

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NODO DI CATANIA**

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL
TRATTO DI LINEA INTERESSATO**

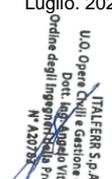
**IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione idrologica generale**

SCALA:

-

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

RS3H 00 D 09 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	feb. 2020	F. Cabas	Feb. 2020	S. Vanfiori	Feb 2020	A. Vittozzi Luglio. 2021
B	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	Luglio 2021	A. Cappelli	Luglio 2021	S. Vanfiori	Luglio 2021	 U.O. Opera Civile e gestione delle varianti Doc. n. 443/2021 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N. 443/21

File: RS3H00D09RIID0001001B.docx

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1	AMBITO DI STUDIO	4
2.2	MORFOLOGIA E IDROGRAFIA	4
3	CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	6
3.1	IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI	6
3.1.1	Ambito di studio del Lotto 1	6
3.1.2	Ambito di studio del Lotto 2 e del Lotto 3.....	7
3.1.2.1	<i>Bacini principali</i>	7
3.1.2.2	<i>Bacini minori</i>	9
4	ANALISI PLUVIOMETRICA	11
4.1	MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE	11
4.1.1	Il modello probabilistico TCEV	11
4.1.1.1	<i>Formulazione generale</i>	11
4.1.1.2	<i>Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri</i>	12
4.1.2	Il modello probabilistico di Gumbel	13
4.2	METODO VAPI SICILIA PIOGGE	15
4.2.1	Generalità.....	15
4.2.2	Valori adottati per l'ambito di studio	18
4.3	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA	19
4.4	SCELTA DEI TEMPI DI RITORNO.....	20
4.5	APPLICAZIONE ALL'AMBITO DI STUDIO.....	21
4.5.1	Bacini minori.....	21
4.5.2	Scelta dei parametri di pioggia di progetto per il Bacino del Canale Buttaceto.....	21
5	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	23
5.1	METODO SCS – CURVE NUMBER (CN)	23
5.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	26
5.3	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO	27
5.3.1	Bacini minori.....	27
5.3.2	Bacino del Canale Buttaceto	27
5.3.2.1	<i>Scelta del tempo di corrivazione</i>	27
5.3.2.2	<i>Calcolo delle portate di progetto</i>	28

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

5.4	IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME SIMETO	29
-----	--	----

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.	4
Figura 3-1: Inquadramento dei bacini idrografici ricadenti nel lotto 1	6
Figura 3-2 – DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo – Catania – Nodo di Catania.....	7
Figura 3-3: Bacini idrografici principali per l'ambito di studio del Lotto 2 del Lotto 3	8
Figura 3-4: Inquadramento dei bacini idrografici minori ricadenti nel lotto 2	9
Figura 3-5: Bacini 7.1 e 7.2 ricadenti nell'area agricola del Vallone Cardinale (Lotto 3)	10
Figura 4-1 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.....	17
Figura 4-2 – Carta delle iso-a (a) per il territorio siciliano.	18
Figura 4-3 – Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano.	19
Figura 4-4 – Reticolo di Thiessen (in rosa) per le stazioni pluviometriche della zona di studio.	21
Figura 5-1: Schema idraulico dei corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Simeto.....	29
Figura 5-2: Idrogrammi di piena del Fiume Simeto per l'ambito di studio	30

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 – Caratteristiche morfometriche del Bacino del Buttaceto.....	8
Tabella 4-1 – Coefficienti “a” ed “n” per l'ambito di studio	19
Tabella 4-2 – Tempi di ritorno.	20
Tabella 4-3 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica	22
Tabella 5-1 – Classificazione del terreno in base alle caratteristiche idrogeologiche.	24
Tabella 5-2 – Categorie di umidità del suolo (in inch=2.54 cm).....	24
Tabella 5-3 – Valori del CN in condizioni di umidità di tipo II per i diversi tipi di suolo (da A a D aumenta il deflusso superficiale) al variare della destinazione d'uso.....	24
Tabella 5-4 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.....	27
Tabella 5-5 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni.	28
Tabella 5-6 – Curve Number in condizioni di tipo II	28
Tabella 5-7 – Portate ottenute per Tr 200 anni.....	28
Tabella 5-8 – Portate ottenute per Tr 300 anni.....	29

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 3 di 33

1 INTRODUZIONE

Il presente documento è parte della progettazione definitiva dell'Interramento linea per il prolungamento della pista dell'Aeroporto di Fontanarossa e per la messa a STI del tratto di linea interessato, nell'ambito del progetto della "Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nodo di Catania". Tale intervento è necessario per la realizzazione della nuova pista di volo dell'aeroporto Fontanarossa, la cui lunghezza totale sarà pari a 3.200m e potrà accogliere aeromobili di codice "E" ICAO capaci di servire destinazioni di lungo raggio, la quale consentirà di intercettare e soddisfare la domanda di traffico descritta dalla pianificazione strategica nazionale.

La presente relazione descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare i parametri delle curve di possibilità pluviometrica, sia per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria, sia per la verifica idraulica delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua presenti nell'ambito di studio.

Nel dettaglio l'analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- studio della cartografia, della topografia e individuazione delle interferenze minori tra la linea ferrovia in progetto e l'idrografia superficiale;
- perimetrazione dei bacini idrografici sottesi in corrispondenza del nuovo tracciato ferroviario e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- valutazione delle caratteristiche dei bacini e calcolo dei tempi di corrivazione mediante l'utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
- calcolo delle altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno mediante:
 - curva probabilistica di Gumbel;
 - metodo VaPi-CNR-piogge per la regione Sicilia (codificato in "La sistemazione dei bacini idrografici" - Seconda edizione- Vito Ferro 2006);
- definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora necessarie per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria;
- calcolo delle massime portate dei bacini idrografici mediante il metodo SCS-CN, per bacini con $S < 1$ kmq, il metodo del WFIUH (Width Function Instantaneous Unit Hydrograph) per bacini con $1 < S < 10$ kmq e il metodo dell'IUH di Nash per i bacini con $S > 10$ kmq.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 AMBITO DI STUDIO

L'intervento progettuale in oggetto ricade in parte all'interno del bacino del Fiume Simeto, nel versante orientale dell'Isola, sviluppandosi nel territorio della provincia di Catania, nel comprensorio dei bacini idrografici interclusi tra il bacino del Fiume Simeto e quello del Fiume Alcantara.

L'intervento in progetto è articolato in tre lotti che interessano rispettivamente tra macrozone territoriali; in Figura 2-1 è rappresentato l'inquadramento geografico della linea ferroviaria di progetto.



Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.

2.2 MORFOLOGIA E IDROGRAFIA

L'area di studio ricade nel comprensorio dei bacini idrografici interclusi tra il bacino del Fiume Simeto e quello del Fiume Alcantara nella parte orientale della Sicilia. In quest'area sono presenti rilievi collinari diffusamente incisi, costituiti dai depositi alluvionali dei Sieli e dalle colline delle Terreforti, e un lembo orientale della Piana di Catania. La Piana, ormai drenata da canali e fossi di scolo, è il risultato delle alluvioni del Simeto e dei suoi affluenti che hanno colmato gradualmente l'ampio golfo formatosi con il sollevamento dei rilievi circostanti; questo accumulo è stato agevolato dalla presenza di una estesa duna costiera, rafforzata nel tempo dal moto ondoso e dalle correnti marine che lambiscono la costa.

Le incisioni che solcano l'Area raggiungendo la linea di costa sono le seguenti: T. Minissale, T. Fiumefreddo, T. delle Forche, T. Salto del Corvo – Vallonazzo, T. Macchia, T. Jungo, V. Babbo, V. Cozzi, T. Babbo, T. Archi, T. Carruba 1 e 2, T. Pricoco, T. Fago Mangano, V. Pozzillo, T. Lavinaio-Platani, T. Peschiera, T. Abramo, T. Barriera, T. Ciccuni, T. Madonna Nuova, V. del Toscano, V. Acquicella, Canale Fontanarossa, Canale Arci, Canale Buttaceto.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO												
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3H</td> <td>00 D 09</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>A</td> <td>5 di 33</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00 D 09	RI	ID0001 001	A	5 di 33
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00 D 09	RI	ID0001 001	A	5 di 33								

I deflussi lungo le incisioni anzidette e principalmente quelli che riescono a raggiungere il mare sono del tutto occasionali. I deflussi tumultuosi in concomitanza ad eventi piovosi di particolare intensità si esauriscono rapidamente al cessare delle precipitazioni.

L'antropizzazione ha determinato un notevole mutamento delle condizioni ambientali sia per l'incremento dell'impermeabilizzazione del suolo legata all'estendersi degli insediamenti, sia per la trasformazione degli alvei che condiziona il libero deflusso delle acque. Gli alvei sono spesso occupati parzialmente o completamente da zone coltivate che interrompono la continuità idraulica, o addirittura trasformati in strade a volte asfaltate.

3 CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

3.1 IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI

3.1.1 Ambito di studio del Lotto 1

Le caratteristiche idrografiche e morfometriche dei bacini di interesse per il Lotto 1 sono esaminate nel documento RS3H00D09RIID0001002A – Relazione idrologica per lo studio idraulico del Canale Forcile. Si tratta di bacini di estensione inferiore ai 10 km² la cui rete idrografica è composta da corsi d'acqua minori prevalentemente canalizzati a scopo di bonifica. La seguente figura mostra l'inquadramento territoriale dei bacini dell'ambito di studio del Lotto 1.

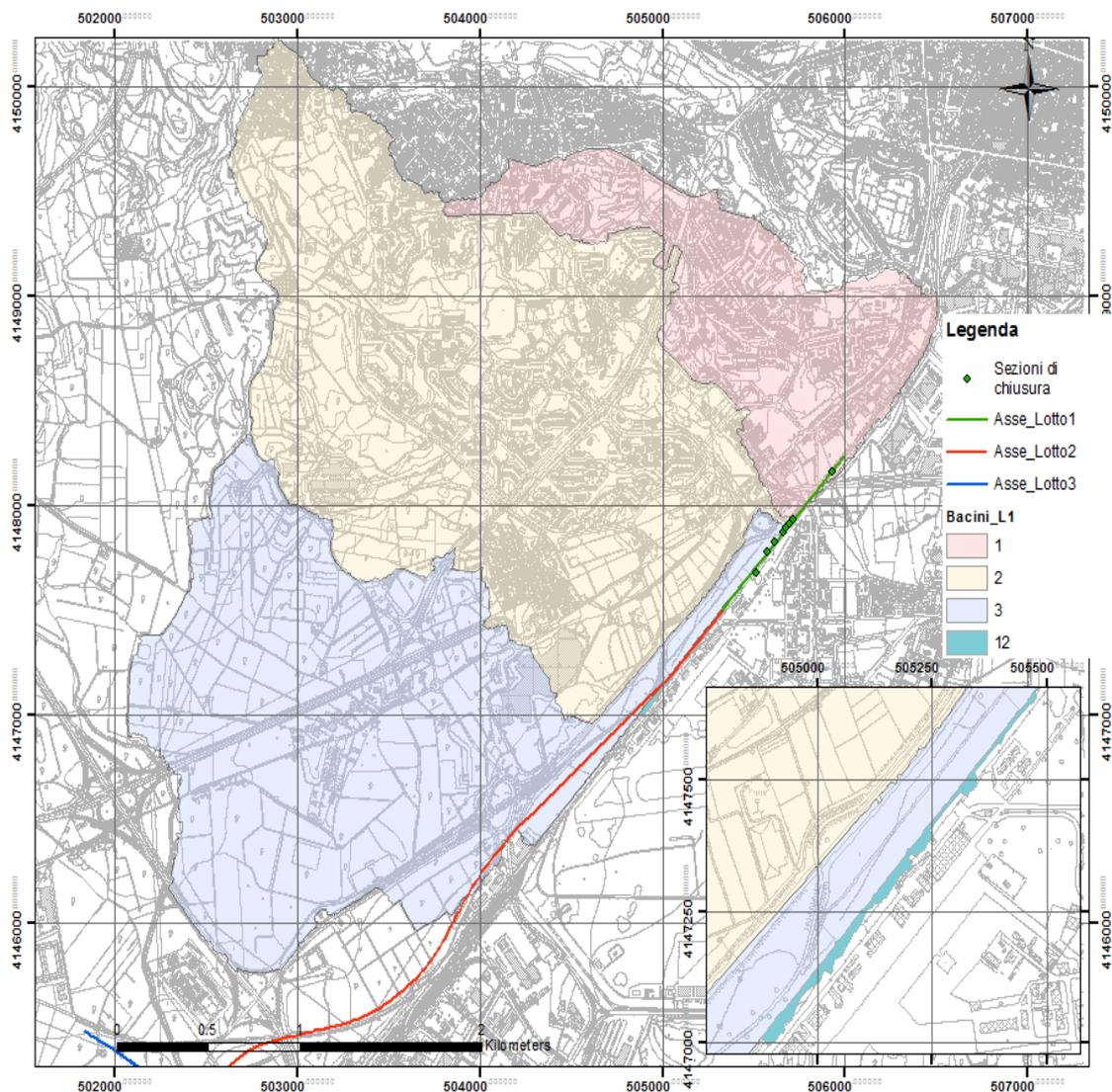


Figura 3-1: Inquadramento dei bacini idrografici ricadenti nel lotto 1

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

3.1.2 Ambito di studio del Lotto 2 e del Lotto 3

3.1.2.1 Bacini principali

L'ambito di studio del Lotto 2 e del Lotto 3 è compreso all'interno del bacino idrografico del Canale Buttaceto e del Fiume Simeto.

Il fiume Simeto non è direttamente interessato dagli interventi in progetto, tuttavia essi ricadono parzialmente nelle aree di pericolosità idraulica individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico e dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, come meglio descritto nel documento RS3H00D09RIID0002001A, che riporta i dati di base utilizzati per la ricostruzione delle aree allagabili.

Per rappresentare l'andamento piano altimetrico della zona di analisi è stato utilizzato il DTM della Regione Sicilia (volo ATA 2007-2008), di risoluzione pari a 2 m.

Sulla base del DTM, utilizzando i moduli del *toolbox* "Hydrology" di ArcGIS, è stata ricostruita la rete idrografica dell'area di intervento e sono stati perimetrati i bacini dei corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto (Figura 3-2 e Figura 3-3).

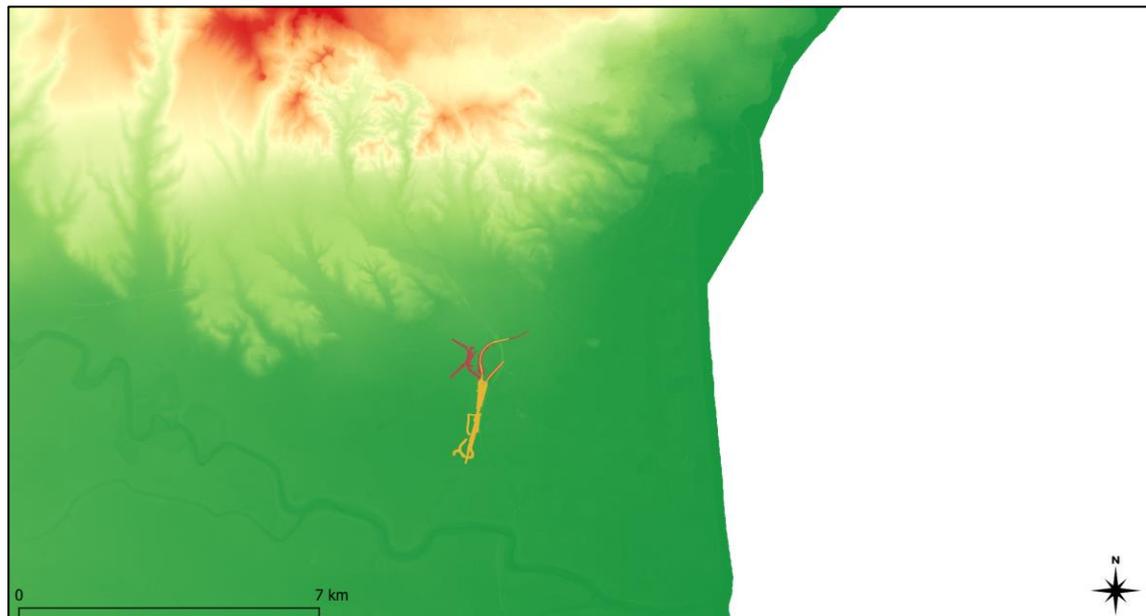


Figura 3-2 – DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo – Catania – Nodo di Catania.



Figura 3-3: Bacini idrografici principali per l'ambito di studio del Lotto 2 del Lotto 3

Il Canale Buttaceto, nel suo tratto di monte, prende il nome di Torrente Cubba e a valle della confluenza con il Vallone Mendola non riceve più apporti dal reticolo idrografico, essendo completamente arginato. La seguente tabella riporta le caratteristiche morfometriche dei sottobacini.

Nella tabella seguente sono indicate le interferenze con la linea ferroviaria, la relativa progressiva, i bacini afferenti, contraddistinti da un numero identificativo (ID), e le caratteristiche principali di questi ultimi ricavate dal DTM, quali la lunghezza dell'asta principale, la superficie, la quota massima del bacino la quota in corrispondenza della sezione di chiusura, la quota media, la pendenza dell'asta principale e la pendenza media del bacino.

Tabella 3-1 – Caratteristiche morfometriche del Bacino del Buttaceto

ID Sottobacino	Caratteristiche del bacino				
	L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]
Buttaceto_monte	8	15,19	313,18	14,90	117,40
Vallone_Mendola	13,72	23,41	323,44	15,47	117,18
Buttaceto	15	39,60	323,44	11,1	117

3.1.2.2 Bacini minori

Le caratteristiche idrografiche e morfometriche dei bacini minori di interesse del Lotto 2 e del Lotto 3 sono esaminate rispettivamente nei documenti RS3H02D78RIID0001001A e RS3H03D78RIID0001001A. Si tratta di bacini di estensione inferiore ai 10 km² la cui rete idrografica è composta da corsi d'acqua minori prevalentemente canalizzati a scopo di bonifica ed irriguo. Le seguenti figure mostrano l'inquadramento territoriale dei bacini dell'ambito di studio del Lotto 2 e del Lotto 3.

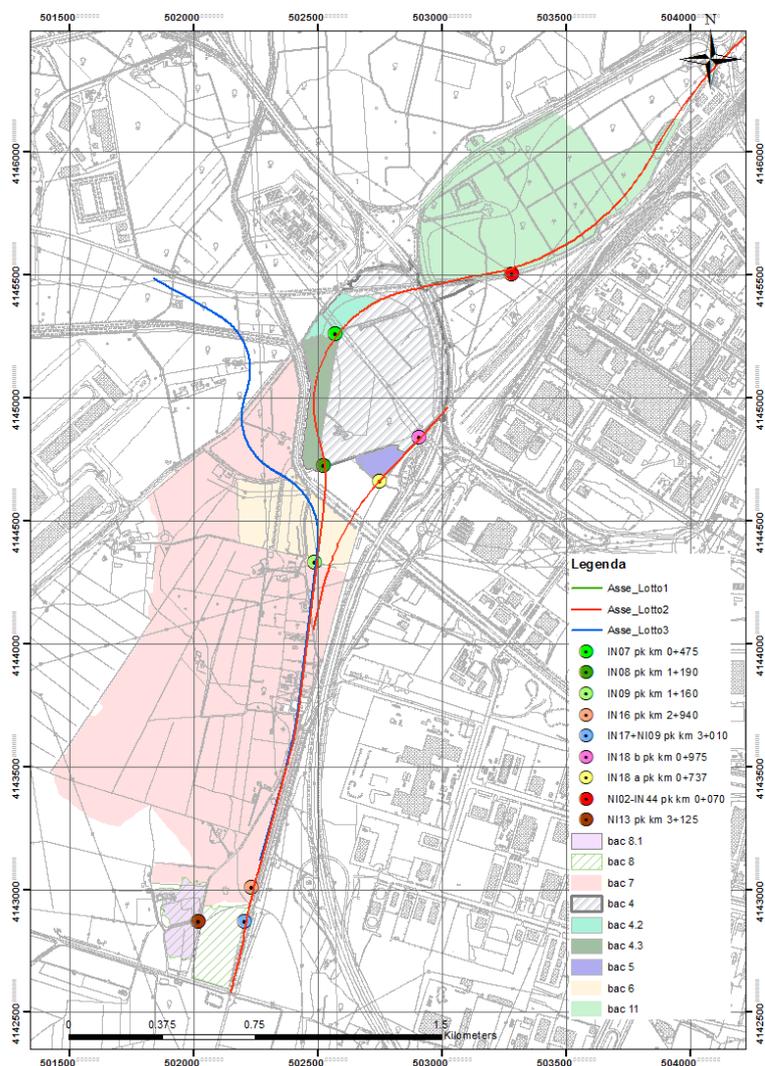


Figura 3-4: Inquadramento dei bacini idrografici minori ricadenti nel lotto 2

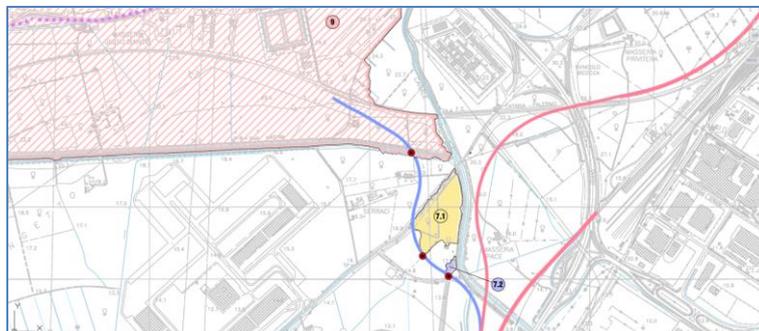


Figura 3-5: Bacini 7.1 e 7.2 ricadenti nell'area agricola del Vallone Cardinale (Lotto 3)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

4 ANALISI PLUVIOMETRICA

4.1 MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE

In questo paragrafo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici. Vengono descritte brevemente le leggi teoriche utilizzate in questo studio (TCEV e GUMBEL) con indicazioni sulle modalità di stima dei parametri.

4.1.1 Il modello probabilistico TCEV

4.1.1.1 Formulazione generale

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_2}\right)\right\}$$

La funzione ha quattro parametri, Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi più gravosi e rari (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel.

I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri Θ_1 e Θ_2 esprimono invece la media di tali eventi.

Spesso è utile fare riferimento, anziché alla X , alla variabile standardizzata

$$Y = \frac{X}{\Theta_1} - \ln \Lambda_1,$$

caratterizzata dalla funzione di probabilità cumulata:

$$F_Y(y) = \exp\left\{-\exp(-y) - \Lambda_* \exp\left(-\frac{y}{\Theta_*}\right)\right\}$$

nella quale risulta:

$$\Theta_* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\Theta_*}}$$

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ si è indicato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di questa nuova variabile $K_{t,T}$ è la

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee, per cui rappresenta uno strumento di uso particolarmente comodo. Infatti, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_i)$) per avere, a partire dalla $K_{t,Tr}$, la distribuzione di probabilità finale.

$$X_{t,Tr} = \mu(X_i) K_{t,Tr}$$

4.1.1.2 Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine.

Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_* , Θ_* e Λ_1 ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ_* e Θ_* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 .

La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni

$$C_A = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}} \quad C_V = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \cdot \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale.

Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti. Per le relazioni di cui si è detto in precedenza si ha come conseguenza la costanza dei parametri del modello TCEV direttamente legati ai suddetti momenti campionari.

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

1° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona.

Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ_* e Θ_* , risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ_* e Θ_* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ . e Θ . possa suddividersi in sottozona in cui il coefficiente di variazione C_V risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra.

Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro Λ_1 , nella sottozona omogenea, oltre che di Λ . e Θ .. Il valore di Λ_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona.

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $K_{t,Tr}=X_{t,Tr}/\mu(X_t)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata.

Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

4.1.2 Il modello probabilistico di Gumbel

Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

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

Introducendo la variabile ridotta y :

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

si ha la forma canonica:

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

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

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

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

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè

$$F(h_i) \cong F_i$$

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

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

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende solamente da h con la relazione lineare:

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

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

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

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

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

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

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

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

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

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica).

L'intensità di precipitazione è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

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

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

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

4.2 METODO VAPI SICILIA PIOGGE

4.2.1 Generalità

In questo paragrafo si illustrano i risultati del Progetto VAPI Sicilia per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio insulare. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, riportate nella monografia "La sistemazione dei bacini idrografici", [Seconda edizione- Vito Ferro 2006], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

I° Livello di regionalizzazione

L'applicazione della TCEV effettuata facendo ricorso ai massimi annuali delle altezze di pioggia di fissata durata misurati in stazioni localizzate nel territorio siciliano hanno evidenziato, al primo livello di regionalizzazione, la seguente dipendenza dei parametri Λ^* e Θ^* dalla durata t :

$$\Theta^* = 1.95 + 0.0284 \cdot t$$

$$\Lambda^* = 0.175 \cdot t^{0.301}$$

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della Figura 4-1 e a ciascuna di esse è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro λ_1 , indicato con il simbolo Λ_1 , che risulta dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A} \quad \Lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \Lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \Lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anch'esso dipendente dalla durata:

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} & \quad \alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034} \\ \text{Sottozona B} & \quad \alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945} \\ \text{Sottozona C} & \quad \alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765} \end{aligned}$$

Pertanto al h'_t risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{\mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta^*} \left(\exp \left(\frac{\mu}{\Theta^* \mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} \right] \quad (1)$$

con parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno $Tr \geq 10$ anni, la funzione inversa della $P(h'_t)$ assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr) \quad (2)$$

Essendo $h'_{t,Tr}$ i valori di h'_t di assegnato tempo di ritorno Tr e in cui i coefficienti b_0 e b_1 sono dipendenti dalla durata secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad b_0(t) &= 0.5391 - 0.001635 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0002212 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966 \end{aligned} \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona B} \quad b_0(t) &= 0.5135 - 0.002264 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508 \end{aligned} \quad (3b)$$

$$\begin{aligned} \text{Sottozona C} \quad b_0(t) &= 0.5015 - 0.003516 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101 \end{aligned} \quad (3c)$$

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando la precedente relazione (2) con i coefficienti determinati per ciascuna sottozona mediante le (3), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t) \quad (4)$$

In cui $h_{t,Tr}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e prefissato tempo di ritorno Tr .

III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di μ nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (4) in qualsiasi punto della regione.

Confrontando le medie teoriche μ con le medie campionarie m_c si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici Λ_1 e Θ_1 possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

$$m_c = a \cdot t^n \quad (5)$$

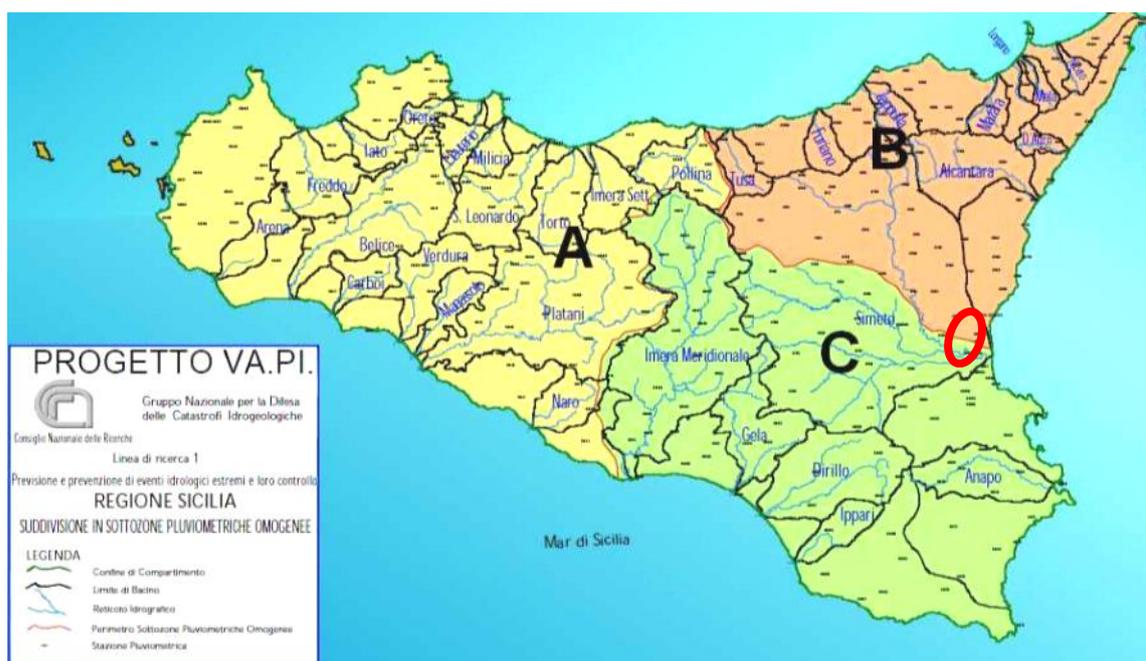


Figura 4-1 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.

In questo modo è consentito, peraltro, di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media (m_t per $t=1, 3, 6, 12$ e 24 ore), con i soli due parametri a ed n . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]

Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a e n possono essere stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n rappresentati in Figura 4-2 e Figura 4-3 non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

4.2.2 Valori adottati per l'ambito di studio

Tutti i bacini idrografici analizzati nel presente studio ricadono nella sottozona B rappresentata in Figura 4-1 e, pertanto, la curva di possibilità pluviometrica ha la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = [0.5135 - 0.002264t + (0.0001980t^2 + 0.00329t + 1.0508)\log(Tr)] \cdot a \cdot t^n \quad (6)$$

nella quale i coefficienti a e n sono stati stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n di Figura 4-2 e Figura 4-3 e sono riportati in Tabella 4-1.

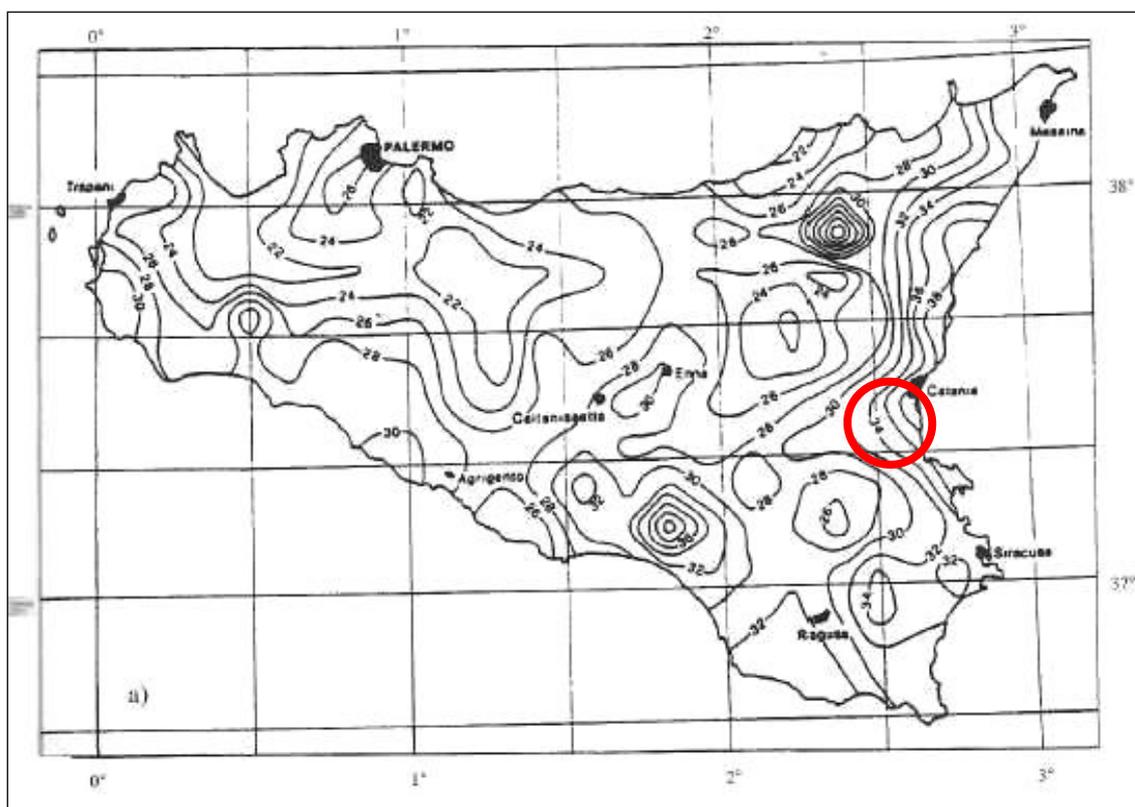


Figura 4-2 – Carta delle iso- a (a) per il territorio siciliano.

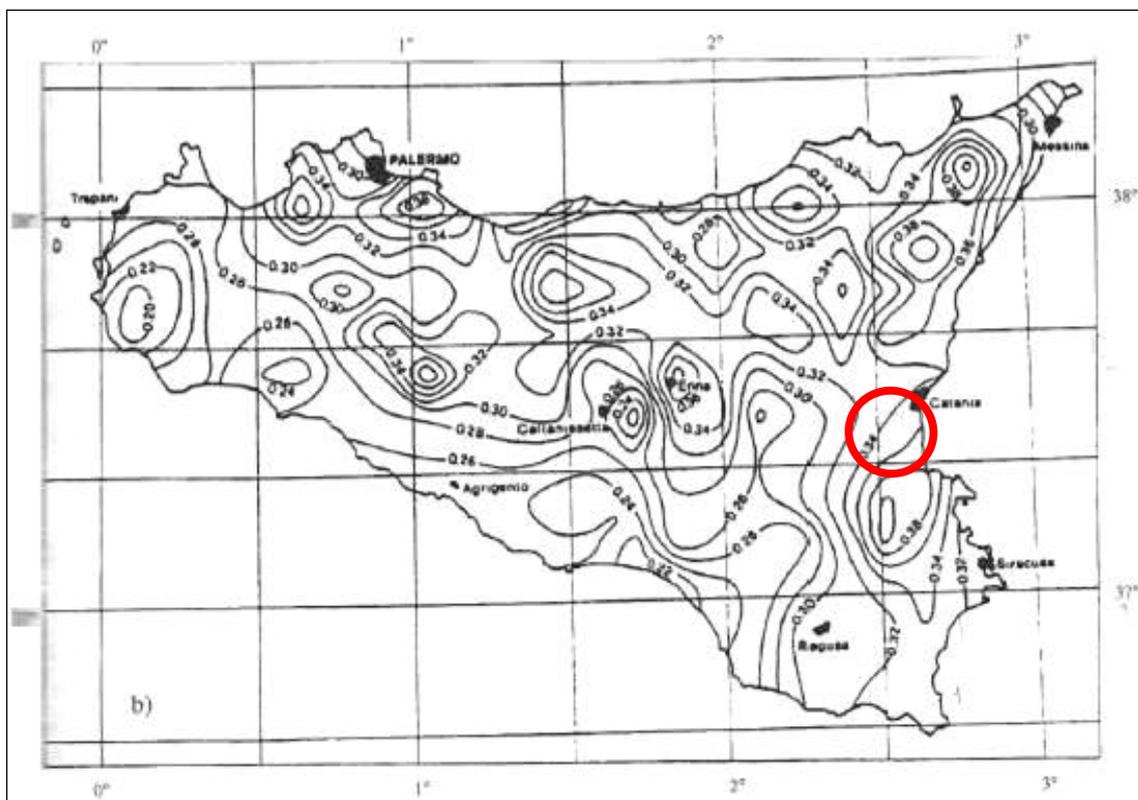


Figura 4-3 – Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano.

Tabella 4-1 – Coefficienti “a” ed “n” per l’ambito di studio

VAPI Sicilia	
a	n
[mm/ore ⁿ]	
34	0,34

4.3 DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL’ORA

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiore all’ora vengono denominati eventi brevi; gli eventi brevi e quelli lunghi, precedentemente esposti, seguono differenti dinamiche meteorologiche e non possono essere trattati in egual modo. È stato però dimostrato che il rapporto tra l’altezza di pioggia h , con t minore di 60 minuti, e l’altezza di pioggia h di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno T , è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t) \quad (15)$$

avendo indicato con f un simbolo funzionale.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale della (15) può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60} \right)^s \quad (16)$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti, s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame. Nel caso in oggetto, per la Sicilia il coefficiente assume il valore di 0.386 (Ferrerri e Ferro, 1989). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \left(\frac{t}{60} \right)^{0.386} \quad (17)$$

4.4 SCELTA DEI TEMPI DI RITORNO

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle Costruzioni (NTC 2018).

La tabella seguente sintetizza la scelta effettuata per tipologia di opere.

Tabella 4-2 – Tempi di ritorno.

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2018 e relativa circolare applicativa
Drenaggio di piattaforma (cunette, tubazioni, etc)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Piattaforma ferroviaria Tr=100 anni</i> • <i>Deviazioni stradali Tr=25 anni</i> 	-
Manufatti di attraversamento (ponti e tombini)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>linea ferroviaria Tr= 300 anni per $S > 10 \text{ km}^2$</i> • <i>linea ferroviaria Tr= 200 anni per $S < 10 \text{ km}^2$</i> • <i>deviazioni stradali Tr=200 anni</i> 	<i>Tr = 200 anni</i>

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

4.5 APPLICAZIONE ALL'AMBITO DI STUDIO

4.5.1 Bacini minori

L'analisi idrologica dei bacini minori presenti nell'ambito di studio è riportata nei documenti RS3H01D78RIID0001001A, RS3H02D78RIID0001001A e RS3H03D78RIID0001001A.

4.5.2 Scelta dei parametri di pioggia di progetto per il Bacino del Canale Buttaceto

I parametri di pioggia di progetto vengono stimati a partire dalle registrazioni degli eventi di pioggia misurati nelle stazioni pluviometriche dell'Osservatorio delle Acque della Regione Siciliana. Per identificare le stazioni pluviometriche di riferimento per il calcolo delle portate, sono state prese in considerazione le stazioni di misura più vicine alla zona di studio. Si è, quindi, proceduto a ripartire il territorio di studio in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei reticoli di Thiessen. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono.

A tutti i bacini individuati sono state assegnate una o più stazioni pluviometriche di riferimento secondo la metodologia sopra descritta, esemplificata in Figura 4-4.

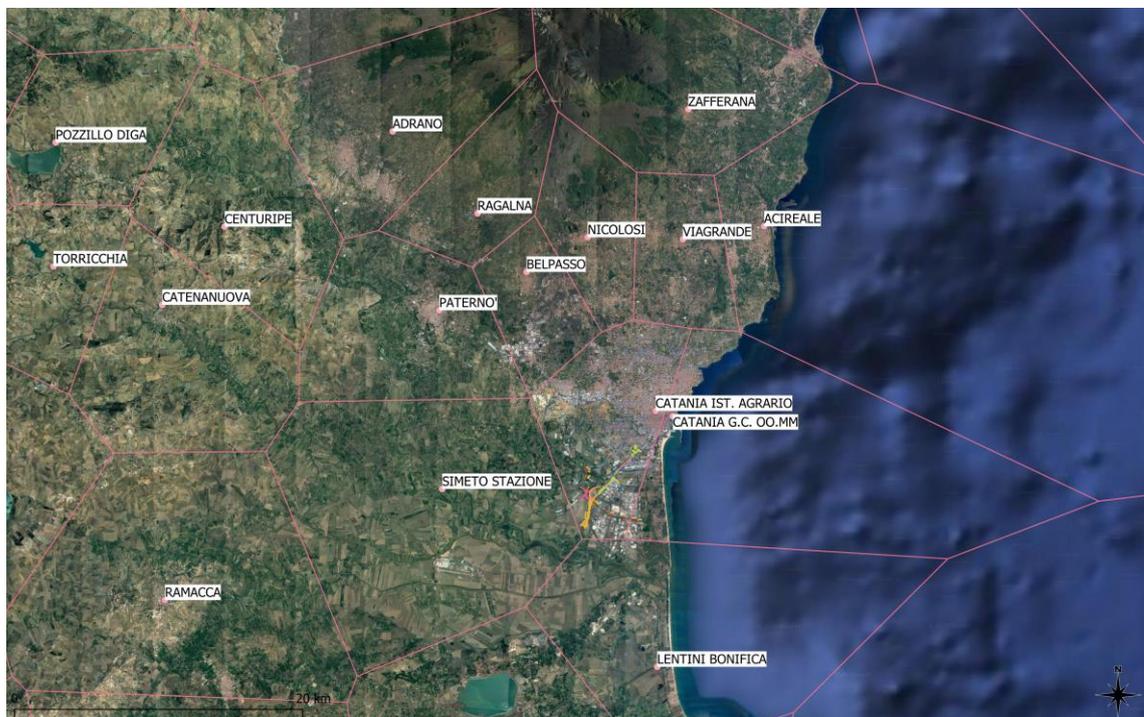


Figura 4-4 – Reticolo di Thiessen (in rosa) per le stazioni pluviometriche della zona di studio.

Le stazioni di misura di interesse per la presente analisi idrologica sono risultate essere le seguenti:

- Catania Ist. Agrario, dati disponibili solo dal 2002 al 2015
- Catania G.C. OO.MM., dati disponibili dal 1928 al 1998 ma discontinui
- Simeto Stazione, dati non disponibili

I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono quindi quelli della stazione denominata "Catania G.C. OO.MM." e sono stati selezionati i valori storici del massimo annuo giornaliero della pioggia per le durate di precipitazione di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel: la Tabella 4-3 contiene i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n per i tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200 e 300 anni.

Tabella 4-3 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica

Tr	Catania G.C. OO.MM. Analisi statistica con Gumbel	
	a	n
	[mm/ore ⁿ]	
25	62,6	0,3361
50	71,1	0,3343
100	79,6	0,3330
200	88,0	0,3319
300	92,9	0,3313

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

5.1 METODO SCS – CURVE NUMBER (CN)

La pioggia effettiva, P_e , può essere stimata oltre che tramite il coefficiente di deflusso ϕ di cui al paragrafo precedente, anche col metodo SCS (Soil Conservation Service, 1972). Il concetto che sta alla base di tale metodo è riassunto nella seguente espressione:

$$\frac{V_i}{S} = \frac{P_e}{P - V_0} \quad (7)$$

in cui:

- V_0 : volume richiesto per saturare il terreno;
- V_i : volume che si infiltra dal raggiungimento della saturazione fino all'istante considerato;
- S : volume massimo che può infiltrarsi;
- P_e : volume d'acqua che contribuisce al deflusso superficiale;
- P : volume di precipitazione totale.

Introducendo l'equazione di continuità:

$$P = P_e + V_0 + V_i \quad (8)$$

e inserendola nella (7), si ottiene:

$$P_e = \frac{(P - V_0)^2}{P - V_0 + S} \quad (9)$$

in cui V_0 rappresenta le condizioni del bacino all'inizio dell'evento ed è identificato considerando l'altezza di precipitazione nei cinque giorni precedenti classificando lo stato del bacino come inizialmente secco (condizione I), mediamente umido (condizione II) o saturo (condizione III). Nelle applicazioni, spesso, si fa riferimento alla condizione II per cui si ha:

$$V_0 = 0.2 S; \quad (10)$$

di conseguenza la (9) diventa:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \quad (11)$$

e ne consegue che il volume di precipitazione efficace P_e dipende unicamente dalla massima capacità di infiltrazione S la quale si calcola nel seguente modo:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254. \quad (12)$$

CN è un parametro adimensionale chiamato Curve Number che dipende dalle caratteristiche geopedologiche del bacino, dalla destinazione d'uso del suolo e dalle condizioni iniziali di umidità. In base alle condizioni iniziali di umidità vengono distinti tre tipi di condizioni (I, II e III) mentre le caratteristiche idrogeologiche dei terreni sono specificate suddividendo i terreni in quattro gruppi (A, B, C e D) in dipendenza dalla loro capacità di infiltrazione. In Tabella 5-1 è riportata la classificazione del terreno in base alla sua risposta idrologica, in Tabella 5-2 sono riportate le categorie di umidità I, II e III e in

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Tabella 5-3 sono riportati i valori di CN nel caso di condizione di umidità di tipo II.

Tabella 5-1 – Classificazione del terreno in base alle caratteristiche idrogeologiche.

Gruppo di suolo	Caratteristiche
A	Capacità di infiltrazione: >7.5 cm/h - Ghiaie e sabbie ben drenate
B	Capacità di infiltrazione: 3.8-7.5 cm/h - Sabbie da moderatamente a ben drenate
C	Capacità di infiltrazione: 0.13-3.8 cm/h - Terreno fine con strato impermeabile
D	Capacità di infiltrazione: <0.13 cm/h - Argille

Tabella 5-2 – Categorie di umidità del suolo (in inch=2.54 cm).

Categoria di umidità	Stagione con vegetazione ferma	Stagione con vegetazione crescente
I	< 0.5	< 1.4
II	0.5 ÷ 1.1	1.4 ÷ 2.1
III	> 1.1	> 2.1

Tabella 5-3 – Valori del CN in condizioni di umidità di tipo II per i diversi tipi di suolo (da A D aumenta il deflusso superficiale) al variare della destinazione d'uso.

<i>Tipo di copertura</i>	<i>Tipo di suolo</i>			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
senza interventi di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati				
terreno 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	39	61	74	80
con copertura erbosa				
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				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 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

I valori di CN(I) e CN(III) sono, invece, ricavabili da quelli di CN(II) mediante le seguenti relazioni empiriche:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)} ; \quad (13)$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)} . \quad (14)$$

Pioggia effettiva – portata diretta

La formula utilizzata per il calcolo delle portate si basa su considerazioni di carattere cinematico analoghe a quelle su cui si basa il metodo razionale, ottenendo il valore della portata al colmo di piena in funzione del volume di acqua precipitata sul bacino durante l'evento meteorico.

Se supponiamo che l'idrogramma di piena abbia forma triangolare con tempo di base pari a due volte il tempo di corrivazione (tempo di risalita pari al tempo di discesa pari a t_c) la portata Q_{max} (m^3/s) risulta data da:

$$Q = \frac{V}{\tau_c} = \frac{P_e A}{\tau_c}$$

(Eq. 1)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

in cui: P_e : altezza di pioggia efficace;

A: area del bacino;

τ_c : tempo di corrivazione.

5.2 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo è la formula di **Giandotti** (1934) che tiene conto della morfologia del bacino:

$$\tau_c = \frac{(4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L)}{0.8 \cdot \sqrt{(H_m - H_0)}}$$

con

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km²];

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua principale [km];

H_m = quota media del bacino [m s.m.m.];

H_0 = quota della sezione di chiusura [m s.m.m.].

La formula di Giandotti ha il pregio, rispetto ad altre relazioni, di comprendere nei parametri utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrivazione basata sui principali parametri dei medesimi.

Un'equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Kirpich**. Questa è stata ricavata da dati rilevati in sette bacini agricoli del Tennessee (USA). Questi bacini avevano tutti una canalizzazione ben definita e pendenza tra 0.03 e 0.1 m/m (dal 3 al 10%) e aree da 0.04 a 0.5 km². È utilizzata ampiamente per bacini urbani, sia per il deflusso delle aree scolanti che per il deflusso nei canali, oltre che per bacini rurali fino a 0.8 km². La formula di Kirpich ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0.0662 \cdot k \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77}$$

dove

L = estensione del percorso più lungo che deve compiere la singola particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura [km];

i = è la pendenza media del bacino

k = coefficiente di aggiustamento legato alla tipologia di terreno.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Tabella 5-4 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.

Ground Cover	Kirpich Adjustment Factor, k (Chow et al., 1988; Chin, 2000)
General overland flow and natural grass channels	2
Overland flow on bare soil or roadside ditches	1
Overland flow on concrete or asphalt surfaces	0.4

Nella presente analisi è stato applicato un coefficiente k pari a 2.

5.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

5.3.1 Bacini minori

Le portate di progetto dei bacini minori presenti nell'ambito di studio sono riportate nei documenti RS3H01D78RIID0001001A, RS3H02D78RIID0001001A e RS3H03D78RIID0001001A.

5.3.2 Bacino del Canale Buttaceto

5.3.2.1 Scelta del tempo di corrivazione

Il primo passo per l'individuazione delle portate per ogni bacino consiste nella determinazione del tempo di corrivazione con le formule descritte nel paragrafo 5.2. I dati necessari per il calcolo dei tempi, ossia superficie, lunghezza dell'asta, altitudine massima, altitudine alla sezione di chiusura e pendenza media sono stati determinati grazie alla ricostruzione del DTM e all'analisi riportata nel capitolo 3.

Per questo studio sono state utilizzate le formulazioni di Giandotti e di Kirpich con i seguenti campi di applicabilità:

- per bacini di estensione inferiore a 1 km², il tempo di corrivazione corrisponde a quello calcolato con Kirpich;
- per estensioni comprese tra 1 e 75 km², il tempo di corrivazione corrisponde ad una media pesata dei tempi calcolati con Giandotti e Kirpich; tale media si calcola come segue:

$$\tau_c = \tau_c(\text{Giandotti}) \cdot \frac{\text{Area}_{\text{bacino}} - 1}{74} + \tau_c(\text{Kirpich}) \cdot \frac{75 - \text{Area}_{\text{bacino}}}{74}$$

- qualora dalle formulazioni precedenti risulti un tempo di corrivazione inferiore a 15 minuti, si assume comunque $\tau_{c \text{ min}}=15$ minuti.

Nella seguente Tabella 5-5 sono riportati i valori dei tempi di corrivazione di progetto determinati come sopra descritto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Tabella 5-5 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni.

ID Sottobacino	Superficie [km ²]	Tempo di corrivazione tc [ore]		
		Giandotti	Kirpich	progetto
Buttaceto_monte	15,19	3,41	1,15	1,58
Vallone_Mendola	23,41	4,95	2,11	2,97
Buttaceto	39,60	5,79	2,33	4,14

5.3.2.2 Calcolo delle portate di progetto

La valutazione delle portate di progetto è stata eseguita utilizzando le altezze di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno di 200 e 300 anni. Il primo valore rappresenta il tempo di ritorno di progetto previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni, il secondo valore rappresenta, invece, il tempo di ritorno previsto dal manuale di progettazione ferroviario per la verifica di opere di attraversamento che sottendono bacini superiori ai 10 km².

Per il calcolo delle portate è stato applicato il metodo SCS, utilizzando le altezze di precipitazione che derivano sia da Gumbel sia dal metodo VAPI. Come riportato nella Tabella 5-7 e nella Tabella 5-8, le altezze di pioggia ricavate dalla regressione dei dati pluviometrici secondo Gumbel forniscono valori di portata al colmo maggiori di quelli ricavati dalle altezze di pioggia secondo il VA.Pi..

In merito al metodo SCS, in linea con quanto riportato nel PAI, ci si è posti nelle condizioni di tipo di suolo C e il Curve Number utilizzato è quello calcolato nelle ipotesi di umidità del terreno di tipo II. In Tabella 5-6 sono riportati i valori di CN(II) per ciascun sottobacino.

Tabella 5-6 – Curve Number in condizioni di tipo II

ID Sottobacino	CN(II)
Buttaceto_monte	81,9
Vallone_Mendola	76,5
Buttaceto	78,5

Tabella 5-7 – Portate ottenute per Tr 200 anni.

ID Sottobacino	Superficie [km ²]	tc [ore]	Q max [m ³ /s]-TR200	
			Metodo SCS	
			partendo da h di Gumbel	partendo da h VAPI
Buttaceto_monte	15,19	1,58	150,8	138,7
Vallone_Mendola	23,41	2,97	142,2	132,4
Buttaceto	39,60	4,14	218,6	206,8

Tabella 5-8 – Portate ottenute per Tr 300 anni.

ID Sottobacino	Superficie [km ²]	tc [ore]	Q max [m ³ /s]-TR300	
			Metodo SCS	
			partendo da h di Gumbel	partendo da h VAPI
Buttaceto_monte	15,19	1,58	163,9	155,5
Vallone_Mendola	23,41	2,97	155,0	149,0
Buttaceto	39,60	4,14	236,8	230,9

5.4 IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME SIMETO

Il Fiume Simeto, come detto in precedenza, viene studiato per la ricostruzione delle aree allagabili che interessano in parte gli interventi in progetto. Gli idrogrammi di piena di riferimento sono ricavati dagli studi del PAI. Le figure seguenti riportano lo schema idraulico e gli idrogrammi di riferimento per l'ambito di studio: è stata scelta la sezione "b", in quanto essa tiene conto del contributo del Fiume Dittaino.

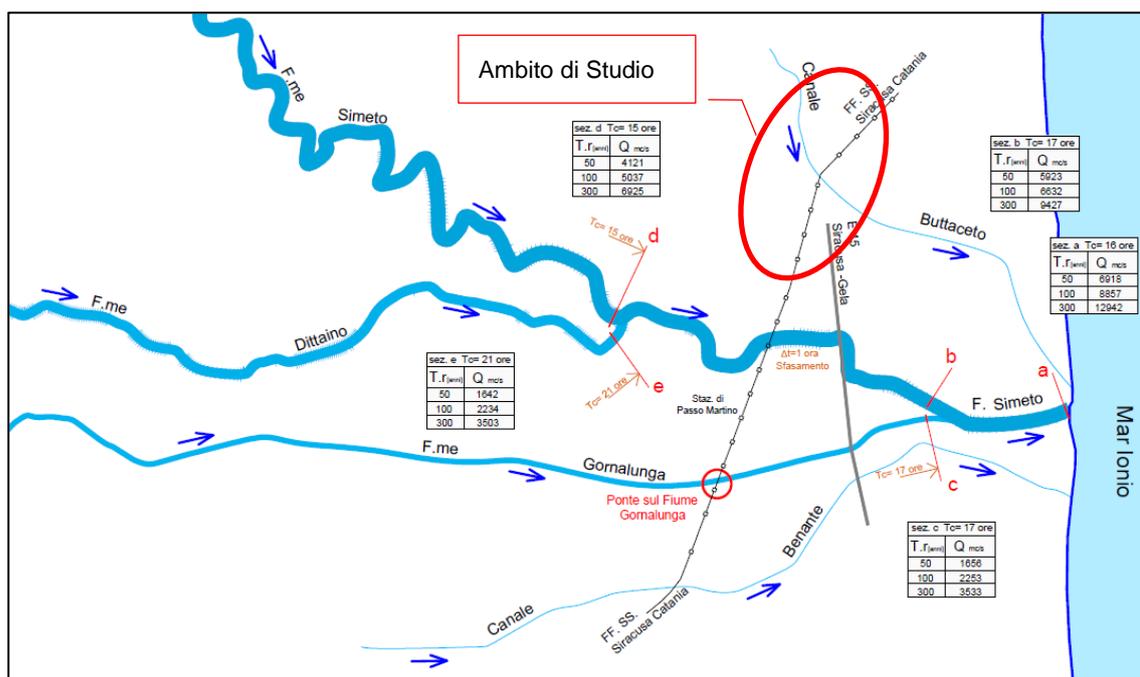


Figura 5-1: Schema idraulico dei corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Simeto

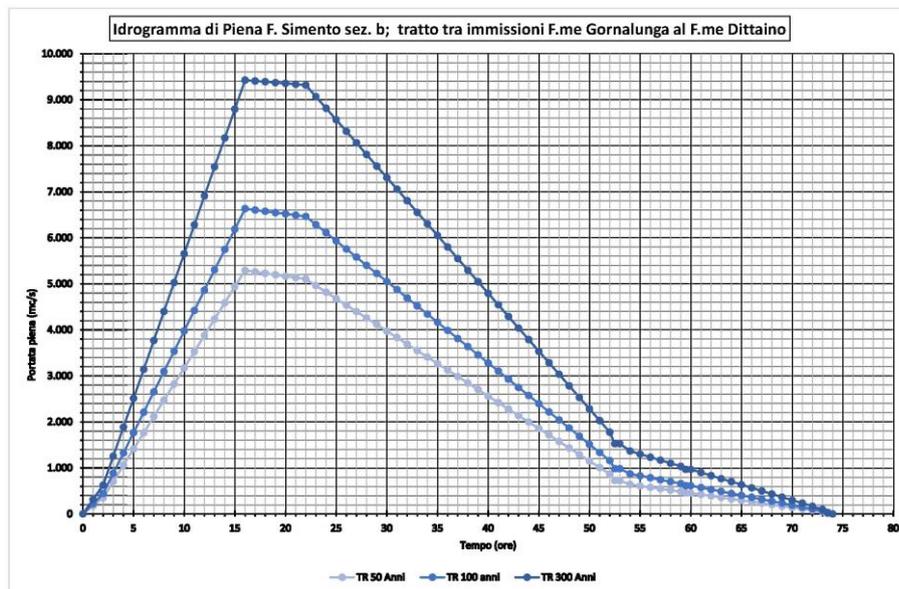


Figura 5-2: Idrogrammi di piena del Fiume Simeto per l'ambito di studio

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO – PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS3H	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A	FOGLIO 31 di 33

BIBLIOGRAFIA

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDCI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Palermo, 1993.

Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.

G. Ferreri, V. Ferro, Una espressione monomia della curva di probabilità pluviometrica, per durate inferiori all'ora, valida nel territorio siciliano. Bollettino dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo, 1-2, 1989

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.

Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).

Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino Idrografico del Fiume Simeto, Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, Lago di Pergusa, Lago di Maletto – Relazione*, 2005.

Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.

Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso www.osservatorioacque.it.

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.