

COMMITTENTE



AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO
Porti di Palermo e Termini Imerese

LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO DI SOPRAFLUTTO DEL PORTO DI TERMINI IMERESE

PROGETTO DEFINITIVO PROGETTO GENERALE

TITOLO

RELAZIONE TECNICHE STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO

ELABORATO	SCALA	NS. RIF	RIF. ARC. - NA4
B.6	-	B_6.doc	AUTAPA11 - 49

DATA	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
17 giugno 2013	emissione	AL	GI	EC



AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO
Porti di Palermo e Termini Imerese

PROGETTAZIONE IMPIANTI

Ing. Salvatore Acquista
Ing. Enrico Petralia

*Collaboratori per la progettazione
degli impianti*

Geom. Vincenzo D'Amico
Geom. Antonino Martorana

IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO
Ing. Sergio La Barbera

COORDINATORE PER
LA SICUREZZA IN FASE
DI PROGETTAZIONE

Ing. Paolo Tusa



IL PROGETTISTA

*Responsabile dell'integrazione
tra le prestazioni specialistiche*

Ing. Elio Ciralli

Coordinamento
Ing. Giancarlo Inserra

Collaboratori
Arch. Ivana Lorenzano
Ing. Alfredo Lucarelli

AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO

Porti di Palermo e Termini Imerese

**LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO
DI SOPRAFLUTTO DEL PORTO DI TERMINI IMERESE
PROGETTO DEFINITIVO
PROGETTO GENERALE**

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

GIUGNO 2013

VERSIONE:	DESCRIZIONE:	PREPARATO:	APPROVATO:	DATA:
00	EMISSIONE	AL	GI	17 GIU 2013
NOME FILE: B6.DOC			DISTRIBUZIONE: RISERVATA	

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INTRODUZIONE	3
3. BACINI IMBRIFERI: FIUME SAN LEONARDO	4
3.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO	4
3.2 USO DEL SUOLO	7
3.3 CLIMATOLOGIA.....	8
3.4 STIMA DELLE PORTATE	9
3.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	13
3.5.1 STIMA DEL GRADO DI RISCHIO IDRAULICO PER LE AREE INONDABILI NEL CASO DELLE PIENE NATURALI	13
3.5.2 STIMA DEL GRADO DI RISCHIO IDRAULICO PER LE AREE INONDABILI NEL CASO DELLE PIENE ARTIFICIALI	19
3.5.3 CONCLUSIONI SUL RISCHIO IDRAULICO	20
4. BACINI IMBRIFERI: FIUME IMERA SETTENTRIONALE.....	21
4.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO	21
4.2 USO DEL SUOLO	22
4.3 CLIMATOLOGIA.....	23
4.4 STIMA DELLE PORTATE	24
4.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	26
5. BACINI IMBRIFERI: FIUME TORTO.....	28
5.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO	28
5.2 USO DEL SUOLO	29
5.3 CLIMATOLOGIA.....	29
5.4 STIMA DELLE PORTATE	31
5.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	33
5.5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA	33
5.5.2 DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA	36
5.5.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	37
5.5.4 CONCLUSIONI SUL RISCHIO IDRAULICO	37
6. BACINI IMBRIFERI: TORRENTE BARRATINA	38
6.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO	38
6.2 STIMA DELLA PORTATA DI PIENA.....	40
6.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO.....	43
7. STUDIO DEL TRASPORTO SOLIDO	44
8. CONCLUSIONI	46

1. PREMESSA

L'Autorità Portuale di Palermo, a seguito di due distinte gare espletate, secondo i principi della procedura negoziata, ex art.125, comma 11, del D.Lgs 163/2006, e secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, e in virtù dei finanziamenti regionali ex art. 111 della L.R.S. n. 11/2010, ha affidato:

- alla "Progetti e Opere S.R.L." il servizio di redazione del progetto definitivo dei "Lavori di completamento del molo foraneo di sopraflutto del porto di Termini Imerese";
- allo "Studio Mallandrino S.R.L." il servizio di redazione del progetto definitivo dei "Lavori di completamento del molo foraneo di sottoflutto del porto di Termini Imerese".

A supporto di tali progettazioni sono stati redatti una serie di studi specialistici, tra cui il presente "Studio idrologico-idraulico".

La redazione di tale studio nasce dalla riconosciuta esigenza di individuare l'entità delle influenze di tipo idrologico-idraulico delle opere esistenti e dei nuovi interventi infrastrutturali da realizzare.

2. INTRODUZIONE

Il presente studio idrologico-idraulico analizza i corsi d'acqua che sfociano in prossimità del porto di Termini Imerese.

I corsi d'acqua presenti nell'area in esame interessano le infrastrutture costiere per le seguenti ragioni:

- *rischio da inondazioni*: occorre identificare la capacità di portata del fiume, che, messa in relazione alla configurazione orografica ed urbana, consente di valutare sinteticamente i rischi derivanti per i manufatti ed, eventualmente, per gli esseri umani;
- *trasporto solido*: i corsi d'acqua convogliano alla foce una certa portata solida, fondamentale nel bilancio dei sedimenti costieri. L'individuazione della stessa ha consentito di determinare gli effetti sulla linea di riva e la migliore configurazione delle opere, con il duplice riguardo alla mitigazione dello squilibrio indesiderato della linea di riva e dell'interrimento del bacino protetto dalle nuove opere foranee.

Sono stati individuati i corsi d'acqua naturali ed artificiali che hanno diretta influenza sull'area in esame, col fine di:

- determinare le portate di piena;
- determinare gli apporti solidi.

Pertanto, sono stati analizzati i seguenti bacini idrografici ricadenti in prossimità delle nuove opere:

- bacino del Fiume S.Leonardo;
- bacino del Fiume Torto;
- bacino del Fiume Imera Settentrionale;
- bacino del Torrente Barratina.

Per ciascuno dei bacini imbriferi di interesse saranno descritte le modalità di previsione dell'onda di piena o della portata al colmo, nonché le verifiche idrauliche e la valutazione di rischio e la stima della produzione di sedimento in corrispondenza della sezione fociale.

Di seguito si riporta uno stralcio cartografico relativo alla posizione delle foci dei corsi d'acqua di interesse rispetto al sito portuale di Termini Imerese.



Figura 2.1 – Stralcio cartografico dell'area di Termini Imerese con indicazione dei corsi d'acqua.

3. BACINI IMBRIFERI: FIUME SAN LEONARDO

3.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

I dati e le informazioni riportati in questa sezione sono stati ricavati dalla relazione di bacino per il Fiume San Leonardo, facente parte del corpo documentale del Piano di Assetto Idrogeologico (di seguito indicato come P.A.I.) della Regione Sicilia del 2004.

La linea spartiacque che delimita il bacino si sviluppa ad oriente lungo le vette di M. Pileri (m. 378), Cozzo Guardiola (m. 700), M. Rotondo (m. 845), Portella dei Miseri (m. 600), Serra Sambuchi (m. 624), Pizzo di Sughero (m. 620) e Cozzo Castagna del Barone (m. 714). Sempre ad oriente, la displuviale prosegue ancora lungo le vette di Il Pizzo (m. 793), Cozzo la Vanedda (m. 631), la Montagnola (m. 833) e Cozzo Todaro (m. 875). A sud, procedendo da est verso ovest, lo spartiacque si sviluppa lungo le vette di P.lla S. Francesco, Cozzo Volturo (m. 1.103), P.lla dell'Olmo (m. 1.013), M. Sparagio (m. 1.118), Serra Pietre Cadute, Cozzo dei Monaci (m. 871), P.lla di Sarullo (m. 699), Rocche S. Felice (m. 806), Costa Raia (m. 964) e Pizzo Cangialoso (m. 1.457). Ad occidente la linea spartiacque segue il crinale generato dalla successione delle vette di M. Barracù (m. 1.420), M. Cardellia (m. 1.266), Cozzo Spolentino (m. 1.000), Cozzo Donna Giacomina (m. 1.613), Cozzo Ramusa (m. 959), Rocca Busambra (m. 1.614) e Cozzo Bileo (m. 1.007). La displuviale prosegue lungo le cime di Pizzo Lungocucco (m. 718), Cozzo di Ferro (m. 620), Pizzo Avvoltoio (m. 747), Serra Capezzana (m. 768), Portella di Ventimiglia (m. 672), Pizzo di Cascio (m. 1.054), Pizzo Garofano (m. 1.204), Cozzo Cenere (m. 438), Cozzo Bugio (m. 421) ed, infine, M. Rosamarina (m. 540).

La forma del bacino idrografico è sub-circolare, con una pronunziata appendice settentrionale che si estende in direzione NNE-SSW dalla foce verso la zona montana. Il bacino raggiunge la sua massima ampiezza, pari a circa Km 22, a meridione; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce sensibilmente, fino a poco più di 1 Km, in corrispondenza della gola del Rosamarina, dove il corso del fiume è stato sbarrato dalla omonima diga.

Quest'ultima è stata realizzata nel corso degli anni '80 dall'E.S.A. (Ente Sviluppo Agricolo) ed il volume dell'invaso creatosi è di circa 100 milioni di m³.

Il bacino idrografico del fiume San Leonardo ricade interamente nel territorio della provincia di Palermo ed è compreso nei fogli n° 608 Caccamo, n° 609 Termini Imerese e n° 620 Lercara Friddi della Carta d'Italia in scala 1:50.000 dell'I.G.M.

All'interno del bacino ricadono i territori comunali dei seguenti comuni: Baucina, Caccamo, Campofelice di Fitalia, Castronovo di Sicilia, Cefalà Diana, Ciminna, Corleone, Godrano, Lercara Friddi, Marineo, Mezzojuso, Palazzo Adriano, Prizzi, Roccapalumba, Termini Imerese, Ventimiglia di Sicilia, Vicari e Villafrati.

Nel bacino è possibile riconoscere l'azione antropica, oltre che nei centri abitati e nei territori agricoli, in numerose infrastrutture di trasporto. Tra queste le più importanti sono la sede ferroviaria Palermo-Messina, la sede stradale della S.S. 113 Palermo-Messina; quella dell'autostrada A19 Palermo-Catania, che attraversa la parte settentrionale del bacino prevalente andamento E-O; infine, le sedi stradali della arteria a scorrimento veloce Palermo-Agrigento (S.S. 121) e delle S.S. 285, S.S. 118 e S.S. 188.

All'interno del bacino sono presenti delle aree naturali protette: la Riserva Naturale Orientata del Bosco Ficuzza che occupa parte dei territori comunali di Godrano e Corleone e la Naturale Orientata delle Serre di Ciminna che ricade nel territorio comunale di Ciminna.

Il Fiume S. Leonardo presenta un andamento planimetrico dell'alveo che si snoda, procedendo dalle sorgenti alla foce, lungo un percorso di quasi Km 58; esso, a circa 33

chilometri dalla foce, assume la configurazione ad "Y" in seguito alla diramazione in due bracci denominati F. Trinità e F. della Margana.

Il Fiume S. Leonardo nasce alle pendici di Pizzo Cangialoso (m. 1.456), ricadente nel territorio comunale di Corleone, e nel suo tratto iniziale, ad andamento NE-SO, prende nome di "Vallone Margi".

Successivamente, il corso d'acqua attraversa i territori comunali appartenenti al dipartimento di Prizzi e, nuovamente, al comune di Corleone e, a circa Km 8,3 dalla sorgente e alla quota di m. 480, assume il nome di "F. della Mendola".

Dopo la confluenza con il Vallone Giardo, a quota m. 360 e a circa Km 18 dalla sorgente, prende il nome di "F. Centosalme". Esso si snoda con andamento all'incirca ENE-OSO fino a quando, a quota m. 330 circa e alla distanza dalla sorgente di circa 21 km, cambia il suo nome in "F. Trinità".

Il F. Trinità presenta un andamento planimetrico ad orientazione NE-SO e con il proprio corso segna il confine tra i territori comunali appartenenti a Campofelice di Fitalia e Vicari. A quota m. 290 e a circa Km 24,5 dalla sorgente il fiume riceve in destra idraulica le acque del F. della Margana e dopo tale confluenza viene denominato "F. di Vicari", nonostante ricada nel territorio comunale di Campofelice di Fitalia, per la vicinanza dell'omonima cittadina situata a pochi chilometri di distanza dal suddetto corso d'acqua.

Il F. di Vicari si snoda con andamento ENE-OSO e assume definitivamente il nome di "F. San Leonardo" dopo la confluenza con il Torrente S. Domenica, a quota m. 270 circa e alla distanza dalla sorgente di circa Km 27.

Il F. San Leonardo si snoda, con andamento NNE-SSO, per circa Km 30.

Durante il suo percorso attraversa il territorio comunale di Vicari; segna, per buona parte, il confine comunale tra quest'ultimo e Ciminna; attraversa i territori comunali di Caccamo e di Termini Imerese e, infine, sfocia nel Mar Tirreno con un estuario a NO e a breve distanza dalla cittadina di Termini.

Il profilo di fondo del fiume San Leonardo mostra pendenza media molto bassa, pari a 2,33%.

Gli affluenti principali del Fiume S. Leonardo sono, a partire dalle sorgenti: il V.ne Guddemi, il V.ne Giardo, il Fiume della Margana, il T.te Azziriolo ed il V.ne Macaluso, il Torrente S. Domenica e il Vallone Fagiano.

Il fiume San Leonardo a circa 6 Km dalla foce, è sbarrato dalla diga Rosamarina.

La sezione di sbarramento, disposta a quota 90 m s.m., chiude la stretta gola incisa dal fiume nelle formazioni calcaree e dolomitiche dei rilievi di Termini Imerese.

L'altezza raggiunge i 93 m consentendo l'invaso di 100 milioni di m³ alla quota massima di regolazione.

La diga è in muratura di calcestruzzo del tipo ad arco-gravità, tracimabile nella parte centrale del coronamento.

La geometria della sezione maestra è caratterizzata dal profilo parabolico dei paramenti. Il volto della diga, simmetrico rispetto alla sezione maestra, è appoggiato alla roccia tramite un pulvino perimetrale continuo. Tra lo scudo a doppia curvatura ed il pulvino è interposto un giunto perimetrale sagomato a culla provvisto di un dispositivo di drenaggio.

Le caratteristiche principali della diga, dedotte dal progetto, sono le seguenti:

- quota del piano di coronamento: 176 m s.l.m.
- quota di massimo invaso: 175 m s.l.m.
- quota di massima regolazione: 169,50 m s.l.m.
- altezza massima: 93 m

- quote di massimo svaso :116,50 m s.l.m.
- sviluppo al coronamento: 200,33 m
- corda di coronamento: 171,30 m
- spessore alla base del volto: 31,49 m
- spessore alla base del pulvino: 41,91 m
- spessore al coronamento: 5,00 m
- volume utile di regolazione: $100 \times 10^6 \text{ m}^3$.

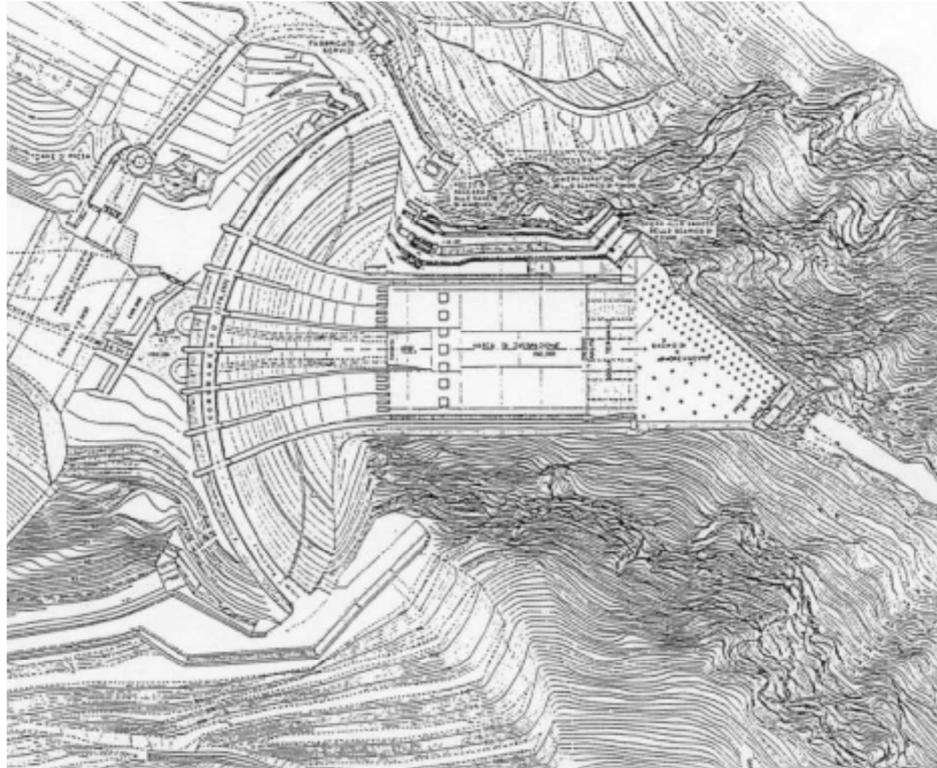


Figura 3.1 – Fiume San Leonardo. Planimetria della diga Rosamarina. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

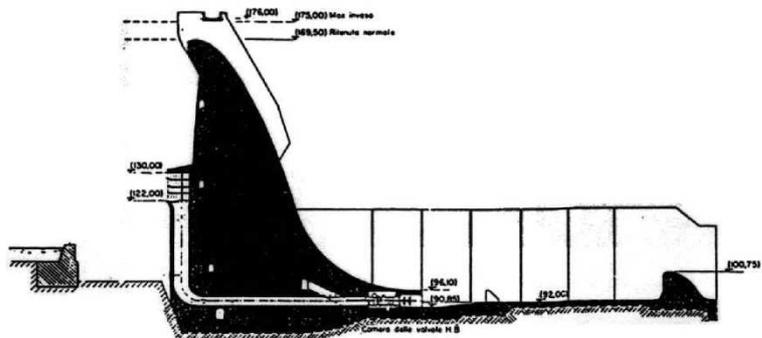


Figura 3.2 – Fiume San Leonardo. Sezione della diga Rosamarina. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

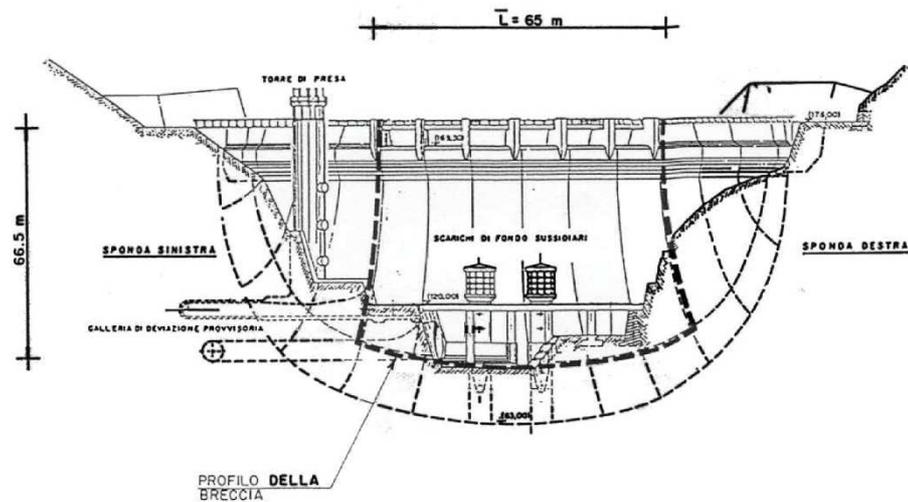


Figura 3.3 – Fiume San Leonardo. Prospetto della diga Rosamarina. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Negli studi a supporto del PAI, grazie alle tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) dell'Hydrologic Engineering Center, sono stati individuati a partire da un modello digitale delle quote del terreno (DEM - Digital Elevation Model) con risoluzione pari a 100 m, il reticolo idrografico, i dislivelli e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini.

In particolare il bacino idrografico del Fiume S. Leonardo è stato suddiviso in 5 sottobacini.

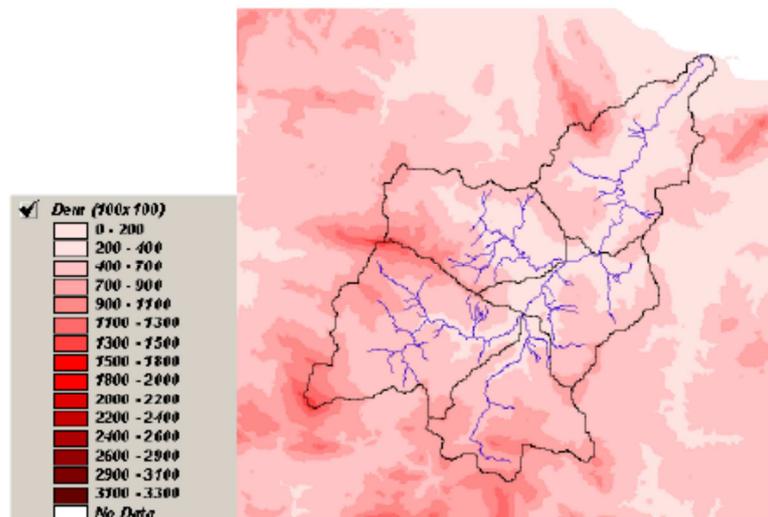


Figura 3.4 – Bacino idrografico del Fiume San Leonardo, sottobacini e reticolo idrografico (fonte: Piano di Assetto Idrogeologico Bacino del Fiume San Leonardo – anno 2004).

3.2 USO DEL SUOLO

Dall'analisi dei dati e della stratigrafia sull'uso del suolo del territorio si rilevano principalmente le seguenti tipologie d'uso:

- seminativi semplici;
- oliveti;
- macchia mediterranea.

La condizione di utilizzazione del suolo è rappresentata nella figura successiva.

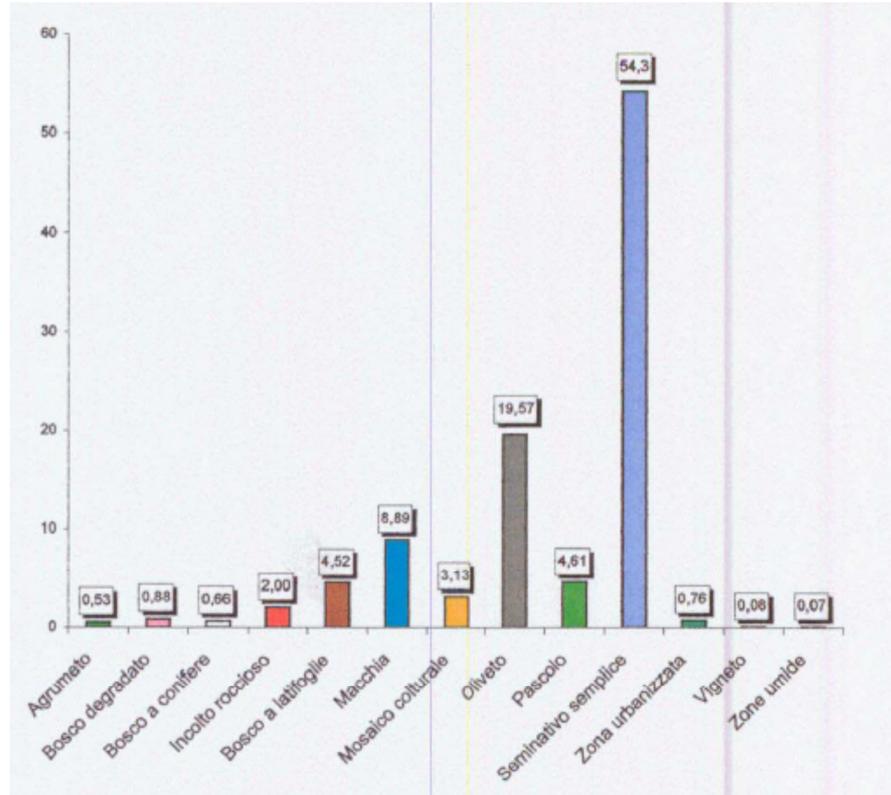


Figura 3.5 Uso del suolo all'interno del Bacino del Fiume San Leonardo (fonte: Piano di Assetto Idrogeologico Bacino del Fiume San Leonardo- anno 2004).

3.3 CLIMATOLOGIA

Per definire il microclima dell'area in esame sono stati considerati i dati climatici di temperatura e piovosità, registrati dalle stazioni termopluviometriche e pluviometriche più prossime all'area in esame.

STAZIONE	LOCALITA'	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Lat.	Long.
Caccamo	Caccamo	Pluviometro	521	4.199.326	382.823
Campofelice di Fitalia	Campofelice di Fitalia	Pluviometro	730	4.186.627	366.500
Ciminna	Ciminna	Termo-pluviometro	500	4.195.780	372.512
Mezzojuso	Mezzojuso	Pluviometro	500	4.192.199	365.124
Monumentale	Termini Imerese	Pluviometro	6	4.204.833	385.830
Vicari	Vicari	Pluviometro	650	4.186.511	373.836

Tabella 3.1 – Stazioni termopluviometriche in prossimità del bacino del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati registrati dalla stazione di Ciminna, essendo quest'ultima l'unica tra quelle ricadenti all'interno del bacino del Fiume San Leonardo ad essere dotata di termopluviografo.

L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) si raggiungono temperature massime di circa 40°C; invece, nel mese più freddo (Gennaio) la temperatura media è pari a 9°C e i valori minimi raggiungono pochi gradi sopra lo zero centigrado, scendendo raramente al disotto e soltanto alle quote più elevate.

La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 15°C.

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana (Ufficio Idrografico); in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti al periodo 1976-1994 e registrati dalle stazioni di rilevamento ricadenti all'interno del bacino del San Leonardo.

Dalle analisi effettuate si evince che nel periodo suddetto il valore di piovosità media annua è pari a circa 600 mm.

Inoltre, nello stesso periodo gli anni più piovosi sono stati il 1976 e il 1982, quando si sono registrati, rispettivamente, 1163 mm e 924 mm di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1984, con 314 mm.

Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato quello di Gennaio del 1981 che ha fatto registrare ben 244 mm di pioggia nell'arco di soli 15 giorni.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre.

In definitiva, i caratteri pluviometrici riportati delineano un clima di tipo temperato mediterraneo caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi (essenzialmente nel periodo Ottobre-Febbraio), assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

3.4 STIMA DELLE PORTATE

Come già accennato, lo studio idrologico per gli eventi di piena ad elevato tempo di ritorno è stato eseguito dai redattori degli studi a supporto del PAI, avvalendosi di tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) dell'Hydrologic Engineering Center.

Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni, in accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98 e nella Circolare n.1/2003 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente del 07.03.2003.

Per ulteriori chiarimenti sulla metodologia utilizzata si rimanda alla Relazione Generale del P.A.I.

Per la modellazione idrologica, sono stati determinati, mediante il modello HEC-HMS, i principali parametri idrologici, i processi di afflusso-deflusso, ottenendo, infine, i valori delle massime portate al colmo di piena per i fissati tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni sia di chiusura dei sottobacini considerati, sia di confluenza dei sottobacini stessi con l'asta fluviale principale.

Innanzitutto è stato condotto uno studio delle piogge al fine di calcolare i parametri statistici necessari per la costruzione delle curve di probabilità pluviometrica per il bacino in esame secondo la seguente espressione:

$$h=K_T at^n$$

dove:

- a ed n sono i parametri idrologici;
- K_T è il fattore di crescita definito in funzione del coefficiente di variazione CV
- T è il Tempo di Ritorno

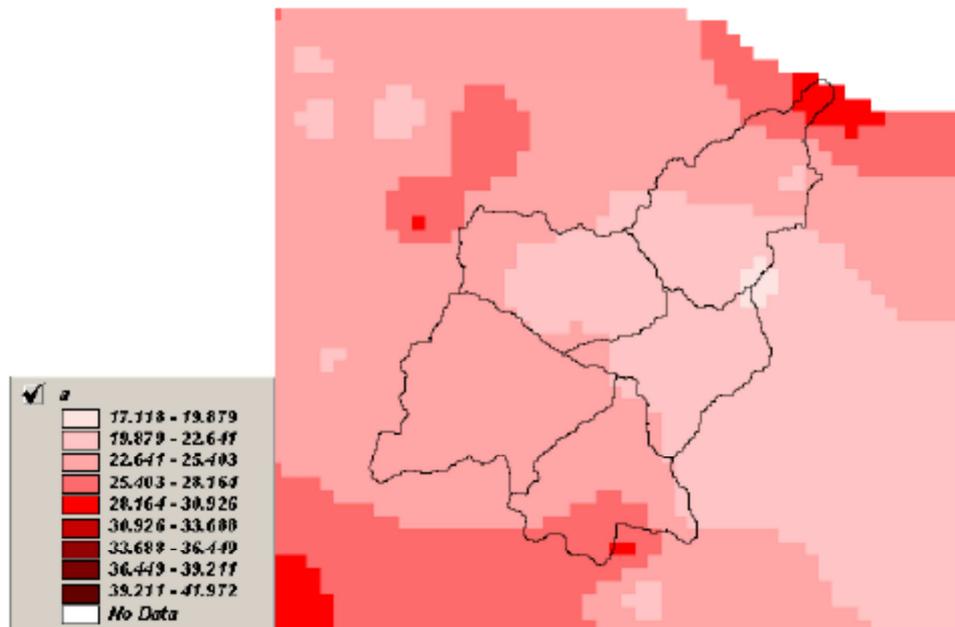


Figura 3.6 – Stima del parametro “a” per il bacino del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

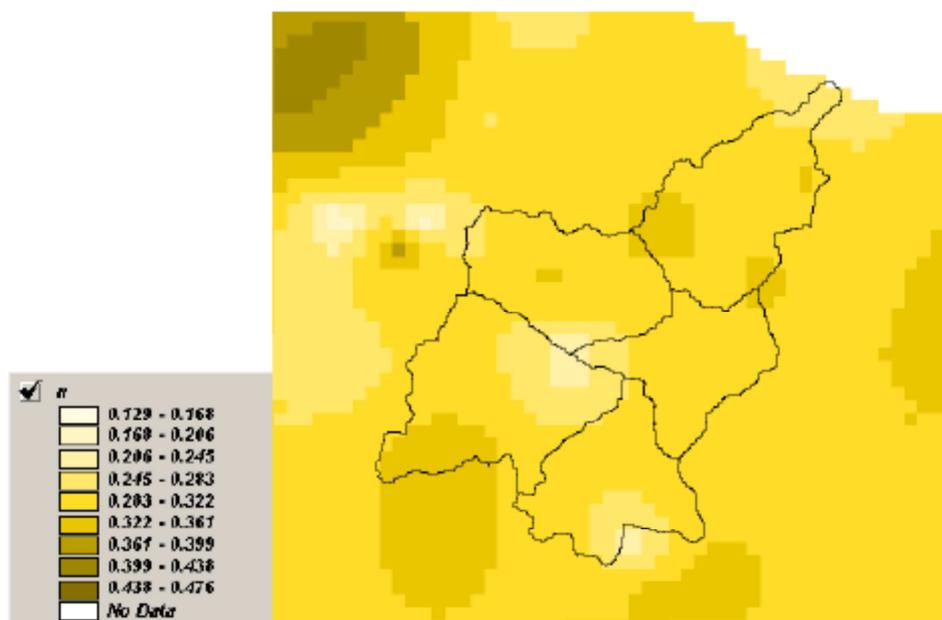


Figura 3.7 – Stima del parametro “n” per il bacino del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

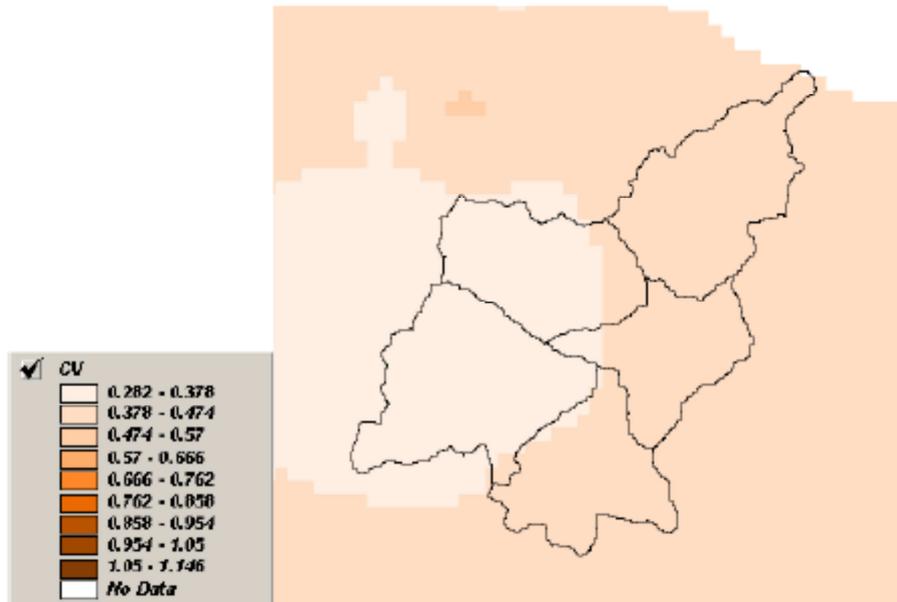


Figura 3.8 – Stima del parametro “CV” per il bacino del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

I valori medi del bacino del Fiume San Leonardo sono:

- $a=23,1$
- $n=0,30$
- $CV=0,38$

Di seguito si riporta l’andamento delle curve pluviometriche per i tempi di riferimento $T=50$, 100 e 300 anni.

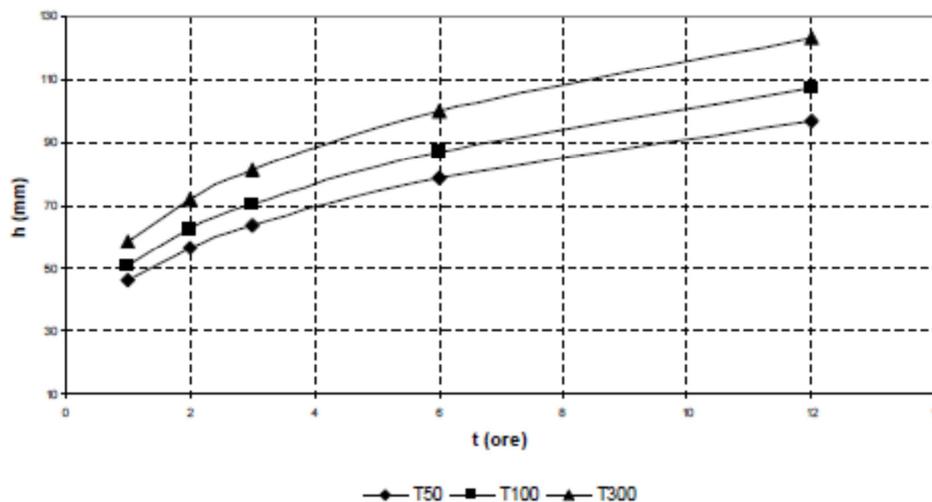


Grafico 3.1 – Studio idrologico del fiume San Leonardo. Curve di probabilità pluviometrica. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

La ricostruzione degli ietogrammi sintetici lordi a partire dalle Curve di Probabilità Pluviometrica per i tre tempi di ritorno considerati è stata effettuata a partire dalle serie storiche di pioggia registrate nelle stazioni pluviografiche ricadenti nell’area di studio.

Per la determinazione della pioggia netta è stato utilizzato il metodo del Curve Number descritto in dettaglio nella Relazione Generale del P.A.I..

I valori medi areali di Curve Number, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale, sono stati ottenuti utilizzando la distribuzione regionale determinata da Maltese (2003).

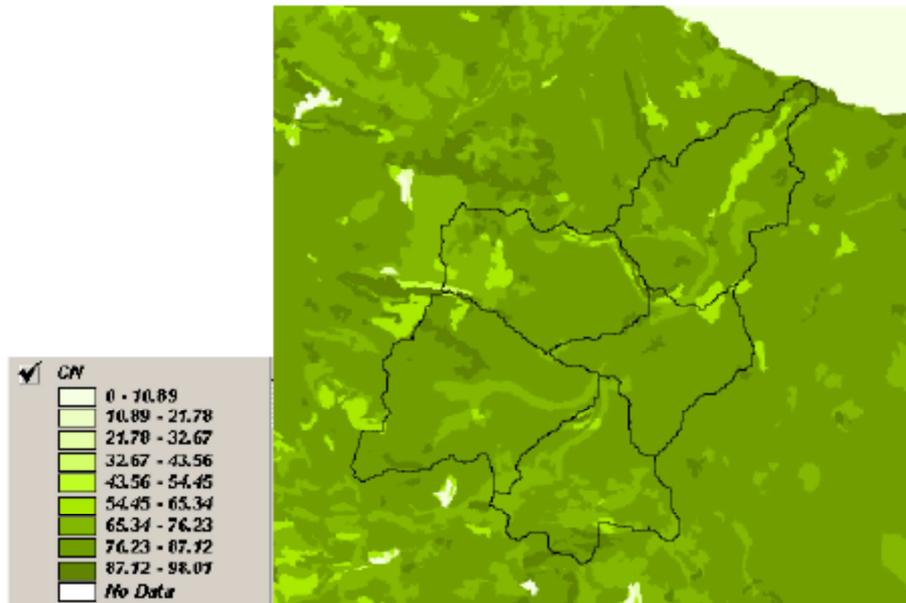


Figura 3.9 – Andamento del parametro Curve Number per il bacino del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

A partire dal DEM (Digital Elevation Model) del bacino, tramite il codice di calcolo applicato, sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, il reticolo idrografico e la lunghezza delle linee di drenaggio e i tempi di corrivazione dei sottobacini in esame.

Di seguito si riportano i valori di ogni sottobacino.

Sottobacino n°	Codice HMS	CN	t_c (ore)
1	R460W430	81	5
2	R470W470	79	4
3	R380W240	79	3
4	R360W360	80	5
5	R80W80	79	4

Tabella 3.2 – Studio idrologico del fiume San Leonardo. Tempi di corrivazione per i sottobacini del Fiume San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Il calcolo dell'idrogramma uscente attraverso la sezione di chiusura del generico sottobacino è stato effettuato utilizzando il modulo *User Specified Unit Hydrograph* del modello *HEC-HMS*. Il calcolo dell'onda di piena risultante nella sezione di chiusura del bacino principale è stato effettuato utilizzando il modulo *Routing Method Lag* di *HEC-HMS*, ipotizzando i sottobacini collegati tramite canali lineari ed una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua (lunghezza, pendenza, scabrezza) e della velocità della corrente supposta pari ad 1,5 m/s.

In Figura 3.10 sono riportati gli idrogrammi di piena relativi alla sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza della foce, per i tempi di ritorno considerati.

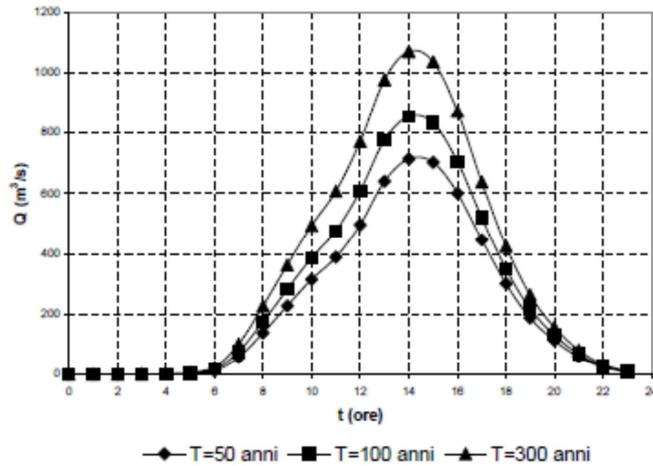


Figura 3.10 – Studio idrologico del fiume San Leonardo. Idrogrammi di piena alla foce per i tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Di seguito si riportano le tabelle relative ai valori di portata al colmo per ogni sottobacino e alla foce al variare del tempo di ritorno.

N°. Sottobacino	Codice HMS	Superf. (km ²)	Q _{t=50} (m ³ /s)	Q _{t=100} (m ³ /s)	Q _{t=300} (m ³ /s)
1	R460W430	131,8	344,3	404,0	500,2
2	R470W470	86,6	246,9	292,8	367,3
3	R380W240	97,2	238,6	283,1	355,2
4	R360W360	77,3	231,6	273,8	342,2
5	R80W80	114,2	260,2	308,2	386,2

Tabella 3.3 – Portate al colmo per ogni sottobacino del F. San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

N°.Sezione Calcolo	Codice HMS	Superficie Drenata (km ²)	Q _{t=50} (m ³ /s)	Q _{t=100} (m ³ /s)	Q _{t=300} (m ³ /s)
1	JR440	218,4	524,0	622,4	782,3
2	JR360	315,6	650,3	769,4	962,7
3	JR210	392,9	684,1	811,7	1019,4
4	Foce	507,1	713,4	845,7	1061,1

Tabella 3.4 – Portate al colmo ad ogni intersezione con gli affluenti e alla foce del F. San Leonardo. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

3.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

3.5.1 STIMA DEL GRADO DI RISCHIO IDRAULICO PER LE AREE INONDABILI NEL CASO DELLE PIENE NATURALI

Per la redazione del P.A.I. è stato applicato il codice monodimensionale HEC-RAS, per valutare le aree a rischio idraulico lungo il tratto terminale del fiume San Leonardo, dallo sbarramento della Diga Rosamarina alla foce.

Lungo il tratto a monte dell'autostrada A19 l'alveo è caratterizzato da una elevata pendenza media ed è costituito da depositi alluvionali e da materiale proveniente dalla

disgregazione e dal crollo di volumi lapidei di natura carbonatica dai versanti. La pezzatura, ovunque grossolana, raggiunge le dimensioni maggiori a monte con blocchi di diametro massimo pari a 3÷5 m e medio pari a 0,5 m. Le dimensioni dei blocchi diminuiscono verso valle (diametro medio pari a 0,30 m); tuttavia sono sempre presenti, anche se con frequenza minore, blocchi di grande diametro. L'alveo del tratto a valle dell'autostrada A19, è caratterizzato da passati interventi di sistemazione idraulica costituiti da difese di sponda realizzate in gabbioni o con muri in c.a. ed arginature.

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica, è noto che esse si differenziano a seconda che la sede di deflusso sia l'alveo o le aree golenali o di allagamento.

Nel primo caso le caratteristiche dipendono principalmente dalle dimensioni del materiale di fondo, dalla presenza e qualità della vegetazione fluviale e dalla morfologia plano-altimetrica delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le aree limitrofe golenali o di allagamento giocano un ruolo determinante la natura del suolo, la tipologia di coltivazione, la frammentazione poderale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

L'osservazione diretta delle suddette caratteristiche sull'area in esame ha indirizzato ad una scelta di opportuni valori del coefficiente di Manning compresi tra 0,03 e 0,06 m^{1/3} /s, tratti dalla tabella relativa ai valori dell'indice di scabrezza per i corsi d'acqua naturali proposta da Chow (1959).

Le opere di attraversamento principali presenti nell'area oggetto di studio (tratto fluviale del S. Leonardo che dalla diga raggiunge la foce) sono:

- ponte metallico a tre campate della linea ferroviaria Palermo-Messina;
- ponte metallico ad unica campata della SS. 113;
- ponte monumentale S. Leonardo;
- passerella in c.a.,
- pila del viadotto "Sicilia" della A19.

Le opere di sistemazione idraulica, che interessano direttamente il fiume, sono rappresentate da interventi discontinui di sistemazione costituiti da soglie, difese di sponda in muratura, in cemento armato ed argini. Il tratto tra i ponti della SS.113 e della linea FF .SS. è sistemato organicamente con una difesa di sponda in gabbioni la cui sommità supera la quota dei terreni circostanti costituendo un argine alto circa 1 m.

Nel P.A.I sono riportate tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni).

Per la simulazione idraulica sono state considerate 53 sezioni, di cui 31 a monte del ponte dell'Autostrada A19 (tratto montano) e 22 a valle del ponte stesso (tratto vallivo).

Di seguito si riportano le immagini delle sezioni trasversali dell'alveo con indicazione dei livelli idrici riportate nella relazione del 2004 per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia.

Per una visualizzazione più approfondita delle stesse si rimanda alla suddetta relazione del 2004 allegata al P.A.I. della Regione Sicilia.

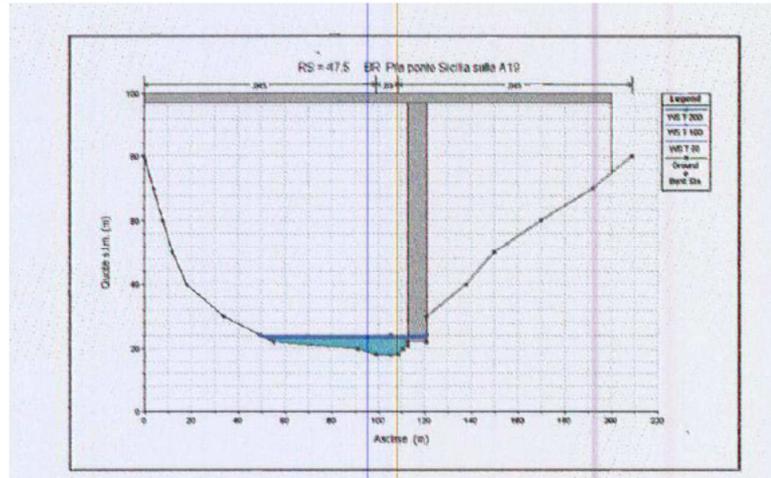


Figura 3.11 – Fiume San Leonardo. Livelli idrici presso la pila del Ponte autostradale. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

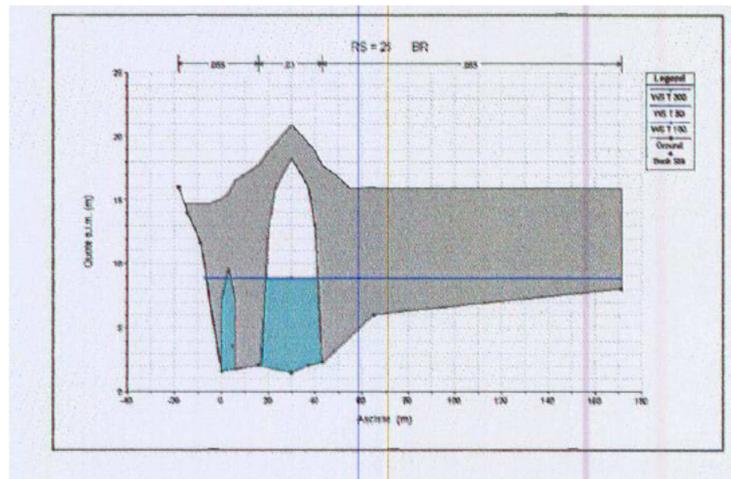


Figura 3.12 – Fiume San Leonardo. Livelli idrici presso il ponte monumentale. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

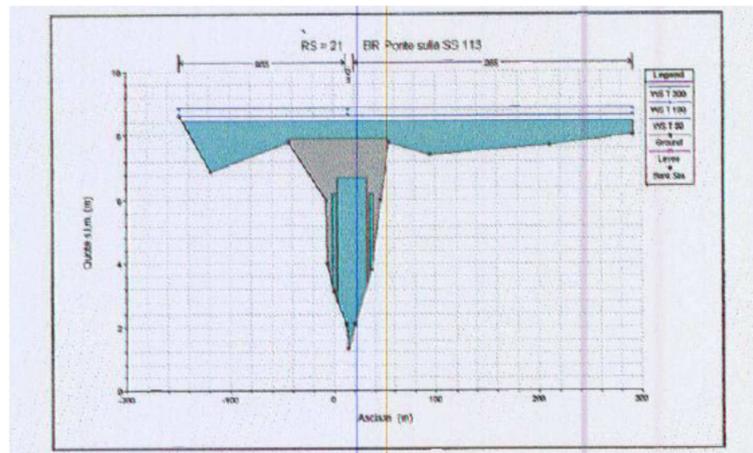


Figura 3.13 – Fiume San Leonardo. Livelli idrici presso il ponte SS113. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

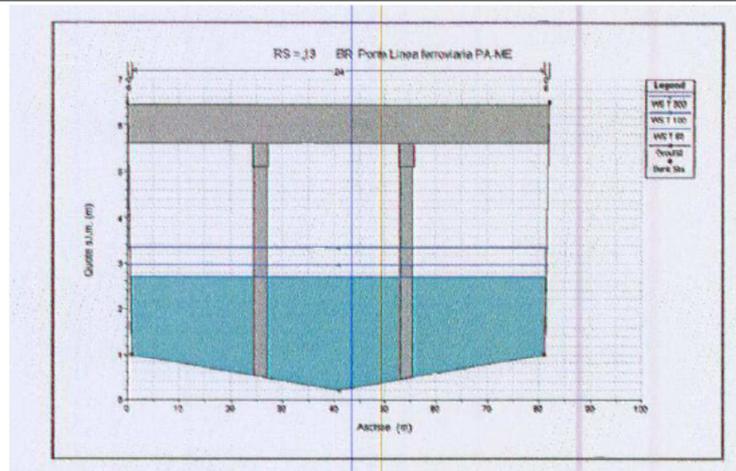


Figura 3.14 – Fiume San Leonardo. Livelli idrici presso il ponte ferroviario. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

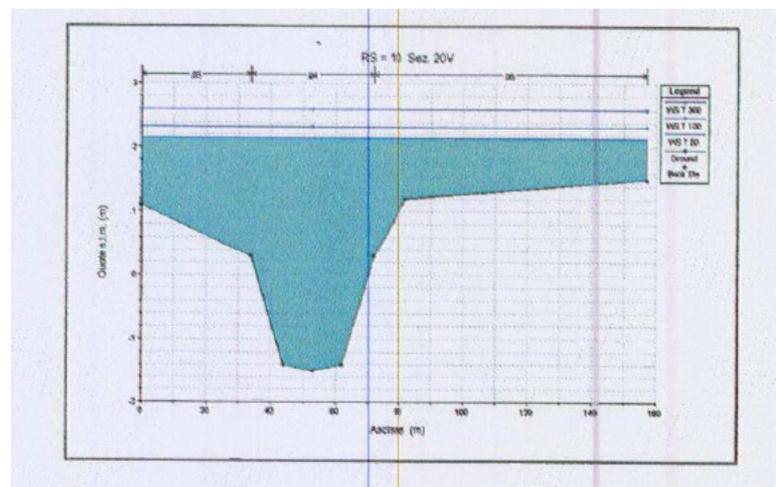


Figura 3.15 – Fiume San Leonardo. Livelli idrici alla foce. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Nel tratto montano, caratterizzato da un alveo decisamente incassato, per tutte le condizioni studiate (T=50, 100 e 300 anni) non sono state registrate situazioni di esondazione.

Nel tratto vallivo, a più modesta pendenza, sono state individuate delle aree inondabili di estensione crescente all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento di piena considerato.

Dalle verifiche idrauliche eseguite, è emerso che il ponte della Strada Statale n.113 è sormontato in tutte le condizioni studiate determinando un rigurgito a monte che genera, inoltre, il sormonto della linea ferroviaria in un breve tratto e l'allagamento della strada statale in prossimità del ponte stesso. All'interno delle aree inondabili ricadono alcune case sparse ed insediamenti agricoli a bassa tecnologia; la cabina di trasformazione dell'ENEL, insieme con alcuni tralicci dell'elettrodotto, sono interessati dall'evento con tempo di ritorno di 300 anni.

La perimetrazione delle aree inondabili è stata condotta determinando la linea di intersezione tra il pelo libero del corso d'acqua ed il terreno; nei casi in cui, non è stato possibile ottenere tale intersezione, si è proceduto alla determinazione della possibile area inondabile basandosi su considerazioni relative al valore del tirante idrico rispetto all'andamento morfologico del terreno, deducibile dalla cartografia di base.

La valutazione della pericolosità, (P) è stata condotta seguendo la metodologia predisposta dal DIAA che consiste nel valutare la pericolosità solo in funzione del tempo di

ritorno, e in particolare, in modo inversamente proporzionale ad esso (all'evento con tempo di ritorno più basso, $T=50$ anni, corrisponde l'indice di pericolosità più elevato, P3) come si evince dalla tabella seguente.

T (anni)	P
50	P3
100	P2
300	P1

Tabella 3.5 – Tabella per stima del grado di pericolosità. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Gli elementi a rischio interessati dall'esondazione, oltre gli attraversamenti precedentemente descritti sono:

- tratto della Strada Statale n. 113 in prossimità dell'attraversamento del corso d'acqua;
- tratto della linea ferroviaria PA-ME nelle vicinanze del ponte stradale sulla SS 113;
- cabina di trasformazione dell'ENEL ed alcuni tralicci dell'elettrodotto;
- case sparse ed insediamenti agricoli a bassa tecnologia.

Di seguito si riportano gli stralci cartografici delle aree a pericolosità e a rischio idraulico.

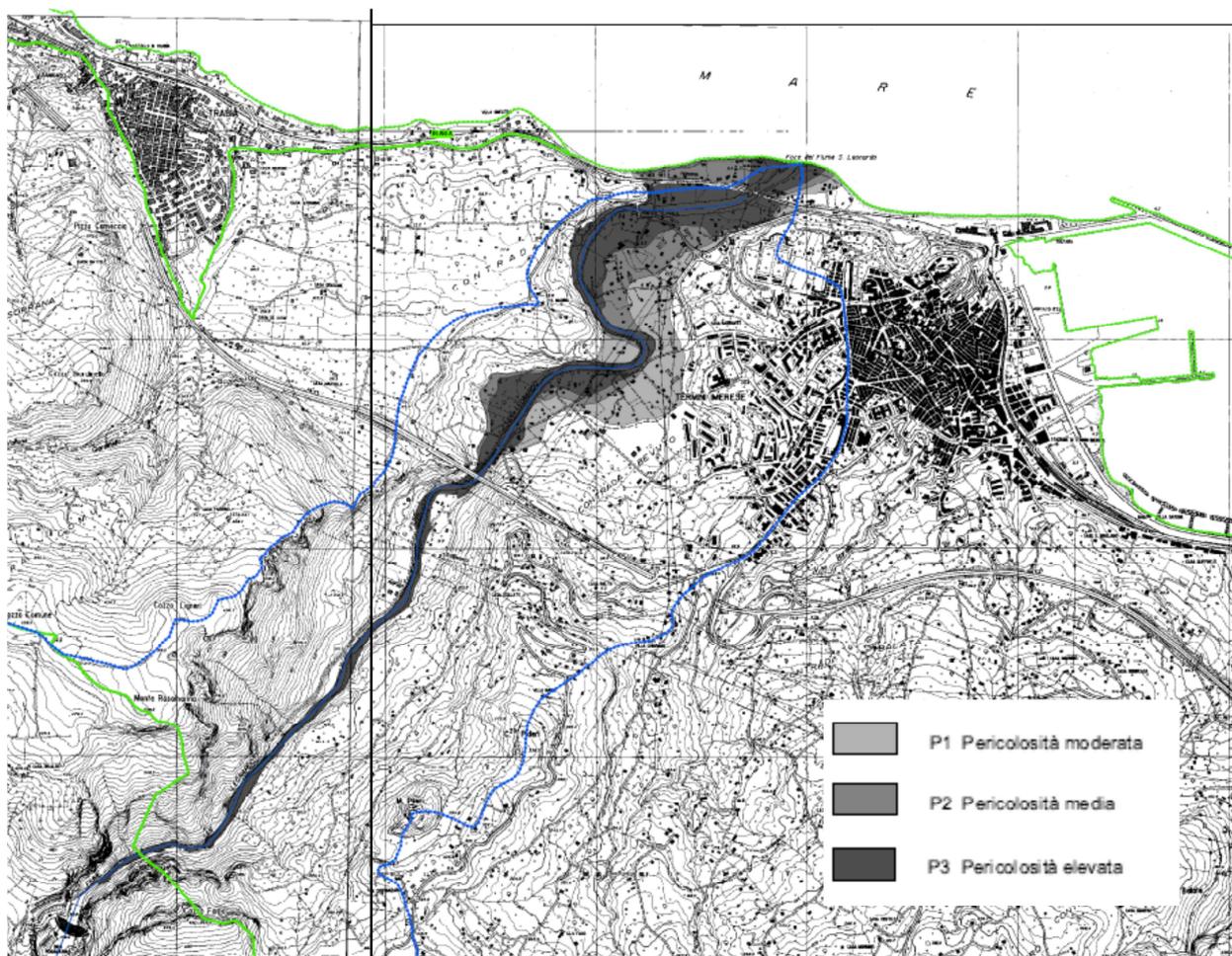


Figura 3.16 – Fiume San Leonardo. Pericolosità idraulica. Fonte di riferimento: Carta di pericolosità idraulica per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

La classificazione degli “Elementi a Rischio” adottata è quella di cui alla metodologia del PAI.

Gli elementi a rischio, come evidenziato precedentemente, sono stati individuati attraverso l’analisi congiunta della CTR e delle Ortofoto IT2000.

Per la valutazione del rischio idraulico si è proceduto a sovrapporre alla carta della pericolosità la carta degli elementi a rischio. Attraverso la combinazione dell’indice di pericolosità (P) con l’indice degli elementi a rischio, (E) si è giunti alla determinazione del rischio (R). Le possibili combinazioni tra i due indici, P ed E, sono riportate nella seguente tabella.

PERICOLOSITÀ	ELEMENTI A RISCHIO			
	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R3
P2	R1	R2	R3	R4
P3	R2	R2	R4	R4

Tabella 3.6 – Matrice per stima del grado di rischio idraulico. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

DESCRIZIONE DEL RISCHIO	CLASSE
RISCHIO MODERATO: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.	R1
RISCHIO MEDIO: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l’incolumità del personale, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.	R2
RISCHIO ELEVATO: per il quale sono possibili problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.	R3
RISCHIO MOLTO ELEVATO: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.	R4

Tabella 3.7 – Tabelle per stima del grado di rischio idraulico. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Di seguito si riporta lo stralcio della carta di rischio.

Dall’esame della predetta Carta del rischio idraulico è possibile osservare che un tratto della SS113 ed il relativo attraversamento del corso d’acqua ricadono in un’area a rischio idraulico molto elevato, R4; un ulteriore tratto della SS113 ed un tratto della linea ferroviaria PA-ME ricadono in un’area a rischio idraulico elevato, R3; la cabina di trasformazione ricade in un’area a rischio medio, R2; le case sparse e gli insediamenti agricoli a bassa tecnologia ricadono in aree a rischio idraulico compreso tra moderato, R1, e medio, R2; alcuni tralicci dell’elettrodotto che giunge alla cabina di trasformazione ricadono in aree a rischio compreso tra molto elevato e medio.

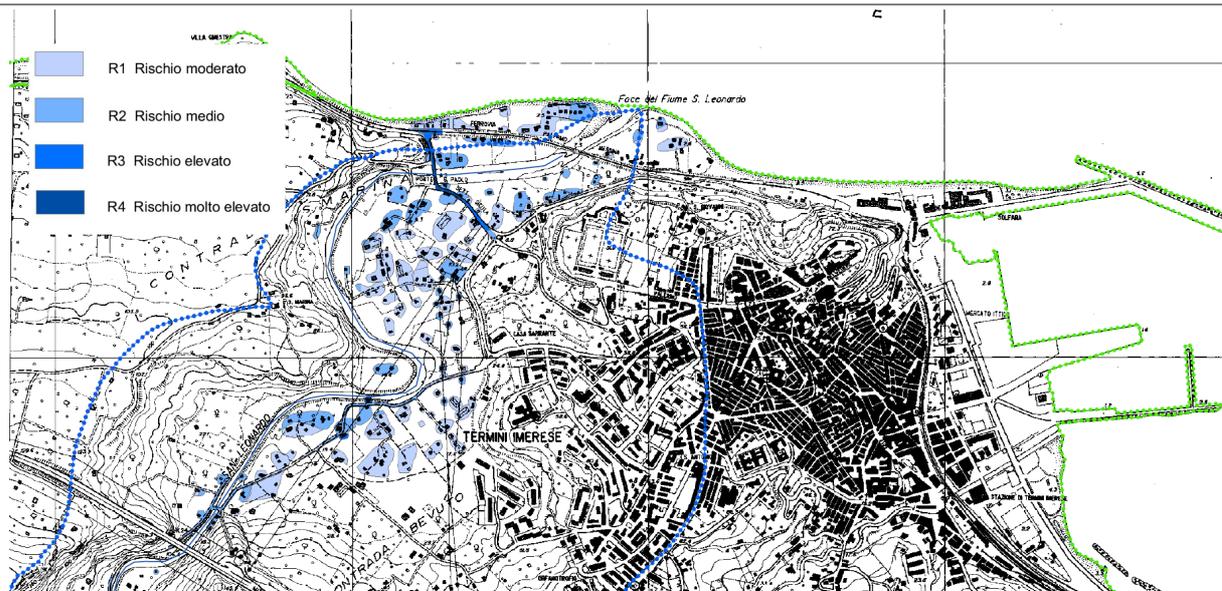


Figura 3.17 – Fiume San Leonardo. Rischio idraulico.Fonte di riferimento: Carta di rischio idraulico per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

3.5.2 STIMA DEL GRADO DI RISCHIO IDRAULICO PER LE AREE INONDABILI NEL CASO DELLE PIENE ARTIFICIALI

Nel PAI, è stato valutato anche il rischio idraulico relativo al caso che la diga Rosamarina, che sbarrava il fiume San Leonardo a circa 6 Km dalla foce, ceda.

Il piano riporta le conclusioni dello studio condotto dall'E.S.A., relativo alla simulazione di propagazione delle onde di piena "artificiali" secondo le seguenti ipotesi:

- Ipotesi A - manovra improvvisa degli organi di scarico superficiali e profondi;
- Ipotesi B - manovra improvvisa degli organi di scarico profondi;
- Ipotesi C - ipotetico collasso dello sbarramento.

La simulazione della propagazione sino a mare delle onde di piena conseguenti alle tre ipotesi è stata effettuata con modello matematico. In particolare per le ipotesi A e B lo studio E.S.A. ha utilizzato un codice di calcolo che implementa un modello monodimensionale (DAMBRK) di ampia diffusione, mentre per l'ipotesi C ha applicato un modello bidimensionale capace di riprodurre più efficacemente la dinamica di espansione dell'onda di piena nella piana del S. Leonardo. Quest'ultimo codice è stato realizzato ad hoc per lo studio E.S.A. sulla base di studi ed esperienze effettuate presso l'Università della Basilicata.

In tutti i casi considerati, l'alveo ed il terreno interessati dal fenomeno sono stati considerati fissi, cioè non soggetti a processi di erosione o deposito ed inizialmente asciutti.

Lo studio E.S.A. ha permesso la delimitazione delle aree soggette a potenziale inondazione; di seguito si riporta lo stralcio della carta allegata al PAI.

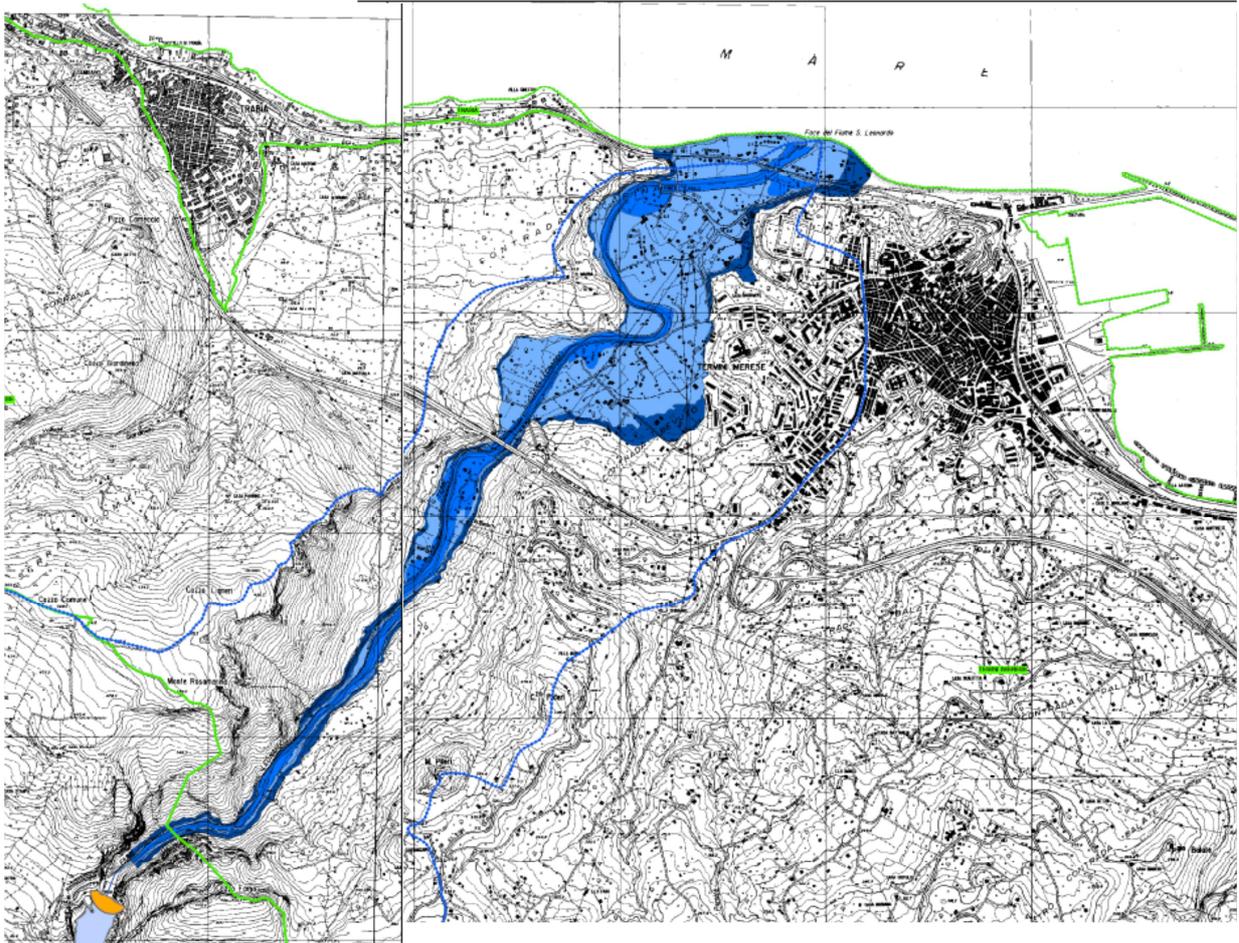


Figura 3.18 – Fiume San Leonardo. Rischio idraulico indotto dalle piene artificiali. Fonte di riferimento: Carta di rischio idraulico indotto dalle piene artificiali per il bacino del F. San Leonardo, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

3.5.3 CONCLUSIONI SUL RISCHIO IDRAULICO

Come si evince dagli stralci appena riportati si osserva che le aree a rischio idraulico indotto dalla presenza del Fiume San Leonardo non sono prossime alle aree portuali e non interessano le opere in progetto.

4. BACINI IMBRIFERI: FIUME Imera SETTENTRIONALE

I dati e le informazioni riportate in questa sezione sono state estratte dalla relazione di bacino del 2004 per il Fiume Imera Settentrionale, facente parte del corpo documentale del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia.

Il bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale è localizzato nella porzione occidentale della Sicilia settentrionale ed occupa una superficie complessiva di 342 km² e ricade all'interno dei territori comunali di Caltavuturo, Campofelice di Roccella, Cerda, Collesano, Scillato, Sclafani Bagni, Termini Imerese e Valledolmo.

Nel bacino del Fiume Imera Settentrionale sono presenti le seguenti infrastrutture:

- Autostrada A20 PA-ME e linea ferroviaria PA-ME;
- Autostrada A19 PA-CT;
- Strada Statale n. 643 e n.120;
- Strade Provinciali nn. 8, 9bis, 24, 53, 58 e 119.

Il bacino interessa parte del settore occidentale del Parco delle Madonie, all'interno dei territori comunali di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Scillato e Sclafani Bagni.

Dal punto di vista cartografico, l'intero bacino ricade nei Fogli in scala 1:50.000 dell'I.G.M:

- n. 609 "Termini Imerese",
- n. 610 "Castelbuono"
- n. 621 "Alia".

4.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

I rilievi di Monte Quacella (m. 1.866) Monte Mufara (m. 1.865) e Monte Castellaro (m. 1.654), appartenenti al gruppo montuoso delle Madonie Occidentali, rappresentano le cime più alte dello spartiacque orientale del bacino.

L'allineamento delle creste di Cozzo Viscardo (m. 1.030), Cozzo Vallefondi (m. 1.030), Cozzo Campise (m. 737), Monte Roccelito (m. 1.145), Rocca del Corvo (m. 793) identifica la linea dello spartiacque occidentale.

Il fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande, lungo circa Km 35, ha origine, con il nome di Torrente Fichera, dalla dorsale costituita dai rilievi di Cozzo Lavanche (m 848), Monte San Giorgio (m 897) e Cozzo Fra Giacomo (m 781).

Nel primo tratto, corrispondenti alla zona di monte (T. Fichera) e fino alla confluenza con il T. S. Nicola, le pendenze medie sono molto elevate; per la ripidità dell'alveo il corso d'acqua erode energicamente in profondità e lateralmente, dando origine ad un reticolo idrografico di tipo "dendritico" fitto e ramificato, con impluvi incassati. Litologicamente, l'area attraversata è costituita prevalentemente dalle Argille Varicolori, terreni facilmente erodibili, soggetti a frane superficiali e soliflusso, e da ampie aree calanchive nei versanti più acclivi (C.da Lavanche).

Successivamente, dalla confluenza con il T. San Nicola, l'asta incontra, trasversalmente al suo corso, la struttura geologica di M. Cervi che rappresenta un evidente ostacolo e "soglia" morfostrutturale per il tratto precedente.

Il secondo segmento termina in corrispondenza del brusco salto di pendenza posto intorno a quota 2000 metri s.l.m. circa. Qui il corso d'acqua scorre incassato tra i banconi arenaceoconglomeratici della Fm. Terravecchia affioranti a Costa Guggino e M. Riparato.

Superato il tratto in forte pendenza relativa, la valle si allarga (terzo segmento), diminuisce la pendenza media, predominano i fenomeni di accumulo ed il fiume scorre su un materasso alluvionale di discreto spessore. Ai bordi della piana alluvionale sono osservabili terrazzi alluvionali e conoidi ben sviluppate, presenti allo sbocco dei V.ni Mondaletto e Garbinogara.

In questo tratto dell'asta che giunge fino alla foce, il fiume è stato rettificato artificialmente e cementificato negli ultimi 900 metri del suo corso.

Lungo il suo corso, l'asta principale riceve le acque di numerosi corsi d'acqua. I principali affluenti sono:

- V.ne Zacca;
- Rio Secco;
- V.ne San Nicola.
- V.ne Mondaletto;
- V.ne Garbinogara.
- T. Salito - Castellucci,
- T. San Lorenzo;
- V.ne Ginestra;
- V.ne Sfasciapignatte;
- T. Passo Ugliata;
- T. Cugni;
- T. Monte Cibello.

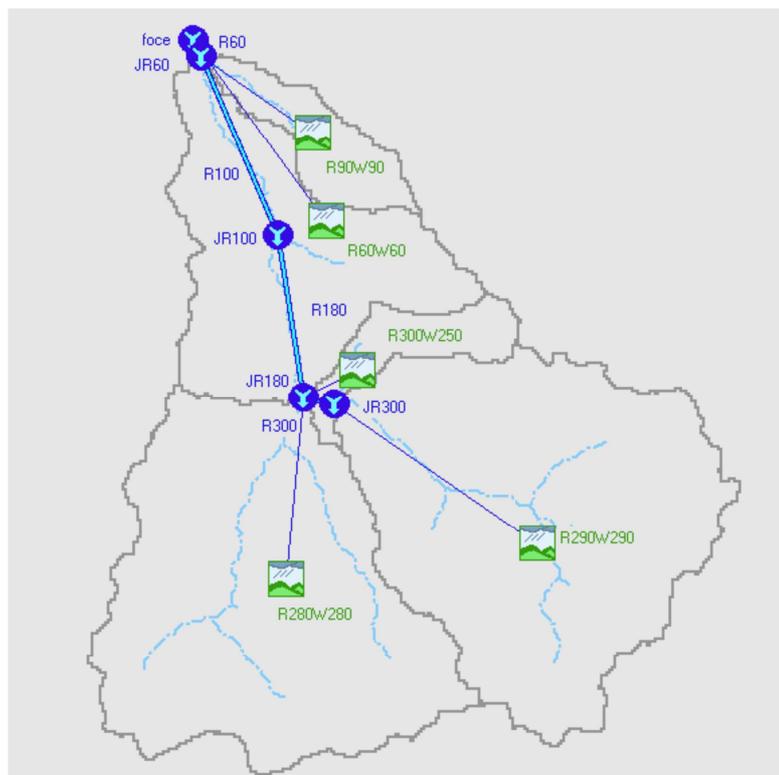


Figura 4.1 – Sottobacini e reticolo idrografico del Fiume Imera. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

4.2 USO DEL SUOLO

Per quanto concerne l'uso del suolo, il seminativo semplice e gli oliveti sono le colture a più larga diffusione che caratterizzano il paesaggio agricolo; poco rappresentati sono i mosaici colturali (1%), i vigneti (0.1%) e gli agrumeti (0.03 %).

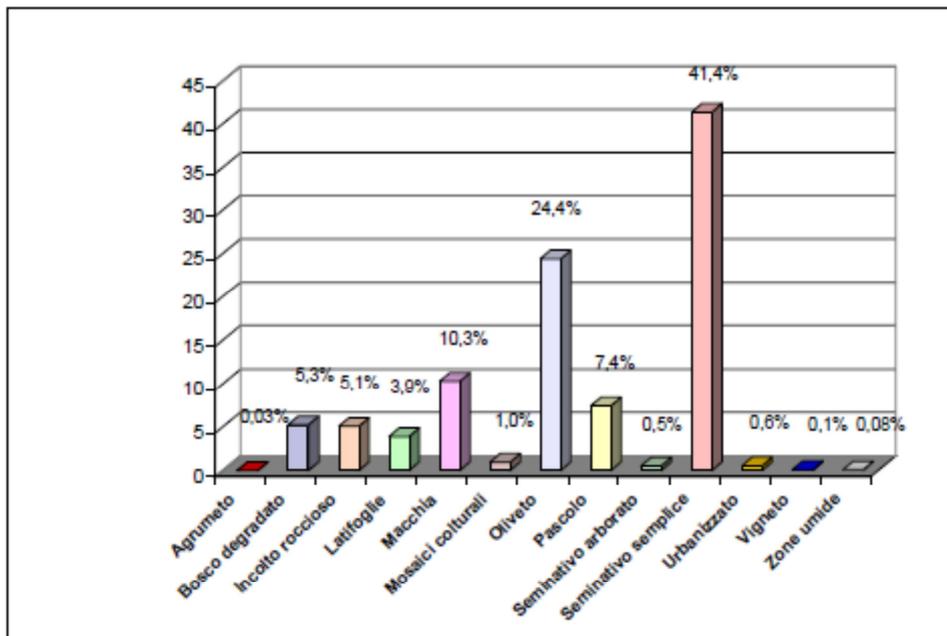


Figura 4.2 –Uso del Suolo della Regione Sicilia (1994) per il bacino del Fiume Imera (fonte: Piano di Assetto Idrogeologico Bacino del Fiume Imera Settentrionale –2004).

4.3 CLIMATOLOGIA

Per una caratterizzazione generale del clima nel territorio del bacino idrografico dell'Imera Settentrionale, durante la redazione del PAI, sono state raccolte alcune informazioni fornite dal Servizio Idrografico della Regione Siciliana.

E' stato fatto riferimento alle seguenti stazioni termo pluviometriche:

- Cefalù
- Petralia Sottana,

e alle seguenti stazioni pluviometriche:

- Cefalù
- Bivio Cerda
- Cerda
- Scillato
- Collesano
- Caltavuturo
- Valledolmo
- Petralia

Di seguito si riportano le tabelle relative alla piovosità media mensile e alla temperatura media mensile.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Cefalù	88,3	70,3	65,2	52,6	25,4	10,7	8,7	20,9	54,9	83,6	88,7	85,2	654,5
Bivio cerda	76,6	59,8	53,6	54,5	27,5	9,3	5,1	22,5	54,9	67,3	79,5	79,8	590,4
Cerda	81,4	64,8	73,4	52,7	27,3	9,2	8	21	45,3	82,1	81,4	92,7	693,3
Scillato	101,3	82,5	84,8	61,7	27,9	11,9	7,5	15,8	43,1	76,8	89,4	104,7	707,4
Collesano	117,9	98	93,5	70,6	34,6	11,7	10,4	24,5	44,4	86,8	97,2	112	801,6
Caltavuturo	91,3	77	80,9	65,5	31,9	11,4	6,4	13,2	35,1	64,7	87,6	94,3	659,5
Valledolmo	86,1	73,4	65,8	52,9	24,5	9,4	3,1	12,5	38,2	62,4	80,4	88,6	597,4
Petralia Sottana	118,4	96,1	84	64,2	34,9	16,2	7,6	15	39	81,2	100,3	130,4	787,3

Tabella 4.1 –Bacino del F. Imera. Piovosità media mensile. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Petralia Sottana	4,8	5,3	7,4	10,6	15,3	20,2	23,1	22,7	19,5	14,4	10	6,4	13,3
Cefalù	12,5	12,7	13,9	16,1	19,6	23,3	26,3	26,7	24,3	21,1	17,3	14,1	19

Tabella 4.2 –Bacino del F. Imera. Temperatura media mensile. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Dai dati raccolti è possibile evidenziare come il settore nord-orientale (vedi stazione di Collesano) sia relativamente più umido e piovoso, ma le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia nord-occidentale caratterizzato da un periodo piovoso da Ottobre ad Aprile e minimi stagionali nei mesi estivi di Giugno, Luglio e Agosto.

Per quanto attiene alle temperature, la limitata distribuzione delle stazioni non permette di evidenziare le eventuali variazioni presenti all'interno del bacino. I dati mostrano valori medi sempre inferiori ai 30 gradi, probabilmente dovuto in parte alle caratteristiche delle aree dove ricadono le due stazioni.

4.4 STIMA DELLE PORTATE

I redattori del P.A.I. hanno proceduto allo studio idrologico dell'intero bacino per elevati tempi di ritorno, stimando le massime portate relative alle sezioni di interesse del corso d'acqua nelle aree potenzialmente inondabili e la probabilità associata al superamento di tali valori di portata.

Tale studio idrologico è stato effettuato avvalendosi di tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) dell'Hydrologic Engineering Center.

Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni, in conformità con quanto indicato nel D.L. 180/98 e nella Circolare n.1/2003 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente del 07.03.2003.

Anche in questo sono stati determinati mediante il modello HEC-HMS, i principali parametri idrologici, i processi di afflusso-deflusso, ottenendo, infine, i valori delle massime portate al colmo di piena per i fissati tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni sia di chiusura dei sottobacini considerati, sia di confluenza dei sottobacini stessi con l'asta fluviale principale.

Dapprima sono stati calcolati i parametri statistici necessari per la costruzione delle Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP) per l'intero bacino in esame.

La ricostruzione degli ietogrammi sintetici lordi a partire dalle CPP per i tre tempi di ritorno considerati è stata effettuata a partire dalle serie storiche di pioggia registrate nelle stazioni

pluviografiche ricadenti nell'area di studio. Lo ietogramma utilizzato è del tipo "Chicago". In particolare si è ipotizzato uno ietogramma centrato ed una durata critica pari a 12 ore.

Per la determinazione della pioggia netta, o deflusso superficiale, è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number. I valori medi areali di Curve Number, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale, sono stati ottenuti utilizzando la distribuzione regionale determinata da Maltese (2003).

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrvazione per le diverse sezioni di chiusura dei sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino idrografico principale; in particolare sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, individuando il reticolo idrografico e la lunghezza delle linee di drenaggio.

A quest'ultima è stata associata una velocità di scorrimento superficiale costante e pari ad 1,5 m/s. Ottenuta così la carta delle isocorrvie è stato possibile ricavare la curva aree-tempi e quindi i tempi di corrvazione dei sottobacini in esame

Il tempo di corrvazione del bacino è stato calcolato pari a 8,34 h.

Il calcolo dell'idrogramma uscente attraverso la sezione di chiusura del generico sottobacino è stato effettuato utilizzando il modulo User Specified Unit Hydrograph del modello HEC-HMS. Il calcolo dell'onda di piena risultante nella sezione di chiusura del bacino principale è stato effettuato utilizzando il modulo Routing Method Lag di HEC-HMS ipotizzando i sottobacini collegati tramite canali lineari ed una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua (lunghezza, pendenza, scabrezza) e della velocità della corrente supposta pari ad 1,5 m/s.

Di seguito sono riportati i parametri caratteristici a,n e CV per ogni sottobacino, nonché i valori si portata al colmo in ogni sezione di chiusura di sottobacino e alla foce.

Sottobacino n.	Codice HMS	Superf. (km ²)	CN	a	n	CV	Q _{T=50} (m ³ /s)	Q _{T=100} (m ³ /s)	Q _{T=300} (m ³ /s)
1	R60W60	67,8	79,5	25,3	0,36	0,47	262	311	390
2	R90W90	16,0	79,4	25,9	0,36	0,48	66	79	99
3	R300W250	13,6	79,6	25,3	0,38	0,48	56	66	83
4	R280W280	119,3	76,9	21,7	0,36	0,43	378	453	576
5	R290W290	127,3	76,9	23,3	0,38	0,43	340	407	517

Sezione di Calcolo n.	Codice HMS	Superficie Drenata (km ²)	Q _{T=50} (m ³ /s)	Q _{T=100} (m ³ /s)	Q _{T=300} (m ³ /s)
1	JR300	127	340	407	517
2	JR180	260	681	824	1058
3	JR60	276	588	708	905
4	Foce	344	591	718	929

Tabella 4.3 – Riepilogo dei Parametri caratteristici e portate al colmo (fonte: Piano di assetto idrogeologico per il Bacino del F. Imera settentrionale – anno 2004).

4.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Durante la redazione del PAI, dall'analisi territoriale eseguita sono state individuate alcune aree potenzialmente inondabili.

Di queste solo una è ubicata in prossimità della foce dell'Imera Settentrionale.

Sono state condotte le verifiche idrauliche del tronco fluviale in prossimità della foce, lungo per una lunghezza di circa 1 km.

I dati relativi alle sezioni del tratto del corso d'acqua oggetto dello studio sono stati ottenuti dalla Carta Tecnica Regionale (CTR - Scala 1:10.000) e verificati sul campo mediante sopralluoghi.

Sono state condotte tre simulazioni, una per ogni massima portata al colmo di piena per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni); è stato ipotizzato un regime di moto permanente.

I valori delle massime portate al colmo di piena alla foce sono quelle riportate nel paragrafo precedente.

All'interno del tratto in analisi, per una lunghezza complessiva di circa 700 m, sono stati realizzati interventi di sistemazione idraulica dell'alveo fluviale.

Di seguito si riporta lo schema della sezione tipo.

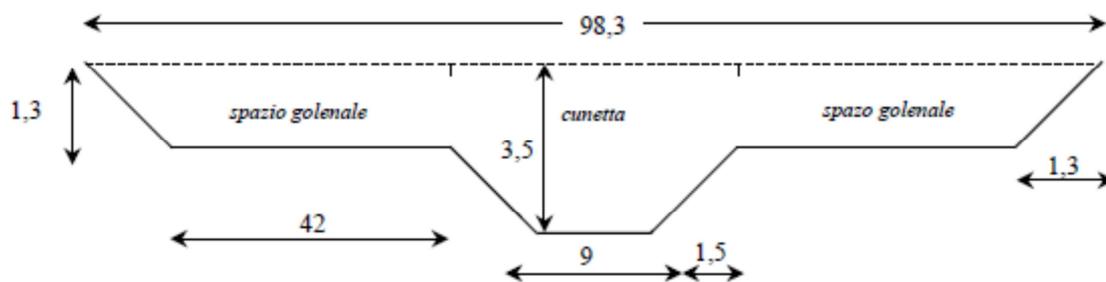


Figura 4.3 – Sezione tipo degli interventi di sistemazione lungo il fiume Imera. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

I coefficienti di Manning adottati sono

	Alveo di magra ($m^{-1/3}s$)	Spazi Golenali ($m^{-1/3}s$)	Aree esterne ($m^{-1/3}s$)
Condizione reale	0,100	0,070	0,070
Condizione con alveo libero da occlusioni	0,025	0,030	0,070

Tabella 4.4 –Bacino del F. Imera. Coefficienti di Manning per le simulazioni idrauliche. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

La valutazione della pericolosità P nel PAI è stata condotta seguendo la metodologia riassunta nella tabella 3.5 (cfr. il capitolo 3 del presente elaborato), a cui si rimanda.

Per fissata condizione dell'alveo, è stato attribuito, a ciascuna delle aree inondabili ricavate, un indice di pericolosità seguendo il criterio sopra esposto.

Attraverso la combinazione dell'indice di pericolosità P con l'indice degli elementi a rischio E si perviene alla determinazione del rischio R secondo quanto riportato nella tabella 3.6 (cfr. il capitolo 3 del presente elaborato), a cui si rimanda.

Si ricorda che il valore degli elementi a rischio viene attribuito secondo quanto indicato nella tabella 3.7 (cfr. il capitolo 3 del presente elaborato), a cui si rimanda.

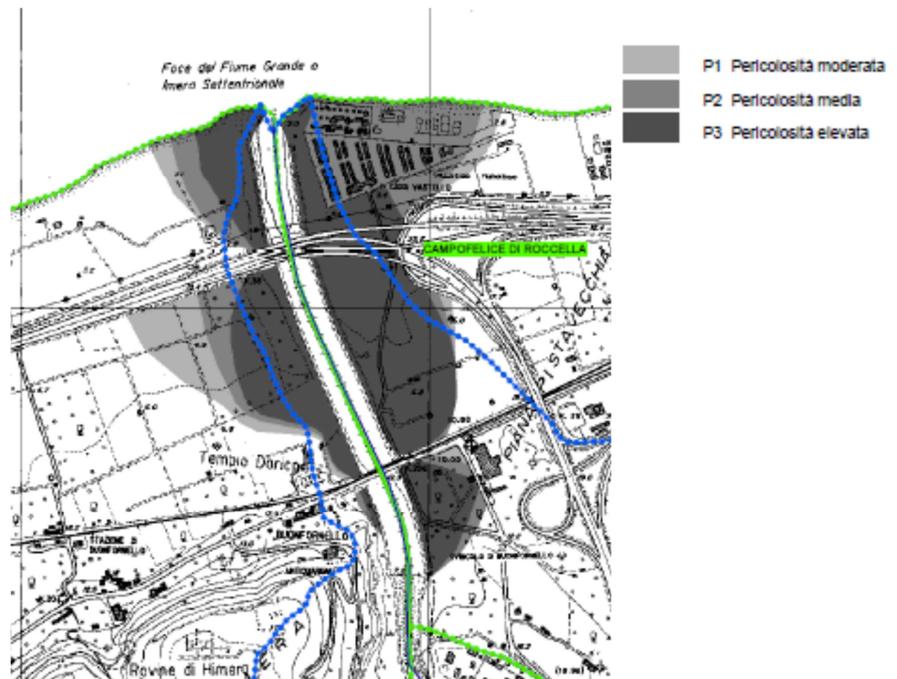


Figura 4.4 – Fiume Imera. Stima della Pericolosità idraulica. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

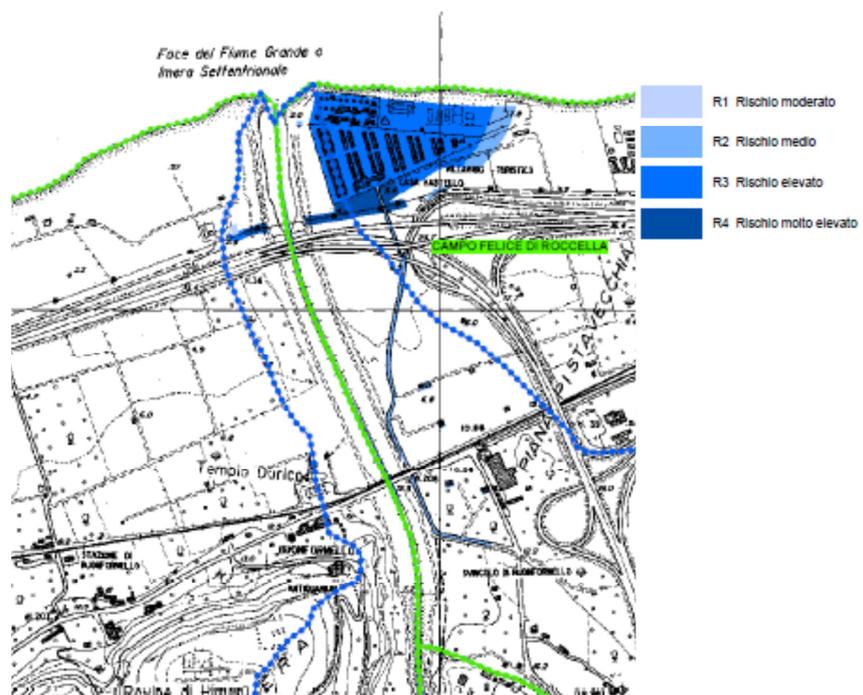


Figura 4.5 – Fiume Imera. Stima della Rischio idraulico. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Imera settentrionale, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2004).

Come si evince dagli stralci appena riportati, le aree a rischio idraulico indotto dalla presenza del Fiume Imera Settentrionale non sono prossime alle aree portuali interessate dalle opere in progetto.

5. BACINI IMBRIFERI: FIUME TORTO

I dati e le informazioni riportate in questa sezione sono state estratte dalla relazione di bacino per il Fiume Torto, facente parte del Corpo documentale del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (anno 2006).

Il bacino idrografico del Fiume Torto occupa un'area di 423,41 km².

Esso interessa i territori comunali di Cammarata, Vallelunga, Pratamento, Alia, Aliminusam Caccamo, Castronovo di Sicilia, Cerda Lercare Friddi, Montemaggiore Belsito, Roccapalumba, Sciara, Sclafani Bagni, Termini Imerese, Valledolmo e Vicari.

Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra.

L'utilizzazione principali del suolo è quello del seminativo semplice e dell'oliveto.

Il bacino in esame comprende le seguenti aree protette:

- "Monte San Calogero" nei territori comunali di Caccamo, Sciara e Termini Imerese;
- "Bosco della Favara e bosco di Granza" nei territori comunali di Aliminusa, Cerda, Montemaggiore Belsito, Sclafani Bagni.

La prima è stata inserita anche come SIC (ITA 020033), con un perimetro quasi corrispondente a quello della riserva; il secondo è stato inserito come SIC soltanto per il perimetro del Bosco di Granza (ITA 020032), ma a differenza dell'area della riserva, questa si allarga ad ovest verso Montemaggiore Belsito.

5.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Geograficamente il bacino si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini a Ovest.

Gran parte di Monte San Calogero risulta compreso all'interno del bacino idrografico in corrispondenza dell'ultima sua porzione, in sinistra orografica. Le quote maggiori si riscontrano proprio con la cima di questo monte (circa 1370 m s.l.m.), mentre nella parte alta del bacino le quote diminuiscono, con valori massimi di poco superiori ai 900 metri s.l.m. Tra gli elementi che determinano l'andamento dell'asta principale e dei suoi affluenti principali si ricordano: la dorsale di Monte Roccelito (destra orografica, 1145 m s.l.m.) e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco; la dorsale nord-sud denominata La Montagna che a partire dall'abitato di Roccapalumba e fino al nucleo abitato di Sambuchi, delimita ad ovest il bacino idrografico; le alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, La Montagna (Alia) e Serra Tignino che caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

L'asta principale del fiume, lungo complessivamente circa 57 Km, nel tratto di monte, si sviluppa in direzione est-ovest, parallelamente allo spartiacque meridionale. In questo primo tronco gli affluenti principali sono: il T. Gian Jacopo ed il V.ne Guccia. Nella zona centrale, fino alla confluenza in sinistra del T. Lisca, il corso d'acqua raccoglie i deflussi del F. S. Filippo e del V.ne Raffo, in sponda sinistra. A valle della confluenza con il T. Lisca, che costituisce il maggiore affluente del F. Torto, il corso d'acqua prosegue fino alla foce raccogliendo i deflussi del V.ne Finantelli e Scarcella, in sponda sinistra, e il Fosso Zimma ed il V.ne Baglio, in sponda destra.

Negli studi a supporto del PAI, grazie alle tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) dell'Hydrologic Engineering Center, sono stati individuati a partire da un modello digitale delle quote del terreno (DEM - Digital Elevation Model) con risoluzione pari a 100 m, il reticolo idrografico, i displuvi e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini.

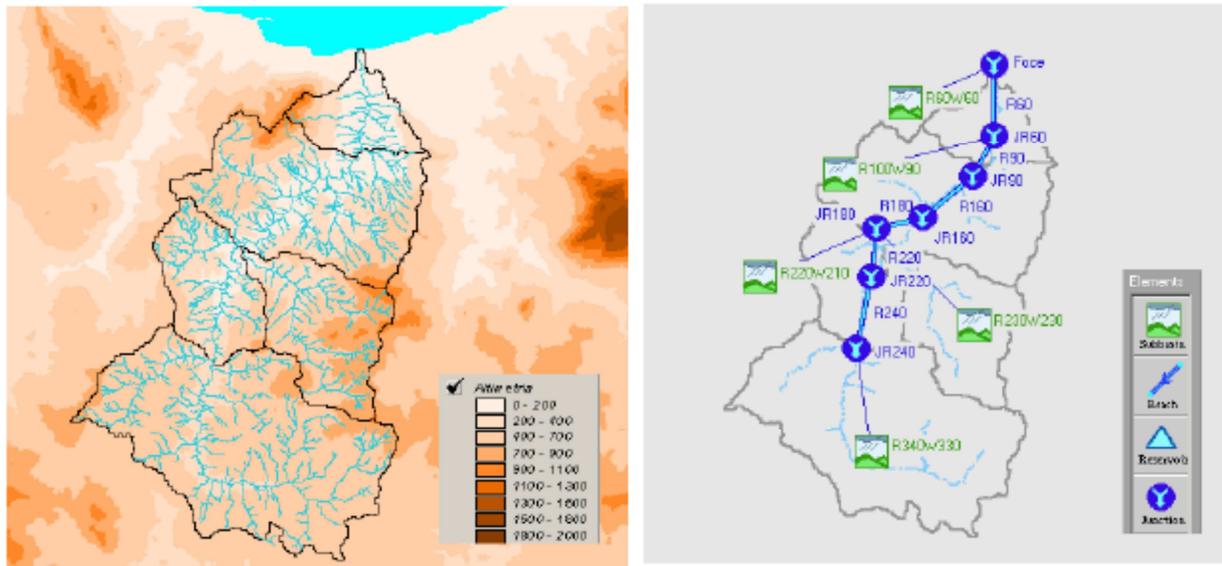


Figura 5.1 – Fiume Torto. Individuazione del reticolo idrografico, della displuviale e dei sottobacini. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

5.2 USO DEL SUOLO

Per quanto concerne le caratteristiche di uso del suolo, si può fare riferimento al diagramma di seguito riportato.

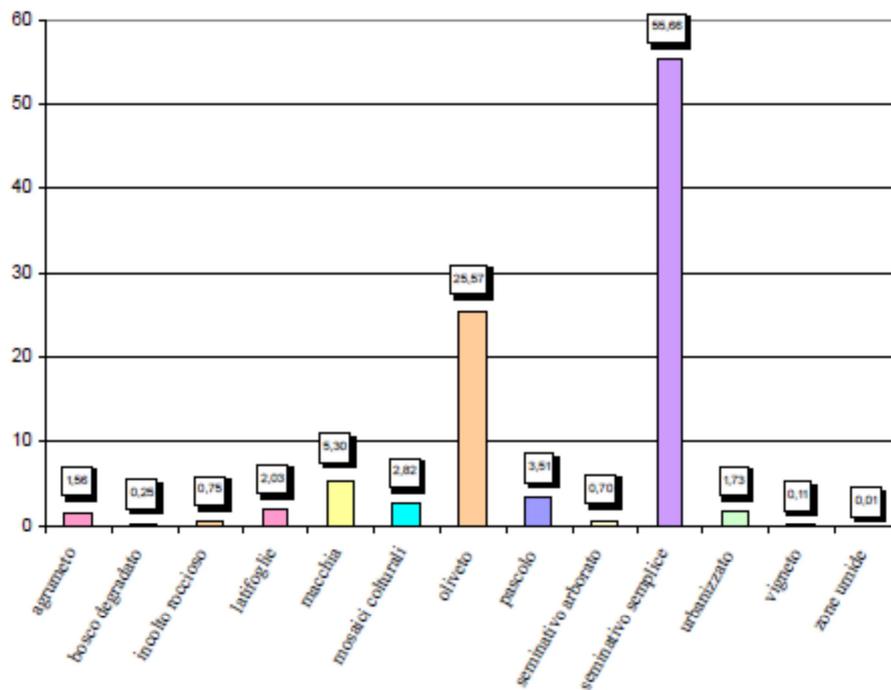


Figura 5.2 –Uso del Suolo per il bacino del Fiume Torto (fonte: Piano di Assetto Idrogeologico Bacino del Fiume Torto- anno 2006)

5.3 CLIMATOLOGIA

Per quanto riguarda i dati pluviometrici e termometrici, per la redazione del PAI è stato fatto riferimento ai dati riportati nell'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Siciliana per il periodo 1965 - 1994.

Nella tabella successiva si riporta l'elenco delle stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche suddette ricadenti all'interno del bacino.

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
ALLA	1965-1994	Pluviometro	734	4182620 N	386989 E
CACCAMO	1965-1994	Pluviometro	521	4199326 N	382823 E
CERDA	1965-1994	Pluviometro	274	4195449 N	395959 E
FATTORIA GIOIA	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4177073 N	386913 E
LERCARA FRIDDI	1965-1994	Termo-pluviometro	658	4177220 N	376631 E
MONUMENTALE	1965-1994	Pluviometro	6	4204833 N	385830 E
VICARI	1965-1994	Pluviometro	650	4186511 N	373836 E

Tabella 5.1 –Fiume Torto. Elenco delle stazioni. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati delle stazioni di Fattoria Gioia e di Lercara Friddi.

Nella tabella successiva si riportano i dati delle temperature medie mensili e della temperatura media annua espresse in gradi Celsius.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Fattoria Gioia	7,9	8,2	9,7	12,5	17,2	21,2	24,7	24,5	21,2	17,1	12,4	8,8	15,4
Lercara Friddi	7,8	8,1	9,8	12,3	17,3	21,4	24,3	24,7	21,1	16,8	12,3	8,9	15,4

Tabella 5.2 –Fiume Torto. Tabella della piovosità media. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

Le temperature medie mensili assumono valori minimi nel mese di Gennaio (7,85°C) mentre i valori massimi si hanno in Agosto (24,5°C).

La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a circa 15,4°C.

L'analisi del regime pluviometrico dell'area in esame è stata effettuata attraverso i dati registrati dalle stazioni pluviometriche, il cui elenco è stato riportato nella figura precedente.

Nella tabella successiva si riportano i valori delle precipitazioni medie mensili e la precipitazione media annua ricavati per ciascuna delle stazioni pluviometriche considerate nel periodo 1965 - 1994.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
ALLA	67,0	61,9	60,5	46,4	23,7	10,0	4,7	7,3	27,1	62,8	60,8	84,4	516,6
CACCAMO	81,4	75,9	68,2	62,5	30,8	10,9	5,6	13,2	36,2	71,3	70,6	84,0	610,6
CERDA	72,8	78,5	66,0	56,8	29,3	8,5	9,5	14,6	38,6	76,1	81,8	83,2	615,7
FATTORIA GIOIA	74,1	63,0	61,0	46,1	25	6,3	3,1	10,1	30,0	58,8	63,6	73,9	515,0
LERCARA FRIDDI	75,5	72,7	61,3	49,8	24,6	6,6	5,0	11,2	29,7	68,7	62,6	83,8	551,5
MONUMENTALE	66,4	68,4	63,0	47,2	27,3	9,4	8,1	11,5	48,5	71,4	65,9	74,1	561,2
VICARI	54,0	53,0	47,3	48,9	25,6	12,0	5,4	13,6	31,8	72,6	55,1	62,9	482,2

Tabella 5.3 –Fiume Torto. Piovosità media annuale. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Marzo mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Giugno e Settembre.

Dai dati termo-pluviometrici raccolti è possibile evidenziare che l'andamento climatico della zona in studio è assimilabile a quello medio della Sicilia sud-occidentale ovvero è classificabile come temperato-mediterraneo, poiché caratterizzato da un periodo piovoso che

ricade nel periodo ottobre-aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

5.4 STIMA DELLE PORTATE

Lo studio idrologico è stato sviluppato in due fasi successive, applicando le tecniche proprio dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e mediante l'applicazione di modello di pubblico dominio, HEC-HMS dell'Hydrologic Engineering Center.

La prima fase, definita di pre-processing, ha consentito di individuare automaticamente, partendo da un modello digitale delle quote del terreno (DEM - Digital Elevation Model), il reticolo idrografico, i dispiuvi e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini, ciascuno dei quali corredato dai principali parametri morfologici.

Il bacino idrografico del fiume Torto è stato suddiviso in 5 sottobacini.

La seconda fase, di modellazione idrologica, ha permesso di simulare mediante il modello HEC-HMS, utilizzando come dati di input quelli ottenuti nella fase precedente, i processi di afflusso-deflusso, ottenendo, infine, i valori delle massime portate al colmo di piena per i fissati tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni sia di chiusura dei sottobacini considerati, sia di confluenza dei sottobacini stessi con l'asta fluviale principale.

Dapprima è stato condotto uno studio delle piogge al fine di calcolare i parametri statistici necessari per la costruzione delle curve di probabilità pluviometrica per l'intero bacino in esame.

Questa fase ha richiesto la determinazione dei parametri meteorologici, "a", "n" e "CV" per il bacino in studio a partire dai dati regionali.

Di seguito si riportano una tabella riassuntiva dei valori "a", "n" e "CV" per il bacino in esame e le curve di probabilità pluviometrica.

Superficie totale (km ²)	a	n	CV
419,7	22,31	0,31	0,43

Tabella 5.4 –Fiume Torto. Parametri idrologici. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

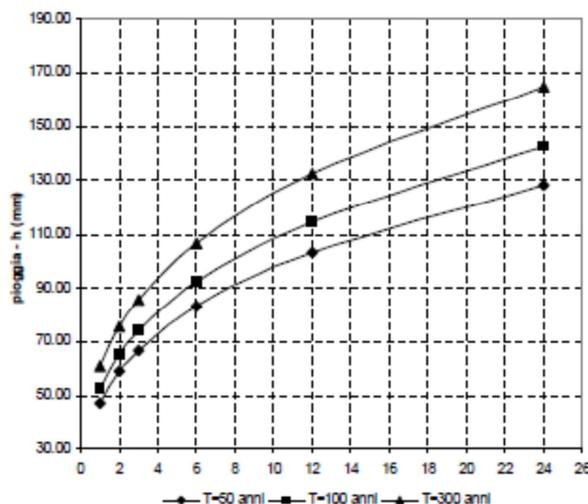


Figura 5.3 – Fiume Torto. Curve di Probabilità Pluviometrica. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

La ricostruzione degli ietogrammi sintetici lordi a partire dalle CPP per i tre tempi di ritorno considerati è stata effettuata a partire dalle serie storiche di pioggia registrate nelle stazioni pluviografiche ricadenti nell'area di studio. Lo ietogramma utilizzato è del tipo "Chicago". In particolare si è ipotizzato uno ietogramma centrato ed una durata critica pari a 12 ore.

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number. I valori medi areali di CN, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale, sono stati ottenuti utilizzando la distribuzione regionale determinata da Maltese (2003).

Di seguito si riporta l'immagine relativa al CN per il bacino in esame.

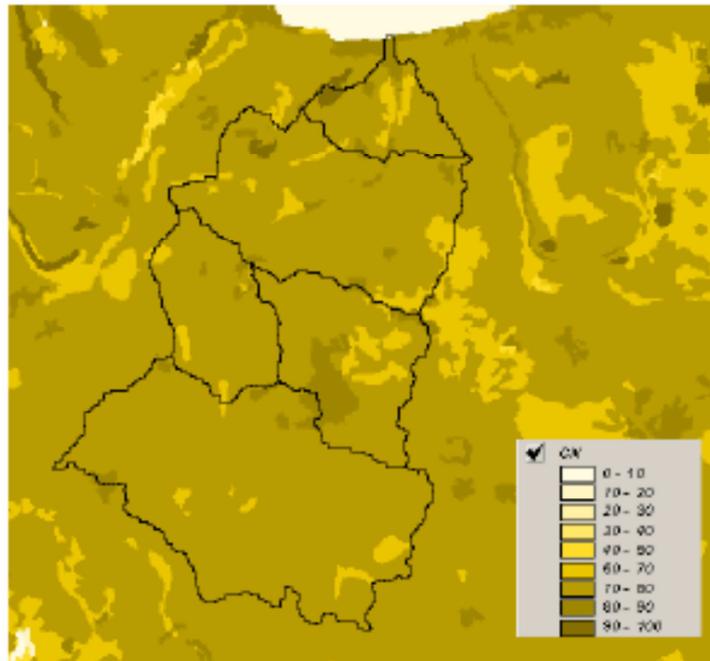


Figura 5.4 – Fiume Torto. Distribuzione del Curve Number. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione per le diverse sezioni di chiusura dei sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino idrografico principale.

Il calcolo dell'onda di piena risultante nella sezione di chiusura del bacino principale è stato effettuato utilizzando il modulo Routing Method Lag di HEC-HMS ipotizzando i sottobacini collegati tramite canali lineari ed una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua (lunghezza, pendenza, scabrezza) e della velocità della corrente supposta pari ad 1,5 m/s.

Nella figura successiva sono riportati gli idrogrammi di piena relativi alla sezione di chiusura del bacino principale, in corrispondenza della foce, per i tempi di ritorno considerati.

Nella tabella successiva sono riportati i valori delle portate al colmo alla foce.

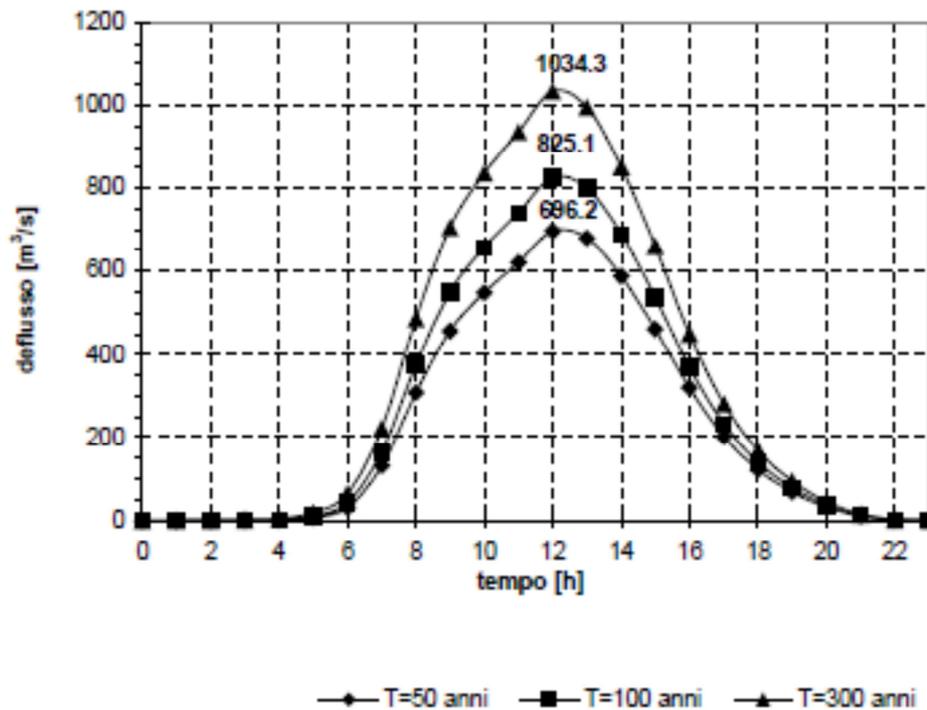


Figura 5.5 – Fiume Torto. Idrogrammi di Piena. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

Sezione di Calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie Drenata (km ²)	Q _{T=50} (m ³ /s)	Q _{T=100} (m ³ /s)	Q _{T=300} (m ³ /s)
4	Foce	419,7	696,2	825,13	1034,30

Tabella 5.5 –Fiume Torto. Portate al colmo alla foce. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

5.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Di seguito si riportano le conclusioni in merito al rischio idraulico per il bacino del F. Torto riportate nel PAI.

5.5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS.

Il tratto interessato è il tratto terminale dell'alveo di interesse, avente una lunghezza di circa 4 km.

I valori delle portate al colmo di piena utilizzati sono quelli alla foce per i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni.

I dati geometrici implementati sono derivati dall'analisi cartografica, territoriale e dai sopralluoghi di campagna predisposti per la redazione dei PAI; sono state considerate 33 sezioni.

Per l'alveo in esame, a seguito delle osservazioni dirette in campagna, sono stati fissati i parametri di scabrezza da utilizzare nel modello idraulico adoperato:

Il coefficiente di Manning varia nell'intervallo $0,035$ e $0,07 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ sia per le aree esterne all'alveo che per l'area interna all'alveo.

Le opere di attraversamento principali presenti nel tratto fluviale del presente studio sono:

- Ponte sulla strada di collegamento Stazione ferroviaria di Fiume Tornto – SS113;
- 1° Ponte ferroviario Pa-Me
- 2° ponte ferroviario Pa-Me
- Ponte strada di collegamento agglomerato industriale- Stazione ferroviaria di Fiume Torno
- Ponte Autostrada A19
- Ponte strada Agglomerato industriale

Di seguito si riporta il risultato delle sezioni ritenute più significative.

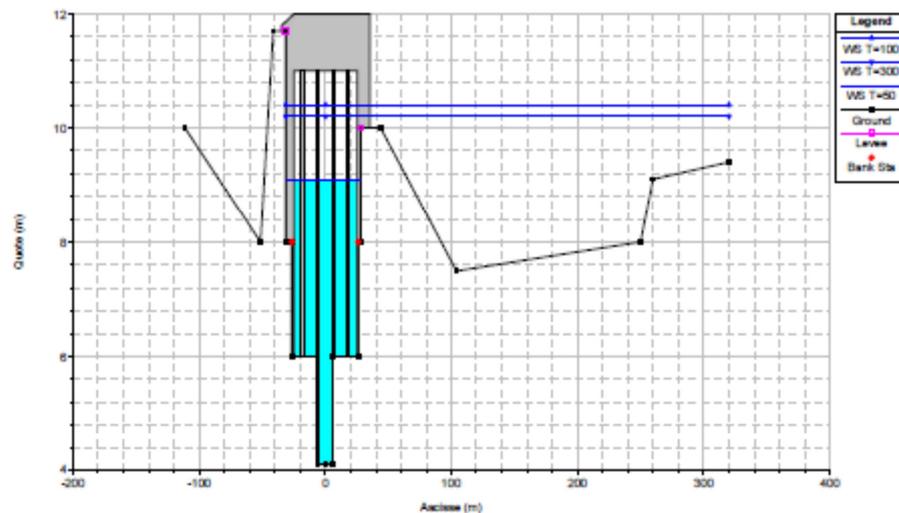


Figura 5.6 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati presso il ponte di collegamento tra la SS113 e la stazione ferroviaria. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

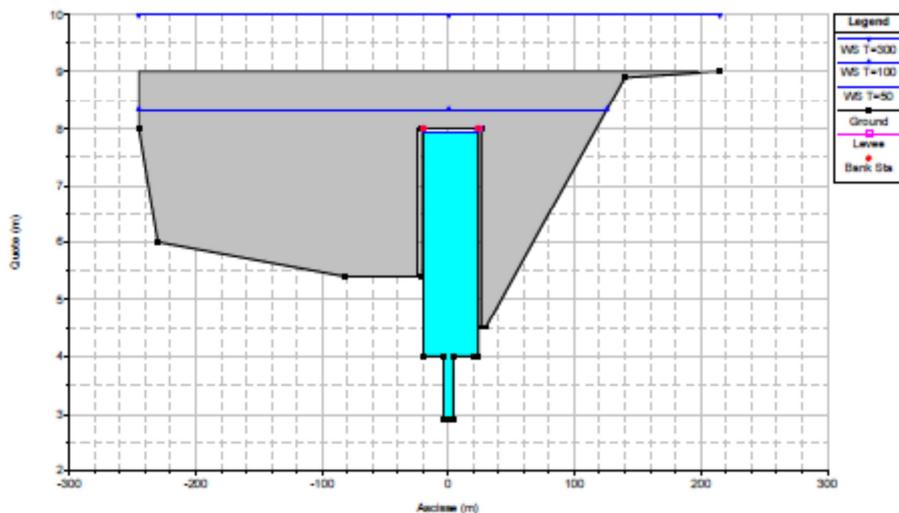


Figura 5.7 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati presso il 1° ponte ferroviario. Fonte di riferimento : relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

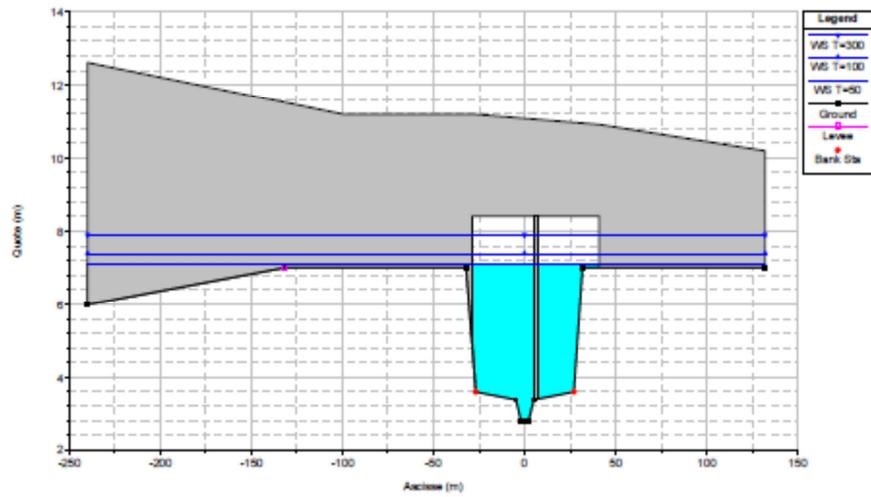


Figura 5.8 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati presso il ponte sull'autostrada PA-CT. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

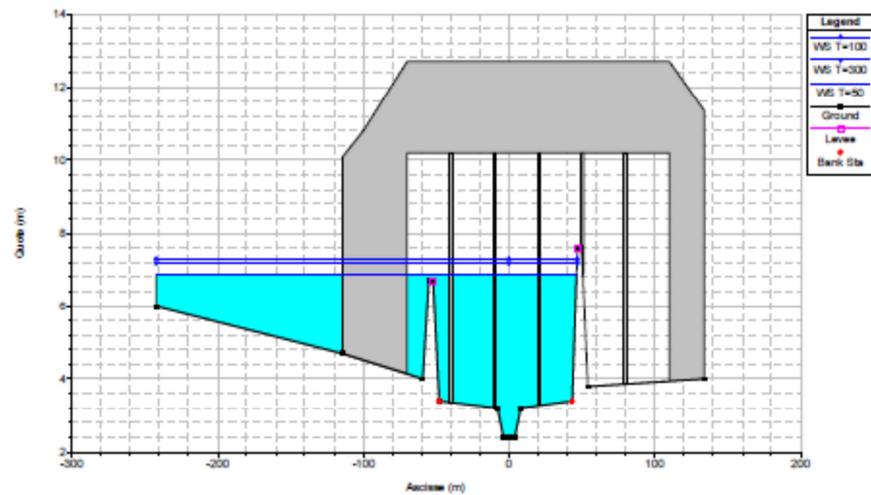


Figura 5.9 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati presso il ponte sulla strada di collegamento con agglomerato industriale. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

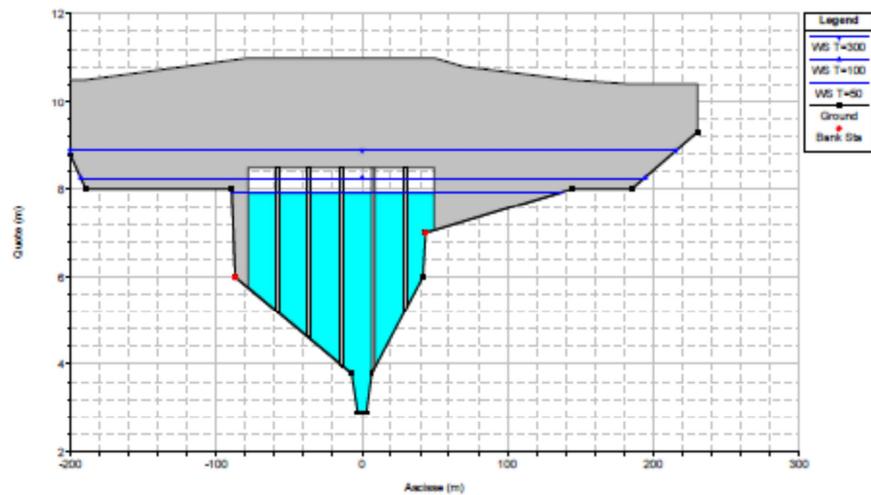


Figura 5.10 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati presso il 2° ponte ferroviario. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

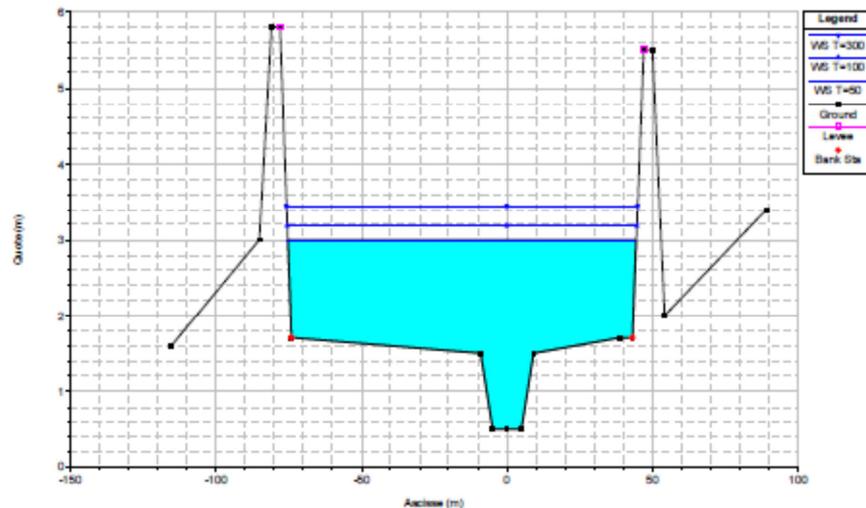


Figura 5.11 – Fiume Torto. Livelli idrici simulati alla foce. Fonte di riferimento: relazione per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

5.5.2 DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

La pericolosità "P", negli studi a supporto del PAI, è stata valutata, in funzione del solo tempo di ritorno, ed in particolare, in modo inversamente proporzionale ad esso.

Per l'individuazione delle aree inondate si è fatto riferimento alle quote del pelo libero, ottenute dai calcoli del modello HEC-RAS, cercando ove possibile di intersecare tali piani ideali con le curve di livello riportate nella cartografia di riferimento.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta della pericolosità.

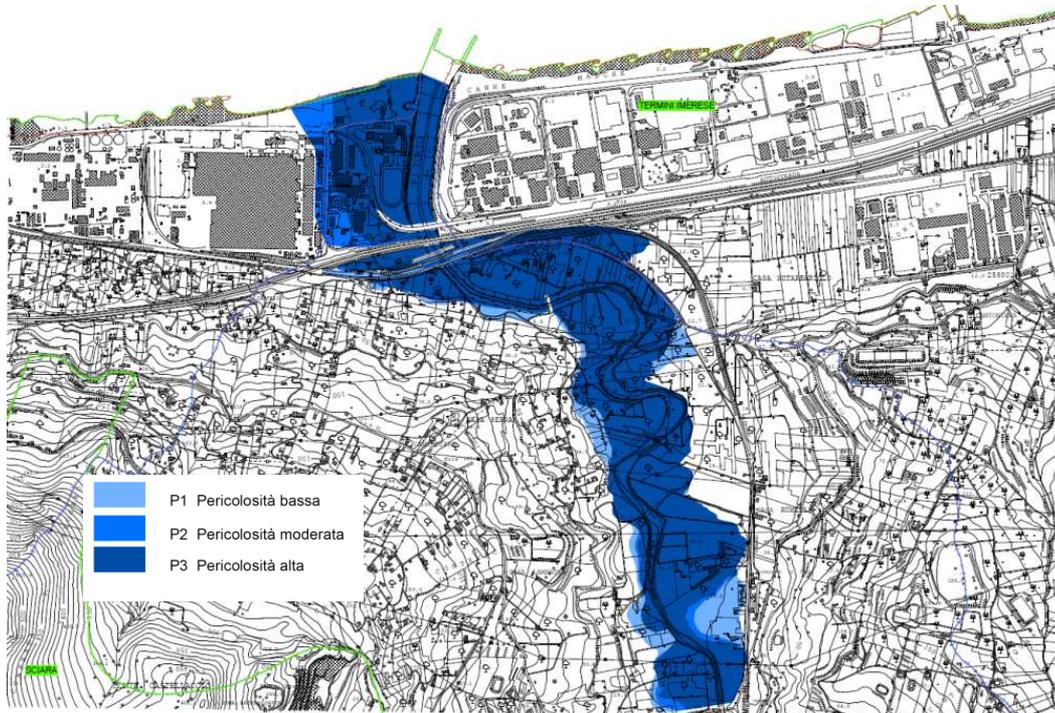


Figura 5.12 – Fiume Torto. Carta della Pericolosità idraulica. Fonte di riferimento: Carta della pericolosità idraulica per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

5.5.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Intersecando la carta delle pericolosità con la carta degli elementi a rischio presenti nell'area è stata ottenuta la carta del rischio idraulico.

In particolare nel tratto vallivo sono presenti:

- aree a rischio molto elevato, "R4", rappresentate dalla zona industriale di Termini Imerese, in prossimità della foce, in sinistra idraulica, da reti elettriche ad alta tensione e dalle infrastrutture ferroviarie che attraversano il corso d'acqua nel tratto in studio;
- area a rischio elevato, "R3", rappresentata dalla zona industriale di Termini Imerese, in prossimità della foce, in sinistra idraulica;
- aree a rischio medio, "R2", rappresentate dall'area in cui è ubicato il 1° ponte ferroviario, sormontato dalla portata calcolata in corrispondenza al tempo di ritorno $T = 300$ anni, dalle aree in cui sono presenti strade e case sparse;
- aree a rischio moderato, "R1", rappresentate dalle aree in cui sono presenti soltanto case sparse

Di seguito si riporta lo stralcio della carta del rischio.

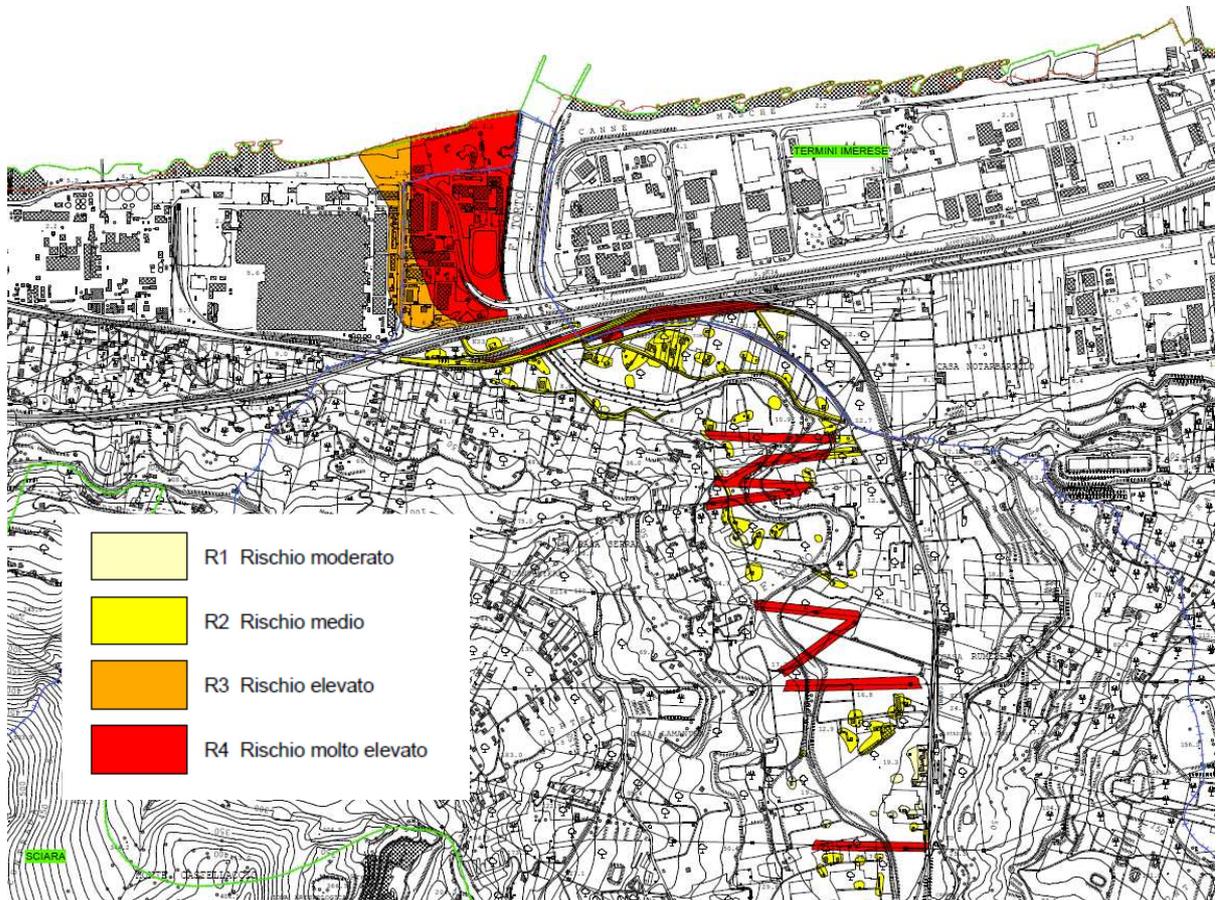


Figura 5.13 – Fiume Torto. Carta del Rischio idraulico. Fonte di riferimento: Carta del rischio idraulico per il bacino del fiume Torto, allegata al P.A.I. della Regione Sicilia (2006).

5.5.4 CONCLUSIONI SUL RISCHIO IDRAULICO

Come si evince dagli stralci appena riportati si osserva che le aree a rischio idraulico indotto dalla presenza del Fiume Torto non sono prossime alle aree portuali e che sono interessate dalle opere in progetto.

6. BACINI IMBRIFERI: TORRENTE BARRATINA

I dati e le informazioni riportati in questa sezione sono stati estratti dai documenti del progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina redatto dall'ufficio del Genio Civile di Palermo nel 1983 e consultato dalla scrivente presso gli uffici del Comune di Termini Imerese.

6.1 INDIVIDUAZIONE DELLA DISPLUVIALE E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Il torrente Barratina sottende uno dei bacini minori compresi tra quello del Fiume Torto e quello del Fiume San Leonardo.

Il tratto terminale di questo corso d'acqua attraversa la zona orientale della Città di Termini Imerese; esso in passato ha provocato danni notevoli e la distruzione di manufatti, minacciando alcune infrastrutture.

La lunghezza dell'asta principale del torrente Barratina è circa 6,5 km. L'estensione del suo bacino è pari a circa 12,9 km².

Il bacino imbrifero, il reticolo superficiale e i sottobacini sono stati individuati sulla cartografia 1:25.000.

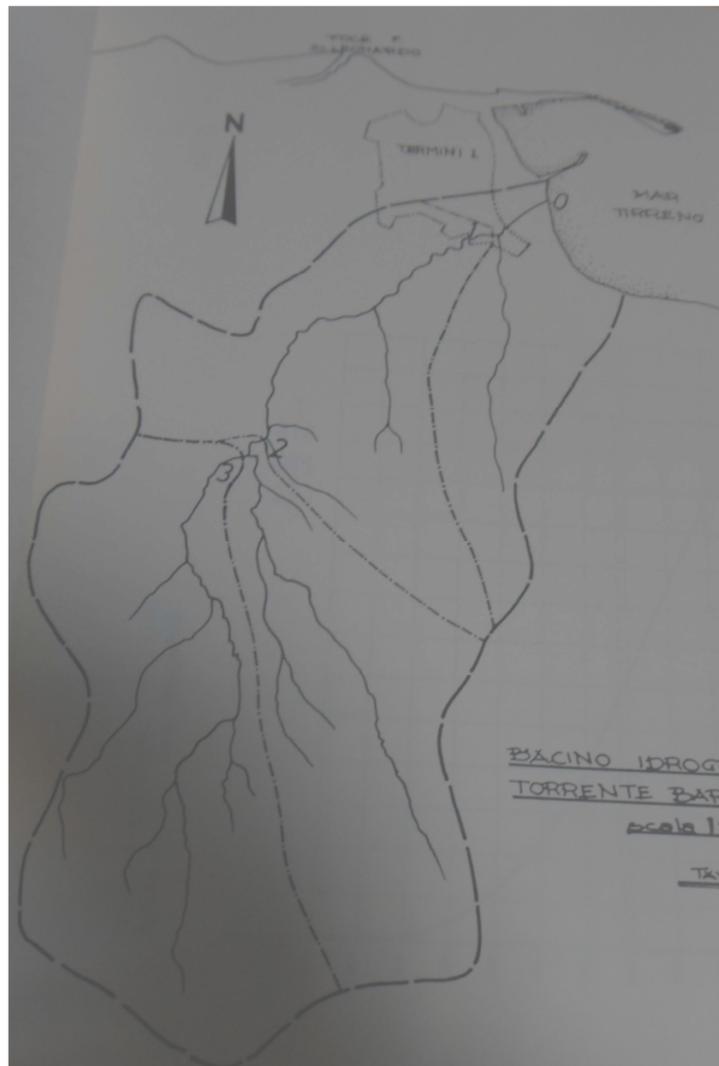


Figura 6.1- Bacino Idrografico del torrente Barratina (fonte "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina- Ufficio del Genio Civile di Palermo -1983).



Figura 6.2- Localizzazione della foce del Torrente Barratina presso il molo di sottoflutto del porto di Termini Imerese.

Nella tabella successiva sono riportati i principali parametri idrologici.

TORRENTE BARRATINA			
PRINCIPALI PARAMETRI IDROLOGICI			
SEZIONE	S (Km ²)	L (Km)	Z (m slm)
0	12,9	6,5	0
1	10,8	6	10
2	7,5	3,5	100
3	4,6	3,4	125

Tabella 6.1 - Principali parametri idrologici del Torrente Barratin a(fonte “Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina- Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

Il tratto montano del corso d’acqua è caratterizzato da una forte pendenza naturale.

Il tratto intermedio è caratterizzato da un addolcimento della morfologia, con pendenze intorno al 4-5 %.

Il tratto finale, a valle della strada SS.113 e della linea ferrata, in prossimità della foce è stato più volte in passato, prima dei lavori di sistemazione, soggetto a fenomeni di allagamento e ristagno.

Nel tratto montano, dai viadotti dell’Autostrada sino al ponte di via S. Arsenio, il progetto prevedeva l’impianto di 10 briglie in calcestruzzo per promuovere a monte un deposito dei sedimenti.

In prossimità del Ponte di S. Arsenio, ha inizio l’inalveazione cittadina del corso d’acqua fra muri di sponda.

Nel tratto cittadino per una lunghezza di circa 273 m l'inalveazione è a sezione rettangolare con larghezza di 10 m, formata da platea e muro di sponda in cls.a. con pendenza pari 1%. Sono presenti lungo l'alveo 4 salti di fondo, accoppiati a vasche di smorzamento.

Nel tratto compreso tra il ponte di via Cristoforo Colombo è la foce l'inalveazione è realizzata con una pendenza di 0,5 % ed una sezione rettangolare della larghezza di 13,50 m. La sistemazione della foce è in massi naturali.

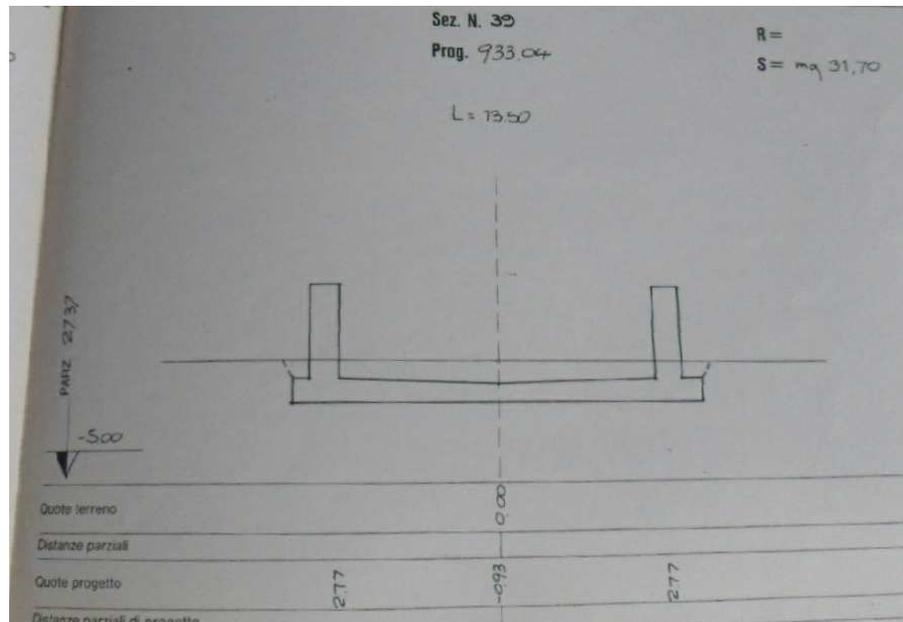


Figura 6.3- Sezione tipo del tratto terminale del Torrente Barratina (fonte "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina- Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

6.2 Stima della portata di piena

Nello studio redatto dal Genio Civile, è stato eseguito il calcolo delle portate di piena al variare del tempo di ritorno.

Poiché lungo l'alveo del torrente Barratina non sono presenti stazioni idrometriche, per stimare le portate di piena durante la redazione degli elaborati del Genio Civile, è stato fatto ricorso a modelli di trasformazione degli afflussi in deflussi.

La valutazione delle portate di piena è stata condotta, nello studio di riferimento, mediante il modello della corrivazione.

Tale modello richiede la preventiva determinazione della curva aree-tempi di corrivazione relativa al bacino in esame.

Fra le diverse ipotesi per il tracciamento delle linee isocorrive si è adottata quella di Viparelli, che considera queste coincidente con le linee isoipse, nel presupposto che il tempo di corrivazione di ciascun punto del bacino sia proporzionale alla distanza della sezione di chiusura e che in generale a punti a quota più elevata corrispondono distanze più elevate e tempi di corrivazione più lunghi.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato applicando la formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H}}$$

in cui:

- S è la superficie del bacino in km²;

- L è la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo;
- H è l'altitudine media in metri del bacino rispetto la sezione di chiusura.

Nello studio suddetto i tempi di corrivazione sono stati approssimati al quarto d'ora.

Per la valutazione degli afflussi durante la redazione dello studio di riferimento, è stato necessario costruire le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica aventi equazione:

$$h = at^n$$

in cui:

- h è l'altezza di pioggia in mm,
- t è la durata dell'evento meteorico in ore,
- a e n sono i parametri idrologici legati ai prefissati tempi di ritorno

Tali curve sono state ottenute elaborando secondo la legge di Gumbell i campioni di piogge massime annuali di durata 1,3,6,12 e 24 ore. L'adattabilità della legge di Gumbell è stata verificata applicando il test di Pearson. I dati pluviometrici considerati sono quelli della stazione di Termini Imerese dal 1930 al 1973. I parametri a e n si ottengono interpolando con il metodo dei minimi quadrati i campioni al variare della durata e dei tempi di ritorno prefissati (5, 10, 20 ,50, 100, 200 e 500 anni).

TORRENTE BARRATINA		
PARAMETRI IDROLOGICI		
STAZIONE DI TERMINI IMERESE		
T _R (anni)	a	n
5	40,65	0,250
10	48,35	0,242
20	55,72	0,237
50	65,24	0,232
100	42,37	0,229
200	79,47	0,227
500	88,84	0,224

Tabella 6.2 - Parametri idrologici valevoli per la Stazione di Termini Imerese (fonte: "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina. Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

TORRENTE BARRATINA - STAZIONE DI TERMINI IMERESE					
T _R (anni)	ALTEZZE DI PIOGGIA (mm)				
	DURATE (ore)				
	1	3	6	12	24
5	40,7	53,5	63,6	75,7	90,1
10	48,3	63,1	74,6	88,2	104,3
20	55,7	72,3	85,2	100,4	118,3
50	65,2	84,2	98,9	116,1	136,4
100	72,4	93,1	109,1	127,8	149,8
200	79,5	102	119,4	139,7	163,5
500	88,8	113,6	132,7	155,1	181,1

Tabella 6.3 – Altezze di pioggia al variare del tempo di ritorno stimati per la stazione di Termini Imerese (fonte: "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina-Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

Per eseguire le operazioni di ragguglio per ogni sottobacino è stata applicata la formula di Fornari:

$$h_r = f h$$

in cui

- H è l'altezza di pioggia raggugliata sul bacino,
- h è l'altezza di pioggia al pluviografo,

il parametro f vale

$$f = \frac{1}{1 + 0.0015 \frac{S}{t^{1/5}}}$$

dove:

- S è la superficie del bacino in Km²;
- t è la durata delle evento di pioggia posta pari a querllo del tempo di corrivazione (in ore).

In base a quanto riportato, il ragguglio dell'area si attua "scalando" il parametro a mediante il fattore f, secondo l'espressione seguente:

$$a' = f a$$

Di seguito si riporta la tabella dei parametri a' da utilizzare per ogni sottobacino del torrente Barratina al variare del tempo di ritorno.

TORRENTE BARRATINA				
T _R (anni)	PARAMETRO a'			
	SOTTOBACINI			
	0	1	2	3
5	39,96	40,05	40,20	40,37
10	47,53	47,64	47,85	48,02
20	54,77	54,89	55,10	55,33
50	64,13	64,28	64,51	64,79
100	71,14	71,30	71,56	71,87
200	78,13	78,30	78,59	78,93
500	87,32	87,53	87,85	88,23

Tabella 6.4 – Parametro idrologico a' a seguito delle operazioni di ragguglio (fonte: "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina- Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

Secondo il modello della corrivazione il comportamento fisico del bacino è rappresentabile tramite un operatore matematico che lega la funzione spazio-temporale delle piogge H(t.x.y) con l'idrogramma dei deflussi superficiali q(t).

Il modello alle differenze finite ha espressione

$$a' = \sum_{J=1}^k H(J)I(K - J + 1)$$

ove

- K=1..... n è tale che t₁=KΔT, essendoΔT l'intervallo di tempo preso a base della discretizzazione

- $J = 1, \dots, n$ tale che $t_2 = J \Delta T$.
- $H(J)$ è la funzione di precipitazione ragguagliata considerata costante al variare di (x,y) , che viene dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica ragguagliata "scalata" secondo un coefficiente di deflusso m .
- I è l'idrogramma unitario di piena che vale applicando il metodo della corrivazione

$$I(t) = dA/dt$$

che viene dedotta dalla curva area-tempi del bacino.

Nei calcoli eseguiti, il tempo di discretizzazione è pari 0,25 ore e il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 1 a vantaggio di sicurezza.

Di seguito si riporta una tabella di riepilogo dei valori di portata al colmo per la sezione focale.

TORRENTE BARRATINA	
T_R (anni)	Q (m^3/s)
5	120
10	143
20	165
50	193
100	214
200	236
500	264

Tabella 6.5 – Portate al colmo alla foce del torrente Barratina (fonte: "Progetto esecutivo generale degli interventi di sistemazione idraulica del Torrente Barratina- Ufficio del Genio Civile di Palermo - 1983).

6.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Le simulazioni idrauliche eseguite durante la redazione dello studio suddetto hanno fatto riferimento alle condizioni di moto uniforme.

In tali simulazioni l'indice di scabrezza di Bazin è stato fissato pari a 1 per tenere conto anche di una non ottimale manutenzione dell'alveo.

Nel tratto compreso tra l'attraversamento di Via Arsenio e quello di Via Cristoforo Colombo è stato verificato che la massima portata di 214 m^3/s può essere convogliata con un franco di 0,85 m, sufficiente ad assicurare lo smaltimento anche di portate con tempi di ritorno maggiori.

Nel tratto compreso tra l'attraversamento di Via Cristoforo Colombo e la foce il dimensionamento della sezione tipo è stato fatto in modo tale da assicurare in presenza della piena con tempo di ritorno 100 anni un franco di sicurezza pari 0,5 m che permette di avere un certo grado di sicurezza idraulica fino a $t=500$ anni.

Da quanto sopra riportato, la presenza del torrente Barratina non implica criticità di tipo idraulico per le aree portuali esistenti.

Anche per quanto riguarda le interazioni di questo corso d'acqua con le nuove opere di sottoflutto, non si prevedono influenze significative sul corso d'acqua in esame. Le nuove opere non inducono, dato l'entità della portate idriche del corso d'acqua in gioco, modifiche sostanziali sulle attuali condizioni di criticità idraulica che rimangono pressoché nulle.

7. STUDIO DEL TRASPORTO SOLIDO

La valutazione del trasporto solido di un corso d'acqua è un processo da affrontare con cautela: il materiale solido che arriva alla foce proviene dall'erosione dei versanti che dall'escavazione dell'alveo; tali processi fisici sono molto complessi da rappresentare.

Le notizie derivanti dalle poche fonti disponibili è che alla foci dei fiumi interessati, la quantità di materiale fluviale è molta ridotta, con conseguenze non trascurabili sulle tematiche della dinamica dei sedimenti litoranei (cfr. anche l'elaborato "Studio della Dinamica della Costa") ed in particolare con i fenomeni di evoluzione del litorale.

In letteratura esistono molte applicazioni e metodologie relative a tale tematica ma per applicare i relativi modelli è indispensabile conoscere approfonditamente quattro aspetti fondamentali di un corso d'acqua: la morfologia dell'alveo, le caratteristiche dei sedimenti di fondo, le portate liquide e le caratteristiche del trasporto solido.

Questi parametri sono strettamente legati fra loro. Poter mettere in rapporto, quindi, l'evoluzione morfologica con le caratteristiche idrauliche e sedimentologiche risulta di notevole importanza, per i corsi d'acqua alluvionali, lo studio a fondo mobile ed alveo solo parzialmente vincolato.

Nel caso corsi d'acqua in esame non risultano disponibili sufficienti informazioni sulle caratteristiche idrologiche-idrauliche e del trasporto solido (serie storiche di portate idriche, tiranti idrici, livelli di erosione e accumulo, misura di portata solida sul fondo e in sospensione, rilievi sedimentologici/granulometrici, distribuzioni granulometriche del materiale trasportato).

Inoltre ognuno dei modelli matematici disponibili è caratterizzato da parametri che andrebbero calibrati a seguito di osservazioni sul campo e attività di monitoraggio aventi durate pluriennali, attività che dovrebbero essere eseguite a carico degli enti competenti e che prescindono dalla realizzazione delle opere in progetto.

Nonostante queste problematiche oggettive, in questa sezione dell'elaborato, è stata valutata la produzione di sedimenti alla foce all'interno dei bacini aventi la foce all'interno dell'unità fisiografica ed in prossimità delle opere in progetto.

E' stato ipotizzato quindi che l'entità del trasporto solido alla foce P coincida con quello del trasporto torbido t . La stima è stata eseguita tramite formule empiriche reperite in bibliografia che mettono in relazione il trasporto torbido con alcune caratteristiche geometriche e climatologiche, prescindendo dai fenomeni fisici coinvolti difficilmente rappresentabili.

In particolare è stata applicata una metodologia empirica (Cannarozzo e Ferro 1986) secondo la quale per i bacini del versante settentrionale siciliano vale l'equazione

$$\ln(t) = -11,27 + 0,0265L - 6,0602 \ln I_c$$

In cui figurano:

- t deflusso torbido annuo unitario in ton/(Km² x anno);
- I_c coefficiente climatico definitivo;
- L lunghezza dell'asta principale;
- \ln funzione logaritmo naturale.

Per la verifica si è usato il valore massimo storico di I_c detto I_{cmax} riportato nello studio redatto da Cannarozzo e Ferro e pari a 0,0866.

Di seguito si riportano per ogni bacino i principali dati idrologici.

Bacino Fiume San Leonardo:

- Superficie: 115 km²
- Lunghezza asta: 6 km

Bacino Fiume Imera:

- Superficie: 345 km²
- Lunghezza asta: 35 km

Bacino Fiume Torto:

- Superficie: 420 km²
- Lunghezza asta: 57 km

Bacino Torrente Barratina:

- Superficie: 13 km²
- Lunghezza asta: 6.5 km

Si osserva che per il Fiume San Leonardo si è considerato solo il sottobacino compreso tra la foce e la Diga Rosamarina poiché tale opera infatti provoca l'arresto del trasporto solido derivante dall'aliquota del bacino a monte dello stesso.

Per il calcolo dell'apporto solido relativo ai bacini dei fiume Imera Settentrionale e Torto, poiché non si hanno informazioni sugli interventi di protezione lungo le aste fluviali, si è scelto di applicare anche un coefficiente "di resa solida", secondo la metodologia di Bagarello et al. (1991):

$$SDR_w = 5,371 Sup^{-0.6953}$$

in cui il parametro Sup è la superficie del bacino.

Il coefficiente di resa solida è stato stimato:

- per il bacino del F. Imera pari a 0,09;
- per il bacino del F. Torto pari a 0,08.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei valori stimati di trasporto solido.

VALUTAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO ALLA FOCE (P)						
Bacino	S (km ²)	L (Km)	$\frac{t}{[ton/(Km^2 \cdot anno)]}$	SDR _w	P [ton/anno]	P [Kg/s]
San Leonardo	115	6	41	-	4722	0.15
Imera sett.	345	35	89	0.09	2749	0.09
Torto	420	57	159	0.08	5330	0.17
Barratina	16	6.5	42	-	666	0.02

Tabella 7.1 –Stima degli apporti solidi.

8. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono stati analizzati i bacini idrografici dei corsi d'acqua aventi la foce in prossimità del sito portuale di Termini Imerese, e più precisamente:

- bacino del Fiume San Leonardo;
- bacino del Fiume Imera Settentrionale;
- bacino del Fiume Torto;
- bacino del Torrente Barratina.

Per ciascuno dei corsi d'acqua di interesse sono state individuate le portate alla foce per prefissati tempi di ritorno ed è stata riportata la valutazione del rischio idraulico nel tratto finale in prossimità della foce presente nel P.A.I. E' stata effettuata la previsione della produzione di sedimento alla sezione fociale, utilizzando i dati e le metodologie presenti in letteratura ed eseguendo applicazioni numeriche mirate.

In particolare per ogni bacino idrografico è stato possibile individuare:

- il reticolo idrografico;
- la displuviale del bacino imbrifero;
- le portate idriche.

Il trasporto solido dei corsi d'acqua è stato determinato applicando un metodo empirico da letteratura.

Si osserva che per il Fiume San Leonardo il trasporto solido alla foce P e le portate idriche sono state valutate per l'aliquota del bacino non sottesa dallo sbarramento del serbatoio Rosamarina.

Per i bacini dei fiumi Torto ed Imera settentrionale, alla gradezza P è stato applicato un "coefficiente di resa solida" secondo la metodologia di Bagarello et. al. (1991), poiché non si hanno informazioni sulle condizioni di protezione idraulica e di sistemazione degli alvei fluviali.

Per il bacino del Fiume San Leonardo a valle della Diga Rosamarina sono state stimate come verosimili le seguenti grandezze:

- $P = 4720 \text{ t/a}$;
- $Q_{50 \text{ anni}} = 713 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{100 \text{ anni}} = 845 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{300 \text{ anni}} = 1061 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per il bacino del Fiume Imerasettentrionale sono state stimate come verosimili le seguenti grandezze:

- $P = 2750 \text{ t/a}$;
- $Q_{50 \text{ anni}} = 591 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{100 \text{ anni}} = 718 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{300 \text{ anni}} = 929 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per il bacino del Fiume Torto sono state stimate come verosimili le seguenti grandezze:

- $P = 5330 \text{ t/a}$.
- $Q_{50 \text{ anni}} = 696 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{100 \text{ anni}} = 825 \text{ m}^3/\text{s}$;

- $Q_{300 \text{ anni}} = 1034 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per il bacino del Torrente Barratina sono state stimate come verosimili le seguenti grandezze:

- $P = 666 \text{ t/a}$.
- $Q_{50 \text{ anni}} = 193 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{100 \text{ anni}} = 214 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{300 \text{ anni}} = 236 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le analisi relative all'individuazione del rischio idraulico indicano chiaramente che la presenza dei corsi d'acqua non implica rischi o vulnerabilità sia per le strutture portuali esistenti che per quelle previste in progetto.