

Autostrada SA-RC

**INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA E DI DIFESA DELLE OPERE AUTOSTRADALI
RELATIVAMENTE ALL'INTERAZIONE VIARIA CON IL FIUME MESIMA, NEL TRATTO
COMPRESO TRA IL KM 369+800 E IL KM 378+500 DELL'AUTOSTRADA SA-RC**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE:



MSM Ingegneria S.r.l.
Via della Meloria, 61 - 00136 ROMA

Ing. Leonardo Melica



GEOLOGIA:

Dott. Geol. Andrea Rondinara

Albo dei Geologi del Lazio n. 921

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Francesco Bianco

RESPONSABILE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI E
COORDINATORE TERRITORIALE

Dott. Ing. Giuseppe Ferrara

**IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA**

CODICE ELABORATO			REVISIONE	SCALA:		
I D R R T 0 1			1			
3						
2						
1	REVISIONE A SEGUITO DI NOTA ADB REGIONE CALABRIA	GENNAIO 2019	T. Salvago de Gennaro	A. Salvago de Gennaro	L. Melica	
0	EMISSIONE	GIUGNO 2018	T. Salvago de Gennaro	A. Salvago de Gennaro	L. Melica	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	



INDICE

1. PREMESSA	2
1.1 Inquadramento del territorio	3
1.2 Caratteristiche fisiche della regione	5
2. NORME E LINEE GUIDA VIGENTI IN MERITO ALLA PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	11
2.1 Metodiche e specifiche di valutazione del Rischio di esondazione	12
2.1.1 Criterio geomorfologici	15
2.1.2 Criterio storico.....	16
2.1.3 Criteri generali per l'assegnazione delle classi di rischio.....	17
2.1.4 Aggiornamento del PAI 2016	19
2.1.5 Inquadramento territoriale all'interno del PAI	22
3. PLUVIOMETRIA	25
4. IDROMETRIA	29
5. METODOLOGIA DI STIMA DELLE PORTATE DI PIENA	32
5.1 Calcolo del tempo di corrivazione	32
5.2 Metodo del CN	33
5.3 Applicazione del metodo e calcolo delle portate di progetto - Bacino del Mesima .	36
5.4 Applicazione del metodo e calcolo delle portate di progetto – Bacini secondari.....	43
5.5 Definizione degli idrogrammi di piena	47
5.5.1 Descrizione del modello idrologico di HEC-HMS.....	48
5.5.2 Tempo di ritardo.....	49
5.5.3 Risultati	50



Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

1. PREMESSA

L'analisi idrologica oggetto della presente relazione è stato condotto all'interno delle attività di progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC.

La seguente trattazione si incentra sull'analisi dell'idrologia della zona, in particolare del fiume Mesima che rappresenta il corso d'acqua interferente del tracciato autostradale in oggetto, di cui vengono calcolate le portate di piena per assegnato tempo di ritorno. I risultati di tale analisi sono stati utilizzati come base per le successive modellazioni idrauliche per la verifica e la valutazione della compatibilità idraulica delle opere. L'analisi idrologica è stata condotta inoltre anche per i bacini secondari insistenti sull'infrastruttura autostradale.

Il calcolo delle portate è stato effettuato mediante la legge del TCEV utilizzando i dati caratteristici delle zone e sottozone omogenee forniti dalla regionalizzazione del progetto VAPI.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 2 di 54



1.1 Inquadramento del territorio

L'analisi idrologica ed idraulica si incentra sull'interazione tra il fiume Mesima e l'infrastruttura autostradale nel tratto di competenza.

Il tratto autostradale in esame si estende per circa 9 km, attraversando i comuni di Laureana di Borrello (RC), Candidoni (RC), Serrata (RC), e Mileto (VV). L'infrastruttura autostradale si sviluppa in rilevato lungo quasi la totalità del tracciato in esame. Sono presenti quattro attraversamenti in viadotto, tutti impegnati dal fiume Mesima, che scorre parallelo all'autostrada per tutto il tratto di interesse in direzione nord-sud.

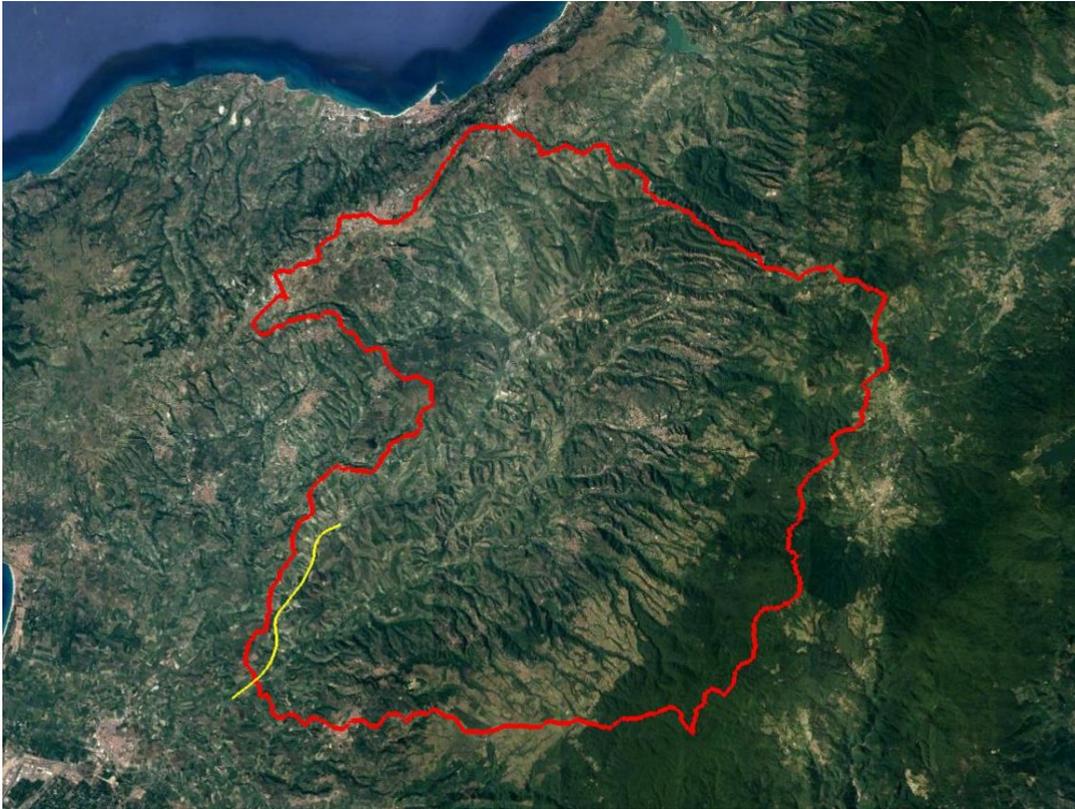
Il Fiume Mesima è uno dei fiumi maggiori della Calabria centro-meridionale e uno dei principali della regione (il 5°) per portata d'acqua. Nasce dalle pendici del Monte Cucco a 958 m s.l.m., in comune di Vallelonga (prov. di Catanzaro), ai piedi di una altura detto Monte degli Impiccati e sfocia nelle acque del Tirreno meridionale presso Rosarno. Ha due affluenti principali: il Marepotamo ed il Metramo, quest'ultimo riceve anche il cospicuo contributo del torrente Vacale. Come gran parte dei corsi d'acqua della Calabria, ha regime fortemente torrentizio con piene importanti nei mesi invernali e piccole portate durante il periodo estivo.

Il bacino del Mesima, alla sezione di chiusura, posta a quota 35 m s.l.m. in prossimità del km 378 dell'Autostrada A3 a valle del viadotto Mesima IV, poco dopo la confluenza con il Marepotamo, si estende per circa 408 kmq.



Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica



Bacino del Mesima (in rosso) con tracciato autostradale oggetto del presente appalto (in giallo)

Le caratteristiche geometriche del bacino sono state definite a partire dal modello digitale del terreno con passo 10 m, da cui è stato possibile estrapolare le grandezze fisiche necessarie allo svolgimento delle analisi idrologiche.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 4 di 54



Bacino del Mesima – Modello digitale del terreno

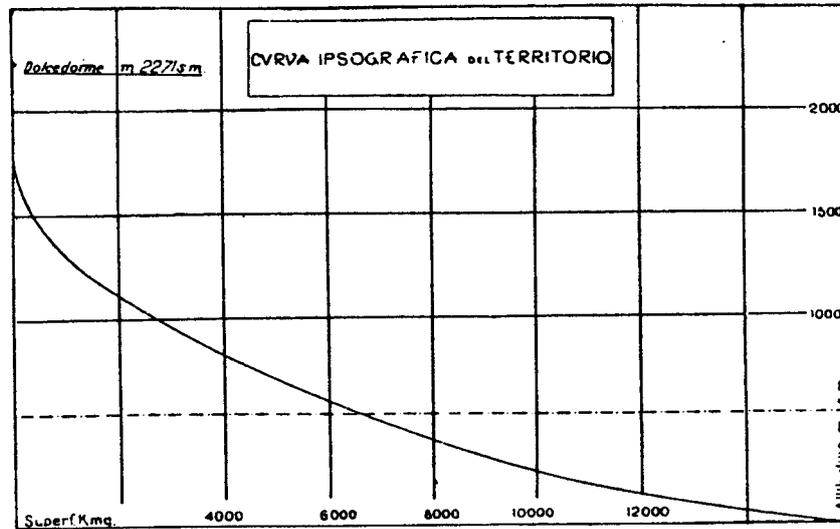
1.2 Caratteristiche fisiche della regione

La configurazione orografica della Calabria si presenta alquanto movimentata; la superficie è prevalentemente montuosa, con catene di monti con forme aspre, valli profonde e ripide pendici. Le zone pianeggianti, che occupano meno del 10% del territorio, si limitano alle pianure alluvionali che si estendono nei tratti inferiori dei principali corsi d'acqua e nelle strette fasce litoranee.

Nella figura seguente è riportata la curva ipsografica dell'intera regione.



Relazione Idrologica



Curva ipsografica del territorio della Regione Calabria

Dall'analisi del territorio, in particolare, si possono distinguere tre zone orograficamente ben definite che corrispondono a tre massicci montuosi intervallati da brevi catene. A Nord il gruppo del Pollino, alla sua destra ed esteso verso sud l'Appennino costiero, al centro della regione l'altopiano della Sila (Sila Grande, Sila Greca e Sila Piccola) seguito dalla Catena delle Serre che, a sua volta, si salda all'Aspromonte.

Il massiccio del Pollino che occupa tutta la parte settentrionale della regione, è un gruppo calcareo-dolomitico che raggiunge i 2271 m con la cima del Dolcedorme. È soggetto a numerosi fenomeni di carsismo sia superficiale che sotterraneo come è testimoniato dalla voragine del Bifurno che raggiunge una profondità di 638 m. Alla sua sinistra si ha l'Appennino costiero mentre in basso si apre la Piana di Sibari che costituisce la più vasta pianura calabrese.

L'Appennino costiero, per la natura calcarea delle sue rocce, può considerarsi una continuazione dell'Appennino lucano. A nord è tagliato in due dal fiume Lao e raggiunge la sua massima altezza con il Cozzo del Pellegrino (1987 m); a sud, a partire dal passo dello Scalone, prende il nome di Catena Costiera ed è disposta, con asse quasi rettilineo, parallelamente al litorale tirrenico, dal quale dista, in molti tratti, solo 7 Km. Essa ha un'altitudine media di 1000 - 1200 m e raggiunge sul monte Cocuzzo i 1540 m.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

Lo spartiacque principale corre da Nord a Sud seguendo le cime della Catena Costiera, delle Serre e dell'Aspromonte. Si vengono così a delimitare due versanti: uno tirrenico arealmente meno esteso, le cui dimensioni diventano minime lungo la Catena Costiera, ed uno ionico molto più ampio che comprende quasi interamente l'altopiano della Sila.

Il versante tirrenico ha appena 5 corsi d'acqua rilevanti per lunghezza e portata: Lao, Savuto, Amato, Mesima e Petrace.

Il versante ionico settentrionale presenta i maggiori fiumi della regione. Insieme alle maggiori lunghezze questi corsi d'acqua hanno deflussi fra i più regolari dell'intera regione dal momento che sono alimentati oltre che dalle acque meteoriche anche da quelle derivanti dalla fusione delle nevi e dagli apporti delle sorgenti relative al massiccio del Pollino ed all'altopiano della Sila.

Il Crati è il principale fiume della Calabria per lunghezza, bacino e portata media annua. Esso attraverso l'affluente Mucone drena, la maggior parte dell'altopiano silano, ed attraverso una serie di torrenti il versante interno della Catena Costiera. Inoltre dal Coscile e dall'Esaro raccoglie i deflussi delle sorgenti del Pollino e della Montea. Gli altri principali fiumi ionici sono il Trionto, il Neto (il principale corso d'acqua che attraversa il tracciato stradale del presente progetto), il Tacina, l'Alli ed il Corace che drenano la parte orientale e meridionale dell'altopiano silano.

In generale, la morfologia dei bacini nel territorio calabro risulta molto tormentata. La breve distanza che intercorre fra i principali sistemi montuosi ed il mare, il rilevante sviluppo costiero rispetto all'estensione territoriale, danno luogo a numerosissimi corsi d'acqua caratterizzati da bacini imbriferi generalmente di entità relativamente modesta con brevi corsi d'acqua in pianura e rilevanti pendenze longitudinali.

Questi fattori, accompagnati da suoli alquanto impermeabili, fanno sì che le acque meteoriche determinino con facilità deflussi superficiali rilevanti. Di conseguenza il regime dei corsi d'acqua riproduce l'andamento degli afflussi meteorici convogliando grandi quantitativi di acqua durante

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 7 di 54



il periodo delle precipitazioni e rimanendo con portate molto modeste o addirittura nulle nella stagione estiva e fino alle piogge del medio autunno.

Di norma pertanto le piene si verificano, pertanto, in concomitanza di precipitazioni atmosferiche che raggiungono valori elevati di intensità pur interessando aree di limitata estensione. Tali piene presentano una fase di concentrazione mediamente rapida che in breve fa passare la portata da modesti valori di morbida a valori centinaia di volte superiori, seguita dalla fase di esaurimento senza che, in molti casi, si riscontri alcuna fase significativa di stanca.

L'orografia tormentata e l'azione dei mari sono sicuramente i principali fattori che determinano le condizioni climatiche della Calabria. Accanto ad esse l'orientamento delle varie località, relativamente soprattutto alla distanza dal mare ed alla natura dei venti predominanti, esercita una maggiore influenza sulle condizioni estreme. In generale è possibile dire che il clima della Calabria è caratterizzato dall'alternanza di una stagione piovosa, che va da ottobre a marzo con temperature medie mensili che solo in aree limitate ed a quota elevate si abbassano fino, a 5 °C, e di una stagione asciutta, relativa al restante periodo, durante la quale nelle pianure si raggiungono temperature molto elevate.

Nei successivi punti vengono ricordate le caratteristiche termometriche della regione e, con maggiore dettaglio, quelle pluviometriche, si riporta infine una suddivisione della regione in zone climatiche.

La Calabria è la regione più piovosa dell'Italia Meridionale; in particolare i valori medi delle precipitazioni relative alle varie quote sono sempre più elevati di quelli italiani (Caloiero, 1975). La piovosità media annua in Calabria è di 1176 mm, a fronte di una media in Italia pari a 970 mm, con un contributo unitario medio di 37.2 l/sec kmq.

Questi valori di precipitazione sono dovuti, analogamente alle temperature, all'orografia e all'azione del mare. In particolare la Catena Costiera a nord e la Catena delle Serre a Sud costituiscono un notevole ostacolo sia per i venti occidentali, di origine atlantica, che per quelli orientali. In conseguenza della convezione forzata che ne deriva vengono scaricati sui relativi versanti notevoli quantità di precipitazioni. Nel versante occidentale della Calabria i complessi



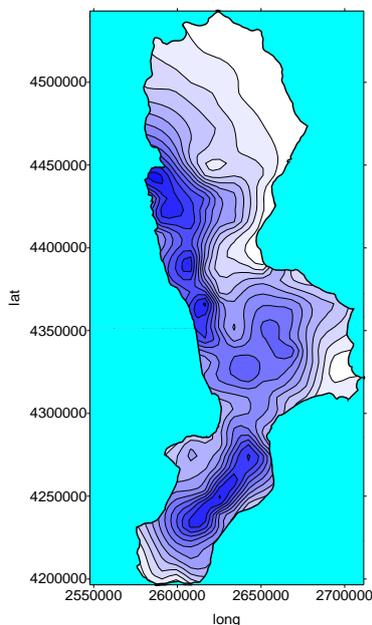
Relazione Idrologica

pluviogeni provenienti dal Tirreno subiscono convezione forzata, mentre quelli provenienti dallo Ionio sono in condizione di fohn, situazione analoga ma ribaltata si verifica nel versante orientale che risulta essere in condizioni di convezione forzata per i complessi pluviogeni provenienti dallo Ionio e di fohn per quelli provenienti dal Tirreno.

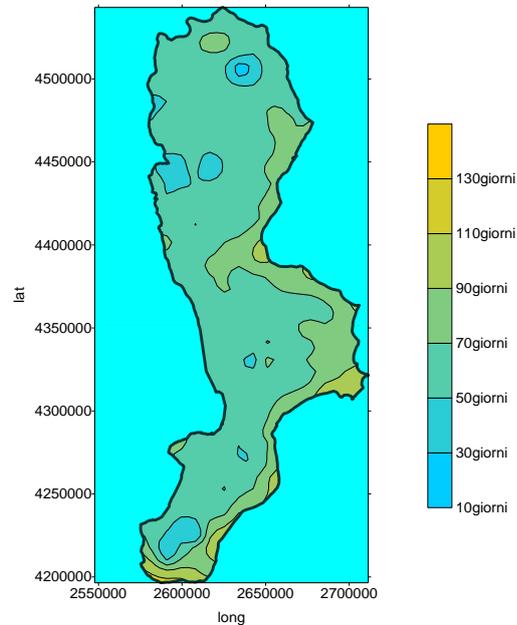
In generale poiché i venti occidentali sono più carichi di umidità di quelli orientali e dal momento che il versante tirrenico della Catena Costiera ha una pendenza maggiore del versante ionico delle Serre si hanno sul Tirreno piogge frequenti e di minore intensità e sullo Ionio un minor numero di esse ma molto intense.

È opportuno mettere in rilievo come nei mesi invernali, al di sopra dei 1200 m, le precipitazioni sono prevalentemente di tipo nevoso, la loro fusione permette di alimentare varie sorgenti che, come si è visto, influiscono positivamente sul regime fluviale.

Per quanto concerne la distribuzione delle precipitazioni durante l'anno la Calabria è caratterizzata da un regime di tipo marittimo. Il periodo piovoso si estende essenzialmente dall'autunno inoltrato all'inizio della primavera, mentre nei mesi estivi le piogge sono molto più ridotte. Il valore massimo delle precipitazioni medie mensili si ha generalmente nel mese di dicembre e quello minimo nel mese di luglio.



Pioggia Media Annua



Media dei giorni non piovosi consecutivi

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

Una suddivisione del territorio calabrese in zone climatiche omogenee può essere ripresa da quella redatta da Squillaci (1983) nell'ambito di un lavoro sul bilancio idrologico medio annuo dei bacini della Calabria.

Egli ha, infatti, individuato sul territorio sette aree con uguali condizioni climatiche, utilizzando a tal fine l'indice climatico medio

$$\bar{I} = \frac{\bar{h} - \bar{E}_p}{\bar{E}_p}$$

dove h ed E_p sono rispettivamente l'altezza di pioggia e l'evapotraspirazione potenziale medie annue calcolate con riferimento a 32 stazioni termopluviometriche ubicate nel territorio regionale.

Definendo secco-umido il clima caratterizzato da un indice $-0.6 \leq I < 0.0$, umido- subumido quello con $0.0 \leq I < 0.6$ ed infine umido quello con $I > 0.0$, Squillaci ha individuato tre grandi zone climatiche, corrispondenti approssimativamente alla zona montana caratterizzata da un clima iperumido, alla zona collinare con clima umido-subumido ed alla zona costiera con clima secco arido.

Progettisti:

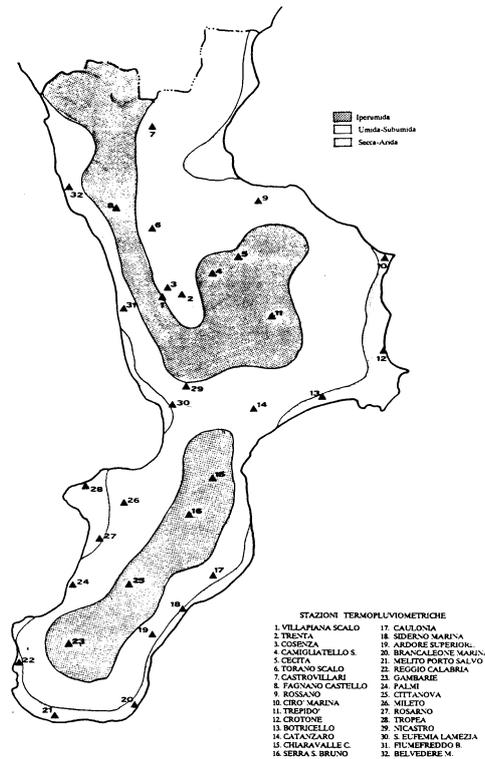
MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 10 di 54



Relazione Idrologica



Zone Climatiche

2. NORME E LINEE GUIDA VIGENTI IN MERITO ALLA PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Ai sensi dell'art. 1-bis della L. 365/2000 e dell'art.17 Legge 18 maggio 1989 n. 183, nonché dell'art.1 Legge 3 agosto 1998 n. 267, Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della regione Calabria (PAI) è stato approvato dal Comitato Istituzionale Autorita' di Bacino con delibera n. 13 del 29 ottobre 2001, dalla Giunta Regionale con delibera n. 900 del 31ottobre 2001 e dal Consiglio Regionale con delibera n. 115 del 28 dicembre 2001.

A questo sono associate le successive "Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia" e le "Linee Guida" approvate dal Comitato Istituzionale il 31/07/02.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





In generale il PAI così come riferito dall'Art. 11 delle Norme di Attuazione (Individuazione delle aree a rischio e/o pericolo d'inondazione), riporta le situazioni di rischio e/o pericolo d'inondazione stimate dall'Autorità tramite indagini estese su tutto il territorio di sua competenza. Sulla base delle caratteristiche dei fenomeni rilevati o attesi e delle indagini esperite il PAI disciplina l'uso del territorio nelle:

- a) aree perimetrare mediante modellazione analitica con attribuzione delle classi R4, R3, R2 e R1;
- b) aree storicamente inondate e/o localizzate dai Piani di Protezione Civile e riportate nell'Atlante allegato al Piano; aree all'intorno di tratti e punti critici rilevati (riduzioni di sezioni, ostruzioni, rotture d'argine, ecc) e indicati negli elaborati del PAI come aree di attenzione, linee di attenzione e punti di attenzione.

A seguito della delibera n. 3/2016 dell'11 Aprile 2016, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria ha approvato le "Procedure per l'aggiornamento del Rischio Idraulico del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Idraulico - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Idraulico". Le modifiche alle Norme tecniche di attuazione, che entreranno in vigore solamente dopo l'adozione del progetto di piano, sono state comunque considerate all'interno del piano normativo ed esplicitate in un successivo paragrafo dedicato.

2.1 Metodiche e specifiche di valutazione del Rischio di esondazione

Le aree soggette a rischio idraulico sono state localizzate dal PAI attraverso i dati storici riferiti alle alluvioni pregresse (aree storicamente inondate dalle alluvioni del 1951 e del 1953 individuate attraverso fotointerpretazione e restituzione 1:10.000) ed a quelle più recenti fino agli anni dal 1996 al 2000.

Gli eventi idraulici temuti vengono ricondotti ad una casistica predefinita che consente di classificarli sulla base di caratteristiche prevalenti riferite a:

- a. tratti montani in cui si temono erosione al piede dei versanti, colate di fango e di detrito;



- b. tratti alluvionati pedemontani con alvei pensili in corrispondenza di conoidi di deiezione o di alvei arginati;
- c. tratti terminali delle fiumare in cui possono verificarsi esondazioni improvvise con notevole apporto solido;
- d. tratti incassati di pianura in cui si temono esondazioni per eccesso di portata in arrivo da monte ed in conseguenza di restrizioni di sezione od in cui possono aversi allagamenti per deficienza delle rete di colo minore.

A tale proposito, sono state sviluppate le seguenti attività:

- elaborazione del catasto del reticolo idrografico relativo a 978 bacini (a fronte dei 45 inclusi nei documenti del SIMN), contenente la gerarchizzazione di Horton.
- definizione della morfologia dei corsi d'acqua,
- organizzazione topologia dei reticoli ed attribuzione dei parametri morfometrici (quote nodi, pendenza, lunghezza dei tronchi);
- costruzione del relativo DB;
- informatizzazione dei dati rilevati dagli operatori fluviali sullo stato dei corsi d'acqua calabresi;
- formazione del catasto delle opere idrauliche dei corsi d'acqua della Calabria (contiene circa 50.000 dati): attribuzione di codice, coordinate UTM, indicazione di bacino, sottobacino, denominazione, ordine di Horton, omogeneizzazione dell'onomastica,
- costruzione del modello idrologico mediante aggiornamento del database idropluviometrico (1996-1999) e del modello regionale del VAPI - rapporto Calabria prodotto dal CNR-GNDICI nel 1988, ricalcolo dei parametri regionali del modello probabilistico a doppia componente per lo studio degli estremi idrologici (TCEV).
- calcolo delle piene sulla base della curva di possibilità pluviometrica;
- stima della massima portata al colmo di piena mediante procedure differenziate a diverso grado di accuratezza (metodi empirici, semiempirici ed analitici).



I fattori morfologici sono stati dedotti dal DTM IGM 1995 e dalle ortoimmagini digitali a colori a scala nominale 1:10.000 (1998/99).

Per il rischio alluvione è stata prevista la perimetrazione delle aree inondabili mediante modello idraulico per le aree in cui è ipotizzabile la classe di rischio R4 e con altre metodiche per le restanti classi.

La valutazione del Rischio ha previsto la redazione dei seguenti elaborati:

- L'Atlante delle aree inondate sulla base dei dati disponibili, contenente la perimetrazione delle aree alluvionate e/o l'individuazione del tronco fluviale interessato;
- La carta della propensione al rischio idraulico 1:50.000; la stessa riporta dieci classi per il rischio idraulico in aree urbane e tre classi per quelle industriali e le reti di servizio, od i beni ambientali ed archeologici.
- L'Atlante regionale degli elementi a rischio: secondo le linee di cui all'atto di indirizzo. La Carta costituisce uno strato informativo di base comune per l'analisi del Rischio di frana e di alluvione.

Per la definizione della vulnerabilità a scala regionale, con riferimento all'atto di indirizzo e coordinamento, si è proceduto con livelli di accuratezza decrescente e decremento del dettaglio informativo passando dalle ipotesi di classe R4 ed R3 a quelle R2 ed R1.

L'elaborazione della Carta regionale degli elementi a rischio e della vulnerabilità è derivata da IGM 95 mediante definizione di classi riferite agli ambiti urbani (8 classi) ed alle aree produttive.

L'attribuzione di livelli di vulnerabilità degli elementi a rischio si è basata sulla densità demografica (derivata dai dati ISTAT) e sulla destinazione d'uso con attribuzione normalizzata linearmente di un valore di scala da 0 a 100 (con 10 classi) a partire dal numero totale di abitanti di un Comune o, nel caso degli insediamenti produttivi, a partire dal valore totale degli insediamenti (tre classi).

Sono stati, inoltre, censiti le centrali elettriche, le dighe, le centrali gas, le stazioni ENEL, i siti archeologici, le reti gerarchizzate stradali e ferroviarie, elettrodotti, metanodotti, acquedotti ed opere di bonifica principali.



Con riferimento al DPCM 29.9.1998, la sovrapposizione degli elementi a rischio con la carta delle aree potenzialmente soggette a Rischio idraulico ha consentito una prima definizione da riportare, per le aree R4 ed R3, a scala 1:10.000. Nella prima fase di elaborazione saranno considerate esclusivamente le aree con livelli riferibili alle classi R4 e, subordinatamente, R3.

2.1.1 Criterio geomorfologici

Nei casi in cui non è stato possibile, per carenza di dati (in particolare di rilievi topografici), procedere con la metodologia sopra descritta e in assenza di documentazioni storicocronachistiche relative ad eventi di piena, si è adottato il criterio geomorfologico di seguito esposto.

1) Sono state considerate a rischio le aree alluvionali, di cui alla cartografia allegata al PAI ed identificata con C5- RI, comprendenti l'intero alveo di magra dei tronchi pedemontani e terminali, in quanto la presenza dei depositi alluvionali stessi induce a ritenere tali aree soggette al passaggio di piene non contenibili nell'alveo di magra, anche con concomitanti

fenomeni di trasporto solido. Sono state escluse da questa categoria, qualora perimetrata, le aree esterne ad argini ritenuti insormontabili rispetto a piene con $T=200$ anni.

2) Sono state considerate aree a rischio le aree di conoidi pedemontane attive o di recente formazione, di cui alla cartografia allegata C5-RI, ove è manifesta la presenza di un alveo fluviale. Sono state escluse da questa categoria, qualora perimetrata, le aree protette da opere di sistemazione idraulica ritenute insormontabili rispetto a piene con $T=200$ anni.

3) Sono state considerate a rischio le aree individuate sulla base di analisi aerofotointerpretativa, dalla quale sono risultati riconoscibili i fenomeni di inondazione causati dal corso d'acqua. Sono state escluse le aree ove sono stati effettuati interventi di sistemazione successivi alla data del volo aereo analizzato e interpretato, tali da garantire il contenimento di una piena con $T=200$ anni.



2.1.2 Criterio storico

Sulla base della documentazione storico-cronachistica disponibile negli archivi AVI del GNDCI e SIRICA dell'Autorità di Bacino Regionale, nonché contenuta nelle informative dei Comuni, sono stati individuati tratti fluviali interessati in passato da eventi alluvionali, che hanno causato danni a persone o cose. In mancanza di calcoli idraulici, per tali tronchi si è stabilito un criterio di delimitazione delle aree a rischio, secondo che essi siano privi o dotati di argini o attraversamenti.

1) Esondazione in caso di alvei privi di argini e attraversamenti.

Si è considerata a rischio l'area comprendente il corso d'acqua delimitata dall'intersezione tra il terreno e un piano orizzontale tracciato a una quota superiore di 7 metri a quella del punto più depresso della sezione trasversale. L'area a rischio non sarà in ogni caso estesa per più di L metri, essendo L il prodotto dell'ordine di Horton dell'asta considerata (desumibile dal CD del Catasto dei reticoli fluviali) per 15, a destra e a sinistra delle sponde dell'alveo ordinario.

2) Esondazione in caso di presenza di argini.

Si è considerata a rischio l'area comprendente il corso d'acqua delimitata dall'intersezione tra il terreno e un piano orizzontale tracciato a una quota superiore di 1 metro a quella del punto più elevato delle arginature. L'area a rischio non sarà in ogni caso estesa per più di L metri, essendo L il prodotto dell'ordine di Horton dell'asta considerata (desumibile dal CD del Catasto dei reticoli fluviali) per 10, a destra e a sinistra delle sponde dell'alveo ordinario. Sono state escluse da questa categoria le aree esterne ad argini ritenute insormontabili rispetto a piene con tempo di ritorno $T=200$ anni.

3) Esondazioni causate dalla presenza di attraversamenti.

Si è considerata a rischio l'area comprendente il corso d'acqua delimitata dall'intersezione tra il terreno e un piano orizzontale tracciato a una quota superiore di 1 metro a quella del punto più elevato dell'estradosso dell'impalcato dell'attraversamento.

L'area a rischio non sarà in ogni caso estesa per più di L metri, essendo L il prodotto dell'ordine di Horton dell'asta considerata (desumibile dal CD del Catasto dei reticoli fluviali) per 10, a destra e a sinistra delle sponde dell'alveo o delle spalle del ponte, qualora questa condizione risulti più



cautelativa. Sono state escluse da questa categoria le aree esterne a tratti d'alveo in cui siano presenti attraversamenti ritenuti insormontabili rispetto a piene con tempo di ritorno $T=200$ anni. Restano valide le prescrizioni di cui al precedente punto in presenza di arginature.

Sono stati, altresì, considerati a rischio le aree e i punti critici indicati nel Piano di Protezione Civile per la provincia di Catanzaro e nel Piano di Previsione e Prevenzione del Rischio di Cosenza.

Sono state, infine, riportate nella cartografia, allegata al PAI, le aree soggette a onde di sommersione a valle di opere di ritenuta. Tali aree, comunque a rischio, non rientrano nella classificazione di cui al D.P.C.M. 29/09/98.

2.1.3 Criteri generali per l'assegnazione delle classi di rischio

Nella scelta delle classi di rischio, si è tenuto conto dei seguenti elementi:

1) se il calcolo idraulico ha mostrato esondazioni in specifiche sezioni trasversali, in sponda destra o in sponda sinistra o in entrambe, il livello di rischio è stato valutato in maniera inversamente proporzionale al tempo di ritorno e proporzionale all'importanza degli elementi esposti. Nelle sezioni risultate critiche per $T=20\div50$ anni, e in presenza di edifici, strutture viarie principali e aree industriali, si è stabilito un livello di rischio R4.

Analogamente, nel caso di esondazioni per $T=100\div200$ anni, si è scelto il livello di rischio R3. Infine, per $T=500$ anni, il rischio è stato valutato come R2 o R1;

2) nelle sezioni in cui il calcolo idraulico non ha mostrato esondazioni, ma per le quali risulta dalle informazioni storiche e aerofotogrammetriche che le stesse esondazioni sono occorse, per rotture di argini o sormonti, si è preferito operare delle scelte di classi di rischio cautelative. Ciò tiene in considerazione i limiti del calcolo idraulico.

Pertanto, nel caso di informazioni tratte da documentazione storico-cronachistica riguardante località soggette a inondazioni negli eventi del passato, il livello di rischio adottato varia da R1 (aree allagate o allagabili in base all'andamento altimetrico della zona) a R2 (aree inondate con danni economici meno rilevanti) a R3 (aree inondate con danni economici più rilevanti).



Nel caso in cui la perimetrazione effettuata secondo i criteri sopra esposti abbia condotto alla delimitazione di aree a rischio di notevole estensione, non si può escludere, comunque, che all'interno di queste vi siano delle sub-aree con livello di rischio differente da quello adottato. Il perfezionamento della procedura di classificazione del rischio, secondo il dettato della legge, potrà avvenire con studi idraulici più approfonditi, basati su rilievi topografici areali di dettaglio, in particolare per le zone ritenute allagabili con l'utilizzo di modelli bidimensionali.

Gli elaborati cartografici, in generale, sono stati prodotti in scala 1:5'000 o 1:25'000.

A. Quando si è adottato il criterio idrologico-idraulico, confrontato con quello storico, sono stati prodotti cinque elaborati:

- il primo (denominato C1), in scala 1:5'000, è relativo alla perimetrazione delle aree vulnerate negli eventi del passato, corredata da indicazioni puntuali di situazione di crisi (rottture di argini, crolli di attraversamenti quali ponti, etc.);
- il secondo (C2), in scala 1:5'000, localizza le sezioni di esondazione (secondo quanto ottenuto dai calcoli idraulici), i punti di crisi rilevati in situ (interruzioni di argine, occlusioni di luci di ponti, etc.) e i punti di scatto del rilievo fotografico;
- il terzo (C3), in scala 1:5'000, evidenzia quali siano gli elementi esposti (edifici, strutture viarie, etc.);
- il quarto (C4), in scala 1:5'000, contiene la perimetrazione delle aree a rischio, da R1 a R4;
- il quinto (C5), infine, è una raccolta monografica per Comune, composta da due carte in scala 1:25'000 (ciascuna carta, a sua volta in una o più tavole secondo l'estensione del territorio comunale). La prima carta (denominata AV) indica le aree vulnerate e gli elementi a rischio, con informazioni derivanti da tutte le fonti disponibili (AVI, SIRICA, Piano di Protezione Civile per la provincia di Catanzaro, Piano di Previsione e Prevenzione del Rischio di Cosenza, aree soggette a onde di sommersione a valle di opere di ritenuta, piani ASI, piani PIP, siti archeologici, informative dei Comuni areali e puntuali); la seconda carta (denominata RI) riporta la perimetrazione delle aree a rischio idraulico.

B. In mancanza di studio idrologico-idraulico, non essendo state valutate aree di esondazione a diversi tempi di ritorno e, quindi, aree a rischio, è stato prodotto soltanto l'elaborato C5, in cui la



carta RI riporta, però, aree, punti e zone di attenzione, secondo il dettato dell'art. 24 delle Norme di attuazione del PAI emanate dall'Autorità di Bacino Regionale. Le aree di attenzione derivano, pertanto, dall'utilizzo del criterio geomorfologico

e, in presenza di dati storici, del criterio storico.

2.1.4 Aggiornamento del PAI 2016

La necessità di aggiornare il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), da parte dell'Autorità di Bacino, è derivata da due aspetti principali. Il primo riguarda il fatto che dalla sua data di adozione nel 2001 non è mai stata attuata un'attività sistematica di revisione ed aggiornamento delle aree soggette a rischio idraulico come inizialmente perimetrata pur avendo predisposto, nel corso degli anni, specifici aggiornamenti che hanno riguardato unicamente aree localizzate a seguito di espresse richieste di riclassificazione ricevute da Pubbliche Amministrazioni. Il secondo aspetto riguarda la necessità di rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva Europea 2007/60 recepita in Italia dal D. Lgs. 49/2010, che intende istituire “un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche”. A seguito del D. Lgs. 49/2010 recentemente il MATTM ha pubblicato gli “Indirizzi operativi per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni”.

Nel sopra citato documento vengono indicate le procedure da seguire allo scopo di rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva 2007/60 e dal D. Lgs 49/2010 delineando “un percorso di omogeneizzazione delle metodologie di definizione e rappresentazione delle mappe di pericolosità e rischio sui territori nazionali, al fine di capitalizzare quanto ad oggi realizzato e affrontare in modo condiviso, organico ed adeguato la gestione del rischio idraulico in Italia nel prossimo futuro.”

Per rispettare il sopra citato quadro normativo è stato richiesto alle singole regioni di redigere il Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (PGRA) sotto il coordinamento delle competenti Autorità di Distretto idrografico, che nel caso della Calabria è identificata nell'Autorità di Bacino del Liri, Garigliano, Volturno.



In particolare, nel sopra citato documento, dopo un richiamo della normativa nel settore ed agli enti competenti, si fa riferimento ai tre livelli di dettaglio per gli studi di individuazione della pericolosità idraulica di seguito specificati:

- livello base: analisi speditive mediante utilizzo di metodi storico inventariali e geomorfologici sulla base di conoscenze con modesto grado di attendibilità;
- livello intermedio: analisi idrologico idrauliche di tipo speditivo - e analisi geomorfologiche basate su conoscenze aggiornate e con medio grado di attendibilità;
- livello avanzato: analisi idrologico o idrauliche di tipo avanzato basate su conoscenze aggiornate e con alto grado di attendibilità.

Nello stesso documento al fine di uniformare il lavoro delle diverse Autorità di Bacino che hanno adottate diverse metodologie per la perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico, in considerazione del fatto che il primo passo per la definizione delle aree soggette a rischio idraulico è quello della perimetrazione della pericolosità idraulica con riferimento a tre diversi tempi di ritorno, viene indicato il metodo seguente per la determinazione delle tre diverse pericolosità:

Caso 1: AdB che, ad oggi, hanno provveduto alla definizione e mappatura delle fasce fluviali:

- fascia A → P3 (pericolosità elevata);
- fascia B → P2 (pericolosità media);
- fascia C → P1 (pericolosità bassa);

Caso 2: Adb che, ad oggi, hanno provveduto alla definizione e mappatura della pericolosità attraverso 4 classi:

- P4 e P3 (molto elevata ed elevata) → P3 (pericolosità elevata);
- P2 (media) → P2 (pericolosità media);
- P1 (moderata) → P1 (pericolosità bassa).



Caso 3: AdB che, ad oggi, hanno provveduto alla definizione e mappatura delle aree inondabili:

- aree con elevata probabilità di accadimento ($30 \leq T \leq 50$) → P3 (pericolosità elevata);
- aree con media probabilità di accadimento ($100 \leq T \leq 200$) → P2 (pericolosità media);
- aree con bassa probabilità di accadimento ($200 \leq T \leq 500$) → P1 (pericolosità bassa).

Il caso della regione Calabria può essere considerato come rientrante nell'ultima delle fattispecie sopra elencate. Poiché le aree perimetrate nel PAI come aree a rischio idraulico sono nella sostanza aree a pericolosità idraulica. In particolare il PAI individua infatti le aree soggette a rischio idraulico in funzione del tempo di ritorno dell'evento di piena che interessa tali aree. I tempi di ritorno utilizzati sono 50 anni per l'individuazione delle aree R4, 200 anni per le aree R3 e 500 anni per le aree R2.

In funzione di quanto sopra espresso si ritiene opportuno pervenire alla redazione della carta di pericolosità e di rischio idraulico del PAI attraverso una rivisitazione ed aggiornamento delle attuali perimetrazioni che sarà attuato attraverso le seguenti fasi di attività:

1. Definizione della pericolosità sulla base delle aree attualmente perimetrate
 - 1.a - Passaggio dalle attuali aree a rischio idraulico ad aree a diversa pericolosità idraulica
 - 1.b - Passaggio dalle aree e zone d'attenzione ad aree a pericolosità idraulica P3
2. Individuazione di nuove aree a pericolosità idraulica lungo il reticolo idraulico sulla base di un criterio misto geomorfologico e idraulico
3. Aggiornamento del PAI attraverso l'inserimento di studi idrologici-idraulici condotti in ambito istituzionale
4. Ripерimetrazione delle aree a pericolosità derivate da aree e zone d'attenzione (punto 1.b)
 - 4.a - Su base geomorfologica e/o studi idrologico-idraulici speditivi.
 - 4.b - Sulla base di studi idrologici-idraulici di dettaglio.
5. Individuazione delle aree a rischio per sovrapposizione tra aree a pericolosità ed elementi vulnerabili.



Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

Il contenuto delle varie fasi di attività è meglio dettagliato nel seguito. Alla luce di quanto sopra espresso ed in particolare dell'attività di cui ai punti 1 e 2 risulta evidente che occorre rivedere anche l'impianto normativo del PAI che, con riferimento alla problematica del rischio alluvione, sarà incentrato sulla pericolosità idraulica e non più sul rischio idraulico come è allo stato attuale.

2.1.5 Inquadramento territoriale all'interno del PAI

L'ambito territoriale di progetto risulta contenuto all'interno delle mappature prodotte dal PAI redatto dall' Autorità di Bacino della Regione Calabria.

La prima perimetrazione dell'area, relativa al vigente PAI 2001, è contenuta all'interno della Carta di sintesi del pericolo e rischio di inondazione, e pone la zona all'interno delle aree e punti e zone di attenzione (art. 24 Norme di attuazione).

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 22 di 54



Relazione Idrologica



Stralcio planimetrico PAI 2001

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





L'aggiornamento del PAI del 2016 ha prodotto una nuova mappatura dell'area, definendo la perimetrazione di un'area a pericolosità P3 - livello intermedio, in sostituzione delle aree di attenzione prodotte dal PAI 2001. L'area P3 è definita come ad alta pericolosità idraulica, ed il PAI persegue l'obiettivo di garantire al suo interno condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 20 – 50 anni (art. 21 Aggiornamento Norme di attuazione e misure di salvaguardia).



Stralcio planimetrico Aggiornamento PAI 2016



3. PLUVIOMETRIA

La procedura utilizzata nel prosieguo per il calcolo delle portate di progetto è di tipo indiretto considerato che l'informazione idrometrica per l'area in esame risulta non sufficiente a fornire stime attendibili.

Si riportano di seguito i principali risultati ottenuti nell'ambito del progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Calabria. L'illustrazione completa della procedura è riportata nel Rapporto Regionale Valutazione delle piene in Calabria (Versace et al., 1989).

La presentazione sintetica dei risultati, che si riporta nel seguito, fornisce unicamente le indicazioni essenziali per l'applicazione delle procedure proposte.

Tutti i dati utilizzati nella realizzazione del rapporto Valutazione delle Piene in Calabria (Versace 1988) sono stati desunti dagli annali del Servizio Idrografico e Mareografico (SIMN) di Catanzaro.

Per quanto riguarda i valori massimi annuali delle precipitazioni giornaliere e di breve durata sono state utilizzate tutte le stazioni calabresi del compartimento di Catanzaro che hanno funzionato nel periodo 1916-1987. In particolare sono state prese in considerazione 278 stazioni munite di pluviometro e 125 di pluviografo. Il numero di dati presenti per ogni stazione varia notevolmente; con riferimento ai massimi annuali delle piogge giornaliere esso va da un minimo di 6 (Sella Entrata) ad un massimo di 52 (Torano Scalo, Longobucco, Trepidò, Albi, Catanzaro, Girifalco, Serra S. Bruno, Motta S. Giovanni, Reggio Calabria, Rogliano) mentre, i massimi annuali delle piogge di breve durata presentano un numero minore di anni di funzionamento; si va infatti da 2 (Rende) ad un massimo di 37 (Cittanova e Decollatura). Per i massimi annuali delle piogge giornaliere le stazioni con il numero di dati (n) maggiore di 30 sono 176 per un totale di 8015 anni stazione, mentre quelle con i massimi annuali delle piogge brevi con $n > 20$ sono 49 per un totale di 1423 anni stazione.

La legge di distribuzione probabilistica utilizzata, prescritta anche dal PAI, per la variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria o suboraria t , è la *Two Component Extreme Value* (TCEV), secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica



provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (*outliers*), legati a differenti fenomeni meteorologici.

La funzione di distribuzione di probabilità della h_t è funzione di 4 parametri: Λ_1 , ϑ_1 , Λ_2 e ϑ_2 , che esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni (Λ_1 e Λ_2) e il loro valore medio (ϑ_1 e ϑ_2). Se si pone $\vartheta^* = \vartheta_2/\vartheta_1$ e $\Lambda^* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\vartheta^*}$, si può considerare la quaterna di parametri Λ^* , ϑ^* , Λ_1 e ϑ_1 . La funzione di distribuzione di probabilità della variabile casuale $x=h_t$ (massimo annuale della pioggia di durata t) è espressa come segue:

$$F_x(x) = \exp [- \Lambda_1 e^{-x/\vartheta_1} - \Lambda_2 e^{-x/\vartheta_2}]$$

Nel VAPI l'analisi delle piogge giornaliere ha portato alla verifica dell'ipotesi che la Calabria sia una zona pluviometricamente omogenea, ciò implica la costanza dei parametri $\Lambda^*=0,418$ e $\vartheta^*=2,154$. Si sono, quindi, individuate tre sottozone in cui si ritiene costante il coefficiente di variazione e di conseguenza il parametro Λ_1 (sottozona tirrenica, T: $\Lambda_1=48,914$; sottozona centrale, C: $\Lambda_1=22,878$; sottozona ionica, I: $\Lambda_1=10,987$).

All'interno di ciascuna SZ pluviometrica omogenea resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita KT .

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\vartheta^*} e^{-\eta k/\vartheta^*})}$$

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile.

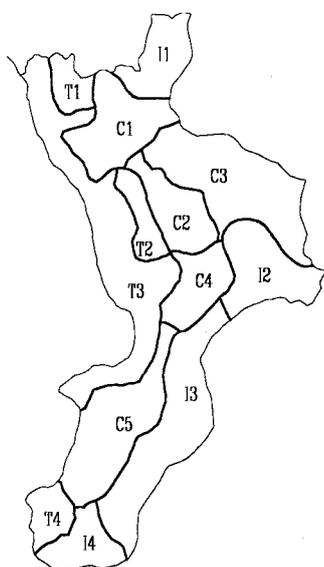
Si riportano di seguito i valori di KT ottenuti numericamente dalla relazione precedente per alcuni valori del periodo di ritorno.



Relazione Idrologica

T ,anni	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K _T (Tirreno)	0.92	1.22	1.45	1.69	1.78	1.95	2.04	2.32	2.60	2.98	3.27
K _T (Centrale)	0.91	1.26	1.53	1.81	1.91	2.12	2.22	2.54	2.87	3.32	3.65
K _T (Ionio)	0.89	1.31	1.63	1.97	2.09	2.34	2.46	2.85	3.25	3.78	4.18

Infine, sono state delimitate 13 aree omogenee, in ciascuna delle quali è stato ritenuto valido un legame di correlazione tra la media delle altezze di pioggia massime annuali e la quota sul mare.



Limiti delle zone e sottozone omogenee del compartimento della Calabria [Ferrari e altri, 1994].

Per il calcolo della media delle altezze di pioggia massime annuali è stata utilizzata una curva di possibilità pluviometrica di tipo monomio $h_m(t) = a \cdot t^n$ i cui parametri a e n sono espressi nel seguente modo per ciascuna delle 13 zone individuate.

$$n = \frac{CZ + D - \text{Log } r - \text{Log } a}{\text{Log } 24}$$



Relazione Idrologica

Area Pluviometrica Omogenea		a	c	d
T1	(Pollino)	27.79	0.00014	1.907
T2	(Sila grande – sottozona tirrenica)	23.75	0.00021	1.683
T3	(Alto e medio Tirreno)	26.61	0.00022	1.769
T4	(Stretto)	26.73	0.00028	1.736
C1	(Basso Crati)	21.73	0.00049	1.690
C2	(Sila grande – sottozona centrale)	23.75	0.00021	1.683
C3	(Sila greca)	31.02	0.00016	1.951
C4	(Sila piccola)	33.22	0.00032	1.840
C5	(Serre orientali)	34.99	0.00036	1.815
I1	(Alto Ionio)	24.37	0.00026	1.778
I2	(Marchesato)	30.97	0.00025	1.922
I3	(Medio e basso Ionio)	39.58	0.00043	1.953
I4	(Aspromonte merid.)	34.13	0.00027	1.817

Per passare dall'informazione puntuale a quella areale, per valutare cioè la media delle massime precipitazioni di durata t su tutta l'area, la stima può essere fatta a rigore solo disponendo delle serie storiche costituite dai massimi annuali delle piogge di durata t sull'area in esame.

In assenza di tali dati, una stima largamente approssimata può essere ottenuta assumendo che la media areale è pari alla media dei valori medi puntuali. *“I risultati sono tanto più sovrastimati quanto più grande è l'area considerata”.*

Un'ulteriore approssimazione nella stima della precipitazione areale è stata introdotta ponendo nelle relazioni precedenti Z pari alla quota media ipsografica del bacino. Tale assunzione da un lato consente di non appesantire l'indagine con la ricostruzione dell'integrale ipsografico, dall'altro non introduce sostanziali errori come evidenziato da alcune verifiche numeriche sempre riportate nello studio di Versace qui sintetizzato.

Analogamente nel caso di bacino ricadente in più aree omogenee la legge di probabilità pluviometrica è stata ottenuta come media pesata tra le curve relative alle ipotesi di bacino ricadente per intero in ciascuna delle aree. Anche in questo caso si è introdotta una notevole



semplificazione nei calcoli senza provocare errori apprezzabili, almeno alla luce dei tests numerici effettuati nel citato studio.

Lo studio di Versace propone inoltre, per il calcolo delle portate, l'utilizzo di un fattore di riduzione areale fornendo la seguente relazione

$$ARF = a + (1-a) \exp(-bA)$$

i cui parametri a e b, calcolati con il metodo dei minimi quadrati, sono risultati pari rispettivamente a 0.732 e 0.0018 avendo espresso A in Km².

Tale relazione è stata desunta e validata mediante l'analisi effettuata su altri studi pubblicati in precedenza da altri autori.

Si ricorda, in particolare la trattazione sul fattore di riduzione areale (ARF) condotta da Penta (1974) per i bacini del versante Jonico della Basilicata, considerando le piogge giornaliere ed ottenendo una curva che esprime ARF in funzione di A, ed un'indagine sull'andamento areale delle piogge giornaliere condotte sul bacino del Fiume Crati (Battista, 1988; Pascuzzi e Catalano, 1988; Catalano et al., 1989), che ha fornito risultati sostanzialmente analoghi a quelli ottenuti per la Basilicata.

4. IDROMETRIA

Per quanto attiene l'informazione idrometrica si sintetizza brevemente quanto contenuto nello studio di Versace.

Per la regionalizzazione delle piene in Calabria sono state utilizzate le serie dei massimi annuali delle portate al colmo delle stazioni idrometriche con più di dieci anni di osservazione, già utilizzate per il primo livello di analisi regionale. I dati sono stati ricavati quasi tutti dalla Pubblicazione Speciale n°17 del Servizio Idrografico Italiano, disponibile a tutt'oggi in cinque



edizioni successive che coprono un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1970. Alcuni dati, relativi a pochi bacini, sono stati messi cortesemente a disposizione dallo stesso Ente per il periodo 1971-84. Per quanto concerne le stazioni idrometriche, esse sono 40, per 24 di esse sono stati utilizzati anche i valori delle portate giornaliere per un numero complessivo di anni di funzionamento pari a 4820, invece i massimi annuali delle portate al colmo sono stati inseriti per tutte le stazioni per un numero complessivo di anni pari a 571.

Per quanto riguarda i parametri relativi al primo livello di regionalizzazione delle portate al colmo di piena, nel Rapporto Calabria, si accetta l'ipotesi formulata da Fiorentino et al. (1987a) che tutta l'Italia appenninica ed insulare possa essere considerata come un'unica zona idrometrica omogenea, ad eccezione della Sardegna, le cui serie storiche non sono state considerate insieme a quelle dei bacini con superficie superiore ai 3.000 Km² o caratterizzati dai fattori locali precedentemente individuati.

La stima dei parametri relativi al primo livello di regionalizzazione è stata effettuata utilizzando 28 serie con N > 35 per un totale di 1091 anni stazione.

Dato l'esiguo numero di serie utilizzabili non è stato possibile, come nel caso delle piogge giornaliere, servirsi di tecniche di tipo cluster analysis per identificare le SZO idrometriche. In base ai dati disponibili si è formulata l'ipotesi che la Calabria sia suddivisibile in 3 SZO idrometriche del tutto analoghe a quelle identificate nell'analisi delle piogge, ammettendo uno stretto legame tra i valori di Λ_1 (numero medio di eventi annuali indipendenti della componente base) che caratterizzano le piogge giornaliere e le portate al colmo.

Le stime dei parametri relativi alle 3 sottozone è riportata di seguito.

Sottozona	ϑ_*	Λ_*	Λ_1	η
Tirrenica	2.654	0.350	10.147	3.631
Centrale			5.519	3.033
Ionica			3.047	2.443

E' importante notare che in questo secondo caso i bacini che ricadono parte in una SZO e parte



in un'altra sono stati attribuiti alla sottozona con il Λ_1 più basso, in conformità del significato fisico attribuito a tale parametro, ritenendo cioè non rilevanti ai fini delle piene gli eventi pluviometrici che interessano solo una parte del bacino imbrifero.

Si riportano di seguito i valori di K_T ottenuti numericamente dalla espressione precedentemente riportata per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (Tirreno)	0.86	1.31	1.68	2.11	2.26	2.58	2.74	3.23	3.74	4.41	4.92
K_T (Centrale)	0.83	1.38	1.82	2.33	2.50	2.89	3.08	3.68	4.28	5.08	5.69
K_T (Ionio)	0.79	1.47	2.02	2.65	2.87	3.35	3.58	4.32	5.07	6.07	6.82

Nello studio di Versace vengono riportate diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino.

La più accreditata, al termine di una serie di valutazioni, risulta essere la seguente.

$$m(Q) = 1.578 A_{rid}^{0.839}$$

In tale relazione monomia proposta dal VAPI, l'area del bacino è intesa in forma ridotta cioè depurata delle "aree che non contribuiscono alle piene per la presenza di invasi e perché fortemente permeabili".

L'utilizzo di tale espressione è stato riscontrato in alcune pubblicazioni ufficiali tra cui si ricorda il "Rapporto sul Rischio di inondazione nella Provincia di Cosenza", curato dall'Università degli Studi della Calabria, dove l'espressione viene utilizzata per calcolare la portata di progetto del fiume Crati chiuso al Ponte della Massa.



5. METODOLOGIA DI STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Così come previsto nelle Linee Guida emanate nell'ambito del PAI, per la valutazione delle portate è stata considerata una pioggia con durata pari a quella corrispondente al tempo di corrivazione del bacino stesso (determinata in base alle sue caratteristiche fisiche: pendenza dell'asta media del torrente, quota media del bacino, ecc...), ed è stato utilizzato come modello di trasformazione la classica *Formula Razionale*.

$$Q_c = A \cdot \Phi \cdot h / (3.6 \cdot tc)$$

dove A = superficie del bacino in Km²; Φ = coefficiente di afflusso; h = altezza di precipitazione in mm corrispondente alla durata critica (tc) del bacino per assegnato periodo di ritorno T .

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione tc .

Alla relazione di cui sopra, per corsi d'acqua aventi bacini imbriferi con superfici superiori ai 10 Km², viene associato un fattore di riduzione areale (ARF), così come prescritto dal VAPI e precedentemente descritto.

5.1 Calcolo del tempo di corrivazione

Così come previsto nelle Linee Guida del PAI, i tempi di corrivazione dei bacini analizzati sono stati calcolati mediante la nota formula di Giandotti (1934,1937) che risulta idonea, considerata l'estensione dei bacini sottesi:



$$t_c = (4\sqrt{A} + 1.5 L) / (0.8 \sqrt{H_m - H_0})$$

essendo t_c (ore) il tempo di corrivazione, A (km²) l'area della superficie topografica, L (km) la lunghezza dell'asta principale, H_m (m) l'altitudine media del bacino, H_0 (m) la quota della sezione di chiusura.

5.2 Metodo del CN

La pioggia lorda è stata depurata dalle perdite attraverso il coefficiente di afflusso Φ . Il calcolo è stato eseguito con il metodo del Curve Number¹, proposto dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti. La formulazione usata permette di ricavare la pioggia netta depurata in base all'espressione:

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

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

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

ed I è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione $I = 0.2 \cdot S$.

¹U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, *SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology*, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972.



In particolare il metodo del CN sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN che definisce la relazione precipitazione–volume di deflusso in bacini idrografici di cui è nota, oltre che la morfologia, la copertura vegetale e il tipo idrologico di suolo presenti nelle carte tematiche.

Il parametro CN, ricavato dall'analisi qualitativa delle carte tematiche, rappresenta la capacità di una porzione di terreno del bacino imbrifero di produrre deflusso ed è stato calcolato sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

La carta del CN è stata realizzata sulla base delle informazioni fornite dalla carta litologica e dalla carta dell'uso del suolo del Progetto CORINE.

Il valore del CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche del suolo (quattro tipi A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

- Gruppo A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, in condizioni di saturazione, molto levata; comprende sabbie profonde, con bassa percentuale di limi e argille molto permeabili.
- Gruppo B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso e capacità di infiltrazione, anche in condizioni di saturazione, elevata; comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al gruppo A;
- Gruppo C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta e scarsa capacità di infiltrazione e saturazione; comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argille e colloidali.
- Gruppo D: Suoli aventi potenzialità di deflusso molto elevate e scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione; comprende argille ad elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

I valori del CN normalmente utilizzati per i tipi di suolo A, B, C e D e per una condizione standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC", Antecedent Moisture Condition, di classe II) sono riportati nella seguente tabella.

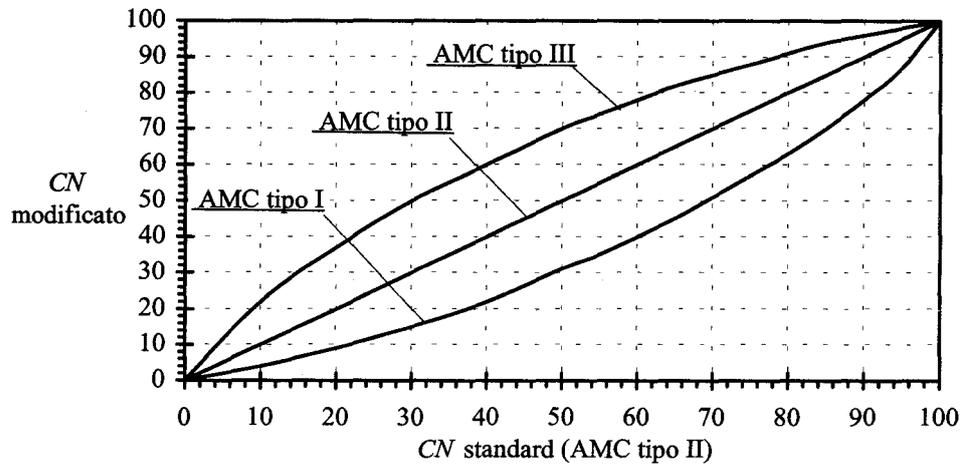


Relazione Idrologica

Valori del parametro CN per i diversi tipi di suolo A, B, C, D e per AMC di classe II.

COPERTURA (USO DEL SUOLO)	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
Suolo coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Suolo da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni	30	58	71	78
Suoli boscosi o forestati:				
suolo sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade:				
pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Per condizioni antecedenti l'evento molto umide (AMC di classe III) o molto asciutte (AMC di classe I) i valori del parametro CN vanno modificati, secondo il Soil Conservation Service, in relazione alle curve riportate nella seguente figura.



Curve di conversione dei valori CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento.

Nella presente trattazione si sono ipotizzate, cautelativamente, umide le condizioni antecedenti di umidità del suolo (Antecedent Moisture Conditions, AMC, di tipo III, secondo la classificazione del SCS).

5.3 Applicazione del metodo e calcolo delle portate di progetto - Bacino del Mesima

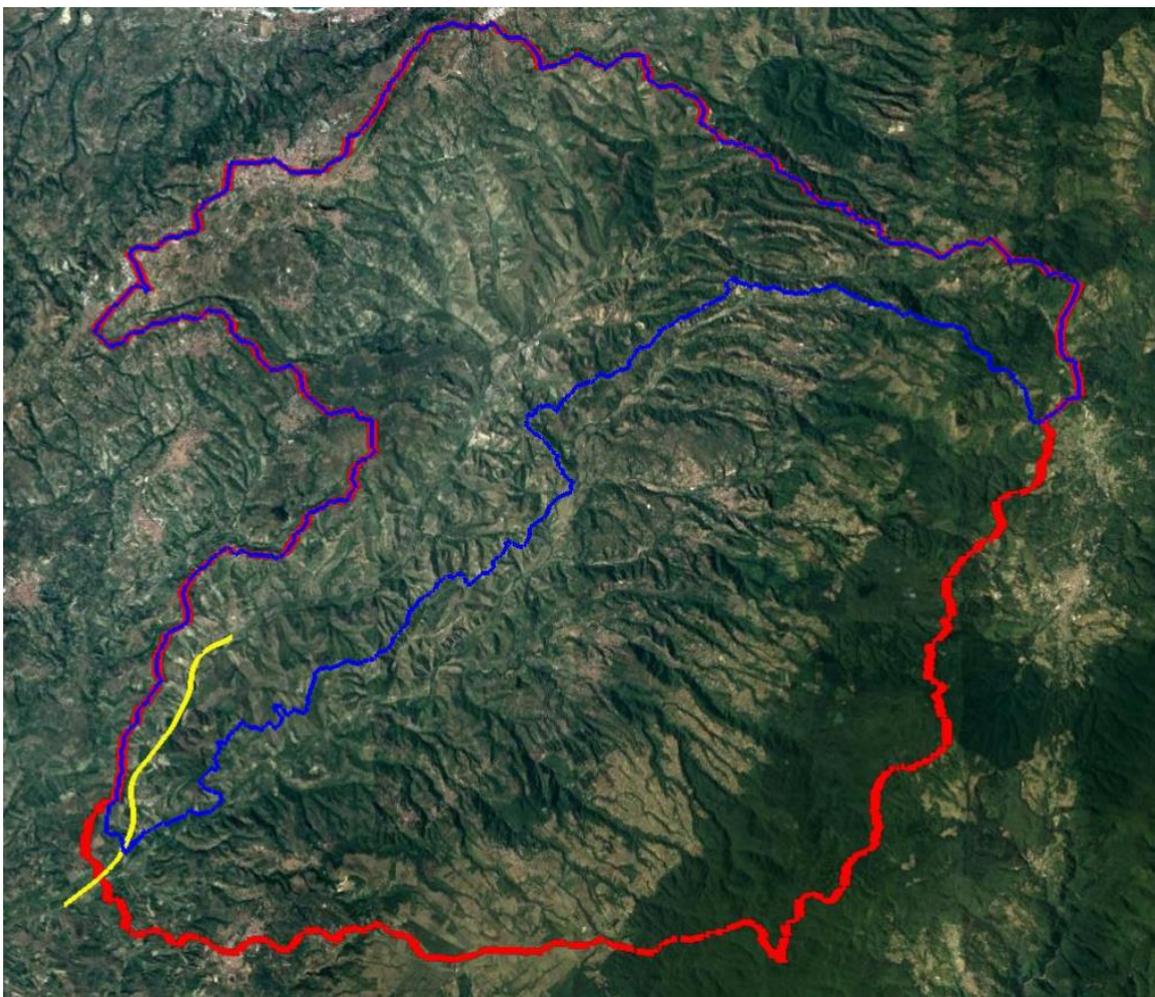
La presente analisi idrologica ha come fine la progettazione degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente l'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima. Le valutazioni effettuate hanno riguardato dunque l'entità delle piene del fiume Mesima in prossimità del tratto autostradale compreso nel presente progetto. In particolare, sono stati individuati due bacini idrografici per la valutazione delle portate di progetto.

Il bacino principale presenta la sezione di chiusura a valle del viadotto Mesima IV e si estende per circa 408 kmq. Tale sezione di chiusura si trova poco dopo la confluenza con il Marepotamo, affluente che presenta portate con valori superiori a quelle presenti del Mesima, e che dunque provoca un notevole incremento delle portate defluenti all'interno Mesima stesso. Le portate



risultanti interessano il tratto autostradale compreso tra la confluenza con il Marepotamo ed il km 378+500.

Per l'analisi idraulica del tratto autostradale posto a monte della confluenza con il Marepotamo, sino al km 369+800, è stato preso in esame il bacino idrografico del fiume Mesima a monte della confluenza con il Marepotamo. Il bacino si estende per circa 172 Km².



Bacino del Mesima (in rosso) e sottobacino del Mesima a monte del Marepotamo (in blu) con tracciato autostradale oggetto del presente progetto (in giallo)



Di seguito si riporta lo svolgimento dei calcoli delle portate di massima piena al variare dei tempi di ritorno considerati.

Come già esposto precedentemente, il calcolo dell'altezza di pioggia di progetto è stato effettuato utilizzando la regionalizzazione del progetto VAPI, secondo la metodologia riportata nei capitoli precedenti.

Da un punto di vista operativo, la procedura si articola nei seguenti passi:

- Perimetrazione e determinazione caratteristiche geomorfologiche e fisiologiche dei bacini;
- calcolo del tempo di corrivazione;
- calcolo dell'altezza di pioggia puntuale;
- calcolo della pioggia netta;
- calcolo della portata al colmo.

La perimetrazione dei bacini sottesi alle sezioni di chiusura di interesse è stata effettuata sulla base della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000. +6.

La caratterizzazione fisiografica e morfometrica delle aste fluviali e dei bacini sottesi è stata effettuata, in ambiente ArcGIS della ESRI utilizzando il DEM del terreno con maglia 10m x 10m. Per ciascuna sezione di chiusura e per il relativo bacino idrografico sono stati valutati i parametri significativi, necessari alla stima del tempo di corrivazione:

- Superficie del bacino (S - km²);
- altitudine massima (Hmax - m s.m.);
- altitudine media (Hmedia - m s.m.);
- altitudine in corrispondenza della sezione di chiusura (Hmin - m s.m.).

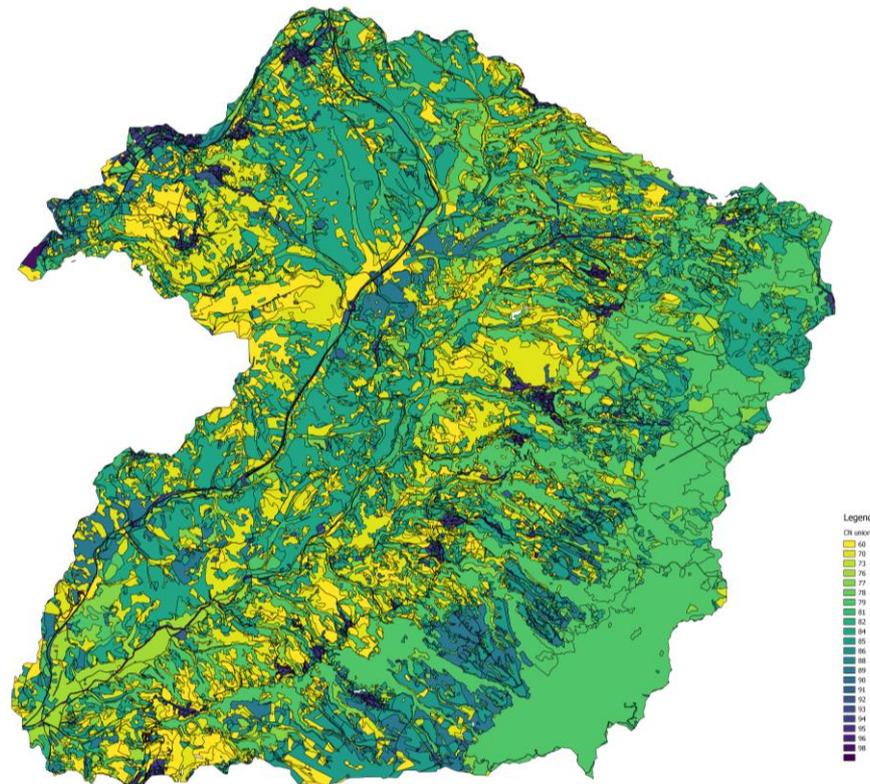


Caratterizzazione fisiografica e morfometrica del bacino del Mesima mediante modello digitale del terreno

La valutazione del CN II, nell'ambito dei bacini idrografici di interesse, è stata effettuata in ambiente ArcGis, attraverso l'incrocio dei dati della carta geologica e dalla carta dell'uso del suolo ottenuta a partire dal Corine Land Cover.



Relazione Idrologica



Caratterizzazione del CN II del bacino del Mesima

Successivamente è stato possibile valutare, attraverso le relazioni sopra esposte, il valore del CN III.



Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

Di seguito si riporta lo svolgimento dei calcoli e i valori delle portate al colmo ottenute secondo le metodologie esposte.

BACINO	A	L	H _{med}	H _{med c5}	H _{med T3}
	Kmq	Km	m	m	m
MESIMA	408.300	45.8	406.7	424.25	308.96
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	171.8	44.7	320.0	428.25	308.96
MAREPOTAMO	236.4	35.4	499.0	499.0388	-

BACINO	n _{c5}	n _{T3}	A _{c5}	A _{T3}	H (s. chiusura)	tc (Giandotti)	h _m
			Kmq	Kmq	m	ore	mm
MESIMA	0.35	0.34	347.59919	60.65234275	34.0	9.68	74.37
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	0.35	0.34	111.19223	60.65234275	44.0	8.99	68.69
MAREPOTAMO	0.37		236.40696		34.0	6.65	70.33

BACINO	h ₂₀	h ₅₀	h ₁₀₀	h ₂₀₀	h ₅₀₀
	mm	mm	mm	mm	mm
MESIMA	133.26	163.09	186.44	210.42	243.11
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	123.09	150.64	172.21	194.37	224.56
MAREPOTAMO	126.02	154.22	176.31	198.99	229.90

BACINO	S	Ia	CN AMC III	hd ₂₀	hd ₅₀	hd ₁₀₀	hd ₂₀₀	hd ₅₀₀
				mm	mm	mm	mm	mm
MESIMA	34.6	6.9	88	99.151	127.810	150.477	173.899	205.979
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	34.6	6.9	88	89.484	115.803	136.648	158.205	187.751
MAREPOTAMO	34.6	6.9	88	92.260	119.254	140.623	162.717	192.994

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

TAB 5: PORTATE DI MASSIMA PIENA PER I BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI (AMC III)						
TRASFORMAZIONE AFFLUSSI / DEFLUSSI METODO RAZIONALE - CN						
BACINO	ARF	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s
MESIMA	0.86	999.18	1287.99	1516.41	1752.44	2075.72
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	0.93	441.04	570.76	673.50	779.75	925.37
MAREPOTAMO	0.91	826.95	1068.90	1260.45	1458.48	1729.85

Si riportano di seguito i coefficienti udometrici risultanti dalle calcolazioni svolte, riferiti al tempo di ritorno duecentennale.

BACINO	A	q ₂₀₀ (AMC III)
	Kmq	mc/s/kmq
MESIMA	408.30	4.29
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	171.84	4.54
MAREPOTAMO	236.41	6.17

I valori del coefficiente udometrico ottenuti mostrano un comportamento differente tra il bacino del Mesima a monte della confluenza con il Marepotamo ed il bacino del Marepotamo. Quest'ultimo infatti, sebbene ha una superficie dello stesso ordine di grandezza del primo, si caratterizza per una portata al colmo ben maggiore e pari a circa il doppio. Il bacino del Marepotamo, infatti, è dotato in un'asta principale più corta e da pendenze medie molto più elevate; questo influisce in modo determinante sul processo di trasformazione afflussi – deflussi e si sintetizza in un coefficiente udometrico risultante superiore a 6 mc/s/kmq.

A tale proposito, occorre fare menzione di quanto emerso nel corso dell'incontro preliminare presso l'ADB Calabria. I tecnici dell'ADB hanno indicato come accettabile un coefficiente udometrico medio sull'intero bacino pari a 4 mc/s/kmq per la portata duecentennale. Le portate calcolate risultano in accordo con le indicazioni fornite dall'ADB Calabria.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





5.4 Applicazione del metodo e calcolo delle portate di progetto – Bacini secondari

Sono stati studiati i bacini secondari interferenti con l'infrastruttura autostradale nel tratto compreso tra il km 369+800 e il km 378+500, aventi un bacino imbrifero con superficie maggiore a 0.1 Km².

Trattandosi di bacini di dimensioni contenute e con tempi di corrivazione inferiori all'ora, per il calcolo delle portate è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata.

Pertanto è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (Calenda G., Cioffi F., Guercio R., Petaccia A. - Rainfall assessment with inadequate data, 1993), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti r_{δ} fra le altezze di pioggia di durata δ inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Roma Macao dove, su un campione di 8 anni di osservazioni sono stati calcolati i rapporti r_{δ} dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_{δ} , rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1 .

$h5'/h1$	$h10'/h1$	$h15'/h1$	$h20'/h1$	$h25'/h1$	$h30'/h1$
0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

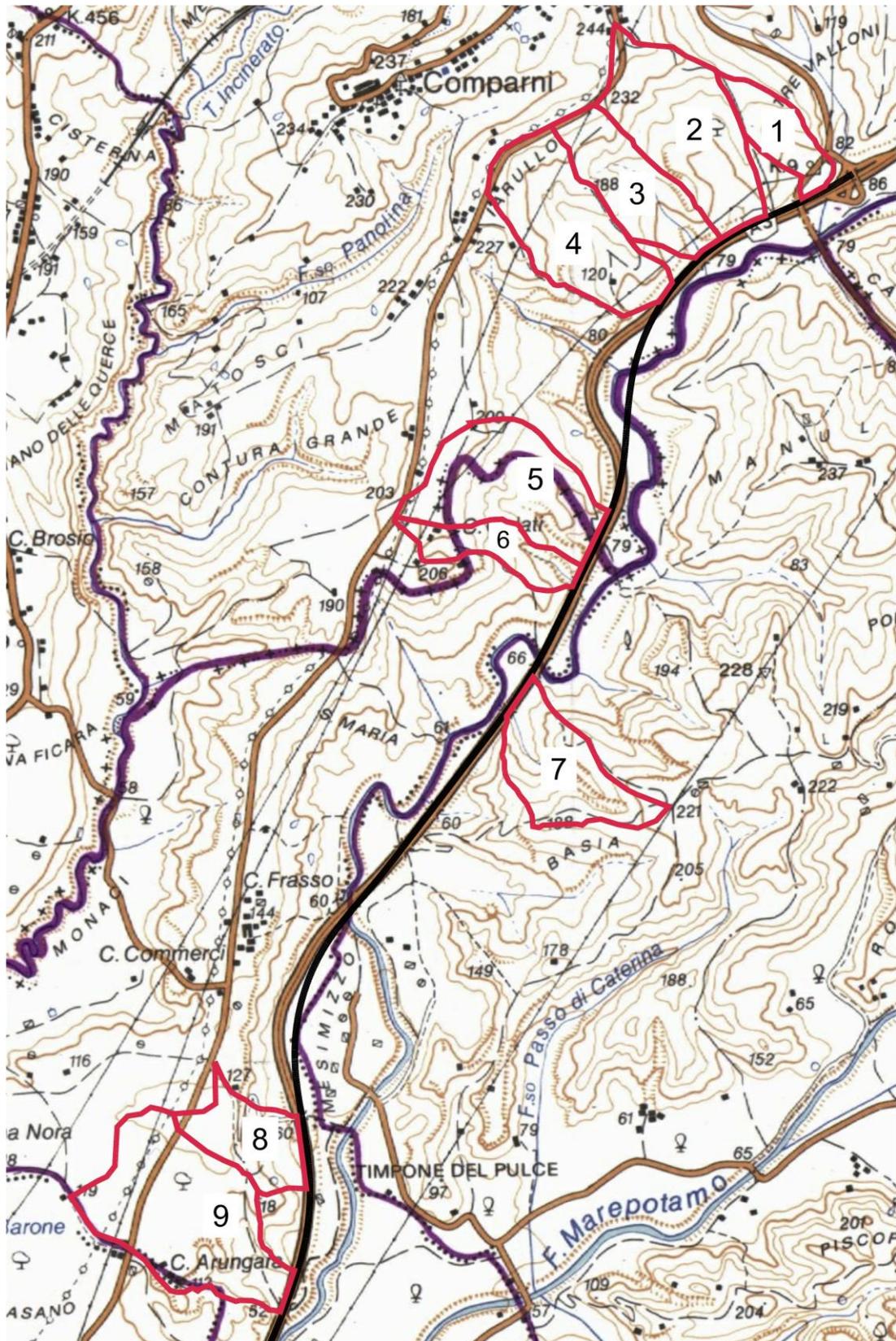
Tabella del valore del coefficiente r_{δ} in funzione della durata di pioggia δ

Fissato un assegnato tempo di ritorno si è moltiplicata la precipitazione oraria, a , per i coefficienti r_{δ} .

Di seguito si riporta la collocazione dei bacini secondari rispetto l'infrastruttura autostradale, e lo svolgimento dei calcoli e i valori delle portate al colmo ottenute secondo le metodologie esposte.



Relazione Idrologica



Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





Relazione Idrologica

TAB 6: CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI SECONDARI

BACINO	A	L	Hmed	SZO	n	tc	h _m
	Kmq	Km	m			ore	mm
1	0.12	0.72	122.03	C5	0.27	0.13	12.59
2	0.38	1.13	150.05	C5	0.28	0.21	16.18
3	0.23	0.90	146.13	C5	0.28	0.17	14.43
4	0.36	1.05	161.82	C5	0.28	0.19	15.65
5	0.36	0.88	150.45	C5	0.28	0.16	14.25
6	0.13	0.89	145.90	C5	0.28	0.16	14.34
7	0.25	0.86	142.19	C5	0.28	0.16	14.06
8	0.17	0.75	97.15	C5	0.26	0.14	12.93
9	0.50	1.10	106.23	C5	0.27	0.20	15.99

TAB. 7: ALTEZZE DI PIOGGIA CRITICA PER I BACINI IDROGRAFICI SECONDARI

BACINO	h ₂₀	h ₅₀	h ₁₀₀	h ₂₀₀	h ₅₀₀
	mm	mm	mm	mm	mm
1	22.78	27.94	31.97	36.12	41.79
2	29.29	35.92	41.10	46.44	53.72
3	26.12	32.04	36.66	41.42	47.92
4	28.32	34.74	39.74	44.91	51.95
5	25.79	31.63	36.19	40.90	47.31
6	25.96	31.84	36.43	41.16	47.62
7	25.45	31.22	35.71	40.35	46.68
8	23.39	28.69	32.83	37.10	42.91
9	28.94	35.50	40.62	45.89	53.09



Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

TAB 8: ALTEZZE DI PIOGGIA CRITICA NETTA PER I BACINI IDROGRAFICI SECONDARI

BACINO	S	Ia	CN AMC III	hd ₂₀	hd ₅₀	hd ₁₀₀	hd ₂₀₀	hd ₅₀₀
				mm	mm	mm	mm	mm
1	34.6	6.9	88	4.978	7.936	10.508	13.354	17.486
2	31.4	6.3	89	9.733	14.398	18.314	22.544	28.553
3	28.2	5.6	90	8.612	12.758	16.240	20.002	25.350
4	28.2	5.6	90	10.104	14.768	18.658	22.844	28.770
5	25.1	5.0	91	9.399	13.688	17.260	21.098	26.526
6	19.1	3.8	93	11.877	16.652	20.554	24.694	30.484
7	31.4	6.3	89	7.269	11.039	14.244	17.736	22.737
8	41.3	8.3	86	4.051	6.753	9.152	11.841	15.792
9	41.3	8.3	86	6.891	10.812	14.197	17.924	23.312

BACINO	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s
1	1.27	2.02	2.68	3.40	4.46
2	4.90	7.25	9.23	11.36	14.38
3	3.34	4.95	6.29	7.75	9.83
4	5.18	7.57	9.56	11.71	14.74
5	5.70	8.30	10.46	12.79	16.08
6	2.58	3.62	4.47	5.37	6.63
7	3.15	4.78	6.17	7.68	9.84
8	1.36	2.27	3.07	3.98	5.30
9	4.74	7.43	9.76	12.32	16.03

Si riportano di seguito i coefficienti udometrici risultanti dalle calcolazioni svolte, riferiti al tempo di ritorno duecentennale.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 46 di 54



BACINO	A	q200
	kmq	mc/s/kmq
1	0.12	27.82
2	0.38	29.93
3	0.23	33.34
4	0.36	32.63
5	0.36	35.96
6	0.13	41.62
7	0.25	30.94
8	0.17	23.68
9	0.50	24.44

5.5 Definizione degli idrogrammi di piena

Allo scopo di approfondire la dinamica delle piene del fiume Mesima si è pervenuti alla definizione degli idrogrammi di piena mediante l'ausilio del programma HEC – HMS 4.2.1.

In primo luogo è stato determinato l'idrogramma di piena del bacino complessivo del Mesima. Nella definizione di tale idrogramma, il tempo di pioggia è stato posto uguale al tempo di corrivazione. L'idrogramma è stato ricavato in corrispondenza della sezione di chiusura posta sul viadotto Mesima IV.

In seguito, allo scopo di approfondire e studiare l'effettivo comportamento in corrispondenza della confluenza con il fiume Marepotamo, è stato scelto di suddividere il bacino principale in due sottobacini distinti. Tale impostazione consente di valutare l'interazione tra i contributi di portata provenienti dai bacini del Mesima e del Marepotamo; il bacino complessivo è stato dunque suddiviso in due sottobacini. Il primo corrisponde al bacino del Mesima a monte della confluenza con il Marepotamo; il bacino si estende per circa 172 Km². Il secondo corrisponde al bacino del Marepotamo, fino alla sezione di chiusura a valle del viadotto Mesima IV, con estensione pari a circa 236 Km².

In questo secondo caso, in recepimento delle indicazioni alla nota di cui al prot. 430154 del 18.12.18 dell'Autorità di Bacino Regionale della Calabria, la definizione degli idrogrammi è stata condotta con riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di pioggia pari a 12 ore. Gli idrogrammi così definiti verranno utilizzati nella modellazione di moto vario.



Mediante il codice di calcolo HEC - HMS si è proceduto alla determinazione degli idrogrammi, corrispondenti alla sollecitazione meteorica con tempo di ritorno bicentenario, per le casistiche precedentemente esplicitate. Gli idrogrammi calcolati per i due sottobacini sono stati sovrapposti e sommati, in corrispondenza della confluenza tra Mesima e Marepotamo, per la determinazione dell'idrogramma complessivo di progetto.

Per la determinazione della sollecitazione meteorica con durata pari a 12 ore, sono state utilizzate le metodologie esposte nella presente relazione. Di seguito si riportano i risultati dei calcoli, utilizzati per la determinazione degli idrogrammi.

TAB.10: ALTEZZA DI PIOGGIA PER $T_p=12 h$

BACINO	t pioggia	h_m	h_{200}
	ore	mm	mm
MESIMA MONTE MAREPOTAMO	12.00	75.93	214.84
MAREPOTAMO	12.00	87.44	247.41

5.5.1 Descrizione del modello idrologico di HEC-HMS

Il programma HEC – HMS 3.5 dell'US Corps of Engineers è stato sviluppato per simulare i processi di trasformazione afflussi - deflussi (precipitazioni – runoff) di bacini di drenaggio naturali e/o artificiali.

L'applicativo consente la creazione di modelli afflussi – deflussi in grado di simulare gli idrogrammi di piena per assegnato tempo di ritorno, sulla base della definizione della pioggia di progetto e dalle caratteristiche idrogeomorfologiche del bacino.

E' necessario definire:

- modello meteorologico (meteorological model);
- modello del bacino (basin model).

Il meteorological model descrive l'evento pluviometrico di progetto (rainfall simulation).

L'evento pluviometrico assegnato, attraverso i punti della curva di probabilità pluviometrica prescelta, può essere inserito o utilizzando il metodo frequency – based hypothetical storm basato su una data frequenza di superamento con ietogramma di tipo "Chicago" 4, o utilizzando il metodo dello specified hyetograph inserendo uno ietogramma di pioggia costante per tutta la



durata dell'evento. Il primo risulta più cautelativo per corsi d'acqua con tempo di corrivazione inferiore all'ora, fissando al valore di un'ora il tempo di durata dell'evento piovoso; il secondo risulta più adatto per i bacini più estesi, individuando la durata critica dell'evento che massimizza gli idrogrammi di progetto.

Date le dimensioni dei bacini oggetto di analisi è stato utilizzato il metodo dello specified hyetograph.

Il Basin model contiene le caratteristiche del bacino e i metodi con i quali effettuare la simulazione dei meccanismi di deflusso (runoff simulation), in riferimento:

- al calcolo dei volumi di runoff (individuazione della pioggia netta che origina il deflusso), per il quale è stato scelto il metodo SCS Curve Number;
- alla trasformazione dell'eccesso di precipitazione in deflusso (generazione dell'idrogramma di piena), basandosi sul metodo dell'idrogramma unitario (IUH), per il quale è stato utilizzato l'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS UH Model).

5.5.2 Tempo di ritardo

L'idrogramma unitario di piena (IUH) del SCS può essere interpretato formalmente come l'idrogramma della piena provocata da una precipitazione di durata infinitesima e di volume unitario. Per definire l'IUH è necessario stimare per ciascun bacino il tempo di ritardo (time lag, t_{lag}), legato al tempo di corrivazione T_c (funzione della velocità di scorrimento) dalla relazione:

$$t_{lag} = 0.6 T_c$$

Il tempo di ritardo t_{lag} , pari al ritardo del baricentro dell'idrogramma rispetto a quello dello ietogramma, è stato calcolato sfruttando tale relazione, a seguito del calcolo per i bacini idrografici del tempo di corrivazione T_c con il metodo di Giandotti.

Di seguito si riportano i valori utilizzati per la definizione degli idrogrammi di progetto per i bacini in esame.

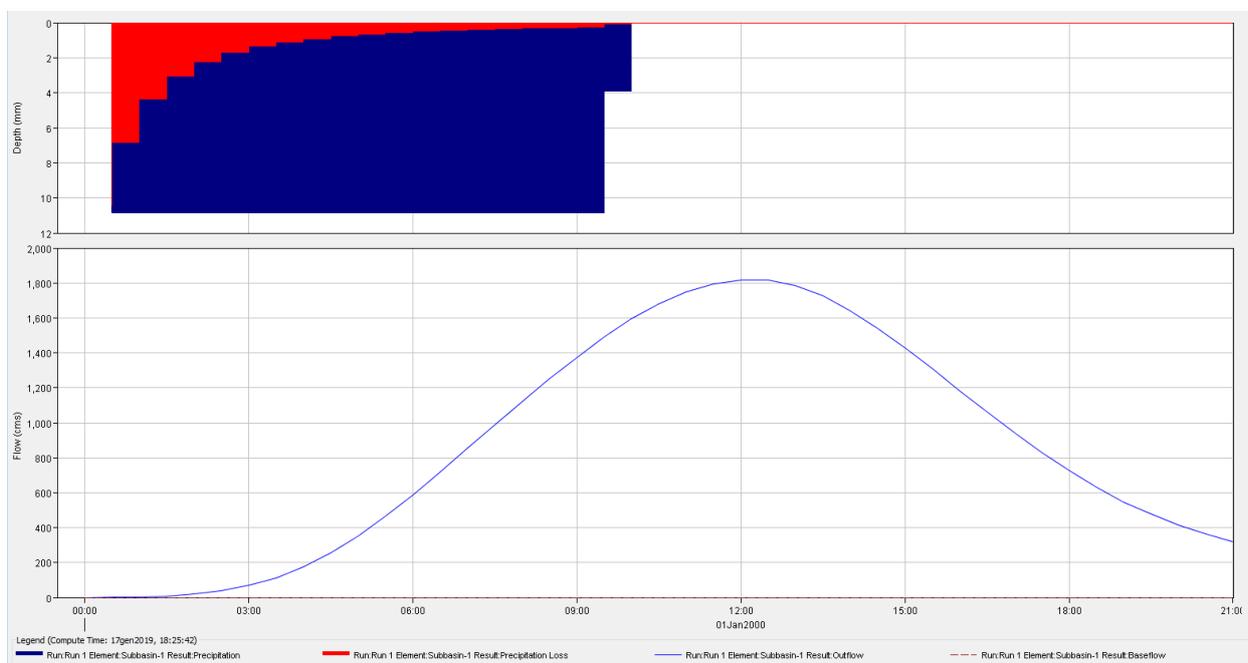


Relazione Idrologica

Bacino	t_{lag}
	min
Mesima	348.5
Mesima monte marepotamo	323.6
Marepotamo	239.4

5.5.3 Risultati

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla modellazione afflussi-deflussi, adottando il metodo dell'idrogramma unitario IUH, svolta con l'ausilio dell'applicativo HEC - HMS.



Project: Mesima Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

Start of Run: 01gen2000, 00:00 Basin Model: Mesima
End of Run: 01gen2000, 21:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 17gen2019, 18:28:29 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1817,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01gen2000, 12:00
Precipitation Volume: 210,25 (MM)	Direct Runoff Volume: 163,46 (MM)
Loss Volume: 36,52 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)
Excess Volume: 173,73 (MM)	Discharge Volume: 163,46 (MM)

Idrogramma corrispondente al Bacino complessivo del Mesima - $t_p=t_c=9.68h$

Progettisti:

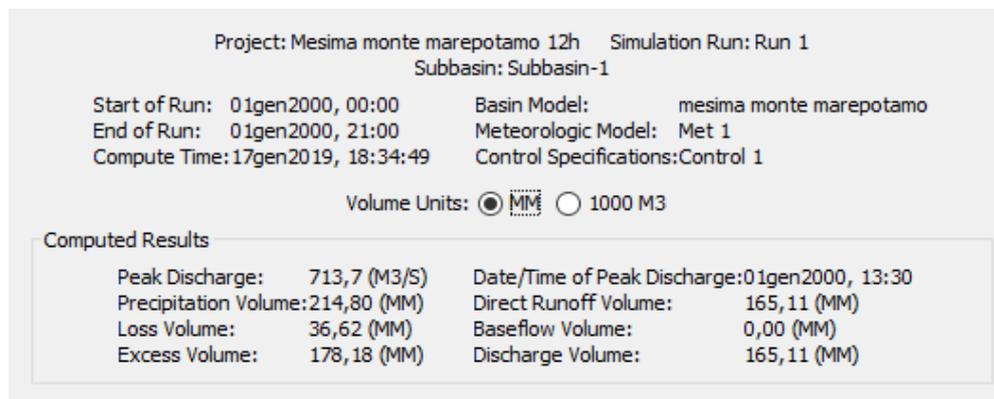
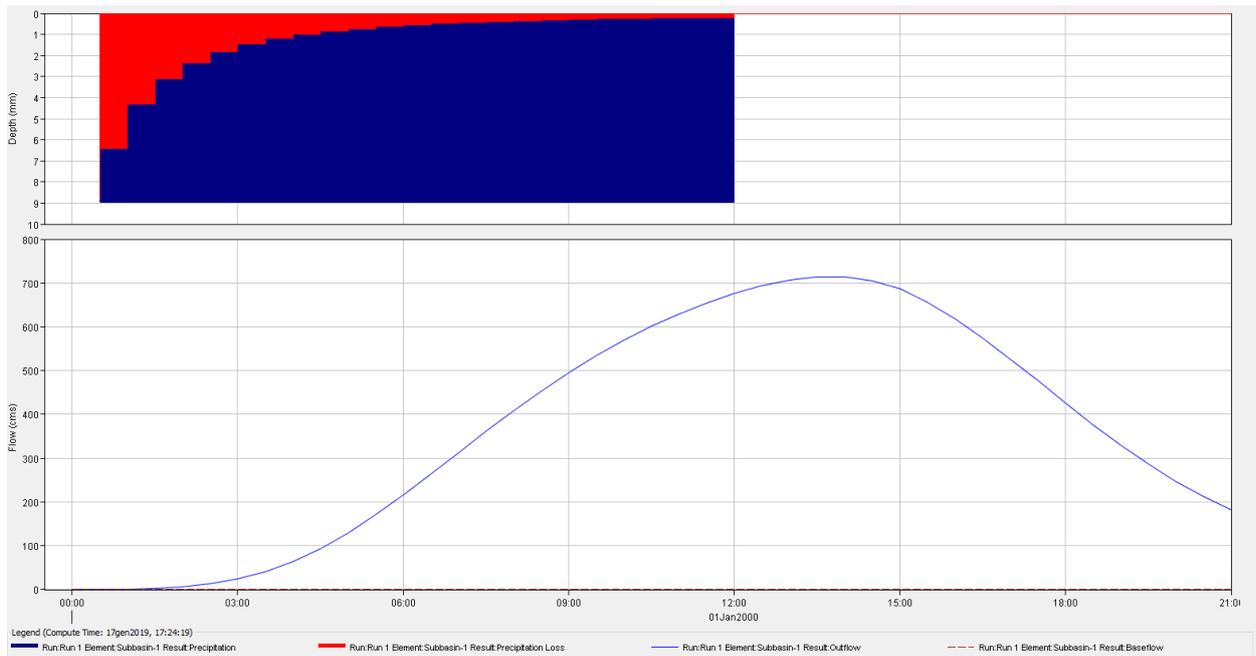
MSM INGEGNERIA S.r.l.





Relazione Idrologica

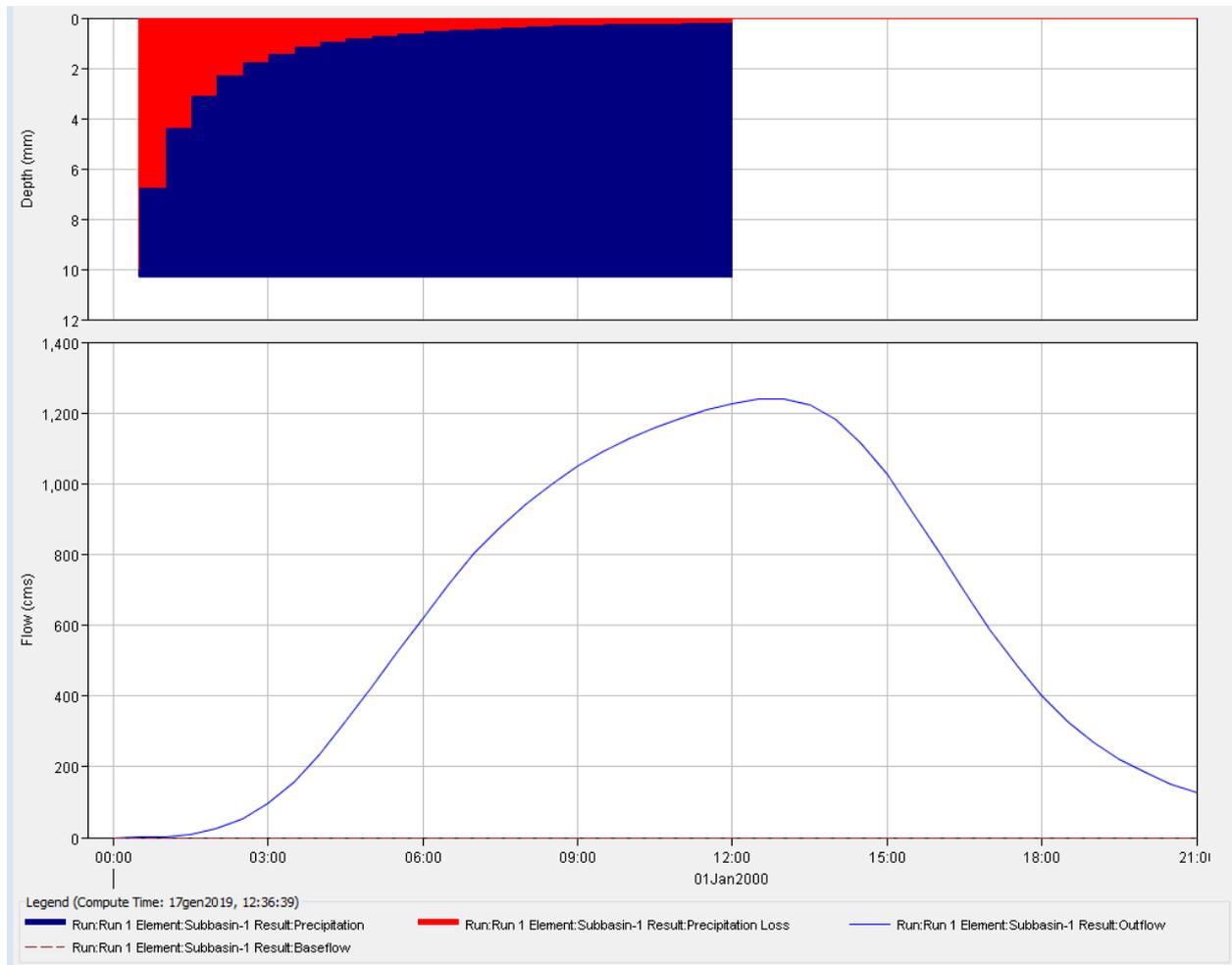
L'andamento qualitativo degli idrogrammi conferma quanto già emerso dalle precedenti calcolazioni. L'idrogramma calcolato per il bacino complessivo del Mesima conferma sostanzialmente i risultati già ottenuti, fornendo un valore di portata di picco di poco maggiore – circa il 4% - rispetto al calcolo svolto con la formulazione razionale.



Idrogramma corrispondente al Bacino del Mesima a monte dell'intersezione con il Marepotamo – tp=12h



Relazione Idrologica



Project: Marepotamo_12h Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

Start of Run: 01gen2000, 00:00	Basin Model: MAREPOTAMO
End of Run: 01gen2000, 21:00	Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 17gen2019, 18:36:51	Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1239,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01gen2000, 12:30
Precipitation Volume: 247,44 (MM)	Direct Runoff Volume: 205,51 (MM)
Loss Volume: 37,20 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)
Excess Volume: 210,24 (MM)	Discharge Volume: 205,51 (MM)

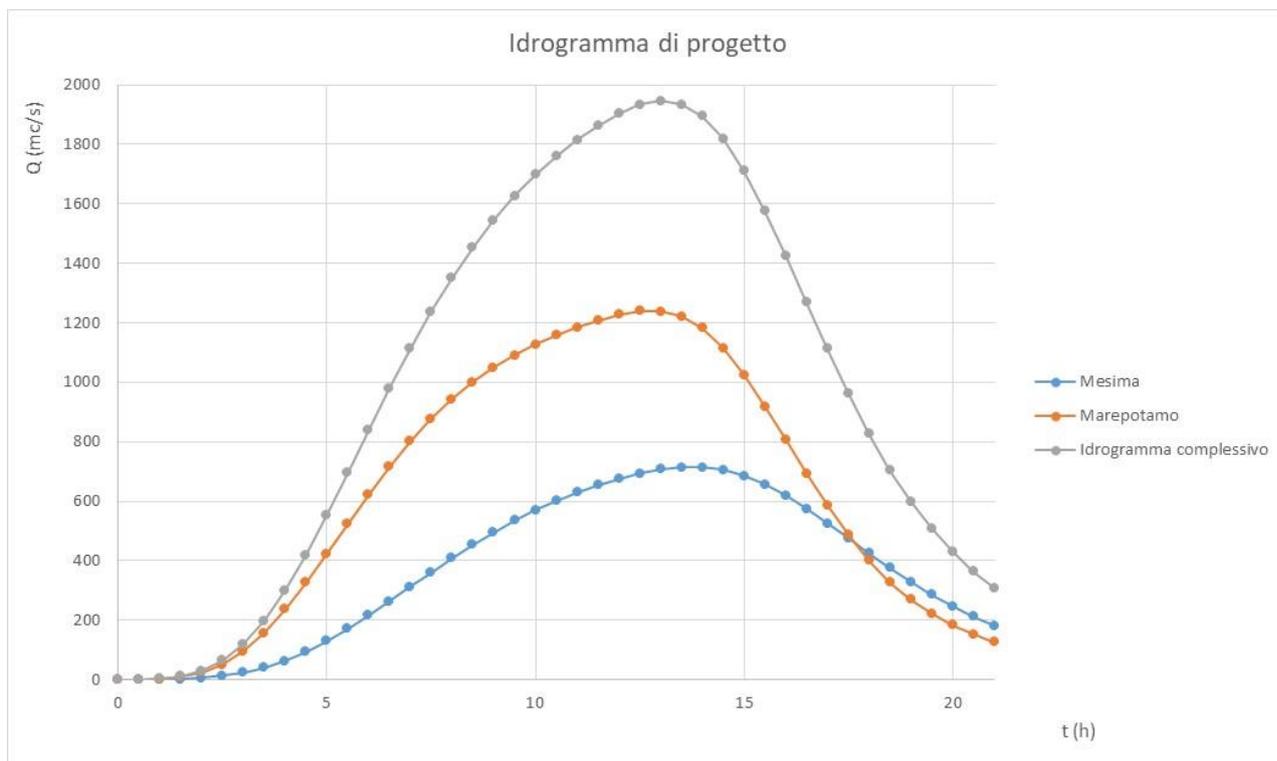
Idrogramma corrispondente al Bacino del Marepotamo – tp=12h



Relazione Idrologica

L'idrogramma del Marepotamo, rispetto a quello ricavato per il sottobacino del Mesima, ha un picco di portata molto maggiore ed anticipato rispetto a quello del fiume Mesima a monte della confluenza.

Nel grafico riportato di seguito è stata operata la sovrapposizione dei due idrogrammi, ottenendo in grigio l'idrogramma risultante a valle della confluenza tra Mesima e Marepotamo con un tempo di pioggia pari a 12 ore.



Dalla sovrapposizione dei due idrogrammi emerge una portata di picco bicentenaria pari a $1945.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale valore risulta molto superiore a quanto ottenibile dall'applicazione del coefficiente udometrico indicato da AdB, pari a $4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ e comunque in linea con tale previsione.

Nelle simulazioni idrauliche contenute nella relazione idraulica verranno adottati, a favore di sicurezza, i seguenti valori della portata duecentennale:

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.





Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC

Relazione Idrologica

- $Q_{200}=780\text{mc/s}$ per il tratto a monte della confluenza con il Marepotamo (viadotto Mesima 3 compreso);
- $Q_{200}=1945.2\text{mc/s}$ (valore di picco risultante dall'involuppo degli idrogrammi dei due sotto bacini) per il tratto a valle della confluenza con il Marepotamo.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag. 54 di 54