

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO DELL' AMBIENTE
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni

Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

All. A. 11 - Bacino Idrografico del Fiume Eleuterio

Monografia di Bacino

Novembre 2015

PREMESSA.....	4
1 AMBIENTE FISICO	5
1.1 Inquadramento geografico e amministrativo.....	5
1.2 Morfologia.....	6
1.3 Idrografia.....	7
1.4 Uso del suolo.....	8
1.5 Cenni di climatologia	9
1.5.1 Stazioni.....	9
1.5.2 Regime termico	9
1.5.3 Regime pluviometrico.....	9
2 CRITICITÀ ESISTENTI	11
2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia.....	11
2.2 Siti d’attenzione e pericolosità idrauliche non studiate.....	13
3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME ELEUTERIO	15
3.1 Analisi Territoriale	15
3.2 Studio Idrologico.....	16
3.2.1 Studio della piovosità.....	17
3.2.2 Calcolo della pioggia netta.....	20
3.2.3 Determinazione del trasferimento della pioggia netta alla sezione di chiusura.....	20
3.3 Studio Idraulico	23
3.3.1 Rilievi e Cartografia.....	23
3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell’alveo.....	23
3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d’Acqua	24
3.3.4 Verifiche Idrauliche	25
3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili.....	26
3.5 Analisi degli elementi esposti al rischio idraulico.....	26
3.5.1 Elementi coinvolti per Tr=50 anni (Fiume Eleuterio)	27
3.5.2 Elementi coinvolti per Tr=100 anni (Fiume Eleuterio)	28
3.5.3 Elementi coinvolti per Tr=300 anni (Fiume Eleuterio)	29
4 ANALISI RISCHIO IDRAULICO RELATIVO AL TRATTO DEL F. ELEUTERIO COMPRESOTRA LA CONFLUENZA CON IL VALLONE S. VITO E LA CONFLUENZA CON IL VALLONE RAFFI.....	31
4.1 Studio Idrologico.....	31

4.2	Studio Idraulico	31
4.2.1	Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell'alveo	31
4.2.2	Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua	32
4.2.3	Verifiche Idrauliche	32
4.3	Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili.....	33
4.4	Mappe di rischio.....	34
4.4.1	Elementi coinvolti per Tr=50 anni (Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con ilVallone Raffi)	34
5	ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO	36
5.1	Metodologia di valutazione economica del danno atteso.....	36
5.2	Valutazione del danno economico atteso medio annuo	39
6	LE MISURE DI PIANO	41

PREMESSA

La presente relazione illustra gli esiti dell'attività conoscitiva e di pianificazione delle misure di gestione del rischio alluvioni nel bacino idrografico del F. Eleuterio.

La definizione delle misure è stata effettuata con riferimento agli obiettivi e priorità individuate nella Relazione Generale, da intendersi completamente richiamata, e sulla base dell'analisi degli elementi esposti nelle aree di pericolosità individuate nelle mappe di pericolosità adottate in attuazione della direttiva della Commissione Europea 2007/60 e del D.Lgs 49/2010.

Le mappe adottate con Deliberazione della Giunta Regionale 349 del 14 ottobre 2013 sono state pubblicate sul sito internet http://www.artasicilia.eu/old_site/web/bacini_idrografici appositamente attivato ove sono consultabili tutti i documenti anche la presente relazione e la Relazione Generale.

Il presente Piano si compone quindi della presente relazione, della Relazione Generale, delle mappe di pericolosità e di rischio prima richiamate, della monografia “opere principali nel corso d'acqua e risultati delle verifiche idrauliche” e dell'”Elenco delle aree da studiare per l'aggiornamento delle mappe”..

La pianificazione è stata svolta sulla base del quadro conoscitivo sviluppato e definito secondo le indicazioni stabilite dalla Direttiva 2007/60 e ribadite all'art. 7 comma 4 del D.L.gs 49/2010, tenendo conto dei rischi nelle aree di pericolosità in relazione alle categorie di elementi esposti indicati dall'art. 5 del D.L.gs 49/2010.

Il quadro conoscitivo è stato altresì elaborato a partire dalle informazioni e studi definiti nell'ambito del Piano per l'Assetto idrogeologico e gli esiti degli studi idrologici e idraulici condotti nell'ambito del PAI vigente per quelle aree per le quali gli stessi studi sono stati ritenuti coerenti con le metodologie previste dalla Direttiva 2007/60 e dal D.Lgs 49/2010

INQUADRAMENTO GENERALE

1 AMBIENTE FISICO

1.1 Inquadramento geografico e amministrativo

Il bacino idrografico del Fiume Eleuterio ricade nel settore nord-occidentale della Sicilia e, precisamente, nel territorio della provincia di Palermo, interessando i comuni di Altofonte, Bagheria, Belmonte Mezzagno, Bolognetta, Casteldaccia, Corleone (Ficuzza), Ficarazzi, Godrano, Marineo, Misilmeri, Monreale, Palermo, Piana degli Albanesi, S. Cristina Gela, S. Flavia.

Cartograficamente, l'area in studio ricade nei Fogli in scala 1:50.000 della carta I.G.M.I. n. 594 (Partinico), 595 (Palermo), 607 (Corleone) e 608 (Caccamo).

Il territorio del bacino del F. Eleuterio ha, complessivamente, una superficie di circa 200,8 Km². La quota massima del bacino, rappresentata dalla Rocca Busambra da cui ha origine, è di 1614ms.l.m., la quota minima della foce è corrispondente a quella marina, poiché si tratta di un bacino esoreico con sbocco diretto a mare sulla costa Tirrenica del Golfo di Palermo, nei pressi del Comune di Ficarazzi.

In base ai dati ISTAT relativi a gennaio 2011, viene riportato in Tabella 1.1 l'elenco dei comuni con le rispettive superfici di territorio ricadenti nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio.

L'area è interessata dalle seguenti principali infrastrutture di trasporto:

- A19 autostrada PA- CT e linea ferroviaria PA-ME lo attraversano per un breve tratto, in prossimità della foce, perpendicolarmente all'asta principale;
- Strada statale n. 121 (scorrimento veloce) Palermo – Agrigento;
- Strade provinciali n. 38 e n. 12.

Tabella 1.1 Territori comunali ricadenti nel bacino del Fiume Eleuterio

COMUNE	RESIDENTI (dati ISTAT 2011)	AREE			Centro abitato presente
		Area totale (Km ²)	Area nel bacino (Km ²)	Area nel bacino/Area totale (%)	
Altofonte	10.266	35,33	10,57	29,92	SI
Bagheria	54.257	29,73	8,68	29,19	SI
Belmonte Mezzagno	11.149	29,20	25,68	87,94	SI
Bolognetta	3.932	27,53	5,11	18,56	SI
Casteldaccia	10.884	33,80	0,24	0,71	NO
Corleone	11.286	228,78	0,02	0,01	SI (Ficuzza)
Ficarazzi	11.484	3,52	0,42	11,93	SI*
Godrano	1.153	38,86	1,58	4,06	NO
Marineo	6.779	33,32	18,99	56,99	SI

Misilmeri	27.570	69,27	62,47	90,18	SI
Monreale	38.018	528,78	23,22	4,39	NO
Palermo	657.561	160,11	0,00	0,00	NO
Piana degli Albanesi	6.010	64,73	11,60	17,92	NO
S. Cristina Gela	925	38,62	32,18	83,32	SI (in parte)
S. Flavia	10.751	14,55	0,02	0,14	NO
Totale	862.025	1336,13	200,78	15,03	NO

1.2 Morfologia

Nel territorio del bacino del F. Eleuterio sono presenti due gruppi montuosi prevalenti: il gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno e quello della Rocca Busambra, intervallati da altre emergenze montuose e collinari (es. la Rocca di Marineo, e le pendici boschive del Bosco del Cappelliere - Ficuzza).

Il gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno si presenta con caratteristiche orografiche ed idrografiche ben definite. Nel suo insieme, il gruppo montuoso ha un aspetto massiccio ed è caratterizzato dall'altezza quasi uniforme delle sue cime (700-800 m.); esso viene interrotto da valli profonde e rettilinee, impostate su linee di dislocazione tettonica. La morfologia, aspra ed accidentata, con spuntoni e prismi di roccia emergenti dalla superficie e rotture di pendenza frequenti e brusche, è indice di una notevole resistenza selettiva all'azione degli agenti esogeni.

Tra Piana degli Albanesi e Santa Cristina Gela, dove la roccia si presenta più facilmente erodibile, l'aspetto morfologico subisce una variazione, presentandosi in forme più dolci ed arrotondate e ad andamento più pianeggiante. Il Piano della Stoppa, ad est del paese di Belmonte Mezzagno e del Pianetto e a NE dell'abitato di S. Cristina Gela, mostra aspetti del tutto particolari dovuti a segmenti in via di sprofondamento, in seguito riempiti da materiale eluviale e colluviale.

L'idrografia superficiale è estremamente semplice, perché i corsi d'acqua si sono impostati quasi esclusivamente lungo linee di faglia. I torrenti, poco significativi per la loro portata, a meno di eventi piovosi eccezionali, sono per lo più delle semplici linee di impluvio, ad eccezione del V.ne del Fico e del V.ne Cucchi che si sono impostati lungo la faglia in direzione Altofonte, ed il Torrente Landro che, in periodo invernale, alimenta l'Eleuterio.

L'estrema scarsità dei deflussi superficiali non ha permesso, tranne che in sporadici casi di piena, un'apprezzabile erosione di sponda delle valli, impostate in rocce rigide, per cui non si manifestano evidenti fenomeni di dissesto.

Le quote più elevate si hanno al margine meridionale del bacino, con la presenza dell'imponente massiccio della Rocca Busambra (1613 m s.l.m.), e al margine occidentale, dove si sviluppano le pendici rocciose del Monte Rossella (1029m s.l.m.), Pizzo vento (859 m s.l.m.), Serri di Rebuttone (814 m s.l.m.), Pizzo Neviera (858 m s.l.m.), Pizzo Cervo (946 m s.l.m.) e, a Nord, Montagna Grande (Masto Nardo, 645 m s.l.m.). Nel settore meridionale del bacino si hanno pendenze più elevate e morfologie più articolate, da molto ripide e scoscese, con tratti subverticali, ad acclivi o

mediamente acclivi, con morfologie più o meno regolari. In tutto il settore centro-meridionale e meridionale, escluso il massiccio della Rocca Busambra, si hanno, invece, deboli pendenze con forme dolci e arrotondate, mediamente comprese tra le quote 600 e 900 m s.l.m. Dalle blande pendici che caratterizzano alcuni tratti del bacino si ergono, a zone, massicci carbonatici impervi e con pareti in forte pendenza.

1.3 Idrografia

Il bacino imbrifero del F. Eleuterio ha la forma di un poligono irregolare allungato in senso N-S ed occupa complessivamente una superficie di circa 203 Km². È delimitato ad Ovest dal bacino imbrifero del F. Oreto ed a Est dal bacino del F. Milicia.

Il Fiume Eleuterio, che rappresenta il corso d'acqua principale, si sviluppa con direttrice SSW – NNE. Esso sfocia a mare in corrispondenza del Comune di Ficarazzi, in C.da La Foggiara. Lo spartiacque è individuato, procedendo dalla foce in senso antiorario, dal massiccio carbonatico di Mastro Nardo, detto anche Montagna grande, dai rilievi di Monte Grifone, Portella di Palermo, Serri di Rebuttone, Portella della Paglia, il paese di S. Cristina Gela, Cozzo Turdiepi, Cozzo S. Agata (M. Leardo - M. Rossella), a sud-ovest. Nella zona più a Sud del territorio sotteso al bacino, si individua il massiccio carbonatico della Rocca Busambra che, con i suoi 1614 m. s.l.m., è anche il punto a quota maggiore del bacino idrografico del F. Eleuterio.

Risalendo verso Nord, lo spartiacque superficiale è individuato dai rilievi di Portella Gramigna, Rocca di Corvo, Cozzo Bilco, Cozzo Cucciddu, Cozzo Quattro Finaite, Portella Gorgazzo, Monte Balatelle, Cozzo Guardiola, Cozzo Scozzari, Cozzo Coda di Volpe, Monte Dagariato, Pizzo Cicero, Portella dell'Accia, Monte Giancaldo e Monte Porcara.

Il Fiume Eleuterio, con uno sviluppo complessivo dell'asta principale di circa 30 Km, ha un andamento abbastanza regolare, con direzione prevalente SSW-NNE. Gli affluenti principali sono il T.te Landro- Rigano, e il T.te Marvotta – Acqua di Masi, suoi tributari di sinistra che drenano l'area occidentale del bacino imbrifero, confluendo nell'asta principale nel tratto mediano del bacino, il primo poco a Sud del centro abitato di Misilmeri ed il secondo nei pressi del paese di Marineo.

Lungo il corso del Fiume Eleuterio è stato realizzato un invaso, denominato Lago Scanzano, che raccoglie i deflussi più meridionali (in questo caso montani) del bacino. L'invaso artificiale, oltre a consentire l'accumulo di risorse idriche per usi irrigui e di approvvigionamento ad uso civile, ha la funzione di laminare le piene a protezione dei terreni a valle dello stesso.

Ai corsi d'acqua citati si aggiunge una rete idrografica minore data da torrenti e fossi che si articolano con un pattern di tipo dendritico.

I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti o esigui per i principali e addirittura nulli per gli altri.

L'asta principale si presenta a tratti incassata in profonde gole e, in altri casi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

Fra i sottobacini individuati, i più importanti sono:

- il T.te Landro – Rigano, che ha origine dai rilievi che circondano il paese di Belmonte Mezzagno (M. Grifone, P.zzo Neviera, Pizzo Cervo, Cozzo Pomara e M. Frumento), ha come affluenti, in sinistra idrografica, i torrenti Casale e Pantaleo. Esso si sviluppa, nella parte iniziale, con andamento rettilineo e senza grosse evidenze erosive; nella parte mediana, in corrispondenza del Monte Frumento, si incassa fra le rocce carbonatiche circostanti, acquistando una maggiore pendenza

di alveo ed assume un andamento sinuoso. Il T.te Landro – Riganosi congiunge con l’asta principale del F. Eleuterio in prossimità del centro abitato di Misilmeri.

- Il T.te Marvotta – Acqua di Masi ha origine in C.da Pianetto e drena in sinistra idrografica i versanti settentrionali dei rilievi montuosi Leardo, Rossella, Parrino; in destra idrografica raccoglie i deflussi dei rilievi di Cozzo Portella Larga, Cozzo Quadaredda, Serra Campana, Costa Marcione e Cozzo Suvareddi. Nella parte iniziale del suo corso si sviluppa con andamento abbastanza rettilineo e regolare. In corrispondenza di Cozzo Suvareddi – Pizzo Parrino aumenta la pendenza e la tortuosità, tanto da incassarsi nelle rocce circostanti, in vicinanza del paese di Marineo, e congiungersi, in C.da ex Mulino nuovo, con il Fiume Eleuterio.

1.4 Uso del suolo

Per la descrizione dell’uso del suolo dell’area studiata è stata utilizzata la carta Corine Land Cover (CLC). I dati estratti sono riportati nella tabella seguente.

Come evidenziato nella carta, ad eccezione di alcune aree, quali quelle urbanizzate e delle aree rocciose incolte, la maggior parte del territorio viene sfruttata per coltivazioni di vario genere. Prevalgono le aree adibite a seminativo le zone adibite a frutteto e quelle ad oliveto; le restanti aree del territorio sono destinate a Sistemi colturali e particellari complessi e, Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti. Sono presenti i pascoli e la copertura boschiva caratterizza una notevole porzione del versante settentrionale della Rocca Busambra.

Nella Tabella 1.2 vengono rappresentate le tipologie dell’uso del suolo e la loro distribuzione percentuale all’interno del Bacino del F. Eleuterio.

Tabella 1.2 Tipologia uso del suolo dell'area.

Tipologia di uso del suolo	%
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo	1.9
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0.66
1.3.1. Aree estrattive	0.47
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	16.28
2.2.1. Vigneti	1.93
2.2.2. Frutteti e frutti minori	6.13
2.2.3. Oliveti	20.13
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	7.82
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	7.06
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.1.1. Boschi di latifoglie	6.76
3.1.2. Boschi di conifere	3.53
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie	2.6
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	18
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	4.65
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	1.62
4. ZONE UMIDE	

5. CORPI IDRICI	
5.1.2. Bacini d'acqua	0.45

1.5 Cenni di climatologia

Per definire il microclima del settore della Sicilia nel quale ricade il territorio in esame, sono stati considerati gli elementi climatici temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del territorio o limitrofe ad esso.

Le informazioni sono state ricavate dall'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia.

1.5.1 Stazioni

In Tabella 1.3 sono riportate le stazioni termopluviometriche e pluviometriche cui si è fatto riferimento per l'analisi delle condizioni termopluviometriche.

Tabella 1.3- Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche interne o limitrofe al territorio in esame

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				LATITUDINE	LONGITUDINE
ALTOFONTE	1965-1994	Pluviometro	354	4212871N	350731E
FICUZZA	1965-1994	Termo-pluviometro	681	4194166N	356217E
MARINEO	1965-1994	Pluviometro	540	4201450N	360713E
RISALAIMI (Misilmeri)	1965-1994	Termo-pluviometro	682	4171672N	376548E

1.5.2 Regime termico

I valori medi della temperatura sono riportati nella Tabella 1.4

Tabella 1.4- Temperatura media mensile in gradi Celsius, per il periodo di osservazione 1965-1994

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
FICUZZA	7,7	8,1	10,1	12,7	16,7	21,1	24,2	24,9	21,6	17,3	12,7	9,2	13,8
RISALAIMI (Misilmeri)	11,4	11,5	13,2	15,1	18,7	22,2	25,1	25,2	22,7	19,5	15,1	12,4	17,7
MEDIA	9.55	9.8	11.65	13.9	17.7	21.65	24.65	25.05	22.15	18.4	13.9	10.8	15,75

1.5.3 Regime pluviometrico

I valori della piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994 sono riportati nella Tabella 1.5

Tabella 1.5-Piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
ALTOFONTE	101	102	84	56	26	7	0	5	39	110	99	115	848
FICUZZA	92	104	67	68	22	5	0	6	31	67	92	101	771
MARINEO	95	99	78	42	24	2	0	5	43	69	76	91	702
RISALAIMI (Misilmeri)	93	97	77	56	27	3	1	3	31	71	90	108	715
MEDIA	95.25	100.5	76.5	55.5	24.75	4.25	0.25	4.75	36	79.25	89.25	103.75	759

2 CRITICITÀ ESISTENTI

All'interno del bacino in esame sono presenti situazioni di criticità idraulica il cui grado di approfondimento delle informazioni a disposizione, allo stato attuale, non ne ha permesso la rappresentazione nelle mappe della pericolosità e rischio idraulico redatte secondo le indicazioni dell'art.6 del D.lgs. 49/2010.

Le suddette aree, oggetto di futuri studi e approfondimenti, sono in parte catalogate nel Censimento dissesti DB Eventi Sicilia predisposto dal Servizio 3 /DRA mentre la rimanente parte è costituita dai “siti d'attenzione” e dalle aree classificate a pericolosità idraulica non derivanti da studi idraulici censite nel PAI vigente.

Per tali aree il Piano prevede di procedere con gli studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi stabiliti dalla normativa. Inoltre al fine di integrare i PAI vigenti relativamente ai corsi d'acqua e ambiti territoriali o nuove aree soggette a fenomeni di allagamento così come definiti all'art. 2 del Decreto Legislativo 49/2010 si provvederà, ove non fossero al momento disponibili studi che ne consentano di definire il livello di pericolosità, ad attivare in concerto con gli Enti istituzionalmente preposti tutte le misure di precauzione necessarie a garantire un adeguato livello di sicurezza. Al pari delle altre aree per le quali non è definito un livello di pericolosità verrà definito un programma di studi di approfondimento necessario per la individuazione della pericolosità e rischio in conformità a quanto previsto dalla Direttiva

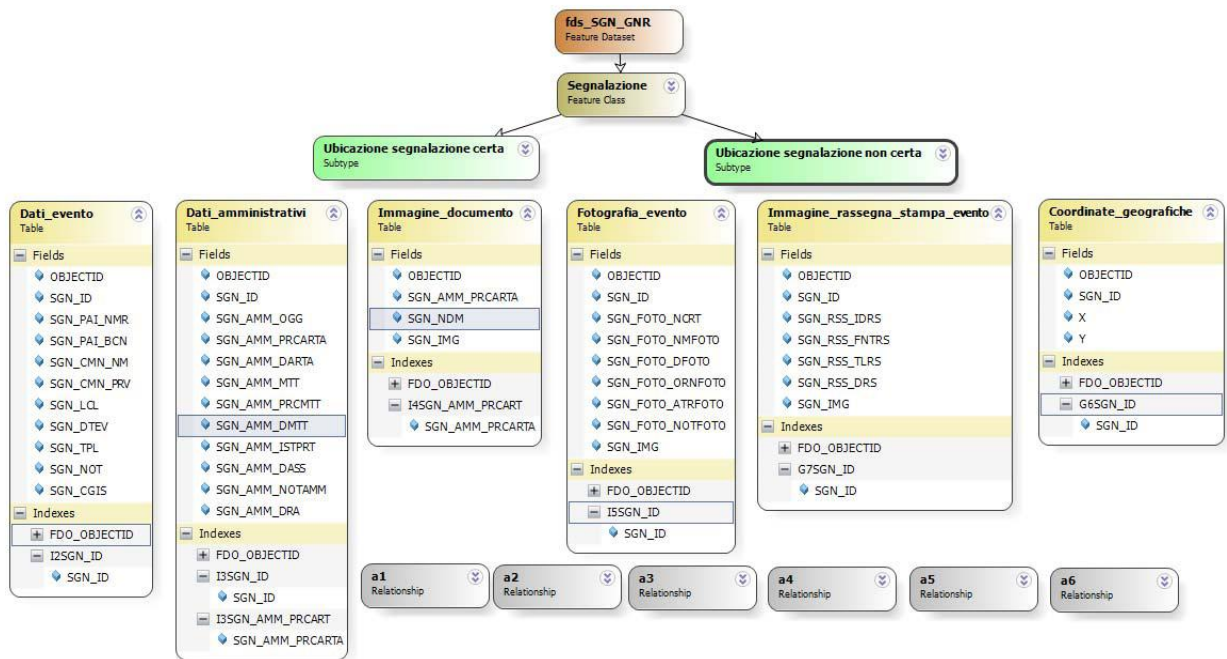
2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia

Il Catasto degli eventi è la fonte da cui sono rintracciabili le informazioni sulla collocazione spaziale e temporale degli eventi di piena nonché delle conseguenze avverse ad esse associate.

Il catasto degli eventi è stato implementato nell'ambito della realizzazione del Database “DB Eventi Sicilia.gdb”. Esso consiste nel censimento dei luoghi storicamente colpiti da eventi idraulici (esondazioni ed alluvionamenti). L'archivio raccoglie informazioni storiche relative agli eventi a partire dall'anno 2007 avvenute in Sicilia. L'archivio contiene allo stato attuale oltre 433 informazioni inerenti ad eventi idraulici. Le informazioni si riferiscono a dati provenienti da fonti di Rassegna Stampa, Comuni Siciliani e dati della Protezione Civile Regionale. I dati inseriti possono essere analizzati ed interrogati con i temi e gli elementi di base direttamente importati nel GIS, anche tramite *query* pre-impostate, generando così nuove informazioni in funzione di specifiche problematiche ed esigenze. Nel seguito è descritta la struttura del geodatabase e le informazioni contenute.

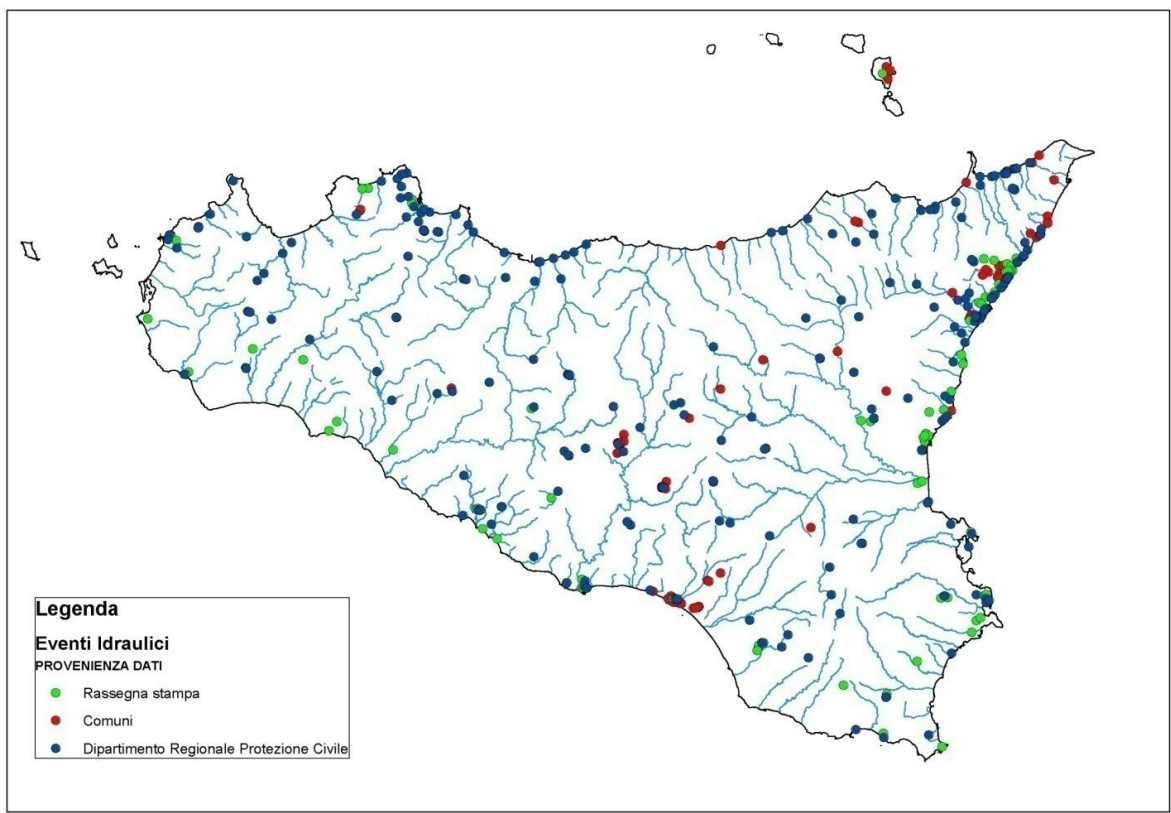
Il Catasto verrà costantemente aggiornato L'attuale organizzazione del catasto è ora in fase di aggiornamento per garantire l'utilizzo di più soggetti competenti in relazione anche alle finalità di protezione civile.

Figura 2.1- Struttura DB Eventi Sicilia e informazioni contenute



Nella Figura 2.2è invece riportata la distribuzione territoriale degli eventi idraulici inseriti nel geodatabase:

Figura 2.2- Distribuzione territoriale degli eventi idraulici



Nella Tabella 2.1 sono elencati i dissesti presenti nel censimento DB Eventi Sicilia e ricadenti nel bacino del Fiume Eleuterio.

Tabella 2.1Dissesti DB Sicilia ricadenti bacino Fiume Eleuterio

Codice	Comune	Località	Data evento	Descrizione
PC-EI-037-6SN-001	S. Cristina Gela	Territorio comunale	21.09.2009	Allagamenti, problemi alla pubblica e privata incolumità
PC-EI-037-6BE-002	Belmonte Mezzagno	Viabilità comunale	16.09.2009	Allagamenti e deposito detriti lungo le strade
PC-EI-037-6BE-005	Belmonte Mezzagno	Viabilità comunale	01.10.2009	Allagamenti e deposito detriti lungo le strade
PC-EI-037-6BE-001	Belmonte Mezzagno	Centro abitato	24.09.2007	Alluvione, gravi allagamenti, automezzi, strade, abitazioni danneggiate
PC-EI-037-6BE-004	Belmonte Mezzagno	Viabilità comunale	25.09.2009	Allagamenti e deposito detriti lungo le strade
PC-EI-037-6BE-003	Belmonte Mezzagno	Viabilità comunale	21.09.2009	Allagamenti e deposito detriti lungo le strade
PC-EI-037-6MI-002	Misilmeri	Piano Stoppa	08.03.2012	Nubifragio- allagamenti e disagi per i residenti della zona
PC-EI-037-6MI-001	Misilmeri	Piano Stoppa, viabilità comunale	16.09.2009	Strade rese impraticabili da dissesti, allagamenti di locali e scantinati

2.2 Siti d'attenzione e pericolosità idrauliche non studiate

I *siti d'attenzione* sono aree cartografate e censite nel PAI nelle quali occorre approfondire il livello delle conoscenze geomorfologiche e idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da opportune indagini.

Le criticità idrauliche presenti nel bacino idrografico in esame sono anche rappresentate da tutte quelle aree e classificate nei PAI vigenti con un grado di pericolosità ecensitea seguito di eventi alluvionali accaduti o ricavate da studi le cui metodologie di esecuzione e i risultati ottenuti non sono stati ritenuti conformi ai contenuti richiesti dalla Direttiva Alluvioni.

Nella Tabella 2.2 sono elencati i dissesti classificati come "*sito d'attenzione*" e ricadenti nel bacino del F. Eleuterio.

Tabella 2.2" Siti d'attenzione" ricadenti bacino Fiume Eleuterio

Codice	Comune	Località	Pericolosità
	Marineo	Centro abitato	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	Beveratoio vecchio	Sito attenzione
	Misilmeri	Piano Stoppa	Sito attenzione
	Marineo	S.S. n. 118 'Corleonese-Agrigentina' - Vari tratti	Sito attenzione
	Marineo	T.teCugno di Mezzo (affluente in dx F. Eleuterio)	Sito attenzione
	Marineo	T.te S. Antonio	Sito attenzione
	Marineo	T.teSottomonastero	Sito attenzione
	Marineo	S.P. 'Marineo-Godrano'	Sito attenzione
	Marineo	S.Regionale 'Marineo-S. Cristina Gela'	Sito attenzione
	Marineo	V.ne S. Vito e V.ne Luisa	Sito attenzione
	Marineo	F. Eleuterio, pressi Ponte della Madonna	Sito attenzione

	Belmonte Mezzagno	T.teMandricelli	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	T.te Spatola	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	T.te S. Caterina	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	T.te Landro	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	C.da Palombaro	Sito attenzione
	Belmonte Mezzagno	Centro abitato	Sito attenzione

3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME ELEUTERIO

3.1 Analisi Territoriale

Nel presente documento è stato utilizzato lo studio effettuato in sede di PAI in cui l'analisi territoriale del bacino dell'Eleuterio è stata condotta utilizzando la cartografia di base CTR a scala 1:10.000 e un ausilio aerofotogrammetrico rappresentato dalle ortofoto IT2000 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente.

L'individuazione degli elementi a rischio e la loro correlazione con il reticolo fluviale ha permesso di individuare, per i manufatti di attraversamento e le opere antropiche in prossimità dell'alveo, le situazioni di potenziale rischio.

Inoltre, lo studio geomorfologico ha permesso di prendere in esame tutti gli elementi che possono ulteriormente definire le aree potenzialmente inondabili (andamento plano-altimetrico dell'alveo, presenza di depositi alluvionali conseguenti a fenomeni di trasporto solido, evidenze relative a precedenti tracce di esondazione, ecc.).

Si riportano di seguito le considerazioni, tratte dallo studio sull'ipotetico collasso dello sbarramento reperito presso l'Ente Acquedotti Siciliani (E.A.S.) della Regione Siciliana (1996), per l'area del bacino che si è ritenuto di esaminare prioritariamente a causa della presenza di opere antropiche.

Il bacino idrografico del F. Eleuterio ricade nel versante settentrionale della Sicilia e si estende, per circa 201 km², dal Bosco della Ficuzza, appartenente al territorio di Monreale, sino al Mar Tirreno, in Contrada Piano di Mare, al confine tra il territorio di Ficarazzi e di Bagheria. Esso si inserisce tra il bacino del F. Milicia ad est ed il bacino del F. Oreto ad ovest e ricade nel territorio della provincia di Palermo. Il serbatoio artificiale denominato Scanzano, è situato nell'alta valle del fiume in località Madonna delle Grazie, nei Comuni di Monreale e Piana degli Albanesi. La sezione di sbarramento è ubicata poco a monte della confluenza del torrente Rossella con il torrente Scanzano, che è l'asta principale, in un punto dove le due aste torrentizie risultano ancora separate.

L'asta fluviale, dallo sbarramento Scanzano fino al mare, ha una lunghezza complessiva di circa 30 km. Essa si sviluppa in un'ampia vallata coltivata prevalentemente ad agrumi, che termina nella piana costiera compresa tra Ficarazzi e Bagheria. La morfologia del cavo fluviale può essere caratterizzata da sei differenti tronchi differenziati secondo la pendenza, l'incasso dell'alveo, larghezza della vallata e sinuosità del tracciato.

L'asta fluviale non è interessata da opere di sistemazione idraulica particolarmente importanti. I principali attraversamenti sono costituiti da ponti tubo, viadotti e ponti ferroviari.

Dall'analisi critica della sovrapposizione delle aree storicamente inondate, con quelle potenzialmente inondabili, individuate da precedenti studi, e dall'analisi territoriale, si sono localizzate le aree in cui è necessario eseguire specifiche verifiche idrauliche.

E' stata analizzata prioritariamente l'area, a valle della diga Scanzano, che dall'abitato di Misilmeri arriva fino alla foce del fiume. Tale scelta è stata dettata principalmente dal fatto che in tale zona sono stati individuati numerosi elementi a rischio (principalmente attraversamenti) evidenziati nei rilievi strumentali di dettaglio, sia dell'alveo sia della zona circostante ad esso, messi a disposizione dall'E.A.S. (1996).

3.2 Studio Idrologico

La zona interessata dal bacino imbrifero è caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, con addensamento delle piogge nel semestre invernale-primaverile (da ottobre a marzo). Le precipitazioni talvolta sono di notevole intensità (media annua di circa 800-900 mm) e possono determinare piene elevate anche se di durata breve. Nel bacino del F. Eleuterio sono state installate diverse stazioni idrometriche in epoche diverse. Nel 1937 sono state installate, sull'asta principale, le stazioni di Lupo e di Rossella. La prima è attualmente in funzione, anche se per alcuni periodi è rimasta inattiva. La stazione sottende circa 10 km² di bacino avente un'altitudine media di circa 825 m s.l.m. Nel periodo di disponibilità di dati (sino al 1975) è risultato un deflusso medio annuo di 306 mm (pari a 3,2 Mm³/anno) su un afflusso di 841 mm. La seconda ha funzionato nei periodi 1937-1942 e 1951-1957. La stazione sottende circa 10,5 km² di bacino avente un'altitudine media di circa 670 m s.l.m. Nel periodo di funzionamento è risultato un deflusso medio annuo di 395 mm (pari a 4,2 Mm³/anno) su un afflusso di 959 mm. Nel 1955 è stata installata la stazione di Risalaimi che è ancora funzionante. La stazione sottende un bacino di circa 53 km² avente un'altitudine media di circa 631 m s.l.m. Durante il periodo di disponibilità di dati (1965-1966; 1969-1975) è risultato un deflusso medio annuo di 244 mm (pari a 42,8 Mm³/anno) su un afflusso di 809 mm. Sull'affluente V.ne Acqua di Masi è stata installata nel 1961 la stazione di Serena che è tuttora funzionante. Tale stazione sottende una superficie di circa 22 km² avente un'altitudine media di circa 638 m s.l.m. Durante il periodo di disponibilità di dati (1961-1971; 1973-1975) è risultato un deflusso medio annuo di 206 mm (pari a 4,5 Mm³/anno) su un afflusso di 828 mm.

Lo 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 accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98.

Il bacino idrografico del fiume Eleuterio, di estensione pari a circa 201 km², è stato suddiviso in 3 sottobacini; per ogni sezione di chiusura dei sottobacini, sono state calcolate le massime portate al colmo di piena per gli assegnati tempi di ritorno.

Di seguito si riportano, sinteticamente, la procedura adottata ed i risultati dello studio idrologico condotto. Lo studio è stato sviluppato in due fasi successive:

- 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 displuvi e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini, ciascuno dei quali corredato dai principali parametri morfologici;
- 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.

In Figura 3.1 è riportato il DEM relativo al bacino idrografico in studio, i limiti ed il reticolo idrografico. Le dimensioni delle celle del DEM utilizzato sono di 100x100 m. In Figura 3.2 è riportato lo schema idrologico, prodotto dal modello HEC-GeoHMS, utilizzato per il calcolo delle portate al colmo di piena.

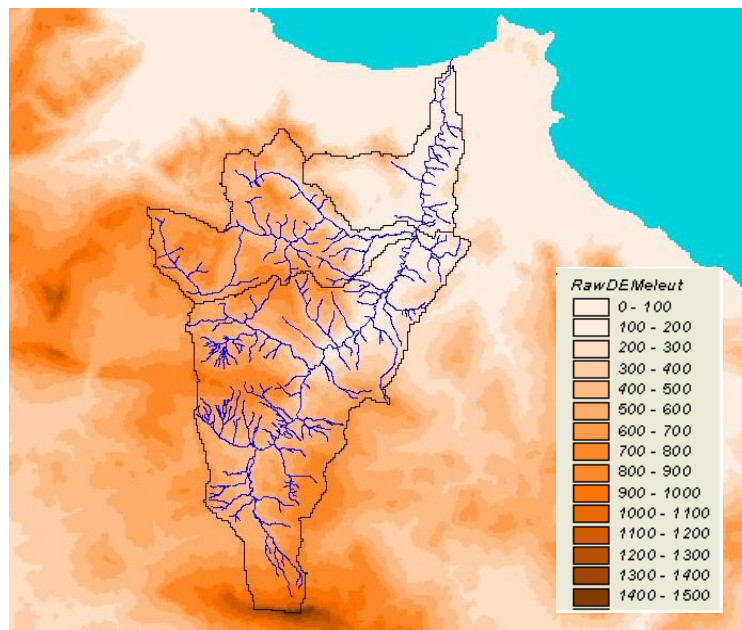


Figura 3.1DEM (Digital Elevation Model) relativo al bacino del Fiume Eleuterio

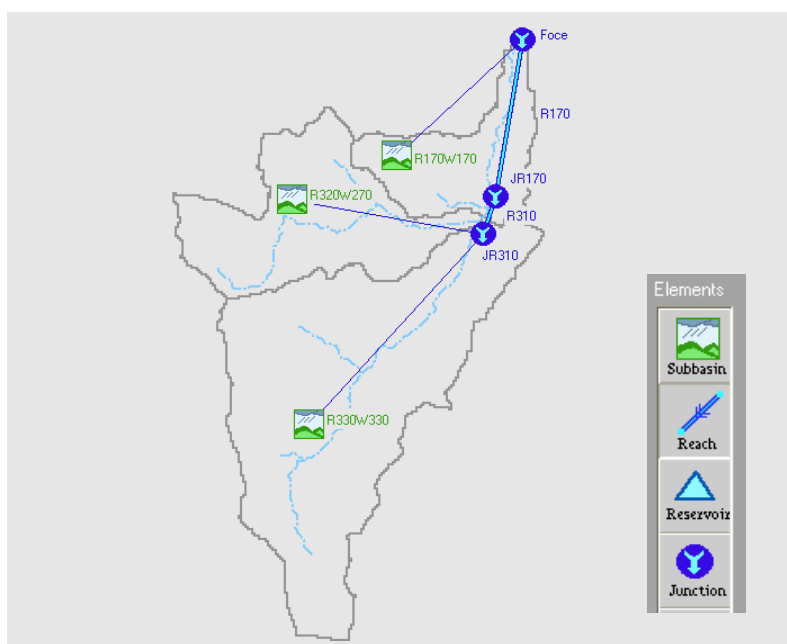


Figura 3.2Schema idrologico del bacino idrografico del Fiume Eleuterio utilizzato per il calcolo della massima portata al colmo di piena.

Lo studio è stato effettuato in tre fasi:

3.2.1 Studio della piovosità.

E' 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 dalle carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" a scala regionale, sono stati ottenuti i valori medi a scala di bacino (Tabella 3.1) utilizzando il software Arc-View.

Nelle Figure 3.3-3.5 sono riportate le carte “iso-a”, “iso-n” e “iso-CV” in corrispondenza del bacino in esame, in Figura 3.6 sono riportate le curve di probabilità pluviometrica (CPP) ricavate in seguito ai parametri prima calcolati e per i tre tempi di ritorno considerati.

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.

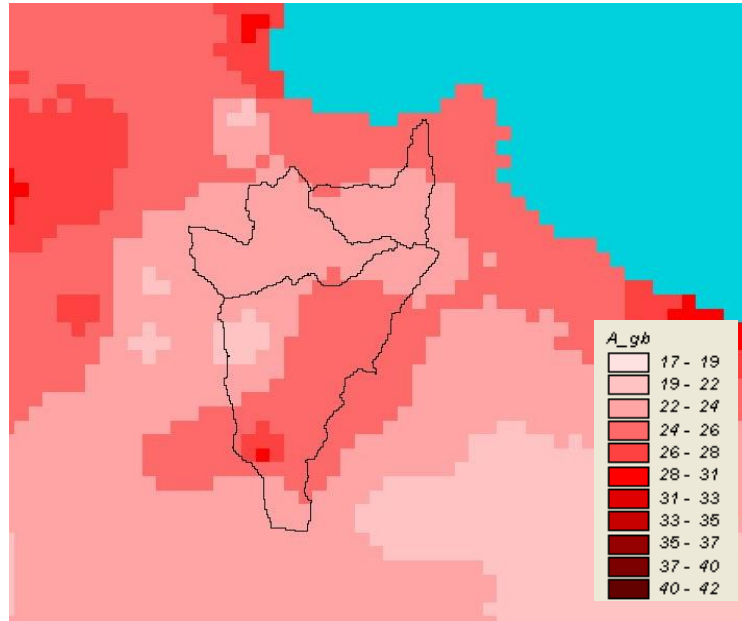


Figura 3.3DTM relativo alla distribuzione del parametro “a” nel bacino idrografico del F. Eleuterio

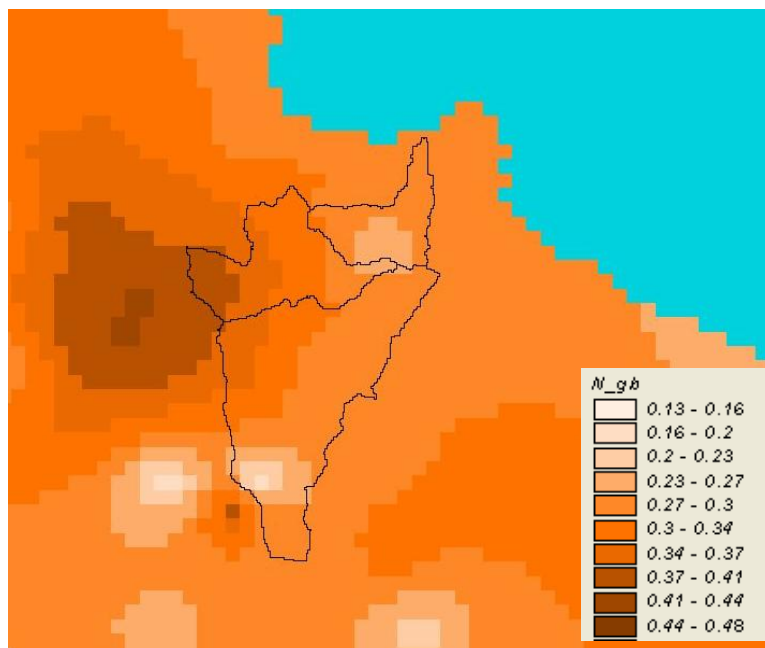


Figura 3.4DTM relativo alla distribuzione del parametro “n” nel bacino del F. Eleuterio.

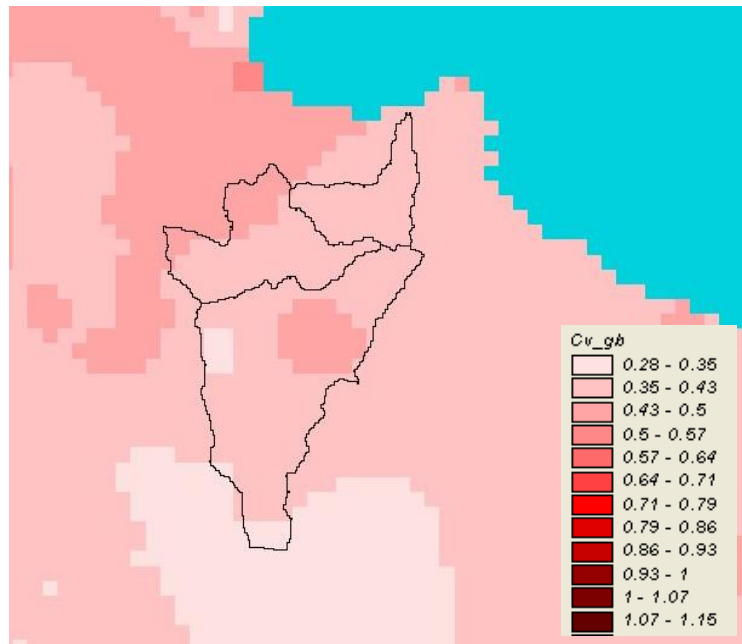


Figura 3.5 DTM relativo alla distribuzione del parametro “CV” nel bacino del F. Eleuterio

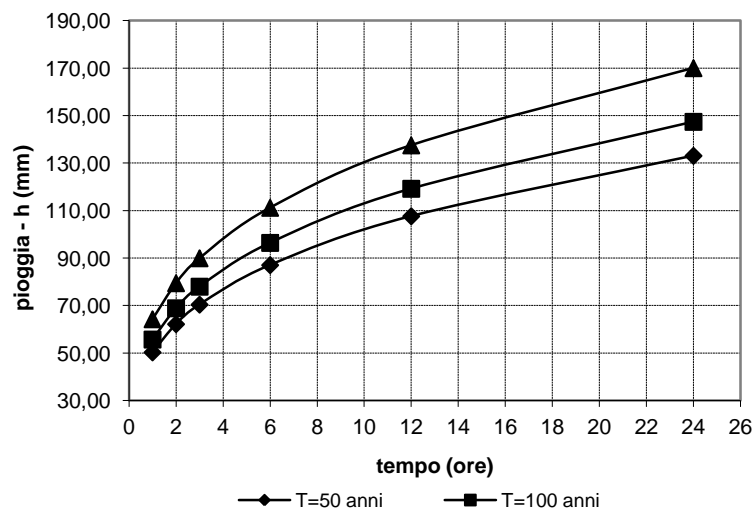


Figura 3.6 Curve di possibilità pluviometrica del F. Eleuterio per fissati tempi di ritorno

Tabella 3.1 Valori medi areali dei parametri “a”, “n” e “CV” relativi al bacino del F. Eleuterio

Superficie totale (km ²)	a	n	CV
203,6	24,53	0,31	0,41

3.2.2 Calcolo della pioggia netta.

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number descritto in dettaglio nella Relazione Generale.

In Figura 3.7 è riportata la distribuzione areale del valore CN per il bacino in studio.

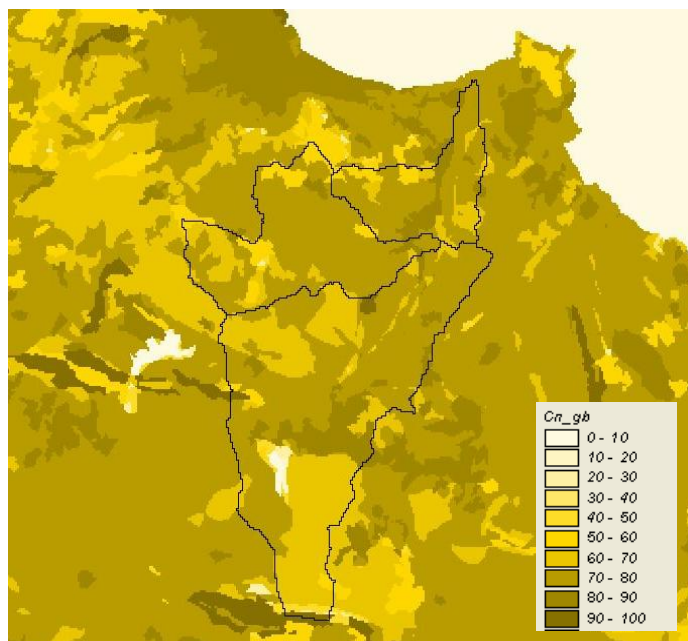


Figura 3.7DTM (Digital Terrain Model) relativo alla distribuzione del parametro “CN” nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio

I valori medi di CN, relativi ai sottobacini considerati, sono riportati in Tabella 3.2.

Tabella 3.2 Valori medi del parametro CN per ogni sottobacino dell’Eleuterio.

Sottobacino N°	Area (km ²)	Codice Sottobacino HMS	CN
1	53,35	R320W270	76.7
2	29,55	R170W170	78.7
3	120,66	R330W330	76.4

3.2.3 Determinazione del trasferimento della pioggia netta alla sezione di chiusura.

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. A partire dal DEM del bacino, caratterizzato da una maglia quadrata di dimensioni 100 m, sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, è stato individuato 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 isocorrive è stato possibile ricavare la curva aree-tempi e quindi i tempi di corrivazione dei sottobacini in esame (Tabella 3.3). 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 (v. Relazione Generale). Il calcolo dell'onda di piena risultante nella sezione di chiusura del bacino principale è stato effettuato utilizzando il modulo *Routing Method Log* 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.

Tabella 3.3 Valori del tempo di corrivazione di ogni sottobacino

Sottobacino N°	Area (km ²)	Codice Sottobacino HMS	t _c (ore)
1	53,35	R320W270	4
2	29,55	R170W170	3
3	120,66	R330W330	5

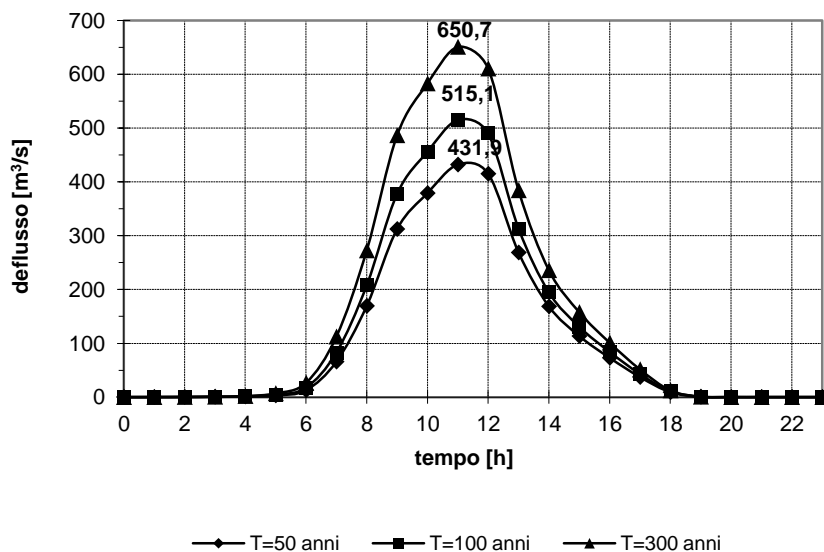


Figura 3.8 Idrogrammi di piena alla foce del F. Eleuterio, per fissati tempi di ritorno

In Figura 3.8 sono riportati gli idrogrammi di piena relativi alla sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza della foce, per i tempi di ritorno considerati.

In Tabella 3.4 sono indicati, per ogni sezione di chiusura dei sottobacini considerati, i valori delle massime portate al colmo di piena, mentre in Tabella 3.5 i valori in corrispondenza delle confluenze degli stessi sottobacini con l'asta fluviale principale.

Tabella 3.4 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per fissati tempi di ritorno, relative ai sottobacini del F. Eleuterio

Sottobacino N°	Codice sottobacino HMS	Superficie (km²)	$Q_{t=50}$(m³/s)	$Q_{t=100}$(m³/s)	$Q_{t=300}$(m³/s)
1	R320W270	53,35	158,04	189,86	241,84
2	R170W170	29,55	104,40	122,45	151,41
3	R330W330	120,66	335,60	399,02	501,84

Tabella 3.5 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per fissati tempi di ritorno, in corrispondenza di alcune sezioni del F. Eleuterio considerate nello schema di calcolo HMS.

Sezione di Calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie Drenata (km²)	$Q_{t=50}$(m³/s)	$Q_{t=100}$(m³/s)	$Q_{t=300}$(m³/s)
1	JR310	172,1	445,47	528,08	661,72
2	JR170	172,1	440,56	522,76	655,85
3	Foce	202,3	431,85	515,14	650,7

La valutazione della portata in alveo nelle sezioni a valle dell'invaso Scanzano dovrebbe tenere conto anche dei volumi rilasciati, durante l'evento di piena, dallo scarico di superficie e dallo scarico di fondo (ipotizzandone il loro funzionamento contemporaneo). Tuttavia, poiché le portate degli scarichi fanno riferimento ad un valore del tempo di ritorno superiore al valore massimo considerato in questo studio (300 anni) e, inoltre, sono state certamente valutate sulla base di dati idrologici registrati in un intervallo temporale diverso da quello utilizzato nel presente studio, si è preferito svincolarsi dai suddetti valori ai fini delle verifiche idrauliche.

Pertanto, nel presente studio, non è stata considerata la presenza dell'invaso Scanzano e, quindi, l'effetto della sua capacità di laminazione delle piene. In tal modo sono state eseguite delle verifiche idrauliche considerando la portata convogliata dall'intero bacino idrografico originario (antecedente la realizzazione dell'invaso), trascurando quella parte trattenuta (laminata) dalla diga. Tale scelta, seppur non rispecchi del tutto la realtà idraulica del bacino, determina dei valori di portata nell'alveo che risultano più elevati rispetto a quelli effettivi conseguenti ad un effetto di laminazione dell'invaso, sovrastimando in tal modo i risultati delle simulazioni idrauliche a vantaggio della sicurezza.

3.3 Studio Idraulico

Calcolate le portate di piena occorre verificare se le sezioni del corso d'acqua riescano a trasportarle senza dar luogo ad esondazioni.

La modellazione idraulica del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS. In particolare, attraverso un'operazione preliminare di pre-processing sono stati importati i dati di input all'interno del modello HEC-RAS. Tali dati sono stati integrati con tutte le indicazioni, di seguito descritte, che derivano dall'analisi cartografica, territoriale e dai sopralluoghi di campagna (rilevo di alcune sezioni trasversali non disponibili dallo studio E.A.S., verifica dello stato di fatto del fondo alveo, raccolta di una documentazione fotografica, ecc.) predisposti in questa fase.

3.3.1 Rilievi e Cartografia

L'analisi è stata condotta utilizzando la cartografia ed i rilievi tratti dallo studio dell'E.A.S. (1996.)

3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell'alveo

La morfologia del cavo fluviale, che dalla diga Scanzano raggiunge la foce, può essere caratterizzata da 6 differenti tronchi (E.A.S., 1996):

- tronco 1: si estende dalla diga Scanzano alla stretta nei pressi di Marineo, ad una progressiva di circa 5 km dall'invaso e direzione Sud-Ovest Nord-Est; in questo tratto il cavo fluviale presenta un andamento planimetrico abbastanza regolare, con assenza di marcati meandri; il suo incasso è generalmente modesto ma ben contenuto nelle sponde di valle;
- tronco 2: si estende dall'abitato di Marineo fino a Monte Tesoro, ad una progressiva di circa 8,5 km con direzione analoga a quella del tronco 1; in questo tratto la valle risulta relativamente stretta e incassata e l'alveo sufficientemente incassato;
- tronco 3: in tale tratto la vallata tende ad ampliarsi progressivamente fino alla piana in località Camastra, dove raggiunge larghezze superiori a 0,5 km; fino alla progressiva di 14,4 km il fondo valle è sempre ampio e pianeggiante mentre l'asta fluviale presenta un andamento planimetrico abbastanza regolare con meandri limitati; il cavo fluviale risulta inciso e presenta dimensioni discrete;
- tronco 4: fino alla progressiva 24,5 km circa, la vallata con direzione generale Sud-Ovest, conserva le caratteristiche del tronco 3 ma si amplia ulteriormente (larghezza massima di 1 km), mentre il tracciato dell'alveo risulta caratterizzato da forti pieghe a meandro spesso racchiuse su se stesse a forma di cappio. Tale andamento tende ad attenuarsi nel tratto finale (progressiva 18,8 km circa) che scorre nelle vicinanze dell'abitato di Misilmeri;
- tronco 5: si estende per circa 2,5 km (dalla progressiva 24,5 km alla 27 km circa) all'altezza dell'abitato di Villabate; in questo tratto, a partire dai rilievi di Pizzo Cannita e Monte Lanzirotti fino all'autostrada Palermo-Messina l'asta fluviale ha inciso abbastanza profondamente un vasto pianoro e risulta ben contenuta nel fondo valle che ha larghezza di 150-200 m;
- tronco 6: in quest'ultimo tratto l'asta fluviale interessa la piana a mare, a lato dell'abitato di Ficarazzi, con tracciato abbastanza regolare e incasso d'alveo discreto.

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica, è noto che esse si differenziano secondo che la sede di deflusso sia l'alveo o le aree golenali e 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-altimetrico delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le superfici limitrofe e di allagamento giocano un ruolo determinante, la natura del suolo, la copertura vegetale, la frammentazione poderale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

Durante i sopralluoghi predisposti per aggiornare la cartografia del tratto fluviale del F. Eleuterio, dalla diga Scanzano alla foce, attraverso osservazioni dirette di campagna, sono stati fissati i parametri di scabrezza da utilizzare nel modello idraulico adoperato. L'osservazione diretta delle suddette caratteristiche sull'area in esame ha indirizzato ad una scelta di opportuni valori del coefficiente di Manning compresi tra 0,025 e 0,15 m^{-1/3}s.

3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua

3.3.3.1 Attraversamenti

L'individuazione e caratterizzazione geometrica degli attraversamenti fluviali risulta necessaria per valutare, attraverso il software HEC-RAS, se la portata massima, calcolata per fissato tempo di ritorno, defluisce senza sormontare l'attraversamento stesso.

Le opere di attraversamento principali presenti nell'area del bacino (tratto fluviale che dalla diga raggiunge la foce dell'Eleuterio) sono elencate di seguito (studio E.A.S., 1996):

nella parte più a monte:

- ponte Arcera
- ponte Salanza
- ponte Gerudda

nella parte centrale:

- ponte Murtiddi sulla Provinciale n.77 di Bolognetta e Villafrati
- viadotto sulla S.S. n.121

nella parte valliva:

- autostrada Palermo-Messina
- linea ferroviaria Palermo-Messina
- S.S. n.113 Settentrionale Sicula
- ponte sulla strada litoranea Aspra

3.3.3.2 Opere di sistemazione idraulica

Le opere di sistemazione idraulica che interessano direttamente il fiume non sono particolarmente rilevanti. Esse sono rappresentate da interventi discontinui di sistemazione costituiti da soglie e difese di sponda in muratura ed in cemento armato. Lungo l'asta fluviale non esistono arginature di rilievo.

3.3.4 Verifiche Idrauliche

Nel presente studio è stata condotta la verifica idraulica di un tratto del tronco fluviale del F. Eleuterio, a valle della diga Scanzano, compreso tra l'abitato di Misilmeri e la foce del fiume, per una lunghezza complessiva di circa 13 km.

I valori delle portate al colmo di piena utilizzati sono quelli corrispondenti al codice sezione HMS denominato "Foce" e riportati in Tabella 3.6.

Come detto precedentemente, per la simulazione idraulica è stato applicato il modello monodimensionale HEC-RAS nell'ipotesi di regime di moto permanente e corrente lenta (*subcritical*). Nelle condizioni al contorno si è imposta l'altezza critica della corrente nell'ultima sezione dell'alveo (foce). Sono state condotte tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena, valutata alla foce del fiume, per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni).

Per la simulazione idraulica sono state considerate 40 sezioni. I risultati delle verifiche, ottenuti applicando il modello HEC-RAS, sono riportati in ITR191_037-038_I_MONOGRAFIA. Le tabelle riportano, per fissato tempo di ritorno e per ciascuna sezione di calcolo, i valori della portata, dell'altezza idrica, della pendenza dell'alveo, della velocità media della corrente e la sezione idrica.

Per tutti i tempi di ritorno considerati i valori massimi del tirante idrico sono stati riscontrati nella sezione n.2500 (in planimetria indicata come V19 bis) mentre i valori minimi presso la foce (sezione n.19.179); per quanto riguarda la velocità media in alveo, il valore massimo si riscontra per un tempo di ritorno pari a 100 anni nella sezione n.7269.57 (in planimetria indicata come A28) mentre il valore minimo si ha presso la foce per un tempo di ritorno di 50 anni. In Tabella 3.6 sono riportati i valori estremi (massimi e minimi) dei tiranti idrici e delle velocità medie in alveo ottenuti in seguito alle simulazioni del modello HEC-RAS.

Tabella 3.6 Valori estremi dei tiranti idrici e delle velocità in alveo

Tempo di ritorno [anni]	Tirante idrico minimo [m] (n. sezione)	Tirante idrico massimo [m] (sezione n.)	Velocità minima [m/s] (n. sezione)	Velocità massima [m/s] (n. sezione)
50	2,4 (19.179)	8,4 (2500)	3,4 (19.179)	7,3 (2500)
100	2,5 (19.179)	8,9 (2500)	3,6 (19.179)	8,6 (2500)
300	2,5 (19.179)	9,6 (2500)	4,0 (19.179)	8,2 (7267.57)

Nello studio non è stata presa in considerazione, per carenza di dati, l'interazione fra la corrente fluviale ed il moto ondoso, fenomeno che solitamente riveste grande importanza per la corretta stima dei livelli idrici che si determinano durante le piene nel tratto terminale dell'asta fluviale.

3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

Nel tratto più a monte (nei pressi dell'abitato di Misilmeri), caratterizzato da un alveo più incassato, per tutte le condizioni studiate non sono state registrate particolari situazioni di esondazione eccetto che nella sezione n.12310 (nei pressi di "Molino Don Cola", tra la sez. A22 valle e A22 monte), in corrispondenza di un ponte di attraversamento e per il solo tempo di ritorno di 300 anni, e nella sezione n.10910 (nei pressi di "Vallone Rigano", tra la sez. A23 valle e A23 monte) sempre in corrispondenza di un ponte e per il solo tempo di ritorno di 300 anni. Infine, la sezione n.9200 (tra la sez. A25 monte e A25 valle) in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale che conduce all'abitato di Misilmeri, per tutti e tre i tempi di ritorno risulta parzialmente sommersa.

Nel tratto medio-vallivo, a pendenza più modesta, sono state individuate delle potenziali aree inondabili di estensione crescente all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento di piena considerato. In tale tratto, per tutti i tempi di ritorno esaminati, il corso d'acqua non riesce a far defluire all'interno dell'alveo le relative portate al colmo di piena, per cui le aree limitrofe ad esso risultano inondate.

La pericolosità "P" (identificata con l'area inondata) è stata valutata, seguendo la "metodologia semplificata" proposta dal D.I.I.A.A., in funzione del solo tempo di ritorno, ed in particolare, in modo inversamente proporzionale ad esso (vedi Tabella 3.7).

Tabella 3.7 Definizione delle pericolosità idraulica, P, Valore della superficie in ettari secondo la metodologia semplificata delle aree a pericolosità

T (anni)	P	Superficie (Ha)
50	P3 (elevata)	103.57
100	P2 (media)	115.60
300	P1 (bassa)	139.73

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. La carta della pericolosità (scala 1:10.000) è riportata in allegato al presente studio.

3.5 Analisi degli elementi esposti al rischio idraulico

Di seguito si forniscono le informazioni sugli elementi a rischio interessati dalle aree di pericolosità in funzione del tempo di ritorno T_r .

Al riguardo appare opportuno esporre di seguito il metodo utilizzato per la valutazione della popolazione esposta nei centri abitati e nuclei abitati

La determinazione, per ciascuna area a pericolosità idraulica, del numero di abitanti potenzialmente interessati è stata effettuata sulla base dei dati di censimento ISTAT anno 2011, supponendo che all'interno di ciascuna sezione di censimento la popolazione residente sia uniformemente distribuita.

In tale ipotesi il numero di abitanti interessato per ciascuna zona, indicato con ABT è stato calcolato sovrapponendo il poligono dell'area allagabile con il tematismo dei dati di censimento disaggregati fino all'unità di sezione di censimento mediante la seguente formula:

$$ABT_{ID} = \sum_{i=1}^n A_{intersect} * \frac{ABT_{sez_i}}{A_{sez_i}}$$

dove si è indicato con

ABT_{ID} il numero di abitanti potenzialmente interessati ricadenti nell'area di allagamento con codice identificativo ID oppure in assenza di codice identificato tramite la denominazione del tratto corso d'acqua;

ABT_{sez_i} e A_{sez_i} rispettivamente il numero di abitanti ricadenti nella sezione censuaria i-esima e l'area della sezione stessa;

$A_{intersect}$ l'area ottenuta dalla intersezione della sezione i-esima con l'area di allagamento.

La sommatoria deve essere estesa a tutte le sezioni di censimento che si sovrappongono all'area di allagamento

Pertanto il valore di popolazione così determinato ha la sola finalità di caratterizzare il livello di potenziale esposizione dell'area e non va inteso come effettiva presenza di abitanti

3.5.1 Elementi coinvolti per Tr=50 anni (Fiume Eleuterio)

L'analisi condotta ha evidenziato la parziale interferenza dell'area di allagamento con i centri abitati di Ficarazzi e Bagheria in corrispondenza della parte terminale del corso d'acqua. Non risultano sovrapposizioni tra i nuclei abitati dei comuni che ricadono nel bacino e l'area di allagamento. La stessa non interferisce con la rete autostradale e statale. Per la verifica del sormonto dei rilevati stradali (viabilità secondaria) si rimanda ai contenuti della monografia nella quale sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche per i fissati tempi di ritorno.

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tabella 3.8

Tabella 3.8 Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per Tr= 50 anni - Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	COINVOLTO/ (SI/NO)	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO	FICARAZZI, BAGHERIA	SI	35
NUCLEO ABITATO			
NUMERO ABITANTI TOTALI (FONTE ISTAT 2011)			35
VIABILITÀ SECONDARIA (SP, SC)		SI	

3.5.1.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità $Tr = 50$ anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dalla cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tabella 3.9 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità idraulica con tempo di ritorno pari a 50 anni.

Tabella 3.9 Estensione area tipologia uso del suoli nteressata da esondazione per $Tr = 50$ anni Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	4,65
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	89,76
2.2.3. Oliveti	3,93
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	5,09
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
4. ZONE UMIDE	
5. CORPI IDRICI	

3.5.2 Elementi coinvolti per $Tr=100$ anni (Fiume Eleuterio)

Si confermano le considerazioni rassegnate con riferimento al corso d'acqua in oggetto per il tempo di ritorno di 50 anni

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tabella 3.10

Tabella 3.10 Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per $Tr= 100$ anni - Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	COINVOLTO/ (SI/NO)	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO	FICARAZZI, BAGHERIA	SI	37
NUCLEO ABITATO			
NUMERO ABITANTI TOTALI (FONTE ISTAT 2011)			37
VIABILITÀ SECONDARIA (SP, SC)		SI	

3.5.2.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità $Tr =100$ anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dalla cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tabella 3.11 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto avente tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tabella 3.11 Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per $Tr = 100$ anni Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	4,90
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	99,55
2.2.3. Oliveti	4,48
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	6,54
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
4. ZONE UMIDE	
5. CORPI IDRICI	

3.5.3 Elementi coinvolti per $Tr=300$ anni (Fiume Eleuterio)

Si confermano le considerazioni rassegnate con riferimento al corso d'acqua in oggetto per il tempo di ritorno di 50 anni

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tabella 3.12

Tabella 3.12 Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per $Tr= 300$ anni - Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	COINVOLTO/ (SI/NO)	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO	FICARAZZI, BAGHERIA	SI	43
NUCLEO ABITATO			
NUMERO ABITANTI TOTALI (FONTE ISTAT 2011)			43
VIABILITÀ SECONDARIA (SP, SC)		SI	

3.5.3.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità $Tr = 300$ anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dalla cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tabella 3.13 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto avente tempo di ritorno pari a 300 anni.

Tabella 3.13 Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per $Tr = 300$ anni Fiume Eleuterio

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	5,493
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	118,37
2.2.3. Oliveti	6,205

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	9,51
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
4. ZONE UMIDE	
5. CORPI IDRICI	

4 ANALISI RISCHIO IDRAULICO RELATIVO AL TRATTO DEL F. ELEUTERIO COMPRESOTRA LA CONFLUENZA CON IL VALLONE S. VITO E LA CONFLUENZA CON IL VALLONE RAFFI

4.1 Studio Idrologico

Di seguito si riporta lo studio idraulico del tratto di asta fluviale del f. Eleuterio, ricadente nei territori dei comuni di Marineo, Santa Cristina Gela e, per una piccola porzione, Misilmeri, lungo circa 5 km, compreso tra la confluenza con il vallone S. Vito e la confluenza con il vallone Raffi.

La modellazione idraulica del corso d'acqua oggetto del presente studio è stata condotta utilizzando il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS in cui sono state utilizzate le portate al colmo di piena del sottobacino identificato con il codice "R330W330", riportate nella precedente sezione e riproposte nella tabella sottostante.

Lo scopo del presente studio è quello di verificare se le portate di cui alla Tabella 4.1 riescono a defluire lungo le sezioni del suddetto tratto di asta fluviale senza dare luogo ad esondazioni.

Tabella 4.1 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per fissati tempi di ritorno, relative al sottobacino R330W330

Sottobacino N°	Codice sottobacino HMS	Superficie (km ²)	$Q_{t=50}$ (m ³ /s)	$Q_{t=100}$ (m ³ /s)	$Q_{t=300}$ (m ³ /s)
3	R330W330	120,66	335,60	399,02	501,84

4.2 Studio Idraulico

Calcolate le portate di piena occorre verificare se le sezioni del corso d'acqua riescano a trasportarle senza dar luogo ad esondazioni.

4.2.1 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell'alveo

Come anzidetto il tratto di fiume Eleuterio in studio, lungo circa 5 km, è compreso tra la confluenza con il vallone S. Vito e la confluenza con il vallone Raffi. In tale tratto la direzione è Sud-Ovest Nord-Est, l'andamento planimetrico è abbastanza regolare, la valle risulta relativamente stretta e incassata e l'alveo sufficientemente incassato.

In occasione di un sopralluogo, avente per oggetto il rilievo degli attraversamenti, attraverso osservazioni dirette di campagna si è potuto fissare un valore del coefficiente di Manning, da utilizzare nel modello idraulico, pari a 0,08 m^{-1/3}s sia per l'alveo che per le zone golenali.

4.2.2 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua

4.2.2.1 Attraversamenti

L'individuazione e caratterizzazione geometrica degli attraversamenti fluviali risulta necessaria per valutare, attraverso il software HEC-RAS, se la portata massima, calcolata per fissato tempo di ritorno, defluisce senza sormontare l'attraversamento stesso.

Le opere di attraversamento principali presenti, nel tratto in studio, sono elencate nella seguente tabella:

Tabella 4.2 Elenco delle opere principali di attraversamento presenti nel tratto fluviale in studio.

Codice attraversamento	Distanza progressiva dalla prima sezione di monte (m)	Denominazione
A1	970	Attraversamento presso ex Mulino Calderoni
A2	1110	Ponte della Madonna
A3	2430	1° attraversamento presso ex Mulino Stretto
A4	3020	2° attraversamento presso ex Mulino Stretto
A5	4180	Attraversamento presso ex Mulino di Mezzo
A6	4830	Attraversamento presso Monte Tesoro

In occasione di un sopralluogo, avente per oggetto il rilievo dei suddetti attraversamenti, si è potuto constatare che gli attraversamenti identificati con i codici A1 e A3 hanno un'adifferenza tra la quota dell'intradosso dell'impalcato e la quota del fondo alveo moltomaggiore rispetto ai tiranti idrici che si instaurano in corrispondenza alle portate relative ai 3 tempi di ritorno scelti, mentre l'attraversamento A5 è costituito da un guado. Per tali motivi si è scelto di non inserire i dati geometrici relativi a tali attraversamenti nel software HEC-RAS.

4.2.3 Verifiche Idrauliche

I dati di input geometrici utilizzati per la modellazione di HEC-RAS derivano interamente dalla cartografia CTR in scala 1:10.000.

Come detto precedentemente, per la simulazione idraulica è stato applicato il modello monodimensionale HEC-RAS nell'ipotesi di regime di moto permanente e corrente mista (mixed). Nelle condizioni al contorno si è imposta l'altezza critica della corrente nella prima che nell'ultima sezione dell'alveo. Sono state condotte 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 26 sezioni ed i risultati delle verifiche idrauliche sono riportate, nella monografia ITR191_037-038_I_MONOGRAFIA. La tabella riporta, per fissato tempo di ritorno e per ciascuna sezione di calcolo, i valori della portata, della quota fondo alveo, della quota pelo libero, del tirante idrico fondo alveo, della pendenza della linea dei carichi totali, della velocità media della corrente in alveo e la sezione idrica.

I valori massimi del tirante idrico sono stati riscontrati; nella sezione n. 8 per i tre tempi di ritorno, T = 50 anni; T = 100 anni e T = 300 anni. Mentre i valori minimi sono stati riscontrati nella sezione 12 (3) anche in questo caso per i tre tempi di ritorno T = 50anni, T = 100 anni e T = 300 anni.

Per quanto riguarda la velocità media in alveo, il valore massimo si riscontra, per i tre tempi di ritorno, T = 50 anni, T = 100 e T = 300 anni, nella sezione n. 8. Mentre il valore minimo della velocità si ha, per i tre tempi di ritorno T = 50 anni, T = 100 e T = 300 anni, nella sezione n. 17 (4).

In

Tabella 4.3 sono riportati i valori estremi (massimi e minimi) dei tiranti idrici e delle velocità medie in alveo ottenuti in seguito alle simulazioni del modello HEC-RAS.

Tabella 4.3 Valori estremi dei tiranti idrici e delle velocità in alveo

Tempo di ritorno (anni)	Tirante idrico minimo (m) <i>(n. sezione)</i>	Tirante idrico massimo (m) <i>(n. sezione)</i>	Velocità minima (m/s) <i>(n. sezione)</i>	Velocità massima (m/s) <i>(n. sezione)</i>
50	2.0 <i>(12(3))</i>	6.3 <i>(8)</i>	1.8 <i>(17(4))</i>	11.1 <i>(8)</i>
100	2.4 <i>(12(3))</i>	7 <i>(8)</i>	1.9 <i>(17(4))</i>	11.7 <i>(8)</i>
300	2.9 <i>(12(3))</i>	8.9 <i>(8)</i>	2.1 <i>(17(4))</i>	11.2 <i>(8)</i>

I risultati delle verifiche, ottenuti applicando il modello HEC-RAS, sono riportati in ITR191_037-038_I_MONOGRAFIA.

4.3 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

La pericolosità “P” (identificata con l’area inondata) è stata valutata, seguendo la “metodologia semplificata” riportata nella Relazione Generale del P.A.I., funzione del solo tempo di ritorno, ed in particolare, in modo inversamente proporzionale ad esso.

Tabella 4.4 Definizione delle pericolosità idraulica, P, secondo la metodologia semplificata

T (anni)	P
50	P3 (elevata)
100	P2 (media)
300	P1 (bassa)

Alla luce dei risultati del calcolo idraulico, eseguito con l’ausilio del software HEC-RAS, condotto per il tratto fluviale in studio è possibile affermare che non ci sono delle differenze apprezzabili per quanto riguarda l’estensione delle aree a pericolosità per i tre tempi di ritorno. Si è pertanto proceduto a tracciare soltanto l’area a pericolosità elevata (P3) relativa al tempo di ritorno T = 50 anni.

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. Nella carta della pericolosità (scala 1:10.000) per i motivi sopra descritti, sono state riportate soltanto le aree a pericolosità “P3” per un totale di circa 20 Ha.

Tali aree sono riportate nella seguente Tabella 4.5.

Tabella 4.5 Definizione delle pericolosità idraulica, P, secondo la metodologia semplificata, Valore della superficie in ettari delle aree a pericolosità

T (anni)	P	Superficie (Ha)
50	P3 (elevata)	20
100	P2 (media)	
300	P1 (bassa)	

La carta della pericolosità (scala 1:10.000) è riportata in allegato al presente studio.

4.4 Mappe di rischio

Di seguito si forniscono le informazioni sugli elementi a rischio interessati dalle aree di pericolosità in funzione del tempo di ritorno Tr.

4.4.1 Elementi coinvolti per Tr=50 anni (Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi)

L’analisi condotta ha evidenziato l’interferenza dell’area di allagamento alcune case sparse. Non risultano sovrapposizioni tra i centri ed i nuclei abitati dei comuni che ricadono nel bacino e l’area di allagamento. La stessa non interferisce con la rete autostradale, statale.

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tabella 4.6

Tabella 4.6 Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per Tr= 50 anni - Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi.

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	COINVOLTO/ (SI/NO)	NUMERO ABITANTI
VIABILITÀ SECONDARIA (SP, SC)	PONTE DELLA MADONNA E ATTRAVERSAMENTO PRESSO MONTE TESORO	SI	

4.4.1.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità Tr = 50 anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell’uso del suolo definita dalla cartografia dell’uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tabella 4.7 **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall’areale di pericolosità del dissesto avente tempo di ritorno pari a 50 anni.

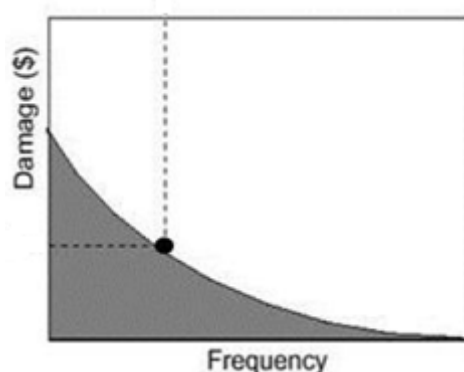
Tabella 4.7 Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per $Tr = 50$ anni - Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.3. Oliveti	18,62
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	1,392
4. ZONE UMIDE	
5. CORPI IDRICI	

5 ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO

I danni possono essere suddivisi in “**diretti**” e “**indiretti**”; tale distinzione è dovuta al fatto che i beni possono essere a contatto o meno con l’evento naturale che nella fattispecie dell’evento alluvionale è l’acqua. Tali danni possono essere ulteriormente suddivisi in danni “**tangibili**” e “**intangibili**” in funzione della possibilità o meno di poter assegnare un valore monetario a tali danni. Alcuni esempi di danni tangibili sono la perdita economica subita, a causa di un evento alluvionale, su edifici, infrastrutture oppure la perdita del raccolto di una superficie coltivata, mentre per quanto riguarda alcuni esempi di danno intangibile si possono citare la perdita di un’area archeologica, di beni artistici di inestimabile valore oppure il danno ad un ecosistema.

Il danno atteso¹ medio annuo (Expected Annual Damage, EAD), pari all’area sottesa dalla curva “*danno – frequenza di superamento*”, può interpretarsi come il valore costante di una rateizzazione annua del danno, che si prevede possa verificarsi in futuro, e permette di valutare il beneficio netto conseguente ad un determinato progetto di mitigazione del danno. Per ottenere la curva “*danno-frequenza di superamento*”, la cui costruzione è empirica, si procede combinando le seguenti relazioni:



- “danno - livelli idrici” (oppure “danno-portata”) che deriva dalla soluzione idraulica del problema di inondazione, noti vulnerabilità e valore economico dei beni: rappresenta il danno economico causato dai vari livelli di piena (oppure portate) in una determinata area;
- “altezza-frequenza di superamento” (oppure “portata-frequenza di superamento”): scaturisce dalle usuali analisi di frequenza degli eventi di piena.

Tale valore del danno atteso medio annuo (EAD) consente, nell’analisi costi-benefici, la valutazione del beneficio netto relativo ad un intervento progettuale. Infatti tale beneficio è dato dalla differenza tra il valore EAD relativo allo stato di fatto (opzione di non intervento) con il valore EAD relativo alla soluzione progettuale prescelta.

Per ulteriori approfondimenti si rinvia all’Allegato “*I costi e i benefici (Valutazione del danno atteso e analisi economiche)*” della Relazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

5.1 Metodologia di valutazione economica del danno atteso

La valutazione economica del danno potenziale diretto causato da un evento alluvionale può essere fatta avvalendosi di due metodologie: **metodo con le curve “tiranti-danno”** e **metodo “speditivo”**.

Per applicare il metodo con le curve “tiranti-danno” è necessario conoscere le curve del danno in funzione del tirante idrico per le più importanti classi del suolo del CORINE Land Cover. Pertanto

¹Secondo la teoria della probabilità, il valore atteso di una variabile casuale discreta (che assuma cioè solo un numero finito o una infinità numerabile di valori) è dato dalla somma dei possibili valori di tale variabile, ciascuno moltiplicato per la probabilità di verificarsi. Corrisponde, quindi, alla media ponderata dei possibili risultati.

il danno potenziale è calcolato, per ognuno dei tre tempi di ritorno considerati, elaborando i dati dei tiranti idrici relativi alle aree inondate con le classi di uso del suolo del CORINE Land Cover applicando le suddette curve “tiranti-danno”.

Il metodo “speditivo” consiste invece nel calcolare il danno potenziale diretto causato da un evento alluvionale per alcune delle più importanti classi di uso del suolo del CORINE Land Cover moltiplicando, per ognuna di esse, il danno unitario relativo a ciascuna classe per la superficie dell’area interessata dall’inondazione. Tale metodo si applica nel caso in cui non siano disponibili le suddette curve “tiranti-danno”.

In considerazione del fatto che per il contesto italiano non sono disponibili curve “tiranti-danno”, per la valutazione del danno atteso per le aree inondate, di cui alle mappe di pericolosità ai sensi dell’art. 6 del D.lgs. 23.02.2010 n. 49 adottate con delibera della Giunta Regionale n. 349 del 14.10.2013, si è scelto di applicare il metodo “speditivo” individuando le seguenti quattro classi di uso del suolo del CORINE Land Cover per ognuna delle quali è stato assegnato un valore unitario di danno²:

<i>1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo</i>	€ 618 / m ² ;
<i>1.1.2 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado;</i>	€ 309 / m ² ;
<i>1.2.1 Aree industriali commerciali e dei servizi pubblici e privati</i>	€ 475,5 / m ² ;
<i>2. Superfici agricole utilizzate</i>	€ 0,63 / m ² .

Per ulteriori approfondimenti si rinvia all’Allegato “ *I costi e i benefici (Valutazione del danno atteso e analisi economiche)*” della Relazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

Le successive tabelle riassumono i valori del danno, espressi in €, in corrispondenza di ogni tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni) e per ogni areale di esondazione relativi al bacino idrografico del F. Eleuterio, tratto vallivo, e del Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi.

Tabella 5.1 Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=50 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F.me Eleuterio

Codice esondazione	Denominazione corso d’acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m²)	Danno unitario (€ / m²)	Danno (€)
	Fiume Eleuterio	Tessuto urbano discontinuo	46.561,93	309	14.387.635,93
		Frutteti e frutti minori	897.627,99	0,63	565.505,64
		Uliveti	39.341,83	0,63	24.785,35
		Sistemi colturali e particellari permanenti	50.927,01	0,63	32.084,02

² Tali valori sono stati tratti da uno studio sul bacino del fiume Po, in seguito all’alluvione del 2000, che prende spunto dai risultati della stessa ricerca del 2007 condotta a livello europeo dai consulenti della HKV per conto della JRC

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
				Totale	15.010.010,94

Tabella 5.2 Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=100 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
	Fiume Eleuterio	Tessuto urbano discontinuo	49.079,64	309	15.165.609,61
		Frutteti e frutti minori	995.542,12	0,63	627.191,54
		Uliveti	44.800,33	0,63	28.224,21
		Sistemi colturali e particellari permanenti	65.411,81	0,63	41.209,44
				Totale	15.862.234,79

Tabella 5.3 Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=300 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F.me Eleuterio

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
	Fiume Eleuterio	Tessuto urbano discontinuo	54.935,50	309	16.975.070,66
		Frutteti e frutti minori	1.183.787,60	0,63	745.786,19
		Uliveti	62.057,80	0,63	39.096,41
		Sistemi colturali e particellari permanenti	95.342,55	0,63	60.065,80
				Totale	17.820.019,07

Tabella 5.4 Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=50 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi

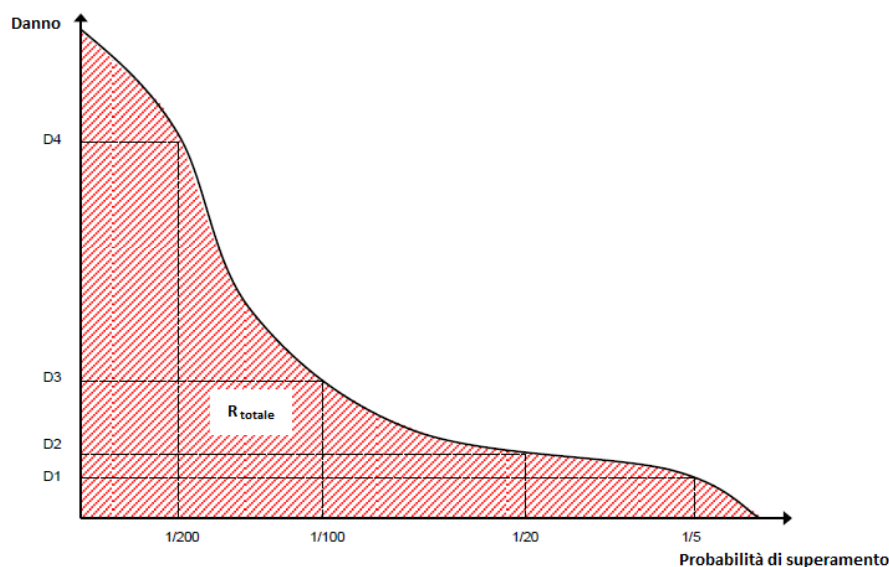
Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
	F. Eleuterio tra la confluenza del V. S. Vito e la confluenza	Uliveti	186.145,31	0,63	117.271,55

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
	con il V Raffi				
				Totale	117.271,55

5.2 Valutazione del danno economico atteso medio annuo

Come definito nel par. 4.1 il danno atteso medio annuo è pari all'area sottesa dalla curva "Danno – probabilità di superamento" ed equivale al rischio totale come mostrato nella successiva fig. 4.1

Fig. 5.1- Curva "Danno - probabilità di superamento"



Spesso non è facile stabilire l'esatto andamento di tale curva perché si conoscono soltanto pochi punti di essa. In tali casi l'approssimazione fatta per valutare il suddetto "danno atteso medio annuo" (rischio) è fatta applicando la seguente formula³:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^k D[i] * \Delta P_i \quad \text{dove} \quad \bar{D} \quad \text{è il danno atteso medio annuo}$$

con

$$D[i] = \frac{D(P_{i-1}) + D(P_i)}{2} \quad D[i] \quad \text{è il danno medio relativo a due punti, "i-1" e "i" della curva}$$

e

³FLOODsite, (2007): GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management

$$\Delta P = |P_i - P_{i-1}|$$

ΔP

è la probabilità dell'intervallo tra i suddetti punti

Ricordando che la probabilità di superamento è pari all'inverso del tempo di ritorno si ha:

$$P_{50} = 1 / 50 = 0,02$$

$$P_{100} = 1 / 100 = 0,01$$

$$P_{300} = 1 / 300 = 0,0033$$

Nel nostro caso la "i" può assumere i valori 50, 100 e 300 (tempi di ritorno in anni), inoltre sono noti i relativi valori del danno; in cui per esempio $D(P_{50})$ è il valore del danno per una probabilità di superamento di 0,02

quindi

$$\bar{D} = [D(P_{100}) + D(P_{300})] * (0,01 - 0,0033) / 2 + [D(P_{50}) + D(P_{100})] * (0,02 - 0,01) / 2$$

Nella seguente tabella sono riportati i valori del "danno atteso medio annuo" valutato l' areale di esondazione ricadente nel bacino idrografico del F. Eleuterio, tratto vallivo, e del Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi.

Tabella 5.5 Danno atteso medio annuo relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	D(P ₅₀) (€)	D(P ₁₀₀) (€)	D(P ₃₀₀) (€)	Danno atteso medio annuo (€)
	Fiume Eleuterio	15.010.010,94	15.862.234,79	17.820.019,07	267.196,8

Tabella 5.6 Danno atteso medio annuo relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	D(P ₅₀) (€)	D(P ₁₀₀) (€)	D(P ₃₀₀) (€)	Danno atteso medio annuo (€)
	Fiume Eleuterio compreso tra la confluenza del Vallone S. Vito e la confluenza con il Vallone Raffi	117.271,55			586,36

6 LE MISURE DI PIANO

La definizione delle misure di piano è stata effettuata sulla scorta dell'analisi effettuata e degli obiettivi di piano stabiliti e dei criteri e priorità fissati riportati nella relazione generale cui si rinvia.

Appare utile in questa sede evidenziare che l'efficacia delle misure pianificate va valutata considerando in modo coordinato e in sinergia con gli interventi e misure definite negli altri strumenti di pianificazione.

A tal proposito vanno considerati gli interventi previsti dal Piano forestale e dal piano per l'assetto idrogeologico, in relazione agli effetti che possono avere sulle misure di prevenzione e protezione.

Per quanto riguarda in particolare il Piano Forestale Regionale dal momento che in esso sono previsti interventi di rimboschimento e di sistemazione idraulico forestale non si è ritenuto necessario prevedere ulteriori interventi della stessa tipologia ma piuttosto si è tenuto conto di tali previsioni nel Piano di gestione considerando i loro effetti per la definizione delle ulteriori misure interventi di protezione con particolare riferimento a quelli strutturali.

Per quanto riguarda il PAI già in esso erano stati previsti alcune misure d'intervento di tipo non strutturale che in questa sede sono ribadite prevedendo il loro aggiornamento e riorganizzazione.

Ulteriore coordinamento è quello operato con le misure del Piano di gestione del Distretto idrografico di cui alla Direttiva 2000/60 con riferimento ai criteri di gestione naturalistica stabiliti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni confermando e riprendendo quelle già individuate nel Piano di gestione del Distretto(PdG) ex direttiva 2000/60.

Le misure individuate sono riportate nelle tabelle seguenti.

L'attuazione delle misure verrà effettuata secondo priorità utilizzando gli strumenti di attuazione individuati e descritti nella relazione generale e di seguito riportati .

- La programmazione Negoziata
- La pianificazione urbanistica integrata e sostenibile
- I programmi di manutenzione
- I programmi di conoscenza
- La regolamentazione
- Attivazione delle misure di preparazione e di potenziamento della protezione civile

Tabella 6.1 misure di prevenzione

Funzione	misure	azioni	Tipologia
Prevenzione	Limitazioni all'uso – Regolamentazione	Misurare per evitare la localizzazione di nuovi o ulteriori elementi vulnerabili in aree soggette a inondazioni,	Non strutturali
		politiche di pianificazione dell'uso del suolo o regolamentazione	Non strutturali
		Fasce di pertinenza fluviale	Non strutturali
	Riduzione della vulnerabilità	Misure per adattare gli elementi vulnerabili e per ridurre le conseguenze negative in caso di alluvione (resilienza floodproofing)	Non strutturali
	Attività di sorveglianza	Ricognizione periodica	Non strutturali
		Polizia idraulica	Non strutturali
		Manutenzione del territorio	Non strutturali
	Programmi di conoscenza	Miglioramento dei modelli di valutazione della pericolosità e del rischio	Non strutturali
		Estensione degli studi a tutte le aree d'attenzione	Non strutturali
	Norme tecniche	indirizzi e prescrizioni per la progettazione d'interventi interferenti con le aree d'esondazione	Non strutturali
		indirizzi e prescrizioni per la progettazione d'interventi di opere di difesa e di mitigazione del rischio;	Non strutturali
		indirizzi e prescrizioni per la redazione di studi di compatibilità idraulica	Non strutturali
		indirizzi e prescrizioni per gli interventi di manutenzione e gestione dei sedimenti	Non strutturali

Tabella 6. 2 - Misure di preparazione e di protezione civile

Funzione	Misure	Azioni	Tipologia
3 Preparazione e protezione civile	3.1 Previsione e allertamento	3.1.1 Centro funzionale (monitoraggio sorveglianza allertamento)	Non strutturali
		3.1.2 Sistemi di allerta	Non strutturali
		3.1.3 Presidio territoriale	Non strutturali
	3.2 Riduzione delle portate di al colmo tramite piani di Laminazione delle piene degli invasi		Non strutturali
	3.3 Piani di emergenza	3.1.4 Piani di protezione civile	Non strutturali
	3.4 Sensibilizzazione		Non strutturali
	3.5 Formazione		Non strutturali