

REPUBBLICA ITALIANA

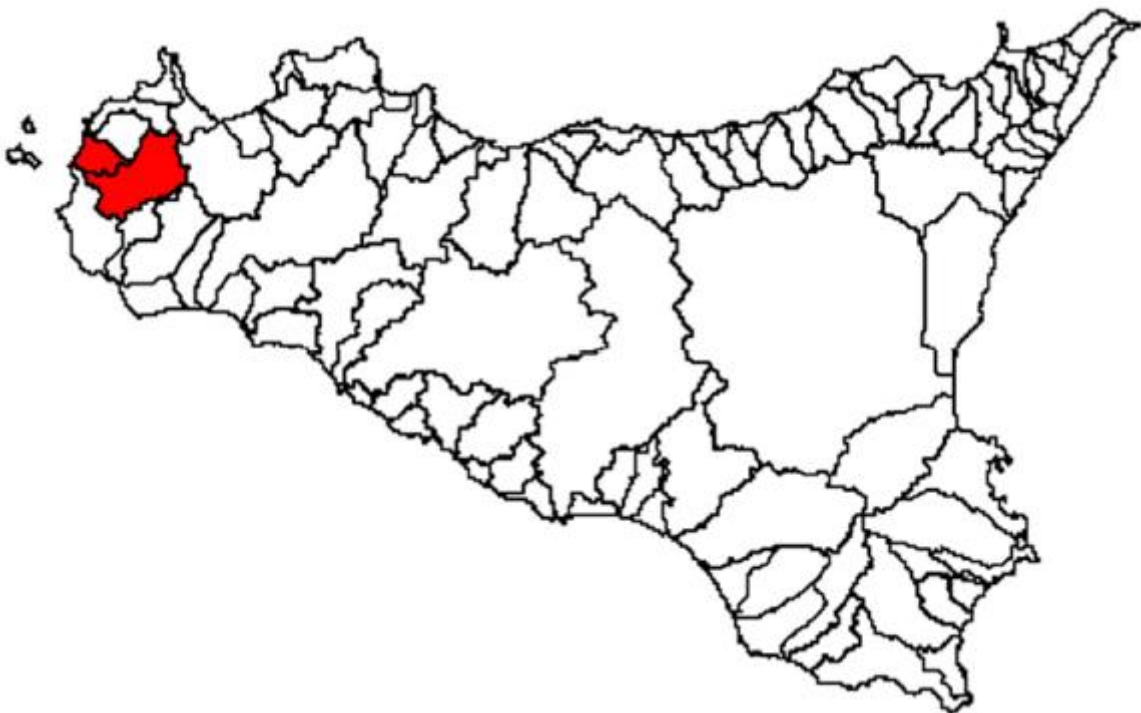


Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente  
DIPARTIMENTO DELL' AMBIENTE  
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

## **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. 16 - Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051)**



---

### **Monografia di Bacino**

Novembre 2015

## **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. Birgi.

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 del D.Lgs. 49/2010.

Le mappe adottate con Deliberazione della Giunta Regionale 349 del 13 ottobre 2010 sono state pubblicate sul sito internet [http://www.artasicilia.eu/old\\_site/web/bacini\\_idrografici](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.Lgs 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

Il Bacino del Fiume Birgi si localizza nella estrema porzione occidentale della Sicilia ed occupa una superficie complessiva di circa 336 km<sup>2</sup>.

La forma dell'area in esame è subrettangolare, con una direzione di allungamento NE-SO e con una appendice nord-occidentale costituita dalla foce del fiume Chinisia-Birgi. Rispetto alla direzione di allungamento, l'area raggiunge la sua massima larghezza, pari a circa 27 km, nella porzione centrale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce sensibilmente, fino a circa 9 km, nella porzione Nord-orientale.

Il Fiume Birgi nasce con il nome di Fiume Fittasi nel Territorio del comune di Buseto Palizzolo e si sviluppa, per circa 43 km, attraverso il territorio comunale di Trapani e marginalmente quello di Paceco.

bacini confinanti con quello del Fiume Birgi sono il Bacino del Fiume Lenzi a Nord ed il Bacino del F. Màzaro a Sud-Est. A Nord-Est il Bacino è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Lenzi Baiata mentre a SO è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Màzaro (052).

Il bacino idrografico del Fiume Birgi ricade interamente nel territorio della provincia di Trapani ed è compreso nei fogli n° 593 Castellamare del Golfo, 605 Paceco, n° 606 Alcamo e n°617 Marsala della Carta d'Italia in scala 1:50.000 dell'I.G.M.

Per quanto riguarda le C.T.R. in scala 1:10.000 l'area in studio ricade nelle seguenti 16 sezioni:

593130 – 593140 – 606010 - 606020 – 605080 – 606050 – 606060- 605100 - 605110– 605120 – 606090 – 606100 – 605150 – 605160 – 617030 – 617040.

Il bacino si sviluppa nella estrema porzione nord-occidentale della Sicilia, interessando, da un punto di vista amministrativo, il territorio della provincia di Trapani e, in particolare, i territori di otto comuni (Buseto Palizzolo, Calatafimi, Erice, Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Salemi, Trapani). Di questi comuni, all'interno dell'area non cade nessun centro abitato ma i soli nuclei abitati di Ballata (comune di Erice), Fulgatore e Ummari (comune di Trapani), Dara (comune di Marsala).

Il Fiume Birgi, dopo il primo tratto, in cui come detto prende il nome di F. Fittasi, prosegue prima con il nome di Fiume Bordino e poi con quello di Fiume Borrania. In questo tratto centrale il corso d'acqua riceve, in sinistra idrografica, dapprima gli apporti del Torrente della Cuddia e poi quelli della Fiumara Pellegrino, proseguendo poi con il nome di Fiume della Marcanzotta.

L'ultimo tratto del Fiume Birgi è stato deviato ed incanalato nel Fiume Chinisia, che sfocia poco a Nord di Torre San Teodoro. In conseguenza di ciò, del vecchio corso del Fiume Birgi resta un ramo molto breve, a nord della foce del Fiume Chinisia.

All'interno del bacino è presente l'invaso artificiale costituito dal Lago Rubino, realizzato sul

Torrente della Cuddia mediante uno sbarramento di materiale sciolto, alto circa 30 m, con nucleo centrale di tenuta di materiale argilloso. Il serbatoio Rubino, in esercizio da diversi anni, è situato nell'area a monte del Bacino del Birgi, sul lato occidentale di Montagna Grande, ed ha una capacità utile di progetto di 10.2 Mm<sup>3</sup> d'acqua, con funzione di accumulo e modulazione dei deflussi naturali a servizio della vasta piana sottostante. Le acque del Fiume Birgi sono utilizzate prevalentemente per uso irriguo, con richieste di derivazione concentrate nella parte alta del suo corso.

Come già detto, da un punto di vista amministrativo, il bacino del F. Birgi e l'area territoriale ad esso contigua ricadono esclusivamente all'interno della provincia di Trapani. In particolare, l'area in studio comprende un totale di otto territori comunali.

In Tab.1.1 si riporta l'elenco dei comuni ricadenti all'interno del territorio in esame: il numero di residenti in ciascuno dei suddetti comuni si riferisce ai dati ISTAT concernenti l'anno 2003.

**Tabella 1-1** -Territori comunali ricadenti nel Bacino del Fiume Birgi e nell'area territoriale tra il bacino idrografico del F. Birgi e il bacino idrografico del Fiume Lenzi Baiata.

PROVINCIA	COMUNE	RESIDENTI (dati ISTAT 2003)	AREE			Centro abitato ricadente nell'area territoriale
			A <sub>Totale</sub> [km <sup>2</sup> ]	A <sub>nell'area territoriale</sub> [km <sup>2</sup> ]	A <sub>nell'area Territoriale</sub> /A <sub>Totale</sub> [%]	
TRAPANI	Buseto Palizzolo	3.192	72,44	33,12	45,72	No
	Calatafimi	7.425	154,55	2,29	1,48	No
	Erice	28.926	47,31	9,77	20,65	No
	Marsala	77.995	244,09	83,28	34,12	No
	Mazara del Vallo	50.674	274,58	2,78	1,01	No
	Paceco	10.963	57,56	22,94	39,85	No
	Salemi	11.521	181,40	43,22	23,83	No
	Trapani	68.417	236,51	227,17	96,05	No
<b>TOTALE</b>		136.083	1.268,44	424,57	33,47	0

## 1.2 Morfologia

Il territorio interessato dal bacino idrografico del Fiume Birgi e dall'Area territoriale contigua è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con pendenze blande, anche se non mancano paesaggi aspri e accidentati, nella zona montana, nè ampie pianure costiere, spianate dall'azione del mare nel periodo Quaternario.

Un aspetto morfologico rilevante è la presenza delle saline di Trapani e Paceco, specchi di

mare a bassissima profondità, che si trovano in un'antica piana alluvionale invasa dalle acque marine. Il sito, che si estende tra la foce del vecchio corso del Fiume Birgi e quella del Fiume Lenzi Baiata, costituisce una delle più importanti aree umide costiere della Sicilia occidentale, occupato in gran parte da saline coltivate in maniera tradizionale, con pantani e campi coltivati in aree marginali.

Tra i principali elementi morfologici che contraddistinguono il territorio in studio si individuano i terrazzi marini di età quaternaria, che interessano soprattutto l'area territoriale, sviluppandosi, con pendenze molto blande, dalla linea di costa verso l'interno, fino a quote massime di circa 140 m s.l.m.

In particolare sono distinguibili, in base alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, diversi ordini di terrazzi costieri: a quote comprese tra 0 e 10 m, a quote comprese tra 10 e 125 m s.l.m., ed il Grande Terrazzo Superiore, limitato alla fascia più interna, fino a quote di circa 140 m s.l.m..

Tale morfologia ad andamento subpianeggiante, che con debole acclività risale dalla linea di costa fino a quote di circa 100 m, è interrotta, trasversalmente, dai gradini corrispondenti agli orli dei terrazzi e da strutture calcarenitiche più rilevate come quella di Timpone Cutusio, di oltre 20 m più elevato del circostante terrazzo; longitudinalmente la continuità morfologica è invece interrotta dalle incisioni fluviali del Fiume Chinisia-Marcanzotta, del F. Birgi e del T. Verderame.

Un elemento morfologico di notevole rilevanza, seppure di origine antropica, è invece rappresentato dalle numerose cave di calcarenite presenti diffusamente nei territori in studio. Si tratta in prevalenza di cave a cielo aperto ormai quasi del tutto inutilizzate, e spesso riempite da materiali di risulta delle lavorazioni di estrazione.

Verso le aree più interne, le pianure costiere di natura calcarenitica ed i terrazzi marini lasciano il posto ai depositi prevalentemente plastici di età miocenica e pliocenica, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando ed arrotondato. Lungo tali versanti, il principale processo morfodinamico è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate.

Laddove affiorano i terreni lapidei costituiti dalle calcilutiti del Cretaceo-Oligocene, la morfologia è rappresentata da rilievi modesti (la quota massima è di 751 m s.l.m. di Montagna Grande) ma dai versanti acclivi, a volte associati a fasce detritiche; i principali processi geomorfologici che interessano questi terreni sono la disgregazione fisica e l'erosione delle masse litoidi, con conseguenti frane di crollo e ribaltamento.

Alla luce di quanto sopra detto i fenomeni di dissesto nell'area territoriale in studio sono piuttosto rari e poco estesi arealmente. I pochi dissesti individuati sono riconducibili a

## **1.3 1.3 Idrografia**

### ***Bacino del Fiume Birgi***

#### L'asta principale

Nella zona di monte il Fiume Birgi consta di due rami; il ramo settentrionale, che nasce dai rilievi collinari di M. Murfi (510 m s.l.m.) e Piano Neve, dopo il primo tratto in cui prende il nome di F. Fittasi, prosegue con il nome di Fiume Bordino.

Il ramo meridionale, che nasce dal complesso di Montagna Grande, è interessato nel suo percorso dal serbatoio Rubino. Da monte verso valle comprende due tratti: il primo, denominato T. Fastaia, è incassato tra Montagna Grande ed i rilievi di c.da Baglietto e le sue acque defluiscono quasi interamente nell'invaso, a valle dello sbarramento resta infatti solo un tratto, inferiore ad un chilometro, che confluisce nel F. della Cuddia; il secondo tratto, costituito dal F. della Cuddia, scorre in direzione E-O fra i rilievi di Timpone delle Guarine e della Montagnola della Borrania a Sud e quelli di Timpone di Fittasi e c.da Tammareddara a Nord.

Il F. della Cuddia confluisce con il ramo settentrionale del Birgi denominato F. di Bordino, proseguendo, sempre con direzione E-O, con il nome di F. di Borrania prima e F. della Marcanzotta poi.

L'asta prosegue ancora, con un'inalveazione artificiale ad andamento rettilineo che esclude l'ultimo tratto del vecchio corso del Birgi, sotto il nome di F. Chinisia. Del vecchio corso del F. Birgi resta, pertanto, soltanto la vecchia foce, alimentata da pochi e brevi tributari.

Il bacino imbrifero del Fiume Birgi nel complesso presenta una forma approssimativamente rettangolare, il reticolo idrografico è di tipo subdendritico, con una densità maggiore nelle aree argillose, mentre è poco ramificato in corrispondenza dei terreni permeabili. In particolare, in corrispondenza dei calcarenitici, affioranti soprattutto nell'Area

Territoriale, l'area è drenata superficialmente da alcuni fossi e linee di impluvio di scarsa importanza mentre l'unico impluvio di una certa rilevanza è il T. Verderame.

## 1.4 Uso del Suolo

Per quanto concerne le caratteristiche di utilizzazione del suolo dell'area in studio ci si è avvalsi dei dati della Corine Land Cover (CLC) descrivendoli fino al III livello.

Il quadro vegetazionale del bacino del Fiume Birgi e dell'area tra il Fiume Lenzi e il Fiume Birgi si presenta abbastanza diversificato; si caratterizza per la dominanza nel paesaggio agrario delle aree coltivate a vigneto e a seminativi. Tra le colture arboree si riscontra anche l'olivo.

Le aree urbanizzate a tessuto più denso riguardano le numerose contrade dei comuni di Erice, Marsala, Paceco e Trapani ed occupano una percentuale significativa soprattutto in prossimità della zona costiera. Un'area aeroportuale militare e civile, denominata "Birgi", ricade nel territorio dei comuni di Marsala e Trapani.

Il paesaggio agrario, invece, conquista la percentuale più vasta nel resto del territorio.

Nella Tab. 1.1 vengono rappresentate le tipologie dell'uso del suolo e la loro distribuzione percentuale all'interno del Bacino del Fiume Belice, ricavate dai dati estrapolati dalla "Carta dell'uso del suolo" della Corine Land Cover (CLC)

Tab. 1.1 Tipologia uso del suolo dell'area

Tipologia di uso del suolo	%
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	

<b>Tipologia di uso del suolo</b>	<b>%</b>
1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0.8
1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	
1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0.1
1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	
1.2.3. Aree portuali	
1.2.4. Aeroporti	1.6
1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	
1.3.1. Aree estrattive	0.3
<b>2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE</b>	
2.1. Seminativi	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	34.5
2.2. Colture permanenti	
2.2.1. Vigneti	48.6
2.4. Zone agricole eterogenee	
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	4.5
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	2.3
<b>3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI</b>	
3.1. Zone boscate	
3.1.2. Boschi di conifere	3.1
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie	0.3
3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	0.1
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	2.5
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.4
<b>4. ZONE UMIDE</b>	

Tipologia di uso del suolo	%
4.2. Zone umide marittime	
4.2.1. Paludi salmastre	0.1
5. CORPI IDRICI	
5.1. Acque continentali	
5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie	0.2
5.1.2. Bacini d'acqua	0.3

## 1.5 Cenni di climatologia

Per definire il microclima del settore occidentale della Sicilia nel quale ricadono il bacino idrografico del Fiume Birgi e l'area territoriale tra i bacini idrografici del Fiume Birgi e del Fiume Lenzi Baiata sono stati considerati gli elementi climatici temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno dell'area in esame o limitrofe ad essa.

Le informazioni sono state ricavate dall'Atlante Climatologico realizzato, su una base di dati del trentennio 1965-1994, dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) e redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia.

### 1.5.1.1.1 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 presenti nel bacino del Fiume Birgi e nell'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Birgi ed il bacino del Fiume Lenzi Baiata o limitrofe ad essa.

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
BIRGI NUOVO	1965-1994	Pluviometro	7	4197776N	278716E
BORGO FAZIO	1965-1994	Pluviometro	208	4189995N	293186E
CALATAFIMI	1965-1994	Termo-pluviometro	350	4198785N	312468E
DIGA RUBINO	1965-1994	Pluviometro	180	4197283N	297770E
FASTALA	1965-1994	Pluviometro	218	4200875N	302256E
MARSALA	1965-1994	Termo-pluviometro	12	4186718N	276949E



### 1.5.1.1.2 *Regime termico*

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni di Calatafimi e Marsala, che sono le stazioni termo-pluviometriche più vicine al Bacino del Fiume Birgi e dell'area compresa tra questo ed il Bacino del F. Lenzi Baiata. Pur non ricadendo all'interno dell'area in studio, le stazioni sono limitrofe ad essa, per cui i dati registrati si possono considerare rappresentativi della variabilità dell'intera area.

**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
CALATAFIMI	10,3	11,0	12,4	15,3	19,3	22,9	25,0	25,5	22,5	18,7	14,2	11,3	17,4
MARSALA	11,3	11,6	12,8	15,1	18,4	21,6	24,4	25,0	22,5	19,7	16,0	12,5	17,6
MEDIA	10,8	11,3	12,6	15,2	18,9	22,3	24,7	25,3	22,5	19,2	15,1	11,9	17,5

Prendendo in considerazione i dati termometrici rilevati nel periodo di un trentennio e confrontando i valori relativi alle medie mensili ed annuali, si nota che, sebbene il valore medio annuo complessivo del bacino, di 17,5 °C, risulti pressoché corrispondente al valore medio annuo delle singole stazioni, l'andamento termico delle due stazioni è leggermente diverso, rispecchiando la rispettiva distanza dal mare: i valori medi mensili della stazione di Marsala mostrano infatti che l'area di Marsala, sia nei mesi invernali che in quelli estivi, risente maggiormente dell'azione mitigatrice del mare rispetto a quella di Calatafimi.

L'analisi dei dati mostra inoltre che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) si raggiungono temperature massime di circa 41°C; invece, nel mese più freddo (Gennaio), le temperature minime non scendono mai al disotto dello zero, ad eccezione di un picco (-4,5°C stazione di Marsala, 0,3°C stazione di Calatafimi) registrato nel 1981.

### 1.5.1.1.3 *Regime pluviometrico*

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle cinque stazioni pluviometriche ricadenti all'interno dell'area territoriale o limitrofe ad essa.

**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
BIRGINUOVO	56,2	52,6	41,0	37,5	19,3	4,8	3,3	7,0	45,0	64,7	64,8	70,3	466,5
BORGO FAZIO	59,9	58,5	46,4	43,8	21,4	8,0	3,0	6,6	38,8	67,6	64,4	72,2	490,6
DIGA RUBINO	64,9	65,0	47,7	44,1	18,5	8,4	2,9	6,2	35,4	61,5	71,3	79,8	505,7
FASTAIA	64,6	62,6	53,7	45,0	22,6	8,0	3,5	10,9	44,1	82,7	70,1	83,4	551,2
MARSALA	61,4	60,0	42,7	38,6	18,7	5,6	3,4	7,6	42,2	58,4	65,7	75,3	479,6
MEDIA	61,4	59,7	46,3	41,8	20,1	7,0	3,2	7,7	41,1	67,0	67,3	76,2	498,7

Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intero bacino, nel periodo di osservazione trentennale, è di 498,7 mm. Le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico di tipo semiarido temperato-caldo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo.

Inoltre, nel periodo considerato, gli anni più piovosi sono stati il 1976 e il 1969, quando si sono registrati rispettivamente 1079 mm (stazione di Birgi Nuovo) e 798,0 mm (stazione Diga Rubino) di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1977, con 212,8 mm di pioggia (stazione di Birgi Nuovo).

Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato il Novembre del 1976 che, alla stazione di Birgi Nuovo, ha fatto registrare ben 356,6 mm di pioggia.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee, ed essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi in special modo nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcarenitica, ciò a causa dell'elevata permeabilità (per porosità e fessurazione) di tali litotipi, che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

La ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene quindi sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile mentre durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

## 2 CRITICITÀ ESISTENTI

All'interno del bacino in esame sono state rilevate 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 costituiscono il quadro di valutazione preliminare del rischio nel bacino, 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 n° 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.

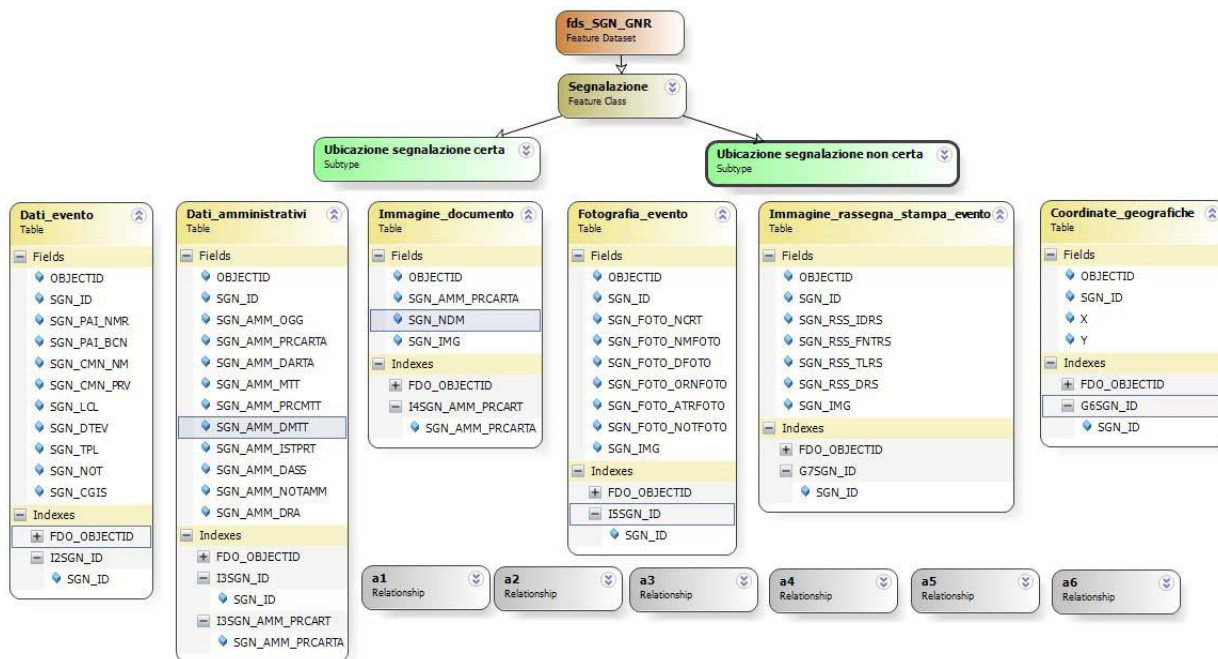
### 2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia

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.

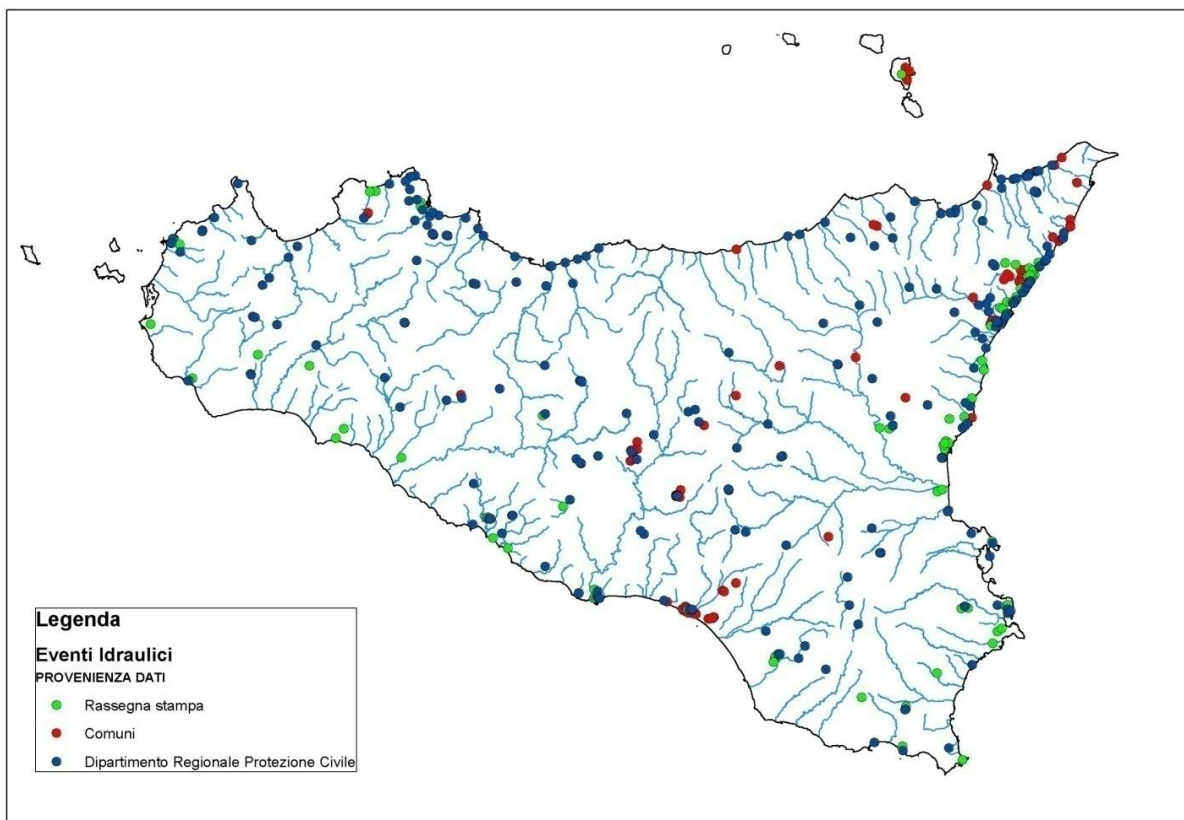
Il Catasto verrà costantemente aggiornato L'attuale organizzazione del catasto è ora in fase di aggiornamento per garantire l'utilizzo di più soggetti competenti in relazione anche alle finalità di protezione civile.

**Fig. 2.1- Struttura DB Eventi Sicilia e informazioni contenute**



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

**Fig. 2.2 - Distribuzione territoriale degli eventi idraulici**



### 3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO

#### 3.1 Analisi Territoriale

Nel presente studio, l'analisi territoriale del bacino del F. Belice è stata condotta utilizzando la cartografia di base CTR a scala 1:10.000 e un ausilio aerofotogrammetrico rappresentato dalle ortofoto IT2000 messe a disposizione del Dipartimento di Urbanistica della Regione Siciliana. Attraverso la loro osservazione e mediante i sopralluoghi svolti si sono individuati i siti di potenziale rischio.

Il bacino del f. Birgi ricade nel versante settentrionale della Sicilia e si estende per circa 350 km<sup>2</sup> interessando il territorio della provincia di Trapani.

Il bacino del f. Birgi confina a nord con il bacino del f. Lenzi e con l'area compresa tra il f. Lenzi e il f. Birgi, ad est con quello del f. Freddo o S. Bartolomeo e per un breve tratto con il bacino del f. Arena, a sud con il bacino del f. Màzzaro e con l'area tra il f. Birgi e il f. Màzzaro.

Il f. Birgi nasce sotto il nome di f. Fittasi in territorio del comune di Buseto Palizzolo e si sviluppa per circa 43 km attraversando il territorio del comune di Trapani e, in piccola parte, di Paceco.

Il f. Birgi, come già detto, nasce sotto il nome di f. Fittasi, incassato fra le pendici di Montagna Grande e i rilievi collinosi di c./da Baglietto, e prosegue prima con il nome di f. Bordino e poi con quello di f. Borrania. In questo tratto centrale, il corso d'acqua scorre in direzione Est-

Ovest fra i rilievi collinari di Timpone delle Guarine e della Montagnola della Borrania, a meridione, e quelli di Timpone di Fittasi e di C./da Tammareddara a settentrione.

In questo tratto riceve, in sinistra idrografica, prima gli apporti del t.te della Cuddia e poi quelli del t.te Chitarra, proseguendo poi sotto il nome di f. della Marcanzotta, sempre in direzione Est-Ovest. Successivamente l'asta fluviale prosegue con la denominazione di f. Chinisia, ad andamento rettilineo lungo un'inalveazione artificiale, di più antica realizzazione, che sfocia a mare poco a nord di Torre S. Teodoro e che si separa decisamente dal vecchio corso del f. Birgi, di cui attualmente resta solo l'antica foce, alimentata da brevi tributari.

Nel bacino del f. Birgi è stato realizzato un lago denominato Rubino che sbarra il t.te della Cuddia, descritto nel paragrafo precedente. Inoltre è stata studiata la realizzazione di 4 serbatoi nel bacino del f. Birgi; di questi, due sono stati studiati con esito positivo (il Chitarra sul t.te Chitarra e la vasca Marcanzotta fuori alveo) e due sono stati studiati con esito positivo, ma con riserva (il Fittasi sul F. Fittasi e il Ragattisi sull'asta principale del Birgi).

### **3.2 Studio Idrologico**

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 condotto per i valori del tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni in accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98.

La metodologia utilizzata è descritta dettagliatamente nella Relazione Generale del P.A.I..

Il bacino idrografico del fiume Birgi è stato suddiviso in 3 sottobacini per ognuno dei quali, in corrispondenza delle sezioni di chiusura, 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 idrologico è stato sviluppato in due fasi successive:

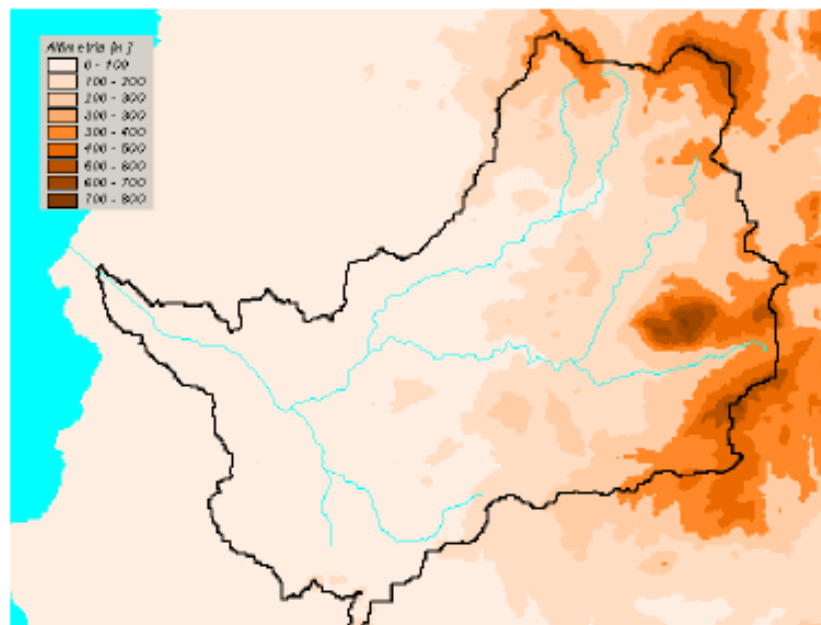
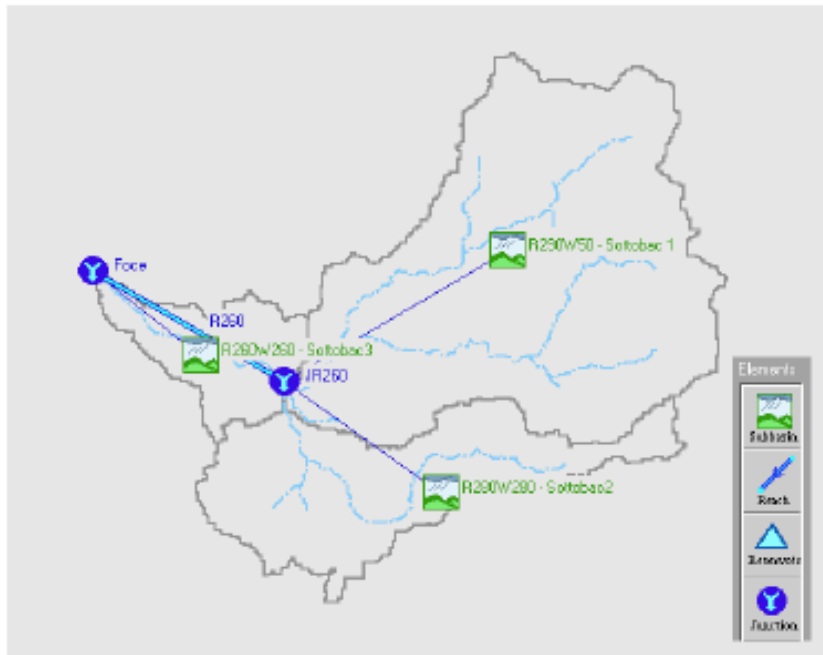
- la prima fase, definita di pre-processing, ha consentito di individuare automaticamente, partendo da un modello digitale delle quote del terreno (DEM - Digital Elevation Model) il reticolo idrografico, i dislivelli e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini, ciascuno dei quali corredato dai principali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

Fig. 3.1 - DEM (Digital Elevation Model) relativo al bacino idrografico del Fiume Birgi

Fig. 3.2 - Schema idrologico del bacino idrografico del Fiume Birgi utilizzato per il calcolo della massima portata al colmo di piena



Lo stato è stato articolato in tre fasi:

studio effettuato articolato in tre

## 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 (v. Relazione Generale PAI) per il bacino idrografico in esame. Questa fase ha condotto alla determinazione dei parametri meteorologici, "a", "n" e "CV" relativamente alla superficie sottesa dalla sezione di chiusura in corrispondenza della foce. A partire dalle carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" (Tavole 4, 5 e 6 della Relazione Generale) a scala regionale, sono stati ottenuti i valori medi a scala di bacino (

Tab. 3.1) utilizzando il software Arc-View.

Nelle Fig. 3.1, Fig. 3.2, Fig. 3.3 sono riportate le carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" per il bacino in esame; nella Fig. 3.4, è riportata la curva di probabilità pluviometrica (CPP) ricavate in seguito ai parametri prima calcolati, 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 6 ore.

**Fig. 3.1 - DTM relativo alla distribuzione del parametro "a" nel bacino idrografico del Fiume Birgi.**

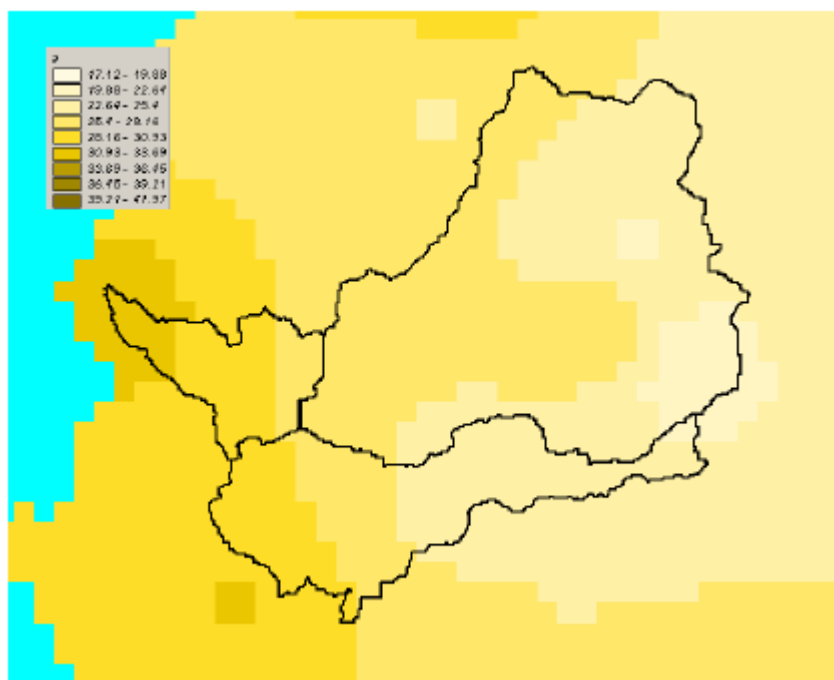




Fig. 3.2 - DTM relativo alla distribuzione del parametro “n” nel bacino del Fiume Birgi

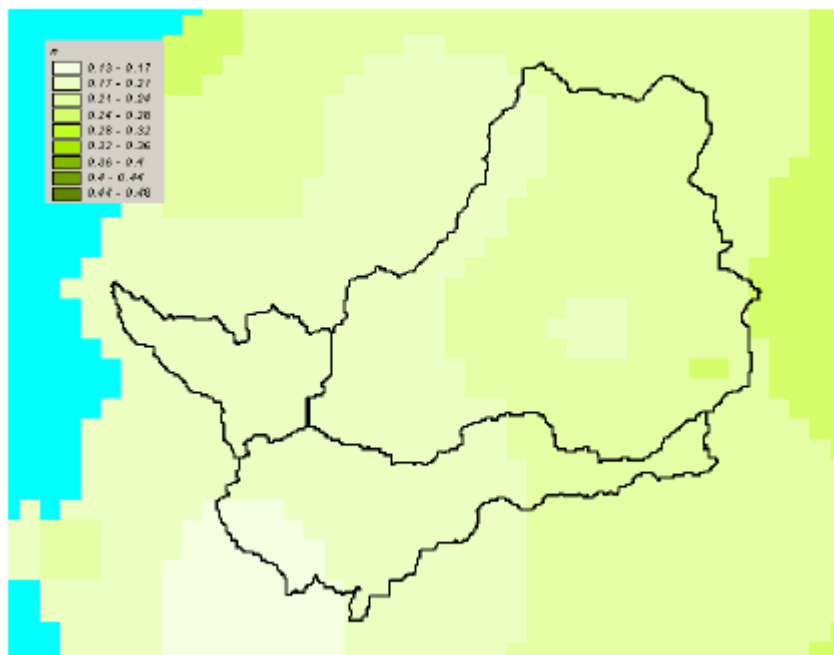
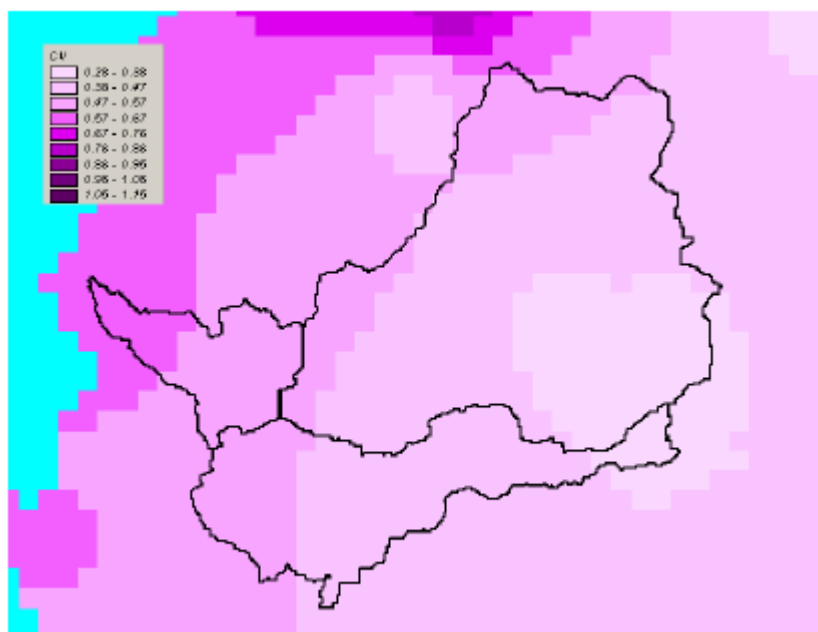


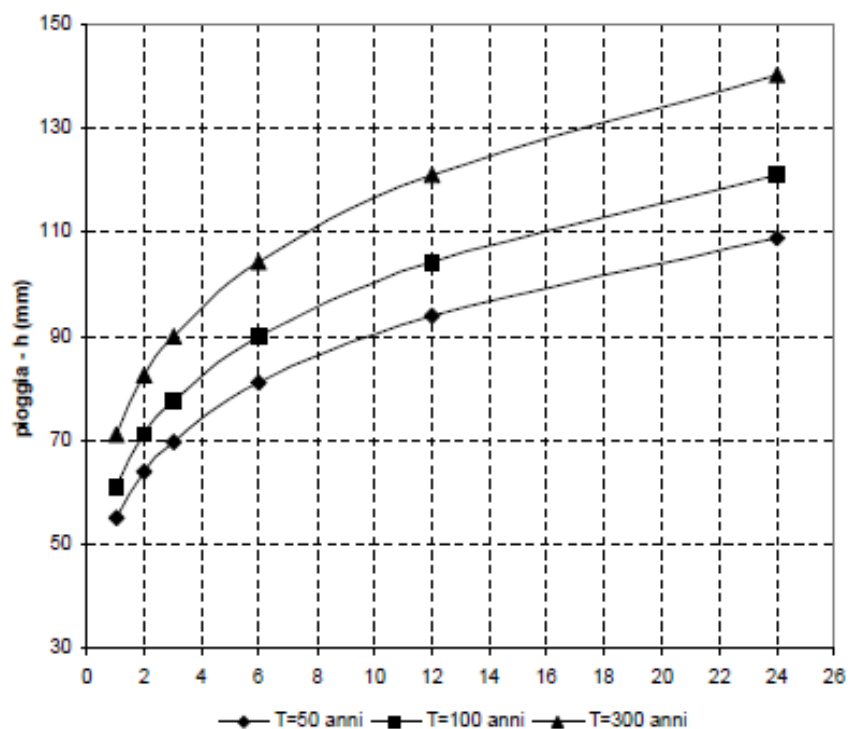
Fig. 3.3 - DTM relativo alla distribuzione del parametro “CV” nel bacino del Fiume Birgi



Tab. 3.1 - Valori medi areali dei parametri “a”, “n” e “CV” relativa al bacino idrografico del Fiume Birgi

Superficie Totale (Km <sup>2</sup> )	a	n	CV
350,4	25,75	0,21	0,44

Fig. 3.4 - Curve di probabilità pluviometrica per il bacino del torrente Birgi per fissati tempi di ritorno

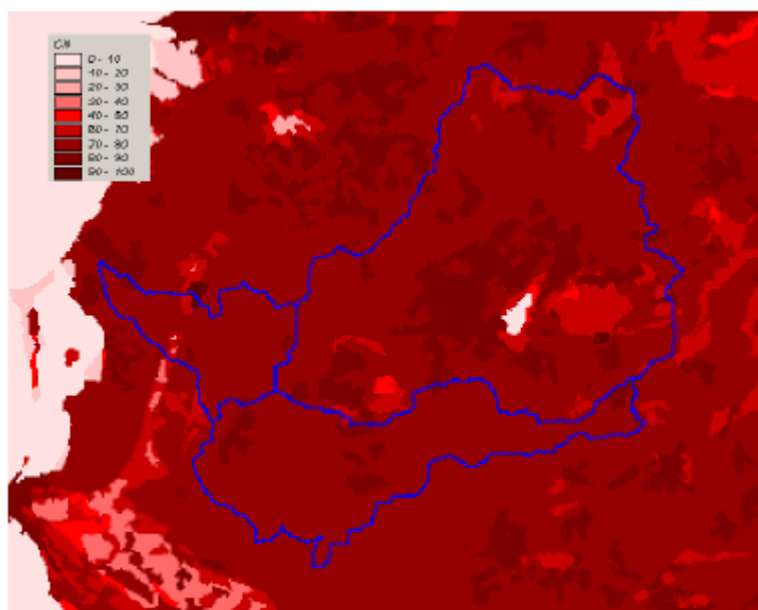


## 2. *Calcolo della pioggia netta.*

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

In Fig. 3.5 è riportata la distribuzione areale del valore CN per i tre bacini in studio.

**Fig. 3.5 - DTM (Digital Terrain Model) relativo alla distribuzione del parametro "CN" nel bacino idrografico del Fiume Belice**



I valori medi di CN, relativi ai sottobacini considerati, sono riportati nella Tab. 3.2.

**Tab. 3.2 - Valori medi del parametro CN per ogni sottobacino del Fiume Birgi**

Sottobacino N°	Area (Km <sup>2</sup> )	Codice Sottobacino (HMS)	CN
1	226,76	R290W50	80,22
2	88,43	R280W280	80,00
3	35,19	R260W260	79,68

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 x 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 (Tab. 3.3).  $t_c$

**Tab. 3.3 - Valori del tempo di corrivazione di ogni sottobacino del Fiume Birgi.**

Sottobacino N°	Area (Km <sup>2</sup> )	Codice Sottobacino (HMS)	$t_c$ (ore)
----------------	-------------------------	--------------------------	-------------

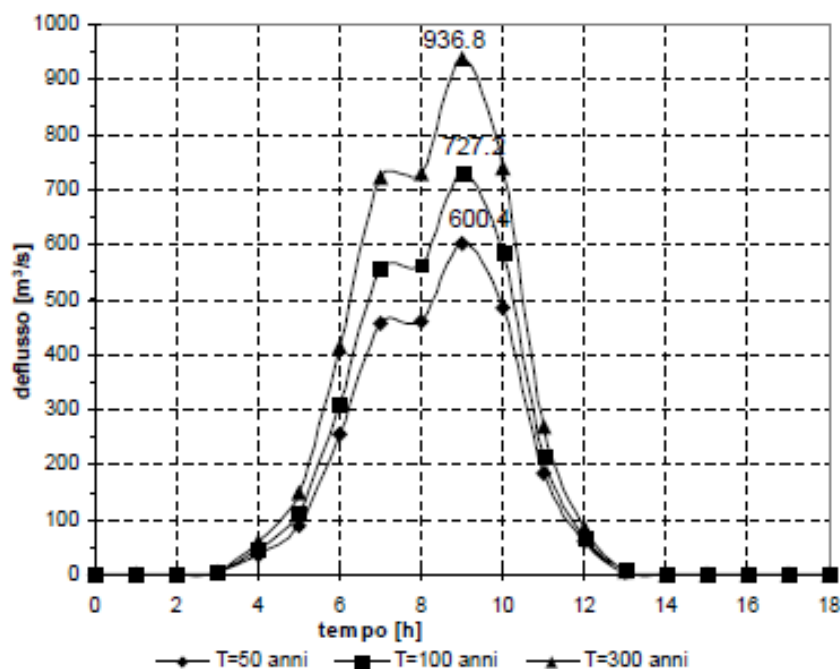
1	226,76	R290W50	5
2	88,43	R280W280	5
3	35,19	R260W260	3

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 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, nella Fig. 3.6 è riportato l'idrogramma di piena relativo alla sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza della foce del Fiume Belice, per i tre tempi di ritorno considerati.

Fig. 3.6 - Idrogrammi di piena alla foce del Fiume Birgi per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.



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.

**Tab. 3.4 - Valori delle portate al colmo di piena ( $Q_t$ ), per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni, in corrispondenza delle sezioni di calcolo considerate nello schema di calcolo HMS.**

Sottobacino N°	Codice Sottobacino (HMS)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	$Q_{T=50}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{T=100}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{T=300}$ (m <sup>3</sup> /s)
1	R290W50	226,76	494,9	600,8	775,9
2	R280W280	88,43	224,6	227,4	353,9
3	R260W260	35,19	96,6	116,4	148,8

**Tab. 3.5 - Valori delle portate al colmo di piena ( $Q_t$ ), per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni, in corrispondenza delle sezioni di calcolo considerate nello schema di calcolo HMS.**

Sezione di calcolo N°	Codice sezione (HMS)	Superficie drenata (Km <sup>2</sup> )	$Q_{T=50}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{T=100}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{T=300}$ (m <sup>3</sup> /s)
1	JR260	315,2	617,3	747,4	962,1
2	Foce	350,4	600,4	727,2	936,8

La valutazione della portata in alveo nelle sezioni a valle dell'invaso Rubino dovrebbe tenere conto anche dei volumi rilasciati, durante l'evento di piena, dallo scarico di superficie e dallo scarico di fondo delle due dighe, 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 Rubino e, quindi, l'effetto della 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 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

Lo studio idraulico è stato condotto per l'ultimo tratto di asta fluviale del fiume Birgi, lungo circa 6,5 km, compreso tra il ponte sulla S.S. 115 e la foce.

Calcolate le portate di piena occorre verificare se le sezioni del corso d'acqua riescano a convogliarle 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 dalle analisi cartografica e territoriale e dai sopralluoghi di campagna (verifica di alcune sezioni trasversali tratte dallo Studio delle onde di piena per ipotetico collasso dello sbarramento e per manovra degli organi di scarico relativo al Serbatoio di Garcia sul F. Belice Sinistro del febbraio 1993, verifica dello stato di fatto del fondo alveo, raccolta di documentazione fotografica, ecc.) predisposti in questa fase.

### **3.3.1 Rilievi e Cartografia**

I dati di input geometrici utilizzati per la modellazione di HEC-RAS derivano interamente dalla cartografia CTR in scala 1:10.000. I dati geometrici, di cui sopra, sono stati integrati e completati da rilievi di campagna accurati, da riprese fotografiche e da un attenta analisi cartografica.

### **3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell'alveo**

Il f. Birgi nasce sotto il nome di f. Fittasi e si sviluppa per circa 43 km, cambiando diverse volte la sua denominazione in f. Bordino e f. Borrania. In questo tratto riceve, in sponda sinistra, a circa 17 km dalla foce l'apporto del t.te della Cuddia e a circa 12 km dalla foce l'apporto del t.te Chitarra. Prosegue poi, comportandosi da semplice emissario, sotto il nome di f. della Marcanzotta, f. Chinisia ed infine di f. Birgi.

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 studiato attraverso osservazioni dirette di campagna, sono stati fissati i valori del coefficiente di Manning, da utilizzare nel modello idraulico, pari a 0,035 m<sup>-1/3</sup>s per l'alveo e 0,030 m<sup>-1/3</sup>s per le zone golenali (vedi documentazione fotografica riportata nella Monografia).

### 3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua

#### 3.3.3.1 Attraversamenti

L'individuazione e caratterizzazione geometrica degli attraversamenti fluviali è necessaria per valutare, attraverso il software HEC-RAS, se la portata massima, calcolata per fissato tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni, defluisce senza sormontare l'attraversamento stesso.

Gli attraversamenti presenti lungo l'asta principale del corso d'acqua, che sono elencati di seguito:

- Ponte S.P. 21

Ponte ferroviario Pa–Tp (via Castelvetro)

Ponte S.V. “Marsala – Aeroporto di Birgi”

Ponte S.S. 115

Nella Monografia sono riportate la corografia generale del tratto del corso d'acqua studiato con l'ubicazione planimetrica dei principali attraversamenti presenti e le relative schede identificative.

#### 3.3.3.2 Opere di sistemazione idraulica

Il f. Birgi, nella parte compresa tra il serbatoio Rubino e la foce, è stato oggetto, in anni recenti, di significativi interventi di sistemazione idraulica da parte del Consorzio di Bonifica del Birgi. Per la progettazione della sistemazione idraulica è stato utilizzato un valore di portata al colmo di piena, per la sezione alla foce, per un tempo di ritorno di 700 anni, di 2345 m<sup>3</sup>/s. Tale valore di portata è di gran lunga superiore rispetto alle portate, calcolate per la sezione alla foce, per i tempi di ritorno del PAI, riassunte nella tabella 3.5. Pertanto le opere di sistemazione idraulica di seguito descritte, dovrebbero risultare sufficientemente idonee a convogliare verso la foce le portate calcolate in questo PAI.

La sistemazione idraulica ha interessato l'asta fluviale del f. Birgi, nel tratto compreso tra il serbatoio Rubino e l'attraversamento ferroviario, in cui sono stati realizzati lavori di inalveazione artificiale con ampie rettifiche, la creazione di una larga sezione trapezia con savanella centrale e la disposizione di numerose briglie.

La parte valliva del fiume, che dall'attraversamento ferroviario porta fino alla foce, è stata interessata da lavori di sistemazione idraulica consistenti nell'escavazione, allargamento, regolarizzazione ed il parziale rivestimento della sagoma di progetto.

La sistemazione è stata realizzata con due sagome; la prima si sviluppa per una lunghezza di circa 3400 m mentre la seconda per circa 490 m.

La prima sagoma ha una savanella rivestita in gabbioni, alta 1,5 m, larga 10 m, ripiani golenali larghi 26 m ed argini alti 6 m dal piano golenale e 4,5 m dal piano di campagna.

Ai fianchi delle arginature sono presenti due cunette laterali trapezie, larghe 1 m ed alte almeno 1,6 m, destinate alla raccolta ed al convogliamento dei deflussi superficiali.

Gli impluvi naturali che sversano direttamente nell'alveo si sono fatti confluire nelle cunette il cui allacciamento all'alveo è stato assicurato con l'adozione di n. 8 chiavicotti in calcestruzzo pressato del diametro di 700 mm.

È da notare lo stato di dissesto idraulico di uno degli allacciamenti sopra descritti, localizzato a circa 100 m a monte dell'attraversamento ferroviario.

La sede fluviale, dimensionata per la massima piena prevista al serbatoio, risulta al momento attuale notevolmente parzializzata da una discreta vegetazione non solo erbacea ma a tratti anche arbustiva, che si è venuta insediando disordinatamente per la scarsa o assente manutenzione..

### **3.3.4 Verifiche Idrauliche**

Nel presente PAI è stata condotta la verifica idraulica di un tratto del tronco fluviale del f. Birgi, compreso tra il ponte sulla S.S. 115 e la foce, per una lunghezza complessiva di circa 6,5 km.

I valori delle portate al colmo di piena utilizzati sono quelli corrispondenti al codice sezione HMS denominato "Foce" e riportati nella tabella 3.5.

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 34 sezioni ed i risultati delle verifiche idrauliche sono riportate in forma tabellare ed in forma grafica, in Appendice C. 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.

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.

riportati i valori dei coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati in ciascun tratto. ITR191\_57\_I\_MONOGRAFIA è inoltre riportata una tabella riepilogativa (Chow, 1959) per la scelta del coefficiente di Manning in funzione delle condizioni dell'alveo.

I valori massimi del tirante idrico sono stati riscontrati nelle sezioni n. 10593 e n. 10262, mentre i valori minimi presso la foce (sezione n.147); per quanto riguarda la velocità media, il valore massimo si riscontra per un tempo di ritorno pari a 300 anni nella sezione n. 23778 mentre il valore minimo si ha nella sezione n. 1018 per un tempo di ritorno di 50 anni. È possibile osservare che i valori di velocità media sono significativamente ridotti in corrispondenza di valori delle sezioni idriche molto elevati. In Tabella 3.6 sono riportati i valori estremi (massimi e minimi) dei tiranti idrici e delle velocità medie ottenuti in seguito alle simulazioni del modello HEC-RAS.



**Tab. 3.5 - Valori estremi dei tiranti idrici e delle velocità in alveo del Fiume Belice (foce)**

<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>Tirante idrico minimo (m) (n. sezioni)</b>	<b>Tirante idrico massimo (m) (n. sezioni)</b>	<b>Velocità minima (m/s) (n. sezioni)</b>	<b>Velocità minima (m/s) (n. sezioni)</b>
50	3,6 (4)	6,5 (8)	0,4 (25)	5,2 (18 Briglia)
100	4,0 (1)	6,5 (27)	0,5 (25)	5,5 (18 Briglia)
300	4,4 (1)	7,0 (17)	0,5 (25)	6,4 (15)

### 3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

Alla luce dei risultati del calcolo idraulico, eseguito con l'ausilio del software HEC-RAS, condotto per il tratto fluviale compreso tra la S.S. 115 e la foce, 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. Pertanto si è proceduto a tracciare soltanto l'area a pericolosità elevata (P3) relativa al tempo di ritorno  $T = 50$  anni.

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

Tab. 3.7 - Definizione delle pericolosità idraulica P secondo la metodologia semplificata

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

### 3.5 Analisi degli elementi esposti al rischio idraulico

Di seguito si forniscono le informazioni su gli 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

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 (Dissesto codice 057-E01 ÷ 057-E06)

#### 3.5.1.1 Centro abitato

Nel caso in esame non è coinvolto alcun centro abitato.

#### 3.5.1.2 Nucleo abitato

Coinvolta una porzione del nucleo abitato (residence) in prossimità della foce del F. Belice.

#### 3.5.1.3 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 dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella successiva ta**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 interessate dall'areale di pericolosità rispettivamente dei dissesti 057-E01, 057-E02, 057-E03, 057-E04, 057-E05 e 057-E06 aventi tempo di ritorno pari a 50 anni.

Tab. 3.11.1 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 057-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA ALLAGATA (ha)
<b>2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE</b>	
2.2.1 Vigneti	130

## 4 ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO

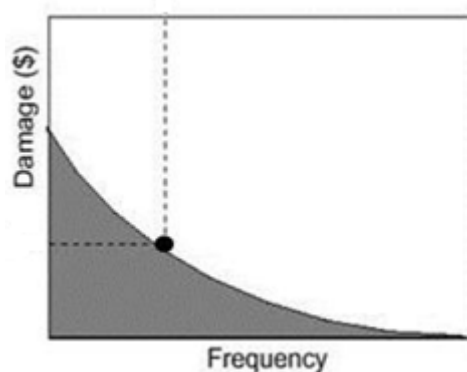
I danni possono essere suddivisi in “**diretti**” e “**indiretti**”; tale distinzione è dovuta al fatto che i beni possono essere a contatto o meno con l’evento naturale che nella fattispecie dell’evento alluvionale è l’acqua. Tali danni possono essere ulteriormente suddivisi in danni “**tangibili**” 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 atteso<sup>1</sup> 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 al *Cap. 4 “I costi e i benefici (Valutazione del danno atteso e analisi economiche)”* della Relazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.



<sup>1</sup> Secondo 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.

#### 4.1 Metodologia di valutazione economica del danno

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 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 danno<sup>2</sup>:

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

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. Belice.

---

<sup>2</sup> 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

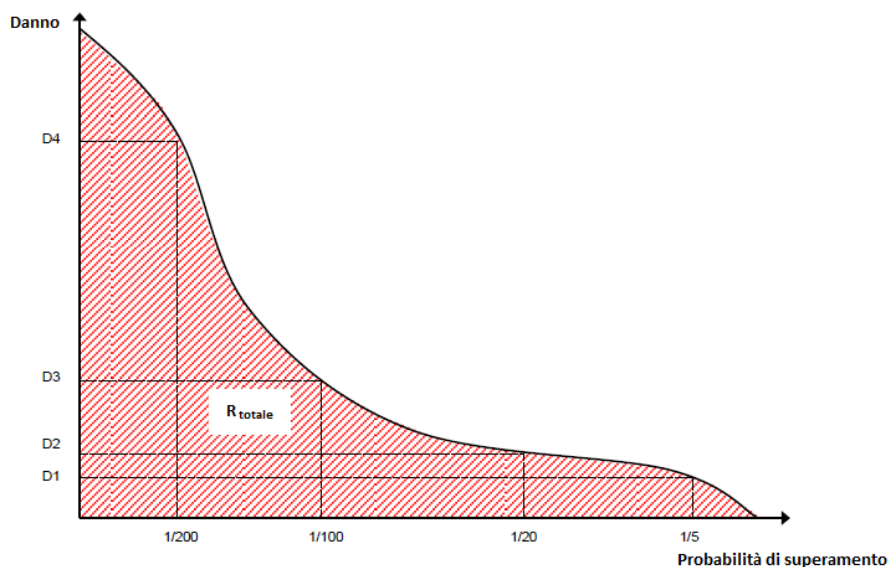
Tab. 4.1 - Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=50 anni relativi all' areale di esondazione ricadente nel bacino idrografico del F. Birgi (051)

Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Danno unitario (€ / m <sup>2</sup> )	Danno (€)
F.Birgi	Vigneto	1300000	0,63	819.000

## 4.2 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. 4.7- 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 formula<sup>3</sup>:

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

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

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

$$\Delta P = |P_i - P_{i-1}| \quad \Delta P \quad \text{è la probabilità dell'intervallo tra i suddetti punti}$$

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:

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

Nel caso del Fiume Birgi il valore del "danno atteso medio annuo" valutato per l' areale di esondazione ricadente nel bacino idrografico del F. Birgi (51) è pari a € 16380.

## 5. 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 quella operato con le misure del Piano di gestione del Distretto idrografico di cui alla Direttiva 2000/60. relativamente 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



Tab. 5.1 - 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
	delocalizzazione	Misura per rimuovere gli elementi vulnerabili da aree a rischio, o per trasferirli in aree di bassa probabilità di inondazione e / o di rischio inferiore	Non strutturali
	Riduzione della vulnerabilità	Misure per adattare gli elementi vulnerabili e per ridurre le conseguenze negative in caso di alluvione (resilienza flood proofing)	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

**Tab. 5.2 - Misure di preparazione e di protezione civile**

<b>Funzione</b>	<b>Misure</b>	<b>Azioni</b>	<b>Tipologia</b>
<b>3 Preparazione e protezione civile</b>	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 Piani di emergenza	3.1.4 Piani di protezione civile	Non strutturali
	3.3 Sensibilizzazione		Non strutturali
	3.4 Formazione		Non strutturali