolare (Calenda et al.) tra quella di Giandotti e quella di Kirpich; tali formulazioni correlano in maniera diversa i caratteri geometrici e morfologici ai tempi di deflusso:

$$t_c = t_{c,G} \frac{S - 1}{74} + t_{c,K} \frac{75 - S}{74}$$

Dove:

$$t_{c,G} = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m}}$$

$$t_{c,K} = 0,93 \left(\frac{L}{\sqrt{h_{max}/L}} \right)^{0,77}$$

$t_{c,G}$ è l'espressione di Giandotti per bacini con una superficie superiore a 75 km²

$t_{c,k}$ è l'espressione di Kirpich per bacini con una superficie inferiore ad 1 km²

dove:

- S = Area del bacino imbrifero espresso in km²;
- L = Lunghezza dell'asta principale espresso in km;
- h_m = Altezza media del bacino imbrifero rispetto alla sezione di chiusura espresso in metri;
- h_{max} = Altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura espresso in metri.

	S [km ²]	L [km]	hm [m s.l.m.]	hmax [m s.l.m.]	tc,G [h]	tc,K [h]	tc [h]
del Prete	4,6	4,7	60	135	2,77	0,81	0,89

Tabella 8 - Caratteristiche del bacino del fosso del Prete

4.2 Calcolo della portata di piena

Nel seguente capitolo si riporta la metodologia utilizzata per il calcolo della portata di piena del fosso del Prete.

In mancanza di osservazioni idrometriche dirette, il calcolo della portata di piena è stato eseguito utilizzando il cosiddetto "metodo cinematico", basato sull'elaborazione dei dati pluviometrici precedentemente elaborati.

Secondo tale metodo la valutazione della portata di piena corrisponde al deflusso di una pioggia "critica", di durata pari al tempo di corrivazione del bacino e che risulta calcolata da un'espressione del tipo:

$$Q_{max} = C \cdot i \cdot A$$

Dove:

C è il coefficiente di deflusso del bacino;

i è l'intensità di pioggia critica;

A è l'area del bacino.

Per individuare le condizioni pluviometriche critiche sono stati utilizzati i dati relativi a piogge di breve durata e forte intensità. I dati raccolti si riferiscono a quelli registrati nel pluviografo di Civitavecchia, in un periodo compreso tra il 1958 ed 2004 e relativi a piogge di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

anno	h ₁	h ₃	h ₆	h ₁₂	h ₂₄
1958	41.20	60.50	74.00	86.50	93.00
1959	25.00	43.50	63.50	86.00	92.40
1960	41.00	86.00	90.00	92.60	95.00
1961	33.60	39.00	40.20	41.00	42.40
1962	26.50	26.50	28.60	49.00	57.50
1963	31.60	45.40	52.20	54.00	72.40
1965	31.20	43.40	51.00	52.80	64.40
1966	36.60	38.00	42.20	52.20	56.40
1967	28.80	34.00	34.20	54.60	58.80
1968	36.00	69.00	83.00	105.60	112.60
1970	17.80	22.20	22.80	33.80	43.40
1971	14.20	27.60	38.20	53.20	55.80
1972	32.20	35.20	46.00	54.60	54.60
1973	22.60	32.60	36.40	44.40	74.60
1974	22.20	nd	nd	nd	nd
1975	20.20	28.40	31.00	40.40	43.40
1977	45.60	50.00	52.00	52.20	78.40
1978	30.40	38.40	42.20	42.20	46.40
1982	32.20	38.20	38.40	38.40	38.40
1987	38.20	38.80	52.20	58.80	65.60
1988	30.00	39.00	39.80	42.60	74.60
1989	34.80	38.80	45.80	50.40	50.40
1990	44.00	44.00	44.00	44.00	49.20
1991	47.00	53.00	54.60	57.80	57.80
1992	17.60	25.80	32.60	37.20	52.20
1994	32.20	49.80	50.00	50.00	50.60
1999	39.00	42.80	44.80	45.20	53.00
2002	40.20	60.08	64.20	70.00	73.80
2003	24.20	26.80	34.40	36.20	45.20

Tabella 9 - Dati pluviometrici del pluviografo di Civitavecchia

Ordinando in ordine decrescente i dati relativi alle diverse durate di precipitazione è possibile ottenere le curve di caso critico ordinarie, espresse da una relazione del tipo:

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

che lega le altezze di pioggia h alla durata dell'evento t .

Gli stessi dati sono stati quindi elaborati statisticamente utilizzando diversi metodi generalmente impiegati in idrologia (Gumbel, Galton, Fuller Coutagne).

Tali elaborazioni consentono di estrapolare i dati disponibili e di associare ai diversi eventi pluviometrici una probabilità di verificarsi espressa da un tempo di ritorno Tr .

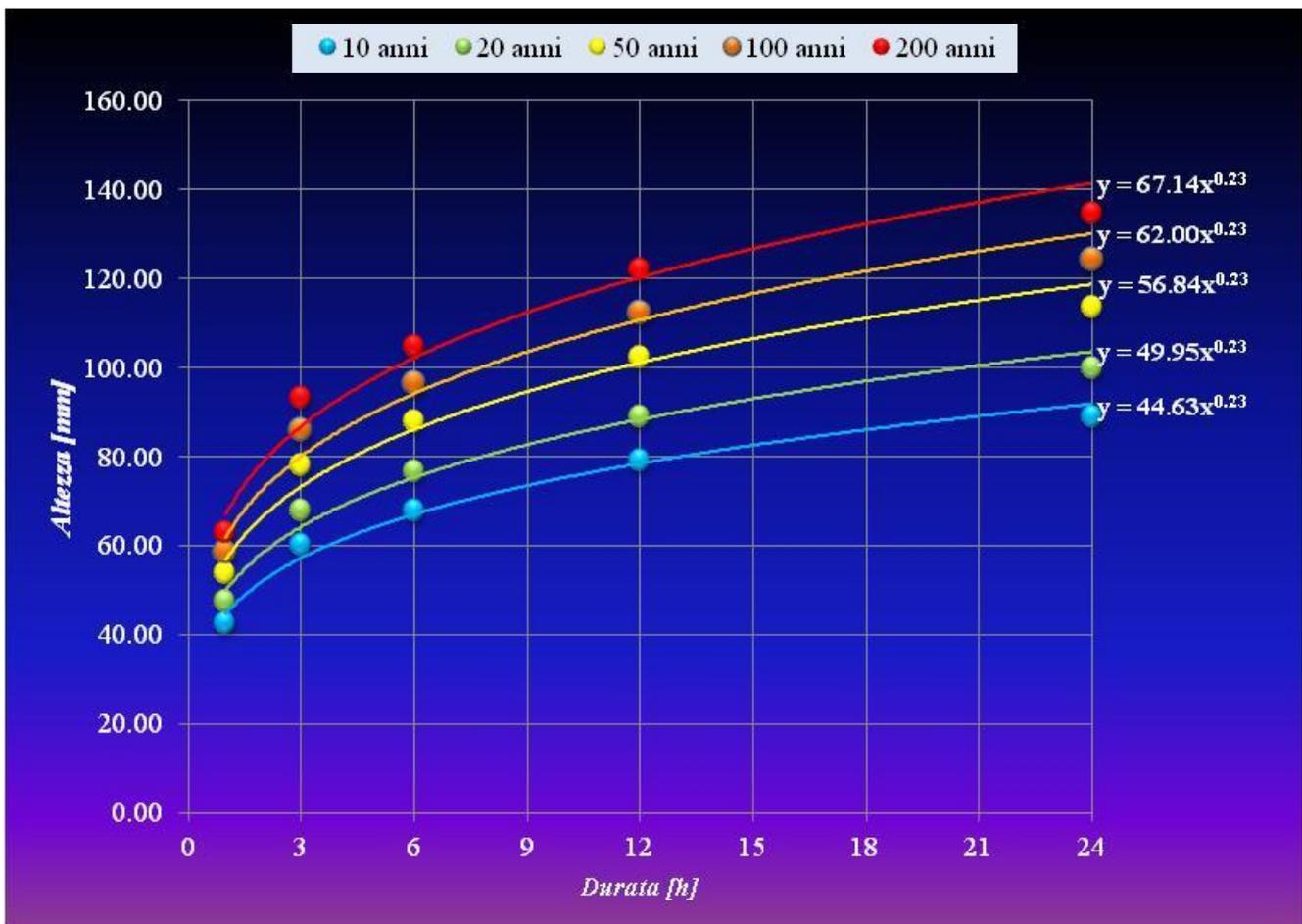


Figura 9 - Curve di caso critico

Utilizzando i dati elaborati precedentemente si è proceduto alla stima delle portate di progetto. Considerando che per determinare la portata, oltre a conoscere le caratteristiche geometriche e pluviometriche del bacino in esame, si deve stimare anche il coefficiente di deflusso.

Considerando le caratteristiche morfologiche del bacino, la bassa permeabilità media dei terreni che lo costituiscono e il grado di urbanizzazione, è stato stimato un coefficiente di deflusso utilizzando la seguente relazione:

$$C = \frac{S_1 \cdot C_1 + S_2 \cdot C_2}{S_{tot}}$$

Dove:

C1 è il coefficiente di deflusso inerente le zone urbanizzate (0,80);

C2 è il coefficiente di deflusso inerente le zone non urbanizzate (0,40);

S1 è la superficie delle zone urbanizzate (0,30);

S2 è la superficie delle zone non urbanizzate (0,70).

Utilizzando i suddetti valori ne è risultato che il coefficiente di deflusso del bacino C è pari a 0,52.

Stimati tutti i parametri si è calcolata la portata di progetto del fosso Del Prete:

Tr [anni]	C	i [mm/h]	A [km ²]	Q [m ³ /s]
10	0,52	52	4,60	34
20	0,52	62	4,60	41
50	0,52	81	4,60	54
100	0,52	100	4,60	64
200	0,52	117	4,60	77

Tabella 10 - Portate di piena del fosso Del Prete

5 FOSSO DELLA FIUMARETTA

Il fosso Fiumaretta è un corso d'acqua con bacino imbrifero di circa 14 Km² con sbocco diretto nel mar Tirreno all'interno del porto di Civitavecchia.

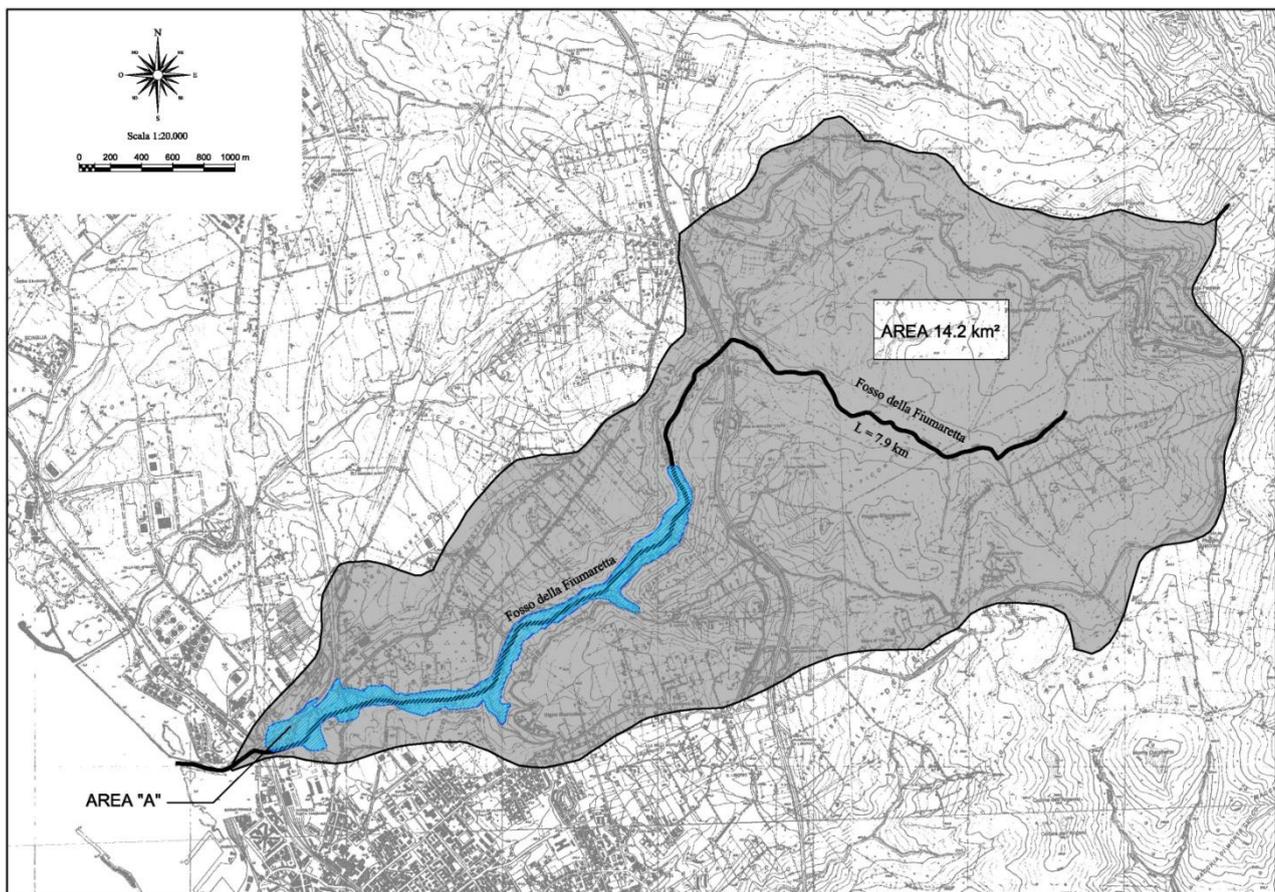


Figura 10 - Bacino imbrifero del fosso della Fiumaretta

Secondo il PAI regionale il fosso Fiumaretta è caratterizzato, nel tratto terminale, di portate comprese tra circa 150 m³/s (tempi di ritorno cinquantennali) e 230 m³/s (ritorni duecentennali), come evidenziato dalla tabella sotto riportata; sulla base delle predette assunzioni idrologiche e di valutazioni idrauliche eseguite a cura dell'Istituto di Costruzioni Idrauliche dell'Università ROMA TRE, è stato definito lo stato di vulnerabilità agli episodi alluvionali e consequenzialmente di rischio del tratto terminale del corso d'acqua in argomento come sinteticamente illustrato nello stralcio della TAV PAI 2.08. Nord di seguito riportato.

Fosso	T (anni)	$i(\tau_b, T)$ (mm/h)	Q(T) (m ³ /s)
Fiumaretta	30	56,39	124,21
	50	67,67	154,02
	100	81,77	192,11
	200	95,86	232,27
	500	114,89	286,81

Tabella 11 - Portate di piena fosso della Fiumaretta

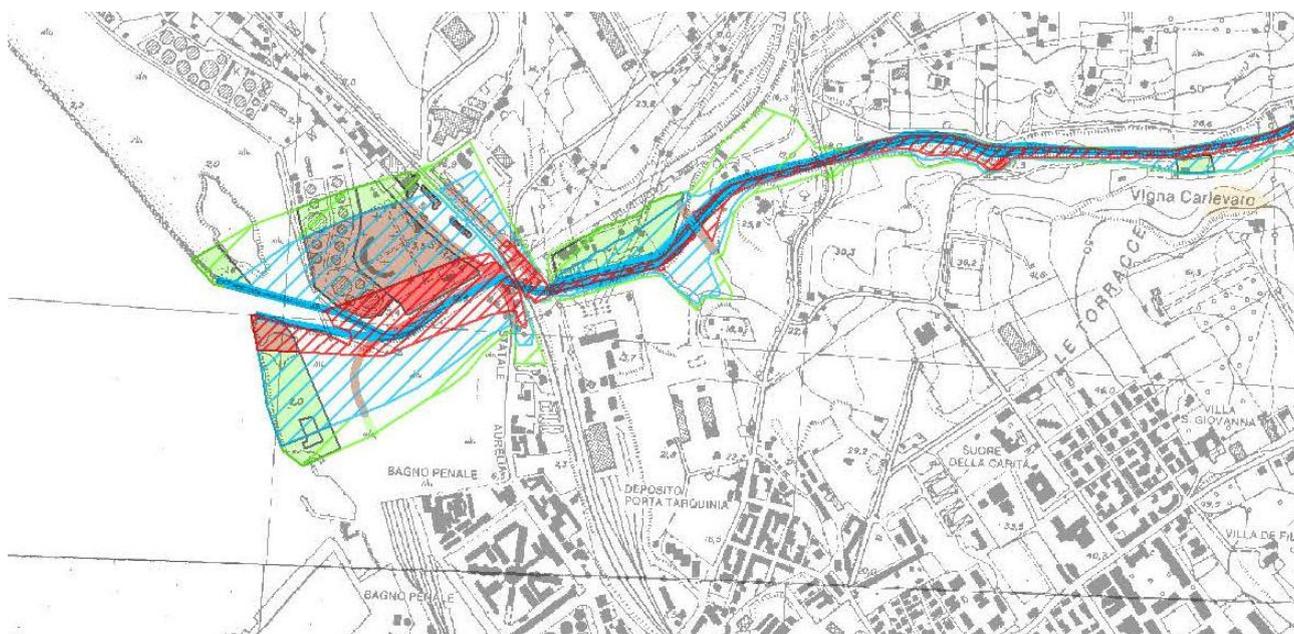
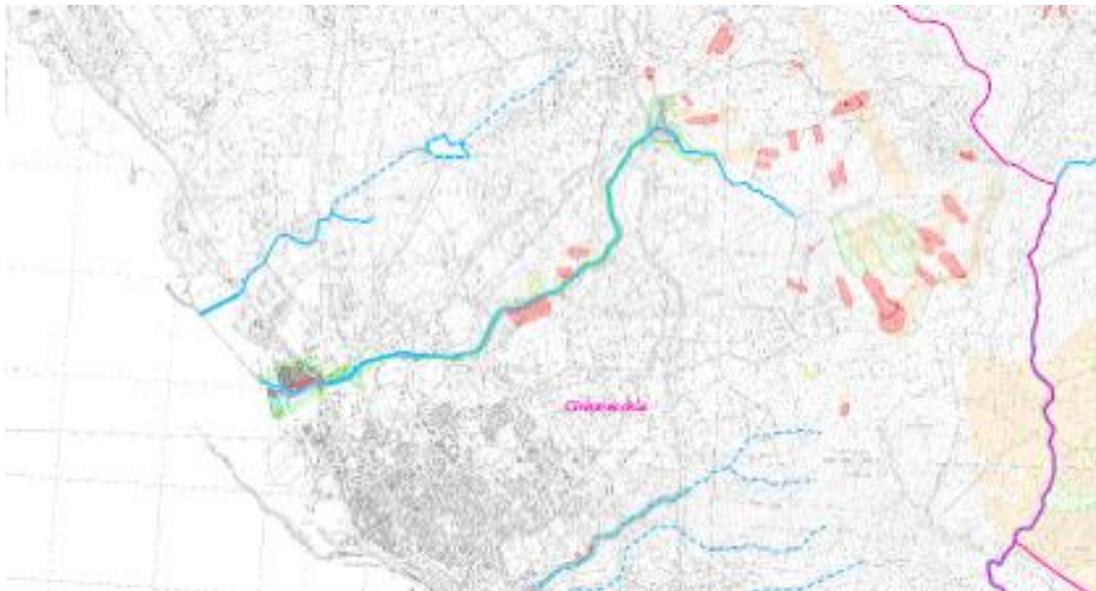


Figura 11 - Stralcio tavola PAI 2.08 Nord

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO D'INONDAZIONE (artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)	
	Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)
	Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)
	Aree a Pericolo B1 (c. 2 art. 7 e art. 24)
	Aree a Pericolo B2 (c. 2 art. 7 e art. 25)
	Aree a Pericolo C (c. 2 art. 7 e art. 26)
	Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentirne la definizione della pericolosità

In particolare può osservarsi come gli ambiti focali del Fiumaretta, immediatamente precedenti la linea di costa, sia in destra che in sinistra idrografica, sono stati classificati a pericolosità A1, B1 e C, e che analoghe aree vulnerabili, sia pur a minore significatività, sono state individuate nelle tratte più a monte.

Si ricorda infine che le determinazioni del PAI regionale attinenti il fosso Fiumaretta sono corredate da una carta descrittiva delle Aree Sottoposte a Tutela per Dissesto Idrogeologico (TAV PAI 2.08 Nord – aggiornamento 2013) nella quale vengono riportate, oltre agli ambiti idraulicamente a rischio precedentemente ricordati, anche areole a specifico rischio idrogeologico (Aree a Pericolo A (PAI c.2 art.6 e art.16), tra le quali si segnala, per la relativa maggiore estensione, quella in sinistra idrografica che è stata oggetto di particolare attenzione.



Si è inoltre fatto riferimento all'inventario dei fenomeni franosi in Italia IFFI redatto nel 2007 da ISPRA, Regioni e Province Autonome ed alla relativa cartografia che per quanto attiene il bacino del fosso del Fiumaretta ha individuato e delimitato (vedi progetto IFFI foglio 142 codici F142-IINO e F142-IINE), così come richiamato nella immagine seguente, cospicue aree in frana di II livello riferite principalmente a scivolamento traslativo/rotazionale (cromatismo giallo) ed, in minor misura, a scivolamento lento (cromatismo verde)

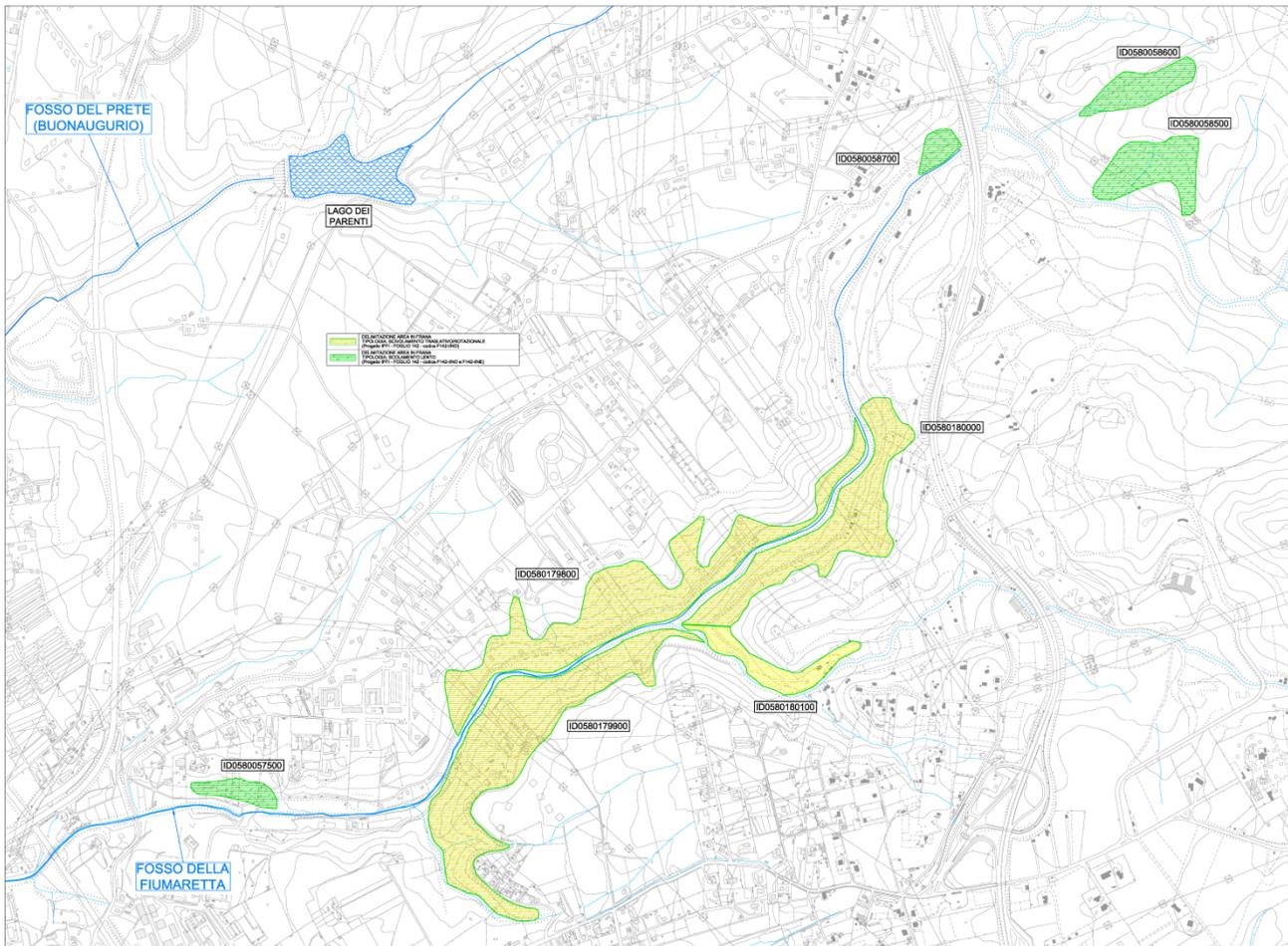


Figura 12 - fenomeni franosi in Italia IFFI

6 CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato lo studio idrologico ed idraulico del fosso della Fiumaretta e del fosso del Prete, in particolare si sono descritte tutte le fasi che hanno consentito la stima delle portate che transitano nei due corpi idrici oggetto di studio. Si sono dapprima studiati gli aspetti geomorfologici individuando terreni appartenenti al Complesso dei Flysh dei Monti della Tolfa costituiti da strati e livelli di roccia lapidea (calcari, marme ed arenarie) che si alternano in modo irregolare a strati e banchi di terreni a grana fina (argille ed argilliti). La presenza dei livelli più o meno continui di materiali argillosi conferisce ai terreni una bassa permeabilità di insieme. Il complesso ha struttura caotica e presenta un elevato stato di fratturazione. I versanti oltre ad essere soggetti ad una forte azione erosiva da parte delle acque ruscellanti superficiali, presentano diffuse tracce di franamenti più o meno importanti. Tale studio ha permesso di individuare anche le caratteristiche geometriche dei due bacini imbriferi e delle lunghezze delle due aste fluviali:

	Superficie del bacino imbrifero [km ²]	Lunghezza dell'asta principale [km]
Fosso del Prete	4.6	4.7
Fosso della Fiumaretta	14.2	7.9

Per quanto riguarda il fosso del Prete è stato lo studio delle piogge, passo fondamentale per determinare i valori delle portate di progetto. Le informazioni sulle piogge derivano dalle misurazioni registrate dalle stazioni pluviometriche situate all'interno del bacino o nelle sue immediate vicinanze. La principale caratteristica delle misure di precipitazione è dunque quella di essere misure puntuali; esse, con opportuni accorgimenti, sono state estese all'area di interesse. E' stata effettuata una ricerca delle stazioni di misura pluviometrica nelle vicinanze dell'area di interesse individuando quella di Civitavecchia e Allumiere in ragione della loro prossimità all'area d'interesse. Reperiti i dati è stata effettuata prima una stima delle piogge a scala Regionale utilizzando la distribuzione TCEV. La distribuzione TCEV definisce la probabilità di non superamento di una mistura di due popolazioni di eventi definite come *componente bassa*, che include gli eventi che potremmo chiamare *ordinari*, e componente alta che include gli eventi che potremmo considerare *straordinari*, di cui fanno parte gli eventuali *outliers*.

Successivamente si è fatta una stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri mediante la regionalizzazione delle altezze di pioggia nei diversi pluviometri, cioè l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Secondo la procedura proposta da Versace e al. (1989) vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando il primo livello, *regioni omogenee* rispetto ai parametri Λ_* e Θ_* , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al *coefficiente di asimmetria*, il secondo livello, *zone omogenee* anche rispetto al parametro Λ_I , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al *coefficiente di variazione* ed il terzo livello, *sottozone omogenee* rispetto alla dipendenza del parametro Θ_1 - e quindi della media - da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti). Tale procedura ha permesso di regionalizzare le massime altezze di pioggia giornaliere, infine sono state elaborate le precipitazioni intense di breve durata adottando una legge intensità-durata-frequenza a tre parametri. Un ulteriore parametro importante ai fini della stima delle portate dei corpi idrici in esame è la stima del tempo di corrivazione. Per il calcolo del tempo di corrivazione dei bacini t_c è stata utilizzata la formulazione interpolare (Calenda et al.) tra quella di Giandotti e quella di Kirpich; tali formulazioni correlano in maniera diversa i caratteri geometrici e morfologici ai tempi di

deflusso. Successivamente è stata effettuata un'analisi statistica anche delle piogge intense di breve durata che ha permesso di costruire le curve di possibilità pluviometrica in funzione dei diversi tempi di ritorno e mediante la trasformazione afflussi deflussi si sono stimate le portate che transitano nel fosso del Prete in funzione del tempo di ritorno.

	S [km ²]	L [km]	hm [m s.l.m.]	hmax [m s.l.m.]	tc,G [h]	tc,K [h]	tc [h]
del Prete	4,6	4,7	60	135	2,77	0,81	0,89

Tr [anni]	C	i [mm/h]	A [km ²]	Q [m ³ /s]
10	0,52	52	4,60	34
20	0,52	62	4,60	41
50	0,52	81	4,60	54
100	0,52	100	4,60	64
200	0,52	117	4,60	77

Per il fosso del Fiumaretta si sono adottate le portate stimate secondo il PAI regionale che ha individuate valori di portata comprese tra circa 150 m³/s (tempi di ritorno cinquantennali) e 230 m³/s (ritorni due centennali). Sulla base delle predette assunzioni idrologiche e di valutazioni idrauliche eseguite a cura dell'Istituto di Costruzioni Idrauliche dell'Università ROMA TRE, è stato definito lo stato di vulnerabilità agli episodi alluvionali e conseguenzialmente di rischio del tratto terminale del corso d'acqua in argomento.

7 BIBLIOGRAFIA

A. Baiocchi (2005) Tesi di Dottorato di Ricerca XIX Ciclo In "Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche" dal titolo "Interazioni tra acque sotterranee e superficiali e problematiche connesse con la determinazione del deflusso minimo vitale: i casi dei fiumi Marta e Mignone (Lazio)"

F. Colasanto, A. Orazi, A. Colombi (2007) "Piano Di Tutela Delle Acque Regione Lazio" -
Geologia, Idrogeologia e Vulnerabilità del Territorio

P. Bono (1993) – "Risorse idriche società geologica italiana", Guide Geologiche Regionali, 5, pp. 81-88