

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



Costruzioni
Linee
Ferroviarie
s.p.a.



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA - CATENANUOVA MODIFICA ATTRAVERSAMENTO VIARIO VALLONE DELLE ROSE

RELAZIONE

NVW8 – VIADOTTO STRADALE SU VALLONE DELLE ROSE RELAZIONE IDROLOGICA

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	VALIDO PER LA COSTRUZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. RUFFO	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing.G. TANZI	DIRETTORE LAVORI

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

R	S	3	9	1	0	V	Z	Z	R	I	I	D	0	0	0	0	0	0	2	B	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F.Ricci	9/2020	C.Beltrami	9/2020	G.Tanzi	9/2020	Ing. G. Tanzi
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ITF	F.Ricci	11/2020	C.Beltrami	11/2020	G.Tanzi	11/2020	
								09/2020
File: RS39-10-V-ZZ-RI-ID0000-002_B.docx								n. Elab.:

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>2 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	2 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	2 di 44								

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Elenco elaborati annessi	4
2	SINTESI TECNICO DESCRITTIVA	5
2.1	Scelta dei tempi di ritorno	5
2.2	Inquadramento generale dell'area.....	5
2.3	Morfologia.....	7
2.4	Idrografia	7
2.4.1	Descrizione bacino del Fiume Simeto.....	8
2.5	Inquadramento normativo.....	10
2.6	Identificazione della rete idrografica	11
2.6.1	MapWindow e l'applicativo TauDEM.....	12
2.6.2	Individuazione della rete idrografica e dei bacini.	15
2.7	Modelli probabilistici per l'analisi statistica delle piogge.....	16
2.7.1	Il modello probabilistico TCEV.....	16
2.7.2	Il modello probabilistico di Gumbel	19
2.8	Analisi delle precipitazioni.....	22
2.8.1	Metodo VAPI Sicilia piogge.....	22
2.8.2	Il modello probabilistico di Gumbel	26
2.9	Stima delle portate.....	31
2.9.1	Il metodo cinematico o razionale	31
2.9.2	Definizione delle portate.....	35
2.9.3	Portate di riferimento per le verifiche idrauliche	40
2.10	Definizione delle portate per la valutazione delle fasi costruttive	41
3	BIBLIOGRAFIA	43

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>3 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	3 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	3 di 44								

1 PREMESSA

Il presente documento è parte della progettazione esecutiva dell'intervento di realizzazione di un attraversamento stradale sul torrente Vallona della Rosa appena a valle e parallelo all'attraversamento della linea ferroviaria Palermo - Catania, nella tratta che si sviluppa tra Bicocca e Catenanuova.

Tale relazione fa riferimento allo studio idrologico svolto per il progetto definitivo del raddoppio della linea ferroviaria Palermo - Catania, nella tratta che si sviluppa tra Bicocca e Catenanuova.

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

- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante specifici sopralluoghi nei quali sono state acquisite notizie sull'idrografia della zona, sullo stato degli alvei, nonché sul comportamento dell'area durante gli eventi piovosi intensi;
- Perimetrazione del bacino idrografico e studio delle caratteristiche geomorfologiche;
- Redazione della corografia del bacino idrografico sotteso in corrispondenza del viadotto stradale di progetto;
- Valutazione delle caratteristiche del bacino e calcolo del tempo di corrivazione mediante l'utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
- Calcolo delle altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno mediante due differenti modelli statistici:
 - Curva probabilistica di Gumbel;
 - Metodo VaPi-CNR-pioggie per la regione Sicilia (codificato in "La sistemazione dei bacini idrografici" - Seconda edizione- Vito Ferro 2006).
- Valutazione delle portate liquide del bacino idrografico nella sezione di chiusura, mediante applicazione del metodo razionale.
- Definizione delle altezze di pioggia per eventi di durata inferiore all'ora necessarie per il dimensionamento delle opere di drenaggio di piattaforma.

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">10.V. ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.0000.002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">4 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	4 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	4 di 44								

1.1 Elenco elaborati annessi

Tabella 1: Elenco elaborati annessi

ID	CODIFICA	ELABORATI	SCALA
ID00	RS39-10-V-ZZ-RI-ID0000-001_A	Relazione idrologica-Idraulica	-
ID00	RS39-10-V-ZZ-RI-ID0000-002_A	Relazione di compatibilità idraulica	-
ID00	RS39-10-V-ZZ-CZ-ID0000-001_A	Corografia	1:10'000
ID00	RS39-10-V-ZZ-FX-ID0000-001_A	Profili idrici ante e post operam	varie
ID00	RS39-10-V-ZZ-WZ-ID0000-001_A	Sezioni ante operam	1:200
ID00	RS39-10-V-ZZ-WZ-ID0000-002_A	Sezioni post operam	1:200
ID00	RS39-10-V-ZZ-PZ-ID0000-001_A	Planimetria e sezioni sistemazione Vallone della Rosa	varie
ID00	RS39-10-V-ZZ-PZ-ID0000-002_A	Planimetria fasi di realizzazione	varie

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>5 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	5 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	5 di 44								

2 SINTESI TECNICO DESCRITTIVA

2.1 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 Italferr e dalle Norme tecniche delle costruzioni. La tabella seguente sintetizza la scelta effettuata per tipologia di opere:

Tabella 2: Tempi di ritorno

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2008 e relativa circolare applicativa
Drenaggio di piattaforma (cunette, tubazioni, etc)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Piattaforma ferroviaria</i> <i>TR 100 anni</i> • <i>Deviazioni stradali</i> <i>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</i> <i>Tr=200 anni</i> 	<i>Tr = 200 anni</i>

Essendo un attraversamento stradale le norme di riferimento saranno le NTC 2008

2.2 Inquadramento generale dell'area

Il progetto prevede la realizzazione di un attraversamento stradale sul torrente Vallone della Rosa e parallelo all'attraversamento ferroviario ricadente nel progetto esecutivo di raddoppio della linea ferroviaria Palermo - Catania, nella tratta che si sviluppa tra Bicocca e Catenanuova (alla pk 1+440 VI02).

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  salini impregilo </div> <div style="text-align: center;">  ASTALDI </div> <div style="text-align: center;">  <small>Costruzioni Linee Ferroviarie s.p.a.</small> </div> <div style="text-align: center;">  S.I.F.E.L. </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  TECH PROJECT <small>ingegneria integrata</small> </div> <div style="text-align: center;">  Lombardi <small>Lombardi Ingegneria S.r.l. Lombardi SA Ingegneria Consulenti</small> </div> <div style="text-align: center;">  SETECO <small>Ingegneria s.r.l.</small> </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>6 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	6 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	6 di 44								

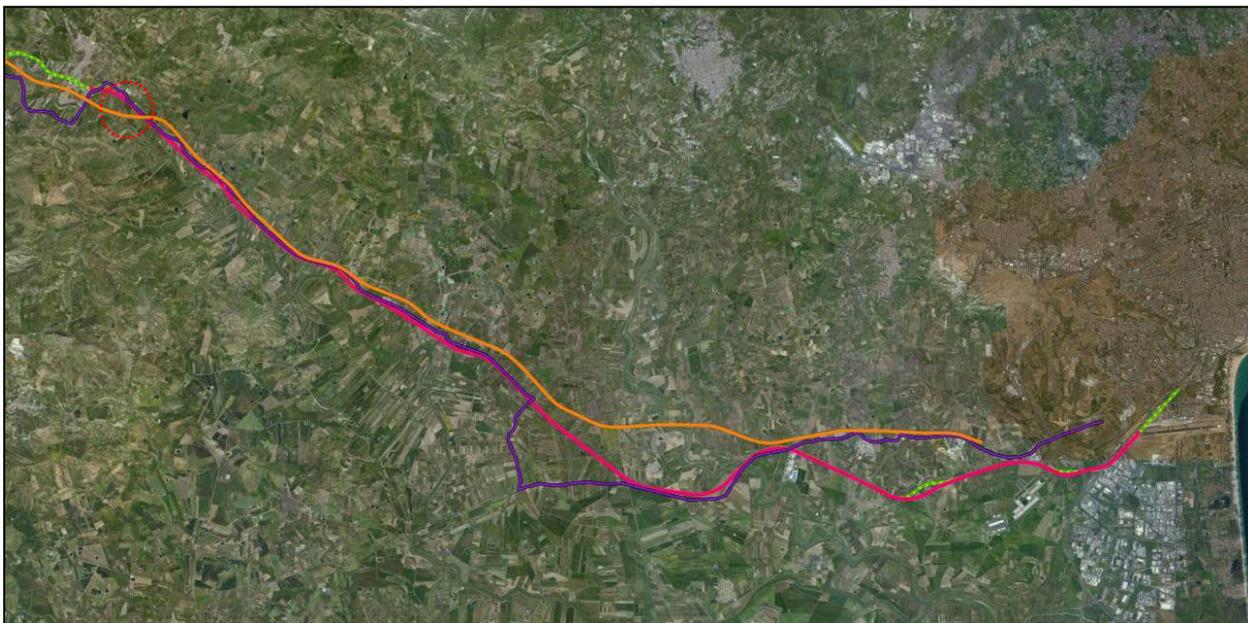


Figura 1: Inquadramento geografico attraversamento stradale di progetto

Dell'attraversamento di progetto è stata eseguita la verifica idraulica mediante elaborazione su modello matematico monodimensionale in schema di moto permanente. Nella figura seguente è riportato un inquadramento geografico su ortofoto del tracciato della linea ferroviaria, evidenziando in colore azzurro l'ubicazione dell'attraversamento stradale di progetto.

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">10.V. ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.0000.002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">7 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	7 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	7 di 44								

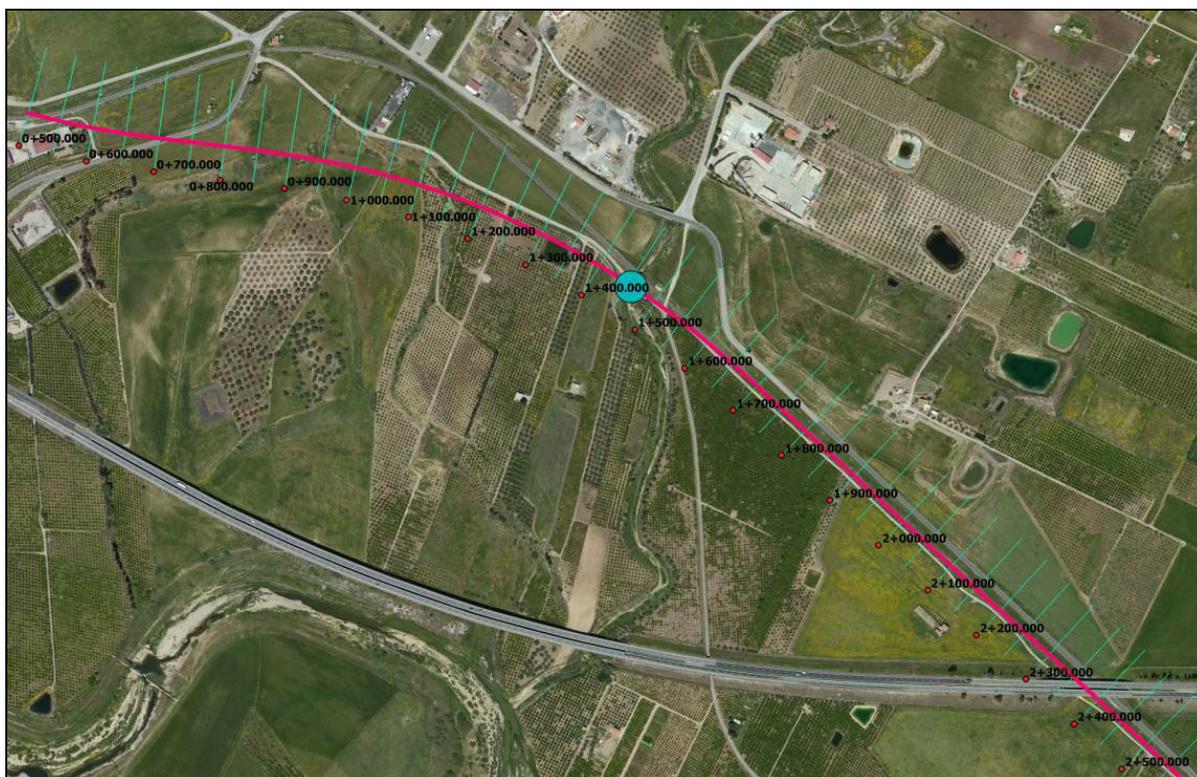


Figura 2: Inquadramento geografico nuovo attraversamento stradale sul torrente Vallone della Rosa

2.3 Morfologia

Nell'area oggetto di studio prevalgono le forme aspre ed accidentate, dovute alla presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso dei Nebrodi.

Ad Ovest ed a Sud-Ovest sono presenti i Monti Erei, di natura arenacea e calcareniticosabbiosa, isolati e a morfologia collinare; qui l'erosione, controllata dall'assetto strutturale ha dato luogo a rilievi tabulari (mesas) o monoclinali (cuestas).

2.4 Idrografia

Il principale corso d'acqua in prossimità della zona interessata dall'intervento in progetto è il Fiume Dittanio che è un affluente del fiume principale che è il Fiume Simeto.

Le caratteristiche principali del Fiume Simeto sono di seguito elencate:

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>8 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	8 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	8 di 44								

- Versante: Orientale
- Provincia: Catania, Enna, Messina, Palermo, Siracusa
- Compartimento idrografico: Palermo
- Bacino idrografico principale: F. Simeto
- Recapito del corso d'acqua: Mare Ionio
- Superficie totale del bacino imbrifero (Kmq): 4.186,1
- Affluenti: T. Cutò, F. Gornalunga, Fosso Buttaceto, F. Traina, T. Saracena, F. Salso, Vallone Salato, F. Dittaino, T. Finaita
- Serbatoi ricadenti nel bacino: Biviere di Cesarò, Nicoletti, Ancipa, Ogliastro, Pozzillo
- Altitudine minima (m.s.m.): 0
- Altitudine massima (m.s.m.): 3.274
- Altitudine media (m.s.m.): 531
- Lunghezza dell'asta principale (Km): 116
- Comuni ricadenti nel bacino: Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte, Camporotondo Etneo, Capizzi, Cerami, Maletto, Paternò, Sperlinga.

2.4.1 Descrizione bacino del Fiume Simeto

Il bacino del Fiume Simeto ricade nel versante orientale della Sicilia e si estende per circa 4186 Kmq. Il bacino del Simeto, per estensione, è il più grande bacino idrografico dell'isola; nel suo sviluppo interessa il territorio delle provincie di Catania, Enna, in misura inferiore Messina e marginalmente, Siracusa e Palermo.

Lo spartiacque del bacino corre ad est sui terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna, a nord sui monti Nebrodi, ad ovest separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale, mentre a sud-est ed a sud corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il Simeto ed i bacini dei fiumi Gela, Ficuzza e S. Leonardo. Il reticolo idrografico risulta complesso essendo composto da rami di grossa importanza che confluiscono nell'asta principale solo molto a valle o addirittura in prossimità della foce, il bacino non presenta perciò sviluppi in direzioni preferenziali.

Gli affluenti principali del fiume sono: a nord il Fiume Salso (da non confondere col Fiume Imera Meridionale, detto anche Salso), al centro il Fiume Dittaino ed a sud il Fiume Gornalunga. Tali corsi d'acqua, assieme ai fiumi Troina e Cutò, anch'essi affluenti del Simeto con bacino superiore a 100 Kmq,

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>9 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	9 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	9 di 44								

vengono censiti a parte. La superficie del bacino del Simeto, al netto dei bacini dei fiumi elencati, è di 926.9 Km².

Il Fiume Simeto, lungo 116 Km, nasce dai Nebrodi nella parte settentrionale del proprio bacino, con una serie di torrenti, il più importante dei quali è il Troina. Su questo corso d'acqua è stato realizzato il lago artificiale di Ancipa; altri tre invasi sono stati realizzati invece sui fiumi Salso (Pozzillo), Dittaino (Nicoletti) e Gornalunga (Don Sturzo od Ogliastro).

Nel bacino del Fiume Simeto sono stati realizzati importanti interventi per la difesa del suolo. Alcuni interventi, finalizzati alla difesa dalle inondazioni, hanno riguardato la inalveazione dei tronchi vallivi dei fiumi Simeto, Dittaino e Gornalunga. Altri interventi, finalizzati alla salvaguardia dei serbatoi dall'interrimento, hanno interessato principalmente i bacini sottesi dai serbatoi di Pozzillo ed Ogliastro. Sono stati effettuati rimboschimenti in alcune zone dei bacini e sistemazioni idrauliche di torrenti e valloni.

Dal punto di vista geologico, il bacino idrografico è costituito, in prevalenza, da terreni impermeabili o che presentano un grado di permeabilità molto basso. Sono tuttavia presenti nel bacino affioramenti localizzati di terreni permeabili assai estesi e di notevole spessore che permettono il formarsi di acquiferi sotterranei di rilevante consistenza, come nella zona vulcanica dell'Etna.

Nelle zone con terreni impermeabili è presente una rilevante circolazione di acque superficiali a regime prevalentemente torrentizio, con la tipica alternanza di lunghi periodi di secca con brevi, ma a volte violente piene.

Nel bacino del Fiume Simeto ricadono i centri abitati di Adrano, Belpasso, Biancavilla, Bronte, Camporotondo Etneo, Motta S. Anastasia, Paternò, S. Maria di Licodia, a parte quelli ricadenti nei bacini dei fiumi Cutò, Troina, Salso, Dittaino e Gornalunga.

Nel territorio del Comune di Paternò, sulle falde sud occidentali dell'Etna, si trovano alcuni fenomeni vulcanici periferici, denominati "Salinelle". Si tratta di tre gruppi di colli cono di fango che, oltre a fango salmastro, emettono anidride carbonica, idrogeno solforato e metano. L'origine di tali fenomeni è da attribuirsi alla presenza, in profondità, di masse magmatiche relative all'antico vulcano preetneo di Paternò.

Come detto in precedenza, il bacino del Simeto si compone dei tre principali sottobacini che sono

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>10 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	10 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	10 di 44								

quelli dei fiumi Salso, Dittaino e Gornalunga, oltre a quelli, di minore estensione, del Troina e Cutò.

Si segnala il Fiume Dittaino in quanto il torrente vallone della Rosa, dove è ubicato l'attraversamento di progetto, è un suo affluente. Il Bacino del Dittaino (959 Km²) è compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km.

2.5 Inquadramento normativo

L'analisi condotta nel presente studio ha considerato gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. In particolare, all'interno degli strumenti legislativi di recente emanazione è stato consultato il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Simeto (V aggiornamento, anno 2014), al fine di individuare eventuali criticità nella rete idrografica oggetto di studio.

Nella Relazione di Piano sono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Dagli elaborati grafici annessi relativi alle carte di pericolosità idraulica si evince come l'attraversamento stradale di progetto sia esterno alla perimetrazione del Piano di Bacino.

La figura seguente riporta uno stralcio delle aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI, nelle quali le aree in colore ciano rappresentano quelle a pericolosità bassa (P1), in azzurro quelle a pericolosità moderata (P2), e in blu quelle a pericolosità alta (P3).

APPALTATORE: Mandatario: salini  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: TECH  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>11 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	11 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	11 di 44								

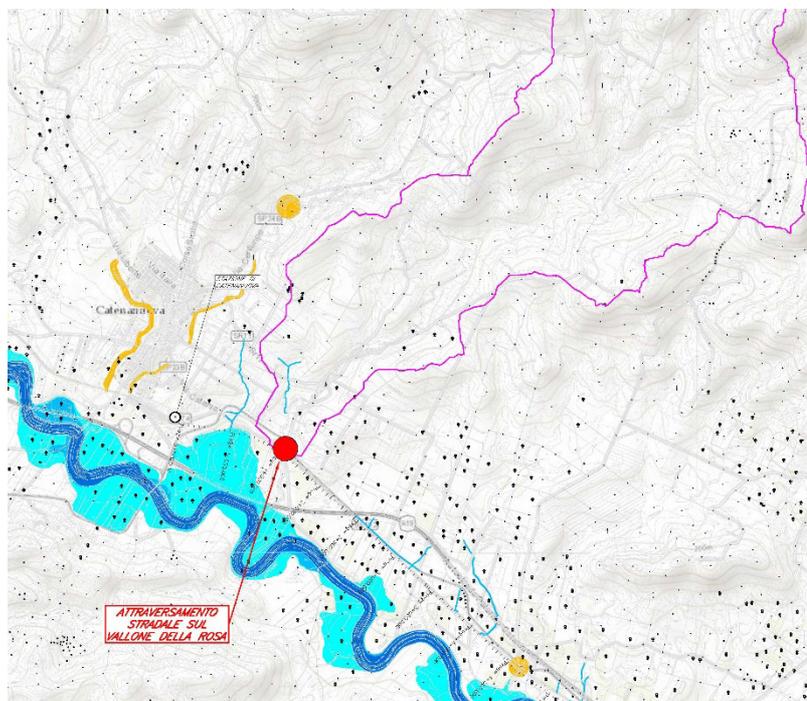


Figura 3: Stralcio carte di pericolosità idraulica. Fiume Simeto

2.6 Identificazione della rete idrografica

Per ottenere una rappresentazione quotata della zona di analisi al fine di ricostruire la rete idrografica dell'area e la ricostruzione del bacino del Vallone della Rosa, è stata utilizzata la Cartografia Tecnica in scala 1:10'000 della Regione Siciliana. Le informazioni contenute nella suddetta cartografia constano di curve di livello con 10 m di interasse e di diversi punti quotati distribuiti in maniera pressoché omogenea sul territorio.

Grazie a queste informazioni è stato costruito un DTM (Digital Terrain Map) sufficientemente rappresentativo della zona in analisi (Figura 4).

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
	 	PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 12 di 44
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA							

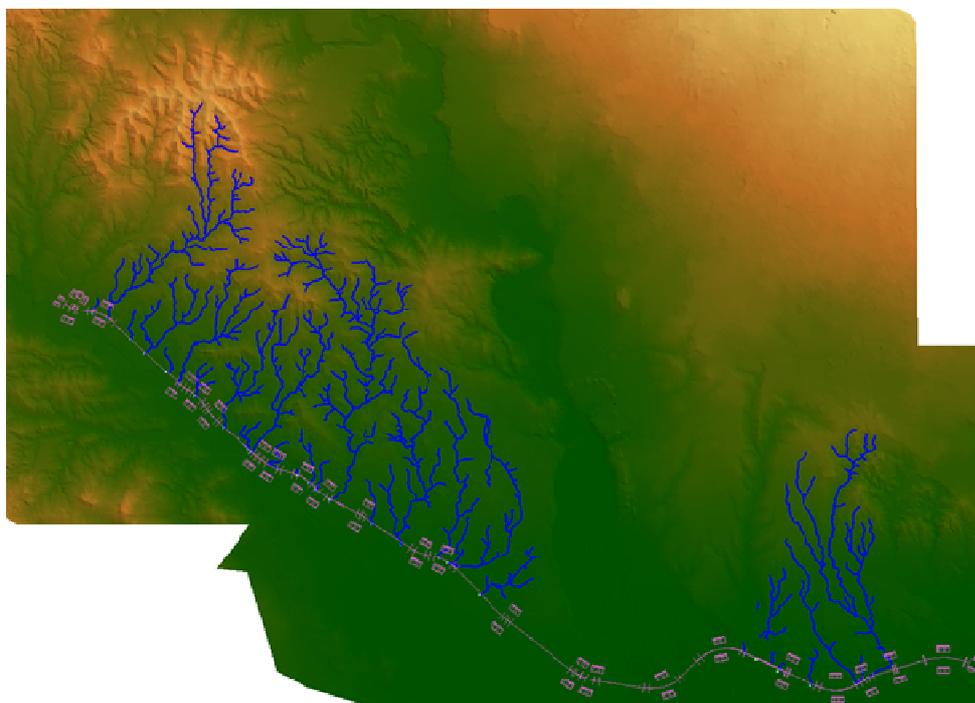


Figura 4: DTM dell'area afferente alla linea ferroviaria Palermo - Catania, tratta Bicocca – Catania

2.6.1 MapWindow e l'applicativo TauDEM

Per identificare la rete idrografica dell'area di studio, è stato utilizzato il programma MapWindow, software sviluppato dall'Idaho State University e dalla Utah State University, integrato con il plug-in TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models). Questo applicativo consente il riconoscimento della rete idrografica sfruttando semplicemente il DTM dell'area di interesse, che deve essere fornito come griglia di quadrati di dimensioni identiche (pixel) ad ognuno dei quali va associata la quota geodetica media della porzione di territorio sottesa dal quadrato stesso.

La procedura prevista è la seguente:

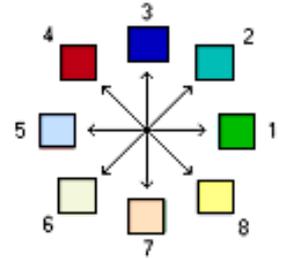
Estrazione della rete: suddivisione del bacino idrografico in un numero ragionevole di sottobacini e individuare i pixel “canalizzati”, pixel che, nella semplificazione idrologica del territorio, dovrebbero corrispondere ai canali della rete idrografica. La configurazione della rete estratta dipende dal criterio di estrazione adottato e dai valori assunti dai parametri.

Fill Pits (Riempimento dei buchi): I pits (buchi) nei modelli digitali del terreno sono delle aree caratterizzate da una quota sensibilmente più bassa di tutto il terreno che li circonda. Sono dovuti

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>13 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	13 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	13 di 44								

generalmente a imperfezioni nel rilievo e possono interferire con la corretta simulazione dei fenomeni idrologici che interessano il bacino. Questa funzione identifica i pits nel DEM ed aumenta la loro quota fino al livello del punto più basso con cui confinano.

Calcolo delle direzioni di drenaggio: il calcolo delle direzioni di drenaggio viene eseguito con il metodo dello *steepest descent* per ogni singolo pixel, con due diverse procedure.

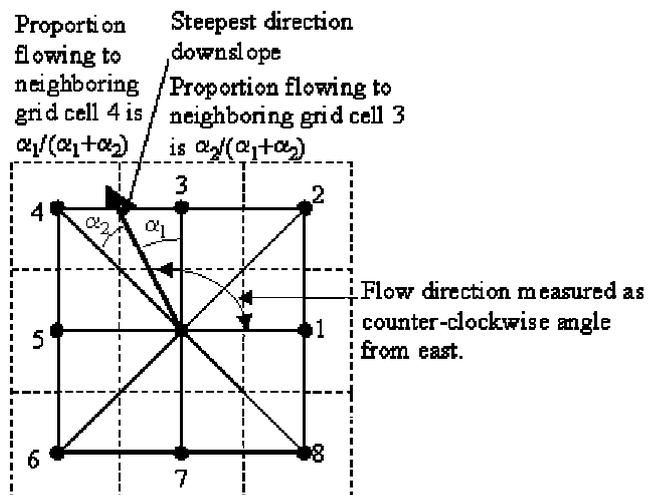


Un primo approccio, detto a 8 direzioni di drenaggio, ipotizza che l'acqua caduta su un certo pixel drena tutta in uno solo dei pixel adiacenti, cioè in quello caratterizzato dal massimo dislivello (verso il basso).

Numerati i pixel adiacenti, la direzione di drenaggio viene identificata con il numero del pixel adiacente che massimizza il rapporto:

$$\begin{cases} \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\Delta x} & i \text{ dispari} \\ \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{z_0 - z_i}{\sqrt{2} \cdot \Delta x} & i \text{ pari} \end{cases}$$

Un secondo approccio, detto a infinite direzioni di drenaggio, identifica la direzione di drenaggio con l'angolo antiorario in radianti a partire dalla direzione Est. L'angolo è determinato come direzione di massima pendenza (verso il basso) sugli otto lati dei triangoli formati dai centri delle celle di una matrice 3 x 3 centrata sul pixel di interesse. In figura, inoltre, è riportato il modo con cui si distribuisce il flusso tra i due pixel interessati dal vettore di massima pendenza: questo si divide in due parti proporzionali all'angolo direzionale del flusso.



Calcolo delle aree cumulate di drenaggio: in base al metodo utilizzato per l'individuazione delle direzioni di drenaggio, si vanno a calcolare le aree cumulate di drenaggio.

Per l'approccio a 8 direzioni di drenaggio,

APPALTATORE: Mandatario:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>14 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	14 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	14 di 44								

l'area cumulata di drenaggio è espressa in termini di numero di pixel: questa è assunta pari al contributo del pixel di interesse (1 unità) più il contributo dei pixel a monte che drenano su esso.

Per l'approccio a infinite direzioni di drenaggio, la procedura rimane sostanzialmente la stessa: questa volta però non si tiene conto di tutta l'area dei pixel a monte che drenano su quello di interesse, ma solo della frazione stabilita dalle relazioni di proporzionalità del flusso precedentemente viste.

Calcolo dell'ordine di Strahler della rete e lunghezza dei percorsi del flusso: la matrice ottenuta dall'applicazione del criterio delle 8 direzioni di drenaggio definisce una rete idraulica. Questa funzione ordina tale rete secondo la convenzione di Strahler. Ai pixel sorgente (ai quali non giunge nessun drenaggio da altri pixel) si assegna ordine 1. Quando due o più percorsi di ordine differente si congiungono, l'ordine del pixel a valle è il massimo dei pixel precedenti. Quando invece si congiungono due percorsi con lo stesso ordine, l'ordine del pixel a valle va incrementato di 1.

Selezione della sezione di chiusura (outlet): la scelta della sezione di chiusura si effettua mediante la selezione di un pixel, che si ritiene appartenere alla rete dei canali, prossimo alla posizione dell'outlet desiderato.

Estrazione della rete a monte della sezione di chiusura: scelta la sezione di chiusura, l'operazione più importante è l'estrazione della rete: stabilire cioè se un certo pixel sia canalizzato oppure no. Ai pixel canale sarà assegnato l'indice 1, ai pixel non considerati canali l'indice 0. Condizione necessaria ma non sufficiente affinché un pixel sia canalizzato è che sia concavo o, in altri termini, la sua curvatura topografica sia positiva.

$$\nabla^2 z = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} > 0$$

Per effettuare questa analisi, sono a disposizione tre metodi.

Il più semplice si ottiene fissando una soglia sull'area cumulata di drenaggio. La taratura consisterà nella scelta del parametro di confronto per l'area cumulata. I pixel canale devono dunque soddisfare i seguenti requisiti:

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ A_{c,i} > \bar{A} \end{cases}$$

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
  		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 15 di 44
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA							

Particolarmente indicato per i bacini di montagna, è il criterio che fissa una soglia sul prodotto area cumulata-pendenza. Tale prodotto, infatti, è proporzionale all'attrito di fondo τ_0 . Le condizioni che devono soddisfare i pixel per essere ritenuti canalizzati sono:

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ \sqrt{A_{c,i}} \cdot S_i \geq \bar{A} \end{cases}$$

Più articolato è il criterio che fissa una soglia sull'area cumulata delle celle concave drenate. Come primo passo il programma compie un'operazione di smoothing (smorza le asperità), in base a diversi pesi assegnati al centro, ai lati e alle diagonali. Contrassegnate tutte le celle della mappa, in un'unica analisi esamina ogni quadrante di 4 celle e rimuove il contrassegno dalla cella più alta. Le celle che rimangono contrassegnate si ritengono concave: visivamente assomigliano ad una rete di canali, nonostante qualche volta non sia garantita la connessione o necessitino assottigliamenti. Il completamento delle connessioni e gli assottigliamenti sono portati a termine calcolando l'area afferente ad una determinata cella, enumerando in questo conteggio solo le celle concave drenate. La soglia da imporre nella taratura, per ottenere la rete di canali, è appunto sul numero di queste celle concave (upwards curved) drenate.

$$\begin{cases} \nabla^2 z > 0 \\ A_i^{UC} \geq \bar{A} \end{cases}$$

2.6.2 Individuazione della rete idrografica e dei bacini.

L'area oggetto di studio, si sviluppa lungo il torrente Vallona della Rosa, affluente del fiume Dittaino.

Mediante l'applicativo precedentemente descritto è stata identificata la rete idrografica esistente ed è stato perimetrato il bacino afferente al corso d'acqua oggetto di studio.

E' stata considerata, per la determinazione del bacino sotteso, l'ubicazione dell'attraversamento stradale di progetto, considerando come punto di chiusura del bacino.

La rete ed il bacino idrografico del Vallone della Rosa, sono riportati nelle corografie allegate al progetto (elaborato: Corografia dei bacini).

La caratteristica del bacino idrografico quali l'estensione, la lunghezza dell'asta principale, la quota massima del bacino e la quota in corrispondenza della sezione di chiusura sono invece riassunte nelle

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">10.V. ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.0000.002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	16 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	16 di 44								

tabelle seguenti:

Tabella 3: Caratteristiche del bacino idrografico Vallone della Rosa

Bacino	Progressiva	Lunghezza asta [km]	Superficie bacino [km ²]	H _{max} [m s.m.m.]	H ₀ [m s.m.m.]
V. della Rosa	1+458	10.7	15.7	650	121.6

2.7 Modelli probabilistici per l'analisi statistica delle piogge

In questo capitolo 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.

2.7.1 Il modello probabilistico TCEV

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

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>17 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	17 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	17 di 44								

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:

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

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

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

2.7.1.1 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

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>18 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	18 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	18 di 44								

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:

I° 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.

II° Livello di regionalizzazione

APPALTATORE: Mandatario: 	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Mandante:   	
APPALTATORE: Mandatario:  	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA RS39 10.V. ZZ RI ID.0000.002 B 19 di 44
Mandante:  	
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	

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 $K_{t,T_r} = X_{t,T_r} / \mu(X_t)$ 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:

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

2.7.2 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:

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

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>20 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	20 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	20 di 44								

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:

APPALDATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALDATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>21 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	21 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	21 di 44								

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

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:

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

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

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>22 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	22 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	22 di 44								

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.

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

2.8 Analisi delle precipitazioni

2.8.1 Metodo VAPI Sicilia piogge

In questo capitolo 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 :

$$\begin{aligned}\Theta^* &= 1.95 + 0.0284 \cdot t \\ \Lambda^* &= 0.175 \cdot t^{0.301}\end{aligned}$$

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della Figura 5 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:

Sottozona A	$\Lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$
Sottozona B	$\Lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$
Sottozona C	$\Lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>23 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	23 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	23 di 44								

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

$$\text{Sottozona A} \quad \alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$$

$$\text{Sottozona B} \quad \alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945}$$

$$\text{Sottozona C} \quad \alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$$

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

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{g_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta^*} \left(\exp \left(\frac{\mu}{\Theta^* g_1} \right) \right)^{-h'_t} \right] \quad (1)$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Sottozona A} \quad b_0(t) &= 0.5391 - 0.001635 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966 \end{aligned} \quad (3a)$$

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

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

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:					
   						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 24 di 44

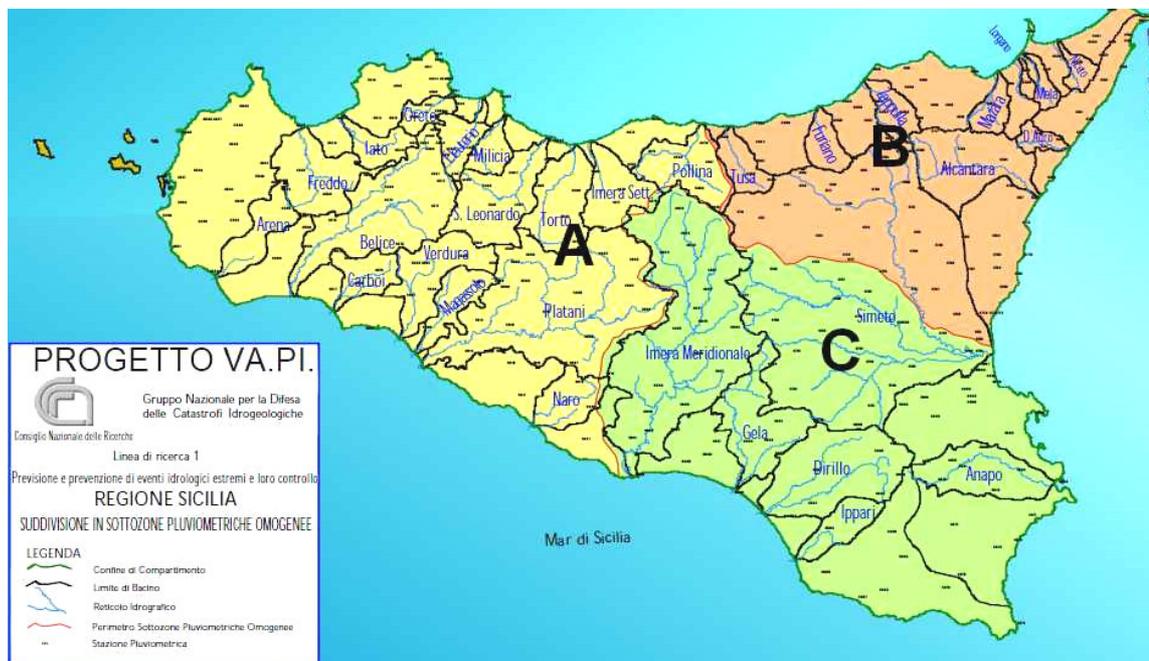


Figura 5: Regione Sicilia: suddivisione in sottozone pluviometriche omogenee

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si otterrà 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:

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 25 di 44

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

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 6 non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

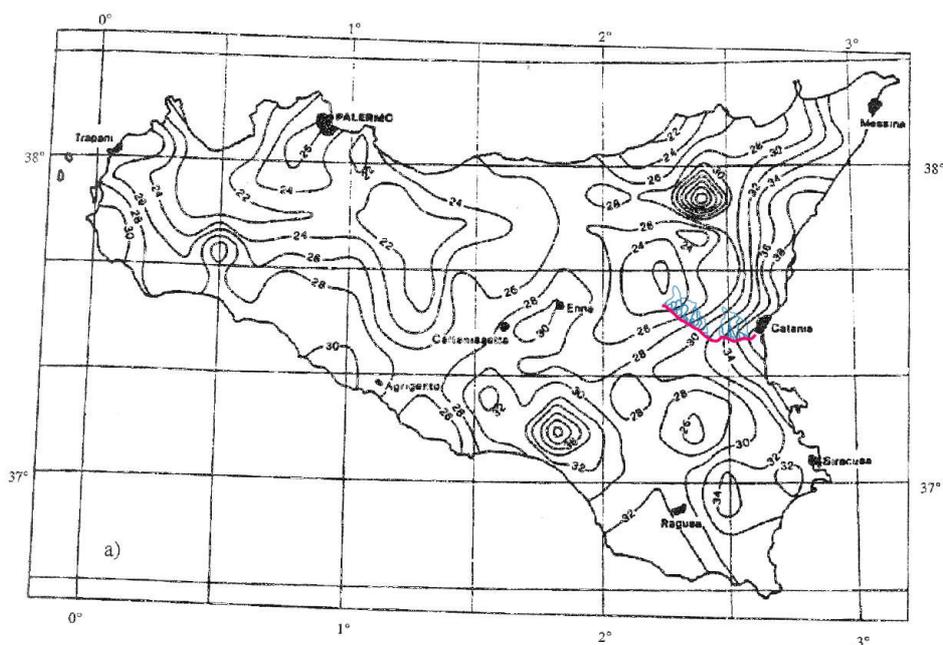


Figura 6: Carta delle iso- a (a) per il territorio siciliano

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
							
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 26 di 44

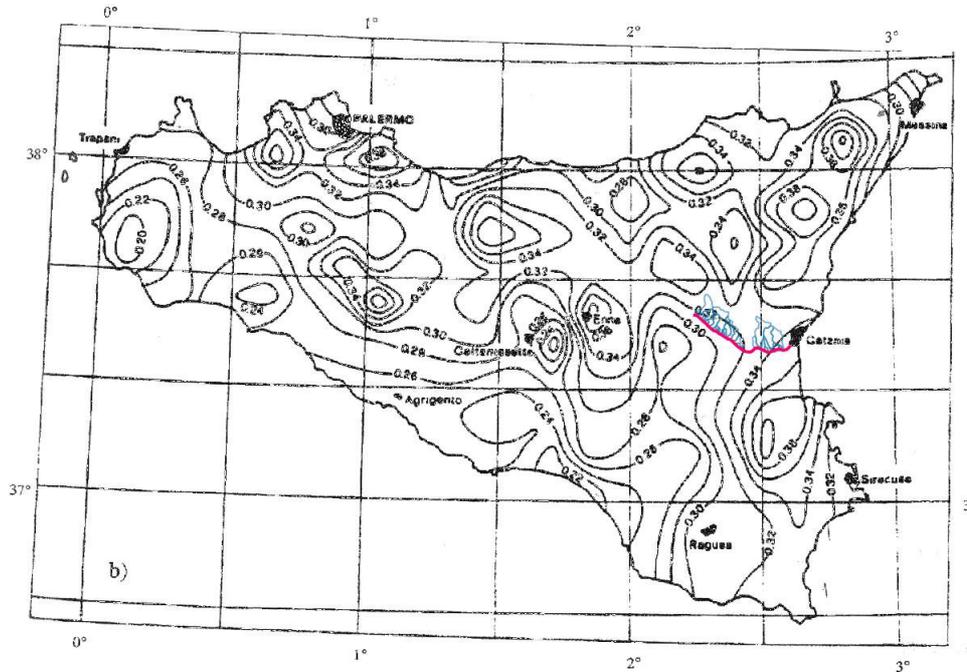


Figura 7: Carta delle iso-n (b) per il territorio siciliano

Tutti i bacini idrografici analizzati nel presente studio ricadono nella sottozona C rappresentata in Figura 5 e, pertanto, la curva di possibilità pluviometrica ha la seguente espressione:

$$h_{t,T_r} = \left[(0.5015 - 0.003516 \cdot t) + (0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101) \cdot \log(T_r) \right] \cdot a \cdot t^n \quad (6)$$

Nella quale i coefficienti a e n sono stati stimati sulla base della carta delle iso- a e delle iso- n di Figura 6 e Figura 7.

Tabella 4: Coefficienti a e n bacino idrografico Vallone della Rosa

Bacino	a	n
V. della Rosa	23	0.33

2.8.2 *Il modello probabilistico di Gumbel*

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 preliminarmente in considerazione le stazioni di misura più vicine alla zona di studio.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	 							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 27 di 44

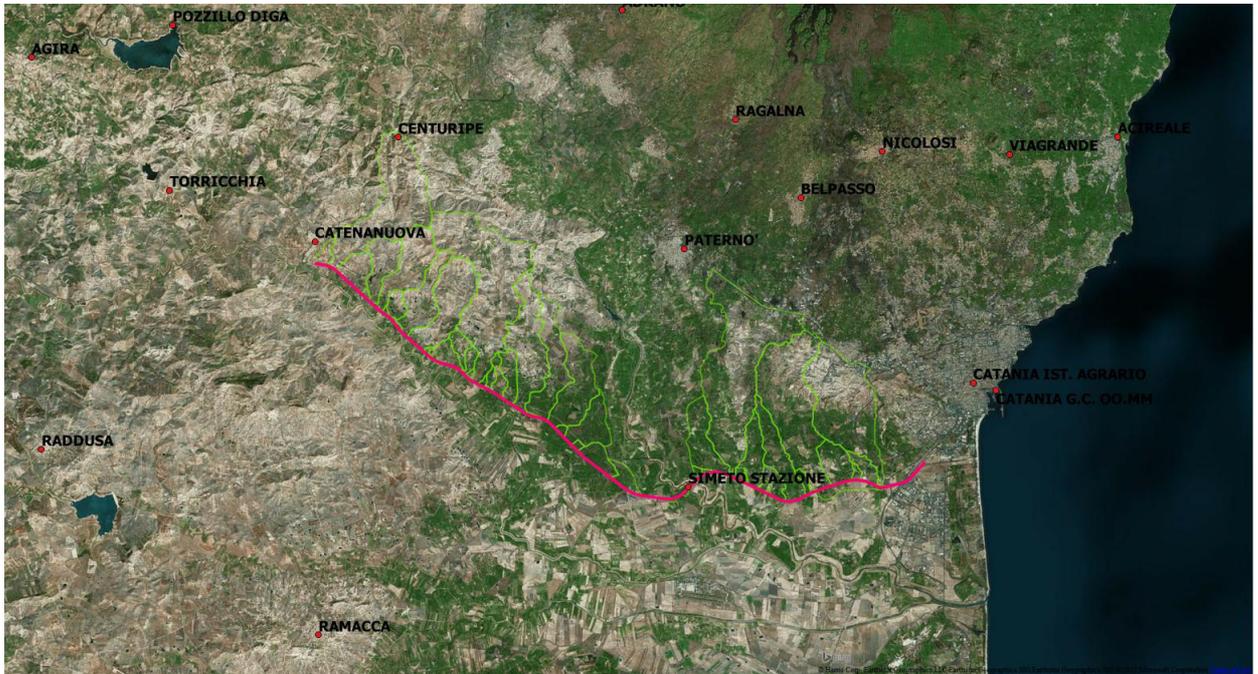


Figura 8: Stazioni di misura vicine alla zona di studio

Una volta identificato il bacino della rete idrografica, si è 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 è stata assegnata una o più stazioni pluviometriche di riferimento. Nel caso di bacini con più stazioni pluviometriche ricadenti all'interno del bacino l'altezza di pioggia complessiva è stata calcolata come media pesata delle altezze di pioggia delle singole stazioni.

La tabella seguente elenca per il bacino oggetto di studio le stazioni pluviometriche di riferimento utilizzate nel calcolo dell'altezza di pioggia.

Tabella 5: Stazioni pluviometriche di riferimento dei bacini idrografici maggiori

Bacino	Stazione pluviometrica
V. della Rosa	Catenanuova/Centuripe

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 28 di 44



Figura 9: Reticolo di Thiessen per le stazioni pluviometriche della zona di studio

I dati idrologici per l'analisi pluviometrica sono stati estratti dagli Annali Idrologici dell'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia. 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 le tabelle dei risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel per le stazioni di Centuripe, Catenanuova, Paternò, Simeto, Catania. Le tabelle contengono le altezze di precipitazione relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200, e 300 anni ed i corrispondenti parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n .

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA				
   						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:					
   						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 29 di 44

Tabella 6: Stazione di Centuripe: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel

STAZIONE PLUVIOMETRICA CENTURIFE					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	25	50	100	200	300
1	48.4	55.3	62.2	69.1	73.1
3	62.6	71.3	79.9	88.5	93.5
6	84.8	96.9	109.0	120.9	127.9
12	124.8	144.5	164.0	183.4	194.7
24	177.9	207.6	237.0	266.3	283.5
n	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44
a	43.7	49.7	55.6	61.6	65.0

Tabella 7: Stazione di Catenanuova: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel

STAZIONE PLUVIOMETRICA CATENANUOVA					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	25	50	100	200	300
1	49.8	56.3	62.7	69.2	72.9
3	59.8	67.2	74.6	81.9	86.2
6	67.2	74.9	82.6	90.3	94.8
12	82.3	92.2	102.1	111.9	117.7
24	112.9	128.2	143.5	158.6	167.5
n	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
a	46.8	52.6	58.3	64.1	67.4

Tabella 8: Stazione di Paternò: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel

STAZIONE PLUVIOMETRICA PATERNO'					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	25	50	100	200	300
1	56.8	65.5	74.2	82.9	87.9
3	68.8	78.3	87.7	97.0	102.5
6	85.5	97.3	108.9	120.5	127.3
12	104.5	118.5	132.4	146.3	154.3

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>30 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	30 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	30 di 44								

24	137.7	157.3	176.7	196.1	207.4
n	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
a	53.6	61.6	69.4	77.3	81.9

Tabella 9: Stazione di Simeto: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel

STAZIONE PLUVIOMETRICA SIMETO					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	25	50	100	200	300
1	79.5	92.0	104.4	116.8	124.0
3	101.7	117.1	132.3	147.6	156.4
6	134.9	154.2	173.3	192.3	203.4
12	173.1	198.0	222.7	247.3	261.7
24	191.1	217.9	244.4	270.9	286.3
n	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28
a	78.1	90.4	102.5	114.6	121.7

Tabella 10: Stazione di Catania: risultati dell'analisi delle precipitazioni con il metodo di Gumbel

STAZIONE PLUVIOMETRICA CATANIA					
Durata	Altezza di precipitazione h(Tr) [mm]				
	25	50	100	200	300
1	60.8	68.8	76.8	84.8	89.4
3	94.0	107.0	119.8	132.7	140.2
6	115.2	130.7	146.1	161.4	170.4
12	146.3	165.4	184.3	203.2	214.2
24	177.3	200.0	222.5	244.9	258.0
n	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33
a	62.6	71.1	79.6	88.0	92.9

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.

La tabella seguente riporta per ogni singola stazione i valori dei parametri a e n calcolati e quelli

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>31 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	31 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	31 di 44								

riportati nel documento summenzionato per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Tabella 11: Confronto parametri calcolati con parametri riportati nel documento della Protezione Civile

Stazione	a calcolato	a Protezione Civile	n calcolato	n Protezione Civile
Centuripe	61.6	60.3	0.43	0.43
Catenanuova	64.1	65.2	0.25	0.25
Paternò	77.3	77.3	0.27	0.27
Simeto	114.6	117.6	0.28	0.27
Catania	88.0	88.5	0.33	0.31

Dalla tabella si evince una differenza dei risultati minima.

2.9 Stima delle portate

2.9.1 *Il metodo cinematico o razionale*

Il metodo viene usato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di relativamente limitata estensione. In questa sede, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena.

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 [m³/sec];

φ = coefficiente di deflusso;

h = pioggia netta [m];

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
	  						
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	  						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 32 di 44

S = area del bacino [km²];

τ_c = tempo di corrivazione [ore].

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_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 Figura 10 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.

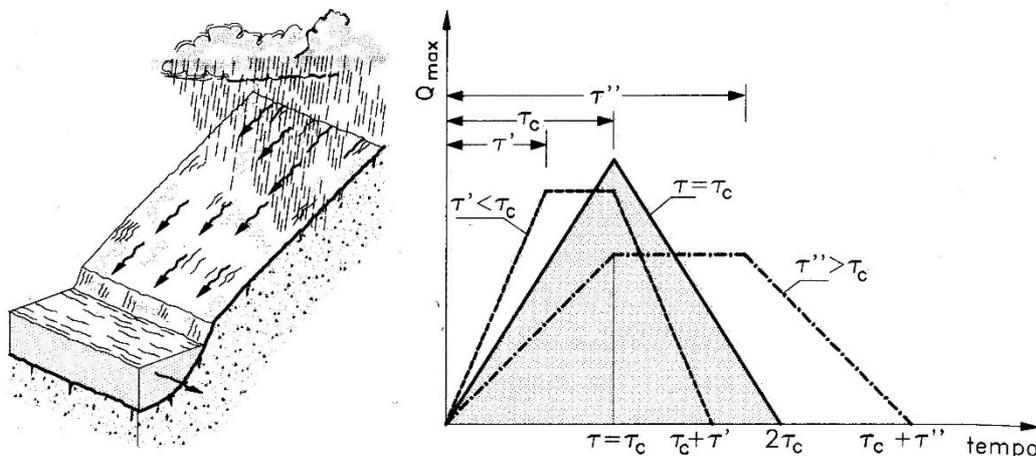


Figura 10: Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

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:

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

APPALTAZIONE: Mandataria:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTAZIONE: Mandataria:  Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>33 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	33 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	33 di 44								

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_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'altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Ventura** (1905). La relazione ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove i_m è la pendenza media della rete di drenaggio ed A la superficie del bacino.

Un'ulteriore formulazione già ampiamente sperimentata in casi analoghi è quella di **Pasini** che ha la seguente forma:

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

All'interno del presente studio è stata utilizzata anche la formula di **Pezzoli**, sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km²

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

E' stata presa in considerazione anche la formula di **Kerby**, utilizzata frequentemente per il calcolo del tempo di corrivazione in bacini di estensione limitata. La formula di Kerby è stata sviluppata da risultati ottenuti da bacini con canalizzazioni inferiori ai 1200 ft (365 m). La relazione di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione, espresso in ore, ha la forma:

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">10.V. ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.0000.002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">34 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	34 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	34 di 44								

$$\tau_c = (0.342 \cdot N \cdot L \cdot i_m^{-0.5})^{0.467}$$

Con N = parametro legato al tipo di superficie (Tabella 12). In questa sede si è scelto un parametro pari a 0.4, valore di riferimento per le aree adibite al pascolo o prato e quindi rappresentativo degli usi del suolo prevalenti nel territorio di studio.

Tabella 12: Parametro N della formula di Kerby per il calcolo del tempo di corrivazione

Description	N
Pavement	0.02
Smooth, bare packed soil	0.10
Poor grass, cultivated row crops or moderately rough bare surfaces	0.20
Pasture, average grass	0.40
Deciduous forest	0.60
Dense grass, coniferous forest, or deciduous forest with deep litter	0.80

Infine una 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. 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 km². La formula di Kirpich ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,0662 \cdot k \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0.77}$$

dove

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

i_m = è la pendenza media del bacino

k = coefficiente di aggiustamento legato alla tipologia di terreno.

Tabella 13: Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">PROGETTO</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RS39</td> <td style="text-align: center;">10.V. ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.0000.002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">35 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	35 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	35 di 44								

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.

2.9.2 Definizione delle portate

Il primo passo per l'individuazione delle portate per il bacino oggetto di studio consiste nella determinazione del tempo di corrivazione con le formule descritte nel paragrafo 2.9.1. 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 2.72.7. Le diverse formule presentano dei campi di applicazione differenti a seconda dell'estensione del bacino in esame. Nella presente analisi, per bacini di estensione inferiore a 10 km², il tempo di corrivazione è stato calcolato come media dei risultati ottenuti dall'equazione di Pasini, Pezzoli, Ventura, Kerby e Kirpic. Invece, per estensioni superiori a 10 km² il tempo di corrivazione è stato ottenuto dalla media dei valori calcolati con le equazioni di Giandotti, Pasini, Pezzoli e Ventura.

Per la determinazione della portata liquida con il metodo cinematico è stato imposto un coefficiente di deflusso dedotto dalla monografia “*La sistemazione dei bacini montani*” di Vito Ferro. Per il caso in esame sono stati utilizzati i coefficienti indicati nella summenzionata pubblicazione riferiti a terreni coltivati.

Per i bacini idrografici maggiori è stato utilizzato un coefficiente di deflusso pari a 0.45 perché l'estensione di tali bacini include anche aree collinari con presenza di terreni relativamente permeabili e meno coltivati. Per i bacini idrografici minori, più vicini alla linea ferrovia e all'alveo dei due fiumi principali è stato invece scelto un coefficiente di deflusso pari a 0.5 più adeguato per terreni poco

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 36 di 44

permeabili e coltivati.

Tabella 14: Coefficienti di Deflusso (tratto da “La sistemazione dei bacini montani” - Vito Ferro)

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

La valutazione delle portate è stata eseguita utilizzando le altezze di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno di 200 anni. Il primo il valore rappresenta il tempo di ritorno di progetto previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni e dal manuale Italferr per i bacini con estensione inferiore ai 10 km². Il secondo valore rappresenta invece il tempo di ritorno previsto dal manuale Italferr per la verifica di opere di attraversamento che sottendono bacini superiori ai 10 km². Nel seguito si riportano i risultati ottenuti utilizzando i tempi di corrivazione individuati come media delle diverse formule precedentemente esposte. Per i bacini idrografici minori sono riportati i valori corrispondenti solo al tempo di ritorno duecentennale.

I risultati ottenuti dalle curve di possibilità pluviometrica del metodo VAPI sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 15: Metodo VAPI: altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno e tempo di corrivazione medio del bacino idrografico

Vallone della Rosa

Bacino	Altezza di pioggia metodo VAPI	
	tc _{medio} [ore]	h ₂₀₀ [mm]
V. della Rosa	2.51	88.1

APPALTATORE: Mandatario:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>37 di 44</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	37 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	37 di 44								

Tabella 16: Portate ricavate con il metodo razionale applicando le curve di possibilità pluviometrica del metodo VAPI per il bacino idrografico Vallone della Rosa

Bacino	Portate metodo VAPI	
	tc _{medio} [ore]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
V. della Rosa	2.51	68.9

I risultati ottenuti dalle curve di possibilità pluviometrica del metodo GUMBEL sono riportati invece nelle tabelle seguenti.

Tabella 17: Metodo GUMBEL: altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno e tempo di corrivazione medio del bacino idrografico Vallone della Rosa

Bacino	Altezza di pioggia metodo GUMBEL	
	tc _{medio} [ore]	h ₂₀₀ [mm]
V. della Rosa	2.51	87.7

Tabella 18: Portate ricavate con il metodo razionale applicando le curve di possibilità pluviometrica del metodo GUMBEL per il bacino idrografico Vallone della Rosa

Bacino	Portate metodo GUMBEL	
	tc _{medio} [ore]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
V. della Rosa	2.51	68.5

E' da precisare che per i bacini con tempi di corrivazione inferiori all'ora si è preferito, in ragione di sicurezza, utilizzare le piogge orarie.

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>38 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	38 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	38 di 44								

I compluvi minori invece sono comunque responsabili di un apporto, seppur limitato viste le ridotte dimensioni, di acque verso la linea ferroviaria. La valutazione delle portate generabili da detti compluvi, seppur distribuite lungo il fronte della trincea o del rilevato ferroviario, è stata condotta usufruendo della formulazione monomia di seguito esposta, vista la bontà dei risultati così ottenuti.

Tale formulazione, in accordo agli studi di Mele (1976), Gherardelli-Marchetti (1955), ecc., sembra mettere in relazione la portata al colmo Q dalla superficie scolante S per bacini geomorfologicamente, geologicamente e pluviometricamente simili, quali quelli analizzati nel presente studio. Tale formulazione scritta in termini logaritmici assume la forma:

$$\log Q = \log c + n \cdot \log S$$

che rappresenta nel piano bi-logaritmico una retta di intercetta $\log(c)$ e coefficiente angolare n.

Nel grafico di Figura 11 sono riportati nel piano bi-logaritmico i valori medi di portata determinati con il metodo razionale per i bacini afferenti alla tratta ferrovia in oggetto per i tempi di ritorno di 200 anni, in funzione dell'area del bacino scolante, utilizzando le altezze di pioggia calcolate con il metodo VAPI.

Analogamente il grafico di Figura 12 riporta i valori calcolati con il metodo di Gumbel.

APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandatario: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>39 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	39 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	39 di 44								

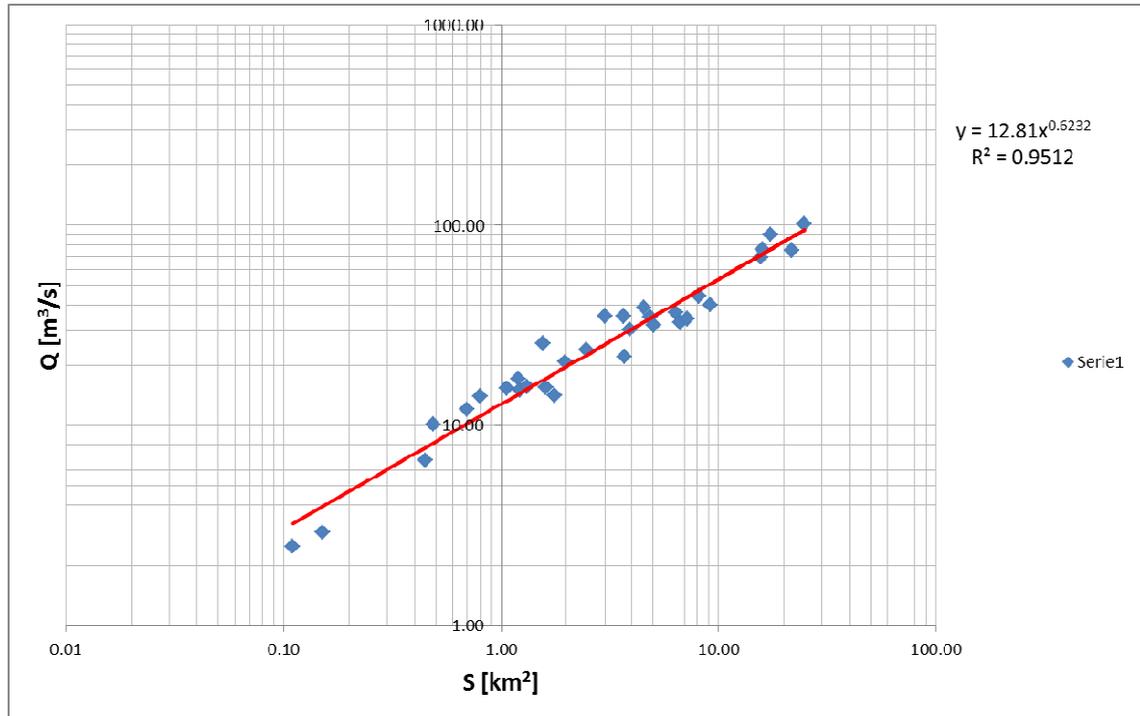


Figura 11: Correlazione Q - S per i bacini maggiori e minori nella tratta ferroviaria analizzata per $T_r = 200$ anni, calcolata con metodo VAPI

APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA						
   	  							
APPALTATORE: Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 40 di 44

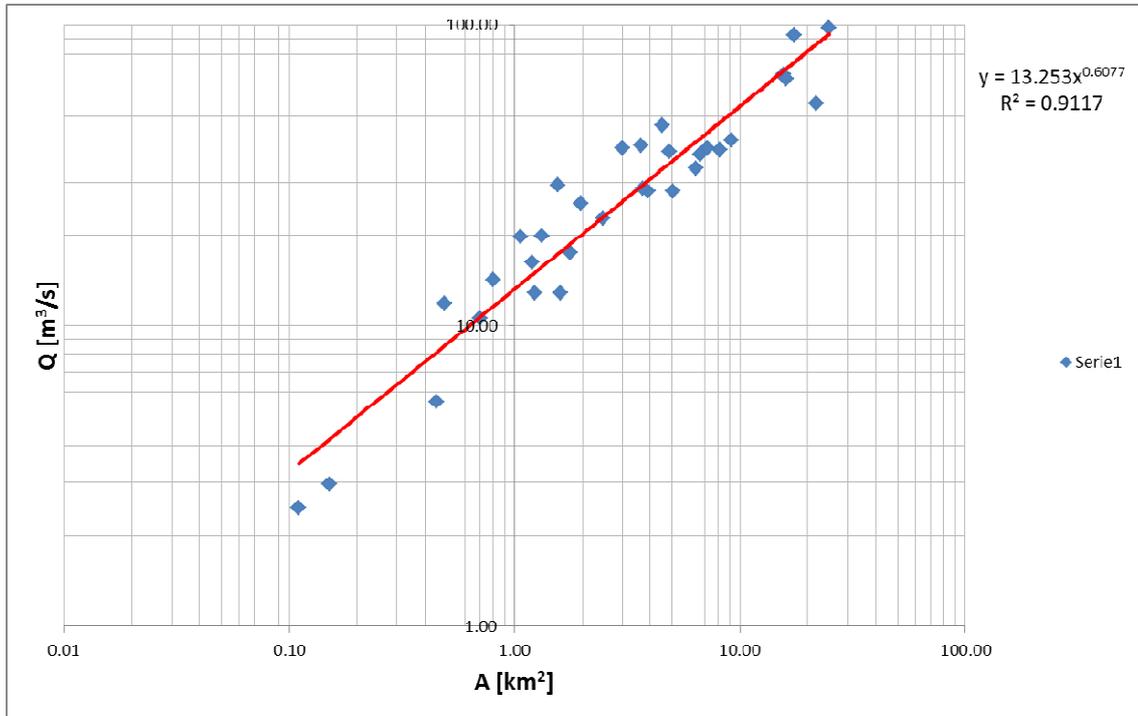


Figura 12: Correlazione Q - S per i bacini maggiori e minori nella tratta ferroviaria analizzata per $T_r = 200$ anni, calcolata con metodo Gumbel

2.9.3 Portate di riferimento per le verifiche idrauliche

In conformità a quanto previsto dalle norme tecniche NTC2018 si elencano di seguito le portate di riferimento da utilizzare nelle verifiche idrauliche delle opere di attraversamento:

Tabella 19: Portate di progetto corso d'acqua Vallone della Rosa

Bacino	Superficie bacino [km ²]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
V. della Rosa	15.7	68.5

APPALTATORE: Mandataria:  Mandante:   	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:   Mandante:  													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>41 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	41 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	41 di 44								

2.10 Scelta del tempo di ritorno e definizione delle portate per la valutazione delle fasi costruttive

Si consideri un'opera idraulica dimensionata per un evento meteorologico di T anni di tempo di ritorno. Il rischio, ovvero la probabilità, che l'evento venga eguagliato o superato almeno una volta durante la vita tecnica dell'opera stessa è esprimibile nel seguente modo:

$$R = 1 - (1 - 1/Tr)^N$$

Allo stesso modo si può definire il rischio che un evento con un dato tempo di ritorno venga eguagliato o superato almeno una volta in un periodo temporale corrispondente alle fasi costruttive.

In linea generale, durante le fasi realizzative delle opere, il tempo di ritorno per l'evento da assumere per le verifiche idrauliche è quello per cui il rischio di superamento nel periodo di costruzione, è inferiore al rischio che l'evento di progetto ha di essere uguagliato o superato almeno una volta durante la vita utile dell'opera.

Per esempio, per i viadotti in esame il rischio di superamento dell'evento di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno di 300 anni nel periodo di vita utile della struttura pari a 100 anni è: $R_{100} = 28\%$.

Analogamente, assunta una durata dei lavori pari a 1 anno ed un tempo di ritorno dell'evento di progetto delle opere provvisorie pari a 5 anni si ottiene un rischio di superamento: $R_1 = 20\%$.

Con una durata dei lavori pari a due anni e un evento con tempo di ritorno pari a 10 anni si ottiene invece un valore pari a: $R_2 = 19\%$.

Considerando una durata dei lavori pari a 3 anni e sempre un tempo di ritorno di 10 anni il rischio di superamento è pari a: $R_3 = 27\%$.

Pertanto, la scelta di un tempo di ritorno pari a 5 anni è adeguata ad una durata dei lavori pari ad 1 anno. Dove invece la durata dei lavori è pari a 2 o 3 anni è più corretta la scelta di un evento con tempo di ritorno pari a 10 anni. Nel caso specifico la durata lavori è pari a 3 anni, quindi si è adottata una portata di dimensionamento pari a 10 anni.

Le portate sono state calcolate attraverso le formule contenute nella relazione allegata al "Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (P.A.I.) per il Bacino Idrografico del Fiume Simeto, dell'Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, il lago di Pergusa e il Lago di Maletto". A conclusione dell'analisi idrologica, sono riportate le seguenti formule

APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA					
   							
APPALTATORE: Mandataria:	Mandante:						
	 						
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA		PROGETTO RS39	LOTTO 10.V. ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.0000.002	REV. B	PAGINA 42 di 44

per la determinazione della portata (Q in m^3/s) in funzione dell'area del bacino sotteso (S in km^2) e per tempi di ritorno pari a 10, 50, 100, 500 anni, relativamente al bacino del Simeto. Per l'attraversamento di progetto l'area del bacino sotteso è pari a $15.70 km^2$.

$$Q = 1.60 S^{0.967} \quad \text{per } Tr=10 \text{ anni;}$$

$$Q = 2.83 S^{0.967} \quad \text{per } Tr=50 \text{ anni;}$$

$$Q = 3.46 S^{0.967} \quad \text{per } Tr=100 \text{ anni;}$$

$$Q = 5.20 S^{0.967} \quad \text{per } Tr=500 \text{ anni.}$$

La portata corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 5 anni è calcolata per interpolazione logaritmica, plottando i valori calcolati per i tempi di ritorno pari a 10, 50, 100, 500 anni e ricavando la linea di tendenza di interpolazione.

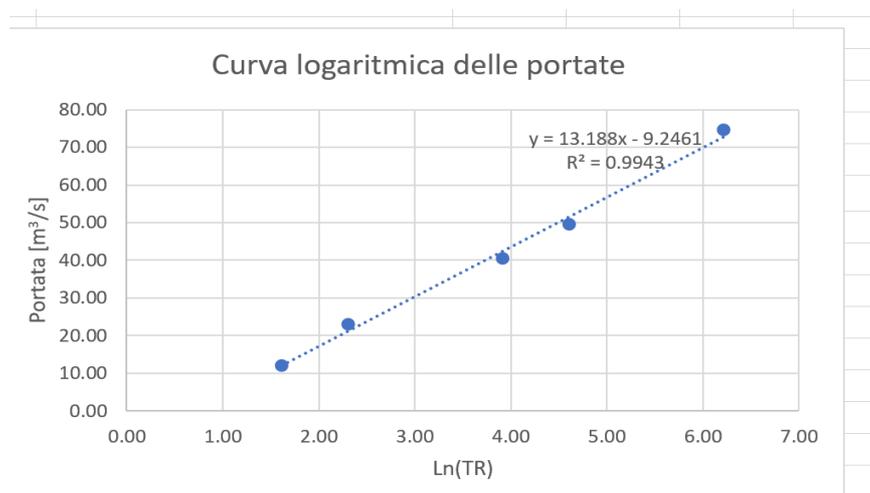


Figura 13: Correlazione $Q - \ln(TR)$

Considerata una superficie del bacino sottesa dal nuovo attraversamento pari a $15.70 km^2$, la portata con tempo di ritorno 5 anni risulta pari a $11.98 m^3/s$, mentre quella con tempo di ritorno di 10 anni è definita in $22.94 m^3/s$.

APPALTATORE: Mandataria:    	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA												
APPALTATORE: Mandataria:    													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>43 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	43 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	43 di 44								

3 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 GNDICI (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*,

APPALTATORE: Mandatario:    	<p style="text-align: center;">DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA</p>												
APPALTATORE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO DI MODIFICA RELAZIONE IDROLOGICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS39</td> <td>10.V. ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.0000.002</td> <td>B</td> <td>44 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	44 di 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
RS39	10.V. ZZ	RI	ID.0000.002	B	44 di 44								

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.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"* di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

DM 14 gennaio 2008, *Nuove norme tecniche per le costruzioni*, Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30.