

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

### PROGETTO DEFINITIVO

## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

## RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1+2

### IDROLOGIA E IDRAULICA Relazione idrologica generale

SCALA:

-

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

RS3Z 00 D 09 RI ID0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M. Coccato	Dic. 2019	A. Cappelli	Dic. 2019	A. Barreca	Dic. 2019	A. Vittozzi Set. 2021
B	Emissione Esecutiva	M. Coccato	Gen. 2020	A. Cappelli	Gen. 2020	A. Barreca	Gen. 2020	
C	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	Set. 2021	A. Cappelli	Set. 2021	A. Barreca	Set. 2021	

ITALFERR 5 p.a.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° A20783

File: RS3Z00D09RIID0001001C.docx

n. Elab.: 09\_214\_ID



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA <b>RS3Z</b>	LOTTO <b>00 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>C</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	<b>6</b>
2.1	<b>AMBITO DI STUDIO</b> .....	6
2.2	<b>MORFOLOGIA E IDROGRAFIA</b> .....	6
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI</b> .....	<b>8</b>
3.1	IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA SECONDARIA E DEI BACINI .....	8
3.2	BACINO DEL FIUME TORTO .....	10
<b>4</b>	<b>ANALISI PLUVIOMETRICA</b> .....	<b>12</b>
4.1	MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE .....	12
4.1.1	Il modello probabilistico TCEV .....	12
4.1.1.1	<i>Formulazione generale</i> .....	12
4.1.1.2	<i>Approccio gerarchico alla stima regionale dei parametri</i> .....	13
4.1.2	Il modello probabilistico di Gumbel .....	14
4.2	METODO VAPI SICILIA PIOGGE .....	16
4.2.1	Generalità.....	16
4.2.2	Valori adottati per l'ambito di studio .....	19
4.2.3	Studi di aggiornamento del metodo VAPI Sicilia .....	21
4.3	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA .....	25
4.4	SCELTA DEI TEMPI DI RITORNO.....	25
4.5	APPLICAZIONE ALL'AMBITO DI STUDIO.....	26
4.5.1	Scelta dei parametri di pioggia di progetto.....	26
4.5.1.1	<i>Bacini minori</i> .....	26
4.5.1.2	<i>Sottobacini del Fiume Torto</i> .....	30
<b>5</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA</b> .....	<b>32</b>
5.1	IL METODO CINEMATICO O RAZIONALE .....	32
5.2	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....	33
5.3	METODO SCS – CURVE NUMBER (CN).....	35
5.4	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	37
5.5	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO .....	38
5.5.1	Scelta del tempo di corrivazione .....	38
5.5.2	Calcolo delle portate di progetto .....	40
5.5.3	Portate di riferimento per le verifiche idrauliche .....	44



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	2 di 54

5.6	IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME TORTO .....	46
<b>APPENDICE A – DATI DI PIOGGIA .....</b>		<b>50</b>
<b>APPENDICE B – CODICI USO DEL SUOLO.....</b>		<b>51</b>

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 3 di 54

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto. ....	6
Figura 3-1 – DTM dell’area afferente alla linea ferroviaria Palermo – Catania (in nero) con individuazione della rete idrografica (blu) e dei sottobacini (in nero). ....	8
Figura 3-2: sottobacini di interesse del Fiume Torto.....	10
Figura 4-1 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.....	18
Figura 4-2 – Carta delle iso-a (a) per il territorio siciliano. ....	19
Figura 4-3 – Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano. ....	20
Figura 4-4: Sottozone omogenee secondo il metodo “VAPI 2018” .....	22
Figura 4-5: curve di crescita per le sottozone omogenee secondo il metodo “VAPI 2018”.....	23
Figura 4-6: distribuzione del parametro a24 secondo il metodo “VAPI 2018” .....	23
Figura 4-7: distribuzione del parametro n secondo il metodo “VAPI 2018” .....	24
Figura 4-8 – Reticolo di Thiessen (in blu) per le stazioni pluviometriche della zona di studio. ....	27
Figura 4-9 - registrazioni pluviometriche della stazione di Alia.....	28
Figura 4-10: intersezione dei poligoni di Thiessen con i sottobacini di interesse del Fiume Torto.....	30
Figura 5-1 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione. ....	32
Figura 5-2 – Copertura uso del suolo Regione Sicilia nell’area di studio(legenda in Appendice B). ....	34
Figura 5-3 - Idrogramma di piena Tr300 anni per il Fiume Torto a monte della confluenza con il Vallone Torre del Principe .....	47
Figura 5-4 -Idrogrammi di piena Tr300 anni per i contributi del Fiume Torto a valle della confluenza con il Vallone Torre del Principe.....	48

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 – Interferenze Lotto 1+2 e caratteristiche dei bacini afferenti.....	9
Tabella 3-2: caratteristiche morfometriche dei sottobacini del Fiume Torto .....	11
Tabella 4-1 – Coefficienti “a” ed “n” bacini idrografici delle interferenze idrauliche. ....	20
Tabella 4-2: Coefficienti “a” ed “n” per i sottobacini di interesse del Fiume Torto .....	21
Tabella 4-3 – Tempi di ritorno. ....	25
Tabella 4-4 - Analisi dell’outlier .....	29
Tabella 4-5 – Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel.....	29
Tabella 4-6 – Confronto per Tr 200 anni tra parametri calcolati e parametri riportati nel documento della Protezione Civile. ....	30
Tabella 4-7: Parametri di pioggia per i sottobacini del Fiume Torto (metodo dei topoieti con Gumbel sui dati di	

pioggia aggiornati al 2017).....	31
Tabella 4-8: Parametri di pioggia per i sottobacini del Fiume Torto in base alla metodologia VAPI.....	31
Tabella 5-1 – Coefficienti di Deflusso. ....	33
Tabella 5-2 – Classificazione del terreno in base alle caratteristiche idrogeologiche. ....	36
Tabella 5-3 – Categorie di umidità del suolo (in inch=2.54 cm).....	36
Tabella 5-4 – 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.....	36
Tabella 5-5 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.....	38
Tabella 5-6 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni. ....	39
Tabella 5-7: Tempi di corrivazione per i sottobacini di interesse del Fiume Torto.....	40
Tabella 5-8 – Coefficienti di deflusso. ....	40
<i>Tabella 5-9 – Curve Number in condizioni di tipo III. ....</i>	<i>41</i>
Tabella 5-10 – Portate ottenute per Tr 200 anni. ....	42
Tabella 5-11 – Portate ottenute per Tr 300 anni. ....	44
Tabella 5-12 – Portate di progetto. ....	44
Tabella 5-13 – Confronto dei coefficienti di deflusso. ....	45

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 5 di 54

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento è parte della progettazione definitiva della “Tratta Fiume Torto – Lercara diramazione” nell’ambito del più ampio progetto della “Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo. Nuovo collegamento Palermo – Catania”.

La presente relazione descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare le portate di progetto per la verifica idraulica delle opere di attraversamento e le curve di possibilità pluviometrica per il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale e ferroviaria.

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

- studio della cartografia, della topografia e individuazione delle principali interferenze 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 razionale, applicato alle piogge nette determinate sia con l’applicazione del coefficiente di deflusso che con il metodo SCS;
- determinazione degli idrogrammi di piena del Fiume Torto alle sezioni di interesse per lo studio idraulico bidimensionale, applicando la metodologia di riferimento del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, adottando i dati di pioggia più cautelativi tra quelli delle stazioni pluviometriche aggiornate e del VaPi.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 AMBITO DI STUDIO

L'intervento progettuale in oggetto ricade all'interno del bacino del Fiume Torto, nel versante centrale dell'Isola, sviluppandosi nel territorio della provincia di Palermo.

I territori comunali interessati dal tracciato sono quelli di: Termini Imerese, Sciarra e Cerda.

La tratta ferroviaria si sviluppa in destra idrografica del fiume Torto. Le interferenze con la rete idrografica superficiale maggiore sono numerose.

In Figura 2-1 è rappresentato l'inquadramento geografico della linea ferroviaria di progetto.

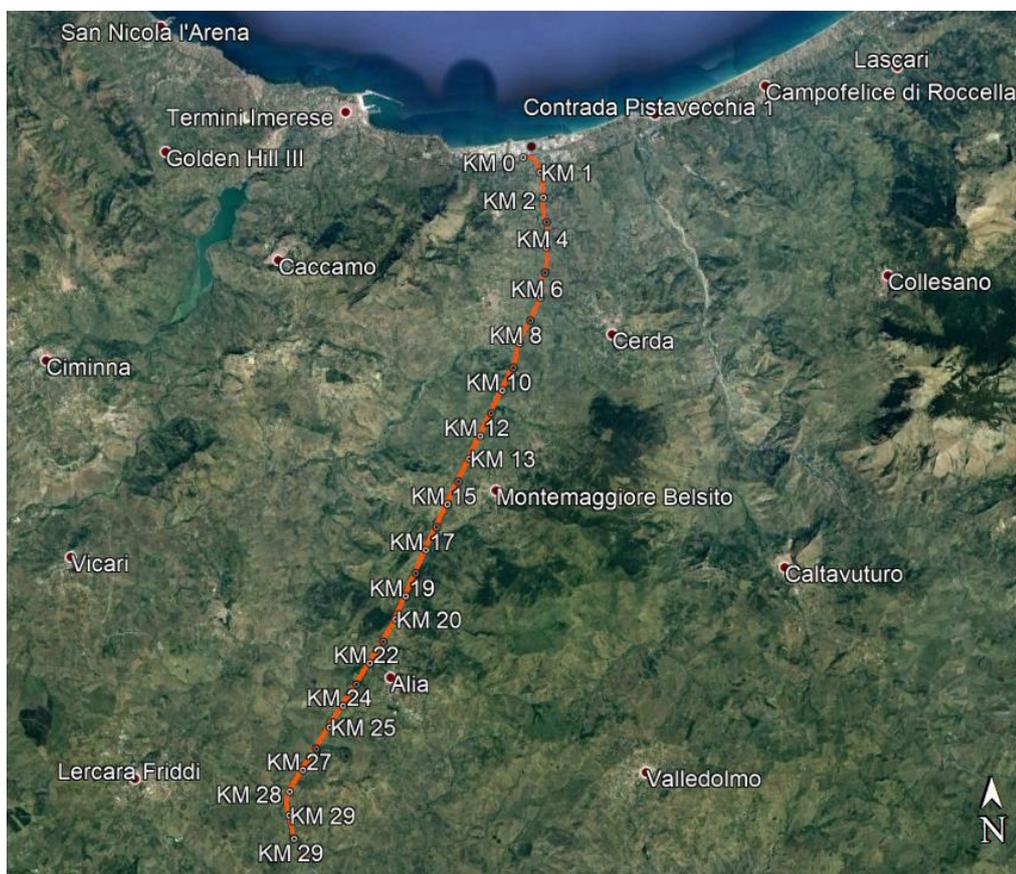


Figura 2-1 - Inquadramento linea ferroviaria su ortofoto.

### 2.2 MORFOLOGIA E IDROGRAFIA

Il reticolo fluviale locale ricade nel bacino imbrifero del F. Torto, un importante corso d'acqua che rappresenta la principale linea di deflusso idrico superficiale dell'area.

Il bacino di tale corso d'acqua si estende per circa 423 km<sup>2</sup>. Il bacino idrografico del Fiume Torto presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, sviluppando il suo territorio tra due complessi montuosi (Madonie e Monti di Termini) e comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 7 di 54

Tra gli elementi che determinano l'andamento dell'asta principale e dei suoi affluenti principali si ricordano: la dorsale di Monte Roccelito (destra orografica, 1145 m s.l.m.) e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco; la dorsale nord-sud denominata La Montagna che a partire dall'abitato di Roccapalumba e fino al nucleo abitato di Sambuchi, delimita ad ovest il bacino idrografico; le alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, La Montagna (Alia) e Serra Tignino che caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

I contrasti morfologici sono maggiormente presenti nei versanti del tratto che attraversa la catena costiera siciliana, a partire dalla stretta morfologica posta subito a valle della stazione ferroviaria di Montemaggiore Belsito e fino all'ultimo tratto del corso del F. Torto, quando questo attraversa la Piana costiera di Bonfornello. A monte prevalgono i paesaggi collinari, generalmente omogenei, se si eccettuano le alture arenarie descritte precedentemente, dove i tratti terminali del reticolo idrografico presentano pendenze elevate.

L'asta principale del fiume, lungo complessivamente circa 57 km, nel tratto di monte, si sviluppa in direzione est-ovest, parallelamente allo spartiacque meridionale. In questo primo tronco gli affluenti principali sono: il T. Gian Jacopo ed il V.ne Guccia. Nella zona centrale, fino alla confluenza in sinistra del T. Lisca, il corso d'acqua raccoglie i deflussi del F. S. Filippo e del V.ne Raffo, in sponda sinistra.

A valle della confluenza con il T. Lisca, che costituisce il maggiore affluente del F. Torto, il corso d'acqua prosegue fino alla foce raccogliendo i deflussi del V.ne Finantelli e Scarcella, in sponda sinistra, e il Fosso Zimma ed il V.ne Baglio, in sponda destra.

Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra, con valore della portata praticamente uguale a zero. In 7 anni di osservazione della stazione idrometrica di località Bivio Cerda, si è registrato un numero massimo di 158 giorni consecutivi a portata nulla, mentre nel 50% degli anni si è raggiunto un numero di 118 giorni.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua secondari, anche questi presentano carattere torrentizio e sono soggetti a lunghi periodi di magra; inoltre in alcuni casi non è presente una inalveazione chiaramente incisa.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 8 di 54

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

#### 3.1 IDENTIFICAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA SECONDARIA E DEI BACINI

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 complessa rete idrografica dell'area di intervento e sono stati perimetrati i bacini afferenti ai corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto (Figura 3-1).

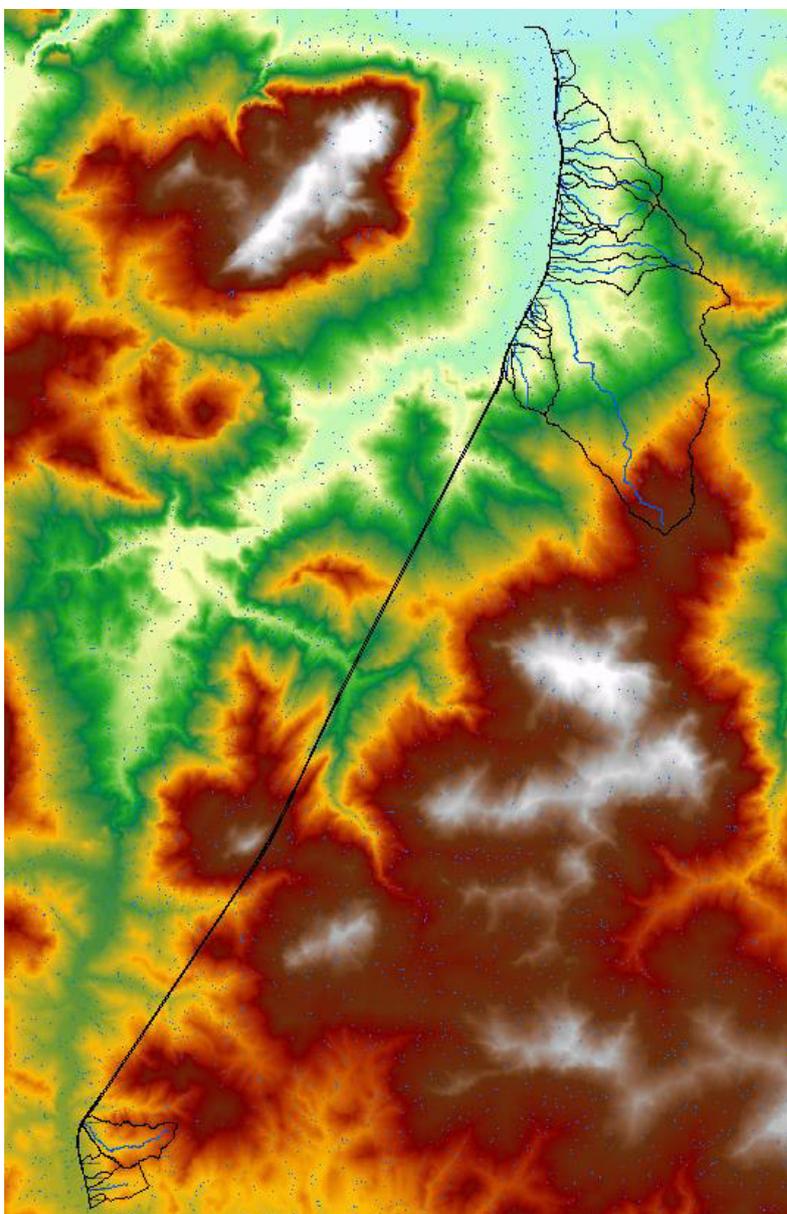


Figura 3-1 – DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo – Catania (in nero) con individuazione della rete idrografica (blu) e dei sottobacini (in nero).

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 – Interferenze Lotto 1+2 e caratteristiche dei bacini afferenti*

Pk	ID	Caratteristiche del bacino						
		L. asta [km]	Sup. bacino [km <sup>2</sup> ]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta	i media bacino
1+119	23	0.45	0.25	47.00	12.00	21.78	0.08	0.10
1+835	2	0.85	0.37	152.00	17.00	61.65	0.16	0.23
2+613	3+4	1.15	0.83	189.31	26.33	89.54	0.14	0.18
3+234	5	2.48	1.38	359.15	31.49	163.37	0.13	0.23
3+390	6	2.34	0.72	372.74	36.96	172.18	0.14	0.18
3+800	26	0.40	0.12	102.03	40.30	65.00	0.15	0.15
4+020	7	2.93	1.48	370.64	42.03	172.09	0.11	0.20
4+530	8	0.47	0.25	146.39	44.60	80.77	0.22	0.15
4+580	9	1.16	0.26	179.08	45.69	106.22	0.12	0.13
5+115	27	0.78	0.17	128.13	52.16	94.74	0.10	0.14
5+374	10	4.13	2.12	440.64	54.88	235.99	0.09	0.19
5+850	11	3.01	1.34	320.23	58.79	156.02	0.09	0.14
6+300	14	8.12	16.67	789.13	57.90	352.59	0.09	0.23
6+741	15	0.39	0.11	155.45	66.43	88.63	0.23	0.23
7+058	24	0.46	0.11	195.35	66.35	122.42	0.28	0.23
7+188	25	0.53	0.11	199.86	66.35	130.85	0.25	0.20
7+520	16	0.99	0.35	247.16	72.45	139.27	0.18	0.21
7+844	17	1.67	1.22	373.36	74.64	201.09	0.18	0.28
8+032	17b	0.48	0.13	239.94	88.47	165.05	0.32	0.23

Pk	ID	Caratteristiche del bacino						
		L. asta [km]	Sup. bacino [km <sup>2</sup> ]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta	i media bacino
28+000	18	2.59	1.46	617.78	412.02	505.90	0.08	0.23
28+970	19	0.03	0.31	551.62	407.38	453.82	0.001	0.18
29+330	20	0.44	0.11	509.30	411.25	436.16	0.22	0.16
29+590	21	0.98	0.67	500.00	411.00	450.00	0.09	0.19
29+820	22	0.08	0.07	473.57	413.20	428.63	0.77	0.15

### 3.2 BACINO DEL FIUME TORTO

Le caratteristiche morfometriche del bacino del Fiume Torto, ricavate in corrispondenza delle sezioni di interesse per lo studio idraulico bidimensionale, sono riportate nella Tabella 3-2, mentre la seguente Figura 3-2 mostra i corrispondenti sottobacini.

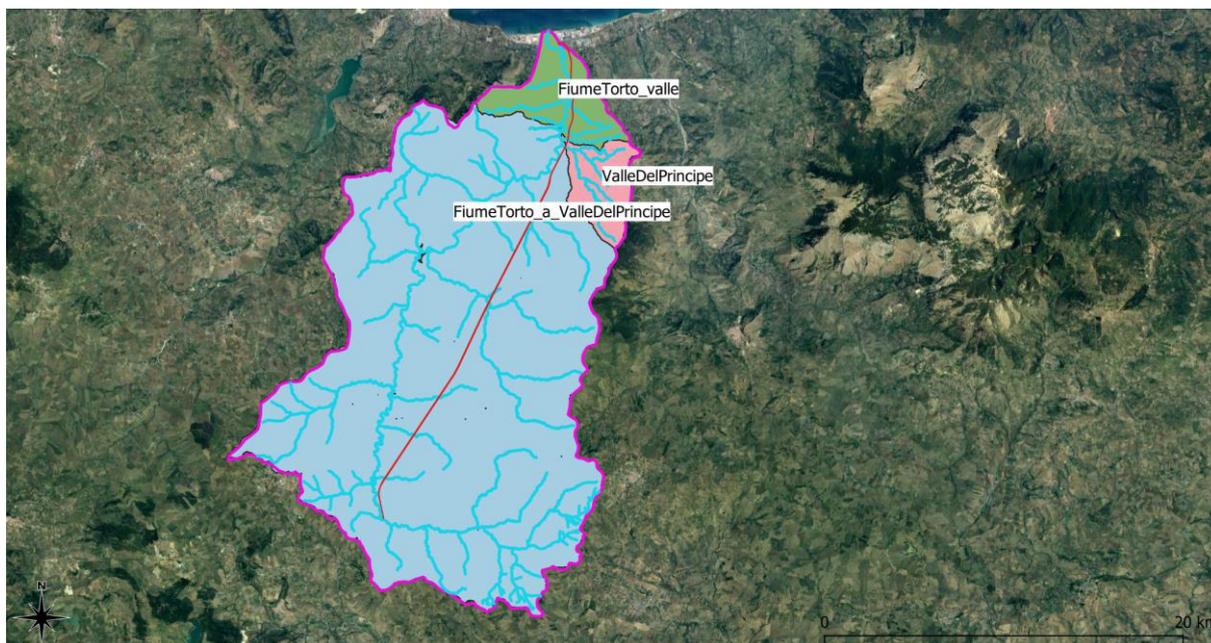


Figura 3-2: sottobacini di interesse del Fiume Torto

Tabella 3-2: caratteristiche morfometriche dei sottobacini del Fiume Torto

ID	Nome sottobacino	Caratteristiche del bacino				
		L. asta [km]	Sup. bacino [km <sup>2</sup> ]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]
FiumeTorto_01	FiumeTorto alla confluenza con il Vallone Torre del Principe	53,81	380,84	1259,36	52	495,9
ValleDelPrincipe(*)	Vallone Torre del Principe	8,12	16,78	789,13	57,9	352,59
FiumeTorto_02	Fiume Torto a valle della confluenza con il Vallone Torre del Principe	9,02	23,81	1160	0	40

(\*) coincide con il bacino 14 alla pk 6+300

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 12 di 54

## 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,  $\Lambda_1$ ,  $\Theta_1$ ,  $\Lambda_2$  e  $\Theta_2$ . 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri  $\Theta_1$  e  $\Theta_2$  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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	13 di 54

cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri  $\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$ ,  $\Lambda_1$  e  $\Theta_1$ , 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  $\Lambda_*$ ,  $\Theta_*$  e  $\Lambda_1$  ed è quindi indipendente da  $\Theta_1$ , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\Theta_1$ .

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  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$  del modello TCEV nella medesima zona.

Inoltre in una regione omogenea rispetto a  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$ , 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  $\Lambda_*$  e  $\Theta_*$  assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 14 di 54

### II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a  $\Lambda$ . e  $\Theta$ . 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  $\Lambda_1$ , nella sottozona omogenea, oltre che di  $\Lambda$ . e  $\Theta$ .. Il valore di  $\Lambda_1$  relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona.

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a  $\Lambda_1$  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  $\alpha$  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  $\alpha$  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  $\alpha$  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:

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 16 di 54

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

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  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$  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  $\lambda_1$ , indicato con il simbolo  $\Lambda_1$ , 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:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA <b>RS3Z</b>	LOTTO <b>00 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>C</b>

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

Pertanto  $h'_t$  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  $\mu$  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  $\mu$  con le medie campionarie  $m_c$  si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici  $\Lambda_1$  e  $\Theta_1$  possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

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

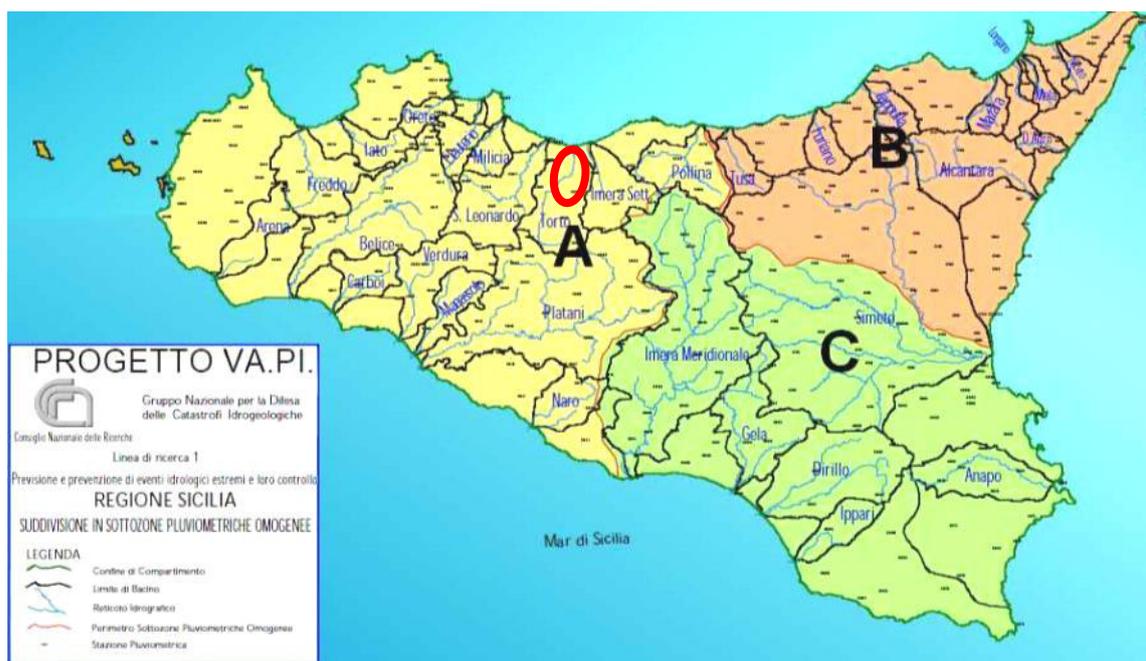


Figura 4-1 - Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee.

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 A rappresentata in Figura 4-1 e, pertanto, la curva di possibilità pluviometrica ha la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = [0.5391 - 0.001635t + (0.0002212t^2 + 0.00117t + 0.9966)\log(Tr)] \cdot a \cdot t^n \quad (6)$$

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.

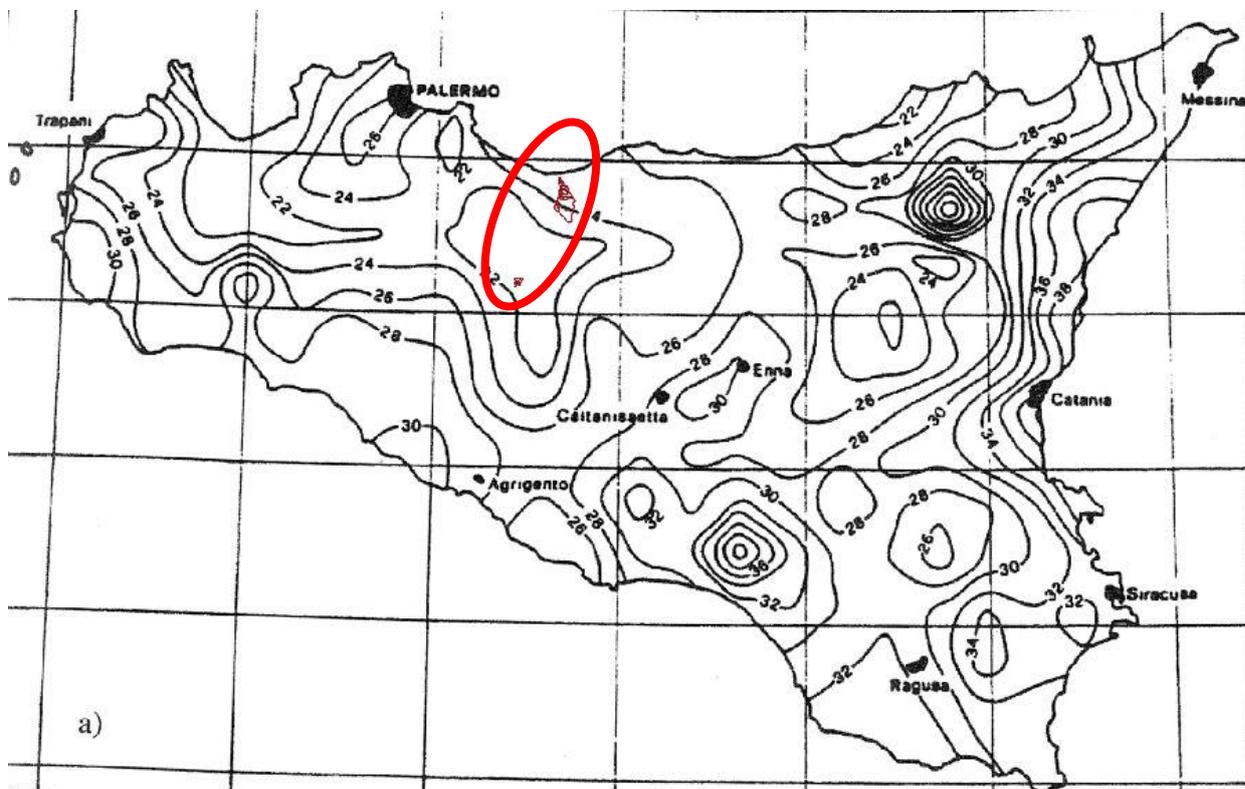


Figura 4-2 – Carta delle iso- $a$  (a) per il territorio siciliano.



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

Tabella 4-1 – Coefficienti “a” ed “n” bacini idrografici delle interferenze idrauliche.

Pk	ID Sottobacino afferente	VAPI Sicilia	
		a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n
1+119	23	26	0.30
1+835	2	26	0.29
2+613	3+4	26	0.30
3+234	5	25	0.30
3+390	6	25	0.30
3+800	26	25	0.30
4+020	7	25	0.30
4+530	8	25	0.30
4+580	9	25	0.30
5+115	27	25	0.30
5+374	10	25	0.31
5+850	11	25	0.31
6+300	14	24	0.32
6+741	15	24	0.30
7+058	24	24	0.30

Pk	ID Sottobacino afferente	VAPI Sicilia	
		a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n
7+188	25	24	0.30
7+520	16	24	0.30
7+844	17	24	0.31
8+032	17b	22	0.32
28+000	18	22	0.32
28+970	19	22	0.32
29+330	20	22	0.32
29+590	21	22	0.32
29+820	22	22	0.32

Tabella 4-2: Coefficienti “a” ed “n” per i sottobacini di interesse del Fiume Torto

ID Sottobacino	VAPI Sicilia	
	a [mm/ore <sup>n</sup> ]	n
FiumeTorto_01	22	0,32
ValleDelPrincipe	24	0,34
FiumeTorto_02	24	0,34

#### 4.2.3 Studi di aggiornamento del metodo VAPI Sicilia

Il metodo VAPI, come detto, si basa essenzialmente sulla regionalizzazione dei parametri statistici delle leggi di distribuzione in funzione di criteri di omogeneità, similitudine, ecc, che dipendono dalla quantità e qualità dei dati misurati. Negli ultimi venti anni sono stati sviluppati due importanti studi di aggiornamento del metodo VAPI per la Regione Siciliana, a partire proprio dalle nuove misure degli eventi di pioggia registrati: lo studio di *Lo Conti et al* del 2007 e le analisi di *Forestieri et al* del 2018. Entrambi i lavori citati, pur proponendo una revisione delle sottozone idrologicamente omogenee, non sono stati ufficialmente recepiti dagli strumenti di pianificazione, tuttavia per il presente lavoro si è operato un confronto con i risultati ottenibili dal metodo aggiornato e si è potuto constatare che, per l’ambito di studio di interesse in questa sede, non si hanno altezze di pioggia maggiori di quelle fornite dal metodo VAPI “storico”. Di seguito si riportano in sintesi le analisi svolte.

L’espressione della curva di probabilità pluviometrica è sempre data da

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

dove:

- $h_{t,Tr}$  è l’altezza di pioggia di durata  $t$
- $h'_{t,Tr}$  è la cosiddetta curva di crescita
- $\mu(t)$  è l’altezza di pioggia media, dipendente dai parametri regionali

L’altezza di pioggia media è espressa dalla seguente relazione (dove  $\mu$  è  $m$  e  $t$  è  $d$ )

$$m(d) = a_{24} \left( \frac{d}{24} \right)^n$$

I parametri  $a_{24}$  ed  $n$  sono spazializzati secondo le mappe riportate nelle figure seguenti. Per l'ambito di studio di interesse in questa sede si ottiene:

$$a_{24} = 48 \text{ mm/h}^n$$

$$n = 0,34$$

Per una durata di pioggia oraria, ad esempio, si ha:

$$m(d) = 48 / (1/24)^{0,34} = 16,3 \text{ mm}$$

La curva di crescita per la sottozona di interesse (crf. Figura 4-5) dà un valore di  $h'_{t,Tr}$  pari a circa 3 per  $Tr$  300 anni, di conseguenza si ricava:

$$h_{t,300} = 16,3 \times 3 = 48,88 \text{ mm}$$

Tale valore risulta leggermente inferiore a quelli adottati per le analisi condotte in questa sede, come mostrato nei successivi capitoli.

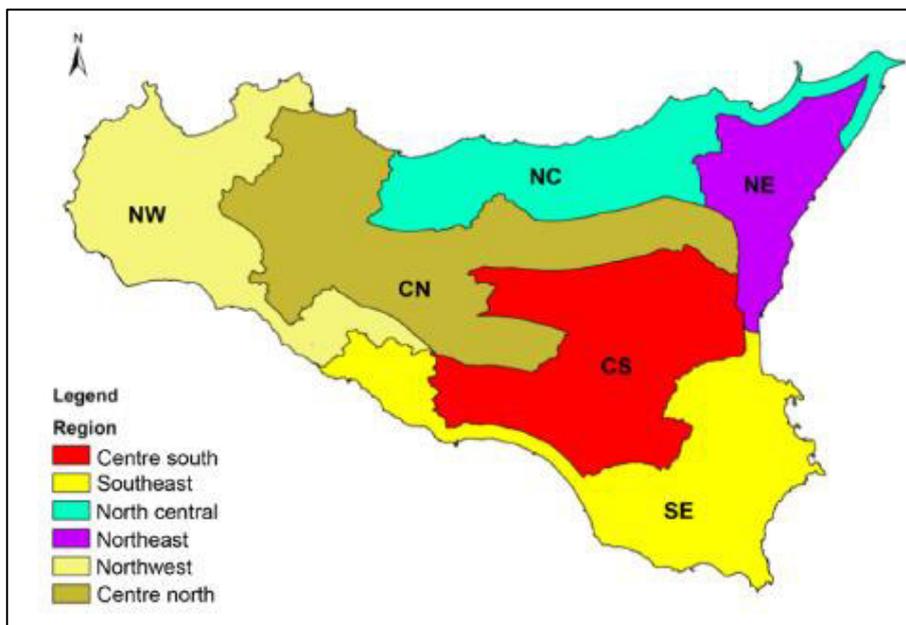


Figura 4-4: Sottozone omogenee secondo il metodo "VAPI 2018"

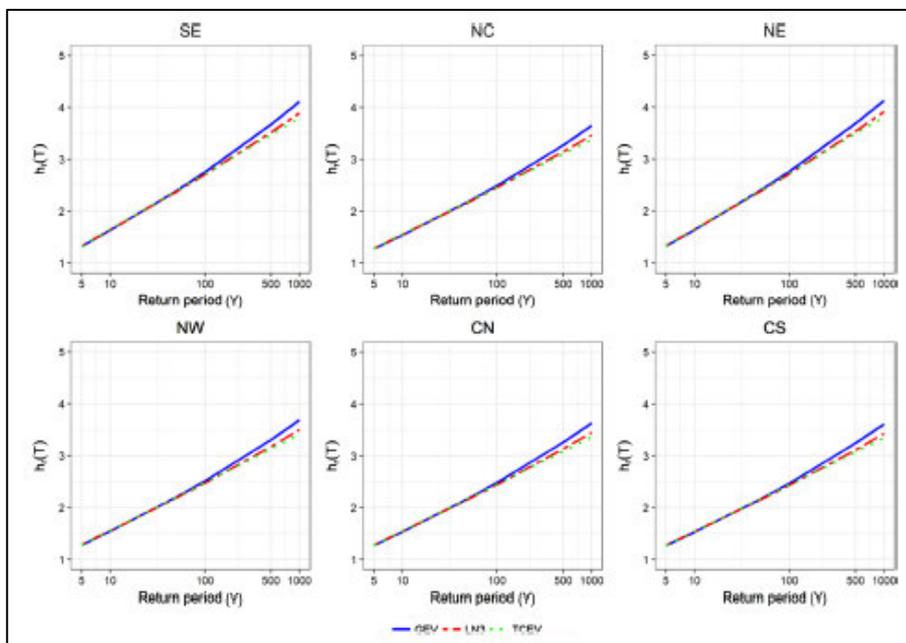


Figura 4-5: curve di crescita per le sottozone omogenee secondo il metodo “VAPI 2018”

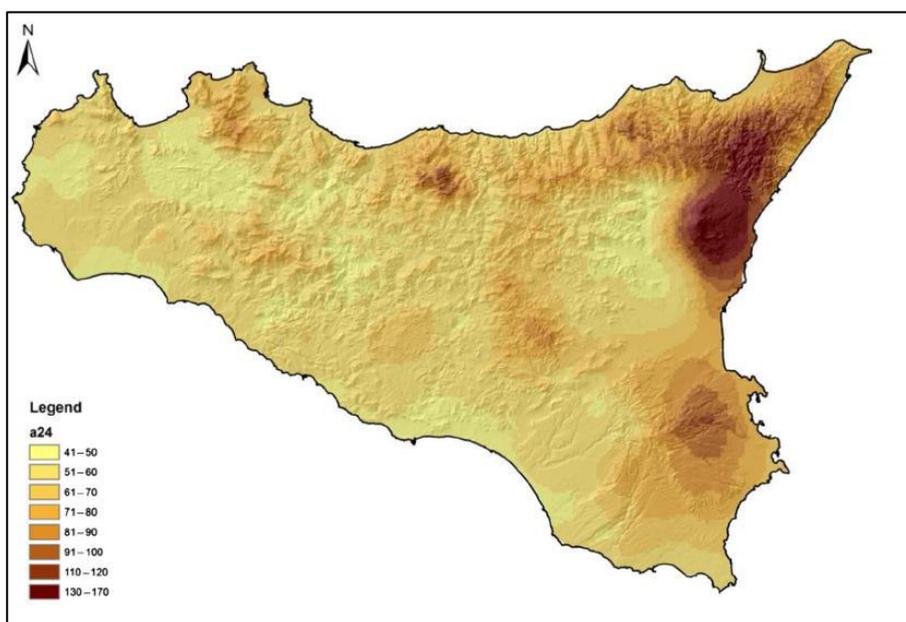


Figura 4-6: distribuzione del parametro a24 secondo il metodo “VAPI 2018”

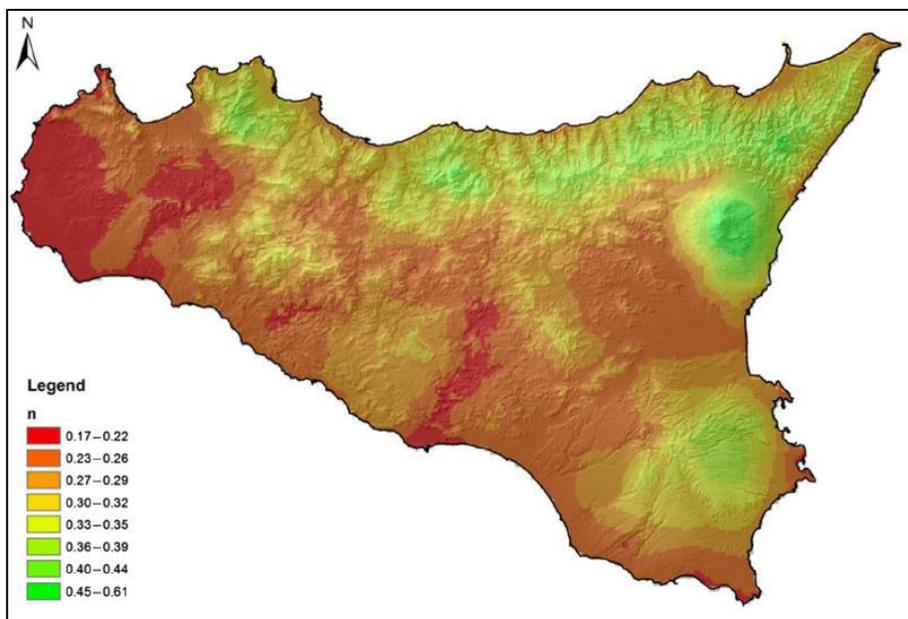


Figura 4-7: distribuzione del parametro n secondo il metodo "VAPI 2018"

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 25 di 54

### 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.

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 4-3 – Tempi di ritorno.

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2018 e relativa circolare applicativa
<b>Drenaggio di piattaforma (cunette, tubazioni, etc)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Piattaforma ferroviaria <math>Tr=100</math> anni</i></li> <li>• <i>Deviazioni stradali <math>Tr=25</math> anni</i></li> </ul>	-

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C

<b>Manufatti di attraversamento (ponti e tombini)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>linea ferroviaria Tr= 300 anni per S &gt; 10 km<sup>2</sup></i></li> <li>• <i>linea ferroviaria Tr= 200 anni per S &lt; 10 km<sup>2</sup></i></li> <li>• <i>deviazioni stradali Tr=200 anni</i></li> </ul>	<i>Tr = 200 anni</i>
---	--	----------------------

## 4.5 APPLICAZIONE ALL'AMBITO DI STUDIO

### 4.5.1 Scelta dei parametri di pioggia di progetto

#### 4.5.1.1 Bacini minori

Per identificare le stazioni pluviometriche di riferimento per il calcolo delle portate di ogni bacino idrografico individuato nell'analisi idrografica effettuata nel capitolo precedente, 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 4-8.

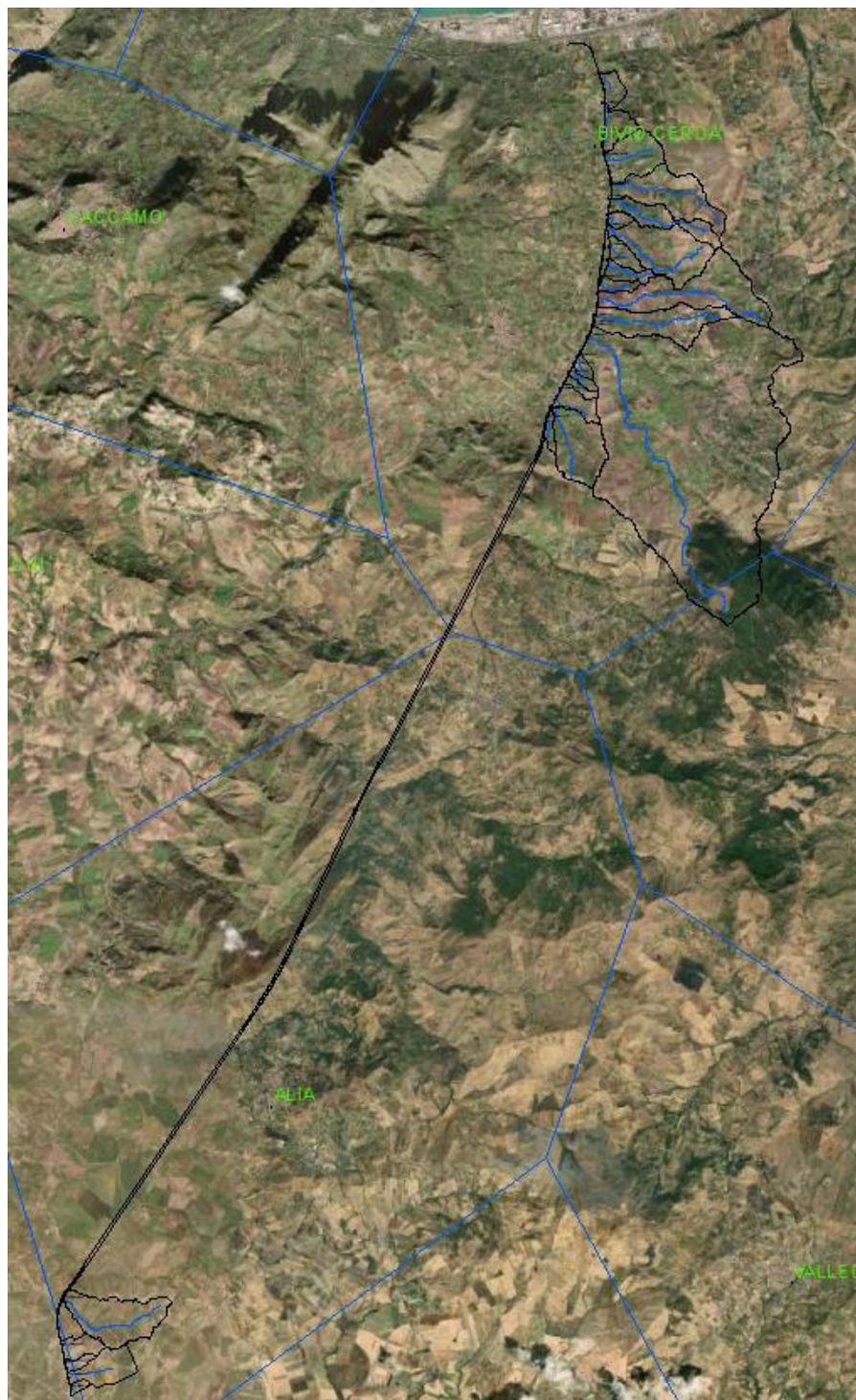


Figura 4-8 – Reticolo di Thiessen (in blu) per le stazioni pluviometriche della zona di studio.

Le stazioni di misura di interesse per la presente analisi idrologica sono risultate essere le seguenti: Alia e Bivio Cerda.

Nel caso di bacini con più stazioni pluviometriche ricadenti al proprio interno l'altezza di pioggia complessiva è stata calcolata come media pesata delle altezze di pioggia delle singole stazioni, in base all'area di influenza del rispettivo poligono di Thiessen ricadente nel bacino.

I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono quelli degli Annali Idrologici; sono stati forniti dall'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia e sono riportati in Appendice A. I dati di interesse sono 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 per le stazioni di:

- Alia ---> dati disponibili nel periodo 1972-2017;
- Bivio Cerda ---> dati disponibili nel periodo 1976-2015

Dall'analisi statistica sono state escluse le registrazioni dell'anno 2016 presso la stazione di Alia in quanto identificate come *outlier*. Come si può facilmente dedurre dal grafico della Figura 4-9 e dagli indicatori statistici riportati nella Tabella 4-4, in cui i valori della registrazione della stazione di Alia risultano maggiori degli indicatori statistici, sia del metodo dei quartili, sia della distanza dalla media.

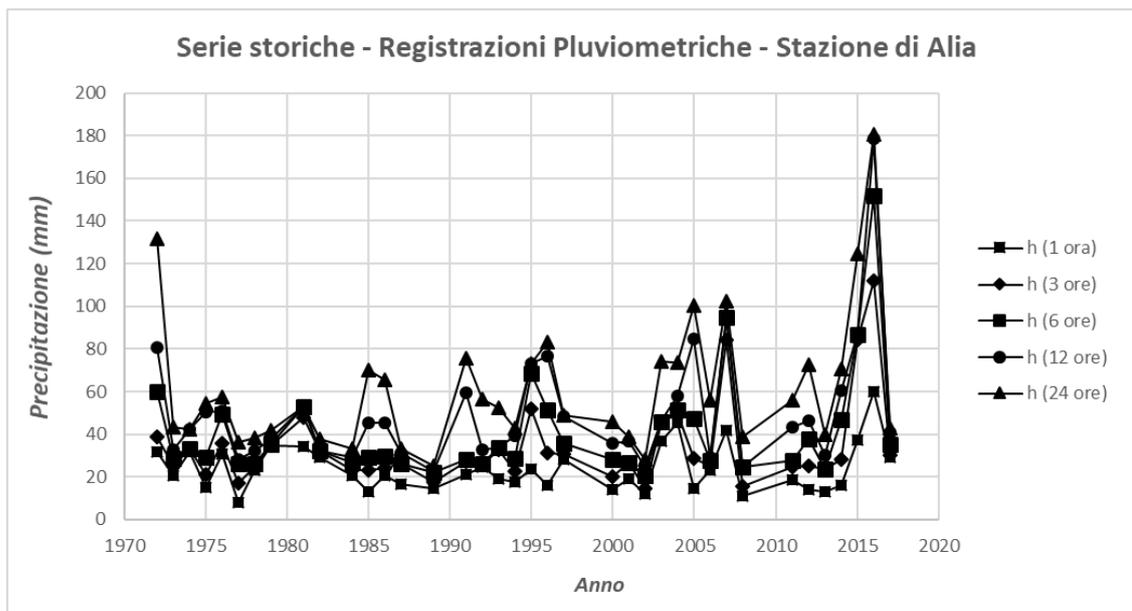


Figura 4-9 - registrazioni pluviometriche della stazione di Alia

Tabella 4-4 - Analisi dell'outlier

N° osservazioni: 38	Durate di pioggia				
	1	3	6	12	24
Alia 2016	60	112	152	178.8	180.4
1° quartile (25° percentile) - Q1	15.1	23.5	26.75	32.3	39.35
2° quartile (50° percentile) - Q2	20.7	26.9	31.1	42.8	53.8
3° quartile (75° percentile) - Q3	31	35.25	47.7	58.35	73.3

Metodo "Distanza dai Quartili"	Outlier debole	$Q1+1.5*(Q3-Q1)$	39.0	41.1	58.2	71.4	90.3
	Outlier forte	$Q3+3*(Q3-Q1)$	78.7	70.5	110.55	136.5	175.15
Metodo "Distanza dalla media"		media $\mu$	23.74	33.81	40.95	50.01	61.58
		s.q.m. $\sigma$	11.0	20.1	25.1	28.5	31.8
		$\mu + 3*\sigma$	56.77	94.15	116.21	135.65	156.95

Tutti i sottobacini estratti cadono nel poligono di Thiessen che si riferisce alla stazione di Bivio Cerda a parte i sottobacini 18 19, 20, 21 e 22 per i quali si deve fare riferimento alla stazione di Alia.

La Tabella 4-5 contiene i parametri delle curve di possibilità pluviometrica  $a$  ed  $n$  per i tempi di ritorno di 5, 10, 25, 100, 200 e 300 anni.

Tabella 4-5 – Parametri  $a$  e  $n$  delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel.

Tr	Alia		Bivio Cerda	
	a	n	a	n
	[mm/ore <sup>n</sup> ]		[mm/ore <sup>n</sup> ]	
5	29.72	0.292	37.10	0.227
10	35.59	0.291	43.65	0.222
25	43.01	0.290	51.93	0.218
100	53.98	0.290	64.15	0.214
200	59.42	0.289	70.22	0.212
300	62.60	0.289	73.76	0.212

I parametri  $a$  e  $n$  ottenuti dal calcolo sono stati confrontati con quelli contenuti nel documento "Parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità pluviometrica del territorio regionale" del Servizio Rischi Idrogeologici ed ambientali della Protezione Civile Siciliana e con quelli riferibili alla procedure VA.PI. Piogge. Per i bacini minori risultano più cautelativi i parametri dell'analisi locale, come discusso di seguito.

La tabella seguente riporta per le stazioni considerate i valori dei parametri  $a$  e  $n$  calcolati e quelli riportati nel documento summenzionato per un tempo di ritorno pari a 200 anni. La tabella mostra come l'analisi statistica condotta a partire dai dati estratti dagli annali idrologici esaminati conduca alla stima valori di  $a$  e di  $n$  che si differenziano da quelli contenuti nel documento della Protezione Civile sopradetto, in particolare per la stazione di Alia. Va però, evidenziato, che le elaborazioni della Protezione Civile riguardano i dati registrati

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	30 di 54

fino all'anno 2002, mentre le analisi effettuate nel presente studio si estendono all'anno 2017 per la stazione di Alia e all'anno 2015 per la stazione di Bivio Cerda.

Tabella 4-6 – Confronto per Tr 200 anni tra parametri calcolati e parametri riportati nel documento della Protezione Civile.

Stazione	a calcolato	a Protezione Civile	n calcolato	n Protezione Civile
Alia	59.42	46.00	0.289	0.320
Bivio Cerda	70.22	69.30	0.212	0.120

#### 4.5.1.2 Sottobacini del Fiume Torto

I sottobacini di interesse del Fiume Torto comprendono i poligoni di Thiessen delle stazioni pluviometriche elencate nella Tabella 4-7, che riporta per ognuna di esse l'area del rispettivo poligono di influenza. La Figura 4-10 mostra l'intersezione dei topoi con i sottobacini. In questo modo è possibile calcolare l'altezza di pioggia complessiva come media pesata delle altezze di pioggia delle singole stazioni, in base all'area di influenza del rispettivo poligono di Thiessen ricadente nel bacino.

La Tabella 4-8 riporta i valori dei parametri  $a$  e  $n$  da adottare utilizzando la metodologia VAPI (cfr. paragrafo 4.2.2): i valori sono stati calcolati a partire da quelli della Tabella 4-2, moltiplicati per il coefficiente di crescita  $KT$  che, ricordiamo, dipende anche dal tempo di corrvazione del bacino, che è riportato nel successivo paragrafo 5.5.1.

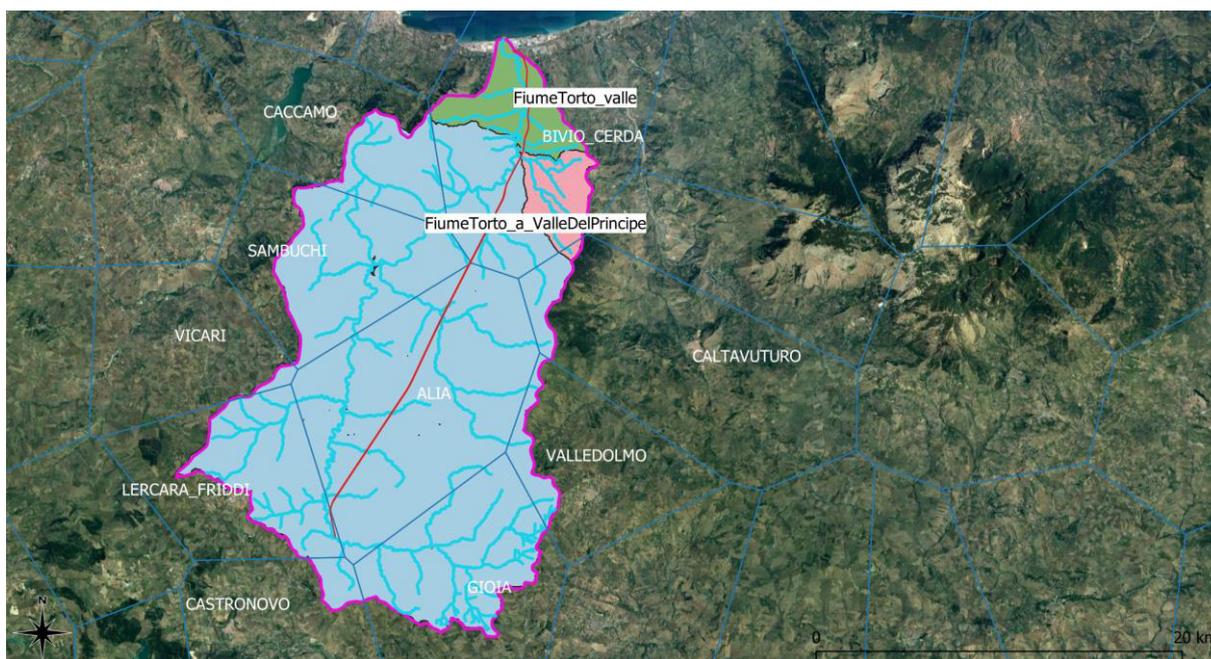


Figura 4-10: intersezione dei poligoni di Thiessen con i sottobacini di interesse del Fiume Torto

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	31 di 54

Tabella 4-7: Parametri di pioggia per i sottobacini del Fiume Torto (metodo dei topoieti con Gumbel sui dati di pioggia aggiornati al 2017)

Sottobacino: FiumeTorto alla confluenza con il Vallone Torre del Principe				
Stazione	Area poligono Thiessen ritagliato sui bacini (kmq)	peso %	a <sub>TR300</sub>	n <sub>TR300</sub>
Alia	133.23	35.0%	62.58	0.29
Lercara_Friddi	42.95	11.3%	59.62	0.22
Gioia	58.93	15.5%	51.31	0.40
Castronovo	5.53	1.5%	69.95	0.32
Valledolmo	8.52	2.2%	64.43	0.28
Sambuchi	59.44	15.6%	55.63	0.32
Bivio Cerda	36.24	9.5%	70.22	0.21
Caltavuturo	8.31	2.2%	47.80	0.46
Caccamo	25.78	6.8%	66.69	0.31
Vicari	1.92	0.5%	66.69	0.31
<b>Totale Bacino</b>	<b>380.84</b>	<b>media pesata</b>	<b>60.3</b>	<b>0.303</b>
Sottobacino: Vallone Torre del Principe				
Bivio Cerda	16.78	100%	70.22	0.21
Sottobacino: Fiume Torto a valle della confluenza con il Vallone Torre del Principe				
Bivio Cerda	23.81	100%	70.22	0.21

Tabella 4-8: Parametri di pioggia per i sottobacini del Fiume Torto in base alla metodologia VAPI

ID Sottobacino	VAPI Sicilia	
	a <sub>TR300</sub> [mm/ore <sup>n</sup> ]	n <sub>TR300</sub>
FiumeTorto_01	67,46	0,32
ValleDelPrincipe	72,25	0,34
FiumeTorto_02	72,40	0,34

## 5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

### 5.1 IL METODO CINEMATICO O RAZIONALE

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di limitata estensione. In questo studio, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena corrispondente ad un fissato periodo di ritorno ( $T_r$ ).

La schematizzazione alla base del metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

in cui:  $Q$  = portata di piena [ $\text{m}^3/\text{sec}$ ];

$\varphi$  = coefficiente di deflusso;

$h$  = pioggia [m];

$S$  = area del bacino [ $\text{km}^2$ ];

$\tau_c$  = tempo di corrivazione [ore].

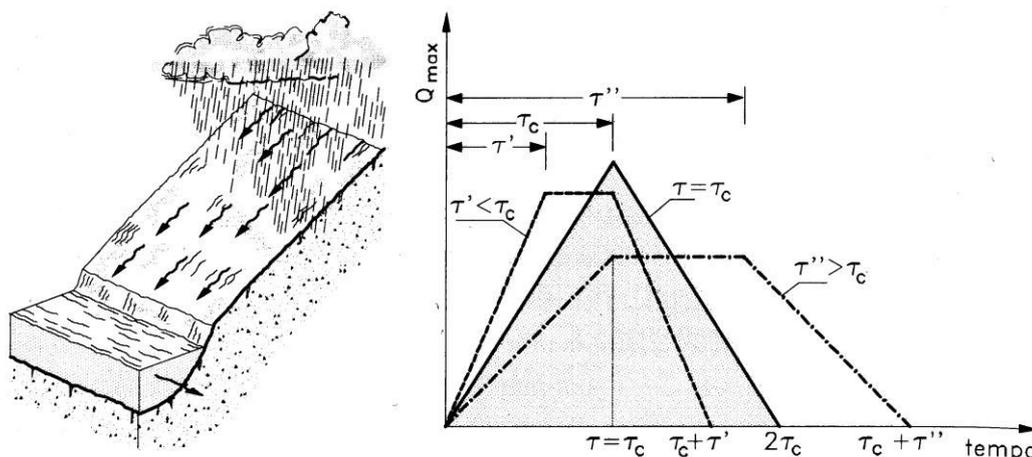


Figura 5-1 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il valore di  $h$  rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione  $\tau_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $\tau_c$  solo una parte del bacino  $S$  contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 33 di 54

Figura 5-1 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

## 5.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso  $\varphi$  rappresenta un valore medio pesato che tiene conto della diversa natura dei suoli costituenti i bacini in esame; i valori per ciascuna tipologia di suolo sono stati dedotti da letteratura.

In particolare, in considerazione anche delle caratteristiche geologiche dei bacini in esame (suoli impermeabili o mediamente permeabili), sono stati utilizzati i coefficienti per le diverse classi di uso del suolo presenti (Figura 5-2) riportati in Tabella 5-1.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$ , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di  $\varphi$  si ottiene con una media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum \varphi_i S_i}{\sum S_i}$$

Tabella 5-1 – Coefficienti di Deflusso.

USO DEL SUOLO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Urbanizzato	0.70
Seminativi	0.40
Legnose	0.40
Macchia e cespuglio	0.30
Sistemi colturali complessi	0.40
Bosco	0.30

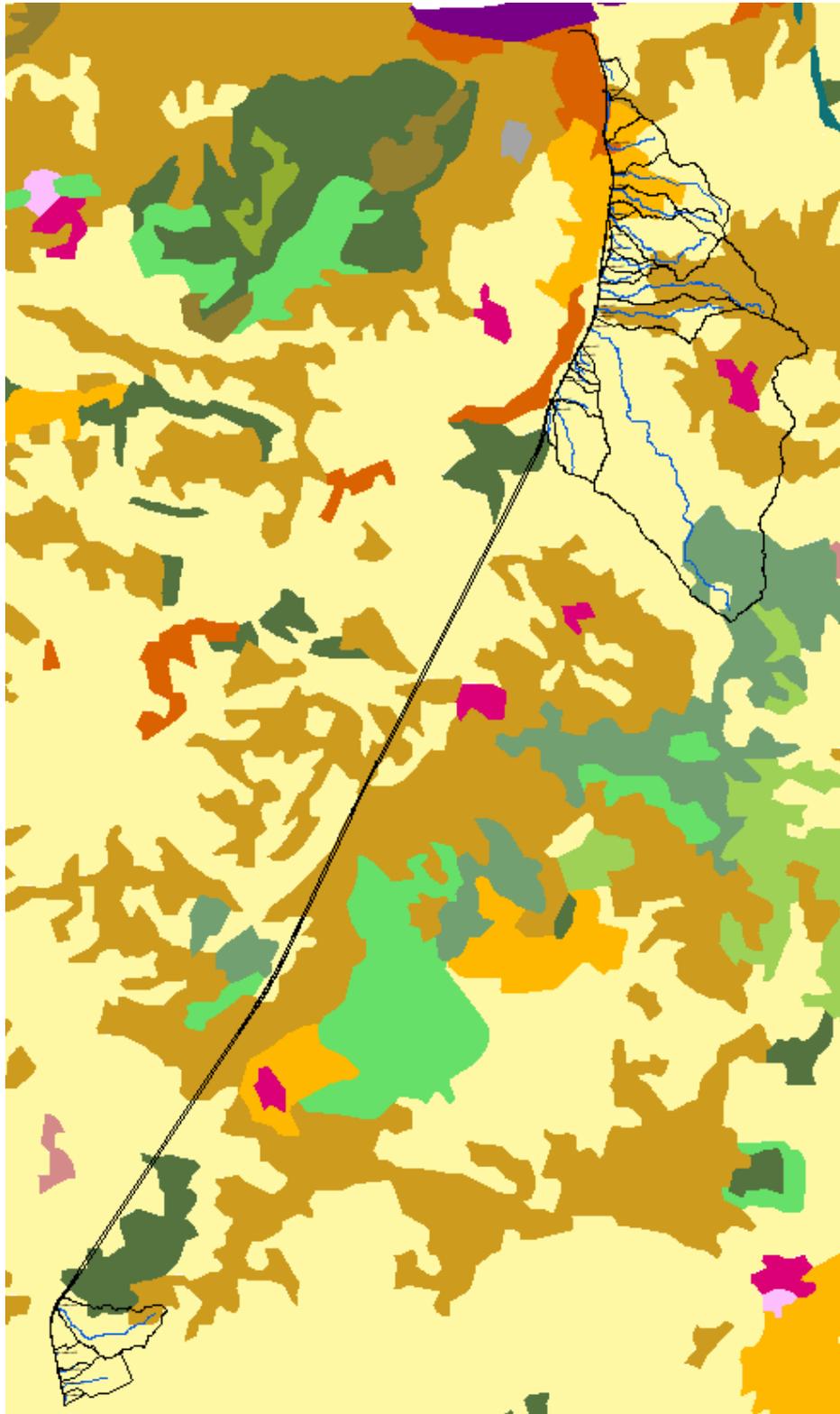


Figura 5-2 – Copertura uso del suolo Regione Sicilia nell'area di studio(legenda in Appendice B).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 35 di 54

### 5.3 METODO SCS – CURVE NUMBER (CN)

La pioggia effettiva,  $P_e$ , può essere stimata oltre che tramite il coefficiente di deflusso  $\phi$  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 5-2 è riportata la classificazione del terreno in base alla sua risposta idrologica, in

Tabella 5-3 sono riportate le categorie di umidità I, II e III e in

Tabella 5-4 sono riportati i valori di CN nel caso di condizione di umidità di tipo II.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 36 di 54

Tabella 5-2 – 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 5-3 – 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 5-4 – 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.

Tipo di copertura	Tipo di suolo			
	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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 37 di 54

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)

in cui:  $P_e$ : altezza di pioggia efficace;

A: area del bacino;

$\tau_c$ : tempo di corrivazione.

## **5.4 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 [ $km^2$ ];

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA <b>RS3Z</b>	LOTTO <b>00 D 09</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0001 001</b>	REV. <b>C</b>

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

$H_o$  = 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 km<sup>2</sup>. E' 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 km<sup>2</sup>. 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.

Tabella 5-5 - 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.

## 5.5 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

### 5.5.1 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 5.4. I dati necessari per il calcolo dei tempi, ossia

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> <b>RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C

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 0.

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 km<sup>2</sup>, il tempo di corrivazione corrisponde a quello calcolato con Kirpich;
- per estensioni comprese tra 1 e 75 km<sup>2</sup>, 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 5-6 sono riportati i valori dei tempi di corrivazione di progetto determinati come sopra descritto.

Tabella 5-6 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni.

Pk	ID Sottobacino	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Tempo di corrivazione $\tau_c$ [ore]		
			Giandotti	Kirpich	progetto
1+119	23	0.71	1.07	0.17	0.25
1+835	2	0.37	0.70	0.21	0.25
2+613	3+4	0.83	0.84	0.28	0.28
3+234	5	1.38	0.92	0.47	0.48
3+390	6	0.72	0.74	0.50	0.50
3+800	26	0.12	0.51	0.14	0.25
4+020	7	1.48	1.02	0.57	0.57
4+530	8	0.25	0.56	0.16	0.25
4+580	9	0.26	0.61	0.32	0.32
5+115	27	0.17	0.54	0.23	0.25
5+374	10	2.12	1.12	0.74	0.75
5+850	11	1.34	1.16	0.66	0.67
6+300	14	16.67	2.08	1.18	1.37
6+741	15	0.11	0.52	0.11	0.25
7+058	24	0.11	0.33	0.13	0.25
7+188	25	0.11	0.33	0.15	0.25
7+520	16	0.35	0.59	0.24	0.25
7+844	17	1.22	0.77	0.32	0.32
8+032	17b	0.13	0.31	0.13	0.25
28+000	18	1.46	1.12	0.48	0.49
28+970	19	0.31	0.42	0.02	0.25
29+330	20	0.11	0.49	0.14	0.25
29+590	21	0.67	0.95	0.25	0.25
29+820	22	0.07	0.36	0.04	0.25

Tabella 5-7: Tempi di corrivazione per i sottobacini di interesse del Fiume Torto

ID	Caratteristiche del bacino					Tempo di corrivazione tc [ore]
	L. asta [km]	Sup. bacino [km <sup>2</sup> ]	Hmax [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	
FiumeTorto_01	53,81	380,84	1259,36	52	495,9	9,42
ValleDelPrincipe(*)	8,12	16,78	789,13	57,9	352,59	1,37
FiumeTorto_02	9,02	23,81	1160	0	40	3,10

(\*) coincide con il bacino 14 alla pk 6+300

### 5.5.2 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 e dal manuale di progettazione ferroviario per i bacini con estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>.

Per il calcolo delle portate sono stati applicati il metodo cinematico e il metodo SCS, utilizzando le altezze di precipitazione che derivano sia da Gumbel sia dal metodo VAPI. Per la scelta della portata di progetto, come sarà discusso nel paragrafo 5.5.3, si sono utilizzati i valori calcolati con il metodo SCS in quanto tale metodo ha fornito valori di portata maggiori.

Per quanto riguarda il metodo cinematico, a partire dalla carta dell'uso del suolo (Figura 5-2) si sono ricavati i valori dei coefficienti di deflusso di ciascun sottobacino; tali valori sono riportati in (Tabella 5-8).

Tabella 5-8 – Coefficienti di deflusso.

Pk	ID Sottobacino	$\phi$
1+119	23	0.40
1+835	2	0.40
2+613	3+4	0.40
3+234	5	0.40
3+390	6	0.40
3+800	26	0.40
4+020	7	0.40
4+530	8	0.40

Pk	ID Sottobacino	$\varphi$
4+580	9	0.40
5+115	27	0.40
5+374	10	0.40
5+850	11	0.40
6+300	14	0.40
6+741	15	0.40
7+058	24	0.40
7+188	25	0.40
7+520	16	0.40
7+844	17	0.40
8+032	17b	0.40
28+000	18	0.39
28+970	19	0.40
29+330	20	0.40
29+590	21	0.40
29+820	22	0.40

In merito al metodo SCS, in linea con quanto riportato nel PAI, ci si è posti nelle condizioni di tipo di suolo C e, cautelativamente, il Curve Number utilizzato è quello calcolato nelle ipotesi di umidità del terreno di tipo III; tale valore si determina con la procedura esposta al paragrafo 5.3 a partire dal CN nell'ipotesi di umidità del suolo di tipo II, CN(II), a sua volta determinato utilizzando la carta di uso del suolo. In *Tabella 5-9* sono riportati i valori di CN(III) per ciascun sottobacino.

*Tabella 5-9 – Curve Number in condizioni di tipo III.*

Pk	ID Sottobacino	CN(III)
1+119	23	88.05
1+835	2	88.82
2+613	3+4	89.61
3+234	5	89.54
3+390	6	89.67
3+800	26	90.20
4+020	7	88.19
4+530	8	89.09
4+580	9	88.34

Pk	ID Sottobacino	CN(III)
5+115	27	89.08
5+374	10	85.37
5+850	11	86.21
6+300	14	87.45
6+741	15	89.08
7+058	24	89.08
7+188	25	89.08
7+520	16	89.08
7+844	17	89.08
8+032	17b	88.86
28+000	18	88.06
28+970	19	89.08
29+330	20	89.08
29+590	21	89.08
29+820	22	89.08
	FiumeTorto_01	85
	ValleDelPrincipe(*)	87.45
	FiumeTorto_02	88.31

(\*) coincide con il sottobacino 14

Dalla carta di uso del suolo e, conseguentemente, dai valori ottenuti dei coefficienti di deflusso e dei Curve Number, si può osservare come l'area di studio sia caratterizzata da terreni destinati principalmente ad un uso seminativo.

Le prossime tabelle riportano i valori di portata ottenuti con i metodi descritti.

Tabella 5-10 – Portate ottenute per Tr 200 anni.

Pk	ID Sottobacino	Superficie [km <sup>2</sup> ]	τc [ore]	Q max [m <sup>3</sup> /s]-TR200			
				Metodo cinematico		Metodo SCS	
				con h di Gumbel	con h VAPI	partendo da h di Gumbel	partendo da h VAPI
1+119	23	0.25	0.25	4.60	4.82	4.77	5.19
1+835	2	0.37	0.25	6.81	7.14	7.48	8.13
2+613	3+4	0.83	0.28	14.08	14.78	17.00	18.41
3+234	5	1.38	0.48	17.05	17.21	23.14	23.47
3+390	6	0.72	0.50	8.67	8.75	11.97	12.13
3+800	26	0.12	0.25	2.27	2.29	2.77	2.81
4+020	7	1.48	0.57	16.38	16.53	21.38	21.68
4+530	8	0.25	0.25	4.58	4.62	5.14	5.22

Pk	ID Sottobacino	Superficie [km <sup>2</sup> ]	τc [ore]	Q max [m <sup>3</sup> /s]-TR200			
				Metodo cinematico		Metodo SCS	
				con h di Gumbel	con h VAPI	partendo da h di Gumbel	partendo da h VAPI
4+580	9	0.26	0.32	4.11	4.14	4.69	4.76
5+115	27	0.17	0.25	3.11	3.14	3.49	3.54
5+374	10	2.12	0.75	19.82	20.00	23.64	24.00
5+850	11	1.34	0.67	13.39	13.51	16.23	16.47
6+300	14	16.67	1.37	100.60	100.81	149.19	149.65
6+741	15	0.11	0.25	2.10	2.03	2.35	2.23
7+058	24	0.11	0.25	1.94	1.88	2.17	2.05
7+188	25	0.11	0.25	2.06	1.99	2.31	2.18
7+520	16	0.35	0.25	6.41	6.21	7.18	6.80
7+844	17	1.22	0.32	19.05	18.46	22.88	21.68
8+032	17b	0.13	0.25	2.38	2.11	2.65	2.14
28+000	18	1.46	0.49	14.63	15.35	16.63	18.07
28+970	19	0.31	0.25	4.81	5.05	4.72	5.16
29+330	20	0.11	0.25	1.62	1.70	1.59	1.74
29+590	21	0.67	0.25	10.36	10.87	10.17	11.11
29+820	22	0.07	0.25	1.01	1.05	0.99	1.08

Tabella 5-11 – Portate ottenute per Tr 300 anni.

Pk	ID Sottobacino	Superficie [km <sup>2</sup> ]	$\tau c$ [ore]	Q max [m <sup>3</sup> /s]-TR300			
				Metodo cinematico		Metodo SCS	
				con h di Gumbel	con h di VAPI	partendo da h di Gumbel	partendo da h di VAPI
1+119	23	0.25	0.25	4.83	5.12	5.20	5.77
1+835	2	0.37	0.25	7.15	7.59	8.15	9.01
2+613	3+4	0.83	0.28	14.79	15.69	18.44	20.30
3+234	5	1.38	0.48	17.91	18.27	24.98	25.75
3+390	6	0.72	0.50	9.11	9.29	12.91	13.30
3+800	26	0.12	0.25	2.39	2.44	3.00	3.10
4+020	7	1.48	0.57	17.21	17.56	23.11	23.85
4+530	8	0.25	0.25	4.81	4.91	5.59	5.78
4+580	9	0.26	0.32	4.31	4.40	5.10	5.27
5+115	27	0.17	0.25	3.27	3.33	3.79	3.92
5+374	10	2.12	0.75	20.82	21.24	25.66	26.51
5+850	11	1.34	0.67	14.07	14.35	17.60	18.18
6+300	14	16.67	1.37	105.65	107.07	160.44	163.61
6+741	15	0.11	0.25	2.21	2.16	2.56	2.47
7+058	24	0.11	0.25	2.03	1.99	2.36	2.28
7+188	25	0.11	0.25	2.16	2.12	2.51	2.42
7+520	16	0.35	0.25	6.73	6.59	7.82	7.54
7+844	17	1.22	0.32	20.01	19.60	24.83	23.98
8+032	17b	0.13	0.25	2.50	2.24	2.88	2.39
28+000	18	1.46	0.49	15.41	16.30	18.19	20.00
28+970	19	0.31	0.25	5.07	5.36	5.20	5.75
29+330	20	0.11	0.25	1.71	1.81	1.75	1.94
29+590	21	0.67	0.25	10.92	11.55	11.19	12.38
29+820	22	0.07	0.25	1.06	1.12	1.09	1.20

### 5.5.3 Portate di riferimento per le verifiche idrauliche

Le portate di riferimento da utilizzare nelle verifiche idrauliche delle opere di attraversamento sono quelle massime ottenute dall'applicazione dei metodi esposti e corrispondono alla portata calcolata con il metodo SCS.

In conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI, il tempo di ritorno da utilizzare è Tr 200 anni per i bacini con estensione inferiore a 10 km<sup>2</sup> e Tr 300 anni per i bacini superiori ai 10 km<sup>2</sup>.

Tabella 5-12 – Portate di progetto.

Pk	ID Sottobacino	Tr	Q progetto [m <sup>3</sup> /s]
1+119	23	200	5.19
1+835	2	200	8.13

Pk	ID Sottobacino	Tr	Q progetto [m <sup>3</sup> /s]
2+613	3+4	200	18.41
3+234	5	200	23.47
3+390	6	200	12.13
3+800	26	200	2.81
4+020	7	200	21.68
4+530	8	200	5.22
4+580	9	200	4.76
5+115	27	200	3.54
5+374	10	200	24.00
5+850	11	200	16.47
6+300	14	300	163.61
6+741	15	200	2.35
7+058	24	200	2.17
7+188	25	200	2.31
7+520	16	200	7.18
7+844	17	200	22.88
8+032	17b	200	2.65
28+000	18	200	18.07
28+970	19	200	5.16
29+330	20	200	1.74
29+590	21	200	11.11
29+820	22	200	1.08

Infine, si è fatto un confronto tra il coefficiente di deflusso utilizzato per calcolare la portata con il metodo cinematico ed il coefficiente di deflusso equivalente che si dovrebbe utilizzare, con lo stesso metodo, per ottenere la portata di progetto determinata con il metodo SCS. La seguente tabella mostra come il metodo SCS sia più cautelativo del metodo cinematico e, allo stesso tempo, data la somiglianza tra i coefficienti di deflusso, come in entrambi i casi rimanga rispettata la destinazione d'uso del suolo.

Tabella 5-13 – Confronto dei coefficienti di deflusso.

Pk	Sottobacino	$\varphi$	$\varphi$ equivalente
1+119	23	0.40	0.43
1+835	2	0.40	0.46
2+613	3&4	0.40	0.50
3+234	5	0.40	0.55

Pk	Sottobacino	$\varphi$	$\varphi$ equivalente
3+390	6	0.40	0.55
3+800	26	0.40	0.49
4+020	7	0.40	0.52
4+530	8	0.40	0.45
4+580	9	0.40	0.46
5+115	27	0.40	0.45
5+374	10	0.40	0.48
5+850	11	0.40	0.49
6+300	14	0.40	0.59
6+741	15	0.40	0.44
7+058	24	0.40	0.44
7+188	25	0.40	0.44
7+520	16	0.40	0.44
7+844	17	0.40	0.47
8+032	17b	0.40	0.40
28+000	18	0.39	0.46
28+970	19	0.40	0.41
29+330	20	0.40	0.41
29+590	21	0.40	0.41
29+820	22	0.40	0.41

## 5.6 IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME TORTO

La metodologia per la determinazione degli idrogrammi di piena, riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia, suggerisce di adottare uno ietogramma di tipo *Chicago* con durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino. I parametri di pioggia adottati sono quelli del VaPi, in quanto risultano più cautelativi di quelli dell'analisi statistica delle stazioni pluviometriche, come riportato nel precedente paragrafo 4.5.1.2.

La trasformazione afflussi-deflussi adottata è quella basata sul metodo del Curve Number e per la convoluzione, nell'applicazione in esame, si è scelto un idrogramma unitario del tipo SCS. I contributi dei sottobacini studiati (cfr. paragrafo 3.24.5.1.2) sono stati calcolati ognuno indipendentemente dall'altro, con un evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione dei sottobacini stessi. Le seguenti figure mostrano gli idrogrammi ottenuti.

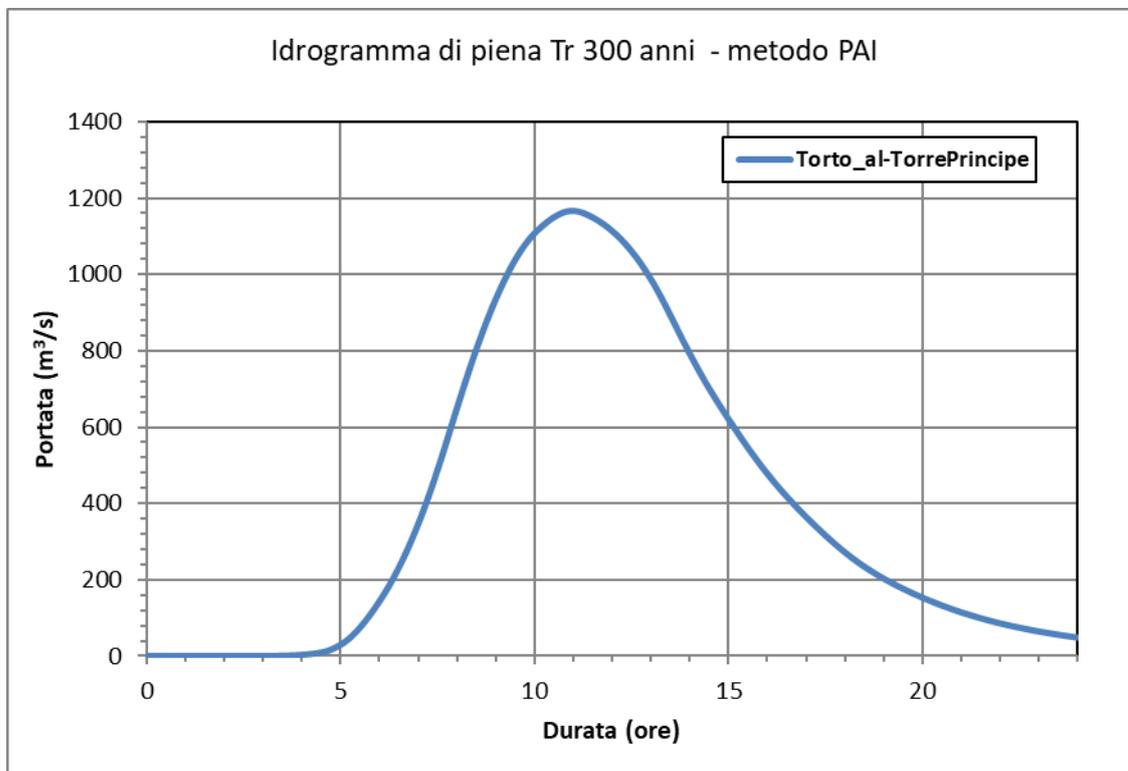


Figura 5-3 - Idrogramma di piena Tr300 anni per il Fiume Torto a monte della confluenza con il Vallone Torre del Principe

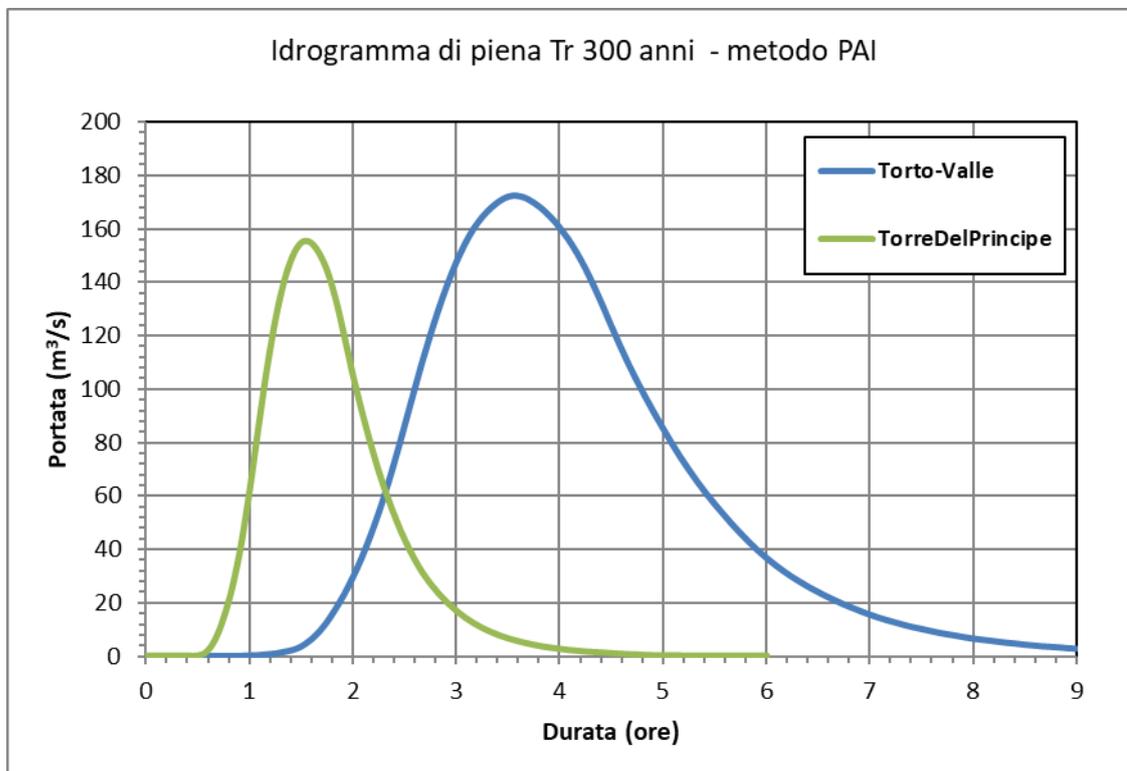


Figura 5-4 -Idrogrammi di piena Tr300 anni per i contributi del Fiume Torto a valle della confluenza con il Vallone Torre del Principe

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA          RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE</b>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00 D 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. C	FOGLIO 49 di 54

## 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](http://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.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	50 di 54

## APPENDICE A – DATI DI PIOGGIA

ALIA.txt

Idrografico di PALERMO

Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 06/06/2019

550 - ALIA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1972	31,6	31/12	38,8	31/12	59,8	31/12	80,8	31/12	131,4	31/12
1973	20,8	30/07	25,4	30/07	28,8	05/12	32,8	05/12	43,2	24/10
1974	31,8	25/09	33,0	25/09	33,0	25/09	42,2	31/03	42,4	31/03
1975	15,2	27/08	21,0	27/08	29,4	27/08	50,2	27/08	54,6	27/08
1976	30,8	26/10	36,0	11/11	49,2	11/11	51,0	17/12	57,4	02/02
1977	7,8	04/06	17,0	09/12	26,0	09/12	28,2	25/11	36,2	25/11
1978	23,0	03/10	24,8	03/10	26,0	03/10	32,0	13/02	38,2	13/02
1979	34,6	13/10	35,0	13/10	35,2	13/10	37,8	13/10	42,0	01/03
1981	34,4	21/10	47,8	21/10	53,0	21/10	53,0	21/10	53,0	21/10
1982	29,4	13/09	32,2	13/09	32,4	13/09	32,4	13/09	37,8	22/03
1984	20,6	19/09	23,2	03/12	26,8	03/12	29,2	03/12	33,2	03/12
1985	13,2	16/04	23,0	16/04	29,4	16/04	45,2	16/04	70,0	15/04
1986	20,4	16/10	24,0	16/10	29,8	29/10	45,6	29/10	65,4	29/10
1987	16,6	06/09	26,0	06/09	26,0	06/09	31,0	16/01	33,4	16/01
1988	11,4	21/09	22,0	21/09	26,2	21/09	30,0	21/09	34,0	21/09
1989	14,8	27/09	17,8	11/04	22,2	11/04	22,8	13/10	25,4	13/10
1991	21,0	18/03	27,2	18/03	28,2	14/02	59,4	14/02	75,4	14/02
1992	24,8	03/11	25,8	03/11	26,0	03/11	32,8	02/11	56,4	02/11
1993	19,2	25/10	32,6	25/10	33,6	25/10	33,6	25/10	52,6	24/10
1994	17,4	17/09	22,8	08/01	28,6	26/04	39,4	25/04	43,0	25/04
1995	23,8	24/09	52,0	24/09	68,4	24/09	73,2	24/09	73,2	24/09
1996	16,2	09/12	31,0	09/12	51,2	09/12	76,6	09/12	83,0	08/12

## ALIA.txt

1997	28,4	12/08	30,6	22/09	35,6	22/09	48,6	22/09	48,8	22/09
2000	14,0	15/10	20,0	15/10	28,4	11/04	35,8	10/02	46,0	09/02
2001	19,2	01/09	26,6	01/09	26,6	01/09	36,8	10/02	38,6	10/02
2002	12,2	31/08	14,8	10/10	20,6	10/10	24,6	10/10	28,0	26/07
2003	37,0	18/10	45,4	18/10	46,0	18/10	46,2	18/10	74,2	18/10
2004	45,2	02/11	49,8	02/11	51,4	02/11	58,0	02/11	73,6	02/11
2005	14,6	15/09	28,6	13/12	47,2	13/12	84,6	13/12	100,4	13/12
2006	23,2	15/09	25,4	15/09	27,6	05/05	29,2	24/12	56,2	30/01
2007	42,0	29/03	84,2	29/03	95,0	29/03	95,0	29/03	102,6	29/03
2008	10,8	28/11	15,4	22/01	24,6	28/11	24,8	28/11	38,6	10/12
2011	18,4	18/02	24,6	18/02	27,8	18/02	43,4	18/02	55,8	18/02
2012	14,0	07/03	25,0	07/03	37,8	07/03	46,4	07/03	72,4	07/03
2013	13,0	21/08	23,6	21/08	23,6	21/08	30,4	25/01	39,6	25/01
2014	16,0	01/02	28,0	01/02	47,0	01/02	60,4	01/02	70,4	01/02
2015	37,4	15/10	84,0	15/10	86,8	15/10	87,2	15/10	124,8	15/10
2016	60,0	25/11	112,0	25/11	152,0	25/11	178,8	25/11	180,4	25/11
2017	29,2	16/07	30,4	22/01	35,2	22/01	41,0	22/01	42,6	21/01

BIVIO CERDA.txt  
 Idrografico di PALERMO  
 Stampa di controllo di Pluviometria (massima intensità) - Del 06/06/2019

590 - BIVIO CERDA

Anno	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	Pioggia	Data								
1976	20,0	25/06	23,0	11/11	37,2	16/01	54,2	02/02	58,6	02/02
1977	17,0	25/11	31,4	25/11	44,4	25/11	54,0	25/11	76,0	25/11
1978	11,0	21/09	16,2	21/09	29,0	21/09	39,2	21/09	58,0	21/09
1979	12,8	02/10	23,0	17/12	33,0	08/03	38,8	11/01	42,0	01/03
1987	31,0	07/10	38,2	07/10	58,0	11/11	68,4	11/11	70,2	11/11
1988	24,6	21/09	32,0	21/09	47,0	21/09	52,0	21/09	72,4	21/09
1989	17,2	03/05	19,4	27/09	22,0	03/05	23,0	03/05	23,0	03/05
1990	34,0	31/07	49,8	31/07	50,0	31/07	50,0	31/07	50,0	31/07
1991	16,0	02/09	18,4	02/09	30,4	14/02	57,0	14/02	74,8	14/02
1993	23,8	24/10	32,2	25/10	40,0	25/10	41,2	25/10	69,8	24/10
1994	33,4	17/09	34,8	17/09	35,2	17/09	35,2	17/09	41,8	18/02
1995	42,6	31/07	58,0	31/07	58,0	31/07	58,6	24/09	60,4	24/09
1996	35,2	29/08	48,2	29/08	48,6	29/08	60,0	09/12	65,0	08/12
1998	54,8	18/10	54,8	18/10	54,8	18/10	54,8	18/10	54,8	18/10
2000	30,0	09/09	35,2	09/09	35,2	09/09	42,6	08/09	43,2	07/09
2001	38,8	23/08	46,6	23/08	46,6	23/08	46,6	23/08	46,6	23/08
2002	24,8	10/03	39,6	10/03	39,6	10/03	39,6	10/03	54,0	26/06
2003	28,8	16/10	40,8	16/10	52,8	16/10	52,8	16/10	52,8	16/10
2004	19,2	14/07	42,0	14/07	47,6	14/07	50,8	14/07	50,8	14/07
2005	21,6	15/09	25,0	15/09	42,0	13/12	58,4	13/12	71,6	13/12
2006	16,0	19/04	16,0	19/04	20,2	23/01	20,2	23/01	20,2	23/01
2009	42,0	16/09	67,8	25/09	78,2	25/09	78,2	25/09	88,4	25/09

BIVIO CERDA.txt

2011	28,0	10/11	30,2	10/11	30,2	10/11	30,2	10/11	36,4	20/12
2012	35,6	08/03	58,2	08/03	79,0	08/03	95,0	07/03	139,8	07/03
2013	39,6	06/10	56,2	06/10	56,6	06/10	56,6	06/10	65,4	05/10
2014	53,2	05/10	56,4	05/10	56,4	05/10	76,0	05/10	91,6	05/10
2015	23,0	17/05	36,2	10/09	43,2	10/09	43,2	10/09	76,8	09/09



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00 D 09	RI	ID0001 001	C	51 di 54

## APPENDICE B – CODICI USO DEL SUOLO

CLASSI DI USO DEL SUOLO / LAND USE CLASSES				
1° livello 1st level	2° livello 2nd level	3° livello 3rd level		
1 Territori modellati artificialmente Artificial surfaces	11 Zone urbanizzate Urban areas	111	Tessuto denso (● nuclei di estensione inferiore a 25 ha) Continuous urban fabric (● settlements smaller than 25 ha)	
		112	Tessuto rado Discontinuous urban fabric	
	12 Zone produttive e infrastrutture Industrial and infrastructural areas	121	121	Aree industriali (■ aree di estensione inferiore a 25 ha) Industrial areas (■ areas smaller than 25 ha)
			122	Infrastrutture generiche General infrastructures
			123	Aree portuali Port areas
			124	Aeroporti Airports
	13 Zone in trasformazione Transitional areas	131	131	Aree in costruzione, escavazioni, suoli rimaneggiati Construction sites, excavations, earthworks
			132	Discariche Dumps
			133	Aree estrattive (▲ cave di estensione inferiore a 25 ha) Extractive areas (▲ quarries smaller than 25 ha)
	14 Zone verdi urbane e zone archeologiche Green urban areas and archaeological areas	141	141	Aree verdi urbane, sportive e ricreative Urban parks, sport and leisure areas
			142	Aree archeologiche (▲ aree di estensione inferiore a 25 ha) Archaeological areas (▲ areas smaller than 25 ha)
	2 Territori agricoli Agricultural areas	21 Seminativo Arable land	211	Seminativo semplice, irriguo, arborato; foraggere; colture orticole Arable land irrigated and not, locally with tree crops: fodder; horticulture
			212	Colture in serra e sotto tunnel Green houses and cultivations under plastic
		22 Legnose agrarie Permanent crops	221	221
222				Vigneto Vineyards
223				Oliveto Olive groves
224				Mandorleto Almond groves
225				Frutteto (f: ficodindieto, k: carrubeto, n: nocciolo, t: pistacchieto) Orchards (f: prickly pear, k: carob, n: hazel, t: pistachio)
226				Legnose agrarie miste Mixed groves
23 Zone agricole eterogenee Heterogeneous agricultural areas		231	231	Associazioni di olivo con altre legnose Associations of olive and other groves
			232	Sistemi colturali e particellari complessi Complex cultivation patterns
			233	Seminativo associato a vigneto Associations of annual crops and vineyards
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali Forest and semi-natural areas	31 Boschi Forests	311	Latifoglie Broad-leaved	
		312	Conifere Coniferous	
		313	Bosco misto Mixed forest	
		314	Aree parzialmente boscate o bosco degradato Partially wooded land or degraded forest	
	32 Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea Shrub and/or herbaceous vegetation associations	321	321	Macchia e cespuglieto Shrubland
			322	Pascolo Grassland
			323	Incolto, incolto roccioso Sparsely vegetated areas
	33 Zone aperte con vegetazione rada o assente Open spaces with little or no vegetation	331	331	Aree in erosione, calanchi, rocce Erosion scars, badlands, rock outcrops
			332	Alvei fluviali River beds
			333	Spiagge Beaches
4 Zone umide Wetlands	41 Zone umide interne Inland wetlands	411	Pantani interni Inland marshes	
	42 Zone umide costiere Maritime wetlands	421	Pantani Coastal marshes	
		422	Saline Salines	
5 Corpi idrici Water bodies	51 Acque continentali Inland waters	511	Laghi naturali e naturali ampliati Natural lakes, enlarged natural lakes	
		512	Laghi artificiali Reservoirs	
	52 Acque marittime e acque di transizione Marine and transitional waters	521	Lagune Lagoons	
		522	Laghi costieri Coastal lakes	

Indicatori di presenze significative non isolabili all'interno di altre classi / Indicators of significant, but not dissociable, occurrences within other classes

a: agrumi citrus    c: ortaggi vegetables    f: ficodindia prickly pear    k: carrubo carob    m: mandorlo almond    o: olivo olive    p: palma nana dwarf palm    s: serre o tendoni green houses    v: vite vine