




PUC 2017 **COMUNE DI CARLOFORTE**

Piano Urbanistico Comunale
Legge Regionale n. 45/1989 e s.m.i


ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI
Dot. Ing. MARCELLO ANGIUS
N. 2858

Doc. 9 – Relazione tecnica e calcoli idrologici

aprile 2019
integrazioni a
seguito nota
ADIS prot.5226
del 19-06-2018

Elaborato A43

Comune di Carloforte

Provincia di Carbonia-Iglesias

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI IDROLOGICI

SOMMARIO:

PREMESSA.....	2
1. RETE IDROGRAFICA.....	4
2. CALCOLI IDROLOGICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA.....	5
2.1 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA. GENERALITÀ.....	5
2.2 METODO CINEMATICO (O RAZIONALE) – PIOGGE SECONDO CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI CAO-PUDDU-PAZZAGLIA	6
2.3 ALTRI METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	42
2.3.1 Metodo Cinematico (o Razionale) con le piogge calcolate col metodo TCEV applicato alle piogge.....	42
2.3.2 Metodo TCEV applicato alle portate	45
2.3.3 Metodo del Lazzari	47
2.3.4 Metodo del Sirchia.....	48
2.4 SCELTA DELLE PORTATE DI PIENA DI VERIFICA	50
3. CALCOLO IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA	51
3.1 CRITERI GENERALI	51

PREMESSA

Il presente Studio Comunale di assetto idrogeologico, concernente la pericolosità ed il rischio idraulico, dell'intero territorio del Comune di Carloforte è stato realizzato nell'ambito del nuovo Piano Urbanistico Comunale (PUC), in adeguamento al Piano Paesaggistico Regionale (PPR) ed al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna, ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI (N.T.A. PAI).

Il presente Studio è la revisione di quello già presentato nell'anno 2017 e recepisce le richieste di integrazioni di cui alla nota della Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna prot. 5226 del 19/06/2018.

L'art.8 comma 2 delle N.T.A. PAI recita:

"Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI e tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, i Comuni, con le procedure delle varianti al PAI, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi comunali di assetto idrogeologico concernenti la pericolosità e il rischio idraulico, in riferimento ai soli elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale - -, riferiti a tutto il territorio comunale o a rilevanti parti di esso, - -. Gli studi comunali di assetto idrogeologico considerano, inoltre, il fenomeno delle inondazioni costiere, definiscono gli interventi di mitigazione e contengono anche le valutazioni afferenti agli studi dei bacini urbani di cui al comma 5 bis".

Per quanto concerne le aree di pericolosità da inondazione costiera, le stesse, così come individuate dal Piano di Gestione del rischio di alluvione, sono state riportate in apposita cartografia nell'allegato al presente studio denominato "A28.4 Tav. 10.5 Planimetria pericolosità idraulica da inondazione costiera".

Il presente Studio, eseguendo la verifica idrologica ed idraulica dei rii che interessano il territorio di Carloforte, ha portato alla delimitazione puntuale delle aree a pericolosità idraulica, sia dei corsi d'acqua che hanno determinato nella stesura dei P.A.I. la perimetrazione di aree a rischio di esondazione, riportati cartograficamente nell'allegato al presente studio denominato "A28 Tav. 10.1 Planimetria pericolosità idraulica vigente", che di quelli non presi in considerazione dal P.A.I. stesso.

Si è proceduto a studiare i principali corsi d'acqua che attraversano il territorio dell'Isola di S.Pietro, quelli che, a causa delle loro caratteristiche fisiche e/o della presenza di manufatti che ne condizionano il deflusso e degli elementi a rischio presenti nelle superfici a loro adiacenti, possono essere potenzialmente soggetti a fenomeni di esondazione e quindi causa di allagamenti delle aree limitrofe. L'individuazione dei tronchi da studiare e degli elementi critici è stato condotto per livelli successivi di approssimazione con procedure basate sui criteri di: analisi storica delle esondazioni, di analisi geomorfologica dell'area, e sulla considerazione di attraversamento di aree di pregio.

Per tali zone si è provveduto alla determinazione delle aree di esondazione relative ai quattro livelli di pericolosità Hi corrispondenti alle portate con tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Le analisi sono state condotte attraverso nuove modellazioni idrologiche e idrauliche secondo le indicazioni delle linee guida del PAI. I risultati delle modellazioni sono riassunti nell'allegato al presente studio denominato *"A28.1 Tav. 10.2 Planimetria pericolosità idraulica reticolo studiato"*.

Per quanto concerne la parte di reticolo idrografico non studiata, è stata redatta una relativa cartografia, in una tavola distinta rispetto alla tavola delle aree di pericolosità studiate, individuando quale misura di prima salvaguardia le fasce di cui all'art. 30ter delle N.T.A. PAI. Per i dettagli si veda l'allegato al presente studio denominato *"A28.2 Tav. 10.3 Planimetria pericolosità idraulica reticolo non studiato (art 30ter)"*.

E' stata inoltre predisposta la tavola inviluppo tra le pericolosità idrauliche vigenti e quelle individuate con il presente studio, si veda in proposito l'allegato al presente studio denominato *"A28.3Tav. 10.4 Planimetria pericolosità idraulica inviluppo"*.

Nello studio è inclusa la planimetria, vedi allegato *"A27.1Tav. 9.2 Individuazione attraversamenti viari esistenti e relativi bacini idrografici"*, e le schede, vedi gli allegati *"A52.5 Doc. 23.1 Schede di caratterizzazione attraversamenti viari esistenti - da 1 a 40"* e *"A52.6 Doc. 23.2 Schede di caratterizzazione attraversamenti viari esistenti - da 41 a 85"*, per la caratterizzazione degli attraversamenti esistenti di cui alla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico", approvata con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 20/05/2015 e aggiornata con la Deliberazione n. 2 del 17/10/2017.

Lo studio è infine corredato dalle schede, vedi allegato *"A52.4 Doc. 22 Schede di caratterizzazione canali tombati esistenti"*, per la caratterizzazione dei due canali tombati esistenti, quello di via Corvetto-via Roma e il nuovo canale tombato di via Cavaliere, di cui alla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti", approvata con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 20/05/2015 e aggiornata con la Deliberazione n. 2 del 17/10/2017.

1. RETE IDROGRAFICA

Una puntuale verifica eseguita sulla base di numerosi rilievi di campagna ha potuto verificare che la rappresentazione della rete idrografica fornita nelle carte IGM risponde allo stato di fatto; per contro si sono riscontrate numerose differenze rispetto alla rappresentazione della medesima rete come riportata nella carta tecnica regionale; in essa la rete idrografica risulta tracciata in modo incompleto.

Per l'individuazione delle aree pericolose e a rischio idraulico si è proceduto primariamente all'esame della bibliografia presente per individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico di varia natura, sono state inoltre raccolte le memorie e le testimonianze storiche di particolari eventi di piena; a tale prima indagine sono seguiti i controlli sul territorio mirati a rilevare lo stato attuale dei luoghi che sono stati interessati da fenomeni di dissesto e l'eventuale persistere di situazioni di pericolo. Il materiale informativo raccolto ha costituito la base di partenza delle analisi per la definizione delle aree di pericolosità e per la verifica dei risultati finali ottenuti.

I rii individuati dal P.A.I. sono:

- ✓ il canale del Generale;
- ✓ il canale dei Muggini;

Nel presente Studio sono stati in aggiunta studiati i seguenti rii:

- ✓ il compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori;
- ✓ il canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera;
- ✓ il canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta;
- ✓ il canale della zona di Nasca;
- ✓ il canale della zona di Canalfondo;
- ✓ il canale della zona di Cala Lunga;
- ✓ il canale della zona di Cala Vinagra;
- ✓ il canale della zona di Geniò.

I bacini idrografici sono stati tracciati sulla base dei riferimenti della cartografia ufficiale, sulla base delle immagini satellitari integrati con una serie di verifiche e di rilievi sul campo. Per i dettagli si rimanda alla tavola A27.Tav.9.1 allegata al presente Studio. Il tracciamento del bacino è stato interamente condotto utilizzando gli applicativi GIS, in particolare i dati necessari per la simulazione idraulica in HEC-RAS sono stati estratti attraverso l'applicativo RiverGis di QGis.

Per facilità di lettura negli allegati al presente Studio e nelle simulazioni idrauliche le aste principali degli undici bacini individuati sono state numerate in maniera progressiva come segue:

- ✓ Canale 1: compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori;
- ✓ Canale 2: canale del Generale (già modellato nell'ambito dello Studio di Compatibilità Geologica, Geotecnica e Idraulica della zona del Piano Particolareggiato del Centro Storico e confermato integralmente nel presente Studio);
- ✓ Canale 3-4: canale dei Muggini;
- ✓ Canale 5: canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera;
- ✓ Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta;
- ✓ Canale 7: canale di Nasca;
- ✓ Canale 8: canale di Canalfondo;
- ✓ Canale 9: canale di Cala Lunga;
- ✓ Canale 10: canale di Cala Vinagra;
- ✓ Canale 11: canale di Geniò.

2. CALCOLI IDROLOGICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

Il calcolo idrologico delle portate è stato eseguito, per gli undici bacini suddetti, nelle sezioni di controllo individuate nella cartografica allegata.

Per ogni sezione si sono determinate tutte le caratteristiche dei bacini, e della rete idrografica esistente.

Nelle tabelle allegate si riportano per tutte le sezioni, le caratteristiche dei bacini idrografici sottesi nonché le caratteristiche di tutti i tratti delle reti di dreno rilevate nello stato attuale.

2.1 *Determinazione delle portate di piena. Generalità*

Si sono individuati i bacini scolanti delle citate sezioni con particolare riferimento ai seguenti parametri:

Tabella 2 - Caratteristiche morfologiche dei bacini

PARAMETRI <i>morfologici – idrologici</i>	U.M.
---	-------------

<i>Lunghezza asta fluviale (L)</i>	<i>Km</i>
<i>Superficie bacino (S)</i>	<i>Km²</i>
<i>Pendenza media asta fluviale (J_m)</i>	<i>%</i>
<i>Quota sezione (H₀)</i>	<i>m (s.l.m.)</i>
<i>Quota media bacino (H_m)</i>	<i>m (s.l.m.)</i>

I bacini idrografici in esame si trovano nella Sardegna *meridionale*, nel quadrante *sud-occidentale*. Sottendono aree di territorio limitrofe a stazioni pluviometriche che nelle relative osservazioni dei dati storici hanno rivelato un regime delle precipitazioni intense (maggiori responsabili dei fenomeni di piena nei corsi d'acqua della Sardegna) modesto, nel significato idrologico che verrà specificato più avanti.

Al fine della verifica e delle condizioni di sicurezza relativamente alle aree di piena è necessario determinare la portata al colmo, in relazione al cui passaggio si determinano le condizioni di sicurezza. Non essendo presenti nelle sezioni di interesse o in sezioni idrologicamente simili serie storiche di deflussi di piena significative, sulle quali esercitare l'analisi statistica volta a determinare le portate di dimensionamento, si è proceduto utilizzando alcuni classici metodi dell'idrologia utilizzati in Sardegna, dei quali si forniscono, nei paragrafi seguenti, i principali fondamenti teorici.

2.2 Metodo Cinematico (o Razionale) – piogge secondo curve di possibilità pluviometrica di Cao-Puddu-Pazzaglia

Tale metodo risulta essere particolarmente adatto al caso di bacini di piccole dimensioni (fino a 100 Km²) quali quelli in esame e pertanto è stato utilizzato per la stima della portata di piena dei rii.

Si ricorda che le ipotesi di base del metodo sono:

- *la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;*
- *ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;*
- *la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;*
- *la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.*

Il metodo fornisce, pertanto la portata di massima piena (in m³/s) attraverso la seguente relazione:

$$Q = \frac{\Phi \cdot A \cdot h_{tc}}{3.6 \cdot t_c}$$

nella quale:

Q portata di piena espressa in m³/s;

- Φ coefficiente di deflusso;
A area del bacino idrografico in km²;
 t_c tempo di corrivazione del bacino in ore;
 h_{tc} pioggia critica della durata t_c espressa in mm.

Utilizzando tale metodologia, si trasferisce il problema della modellazione probabilistica degli eventi dalla grandezza “portata di piena” alla grandezza “altezza di precipitazione di breve durata”, con il grande vantaggio di poter operare, in linea generale, su una base di dati molto più estesa.

Come detto, il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati. Le ragioni di tale sovrastima sono sostanzialmente due.

La prima ragione è relativa alla valutazione della pioggia ragguagliata sul bacino ed, in effetti, non è insita nel metodo quanto nel modo di applicarlo. Infatti nella formula del metodo cinematico compare l'altezza critica della precipitazione relativa alla durata del tempo di corrivazione del bacino. Tale altezza critica viene stimata in base alle curve di possibilità pluviometrica che sono valide per le stazioni di osservazione e, quindi, si riferiscono a valori puntuali della grandezza. E' ovvio che, all'aumentare dell'estensione del bacino, l'altezza di pioggia ragguagliata sull'intero bacino tende a diminuire, a parità di probabilità, rispetto alle stime puntuali, per effetto delle caratteristiche spaziali del fenomeno che non consente una uguale intensità di pioggia per un tempo sufficientemente esteso su tutto il bacino.

Sulla base di analisi empiriche o sulla base di valutazioni teoriche che discendono dalla teoria della correlazione, alcuni autori hanno definito dei metodi di valutazione di coefficienti di “smoothing” in funzione della superficie del bacino. In relazione alle limitate dimensioni dei bacini, alla mancanza di osservazioni utili alla verifica di tali coefficienti e, comunque, in considerazione del fatto che operare in assenza della riduzione descritta è a vantaggio della sicurezza, ha portato a definire che la pioggia sull'intero bacino sia pari a quella valutata, sulla base della distribuzione probabilistica stimata, sulle osservazioni puntuali alle stazioni pluviometriche.

La seconda ragione di sovrastima che è, come detto, sempre più importante al crescere delle dimensioni del bacino, riguarda la caratteristica del metodo che si basa unicamente su un'onda cinematica, trascurando completamente tutti i fenomeni di accumulo nei piccoli invasi della superficie del bacino e nello stesso invaso determinato dalla superficie idrica nella rete idrografica. E' chiaro che, in questa ipotesi, la risposta del bacino ad una pioggia intensa è molto più diretta, in quando manca l'effetto di laminazione che sull'onda di piena è in grado di effettuare il volume d'invaso.

Come si può rilevare, le grandezze che è necessario stimare per l'applicazione della formula sono il *coefficiente di deflusso* ed il *tempo di corrivazione*.

Per il *coefficiente di deflusso* è stato adottato il valore stimato nell'ambito del Piano Acque, utilizzando la metodologia S.C.S. in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e pedologiche di ciascun bacino. Al

coefficiente di deflusso si deve poi moltiplicare il coefficiente di *smoothing* delle piogge per passare dai valori puntuali alle stazioni pluviometriche ai valori ragguagliati sul bacino a parità di probabilità che, sulla base della metodologia utilizzata nel Piano Acque, di volta in volta è stato ricavato dall'interpolazione della tabella a doppia entrata (Superficie/Tempo di ritorno) contenuta nel volume del P.A. dedicato alla stima delle piene.

Il *tempo di corrivazione* viene valutato, di norma, mediante formule empiriche di diversi autori italiani e non, stante la difficoltà di procedere a valutazioni e misure dirette. Si è ricorso alla valutazione del valore più attendibile con l'applicazione delle formule indirette più diffuse, che di seguito si ricordano.

Formula del Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}} \quad [\text{ore}]$$

nella quale "A" rappresenta la superficie del bacino espressa in km² e "i" rappresenta la pendenza media dell'asta principale del bacino che può essere calcolata con la formula:

$$\sqrt{i} = \frac{L}{\sum_k \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}}$$

dove i valori di i_k ed L_k rappresentano rispettivamente la pendenza e la lunghezza dei tratti nei quali la pendenza dell'alveo può considerarsi uniforme; L rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta principale del bacino, in Km, ed è uguale alla sommatoria delle L_k .

Formula del Giandotti:

$$t_c = \frac{1.5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{A}}{0.8 \cdot \sqrt{(H_m - H_o)}} \quad [\text{ore}]$$

nella quale i simboli A ed L assumono i significati precedentemente esposti, mentre H_m rappresenta l'altitudine media del bacino e H_o rappresenta l'altitudine della sezione di chiusura del bacino idrografico.

Formula del Viparelli

La formula indicata dal Viparelli determina il tempo di corrivazione assumendo una velocità costante e compresa, usualmente, fra 1.0 e 1.5 m/s:

$$t_c = \frac{L}{3600} \quad [\text{ore}]$$

dove L è, al solito, la lunghezza dell'asta principale espressa in metri

dove t_s è, in effetti, il tempo di concentrazione del bacino ricavato sulla base di una regressione multipla sui dati desumibili dagli idrogrammi di piena dei corsi d'acqua della Sardegna.

Formula del Pasini (seconda formula)

La formula indicata dal Pasini determina il tempo di corrivazione assumendo quali grandezze caratteristiche la pendenza media dell'asta principale i , la superficie A del bacino [km^2], e la lunghezza dell'asta L [m]:

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i}} \quad [\text{ore}]$$

Formula del Kirpich-Pezzoli-Watt-Chow

$$t_c = 0.002221 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.80} \quad [\text{ore}]$$

In cui t_c è espresso in minuti e L in metri.

La presente formula, che media i valori del tempo di corrivazione ottenuti con le formule del Kirpich, del Pezzoli, di Watt e di Chow, è particolarmente indicata per i piccoli bacini.

Preliminarmente si è quindi calcolato il tempo di corrivazione del bacino, utilizzando le formule precedentemente illustrate.

La valutazione della precipitazione critica si può ottenere mediante l'uso delle formule ricavate da Cao, Pazzaglia e Puddu[†] e riviste poi da Puddu[†] (Università di Cagliari) e da Liguori e Piga, ottenute mediante l'elaborazione statistica di tutti i dati delle precipitazioni intense di durata compresa fra 5 minuti primi e un giorno, registrate dalla rete pluviometrica regionale. Vengono suddivise la stazioni pluviometriche della Sardegna in 4 gruppi a ciascuno dei quali corrispondono differenti curve segnalatrici.

L'espressione matematica di tali curve di possibilità pluviometrica è la seguente:

$$h_{tc} = h_1 \cdot t_c^{(a+b \cdot u)} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{dove} \quad \log(h_1) = c + d \cdot u$$

Nelle precedenti espressioni h_1 rappresenta la pioggia critica di durata oraria, espressa in mm/ora, h_{tc} rappresenta la pioggia critica di durata t_c ore, espressa in mm, mentre u rappresenta il frattile della distribuzione normale standardizzata. Poiché il valore di u è funzione della probabilità o , che è lo stesso, del

periodo di ritorno, le espressioni precedenti consentono di ricavare l'altezza di precipitazione critica relativa ad un evento avente un prefissato periodo di ritorno.

I valori dei parametri "a", "b", "c" e "d" delle curve di possibilità pluviometrica, rideterminati da Liguori e Piga nello studio "CAO C, PIGA E, SALIS M, SECHI G. M., Valutazione delle Piene in Sardegna-Rapporto Regionale, CNR-GNDICI.1991" sono i seguenti:

Tabella 4 - Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Sardegna

Parametri →	a	b	c	d
Gruppo Pluviometrico ↓				
<i>I° gruppo</i>	0,305041	-0,017147	1,273178	0,179732
<i>II° gruppo</i>	0,359696	-0,017941	1,296212	0,167488
<i>III° gruppo</i>	0,418212	0,009093	1,379048	0,164598
<i>IV° gruppo</i>	0,497207	0,041251	1,460774	0,191832

I bacini in esame ricadono nel I° gruppo pluviometrico.

Coefficiente di Deflusso

Il coefficiente di Deflusso (Φ nella espressione matematica del metodo) può assumere, a giudizio del progettista, valori tanto più vicini all'unità quanto maggiore risulti l'effetto dei seguenti fattori:

- Φ tende a 1 per bacini di piccola estensione (inferiore a 50 km^2 , come nel caso in esame);
- Φ tende a 1 per eventi eccezionali (ovvero per tempi di ritorno elevati: già per valori di T superiori ai 200-500 anni sarebbe consigliabile assumere $\Phi = 0,8 \div 0,9$);
- Φ tende a 1 per bacini caratterizzati da elevata pendenza (non è il caso in esame);
- Φ tende a 1 per bacini impermeabili (non è il caso in esame).

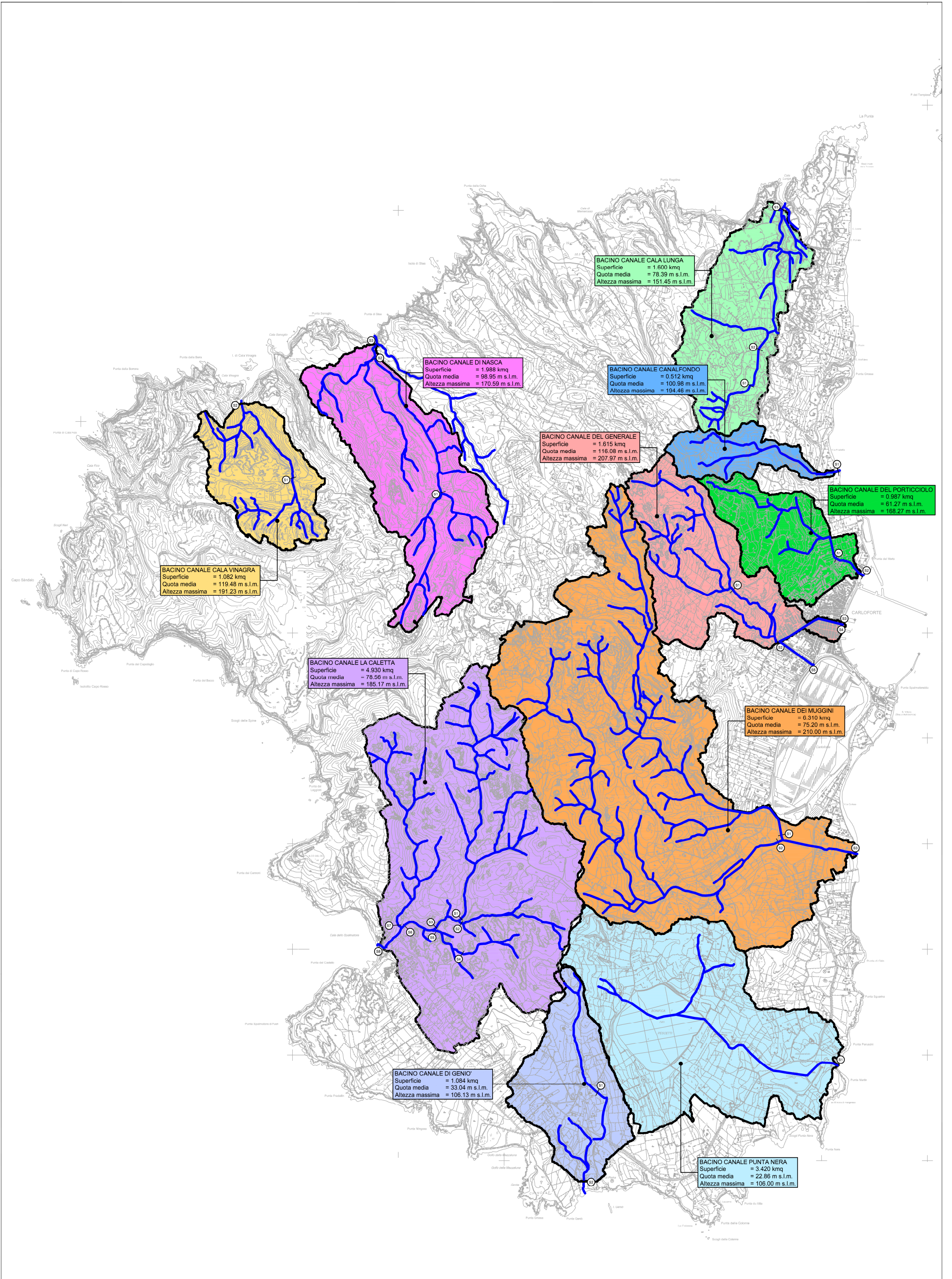
Stanti queste indicazioni a scopo cautelativo si è scelto di imporre sempre un valore del coefficiente di deflusso Φ almeno pari a 0,90 per gli eventi aventi un periodo di ritorno superiore o uguale a 200 anni.

Per gli eventi con periodo di ritorno di 100 anni e di 50 anni si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,80.

Risultati

L'applicazione del metodo al caso in esame fornisce i risultati riportati nella tabella seguente con riferimento ai tempi di ritorno di verifica di 50, 100, 200 e 500 anni e Φ pari rispettivamente a 0,8, 0,8, 0,9 e 0,9.

Nelle tabelle allegate di seguito si riportano i risultati del calcolo portate di piena con il Metodo Cinematico (o Razionale) con le piogge calcolate secondo curve di possibilità pluviometrica di Cao-Puddu-Pazzaglia. Le portate sono state riportate con riferimento alle sezioni di chiusura dei bacini come indicato nella figura di seguito allegata.



Canale 1: compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori - sezione S1 (corrispondente alla sez. 323 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.586,00	M
Pendenza media asta principale	7,250	%
Hm	75,98	m.s.l.m
Superficie	0,700	Kmq
Altezza sezione	2,78	m.s.l.m
Hmax bacino	168,27	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,40	h
Giandotti	0,84	h
Viparelli	0,44	h
Pasini	0,42	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,384	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11,37	12,7	14,06	15,9
0.80	12,99	14,51	16,07	18,17
0.90	14,61	16,33	18,07	20,44

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	6,77	7,57	8,37	9,46
0.80	7,74	8,65	9,57	10,82
0.90	8,71	9,73	10,76	12,17

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,55	11,78	13,04	14,75
0.80	12,05	13,47	14,91	16,86
0.90	13,56	15,15	16,77	18,96

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,98	12,27	13,58	15,36
0.80	12,55	14,03	15,52	17,56
0.90	14,12	15,78	17,47	19,75

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11,59	12,95	14,34	16,21
0.80	13,25	14,8	16,39	18,53
0.90	14,9	16,65	18,43	20,85

Canale 1: compluvio minore urbano gravante sulla zona del porticciolo pescatori - sezione S2 (corrispondente alla sez. 23 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.922,00	m
Pendenza media asta principale	5,560	%
Hm	61,97	m.s.l.m
Superficie	0,987	Kmq
Altezza sezione	0,00	m.s.l.m
Hmax bacino	168,27	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,54	h
Giandotti	1,09	h
Viparelli	0,53	h
Pasini	0,57	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,498	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	12,99	14,51	16,06	18,16
0.80	14,84	16,58	18,35	20,75
0.90	16,7	18,66	20,65	23,35

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7,96	8,89	9,84	11,12
0.80	9,1	10,16	11,24	12,71
0.90	10,24	11,43	12,65	14,3

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,02	14,55	16,1	18,21
0.80	14,88	16,63	18,4	20,81
0.90	16,74	18,71	20,7	23,41

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	12,49	13,96	15,45	17,47
0.80	14,28	15,95	17,65	19,96
0.90	16,06	17,94	19,86	22,46

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,66	15,26	16,89	19,1
0.80	15,61	17,44	19,3	21,83
0.90	17,56	19,62	21,72	24,56

Canale 2: canale del Generale - Sezione S1

(corrispondente, nella modellazione di Hec-Ras denominata "Canale del Generale""Parte Alta", alla sezione 774)

Lunghezza	1.675,00	M
Pendenza media asta principale	4,960	%
Hm	149,07	m.s.l.m
Superficie	0,515	Kmq
Altezza sezione	86,80	m.s.l.m
Hmax bacino	207,97	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,41	h
Giandotti	0,85	h
Viparelli	0,47	h
Pasini	0,46	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,467	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	8,16	9,11	10,09	11,41
0.80	9,32	10,41	11,52	13,04
0.90	10,48	11,72	12,97	14,67

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	4,92	5,49	6,08	6,87
0.80	5,62	6,28	6,95	7,85
0.90	6,32	7,06	7,82	8,84

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7,47	8,35	9,24	10,45
0.80	8,54	9,54	10,56	11,94
0.90	9,61	10,73	11,88	13,43

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7,51	8,39	9,29	10,51
0.80	8,59	9,59	10,62	12,01
0.90	9,66	10,79	11,95	13,51

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7,45	8,33	9,21	10,42
0.80	8,52	9,52	10,53	11,91
0.90	9,58	10,71	11,85	13,40

Canale 2: canale del Generale - Sezione S2

(corrispondente, nella modellazione di Hec-Ras denominata "Canale del Generale""Parte Alta", alla sezione 24)

Lunghezza	2.464,00	M
Pendenza media asta principale	7,030	%
Hm	128,61	m.s.l.m
Superficie	1,200	Kmq
Altezza sezione	5,80	m.s.l.m
Hmax bacino	207,97	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,53	h
Giandotti	0,91	h
Viparelli	0,68	h
Pasini	0,58	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,553	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16	17,88	19,79	22,38
0.80	18,29	20,44	22,62	25,58
0.90	20,58	22,99	25,45	28,77

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,91	12,18	13,48	15,24
0.80	12,46	13,92	15,4	17,41
0.90	14,02	15,66	17,33	19,59

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,23	14,78	16,35	18,49
0.80	15,12	16,89	18,69	21,13
0.90	17,01	18,99	21,02	23,77

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14,83	16,57	18,33	20,73
0.80	16,95	18,93	20,95	23,69
0.90	19,07	21,3	23,57	26,65

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15,34	17,14	18,97	21,45
0.80	17,66	19,73	21,83	24,69
0.90	19,87	22,19	24,56	27,77

Canale 2: canale del Generale - Sezione S3

(corrispondente, nella modellazione di Hec-Ras denominata "Canale del Generale""Parte Alta", alla sezione 1)

Lunghezza	3.161,00	M
Pendenza media asta principale	5,440	%
Hm	116,08	m.s.l.m
Superficie	1,615	Kmq
Altezza sezione	0,00	m.s.l.m
Hmax bacino	207,97	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,69	h
Giandotti	1,14	h
Viparelli	0,88	h
Pasini	0,80	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,748	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formula Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	17,8	19,88	21,99	24,87
0.80	20,34	22,72	25,14	28,43
0.90	22,88	25,56	28,28	31,98

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formula Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	12,62	14,09	15,59	17,63
0.80	14,43	16,11	17,83	20,15
0.90	16,23	18,13	20,05	22,67

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formula Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15,16	16,88	18,68	21,12
0.80	17,27	19,29	21,35	24,13
0.90	19,43	21,71	24,02	27,15

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formula Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16,16	18,05	19,97	22,57
0.80	18,46	20,62	22,82	25,8
0.90	20,77	2,2	25,67	29,02

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formula MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16,88	18,86	20,87	23,59
0.80	19,29	21,55	23,85	26,96
0.90	21,70	24,25	26,83	30,33

Canale 2: canale del Generale (tratto di via Cavallera) - sezione S5 (corrispondente, nella modellazione di Hec-Ras denominata "Via Cavallera", alla sez. 3).

La portata massima passante nella via Cavallera, calcolata tenendo conto delle opere artificiali realizzate per la deviazione del corso d'acqua sulla nuova tombatura, è pari a 14 mc/s. Il bacino sotteso dalla sezione S5 è di dimensioni ridottissime (pari solamente alla superficie della via Cavallera stessa) pertanto il valore della massima portata di piena che potrebbe transitare sulla via Cavallera non è stato stimato con un calcolo idrologico ma, a vantaggio della sicurezza, ipotizzando che tutta la portata deviata sul nuovo canale tombato scorra al di sopra della tombatura. Per maggiori dettagli si veda il paragrafo 4.4 seguente.

Canale 2: canale del Generale (tratto via Corvetto - via XX Settembre) - sezione S4 (corrispondente, nella modellazione di Hec-Ras denominata "Canale del Generale""Via Corvetto", alla sez. 1)

Le portate denominate Sezione S4 sono state calcolate come differenza, per i vari periodi di ritorno, tra la portata nella sezione di chiusura del bacino (sezione S3) e la portata massima passante per il canale tombato di via Cavallera (sezione S5). Nella tabella seguente si riportano le portate, che sono state poi utilizzate per la modellazione idraulica nella via Corvetto.

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s)			
50	100	200	500
6,34	8,72	14,28	17,98

Canale 3-4: canale dei Muggini (sottobacino CM1) - sezione S1 *(corrispondente alla sez. 50 della simulazione idraulica su Hec-Ras)*

Lunghezza	4.506,00	m
Pendenza media asta principale	2,170	%
Hm	98,92	m.s.l.m
Superficie	2,715	Kmq
Altezza sezione	1,08	m.s.l.m
Hmax bacino	210,00	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,42	h
Giandotti	1,69	h
Viparelli	1,25	h
Pasini	1,69	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,435	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	18,21	20,34	22,5	25,42
0.80	20,81	23,24	25,71	29,07
0.90	23,41	26,14	28,92	32,69

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16,19	18,08	19,99	22,6
0.80	18,5	20,66	22,85	25,83
0.90	20,82	23,24	25,71	29,05

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	19,89	22,22	24,58	27,78
0.80	22,74	25,39	28,09	31,75
0.90	25,58	28,57	31,6	35,72

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16,18	18,06	19,98	22,58
0.80	18,49	20,64	22,83	25,8
0.90	20,79	23,22	25,69	29,03

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	18,1	20,22	22,36	25,27
0.80	20,69	23,1	25,56	28,89
0.90	23,28	25,99	28,75	32,5

Canale 3-4: canale dei Muggini (sottobacino CM2) - sezione S2 *(corrispondente alla sez. 50 della simulazione idraulica su Hec-Ras)*

Lunghezza	4.572,00	m
Pendenza media asta principale	3,440	%
Hm	79,61	m.s.l.m
Superficie	2,838	Kmq
Altezza sezione	1,08	m.s.l.m
Hmax bacino	163,03	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,16	h
Giandotti	1,92	h
Viparelli	1,27	h
Pasini	1,37	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,207	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	21,98	24,54	27,16	30,69
0.80	25,12	28,05	31,03	35,08
0.90	28,26	31,56	34,91	39,46

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15,49	17,29	19,13	21,62
0.80	17,7	19,77	21,86	24,7
0.90	19,92	22,24	24,6	27,79

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	20,59	22,99	25,44	28,75
0.80	23,53	26,28	29,07	32,86
0.90	26,47	29,56	32,7	36,96

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	19,56	21,84	24,16	27,3
0.80	22,35	24,96	27,61	31,2
0.90	25,14	28,08	31,06	35,1

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	21,32	23,81	26,34	29,77
0.80	24,36	27,21	30,1	34,02
0.90	27,41	30,61	33,87	38,28

Canale 3-4: canale dei Muggini (bacino CM3) - sezione S3 (corrispondente alla sez. 26

della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	5.293,00	m
Pendenza media asta principale	1,780	%
Hm	75,20	m.s.l.m
Superficie	6,310	Kmq
Altezza sezione	0,00	m.s.l.m
Hmax bacino	210,00	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	2,39	h
Giandotti	2,59	h
Viparelli	1,47	h
Pasini	2,61	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,767	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	29,55	32,98	36,48	41,22
0.80	33,77	37,7	41,69	47,1
0.90	37,99	42,41	46,9	52,99

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	27,97	31,22	34,53	39,01
0.80	31,97	35,68	39,47	44,59
0.90	35,96	40,14	44,4	50,16

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	41,38	46,2	51,11	57,76
0.80	47,29	52,8	58,41	66,01
0.90	53,2	59,4	65,71	74,27

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	27,87	31,11	34,4	38,87
0.80	31,85	35,55	39,32	44,42
0.90	35,83	39,99	44,23	49,97

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	36,45	40,69	45,02	50,87
0.80	41,65	46,51	51,45	58,14
0.90	46,86	52,32	57,88	65,4

Canale 5: canale che lambendo lo stagno della Vivagna sfocia sull'arenile di Punta Nera - sezione S1 *(corrispondente alla sez. 1 della simulazione idraulica su Hec-Ras)*

Lunghezza	2.415,40	m
Pendenza media asta principale	0,675	%
Hm	25,53	m.s.l.m
Superficie	3,302	Kmq
Altezza sezione	3,39	m.s.l.m
Hmax bacino	106,32	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	2,81	h
Giandotti	2,89	h
Viparelli	0,67	h
Pasini	2,63	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,390	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,83	15,44	17,08	19,29
0.80	15,81	17,65	19,52	22,05
0.90	17,79	19,86	21,96	24,81

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,57	15,15	16,75	18,92
0.80	15,51	17,31	19,14	21,63
0.90	17,45	19,48	21,54	24,33

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	37,21	41,57	45,99	52,01
0.80	42,53	47,51	52,57	59,44
0.90	47,84	53,44	59,14	66,86

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14,51	16,19	17,91	20,24
0.80	16,58	18,51	20,47	23,13
0.90	18,65	20,82	23,03	26,02

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	22,51	25,13	27,8	31,42
0.80	25,72	28,72	31,77	35,91
0.90	28,94	32,31	35,75	40,4

Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - sezione S1

(corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.555,70	m
Pendenza media asta principale	3,847	%
Hm	102,29	m.s.l.m
Superficie	1,553	Kmq
Altezza sezione	23,63	m.s.l.m
Hmax bacino	181,34	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,81	h
Giandotti	1,24	h
Viparelli	0,71	h
Pasini	0,87	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,725	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15.39	17.19	19.02	21.51
0.80	17.59	19.65	21.74	24.58
0.90	19.79	22.10	24.46	27.65

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.44	12.77	14.13	15.97
0.80	13.07	14.59	16.15	18.25
0.90	14.70	18.17	18.17	20.53

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.83	18.80	20.81	23.52
0.80	19.23	21.48	23.78	26.88
0.90	21.64	24.17	26.74	30.23

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14.61	16.31	18.05	20.41
0.80	16.69	18.65	20.63	23.32
0.90	18.78	20.98	23.21	26.24

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.59	18.53	20.51	23.18
0.80	18.96	21.18	23.44	26.49
0.90	21.33	23.82	26.36	29.81

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - 28632 -
sezione S2** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.462,30	m
Pendenza media asta principale	5,406	%
Hm	78,34	m.s.l.m
Superficie	0,821	Kmq
Altezza sezione	24,87	m.s.l.m
Hmax bacino	126,71	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,50	h
Giandotti	0,99	h
Viparelli	0,41	h
Pasini	0,49	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,405	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.40	12.74	14.10	15.94
0.80	13.03	14.56	16.11	18.22
0.90	14.66	16.38	18.13	20.49

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.05	7.88	8.71	9.85
0.80	8.06	9.00	9.96	11.25
0.90	9.07	10.13	11.20	12.66

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.08	14.62	16.18	18.30
0.80	14.95	16.71	18.49	20.91
0.90	16.82	18.79	20.80	23.53

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.43	12.77	14.14	15.99
0.80	13.07	14.60	16.16	18.27
0.90	14.70	16.42	18.18	20.56

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.11	14.65	16.22	18.34
0.80	14.99	16.74	18.53	20.96
0.90	16.86	18.84	20.85	23.58

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - Bolau 1 -
sezione S3** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.593,70	m
Pendenza media asta principale	3,860	%
Hm	92,51	m.s.l.m
Superficie	2,436	Kmq
Altezza sezione	0,00	m.s.l.m
Hmax bacino	181,34	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,01	h
Giandotti	1,41	h
Viparelli	0,72	h
Pasini	1,02	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,733	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	20.69	23.11	25.57	28.90
0.80	23.65	26.41	29.22	33.03
0.90	26.60	29.71	32.88	37.16

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.47	18.39	20.34	22.99
0.80	18.82	21.01	23.25	26.27
0.90	21.17	23.64	26.15	29.55

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	26.13	29.19	32.31	36.52
0.80	29.87	33.36	36.92	41.74
0.90	33.60	37.54	41.54	46.96

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	20.61	23.02	25.47	28.79
0.80	23.56	26.31	29.11	32.90
0.90	26.50	29.60	32.75	37.02

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	25.83	28.86	31.93	36.10
0.80	29.52	32.98	36.50	41.26
0.90	33.22	37.10	41.06	46.42

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - 17313 -
sezione S4** (corrispondente alla sez. 258 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.093,00	m
Pendenza media asta principale	1,760	%
Hm	61,89	m.s.l.m
Superficie	0,496	Kmq
Altezza sezione	32,33	m.s.l.m
Hmax bacino	109,85	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,68	h
Giandotti	1,02	h
Viparelli	0,30	h
Pasini	0,66	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,502	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.56	6.22	6.88	7.78
0.80	6.36	7.10	7.86	8.89
0.90	7.15	7.99	8.84	10.00

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	4.17	4.66	5.15	5.83
0.80	4.77	5.33	5.89	6.66
0.90	5.36	5.99	6.63	7.49

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9.66	10.80	11.95	13.52
0.80	11.04	12.34	13.66	15.45
0.90	12.42	13.88	15.37	17.38

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.63	6.29	6.96	7.87
0.80	6.43	7.19	7.96	8.99
0.90	7.24	8.09	8.95	10.12

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	6.82	9.80	10.85	9.54
0.80	7.80	8.71	9.64	10.91
0.90	8.77	9.81	10.85	12.27

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - 17313 -
sezione S5** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.408,70	m
Pendenza media asta principale	0,515	%
Hm	56,66	m.s.l.m
Superficie	0,614	Kmq
Altezza sezione	14,43	m.s.l.m
Hmax bacino	109,85	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,39	h
Giandotti	1,01	h
Viparelli	0,39	h
Pasini	1,43	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,006	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	4.19	4.68	5.17	5.84
0.80	4.78	5.34	5.91	6.68
0.90	5.38	6.01	6.65	7.52

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.21	5.83	6.45	7.29
0.80	5.97	6.66	7.37	8.33
0.90	6.71	7.50	8.30	9.37

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.03	11.22	12.42	14.04
0.80	11.47	12.82	14.20	16.05
0.90	12.91	14.42	15.96	18.05

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	4.09	4.57	5.06	5.72
0.80	4.68	5.23	5.78	6.54
0.90	5.27	5.88	6.51	7.35

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.23	5.84	6.46	7.31
0.80	5.98	6.68	7.39	8.35
0.90	6.72	7.51	8.31	9.39

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - Bolau 2 -
sezione S6** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.979,70	m
Pendenza media asta principale	0,345	%
Hm	82,58	m.s.l.m
Superficie	3,197	Kmq
Altezza sezione	3,79	m.s.l.m
Hmax bacino	181,34	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	3,87	h
Giandotti	1,64	h
Viparelli	0,83	h
Pasini	3,90	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	2,151	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.74	11.99	13.26	14.98
0.80	12.28	13.71	15.15	17.12
0.90	13.81	15.42	17.05	19.26

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	19.47	21.74	24.05	27.17
0.80	22.25	24.84	27.48	31.06
0.90	25.03	27.95	30.92	34.94

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	31.17	34.81	38.52	43.55
0.80	35.62	39.79	44.02	49.77
0.90	40.07	44.76	49.53	55.99

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.70	11.94	13.20	14.91
0.80	12.22	13.64	15.09	17.04
0.90	13.76	15.35	16.97	19.17

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.12	18.00	19.91	22.49
0.80	18.43	20.57	22.75	25.71
0.90	20.73	23.14	25.60	28.92

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - 22061 -
sezione S7** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.974,30	m
Pendenza media asta principale	0,456	%
Hm	89,16	m.s.l.m
Superficie	1,031	Kmq
Altezza sezione	4,95	m.s.l.m
Hmax bacino	184,45	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,91	h
Giandotti	0,96	h
Viparelli	0,55	h
Pasini	2,03	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	1,384	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.64	6.29	6.96	7.87
0.80	6.44	7.19	7.96	8.99
0.90	7.25	8.09	8.95	10.12

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9.09	10.16	11.24	12.71
0.80	10.39	11.61	12.85	14.52
0.90	11.69	13.06	14.45	16.33

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.35	14.92	16.51	18.67
0.80	15.26	17.05	18.87	21.34
0.90	17.16	19.18	21.23	24.00

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.41	6.05	6.69	7.56
0.80	6.19	6.91	7.64	8.63
0.90	6.96	7.78	8.60	9.72

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.05	7.87	8.71	9.84
0.80	8.06	8.99	9.95	11.24
0.90	9.06	10.12	11.19	12.65

**Canale 6: canale di Bolau che sfocia sull'arenile de La Caletta - Bolau 3 -
sezione S8** (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	3.268,00	m
Pendenza media asta principale	0,340	%
Hm	80,55	m.s.l.m
Superficie	4,581	Kmq
Altezza sezione	1,29	m.s.l.m
Hmax bacino	184,45	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	4,67	h
Giandotti	1,89	h
Viparelli	0,91	h
Pasini	4,56	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	2,329	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.53	15.10	16.70	18.86
0.80	15.46	17.26	19.08	21.55
0.90	17.40	19.41	21.47	24.24

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	25.26	28.20	31.19	35.24
0.80	28.86	32.23	35.65	40.28
0.90	32.47	36.25	40.10	45.31

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	42.91	47.93	53.04	59.95
0.80	49.04	54.78	60.61	68.52
0.90	55.17	61.63	68.19	77.09

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.74	15.34	16.96	19.15
0.80	15.71	17.53	19.38	21.89
0.90	17.67	19.72	21.80	24.62

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	21.91	24.46	27.06	30.57
0.80	25.04	27.96	30.92	34.94
0.90	28.17	31.45	34.79	39.31

Canale 7: canale di Nasca - sezione S1 (corrispondente alla sez. 1755 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.035,00	m
Pendenza media asta principale	2,806	%
Hm	124,50	m.s.l.m
Superficie	0,546	Kmq
Altezza sezione	60,00	m.s.l.m
Hmax bacino	170,59	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,56	h
Giandotti	0,70	h
Viparelli	0,29	h
Pasini	0,53	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,399	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	6,96	7,78	8,61	9,73
0.80	7,96	8,89	9,84	11,12
0.90	8,95	9,99	11,07	12,51

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5,96	6,66	7,37	8,34
0.80	6,82	7,62	8,43	9,53
0.90	7,67	8,57	9,48	10,72

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11,04	12,34	13,66	15,46
0.80	12,62	14,11	15,61	17,66
0.90	14,2	15,87	17,57	19,87

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7,21	8,06	8,92	10,08
0.80	8,24	9,21	10,19	11,52
0.90	9,27	10,36	11,47	12,97

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	8,81	9,84	10,89	12,32
0.80	10,06	11,25	12,45	14,08
0.90	11,32	12,65	14,01	15,04

Canale 7: canale di Nasca - sezione S2 (corrispondente alla sez. 255 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.764,90	m
Pendenza media asta principale	2,752	%
Hm	109,37	m.s.l.m
Superficie	1,144	Kmq
Altezza sezione	40,00	m.s.l.m
Hmax bacino	170,59	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,82	h
Giandotti	1,26	h
Viparelli	0,77	h
Pasini	0,96	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,883	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11,23	12,54	13,87	15,68
0.80	12,83	14,33	15,86	17,93
0.90	14,43	16,12	17,84	20,17

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	8,32	9,3	10,28	11,62
0.80	9,51	10,62	11,75	13,28
0.90	10,7	11,95	13,22	14,94

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11,74	13,11	14,52	16,41
0.80	13,42	14,99	16,58	18,75
0.90	15,1	16,87	18,66	21,1

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,1	11,28	12,48	14,11
0.80	11,54	12,89	14,26	16,12
0.90	12,99	14,5	16,05	18,14

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,67	11,91	13,18	14,9
0.80	12,19	13,62	15,07	17,03
0.90	13,71	15,32	16,95	19,16

Canale 7: canale di Nasca - sezione S3 (corrispondente alla sez. 155 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.865,00	m
Pendenza media asta principale	2,752	%
Hm	98,95	m.s.l.m
Superficie	1,988	Kmq
Altezza sezione	40,00	m.s.l.m
Hmax bacino	170,59	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	1,08	h
Giandotti	1,62	h
Viparelli	0,80	h
Pasini	1,16	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,908	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16,12	18	19,92	22,51
0.80	18,42	20,57	22,76	25,73
0.90	20,72	23,14	25,61	28,94

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	12,33	13,77	15,23	17,21
0.80	14,09	15,74	17,41	19,67
0.90	15,86	17,7	19,58	22,13

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	20,41	22,8	25,22	28,52
0.80	23,32	26,05	28,83	32,59
0.90	26,24	29,31	32,43	36,67

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15,45	17,26	19,09	21,58
0.80	17,66	19,73	21,82	24,67
0.90	19,87	22,19	24,55	27,75

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	18,54	20,7	22,91	25,9
0.80	21,18	23,66	26,18	29,6
0.90	23,83	26,62	29,45	33,29

Canale 8: canale di Canalfondo - sezione S1 (corrispondente alla sez. 0 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.157,40	m
Pendenza media asta principale	7,277	%
Hm	10,99	m.s.l.m
Superficie	0,512	Kmq
Altezza sezione	3,42	m.s.l.m
Hmax bacino	194,46	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,34	h
Giandotti	2,09	h
Viparelli	0,32	h
Pasini	0,34	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,298	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9,27	10,36	11,47	12,97
0.80	10,6	11,84	13,11	14,83
0.90	11,92	13,32	14,75	16,68

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	2,63	2,94	3,25	3,68
0.80	3,01	3,36	3,72	4,2
0.90	3,39	3,78	4,18	4,73

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9,59	10,71	12,05	13,41
0.80	10,96	12,24	13,55	15,33
0.90	12,33	13,77	15,25	17,25

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9,29	10,39	11,5	13
0.80	10,62	11,87	13,14	14,86
0.90	11,95	13,35	14,78	16,72

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10,1	11,29	12,49	14,13
0.80	11,54	12,9	14,28	16,15
0.90	12,99	14,51	16,06	18,17

Canale 9: canale di Cala Lunga - sezione S1 *(corrispondente alla sez. 1850 della simulazione idraulica su Hec-Ras)*

Lunghezza	769,00	m
Pendenza media asta principale	5,457	%
Hm	102,32	m.s.l.m
Superficie	0,243	Kmq
Altezza sezione	74,65	m.s.l.m
Hmax bacino	151,45	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,27	h
Giandotti	0,74	h
Viparelli	0,21	h
Pasini	0,26	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,241	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.15	5.76	6.38	7.21
0.80	5.89	6.58	7.29	8.24
0.90	6.63	7.41	8.20	9.27

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	50	100	200	500
0.80	2.55	2.85	3.16	3.57
0.90	2.92	3.26	3.61	4.08

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	6.03	6.74	7.47	8.45
0.80	6.90	7.71	8.53	9.65
0.90	7.76	8.67	9.60	10.86

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.21	5.82	6.44	7.29
0.80	5.95	6.65	7.37	8.33
0.90	6.70	7.48	8.29	9.37

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.55	6.20	6.87	7.77
0.80	6.34	7.09	7.85	8.88
0.90	7.13	7.97	8.83	9.99

Canale 9: canale di Cala Lunga - sezione S2 (corrispondente alla sez. 1151 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.450,00	m
Pendenza media asta principale	4,069	%
Hm	100,85	m.s.l.m
Superficie	0,675	Kmq
Altezza sezione	52,64	m.s.l.m
Hmax bacino	151,45	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,52	h
Giandotti	0,98	h
Viparelli	0,40	h
Pasini	0,53	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,451	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	9.09	10.16	11.24	12.71
0.80	10.39	11.61	12.85	14.53
0.90	11.69	13.06	14.46	16.35

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	5.84	6.53	7.22	8.16
0.80	6.68	7.46	8.25	9.33
0.90	7.51	8.39	9.28	10.49

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.82	12.09	13.38	15.13
0.80	12.36	13.81	15.29	17.29
0.90	13.91	15.54	17.20	19.46

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	8.93	9.98	11.04	12.49
0.80	10.21	11.41	12.62	14.27
0.90	11.48	12.83	14.20	16.06

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.01	11.19	12.38	14.00
0.80	11.44	12.79	14.15	16.01
0.90	12.87	14.38	15.92	18.01

Canale 9: canale di Cala Lunga - sezione S3 (corrispondente alla sez. 9 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.633,56	m
Pendenza media asta principale	3,110	%
Hm	78,39	m.s.l.m
Superficie	1,600	Kmq
Altezza sezione	2,82	m.s.l.m
Hmax bacino	151,45	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,91	h
Giandotti	1,30	h
Viparelli	0,73	h
Pasini	0,99	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,809	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14.58	16.29	18.02	20.37
0.80	16.67	18.62	20.60	23.29
0.90	18.75	20.94	23.17	26.20

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.45	12.79	14.14	15.99
0.80	13.08	14.61	16.16	18.27
0.90	14.72	16.44	18.19	20.55

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.99	18.97	21.00	23.74
0.80	19.41	21.68	24.00	27.13
0.90	21.84	24.39	27.00	30.52

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.79	15.40	17.04	19.27
0.80	15.76	17.61	19.48	22.02
0.90	17.73	19.81	21.91	24.77

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	15.85	17.71	19.59	22.15
0.80	18.12	20.24	22.39	25.31
0.90	20.38	22.76	25.19	28.48

Canale 10: canale di Cala Vinagra - sezione S1 (corrispondente alla sez. 1022 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	680,00	m
Pendenza media asta principale	10,110	%
Hm	143,26	m.s.l.m
Superficie	0,490	Kmq
Altezza sezione	110,00	m.s.l.m
Hmax bacino	191,23	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,28	h
Giandotti	0,83	h
Viparelli	0,19	h
Pasini	0,24	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,171	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	10.09	11.28	12.49	14.13
0.80	11.53	12.89	14.27	16.14
0.90	12.98	14.50	16.05	18.16

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	4.78	5.33	5.90	6.67
0.80	5.46	6.10	6.75	7.63
0.90	6.14	6.86	7.59	8.58

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.24	14.80	16.39	18.55
0.80	15.14	16.92	18.73	21.20
0.90	17.03	19.03	21.08	23.85

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.37	12.71	14.08	15.92
0.80	13.00	14.53	16.09	18.20
0.90	14.62	16.35	18.10	20.47

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14.20	15.87	17.57	19.88
0.80	16.23	18.14	20.08	22.72
0.90	18.25	20.40	22.59	25.57

Canale 10: canale di Cala Vinagra - sezione S2 (corrispondente alla sez.76 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.599,67	m
Pendenza media asta principale	10,160	%
Hm	119,48	m.s.l.m
Superficie	1,082	Kmq
Altezza sezione	5,24	m.s.l.m
Hmax bacino	191,23	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,42	h
Giandotti	0,77	h
Viparelli	0,44	h
Pasini	0,41	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,338	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.98	18.98	21.01	23.76
0.80	19.41	21.69	24.01	27.15
0.90	21.84	24.40	27.01	30.54

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	11.12	12.42	13.74	15.53
0.80	12.70	14.19	15.70	17.75
0.90	14.29	15.95	17.66	19.97

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	16.20	18.11	20.04	22.66
0.80	18.52	20.69	22.90	25.90
0.90	20.83	23.28	25.77	29.14

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	17.22	19.24	21.30	24.09
0.80	19.68	21.99	24.34	27.53
0.90	22.14	24.74	27.39	30.97

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	19.57	21.87	24.21	27.39
0.80	22.37	25.00	27.67	31.30
0.90	25.17	28.12	31.13	35.21

Canale 11: canale di Geniò - sezione S1 (corrispondente alla sez.1152 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	1.153,00	m
Pendenza media asta principale	5,520	%
Hm	50,03	m.s.l.m
Superficie	0,410	Kmq
Altezza sezione	15,00	m.s.l.m
Hmax bacino	106,13	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,35	h
Giandotti	0,91	h
Viparelli	0,32	h
Pasini	0,36	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,332	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.34	8.21	9.08	10.27
0.80	8.39	9.38	10.38	11.74
0.90	9.44	10.55	11.68	13.21

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	3.75	4.19	4.64	5.24
0.80	4.29	4.79	5.30	5.99
0.90	4.83	5.39	5.97	6.74

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.70	8.60	9.52	10.77
0.80	8.80	9.83	10.88	12.31
0.90	9.90	11.06	12.24	13.85

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.18	8.02	8.88	10.05
0.80	8.21	9.17	10.15	11.48
0.90	9.23	10.32	11.42	12.92

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	7.55	8.44	9.35	10.57
0.80	8.63	9.65	10.68	12.08
0.90	9.71	10.85	12.01	13.59

Canale 11: canale di Geniò - sezione S2 (corrispondente alla sez.40 della simulazione idraulica su Hec-Ras)

Lunghezza	2.406,11	m
Pendenza media asta principale	3,54	%
Hm	33,04	m.s.l.m
Superficie	1,084	Kmq
Altezza sezione	0,28	m.s.l.m
Hmax bacino	106,13	m.s.l.m

Tempi di corrivazione		
Ventura	0,70	h
Giandotti	1,70	h
Viparelli	0,67	h
Pasini	0,79	h
MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt	0,714	h

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Ventura)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13,70	15,35	16,95	19,21
0.80	15,77	17,65	19,51	21,92
0.90	17,78	19,75	21,79	24,66

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Giandotti)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	6.44	7.19	7.95	8.98
0.80	7.36	8.21	9.09	10.27
0.90	8.28	9.24	10.22	11.55

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Viparelli)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	14.18	15.84	17.53	19.82
0.80	16.20	18.10	20.03	22.65
0.90	18.23	20.36	22.54	25.48

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola Pasini)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.09	14.62	16.18	18.30
0.80	14.96	16.71	18.49	20.91
0.90	16.83	18.80	20.81	23.52

PORTATE PER I VARI TEMPI DI RITORNO (mc/s) (Formola MEDIA – Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow-Watt)				
Coefficiente di deflusso	TEMPO DI RITORNO			
	50	100	200	500
0.70	13.53	15.12	16.73	18.92
0.80	15.47	17.28	19.12	21.62
0.90	17.40	19.44	21.51	24.32

2.3 Altri metodi per la determinazione della portata di piena

Come detto, il metodo cinematico è particolarmente indicato solo per bacini di modeste dimensioni; alcuni altri metodi largamente utilizzati nella valutazione delle piene dei fiumi della Sardegna sono i seguenti: Metodo Cinematico con le piogge calcolate col metodo TCEV applicato alle piogge, Metodo TCEV applicato direttamente alle portate, Metodo del Lazzari, Metodo del Sirchia. Di seguito viene data una sintetica descrizione dei metodi su menzionati.

2.3.1 Metodo Cinematico (o Razionale) con le piogge calcolate col metodo TCEV applicato alle piogge

Il metodo fornisce, la portata di massima piena (in m³/s) attraverso la relazione del metodo Cinematico (o Razionale) summenzionata:

$$Q = \frac{\Phi \cdot A \cdot h_{tc}}{3.6 \cdot t_c}$$

nella quale il significato dei simboli è quello anzidetto (cui si rimanda); l'unica differenza consiste nella stima della grandezza "altezza di precipitazione di breve durata", che è stata analizzata con la distribuzione statistica TCEV applicata ai dati pluviometrici.

La poca disponibilità di osservazioni storiche di portata, insieme con la necessità di stime in svariate sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici, non può prescindere dall'uso della procedura indiretta per la valutazione della portata di piena. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi, discutibile, che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

La portata di piena è espressa dalla ben nota Formula Razionale come prodotto tra l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d e periodo di ritorno T_r , il coefficiente di assorbimento Φ , la superficie del bacino A il coefficiente di laminazione $\varepsilon(t)$:

$$Q = i[\Theta, T_r, r(\Theta, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\Theta)$$

dove con Θ si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\Theta, A)$, rappresenta il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata, Θ , e della superficie del bacino, A .

In questo caso la procedura proposta permette di calcolare l'intensità di pioggia ad assegnato periodo di ritorno in ciascun punto del bacino sardo tramite l'analisi regionale (VAPI Sardegna, 1996), condotta sulle precipitazioni intense di breve durata per le circa 200 stazioni con almeno quaranta anni di osservazione a partire dal 1922.

L'intensità di precipitazione, $i[\Theta, T_R]$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica come:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale.

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media \bar{h} e successivamente sul calcolo della $\bar{h}(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno, T ,

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

Tabella 7 - Parametri della curva di possibilità climatica

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a = 0.46420 + 1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.46420 + 1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
	$n = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(T) - 3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
	$n = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(T) - 3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n = -0.19060 + 0.264438 \cdot \text{Log}(T) - 3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice, $\bar{h}(d)$, è funzione dalla pioggia media giornaliera, \bar{h}_g , secondo le espressione

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493 + 0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} \cdot d^{(-0.493 + 0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}$$

dove \bar{h}_g si ricava dalla distribuzione spaziale sull'intera Sardegna.

Il valore del coefficiente di afflusso Φ (nella precedente Formula Razionale), può essere calcolato con il metodo del SCS - Curve Number; che permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$

dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e I_a è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

I valori del parametro di assorbimento CN e della relativa capacità massima di assorbimento S vanno determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla ben nota metodologia SCS - CN utilizzando la Carta Litologica e quella di Uso del Suolo alla discretizzazione spaziale di 400 m disponibile presso la Regione Sardegna nell'ambito del Sistema IFRAS.

Il coefficiente di ragguglio delle piogge $r(\Theta, A)$, legato alla durata, Θ , e alla superficie del bacino, A, è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata nel VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - \left(0.0394 \cdot A^{0.354} \right) \cdot d^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{km}^2$$

$$r = 1 - \left(0.0394 \cdot A^{0.354} \right) \cdot d^{(-0.40 + 0.003832(4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{km}^2$$

in cui d è la durata della precipitazione ed A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

Visti i risultati, in considerazione del fatto che le superfici dei bacini in esame risultano tutti al di fuori del campo di applicazione del metodo, si ritiene di non dover considerare attendibili i risultati forniti dal metodo TCEV direttamente applicato alle precipitazioni ai fini della verifica del progetto.

2.3.2 Metodo TCEV applicato alle portate

Appartiene ai così detti metodi di regionalizzazione, ed è basato sulla distribuzione TCEV, espressa formalmente dalla relazione:

$$(a) \quad P(x) = \exp(-\lambda_1 \exp(-x/\Theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\Theta_2))$$

L'introduzione di questa distribuzione viene giustificata ipotizzando che gli elementi di piena siano indipendenti fra di loro e prodotti da due tipi di situazioni meteoriche dissimili il cui numero di accadimenti annuo è assimilabile in entrambi i casi ad un processo di Poisson, con parametri λ_1 e λ_2 rispettivamente, mentre le corrispondenti portate di piena sono distribuite in modo esponenziale con parametri θ_1 e θ_2 . Il massimo annuo di ciascuna delle due componenti risulta allora distribuito secondo una legge di Gumbel mentre il massimo di ambedue è evidentemente dato dal prodotto delle corrispondenti probabilità di non superamento che, come è immediato riconoscere, equivale alla relazione summenzionata.

Introducendo la variabile ridotta

$$z = x/\Theta_1 - \ln \lambda_1 = (x - \varepsilon_1)/\Theta_1$$

con $\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1$

Corrispondentemente la (a) assume la forma:

$$P(z) = \exp(-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\Theta))$$

ove si è posto

$$\theta = \theta_2/\theta_1 \text{ e } \lambda = \lambda_2/\lambda_1^{1/\theta}$$

Le espressioni analitiche dei momenti della relazione summenzionata sono stati ricavati da Beran ed altri nel caso che la variabile z possa assumere tutti i valori del campo reale. Dette espressioni consentono di dimostrare che il coefficiente di asimmetria della distribuzione TCEV dipende esclusivamente da λ e θ mentre il coefficiente di variazione dipende ulteriormente anche da λ_1 ma non da θ_1 .

Da questi risultati deriva sostanzialmente la procedura di analisi regionale che si fonda inoltre sulle seguenti osservazioni di carattere empirico:

- *il coefficiente di asimmetria campionario è, di norma, molto variabile ma non presenta una chiara tendenza a differenziarsi per zone anche su grandi aggregati territoriali;*
- *il coefficiente di variazione campionario, invece, tende ad assumere valori sensibilmente poco diversi fra loro in ambiti territoriali più ristretti ma sempre piuttosto ampi;*
- *la piena indice (media, moda o mediana) è in genere estremamente variabile da una sezione all'altra e dipende largamente dalle caratteristiche specifiche di ciascun bacino.*

Associando le precedenti osservazioni ai risultati analitici, discende infatti immediatamente l'ipotesi che i parametri λ e θ possano ritenersi costanti per tutti i bacini compresi in regioni molto ampie e che, all'interno di queste, sia possibile individuare opportune sottozone per le quali è ammissibile assumere ulteriormente l'ipotesi di invarianza del parametro λ_1 . Il parametro θ_1 o ε_1 , invece, resta definito esclusivamente dalle condizioni locali di ciascuna stazione. Nel caso della Sardegna sono state trovate le seguenti stime dei parametri adimensionali:

$$\lambda^{\wedge} = 0.3938 \quad \theta^{\wedge} = 5.8866 \text{ che caratterizzano l'intero territorio dell'Isola}$$

$$\lambda_1^{\wedge} = 6.286 \text{ bacini occidentali} \quad \lambda_1^{\wedge} = 4.571 \text{ bacini orientali}$$

$$\ln \varepsilon_1^{\wedge} = - 1.1954 + 0.9235 \ln(S) \quad \text{bacini occidentali}$$

$$\ln \varepsilon_1^{\wedge} = - 0.9882 + 0.6452 \ln(S) \quad \text{bacini orientali}$$

In definitiva, il calcolo della portata di piena viene così condotto:

- nota la superficie S del bacino ed attribuito il medesimo al gruppo orientale o occidentale, si ricava tramite una delle formule il valore di ε_1 , quindi, si determina θ_1 essendo λ_1 fissato una volta classificato il bacino in uno dei due gruppi. Applicando poi le precedenti si determinano θ_2 e λ_2 ;
- fissato un periodo di ritorno T , si ricava la probabilità di non superamento $P(x)$ della portata di piena x , e quindi il valore di x .

Il metodo, per essere stato applicato al di fuori del suo specifico campo di applicazione, fornisce risultati non del tutto attendibili, dal momento che le equazioni regionalizzate con i parametri summenzionati sono state ricavate dall'analisi dei dati di bacini aventi superficie compresa tra 60 km^2 e 1011 km^2 : per questo motivo, quando viene applicato per così piccoli bacini, il metodo tende a sottostimare i contributi unitari e,

conseguentemente, le relative portate. Per quanto concerne il campo di applicazione di questa metodologia, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 Km², elencati nella tabella seguente:

Tabella 10 - Elenco delle stazioni di misura portate utilizzate nel modello TCEV.

N	Bacino	Superficie [km ²]	N	Bacino	Superficie [km ²]
Bacini occidentali			Bacini orientali		
1	Rio Fluminimannu a is Acquas	61	1	Fiume Flumendosa a Bau e'mela	94
2	Rio di Fluminimaggiore	83	2	Rio Picocca a Monte Acuto	119
3	Rio Araxixi a Orto Sciavico	121	3	Rio Flumineddu a Stanali	389
4	Rio di Buttule a Buttule	169	4	Fiume Flumendosa a Gadoni	423
5	Fiume Temo a Reinamare	176	5	Fiume Flumendosa a Villanovatulo	548
6	Rio Mannu di Porto Torres a Pedras Alvas	225	6	Fiume Cedrino a Cedrino	621
7	Fiume Taloro a passerella Gavoi	226	7	Fiume Flumendosa a Monte Scrocca	1011
8	Rio di Oschiri a Concarabella	364			
9	Rio di Oschiri a Concarabella	364			
10	Rio di Palmas a Monti Pranu	436			
11	Fiume Tirso a Rifornitore Tirso	587			
12	Rio Mannu di Ozieri a Fraigas	757			
13	Rio Flumineddu o Massari ad Allai	787			

Visti i risultati, in considerazione del fatto che le superfici dei bacini in esame risultano tutti al di fuori del campo di applicazione del metodo, si ritiene di non dover considerare attendibili i risultati forniti dal metodo TCEV direttamente applicato alle portate ai fini della verifica del progetto.

2.3.3 Metodo del Lazzari

E' un metodo di tipo statistico basato sul fatto che le distribuzioni statistiche delle piene dei corsi d'acqua sardi possono essere regolarizzate con la legge log-normale di Galton. Come indice morfometrico caratteristico di ciascun bacino idrografico, viene assunto il prodotto SH_m della superficie del bacino S per la sua quota media H_m sul livello del mare; la probabilità p di non superamento di una data punta di piena Q_c è assunta funzione di tale indice e della stessa Q_c . Il legame fra queste tre grandezze si concreta in due diverse formule, una relativa ai bacini che ricadono nel versante orientale della Sardegna e l'altra a quelli del versante occidentale.

Per i bacini occidentali la formula è la seguente: $\log Q_c = 0.3583 z_p + 0.956 \log (S \cdot H_m) - 8.731$

Per i bacini orientali la formula è la seguente $\log Q_c = 0.4413 z_p + 0.746 \log (S \cdot H_m) - 6.257$

In ambedue le formule, z_p rappresenta il frattile della distribuzione normale di Gauss relativo alla probabilità di superamento p ; inoltre S è espressa in m^2 ed H_m in metri. Detta formula è in generale attendibile per bacini di medio – grandi dimensioni.

Il prodotto SH_m definisce anche il campo di applicabilità del metodo: infatti, questo non è applicabile quando $SH_m < 50 \times (10^9)$

Il metodo, non risultando applicabile per via del fatto che il parametro $SH_m < 50 \times (10^9)$ in tutti i casi considerati, fornisce risultati di cui è comunque sconsigliata l'applicazione ai piccoli bacini; si ritiene quindi di non considerare attendibili le portate da questo fornite.

2.3.4 Metodo del Sirchia

E' un tipico metodo empirico basato sul concetto di massima piena prevedibile. Sono stati riportati su un piano cartesiano, per tutti i bacini osservati dell'Isola, i massimi contributi q di piena noti, in funzione delle rispettive superfici. Per la Sardegna è stata ricavata la curva involuppo dei massimi di piena che permette di ricavare il valore del contributo unitario di piena, q , secondo le espressioni aggiornate al 1969 che

$$q = 207 A^{-0.6}$$

descrivono l'iperbole di equazione:

per bacini con $21 \text{ km}^2 < A < 1000 \text{ km}^2$

$$q = 45.8 A^{-0.106}$$

per bacini con $A < 21 \text{ km}^2$

essendo q il contributo unitario in $m^3/s/Km^2$ ed A la superficie del bacino in Km^2 .

Il valore del contributo così ottenuto (significativo per bacini di dimensione superiore ai 20 Km^2) viene poi moltiplicato per un coefficiente riduttore ψ . Detto coefficiente, nella revisione di Fassò, assume i valori indicati nella figura riportata in appendice alla relazione; esso è variabile fra $0.4 \div 0.6$, $0.6 \div 0.8$, $0.8 \div 1.0$, secondo le valutazioni espresse dagli Autori per le diverse zone idrografica della regione, in dipendenza dalle caratteristiche morfometriche e geografiche del bacino.

La portata di piena al colmo (Sirchia-Fassò) risulta pertanto pari a:

$$Q_p = \Psi \cdot A \cdot q$$

Va detto che il metodo, non essendo caratterizzato da alcun fondamento statistico, ma avendo un approccio esclusivamente “deterministico” del problema idrologico, restituisce un valore che – nelle intenzioni degli autori – dovrebbe interpretare la “**massima portata prevedibile**”, senza alcun riferimento al tempo di ritorno: in effetti, è possibile *reinterpretare* il risultato del metodo come se la portata provenisse (ad esempio) da un calcolo eseguito col metodo cinematico; con tale metodica è stato ottenuto il tempo di ritorno corrispondente ai valori delle portate ottenute col metodo del Sirchia, ed in tutti i casi si è ottenuto che il tempo di ritorno *equivalente* è sempre superiore a 500 anni, e pertanto esula dalla presente indagine.

Va detto che, nell’ambito della Sardegna, il metodo è uno di quelli ufficialmente riconosciuti dal Servizio Idrografico del Genio Civile per il rilascio delle autorizzazioni di competenza nei riguardi delle opere di attraversamento fluviali, pertanto assume un significato di ufficialità e di riferimento al di là del suo significato tecnico-statistico.

In realtà, viste le ridotte dimensioni dei bacini idrografici scolanti e del suo limitato significato statistico, si ritiene di non dover fornire i risultati del metodo, ricordando che le portate risultano estremamente sovrastimate e non riferite a tempi di ritorno (ovvero equivalenti a tempi di ritorno di gran lunga superiori a quelli per cui si svolge l’indagine).

2.4 Scelta delle portate di piena di verifica

In base alle considerazioni sopra riportate, il metodo ritenuto più adatto ad interpretare la formazione delle piene è stato quello razionale (o cinematico), nelle sue due formulazioni (con piogge secondo TCEV e con piogge secondo Cao-Puddu-Pazzaglia) determinate per la Sardegna.

Tra le due determinazioni delle piogge, le curve di possibilità pluviometrica ricavate da Cao C., Puddu P., Pazzaglia P. ed aggiornate da Piga E., Liguori G. nel 1991, risultano di maggior tradizione storica nell'esperienza applicativa dei progettisti rispetto alla TCEV.

Va detto che – a parità di tempi di ritorno – le curve di possibilità pluviometrica secondo Cao-Puddu-Pazzaglia forniscono valori dell'altezza di pioggia lievemente superiori rispetto alle corrispondenti stime della TCEV; in effetti, pur risultando particolarmente adatte per i cosiddetti “piccoli bacini” (intendendosi in tale accezione quelli che hanno superficie inferiore ai 50 km²), conducono – al tendere a 0 della superficie – ad una sovrastima dei contributi unitari.

Pertanto, per le successive verifiche idrauliche dei canali verranno assunte quali PORTATE DI VERIFICA le piene ricavate dal metodo razionale (o cinematico) con piogge secondo Cao C., Puddu P., Pazzaglia P. ed aggiornate da Piga E., Liguori G. nel 1991

3. CALCOLO IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA

3.1 Criteri generali

I calcoli idraulici relativi al deflusso di piena dei sette corsi d'acqua sono stati condotti per le condizioni di moto permanente con utilizzazione del modello Hec-Ras, i risultati delle simulazioni sono riportati nell'allegato "A45.Doc.11 Relazione di modellazione idraulica hec-Ras" al presente Studio.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- N. Orrù, Grid Processor, *un sistema per il trattamento e la visualizzazione interattivi di dati raster (Tesi di Diploma)*, Università degli Studi di Cagliari, 2000
- M. C. Halley, S. O. White and E. W. Watkins, *ESRI User Conference Proceedings*, 657, 2000
- S. D. Peckham, *Doctoral thesis dissertation*, University of Colorado at Boulder, 1995
- J. Fairfield, P. Leymarie, *Water Resources Research*, 22, 15-24, 1986
- F. Oliveira, *Doctoral thesis dissertation*, University of Texas at Austin, 1996
- CAO C., PAZZAGLIA G., PUDDU P. - *Determinazione statistica delle curve di possibilità pluviometrica. Applicazione alle piogge di durata inferiore alle 24 ore in Sardegna*. Convegno Nazionale sull'Idrologia e la Sistemazione dei piccoli bacini. Roma, 1969.
- CAO C., SECHI G.M., BECCIU G. - *Analisi regionale per la valutazione probabilistica delle piene in Sardegna - XXI Convegno di Idraulica e Costeruzioni Idrauliche*, L'Aquila, 1988
- CAO C, PIGA E, SALIS M, SECHI G. M., *Valutazione delle Piene in Sardegna-Rapporto Regionale*, CNR-GNDCI.1991;
- CRUDEN D.M., VARNES D.J.) - *Landslides Types and Processes*. In "Landslides: Investigation and Mitigation". Transportation Research Board. Natural Academy of Sciences, 1994;
- DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - *Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna, Rapporto 1992-93 Linea 1* - ed. F. Rossi, CNR GNDCI, 1993;
- DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - *Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna*, Quaderni ricerca, 9, 30 pp.c, 1997;
- DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - *Analisi regionale di frequenza delle precipitazioni intense in Sardegna*. 2000;
- FASSÒ C.A. (1969) - *Rapporto Regionale: Sardegna. Atti del Convegno nazionale sull'Idrologia e la sistemazione dei piccoli bacini* - Roma, 1969;
- LAZZARI E. - *Studio probabilistico delle piene con particolare riferimento ai corsi d'acqua della Sardegna*. L'Energia Elettrica, vol. XLIV,n.4, 1967;
- KOTTEGODA, N.T. & R. ROSSO, 1997, *Statistics, probability and reliability for civil and environmental engineers*, MCGRAW-HILL, NEW YORK, 1997
- MAIDMENT, D. R., *Handbook of Hydrology*, ed. D.R. Maidment, McGraw-Hill,INC., isbn 0-07-039732-5,1993;
- MOISELLO, U., *Idrologia Tecnica*, La Goliardica Pavese, isbn 88-7830-269-4, 1988;
- PIGA E., LIGUORI G. (1985) - *Il regime delle piogge intense in Sardegna*. Raccolta dati. Atti Facoltà di Ingegneria. Vol. 27, 1985;
- ROSSI, F., M. FIORENTINO, and P. VERSACE, *Two Component Extreme value distribution for flood frequency analysis*, Water Resources Research, vol. 20, pp. 847-856, 1984;
- SALIS M., SECHI G.M. (1985) - *Metodi di valutazione delle portate di Piena con riferimento alla Sardegna*. Atti Facoltà di Ingegneria, vol. 26. Maggio 1985.
- SALIS M., SECHI .M (1986) - *Valutazione del coefficiente correttivo per l'applicazione della curva dei massimi valori di contributo di piena per la Sardegna*. Atti Facoltà di Ingegneria, vol. 28. Ottobre 1986.
- SALIS M., SECHI G.M. (1990) - *Un modello regionale per la generazione di idrogrammi di piena*. Idrotecnica n.4 luglio-agosto1990.
- SECHI, G.M., *Prime analisi comparative fra la modellazione regionale delle piogge giornaliere e delle portate al colmo in Sardegna* - GNDCI - CNR rapporto 1992-93;
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) – Quaderni serie III volume 4. *Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000 Guida al rilevamento* (a cura di Gruppo di lavoro per la Cartografia Geomorfologica: SGN e Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato Libreria dello Stato, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1996) - Miscellanea VII. *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione* (a cura di Amanti M., Casagli N., Catani F., D'Orefice M., Motteran G.). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato Libreria dello Stato, Roma.
- VARNES D.J. (1978) - *Slope movements types and processes*. In SCHUSTER R.L & KRIZECK R.J: (Eds.) "Landslides: analysis and control". Washington Transp Res. Board, Spec. Rep. 176, Nat. Sci. Acad., 11-33
- WPWLI - *International Geotechnical Societies - UNESCO Working Party on World Landslide Inventory –A suggested method for reporting a landslide*. IAEG Bull., 41: 5-12, 1990;
- WPWLI, *A suggested method for describing the activity of a landslide*, International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory IAEG Bull., 47: 53-5, 1993a.;
- WPWLI - *International Geotechnical Societies - UNESCO Working Party on World Landslide Inventory) – Multilingual Glossary for Landslides*. The Canadian Geotechnical Society. BiTech Publisher Ltd., Richmona (CAN), 1993b;