



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims

Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

Interventi per il potenziamento del sistema idrico della Sicilia sud - occidentale

Adduzione da Montescuro ovest per Mazara, Petrosino, Marsala



CUP: C21B21012820001
PNRR-M2C4-I4.1-A2-53

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato

RELAZIONE IDROLOGICA

Classe 1

RELAZIONI

N. Tavola

1.4

Revisioni	N°	DESCRIZIONE	DATA	Formato
		1° emissione	Marzo 2022	A4
		2° emissione		Scala
		3° emissione		-

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE

Ing. Mauro Benfante
Ing. Enzo Lupo

Ing. Vincenzo Sferruzza
Geom. Antonino Reina

Ing. Giovanni Filoramo
Ing. Ugo Ventimiglia

Ing. Giovanni D'Angelo
WECONS Ingegneria s.r.l.

IL PROGETTISTA:
Ing. Massimo Burruano
(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n° 5851)

IL RUP:
Ing. Enrico Spada
(Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n° 2440)

Siciliacque

SICILIACQUE S.p.A.

Via Vincenzo Orsini, 13 - 90139 Palermo C.F./P.IVA:05216080829
e-mail:siciliacque@siciliacquespa.it PEC:siciliacque@siciliacquespa.com



REGIONE SICILIANA

Premessa.....	4
1. Riferimenti Normativi.....	5
2. Inquadramento metodologico	6
3. Inquadramento territoriale.....	7
4. Analisi del Rischio e della Pericolosità Idraulica – PAI.....	10
5. Studio Idrologico	13
5.1. Individuazione dei bacini idrografici.....	14
5.2. Metodo Completo	16
5.2.1. Descrizione del metodo	16
5.2.2. Attraversamento del fiume Belice.....	21
5.2.3. Attraversamento del fiume Modione.....	34
5.2.4. Attraversamento del fiume Delia.....	44
5.2.5. Attraversamento della fiumara Mazaro.....	54
5.2.6. Attraversamento della fiumara Sossio.....	64
5.3. Metodo Razionale.....	74
5.3.1. Descrizione del metodo	74
5.3.2. Attraversamento del torrente Cavarretto	78
5.3.3. Attraversamento del torrente Cava del Serpente	81
5.3.4. Attraversamento del torrente Finocchio.....	84
5.3.5. Attraversamento del torrente Gurra Finocchio	87
5.3.6. Attraversamento del torrente Ravida.....	90
5.3.7. Attraversamento del torrente in Contrada Casenuove	93
5.3.8. Attraversamento del torrente San Giovanni	96
5.3.9. Attraversamento del torrente San Giovanni (Contr. Del Piano)	99
5.3.10. Attraversamento del torrente San Giovanni (Delia).....	102
5.3.11. Attraversamento del torrente San Giovanni (Contr. Celso).....	105
5.3.12. Attraversamento del torrente San Giovanni (Mass.a Saporito).....	108
5.3.13. Attraversamento del fosso in Contrada Dimina.....	111
6. Verifiche idrauliche dei corsi d'acqua	115
6.1. Approcci teorici dei modelli.....	115

6.1.1.	Le equazioni di Saint-Venant.....	115
6.1.2.	Il modello monodimensionale	115
6.1.3.	Il modello bidimensionale	118
6.1.4.	Condizioni iniziali ed al contorno	119
6.1.5.	Risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant.....	119
6.1.6.	Vantaggi della modellazione diffusiva rispetto alla modellazione completa.....	120
6.2.	Il software HEC-RAS	120
6.3.	Materiali e Metodi per la risoluzione	121
6.3.1.	Generazione della mesh di calcolo del domino di studio	121
6.3.2.	Generazione del Dataset necessario alla simulazione in regime di moto vario	122
6.4.	Risultati delle Simulazioni.....	123
6.4.1.	Simulazioni Idrauliche torrente Cavarretto	123
6.4.2.	Simulazioni Idrauliche torrente Cava del Serpente	126
6.4.3.	Simulazioni Idrauliche torrente Finocchio.....	129
6.4.4.	Simulazioni Idrauliche torrente Gurra Finocchio.....	132
6.4.5.	Simulazioni Idrauliche torrente Ravida	135
6.4.6.	Simulazioni Idrauliche torrente in Contrada Casenuove	138
6.4.7.	Simulazioni Idrauliche Fiume Belice	141
6.4.8.	Simulazioni Idrauliche Fosso Dimina.....	144
6.4.9.	Simulazioni Idrauliche Fiume Modione.....	147
6.4.10.	Simulazioni Idrauliche torrente San Giovanni.....	150
6.4.11.	Simulazioni Idrauliche affluenti torrente San Giovanni.....	153
6.4.12.	Simulazioni Idrauliche Fiume Delia e fossi minori	156
6.4.13.	Simulazioni Idrauliche Fiume Mazaro.....	159
6.4.14.	Simulazioni Idrauliche Fiume Sossio.....	163
7.	Determinazione dell'ampiezza dell'alveo	166
8.	Verifica degli attraversamenti dei corpi idrici	168
8.1.	Attraversamenti di tipo aereo.....	169
8.2.	Attraversamento in Toc.....	170
8.2.1.	Descrizione della tecnologia T.O.C.	171

8.3. Attraversamenti con la tecnica dello Spingitubo	173
8.4. Attraversamento dei corsi d'acqua minori	175
APPENDICE A –REPORT STAZIONI PLUVIOMETRICHE.....	177
A1 – Report stazione pluviometrica di Borgo Fazio	178
A2 - Report stazione pluviometrica di Castelvetro	179
A3 - Report stazione pluviometrica di Corleone.....	180
A4 - Report stazione pluviometrica di Diga Arancio.....	181
A5 - Report stazione pluviometrica di Ficuzza	182
A6 - Report stazione pluviometrica di Gibellina	183
A7 - Report stazione pluviometrica di Marsala.....	184
A8 - Report stazione pluviometrica di Mazara del Vallo	185
A9 - Report stazione pluviometrica di Piana degli Albanesi.....	186
A10 - Report stazione pluviometrica di Roccamena	187
A11 - Report stazione pluviometrica di Salemi	188

PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione Idrologica del progetto definitivo per “Interventi per il potenziamento del sistema idrico della Sicilia sud-occidentale - Adduzione da Montescuro Ovest per Mazara, Petrosino e Marsala” avviato, a seguito della determina di avvio della progettazione prot. n. 001-0004463-GEN/2021 del 09/06/2021.

La relazione illustra le metodologie ed i risultati che hanno consentito di pervenire al dimensionamento delle opere in progetto nel rispetto delle indicazioni contenute nella *Documento preliminare di indirizzo e di avvio della progettazione* predisposto dal R.U.P. ai sensi dell’art. 23, comma 4, del D.Lgs. 50/16 e dell’art. 15, commi 5 e 6, del D.P.R. 207/2010.

Il documento contiene gli studi idrologici condotti per determinare le portate convogliate dai corpi idrici attraversati dal percorso dell’acquedotto. Le modalità di attraversamento dei corpi idrici, dipendono infatti non solo dalla morfologia e geologia dei luoghi ma anche dalle aree allagate durante gli eventi di piena.

Il documento è corredato dagli elaborati:

2.17.1	Corografia del bacino idrografico torrente Cavarretto
2.17.2	Corografia del bacino idrografico torrente Cava del Serpente
2.17.3	Corografia del bacino idrografico torrente Finocchio
2.17.4	Corografia del bacino idrografico torrente Gurra Finocchio
2.17.5	Corografia del bacino idrografico torrente Ravida
2.17.6	Corografia del bacino idrografico torrente in C.Casenuove
2.17.7	Corografia del bacino idrografico Fiume Belice
2.17.8	Corografia del bacino idrografico fiume Modione
2.17.9	Corografia del bacino idrografico torrente San Giovanni
2.17.10	Corografia del bacino idrografico Fiume Delia e (affluente San Giovanni)
2.17.11	Corografia del bacino idrografico fiume Mazaro
2.17.12	Corografia del bacino idrografico fiume Sossio
2.17.13	Corografia del bacino idrografico fosso Dimina
2.17.14	Corografia del bacino idrografico fosso in C.del Celso e fosso in Mass.a Saporito

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Regio Decreto 25/07/1904, n. 523 “Testo unico contenente norme sulle opere idrauliche” e ss.mm.ii;
- D.Lgs. 03/04/2006 n. 152 e ss.mm.ii “Norme in materia ambientale” e ss.mm.ii;
- D. Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni” e ss.mm.ii;
- PAI – Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, 2004 e ss.mm.ii;
- Mappa della pericolosità e rischio idraulico – PAI Sicilia, 2006 e ss.mm.ii;
- Norme di attuazione della relazione generale – Piano di stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico della Regione Siciliana (Aggiornamento maggio 2021);
- D.S.G. n.50/2021 “Autorizzazione idraulica unica” e ss.mm.ii;
- N.T.C. 17/01/2018 – Capitolo 5.1.2.3 – Compatibilità idraulica e ss.mm.ii;
- N.T.C. circolare 21/01/2019 – Capitolo 5.1.2.3 – Compatibilità idraulica e ss.mm.ii;
- D.S.G. n.189/2020 “Prime direttive per la determinazione dell’ampiezza dell’alveo nel caso di sponde incerte” e ss.mm.ii;
- UNI/PdR 23.3:2017, “Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrato a basso impatto ambientale – Sistemi di perforazione guidata: Trivellazione orizzontale controllata (TOC)”
- UNI/PdR 26.2:2017, “Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrato a basso impatto ambientale – Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali”

2. INQUADRAMENTO METODOLOGICO

Nella redazione del presente elaborato sono stati studiati e valutati nel dettaglio i seguenti aspetti:

- analisi del tracciato e individuazione dei corsi d'acqua attraversati;
- analisi delle Carte del rischio e pericolosità idraulica del PAI;
- individuazioni bacini idrografici;
- raccolta e analisi dei dati relativi alle piogge registrati dalle stazioni pluviometriche delle aree di studio;
- stima delle precipitazioni intense e di breve durata;
- stima del tempo di corrivazione dei bacini idrografici;
- stima della pioggia lorda e della pioggia netta;
- stima degli idrogrammi di piena delle sezioni di attraversamento;
- verifiche idrauliche dei corsi d'acqua;
- verifica degli attraversamenti dei corpi idrici.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Lungo il tracciato di progetto l'acquedotto incontra 17 corsi d'acqua.

Gli elementi idrici presenti sul territorio sono per lo più corpi idrici a regime torrentizio, "secchi" durante la maggior parte dell'anno ma capaci di convogliare portate elevate durante eventi di pioggia.

Anche i corpi idrici maggiori, come il *fiume Belice*, convogliano normalmente portate esigue, ma sono in grado di gonfiarsi enormemente a seguito delle piogge.

Percorrendo l'acquedotto, nel verso idraulico, si incontrano: Il *torrente Cavarretto*, il *torrente Cava del serpente*, il *torrente Finocchio*, il *torrente Gurra Finocchio*, il *torrente Ravida*, il *torrente Case Nuove*, il *Fiume Belice*, il *fosso Dimina*, il *fiume Modione*, il *torrente San Giovanni* e i suoi affluenti rinominati in base alle località per cui passano, il *fiume Delia*, il *fiume Mazaro* e la *fiumara Sossio*. In Figura 1, Figura 2, Figura 3 e Figura 4, sono riportati gli stralci planimetrici ottenuti da immagini satellitari, con indicato il reticolo idrografico, il tracciato dell'acquedotto e la posizione degli attraversamenti.

Tutti i corsi d'acqua si muovono verso il versante meridionale della Sicilia, sfociando nel Mediterraneo, fra gli abitati di Menfi e Marsala.

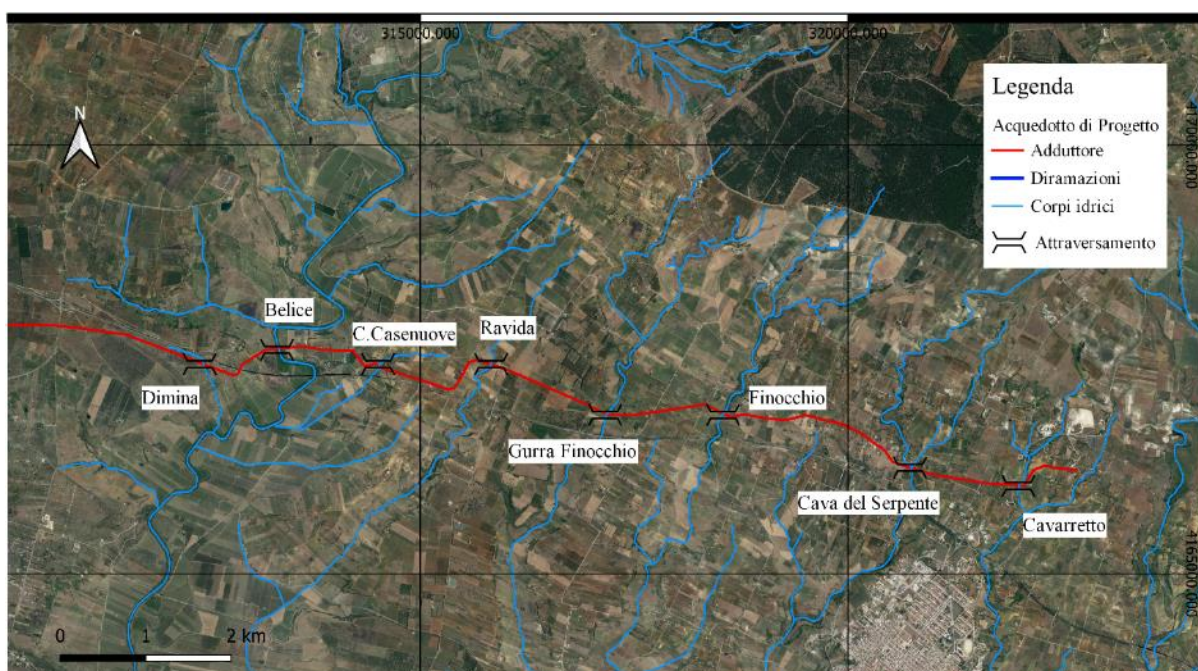


Figura 1 - Inquadramento degli attraversamenti dei corpi idrici (Parte 1) ED50 UTM33N



Figura 2 - Inquadramento degli attraversamenti dei corpi idrici (Parte 2) ED50 UTM33N



Figura 3 - Inquadramento degli attraversamenti dei corpi idrici (Parte 3) ED50 UTM33N

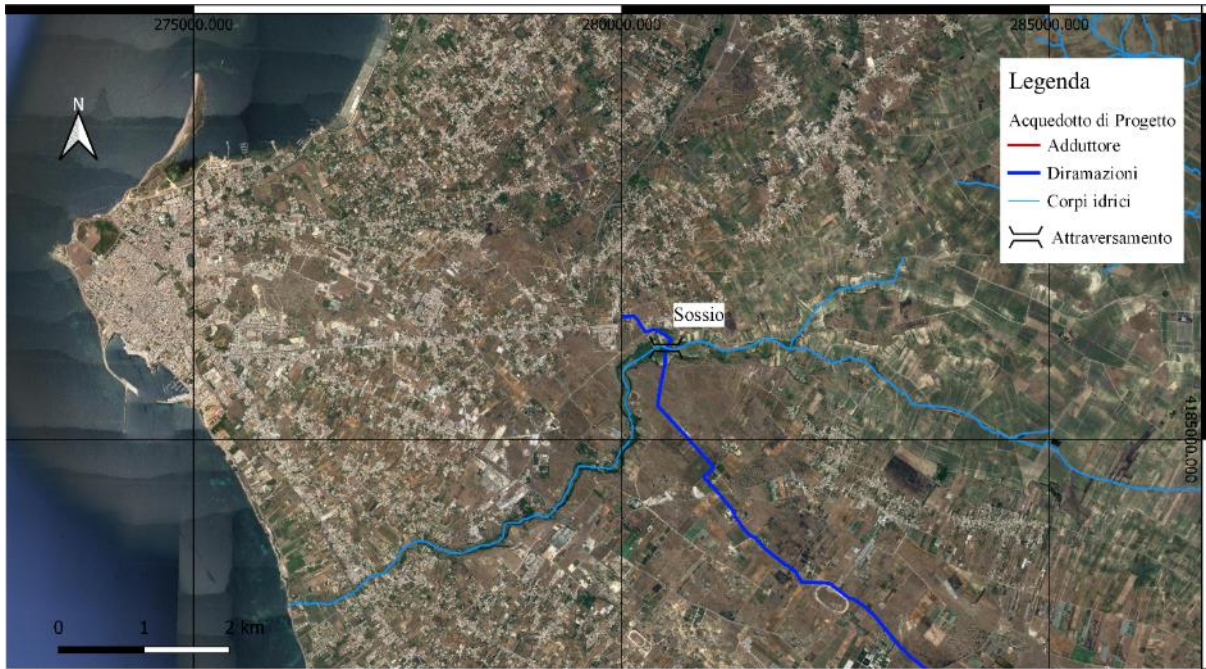


Figura 4 - Inquadramento degli attraversamenti dei corpi idrici (Parte 4) ED50 UTM33N

4. ANALISI DEL RISCHIO E DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – PAI

Il P.A.I. (*Piano per l'Assetto Idrologico*) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e la conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Le cartografie da cui è composto il P.A.I. contengono le informazioni che hanno permesso di evidenziare le aree di pericolosità e rischio idraulico necessarie per la scelta o l'esclusione delle diverse ipotesi di tracciato dell'acquedotto.

Le mappe, realizzate su tavolette al 10.000 della C.T.R. della Regione Siciliana (edizione 2013), campiscono le aree a rischio o a pericolosità con colori diversi a seconda del livello di esposizione.

Con il termine di pericolosità idraulica, in idrologia, si definisce la probabilità che piogge molto forti o abbondanti, combinandosi con le particolari condizioni che caratterizzano un territorio, possano contribuire a provocare una frana o un'alluvione. Si distingue in:

- P1 – Pericolosità moderata;
- P2 – Pericolosità media;
- P3 – Pericolosità elevata;
- P4 – Pericolosità molto elevata.

Il rischio idraulico, invece, corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici (possibili eventi alluvionali) lungo i corsi d'acqua principali. Si distingue in:

- R1 – Rischio moderato;
- R2 – Rischio medio;
- R3 – Rischio elevato;
- R4 – Rischio molto elevato.

L'analisi delle mappe, ha permesso di evitare o minimizzare l'attraversamento di aree a rischio o a pericolosità idraulica, al fine di salvaguardare il territorio e l'opera in progetto.

Nelle figure Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8, è riportato il tracciato dell'acquedotto sovrapposto alle mappe della pericolosità e del rischio idraulico del P.A.I.

L'area in cui cade l'attraversamento del fiume Belice, è stata censita come area esposta a pericolosità idraulica, P1 – Moderata, P2 - Media e P3 – Elevata. Risulta inoltre la presenza di una piccola striscia lungo l'attraversamento esposta a rischio R2 –Medio (Figura 5).

Risulta essere esposta a pericolosità idraulica anche l'area di attraversamento della fiumara Sossio, P1 - Moderata e P3 - elevata, ma non vi sono evidenze di aree esposte a rischio idraulico (Figura 8).

Dall'analisi delle carte del PAI, non risultano altre aree esposte a pericolosità e rischio idraulico.

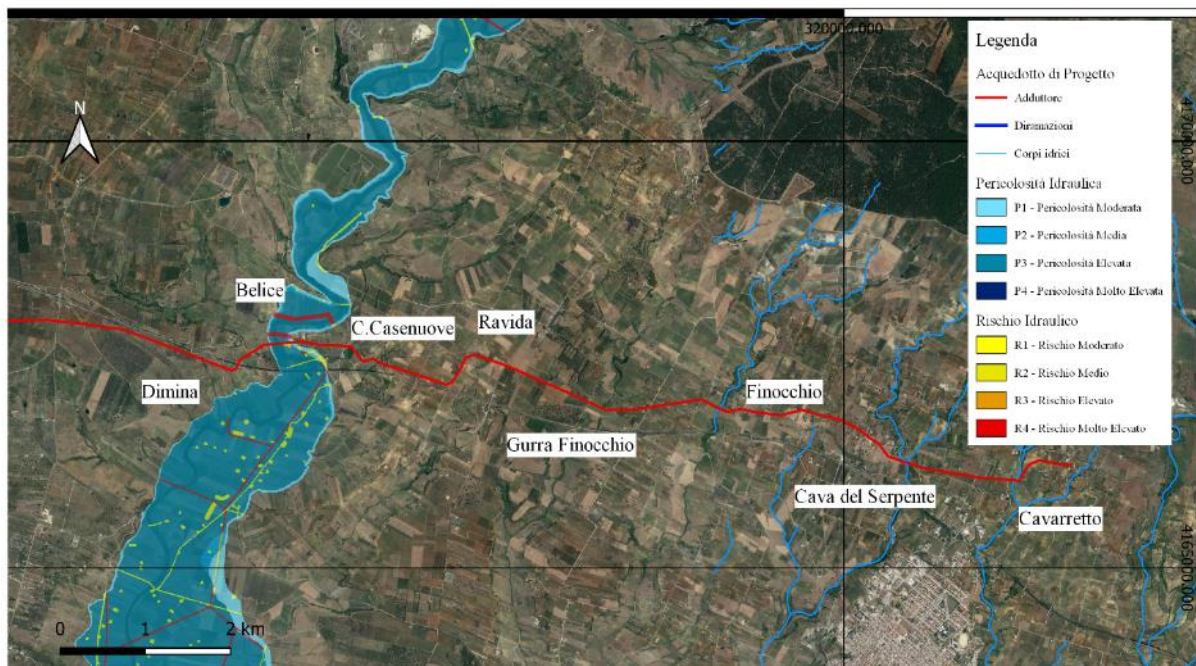


Figura 5– Carte del Rischio e della Pericolosità Idraulica – PAI Aggiornamento maggio 2021 (Parte 1) ED50 UTM33N

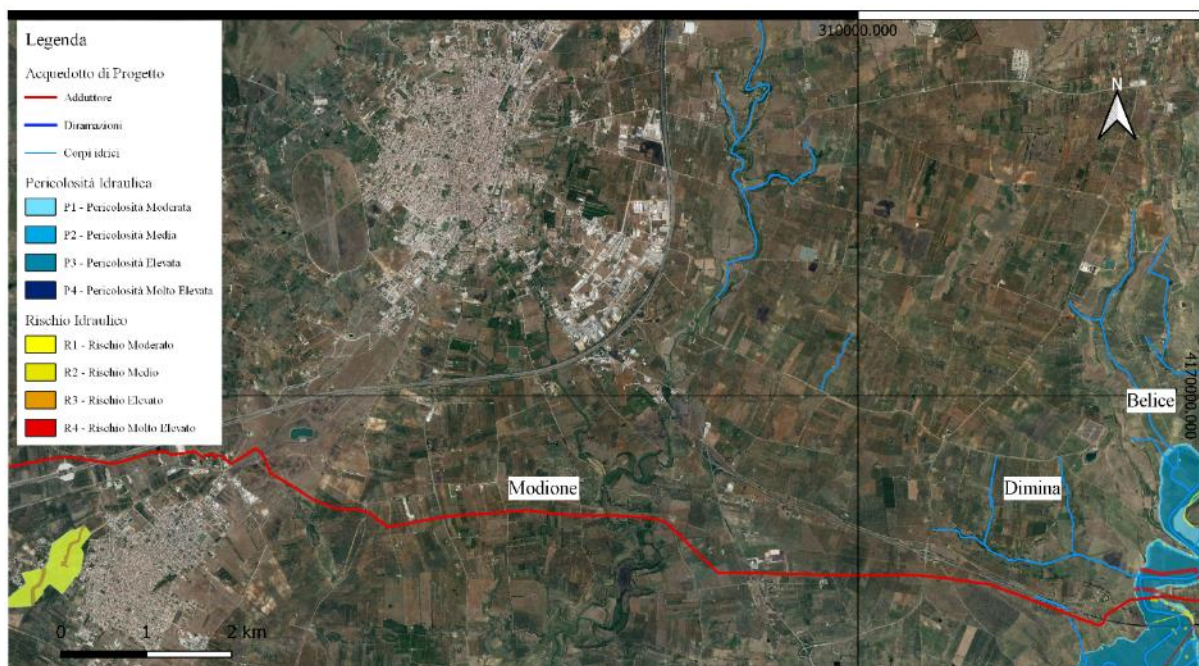


Figura 6– Carte del Rischio e della Pericolosità Idraulica – PAI Aggiornamento maggio 2021 (Parte 2) ED50 UTM33N



Figura 7 – Carte del Rischio e della Pericolosità Idraulica – PAI Aggiornamento maggio 2021 (Parte 3) ED50 UTM33N

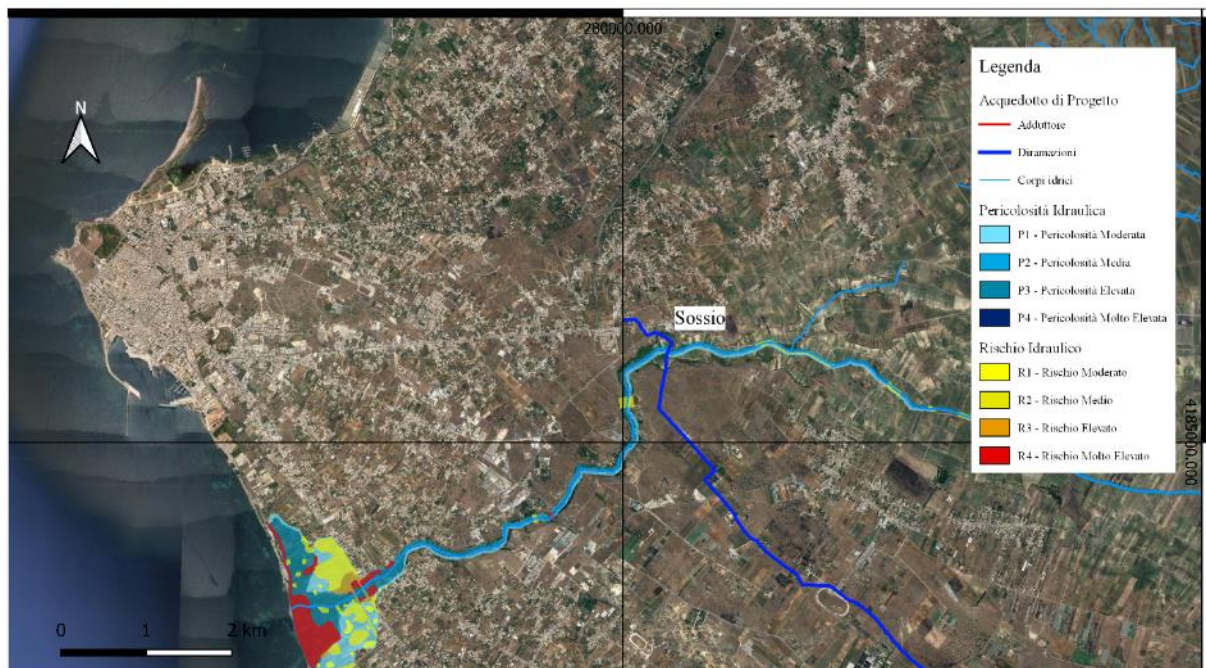


Figura 8 – Carte del Rischio e della Pericolosità Idraulica – PAI Aggiornamento maggio 2021 (Parte 4) ED50 UTM33N

5. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico è stato realizzato seguendo le *Norme di attuazione della Relazione Generale* del PAI (D.A. n.117/2021), Appendice C, paragrafo C.2 Modellazione idrologica, dove viene specificato che:

- lo studio idrologico deve preliminarmente definire l'area d'interesse, il reticolo idrografico naturale e artificiale, le sezioni d'interesse e i relativi bacini sottesi.
- La stima degli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse deve essere condotta con metodi probabilistici, valorizzando le aggiornate informazioni idrologiche disponibili per l'area in esame o per aree vicine e simili, ed utilizzare metodi diretti (analisi probabilistica delle portate osservate) o indiretti (analisi probabilistica delle precipitazioni e successiva trasformazione afflussi-deflussi), L'analisi probabilistica può essere effettuata anche sulla base di studi di regionalizzazione (ad es. VAPI, TCEV ecc) disponibili per il territorio in esame, purché siano confrontati con valutazioni compiute utilizzando i dati più recenti disponibili.
- Nel caso di bacini idrografici di limitata estensione (fino a circa 20 km²) si può ricorrere, per la determinazione del valore della portata di massima piena di assegnato tempo di ritorno, all'applicazione di un metodo analitico noto in letteratura come "metodo razionale".
- Negli studi finalizzati alla formazione o aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio devono valutarsi gli idrogrammi di piena con i tempi di ritorno adottati nella Relazione Generale del PAI. Attualmente (Relazione generale edizione 2004) essi sono:
 - o - aree ad alta probabilità di inondazione; tempo di ritorno 50 anni
 - o - aree a moderata probabilità di inondazione: tempo di ritorno 100 anni
 - o - aree a bassa probabilità di inondazione: tempo di ritorno 300 anni

Pertanto, per i bacini di maggiori dimensioni (Belice, Modione, Delia, Mazaro, e Sossio), è stato seguito lo schema identificato come "metodo completo", consistente:

- nella raccolta dei dati registrati dalle stazioni pluviometriche presenti sul territorio;
- nella costruzione delle CPP (Curve di probabilità pluviometrica);
- nella stima della capacità di assorbimento del terreno e trasformazione dei valori da pioggia lorda in pioggia netta;
- nell'utilizzo del metodo cinematico per la determinazione degli idrogrammi di piena.

Nel caso di bacini di ridotta estensione (fino a circa 20 km²), per la determinazione del valore della portata di massima piena di assegnato tempo di ritorno, è stato applicato il "metodo razionale", consistente nella:

- determinazione della massima intensità di pioggia oraria tramite modello TCEV – Two Component Extreme Value;
- trasformazione del dato orario nel dato corrispondente alla durata critica dell'evento di pioggia;
- costruzione dell'idrogramma di piena rettangolare attraverso la formula razionale.

Per entrambi i metodi, sono stati individuati i bacini idrografici e sono state ricavati le superfici e altri dati necessari alla determinazione degli idrogrammi di piena.

5.1. Individuazione dei bacini idrografici

La stima degli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse è stata condotta con metodi probabilistici indiretti, ovvero secondo l'analisi probabilistica delle precipitazioni con successiva trasformazione degli afflussi in deflussi.

Lo studio idrologico eseguito, ha preliminarmente analizzato e definito il reticolo idrografico (naturale e artificiale) ed i relativi bacini sottesi. Nella delimitazione dei bacini, sono stati inclusi gli eventuali scarichi e apporti artificiali di altri bacini.

I bacini idrografici sono stati tracciati sfruttando strumenti di processing del software QGIS a partire dal DEM (digital elevation model) della Regione Siciliana e modificando manualmente i limiti in prossimità delle sezioni di chiusura dei corsi d'acqua. Si è utilizzato il DEM a due metri.

Inoltre, si è fatto riferimento ai bacini idrografici reperibili all'interno del visualizzatore del CFD – Idro Sicilia, per il controllo e la verifica delle zone perimetrali.

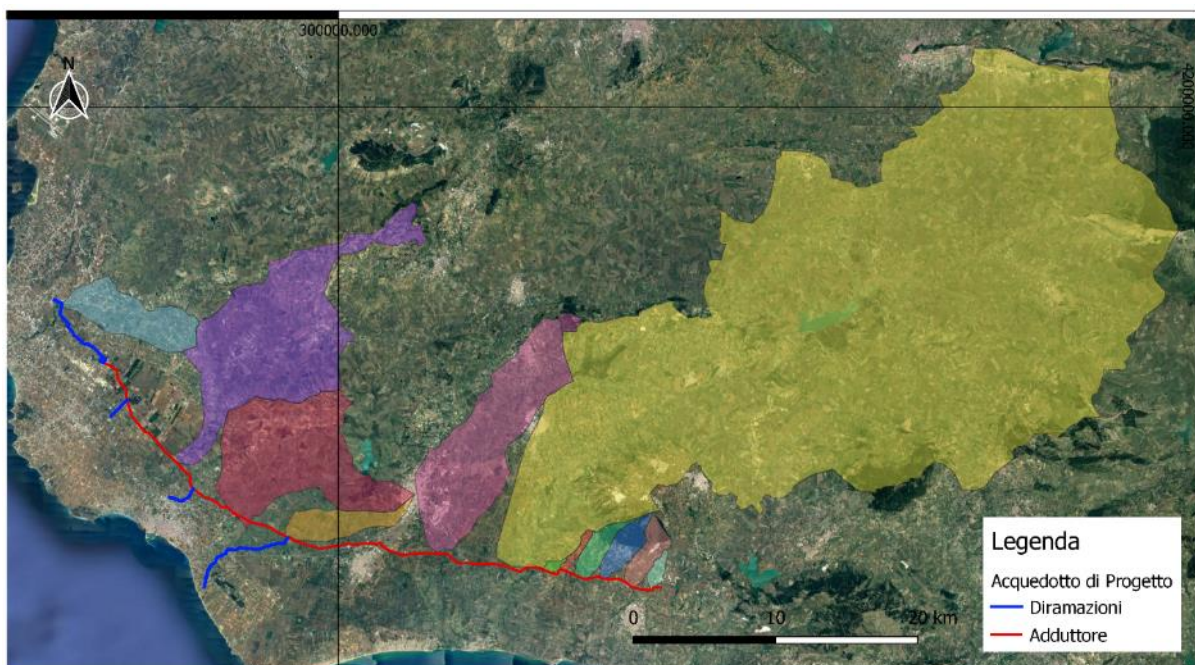


Figura 9 - Vista d'insieme dei bacini idrografici relativi ai 17 attraversamenti previsti nel progetto - ED50 UTM33N



Figura 10 - Bacini Idrografici dei corsi d'acqua principali (CFD-Idro Sicilia)

Gli elaborati della classe 1.4.2, riportano le corografie dei bacini idrografici ottenuti dalla cartografia a scala 1:25.000.

In Tabella 1, sono riportate le estensioni dei bacini idrografici individuati.

Tabella 1 - Estensione dei bacini idrografici

id	Bacino Idrografico	Superficie [m2]	Superficie [Km2]
1	Torrente Cavarretto	2145673.92	2.15
2	Torrente Cava del Serpente	7173225.28	7.17
3	Torrente Finocchio	7405001.34	7.41
4	Torrente Gurra Finocchio	6276042.18	6.28
5	Torrente Ravida	1636000.52	1.64
6	Torrente Contrada Casenuove	865875.95	0.87
7	Fiume Belice	899097728.42	899.10
8	Fiume Modione	73984627.33	73.98
9	Torrente San Giovanni	13610167.88	13.61
10	Torrente San Giovanni (Contrada del Piano)	8413125.10	8.41
11	Fiume Delia	73833852.76	73.83
12	Torrente San Giovanni (C. del Celso)	2506306.07	2.51
13	Fiume Mazaro	102692893.74	102.69
14	Fiumara Sossio	25078653.98	25.08
15	Torrente San Giovanni (Mass.a Saporito)	266763.32	0.27
16	Torrente San Giovanni (Delia)	637332.57	0.64
17	Fosso Contrada Dimina	36714,21	0.03

5.2. Metodo Completo

Per i bacini di grande dimensione (Superficie > 25 km²), ovvero il Belice, il Modione, il Delia, il Mazaro, e il Sossio è stato seguito lo schema del “metodo completo”.

5.2.1. Descrizione del metodo

Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

Le stime delle precipitazioni di massima intensità e breve durata, per assegnati tempi di ritorno T, relative ai bacini idrici, sono ricavate attraverso l'analisi storica/statistica dei dati registrati dalle stazioni pluviometriche presenti sul territorio. L'analisi può essere condotta solo se le stazioni posseggono serie di dati lunghe (di norma superiori a 20 anni) e continue, scartando le stazioni che non rispettano tali requisiti.

I dati registrati dalle stazioni sono raccolti all'interno degli *Annali Idrologici*, pubblicati fino al 2015 dall'*Osservatorio delle Acque* e successivamente dall'*Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia*.

Sono state consultate le raccolte dati del *Centro Funzionale Decentrato – Idro* (CFD-Idro) della Regione Siciliana che mette a disposizione i report aggiornati con cadenza annuale delle stazioni pluviometriche, fornendo le mappe dove sono riportati i dati delle stazioni suddivisi per attendibilità.

I report prodotti da CFD-Idro contengono per ciascuna stazione le informazioni riassuntive dei valori estremi di precipitazione, le frequenze di precipitazione mensili e le curve di possibilità pluviometrica.

Le schede usate per attingere ai dati necessari per la ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica, sono riportate all'interno dell'elaborato di progetto 1.4.1.

Sovrapponendo la mappa di Figura 9 con quella di Figura 11, è possibile scegliere le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica con il metodo dei Topoiet, che permette di ricavare i valori estesi al bacino studiato a partire da valori puntuali registrati dalle stazioni.



Figura 11 - Mappa delle Stazioni Sicilia Occidentale CFD-Idro

Il metodo consiste nel collegare le stazioni presenti all'interno o in prossimità del bacino (con serie di dati valide) con linee rette in modo da formare uno o più triangoli (i più regolari possibili), fino a coprire l'intera superficie del bacino; in seguito si tracciano le mediane ai lati dei triangoli, che delimitano le aree di influenza delle stazioni pluviometriche.

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica (μ) e scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Per estendere questi valori all'intero topoiato, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguaglio (ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

$$\psi = \frac{1}{1 + 0.0015 \frac{S_{topoiato}}{d^{0.2}}}$$

- Con $S_{topoiato}[\text{km}^2]$ d [ore].

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoiati all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

$$\mu_{d,S} = \frac{\mu_{d,SA} * S_A + \mu_{d,SB} * S_B + \mu_{d,SC} * S_C + \mu_{d,SD} * S_D}{S}$$

$$\sigma_{d,S} = \frac{\sigma_{d,SA} * S_A + \sigma_{d,SB} * S_B + \sigma_{d,SC} * S_C + \sigma_{d,SD} * S_D}{S}$$

Una volta in possesso dei valori di media e scarto ragguagliati al bacino, si procede con il tracciamento delle curve di probabilità pluviometrica, funzioni dei tempi di ritorno T di progetto.

Per “tempo di ritorno” si intende il numero di anni in cui mediamente il valore dell'altezza di pioggia “h” viene raggiunto o superato una sola volta.

Il PAI richiede di effettuare lo studio per i tempi di ritorno T di 50, 100 e 300 anni.

Per le opere di attraversamento di un corso d'acqua è necessario ottenere l'Autorizzazione Idraulica Unica [N.T.C. 2018 C5.1.2.3]. Tale autorizzazione prevede che lo studio sia eseguito con un tempo di ritorno T di 200 anni.

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel:

$$h(d, T) = v(d, S) - 1/\alpha(d, S) \ln |\ln |(T - 1)/T| |$$

in cui α è il parametro di forma, mentre v è il parametro di scala. I parametri valgono:

$$\alpha_{d,S} = 1,283/\sigma_{d,S}$$

$$v_{d,S} = \mu_{d,S} - 0,45\sigma_{d,S}$$

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_t = ad^n$$

Dal grafico è possibile estrapolare i valori di “a” e di “n”, necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata.

Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione o durata critica dell'evento può essere definito come il tempo necessario alla goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Tale valore è calcolato a seconda della estensione e delle caratteristiche morfologiche del bacino con:

- il criterio della velocità: formula universale ma particolarmente adatta a bacini di piccole dimensioni;
- la formula di Giandotti: particolarmente adatta per bacini di estensione variabile tra 50 e 70.000 km²;
- la formula di Viparelli: particolarmente adatta per bacini di estensione compresa tra 1 e 5.500 km².
- la formula di Kirpich: particolarmente adatta per bacini di piccolissime dimensioni;

Per ogni bacino è stato calcolato il tempo di corrivazione con almeno due formule, fra quelle sopra proposte, in modo da confrontarle e mediarle.

In Tabella 2 è riepilogata la scelta delle formule per il calcolo del tempo di corrivazione.

Tabella 2 - Riepilogo del metodo scelto e del valore del tempo di corrivazione

Bacino Idrografico	Tempo di corrivazione calcolato con	Tempo di corrivazione
Fiume Belice	Formula di Giandotti	16 ore
Fiume Modione	Formula di Giandotti/Criterio della velocità	5 ore
Fiume Delia	Formula di Giandotti/Criterio della velocità	2,40 ore
Fiume Mazaro	Formula di Giandotti/Criterio della velocità	7 ore
Fiumara Sossio	Formula di Giandotti/Criterio della velocità	2,33 ore

Lo ietogramma Chicago e la stima della pioggia netta

Lo ietogramma è un istogramma di pioggia che descrive come varia la precipitazione durante l'evento meteorico. La pioggia è suddivisa in intervalli discreti durante i quali si pone costante l'intensità di precipitazione.

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia utilizzando l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

Non tutta la pioggia piovuta nel bacino contribuisce al deflusso. Per ricavare gli ietogrammi di pioggia netta si è utilizzato il metodo a sottrazione costante, inserendo il coefficiente di deflusso (Φ). Questo dipende dalla permeabilità del terreno, dalla densità di copertura vegetale e dal tempo di ritorno.

Il metodo a sottrazione costante consiste nel sottrarre ad ogni intervallo dello ietogramma di pioggia lorda la stessa quantità di pioggia, data dal contributo totale di pioggia netta divisa per il numero di intervalli in cui è stato discretizzato il tempo di corrivazione.

Il coefficiente di deflusso è calcolato con la formula di Lotti, per tipo di suolo, come indicato in Tabella 3.

$$\Phi = \Phi_{100} \left(\frac{T}{100} \right)^{0.2}$$

Tabella 3 - Coefficienti di deflusso per T=100 anni

TIPO DI TERRENO	T=100 anni		T≥500 anni
	densità di copertura vegetale		
	bassa	alta	
Impermeabile	0.85	0.77	0.90
debolmente permeabile	0.70	0.60	0.90
Permeabile	0.55	0.50	0.70

Quindi si costituiscono gli ietogrammi Chicago mettendo a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che giunge alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

Il modello cinematico

Il modello cinematico considera (nella deduzione dei deflussi di piena) esclusivamente il fenomeno di trasferimento della massa d'acqua liquida: la goccia che cade sulla superficie del bacino scorre su di essa con velocità variabile e giunge, unita alle altre gocce, dopo un certo tempo alla sezione di chiusura. Il modello prescinde dai fenomeni di laminazione della massa liquida imputabili a un momentaneo accumulo in alcune zone (per esempio, quelle più depresse) del bacino.

Il metodo della corrivazione si fonda sulle seguenti ipotesi:

- 1) la formazione della piena è dovuta unicamente a un fenomeno di trasferimento della massa fluida;
- 2) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- 3) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce, cioè ognuna si muove indipendentemente dalle altre;
- 4) le linee isocorrive, cioè le linee che congiungono punti aventi uguale valore di tempo di corrivazione, si mantengono costanti durante l'evento al variare dell'intensità di pioggia, della durata e del coefficiente di deflusso;
- 5) la portata della corrente defluente attraverso la sezione di chiusura, si ottiene sommando le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorrive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

Per il calcolo della portata di piena è stato eseguito il prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette ed il vettore composto dall'area delle superfici isocorrive per ogni valore del tempo di ritorno T .

Il risultato fornisce un vettore che rappresenta l'andamento della portata nel tempo.

Realizzando un grafico dove in ordinata si trova il valore della portata e in ascisse il tempo ed interpolando i punti, si ricava la forma dell'idrogramma di piena.

5.2.2. Attraversamento del fiume Belice

Individuato il bacino idrografico come esporto al capitolo 5.1, sovrapponendo la mappa in Figura 9 con quella in Figura 11 è stato possibile individuare le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica a partire dal metodo dei Topoiet.

Le stazioni pluviometriche scelte in questo caso, sono quelle di Castelvetro, Gibellina; Ficuzza, Corleone, Piana degli Albanesi, Diga Arancio e Roccamena.

In Figura 12 è riportata la suddivisione del bacino idrografico del fiume Belice secondo il metodo dei topoiet descritto sopra, mentre in Tabella 4 è riportato un report riguardante la suddivisione.

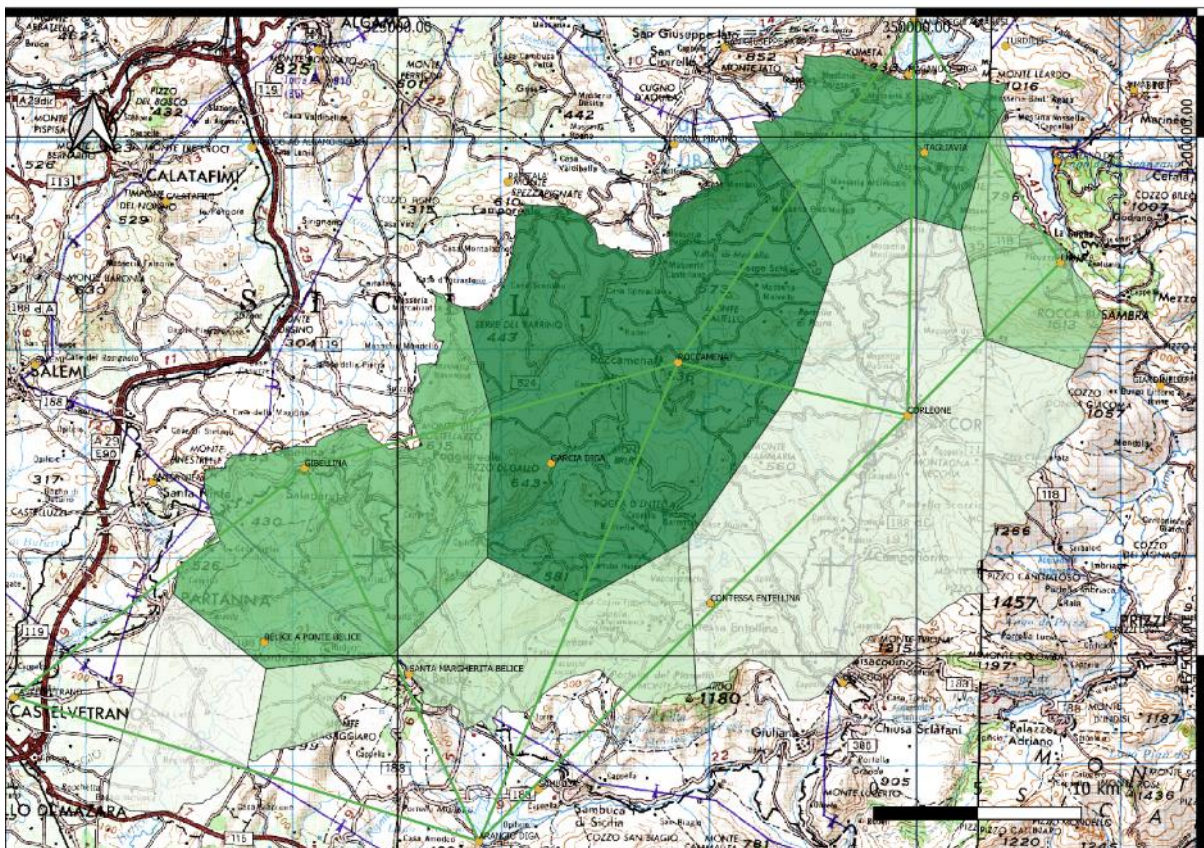


Figura 12 - Costruzione delle aree di influenza delle stazioni topografiche con il metodo dei topoiet - Belice (IGM200.000)

Tabella 4 - Suddivisione del bacino idrografico del Belice secondo il metodo dei topoiet

id	Stazione	Superficie [m ²]	Superficie [Km ²]	Superficie [ha]
1	Castelvetro	51494727.2	51.49	5149.47
2	Gibellina	147406122.9	147.40	14740.61
3	Diga Arancio	96967041.83	96.96	9696.70
4	Piana degli Albanesi	73938284.6	73.93	7393.82
5	Ficuzza	40224847.25	40.22	4022.48
6	Corleone	248184174.1	248.18	24818.41
7	Roccamena	241255089.8	241.25	24125.50

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica μ e lo scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore come riportato in Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11.

Tabella 5 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Castelvetro 056_01/D.T.

Castelvetro					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
28	36	42	50	57	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
13	16	18	22	23	

Tabella 6 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Gibellina 057_01

Gibellina					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
28	36	42	47	55	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
15	20	23	22	21	

Tabella 7- Dati estratti da scheda CFD-Idro Diga Arancio 059_01

Diga Arancio					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
28	39	43	48	54	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
11	16	16	18	18	

Tabella 8- Dati estratti da scheda CFD-Idro Piana degli Albanese 057_01

Piana degli Albanesi					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
24	36	48	68	89	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
11	14	19	29	37	

Tabella 9 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Ficuzza 037_01

Ficuzza					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
24	33	40	50	61	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
10	14	16	19	23	

Tabella 10 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Corleone 057_01

Corleone					
Media μ					
1h	3h	6h		12h	24h
23	31	37		43	50
Scarto σ					
1h	3h	6h		12h	24h
9	11	12		14	17

Tabella 11 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Roccamena 057_01

Roccamena					
Media μ					
1h	3h	6h		12h	24h
25	32	36		44	51
Scarto σ					
1h	3h	6h		12h	24h
12	14	15		15	16

Per estendere questi valori all'intero bacino, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguglio (ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

Tabella 12 - Coefficienti di Fornari

Stazione	$\Psi(1h)$	$\Psi(3h)$	$\Psi(6h)$	$\Psi(12h)$	$\Psi(24h)$
Castelvetrano	0.9282964	0.9416148	0.9487856	0.9551177	0.9606994
Gibellina	0.8189276	0.8492616	0.866163	0.881434	0.8951734
Diga Arancio	0.8730189	0.8954482	0.9077336	0.9187065	0.9284772
Piana degli Albanesi	0.900165	0.9182483	0.9280698	0.9367926	0.9445208
Ficuzza	0.9430962	0.9538024	0.9595407	0.9645927	0.9690342
Corleone	0.7287162	0.7699168	0.7935521	0.8153417	0.8353089
Roccamena	0.7342777	0.7748945	0.7981525	0.819567	0.8391674

Tabella 13 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Castelvetrano)

Castelvetrano					
Media μ					
1h	3h	6h		12h	24h
25.9923	33.898132	39.848996		47.755887	54.759865
Scarto σ					
1h	3h	6h		12h	24h
12.067854	15.065836	17.078141		21.01259	22.096086

Tabella 14 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Gibellina)

Gibellina				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
22.929972	30.573416	36.378846	41.427396	49.234535
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
12.283914	16.985231	19.921749	19.391547	18.79864

Tabella 15 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Diga Arancio)

Diga Arancio				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
24.444529	34.922479	39.032545	44.097911	50.13777
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
9.603208	14.327171	14.523738	16.536717	16.71259

Tabella 16 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Piana degli Albanesi)

Piana degli Albanesi				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
21.60396	33.056941	44.547352	63.701898	84.062354
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
9.9018152	12.855477	17.633327	27.166986	34.947271

Tabella 17 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Ficuzza)

Ficuzza				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
22.634308	31.475478	38.381626	48.229633	59.111085
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
9.4309615	13.353233	15.352651	18.32726	22.287786

Tabella 18 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Corleone)

Corleone				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
16.760474	23.867421	29.361427	35.059694	41.765444
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
6.5584462	8.4690849	9.5226249	11.414784	14.200251

Tabella 19 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Roccamena)

Roccamena				
		Media μ		
1h	3h	6h	12h	24h
18.356942	24.796624	28.73349	36.060948	42.797537
		Scarto σ		
1h	3h	6h	12h	24h
8.811332	10.848523	11.972288	12.293505	13.426678

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoieti all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

Tabella 20 - Medie e scarti quadratici medi estesi all'intero bacino idrografico - Belice

Valori Estesi all'Intero Bacino				
		Media μ		
1h	3h	6h	12h	24h
20.22	28.08	33.64	41.02	49.17
		Scarto σ		
1h	3h	6h	12h	24h
9.15	12.09	13.78	15.66	17.54

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel.

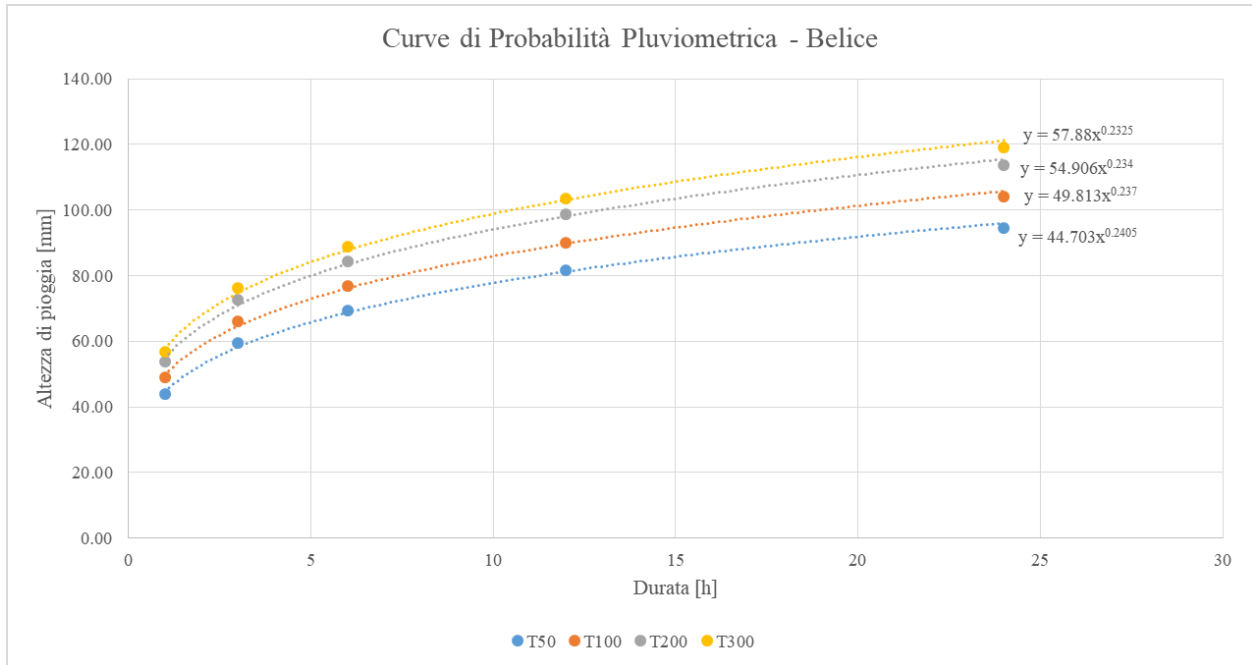
Tabella 21 - Altezze di Pioggia per durata e tempo di ritorno calcolate con la Legge di Gumbel - Belice

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	43.92	59.41	69.35	81.60	94.61
hd,100	48.90	65.99	76.85	90.13	104.15
hd,200	53.86	72.54	84.33	98.62	113.66
hd,300	56.76	76.37	88.69	103.58	119.21

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_T = ad^n$$

Tabella 22 - Curve di probabilità pluviometrica - Belice



Dal grafico è possibile estrapolare i valori di “a” e di “n”, necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata. h

Tabella 23- Parametri delle linee di tendenza estrapolate dal grafico per i diversi tempi di ritorno - Belice

a	n
44.703	0.2405
49.813	0.237
54.906	0.234
57.88	0.2325

Tabella 24 - Valori di massima intensità di pioggia per data durata e tempo di ritorno - Belice

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	44.70	58.22	68.78	81.26	96.00
hd,100	49.81	64.63	76.17	89.77	105.79
hd,200	54.91	71.00	83.50	98.21	115.50
hd,300	57.88	74.72	87.79	103.14	121.18

5.2.2.1. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è stato stimato confrontando le formule proposte da diversi autori come Giandotti, Viparelli, Kirpich, ecc.

In questo caso, considerata l'estensione del bacino (899 km²) è stato necessario utilizzare la formula di Giandotti.

Il tempo di corrivazione stimato è di circa 16 ore.

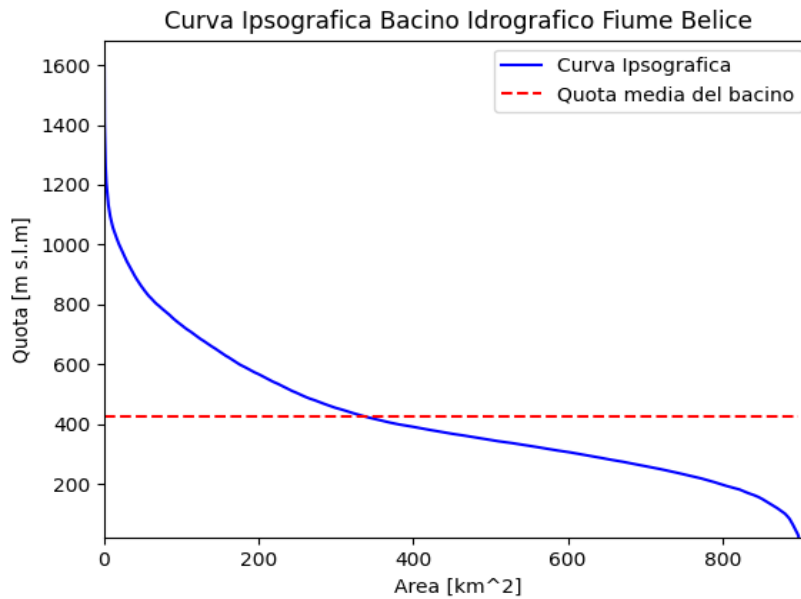


Figura 13 - Curva Ipsografica del bacino idrografico del Belice

Essendo $\tau_c=16,84$ ore, volendo comunque ottenere un idrogramma di piena sufficientemente dettagliato, per la costruzione dello ietogramma Chicago, si è discretizzato il tempo di corrivazione in sedici intervalli di 60 minuti ciascuno. Diminuendo il tempo di corrivazione (da 16 ore e 50 minuti a 16 ore), si è dato un ulteriore margine di sicurezza al risultato del modello.

5.2.2.2. Ietogramma Chicago e pioggia netta

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia lorda (Figura 14, Figura 15, Figura 16 e Figura 17), con l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

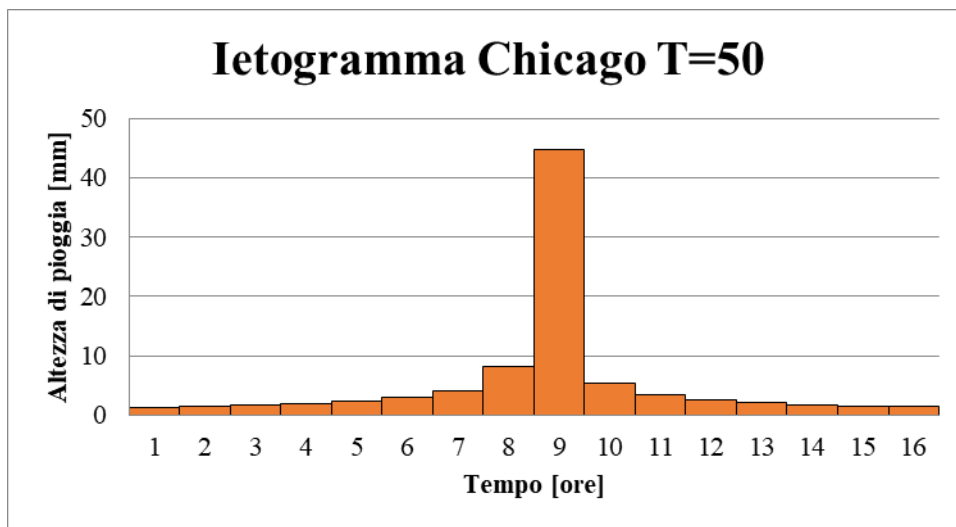


Figura 14 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Belice per tempo di ritorno 50 anni

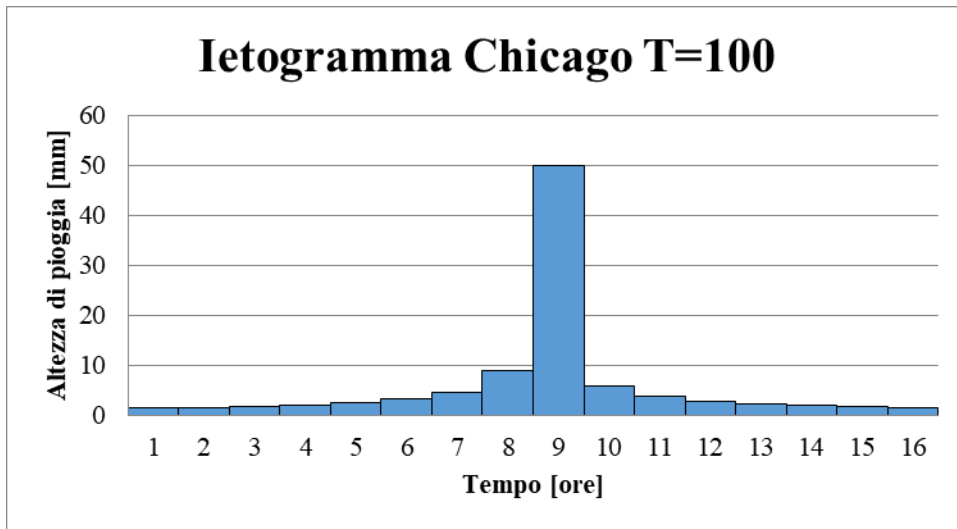


Figura 15 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Belice per tempo di ritorno 100 anni

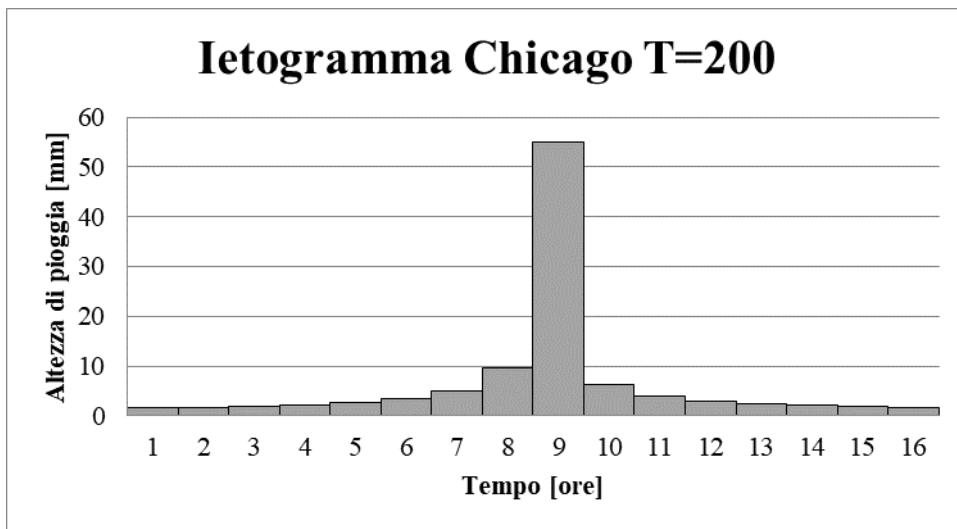


Figura 16 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Belice per tempo di ritorno 200 anni

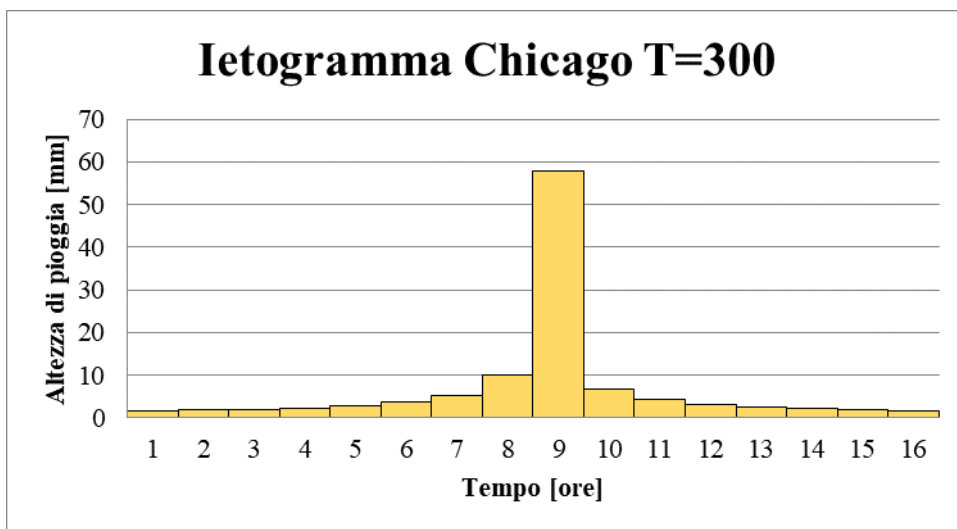


Figura 17 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Belice per tempo di ritorno 300 anni

Per la trasformazione da pioggia lorda in pioggia netta, si è fatto riferimento al metodo a sottrazione costante.

Considerando: l'estensione del bacino, la geologia, la vegetazione spontanea e le colture presenti (analizzate tramite la mappa dell'uso dei suoli *Corine Land Cover*), si è scelto il coefficiente di deflusso ϕ per tempo di ritorno 100 anni, pari a 0,5.

Quindi sono stati ottenuti gli ietogrammi Chicago che mettono a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che arriverà alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

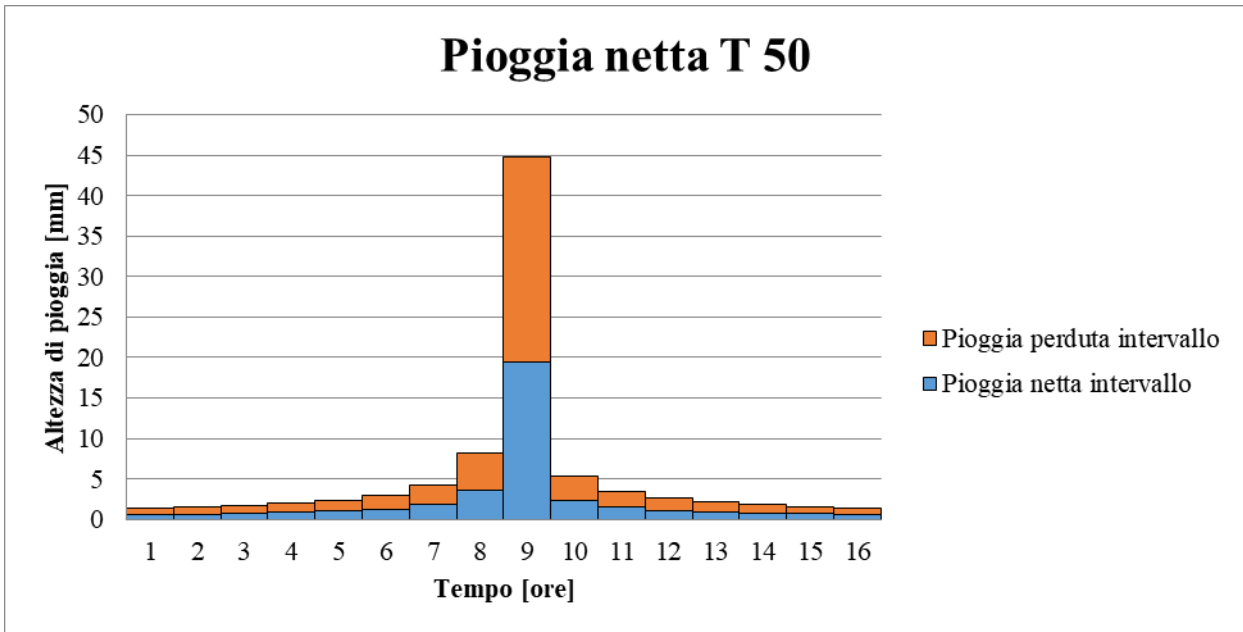


Figura 18 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=50 anni - Belice

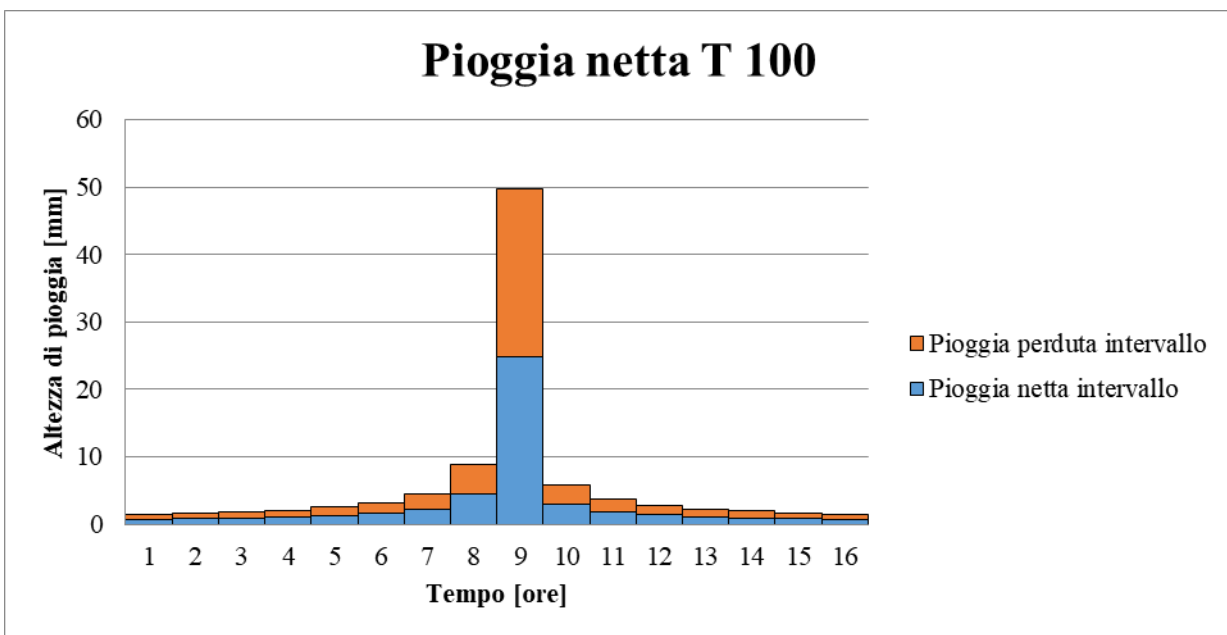


Figura 19- Ietogramma Chicago pioggia netta T=100 anni - Belice

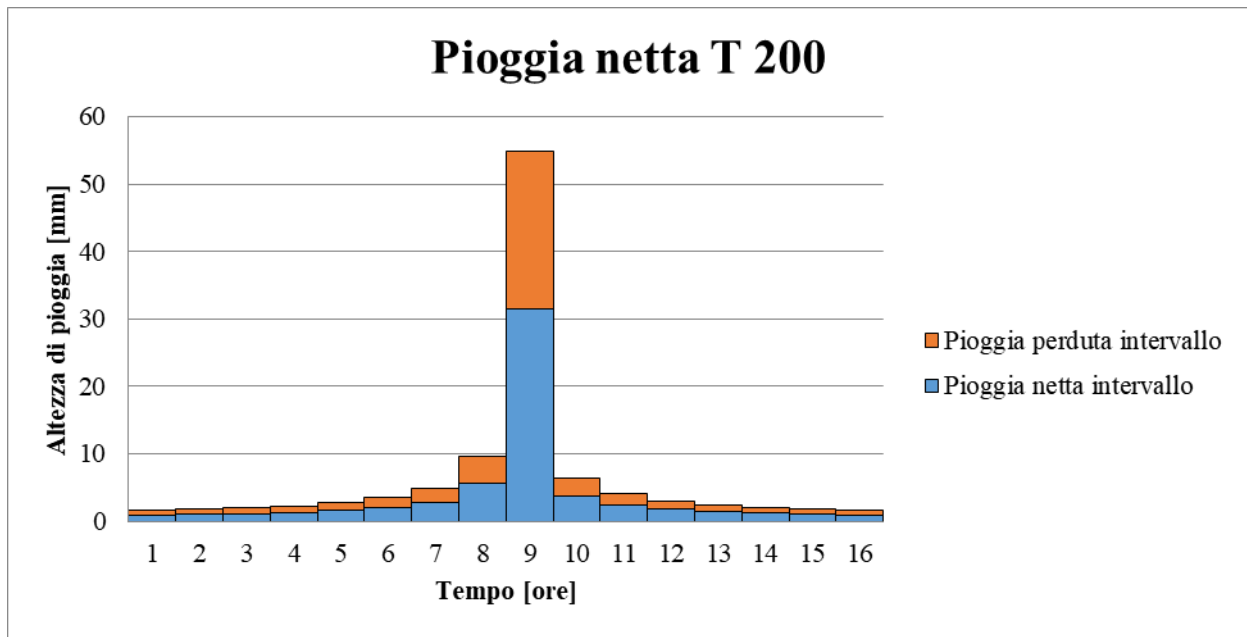


Figura 20- Ietogramma Chicago pioggia netta T=200 anni - Belice

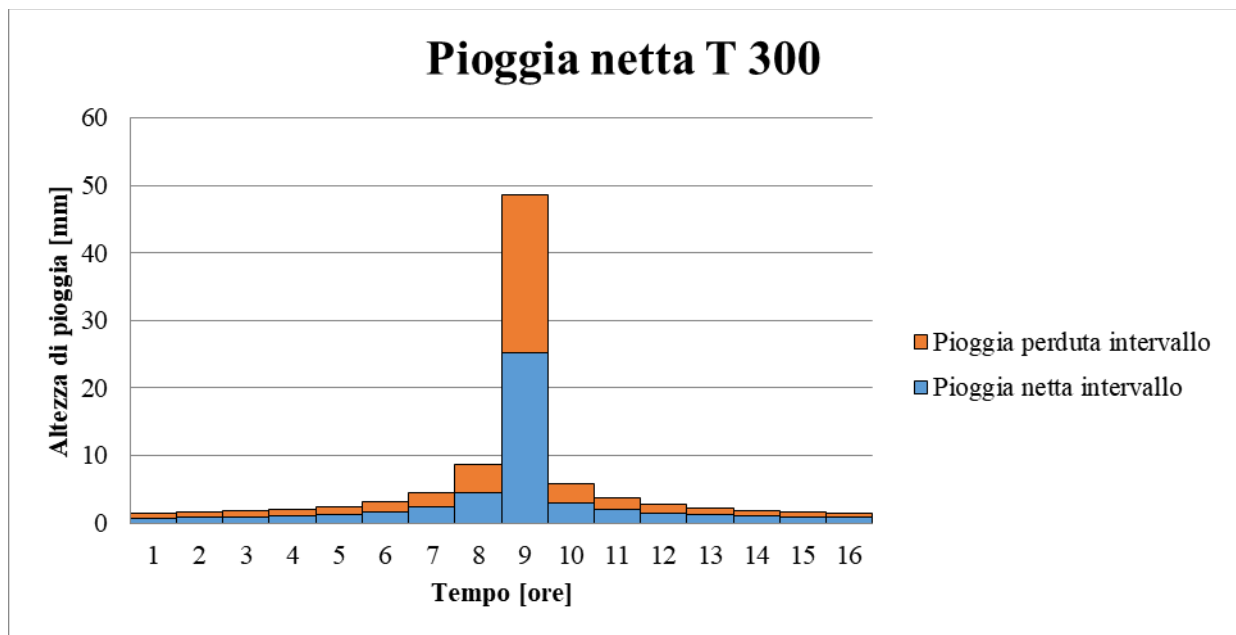


Figura 21 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=300 anni - Belice

5.2.2.3. Il modello cinematico

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

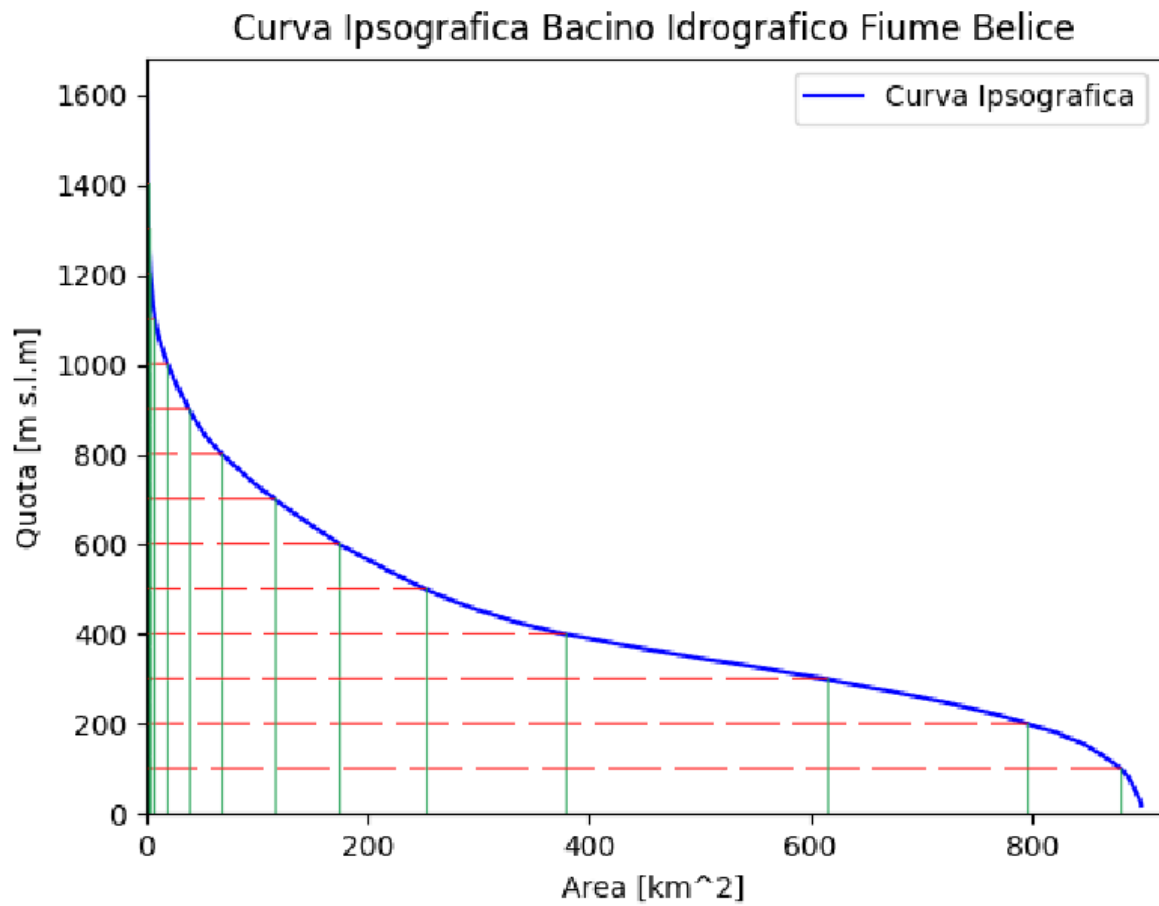


Figura 22- Curva isocorrigrafica del bacino del Belice

Tabella 25 - Estensione delle superfici isocorrigrafiche del bacino del Belice (km²)

S1	16.39
S2	84.7
S3	181.12
S4	237.38
S5	126.46
S6	78.94
S7	58.31
S8	48.41
S9	29.36
S10	20.07
S11	11.92
S12	3.4
S13	0.58
S14	0.69
S15	0.47
S16	0.8

Per il calcolo della portata di piena è stato eseguito il prodotto matriciale tra la matrice delle piogge (nette) e il vettore composto dall'area delle superfici isocorrive per ogni valore del tempo di ritorno T, come illustrato di seguito.

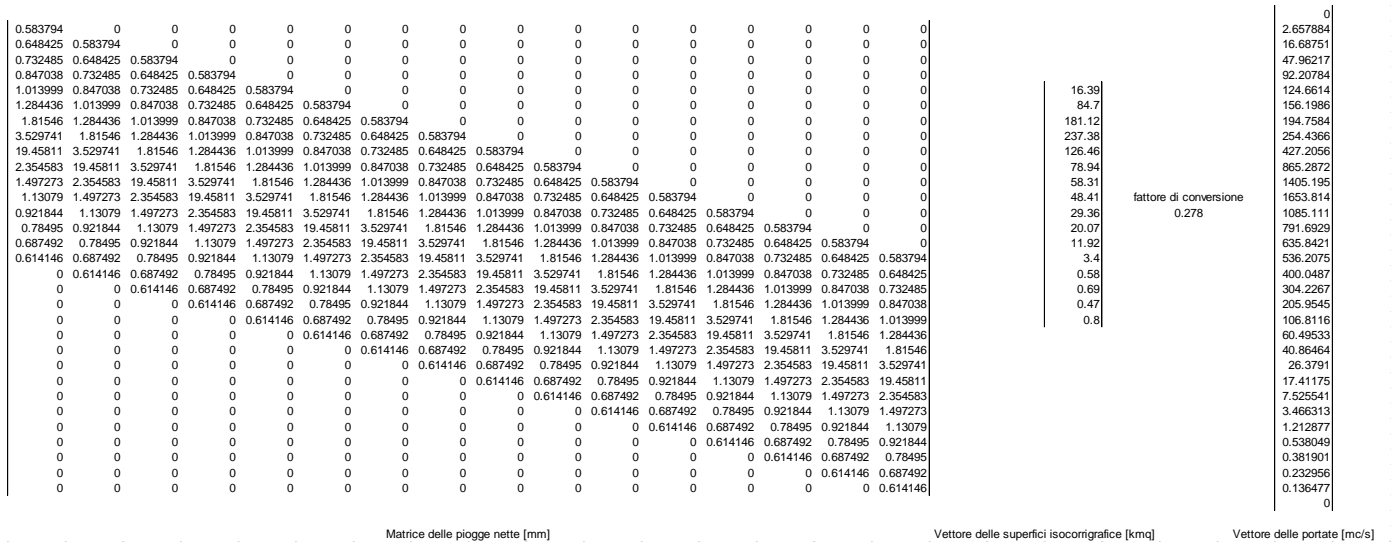


Figura 23 - Prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette e il vettore delle superfici isocorrigrafiche – Belice T50

Lo stesso prodotto matriciale è stato eseguito per i tempi di ritorno 100, 200 e 300, fornendo i risultati riportati nella Tabella 26.

Tabella 26- Tabella riepilogativa i valori di portata (mc/s) per i quattro tempi di ritorno – Belice

Durata	T50	T100	T200	T300
0	0	0	0	0
1	2.66	3.32	4.12	4.66
2	16.69	20.85	25.85	29.25
3	47.96	59.93	74.33	84.09
4	92.21	115.25	142.95	161.74
5	124.66	155.88	193.41	218.87
6	156.20	195.42	242.58	274.58
7	194.76	243.84	302.88	342.93
8	254.44	318.92	396.54	449.22
9	427.21	538.47	672.78	764.02
10	865.29	1098.13	1380.20	1572.07
11	1405.20	1789.14	2255.04	2572.13
12	1653.81	2108.41	2660.40	3036.19
13	1085.11	1379.53	1736.53	1979.45
14	791.69	1004.49	1262.27	1437.61
15	635.84	805.83	1011.63	1151.59
16	536.21	679.20	852.28	969.98
17	400.05	505.61	633.24	719.99
18	304.23	384.03	480.46	546.00
19	205.95	259.66	324.50	368.57
20	106.81	134.24	167.30	189.75
21	60.50	75.81	94.24	106.74
22	40.86	51.24	63.73	72.20
23	26.38	33.07	41.14	46.61
24	17.41	21.90	27.32	31.00
25	7.53	9.41	11.68	13.22

26	3.47	4.33	5.38	6.09
27	1.21	1.52	1.88	2.13
28	0.54	0.67	0.84	0.95
29	0.38	0.48	0.59	0.67
30	0.23	0.29	0.36	0.41
31	0.14	0.17	0.21	0.24
32	0	0	0	0

I valori riportati, permettono di tracciare gli idrogrammi di piena finali relativi alla sezione di chiusura, come riportato in Figura 24.

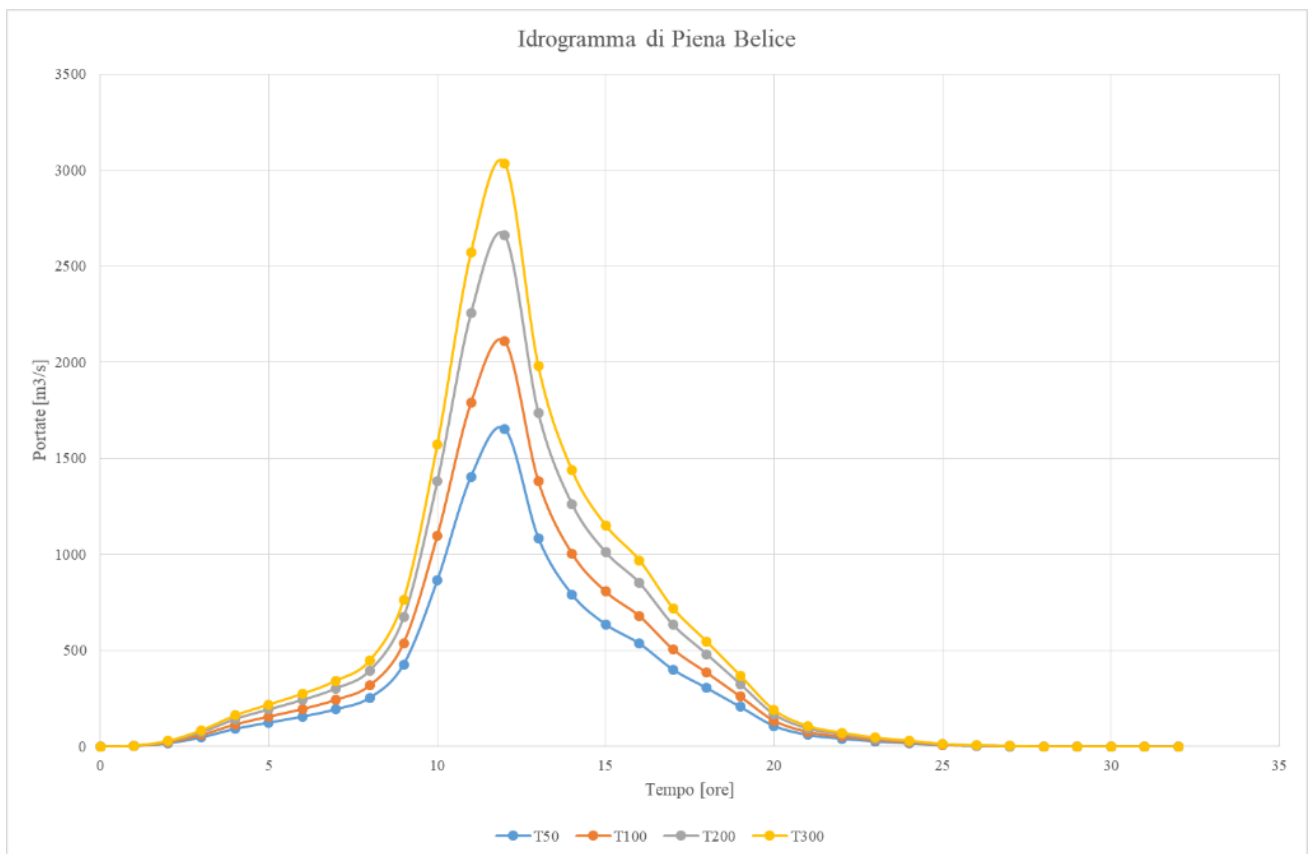


Figura 24 - Idrogramma di piena del fiume Belice nella sezione di attraversamento

5.2.3. Attraversamento del fiume Modione

5.2.3.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

Individuato il bacino idrografico come esporto al capitolo 4.1, sovrapponendo la mappa in Figura 9 con quella in Figura 11 è stato possibile individuare le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica a partire dal metodo dei Topoiet.

Le stazioni pluviometriche scelte in questo caso, sono quelle di Castelvetro e Gibellina.

In Figura 25 è riportata la suddivisione del bacino idrografico del fiume Modione secondo il metodo dei topoiet descritto sopra, mentre in Tabella 27 è riportato un report riguardante la suddivisione.

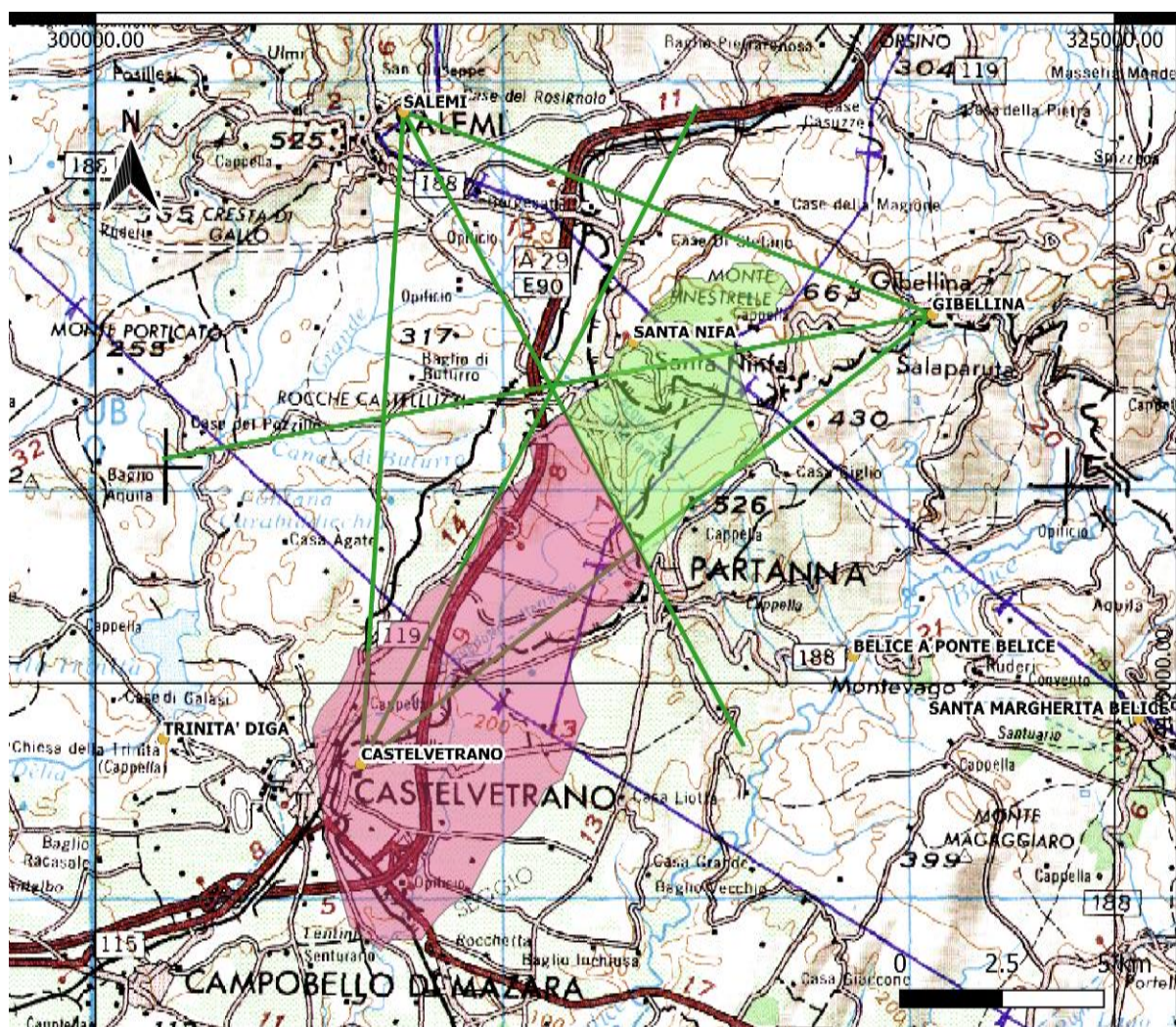


Figura 25 - Costruzione delle aree di influenza delle stazioni topografiche con il metodo dei topoiet – Modione (IGM100.000)

Tabella 27 - Suddivisione del bacino idrografico del Modione secondo il metodo dei topoiet

id	Stazione	Superficie [m2]	Superficie [Km2]	Superficie [ha]
1	Gibellina	20433991.35	20.43399135	2043.399135
2	Castelvetro	53569184.03	53.56918403	5356.918403

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica μ e lo scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore come riportato in Tabella 28 e Tabella 29.

Tabella 28 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Castelvetrano 056_01/D.T.

Castelvetrano				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28	36	42	50	57
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
13	16	18	22	23

Tabella 29 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Gibellina 057_01

Gibellina				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28	36	42	47	55
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
15	20	23	22	21

Per estendere questi valori all'intero bacino, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguglio (Ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

Tabella 30 - Coefficienti di Fornari - Modione

	$\Psi(1h)$	$\Psi(3h)$	$\Psi(6h)$	$\Psi(12h)$	$\Psi(24h)$
Gibellina	0.9702606	0.975986	0.9790294	0.9816944	0.9840262
Castelvetrano	0.9256227	0.9394052	0.9468322	0.9533939	0.9591808

Tabella 31 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Gibellina)

Gibellina				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
27.167296	35.135497	41.119237	46.139636	54.12144
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
14.553908	19.519721	22.517677	21.597276	20.66455

Tabella 32 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Castelvetrano)

Castelvetrano				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
25.917436	33.818589	39.766951	47.669697	54.673305
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
12.033095	15.030484	17.042979	20.974667	22.061158

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoieti all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

Tabella 33 - Medie e scarti quadratici medi estesi all'intero bacino idrografico - Modione

Valori Estesi all'Intero Bacino					
		Media μ			
1h	3h	6h	12h	24h	
26.26	34.18	40.14	47.25	54.52	
		Scarto σ			
1h	3h	6h	12h	24h	
12.73	16.27	18.55	21.15	21.68	

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel.

Tabella 34 - Altezze di Pioggia per durata e tempo di ritorno calcolate con la Legge di Gumbel - Modione

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	59.247	76.342	88.220	102.044	110.688
hd,100	66.174	85.196	98.318	113.552	122.484
hd,200	73.076	94.018	108.378	125.018	134.237
hd,300	77.107	99.171	114.254	131.714	141.101

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_T = ad^n$$

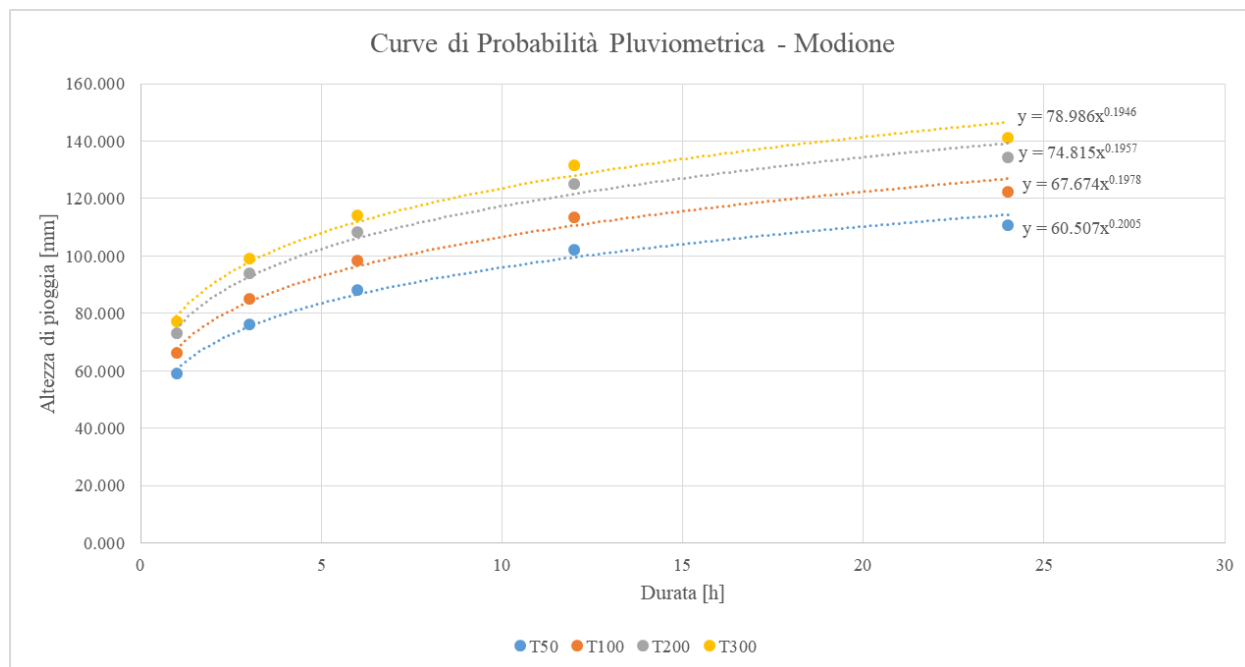


Figura 26 - Curve di probabilità pluviometrica - Modione

Dal grafico è possibile estrapolare i valori di “a” e di “n”, necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata.

Tabella 35- Parametri delle linee di tendenza estrapolati dal grafico per i diversi tempi di ritorno - Modione

a	n
60.507	0.2005
67.674	0.1978
74.815	0.1957
78.968	0.1946

Tabella 36 - Valori di massima intensità di pioggia per data durata e tempo di ritorno - Modione

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	60.51	75.42	86.66	99.58	114.43
hd,100	67.67	84.10	96.46	110.63	126.89
hd,200	74.82	92.76	106.24	121.67	139.35
hd,300	78.97	97.79	111.91	128.07	146.57

5.2.3.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è stato stimato confrontando le formule proposte da diversi autori come Giandotti, Viparelli, Kirpich, ecc.

Il tempo di corrivazione stimato è di circa 5 ore, ottenuto dalla media del tempo di corrivazione calcolato con il criterio della velocità e la formula di Giandotti.

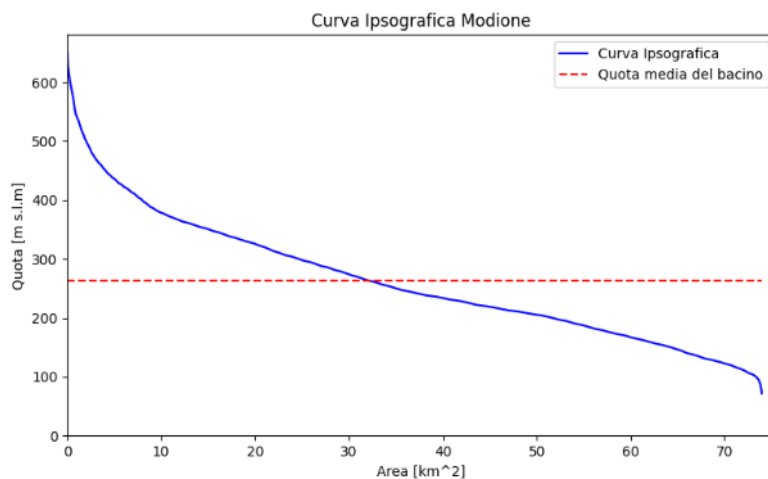


Figura 27 - Curva Ipsografica del bacino idrografico del Modione

Essendo $\tau_c=5$ ore, volendo ottenere un idrogramma di piena sufficientemente dettagliato, per la costruzione dello ietogramma Chicago, si è discretizzato il tempo di corrivazione in cinque intervalli di 60 minuti ciascuno.

5.2.3.3. Ietogramma Chicago e pioggia netta

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia lorda (Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31), con l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

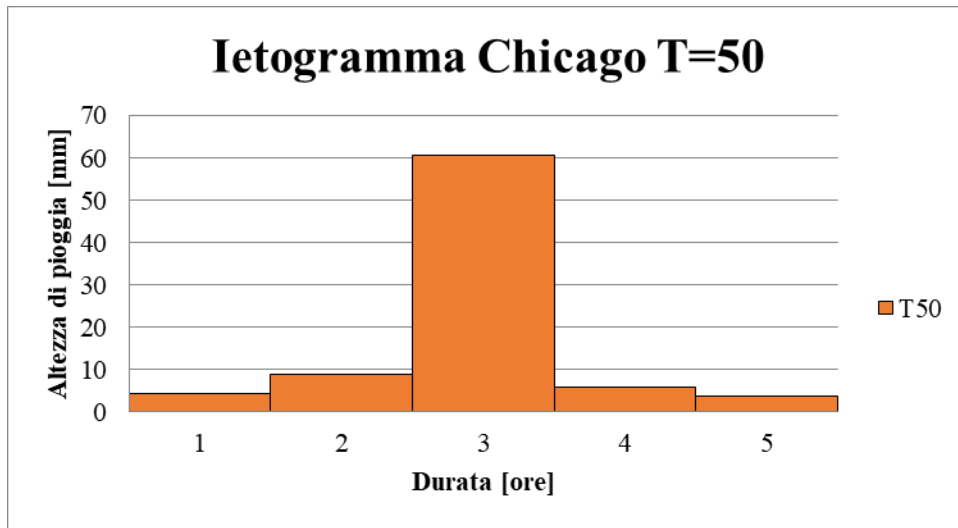


Figura 28 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Modione per tempo di ritorno 50 anni

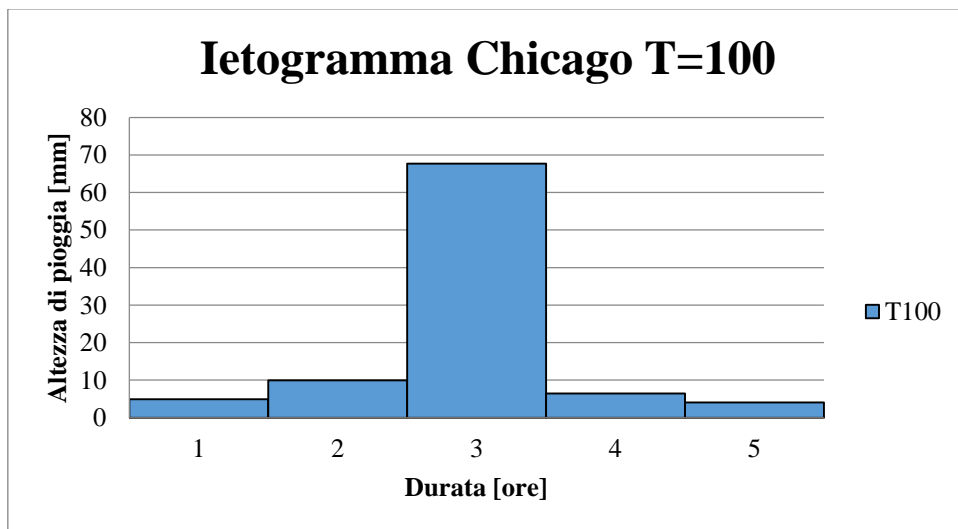


Figura 29 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Modione per tempo di ritorno 100 anni

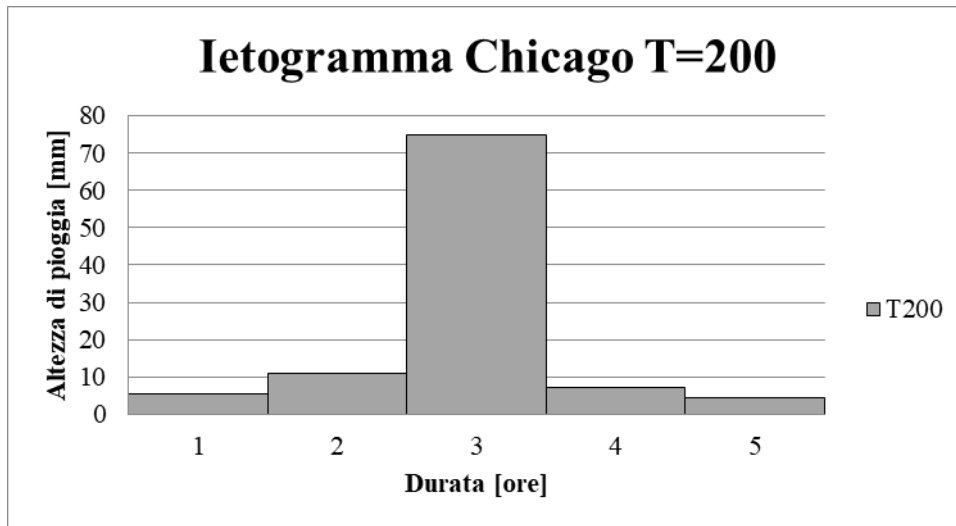


Figura 30 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Modione per tempo di ritorno 200 anni

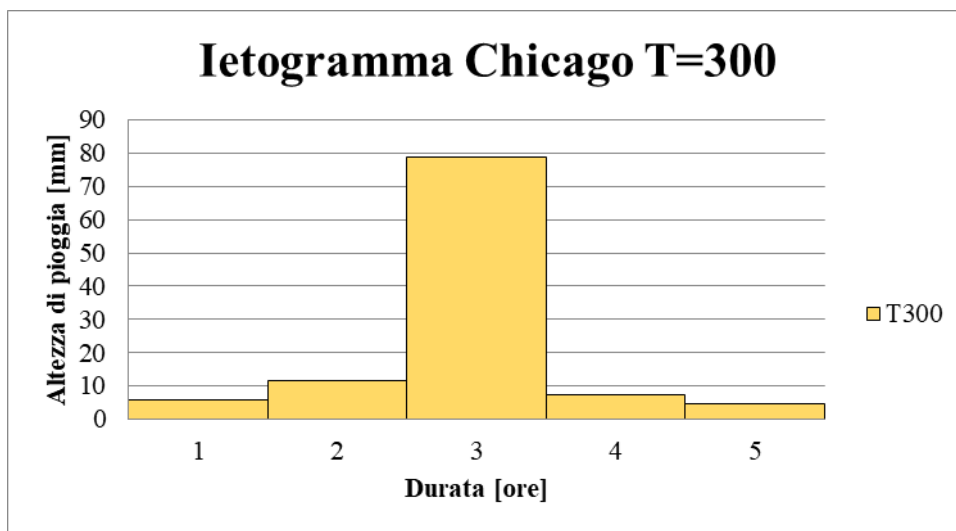


Figura 31 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Modione per tempo di ritorno 300 anni

Per la trasformazione da pioggia lorda in pioggia netta, si è fatto riferimento al metodo a sottrazione costante.

Considerando: l'estensione del bacino, la geologia, la vegetazione spontanea e le colture presenti (analizzate tramite la mappa dell'uso dei suoli Corine Land Cover), si è scelto il coefficiente di deflusso ϕ per tempo di ritorno 100 anni, pari a 0,5.

Quindi sono stati ottenuti gli ietogrammi Chicago che mettono a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che arriverà alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

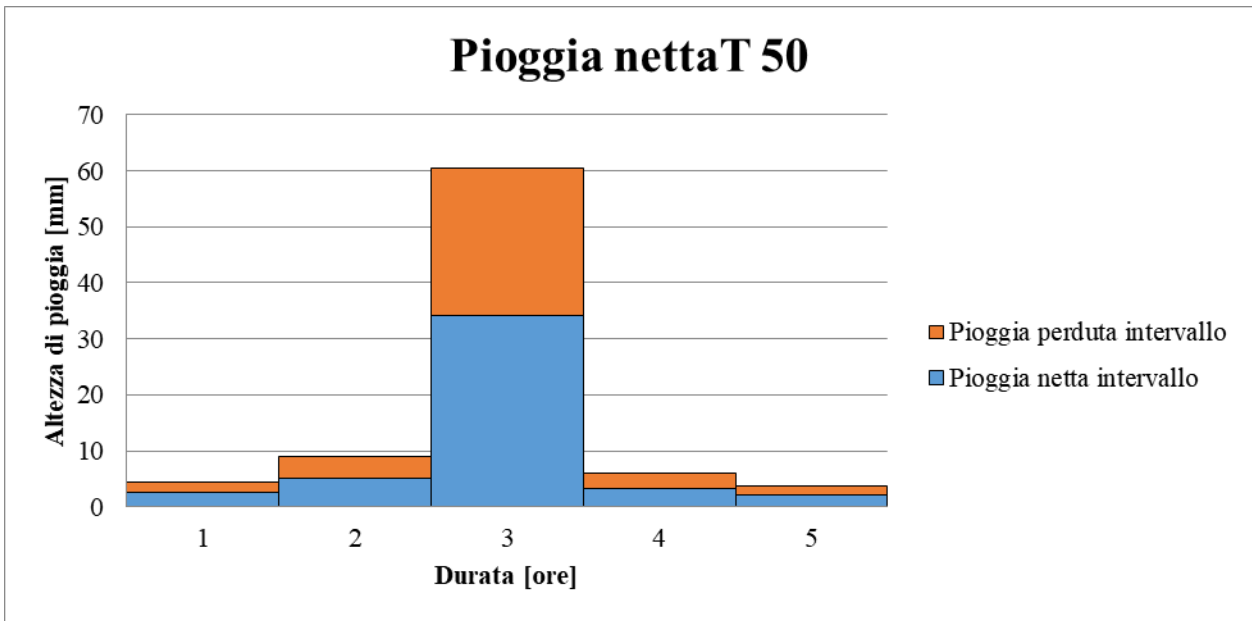


Figura 32 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=50 anni – Modione

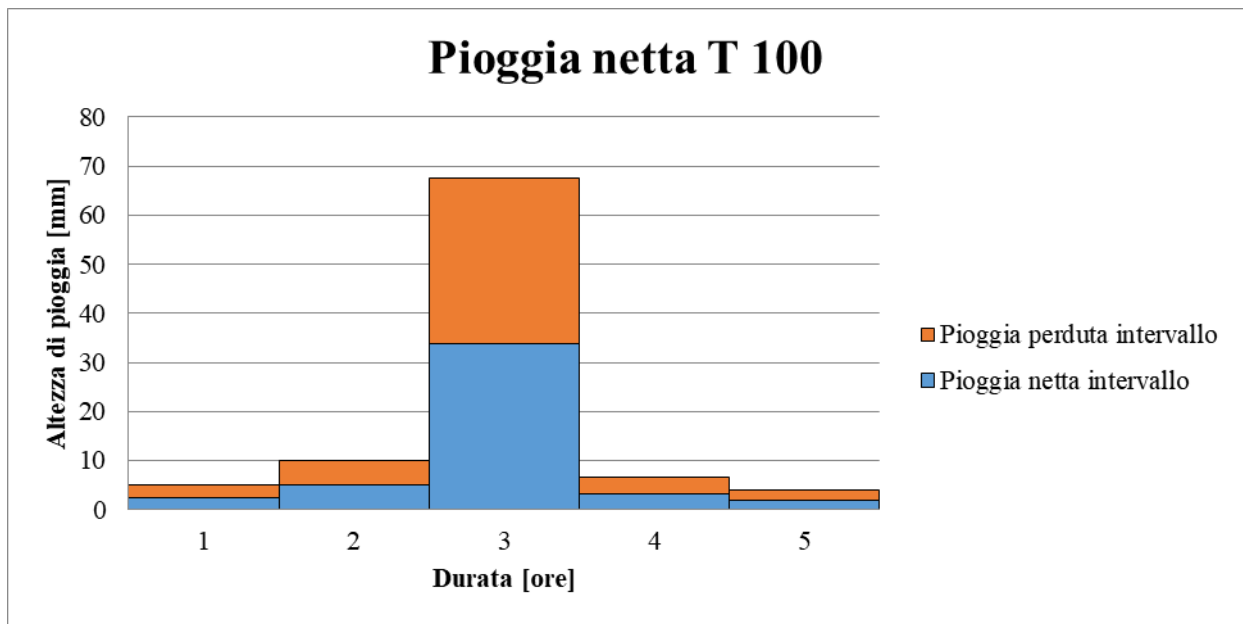


Figura 33 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=100 anni - Modione

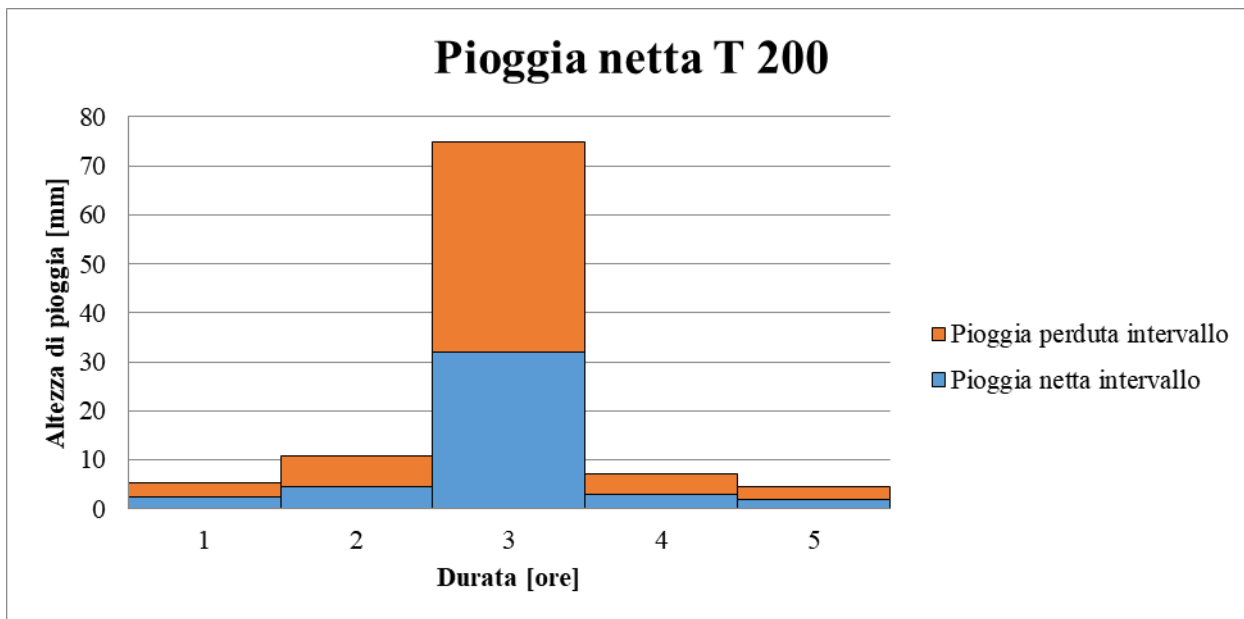


Figura 34 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=200 anni - Modione

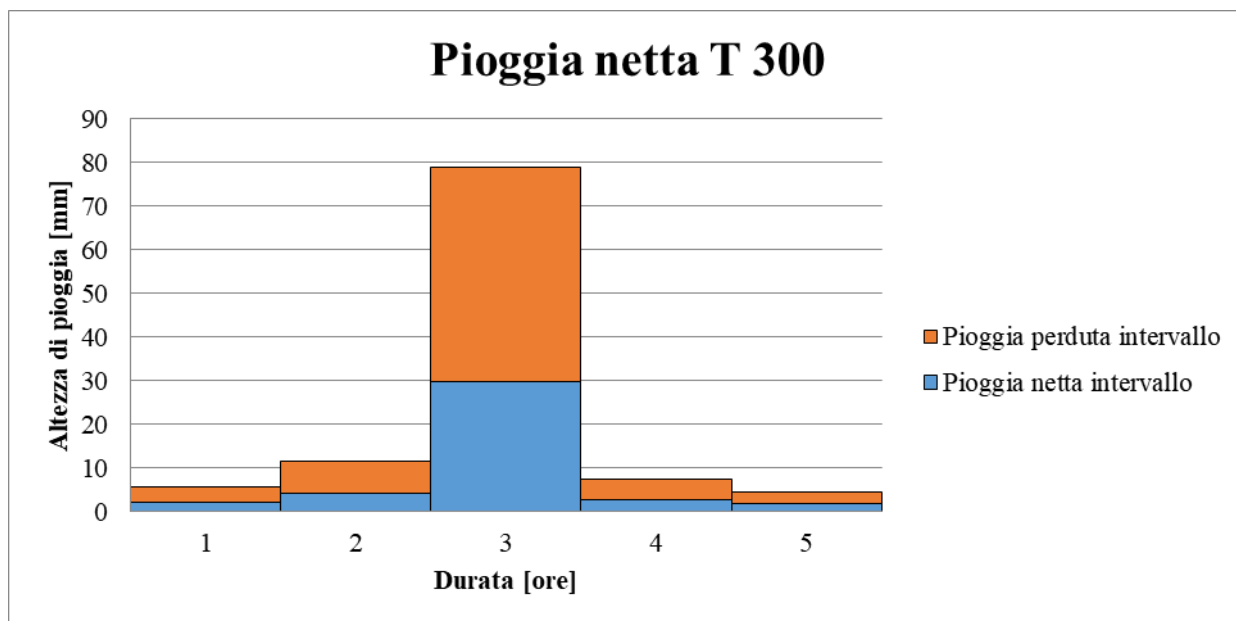


Figura 35 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=300 anni - Modione

5.2.3.4. Il modello cinematico

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

I valori riportati, permettono di tracciare gli idrogrammi di piena finali relativi alla sezione di chiusura, come riportato in Figura 24.

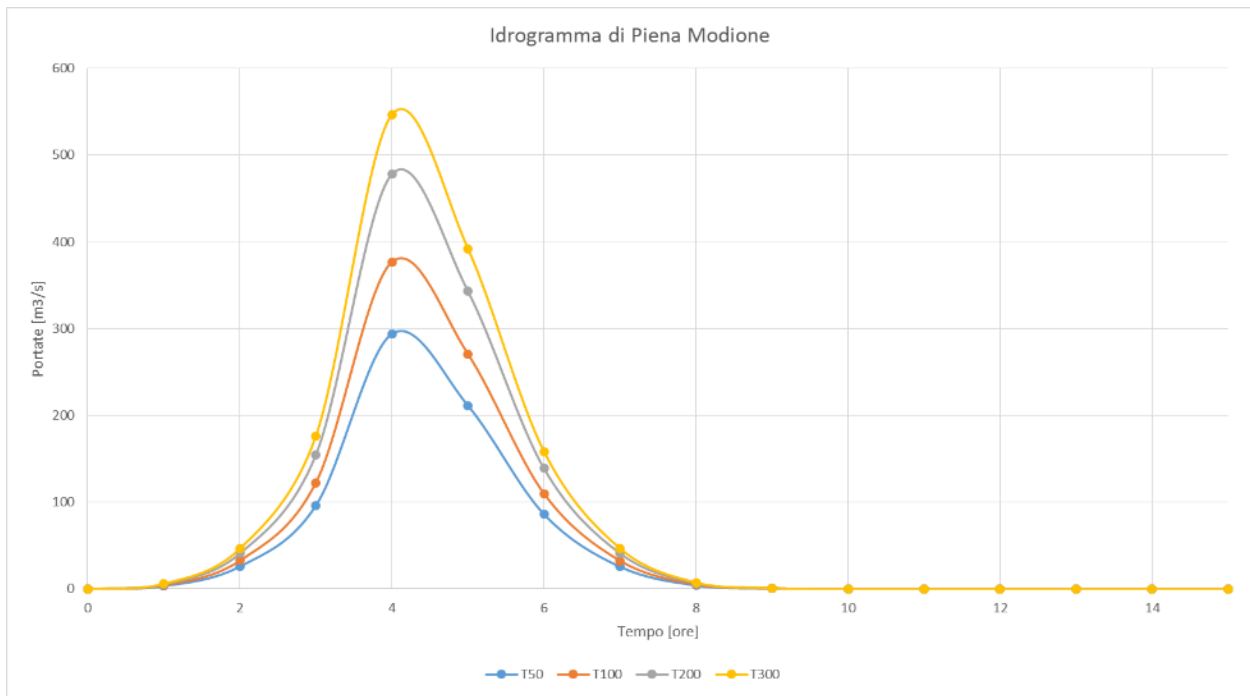


Figura 37- Idrogramma di piena del fiume Modione nella sezione di attraversamento

5.2.4. Attraversamento del fiume Delia

5.2.4.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

Individuato il bacino idrografico come esporto al capitolo 4.1, sovrapponendo la mappa in Figura 9 con quella in Figura 11 è stato possibile individuare le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica a partire dal metodo dei Topoieti.

Le stazioni pluviometriche scelte in questo caso, sono quelle di Castelvetrano, Borgo Fazio e Mazara del Vallo.

In Figura 38 è riportata la suddivisione del bacino idrografico del fiume Delia secondo il metodo dei topoieti descritto sopra, mentre in Tabella 39 è riportato un report riguardante la suddivisione.

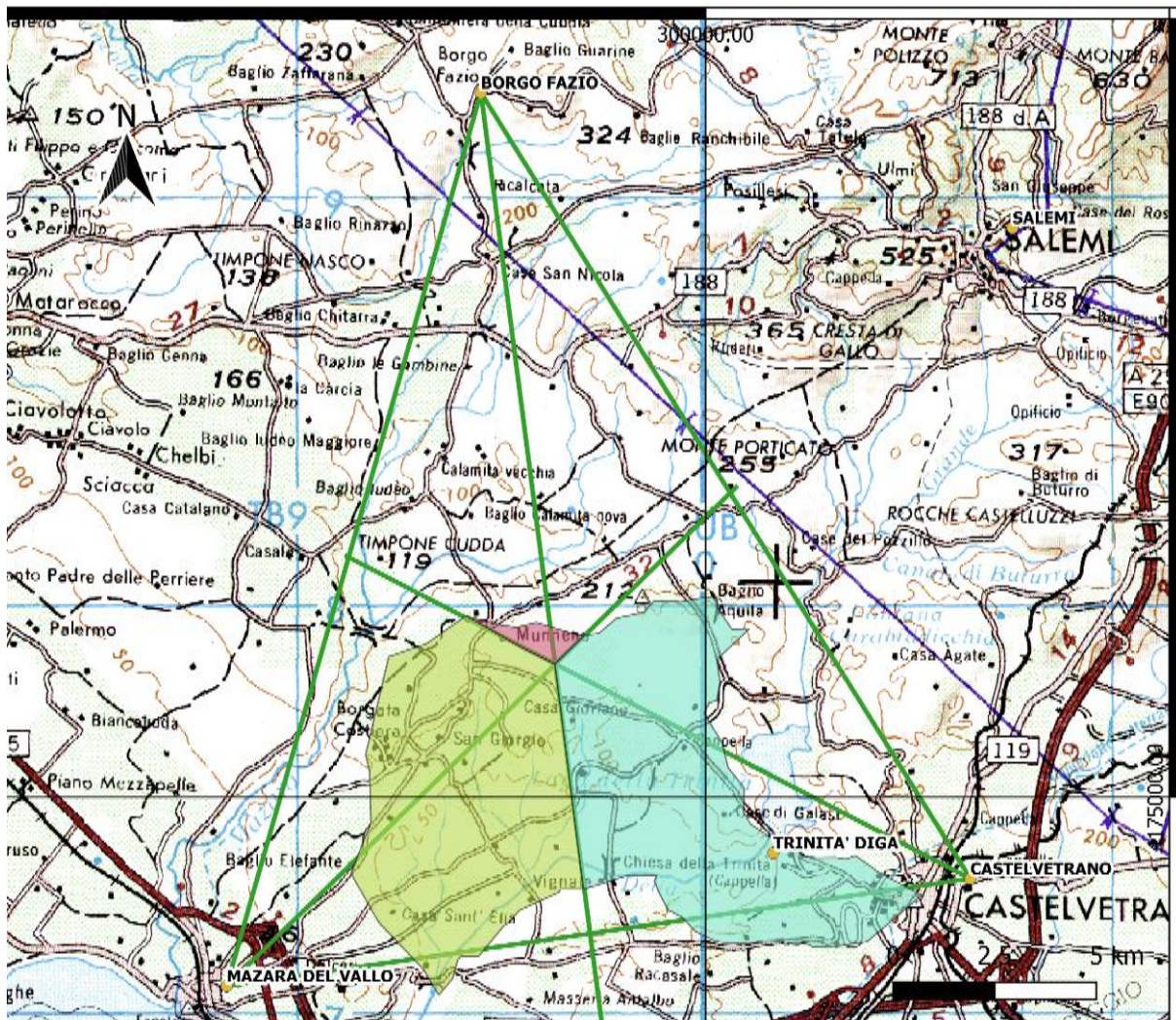


Figura 38 - Costruzione delle aree di influenza delle stazioni topografiche con il metodo dei topoiets – Delia (IGM200.000)

Tabella 39 - Suddivisione del bacino idrografico del Delia secondo il metodo dei topoiets

id	Stazione	Superficie [m2]	Superficie [Km2]	Superficie [ha]
1	Borgo Fazio	1225297.768	1.22	122.52
2	Castelvetrano	37044726.65	37.04	3704.47
3	Mazara del Vallo	35487972.19	35.49	3548.79

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica μ e lo scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore come riportato in Tabella 40, Tabella 41 e Tabella 42.

Tabella 40 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Castelvetroano 056_01/D.T.

Castelvetroano				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28	36	42	50	57
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
13	16	18	22	23

Tabella 41 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Borgo Fazio 051_01

Borgo Fazio				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
29	38	43	48	51
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
15	17	20	23	22

Tabella 42 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Mazara del Vallo 053_01

Mazara del Vallo				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
29	38	45	54	62
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
12	19	25	31	32

Per estendere questi valori all'intero bacino, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguglio (Ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

Tabella 43 - Coefficienti di Fornari - Delia

	$\Psi(1h)$	$\Psi(3h)$	$\Psi(6h)$	$\Psi(12h)$	$\Psi(24h)$
Borgo Fazio	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
Castelvetroano	0.947	0.957	0.963	0.967	0.971
Mazara del Vallo	0.949	0.959	0.964	0.969	0.973

Tabella 44 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Castelvetroano)

Castelvetroano				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
26.526026	34.462754	40.43003	48.365019	55.370502
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
12.315655	15.31678	17.327156	21.280608	22.342483

Tabella 45 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Borgo Fazio)

Borgo Fazio				
		Media μ		
1h	3h	6h	12h	24h
28.946797	37.944018	42.944841	47.946389	50.950405
		Scarto σ		
1h	3h	6h	12h	24h
14.972481	16.974955	19.974345	22.974311	21.978606

Tabella 46 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Mazara del Vallo)

Mazara del Vallo				
		Media μ		
1h	3h	6h	12h	24h
27.534296	36.442747	43.386042	52.306097	60.300005
		Scarto σ		
1h	3h	6h	12h	24h
11.393502	18.221373	24.103357	30.027574	31.122583

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoieti all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

Tabella 47 - Medie e scarti quadratici medi estesi all'intero bacino idrografico - Delia

Valori Estesi all'Intero Bacino				
		Media μ		
1h	3h	6h	12h	24h
27.05	35.47	41.89	50.25	57.67
		Scarto σ		
1h	3h	6h	12h	24h
11.92	16.74	20.63	25.52	26.56

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel.

Tabella 48 - Altezze di Pioggia per durata e tempo di ritorno calcolate con la Legge di Gumbel - Delia

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	57.929	78.856	95.356	116.376	126.495
hd,100	64.414	87.967	106.583	130.263	140.950
hd,200	70.875	97.044	117.770	144.099	155.351
hd,300	74.649	102.346	124.303	152.179	163.763

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_T = ad^n$$

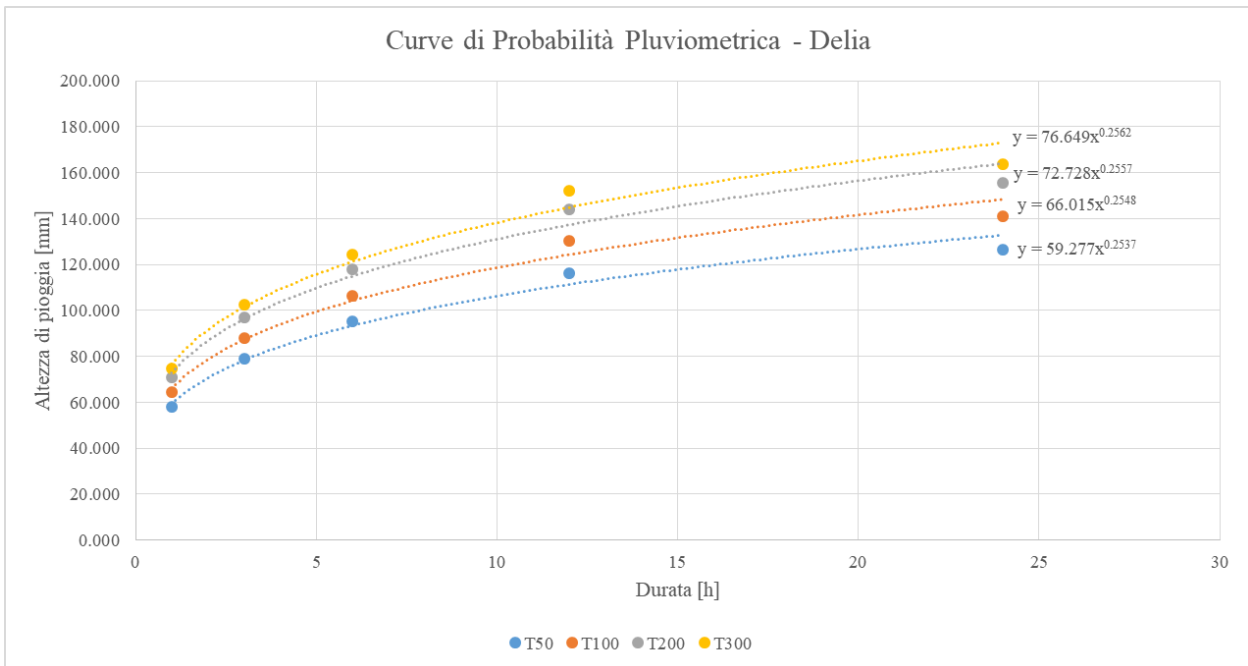


Figura 39 - Curve di probabilità pluviometrica - Delia

Dal grafico è possibile estrapolare i valori di “a” e di “n”, necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata.

Tabella 49- Parametri delle linee di tendenza estrapolati dal grafico per i diversi tempi di ritorno - Delia

a	n
59.277	0.2537
66.015	0.2548
72.728	0.2557
76.649	0.2562

Tabella 50 - Valori di massima intensità di pioggia per data durata e tempo di ritorno - Delia

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	59.28	78.33	93.39	111.35	132.75
hd,100	66.02	87.34	104.21	124.34	148.36
hd,200	72.73	96.32	114.99	137.29	163.92
hd,300	76.65	101.57	121.30	144.87	173.03

5.2.4.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è stato stimato confrontando le formule proposte da diversi autori come Giandotti, Viparelli, Kirpich, ecc.

Il tempo di corrivazione stimato è di circa 2,40 ore, ottenuto dalla media del tempo di corrivazione calcolato con il criterio della velocità e la formula di Giandotti.

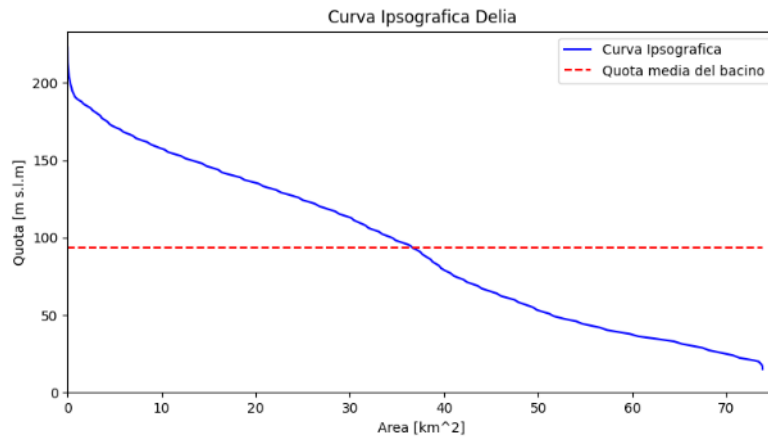


Figura 40 - Curva Ipsografica del bacino idrografico del Delia

Per la costruzione dello ietogramma Chicago, si è discretizzato il tempo di corrivazione in tre intervalli di 60 minuti ciascuno.

5.2.4.3. Ietogramma Chicago e pioggia netta

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia lorda (Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44) utilizzando l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

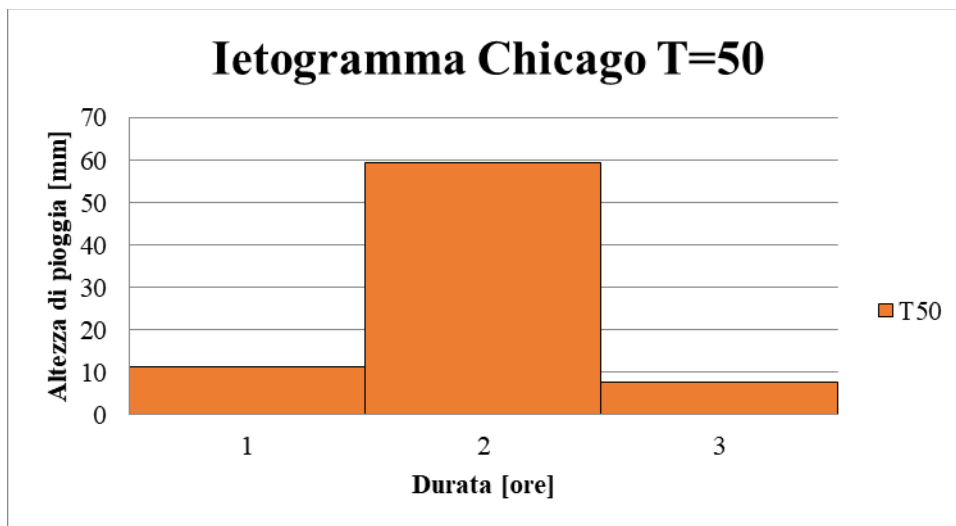


Figura 41 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Delia per tempo di ritorno 50 anni

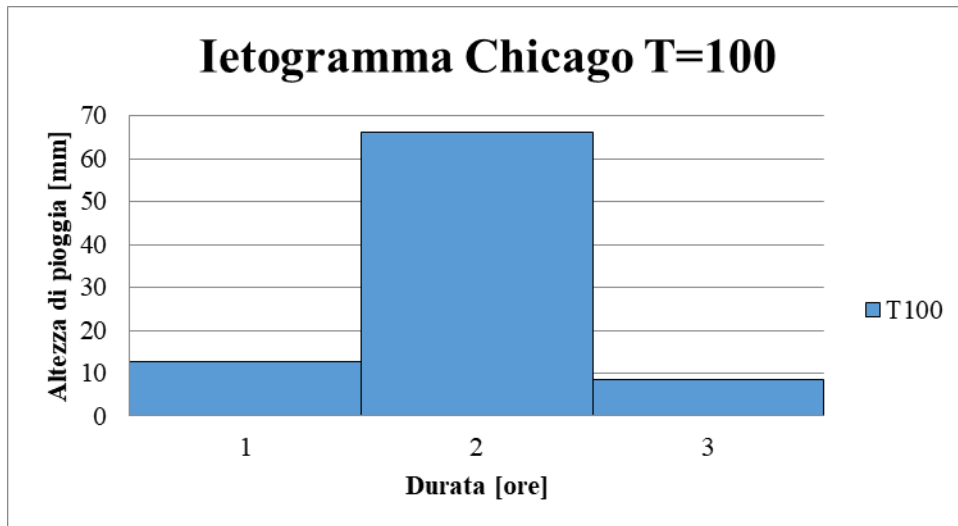


Figura 42 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Delia per tempo di ritorno 100 anni

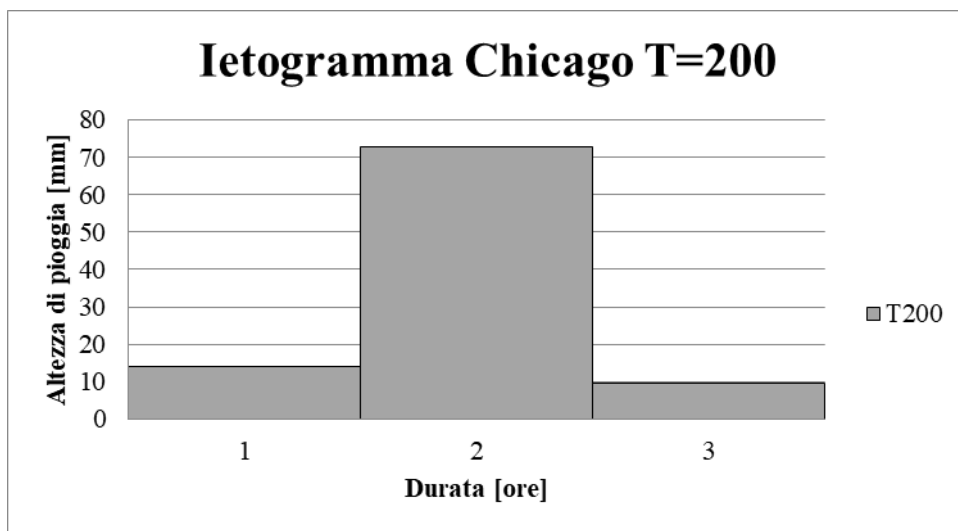


Figura 43 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Delia per tempo di ritorno 200 anni

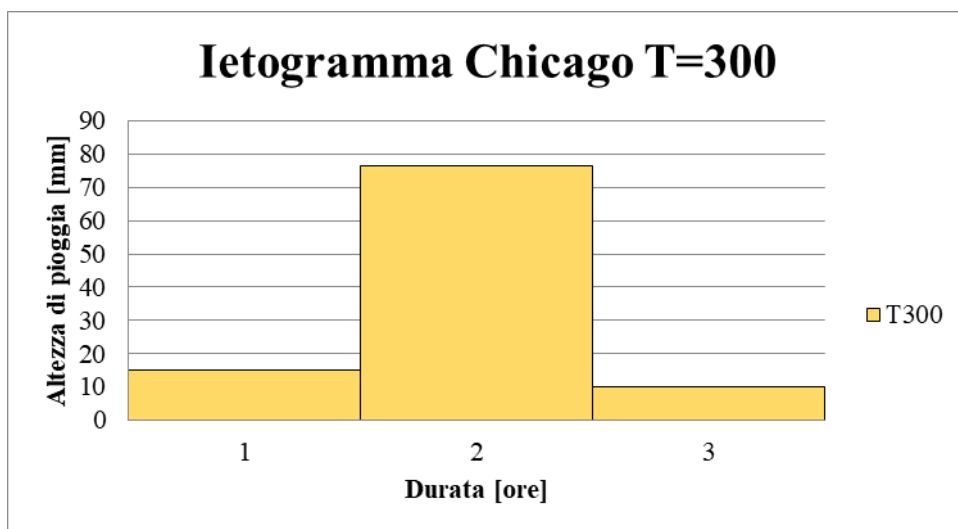


Figura 44 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Delia per tempo di ritorno 300 anni

Per la trasformazione da pioggia lorda in pioggia netta, si è fatto riferimento al metodo a sottrazione costante.

Considerando: l'estensione del bacino, la geologia, la vegetazione spontanea e le colture presenti (analizzate tramite la mappa dell'uso dei suoli Corine Land Cover), si è scelto il coefficiente di deflusso ϕ per tempo di ritorno 100 anni, pari a 0,5.

Quindi si sono ottenuti gli ietogrammi Chicago che mettono a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che arriverà alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

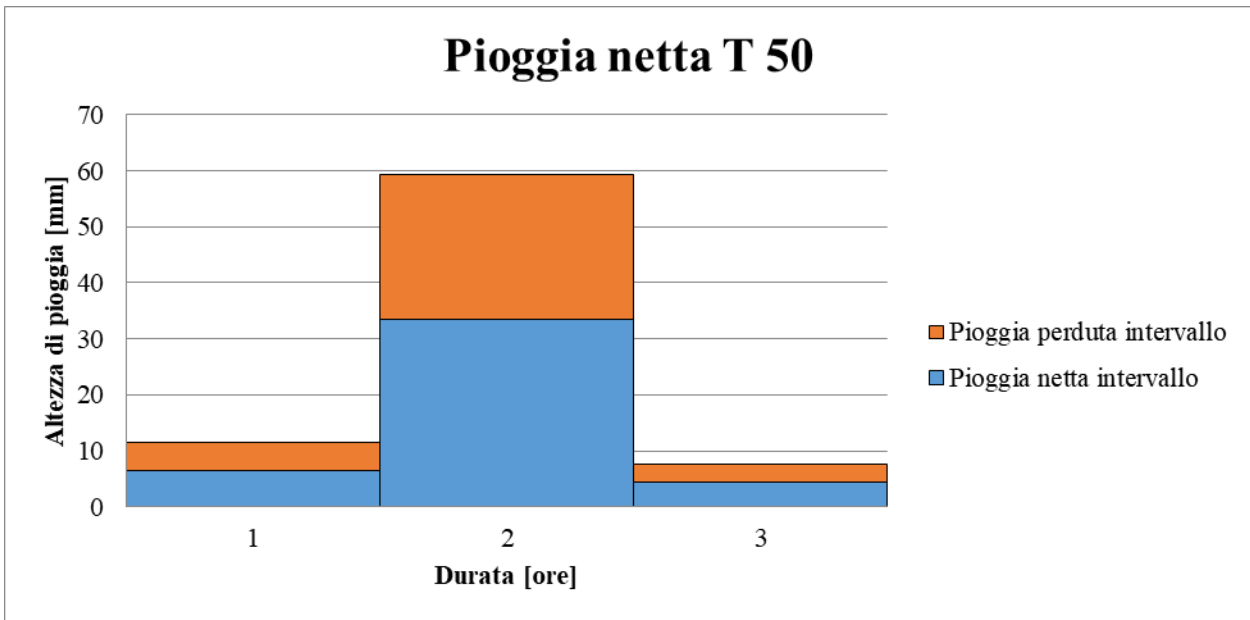


Figura 45 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=50 anni – Delia

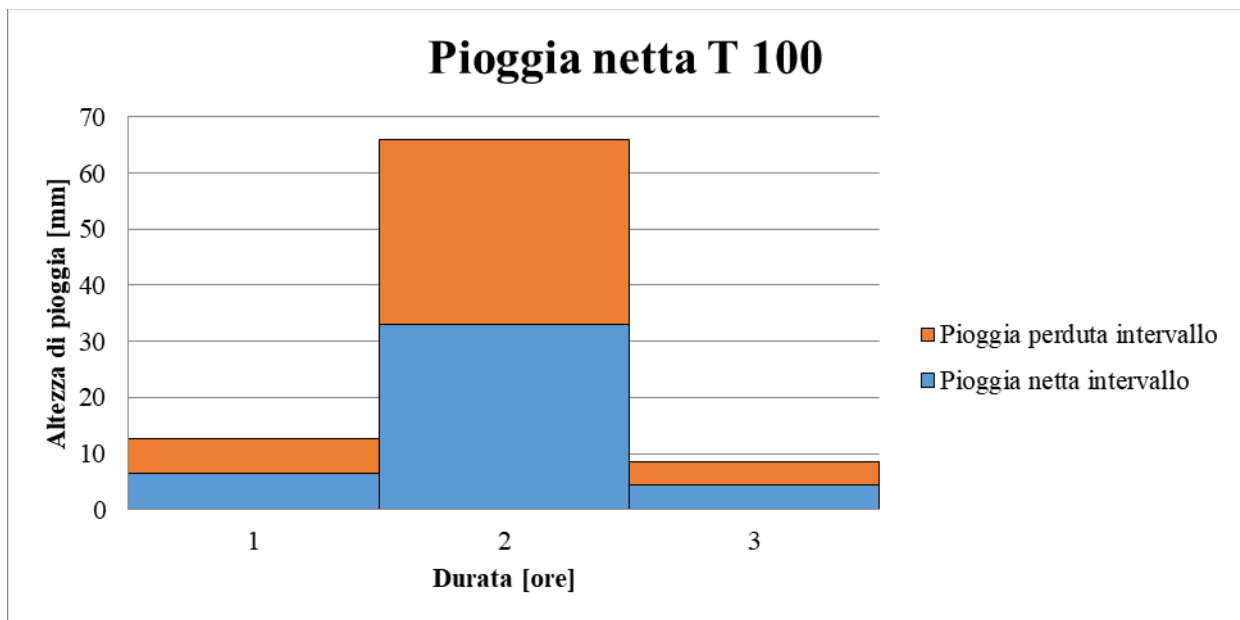


Figura 46 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=100 anni - Delia

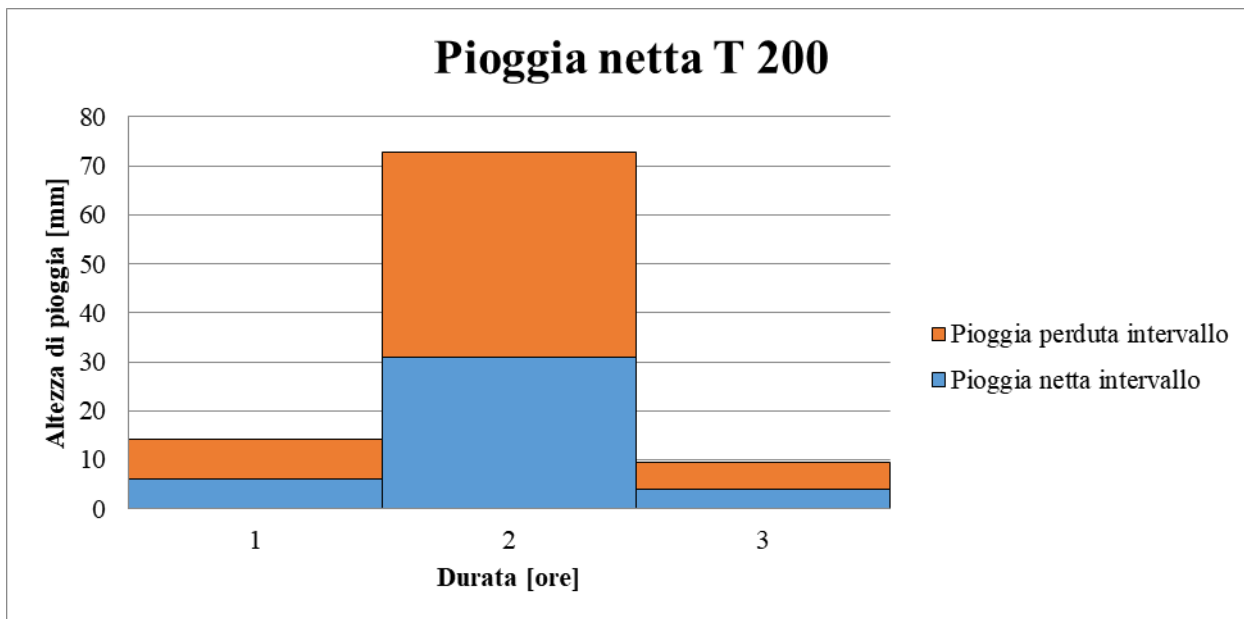


Figura 47 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=200 anni - Delia

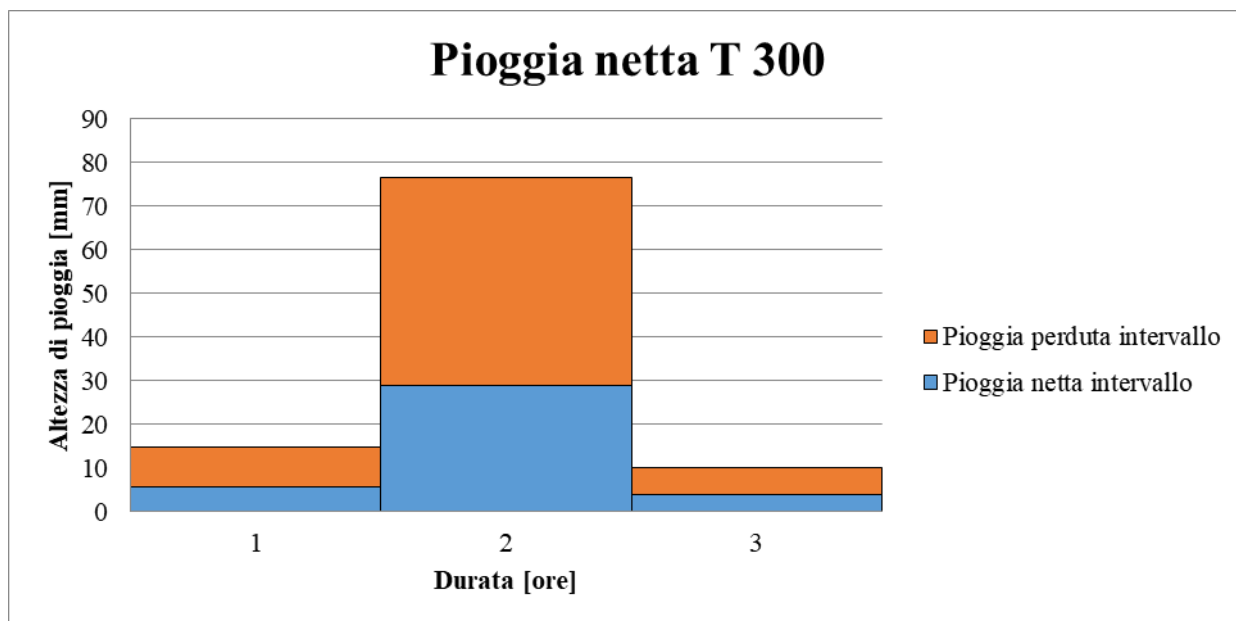


Figura 48 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=300 anni - Delia

5.2.4.4. Il modello cinematico

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

Tabella 51 - Estensione delle superfici isocorrigrafiche del bacino del Delia (km2)

S1	33.12
S2	29.351
S3	10.965

Per il calcolo della portata di piena è stato eseguito il prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette e il vettore composto dall'area delle superfici isocorrive per ogni valore del tempo di ritorno T, come illustrato di seguito.

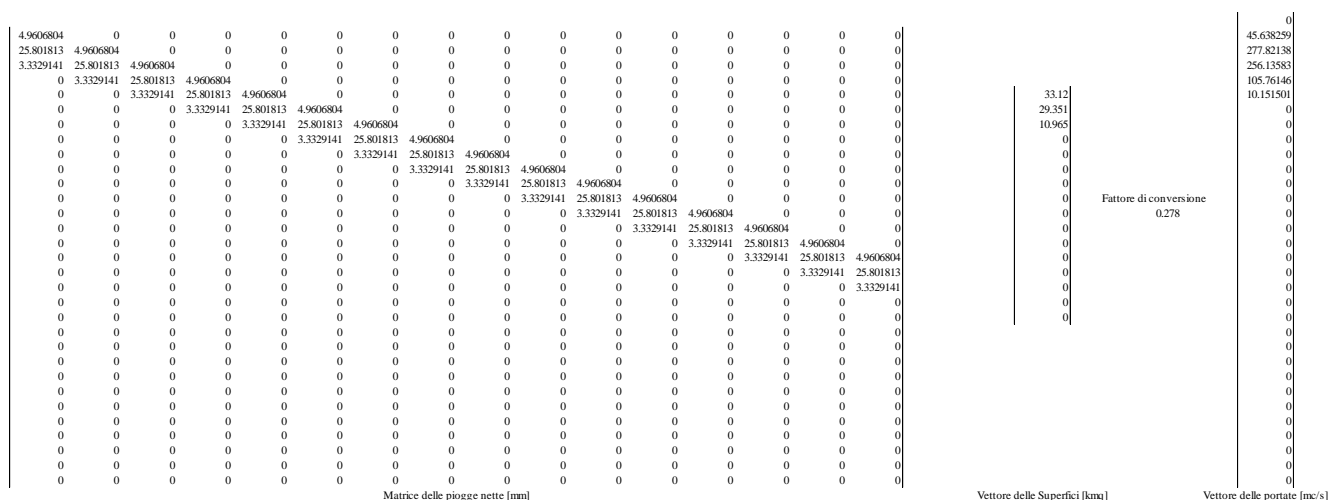


Figura 49 - Prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette e il vettore delle superfici isocorrigrafiche – Delia T50

Lo stesso prodotto matriciale è stato eseguito per i tempi di ritorno 100, 200 e 300, fornendo i risultati riportati nella Tabella 52.

Tabella 52- Tabella riepilogativa i valori di portata (mc/s) per i quattro tempi di ritorno - Delia

Durata	T50	T100	T200	T300
0	0	0	0	0
1	45.64	58.66	74.52	85.35
2	277.82	355.65	450.34	514.87
3	256.14	327.97	415.36	474.93
4	105.76	135.48	171.65	196.30
5	10.15	13.06	16.59	19.01
6	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00

Poiché a monte della sezione di chiusura del bacino di studio, è presente l'invaso artificiale *Trinità*, è stato ritenuto opportuno richiedere al gestore della diga i valori delle portate massime scaricate dagli organi di regolazione. A seguito dell'analisi dei dati ricevuti, si è scelto di sommare il valore massimo storico di portata scaricata, e pari a 17,23 mc/s, ai valori di portata dell'idrogramma di piena ottenuto con il solo studio idrologico.

Si ottengono quindi gli idrogrammi di piena in Tabella 53.

Tabella 53 - valori dell'idrogramma di piena con il contributo della diga Trinità

Durata	T50	T100	T200	T300
0	17.23	17.23	17.23	17.23
1	62.86826	75.88984	91.75065	102.5843
2	295.0514	372.8834	467.566	532.0977
3	273.3658	345.1975	432.5872	492.156

4	122.9915	152.7128	188.8768	213.534
5	27.3815	30.28573	33.82393	36.24148
6	17.23	17.23	17.23	17.23
7	17.23	17.23	17.23	17.23
8	17.23	17.23	17.23	17.23
9	17.23	17.23	17.23	17.23
10	17.23	17.23	17.23	17.23

I valori riportati, permettono di tracciare gli idrogrammi di piena finali relativi alla sezione di chiusura, come riportato in Figura 50.

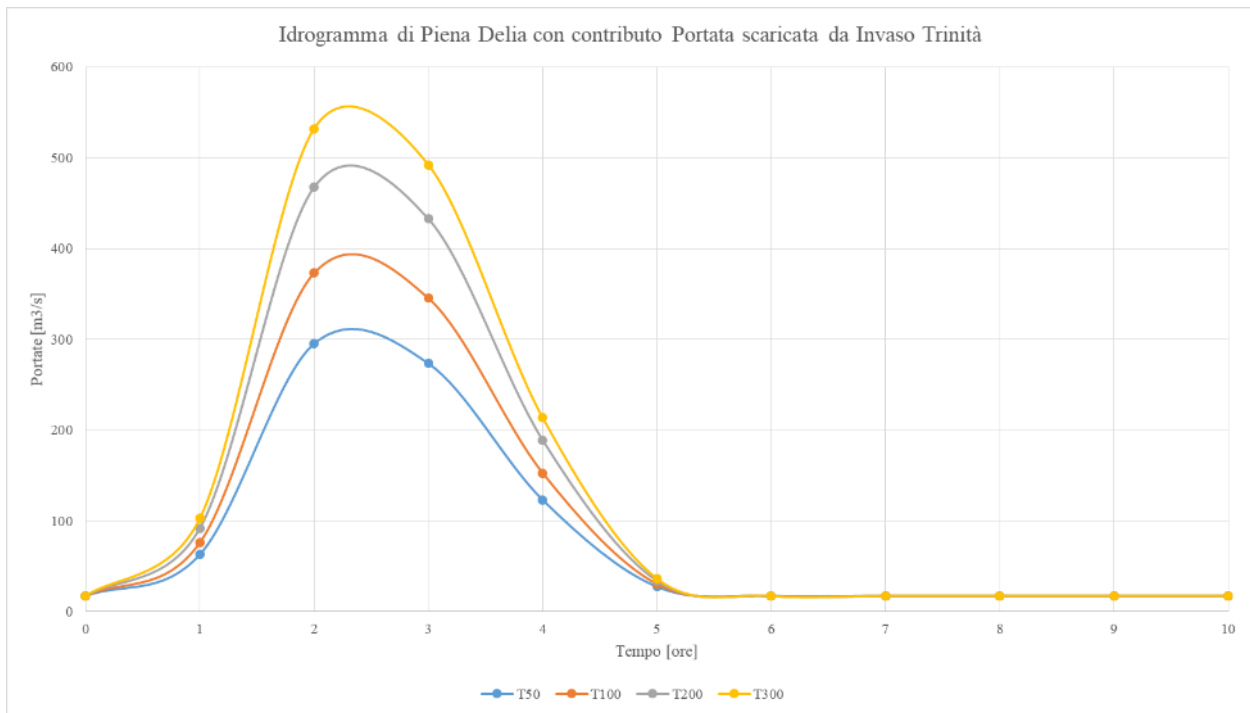


Figura 50- Idrogramma di piena del fiume Delia nella sezione di attraversamento

5.2.5. Attraversamento della fiumara Mazaro

5.2.5.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

Individuato il bacino idrografico come esporto al capitolo 4.1, sovrapponendo la mappa in Figura 9 con quella in Figura 11 è stato possibile individuare le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica a partire dal metodo dei Topoiet.

Le stazioni pluviometriche scelte in questo caso, sono quelle di Castelvetro e Gibellina.

In Figura 38 è riportata la suddivisione del bacino idrografico del fiume Modione secondo il metodo dei topoiet descritto sopra, mentre in Tabella 39 è riportato un report riguardante la suddivisione.

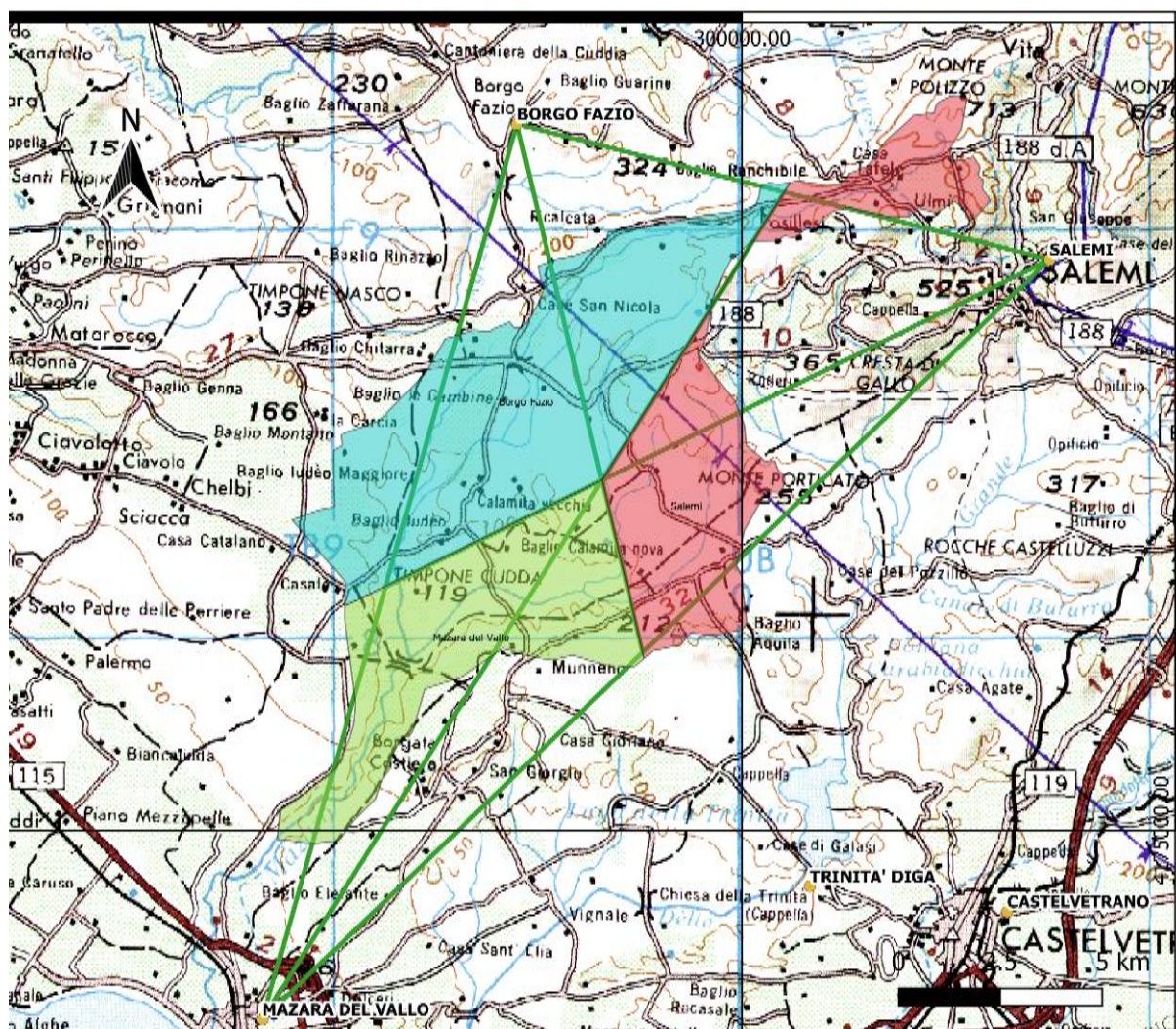


Figura 51 - Costruzione delle aree di influenza delle stazioni topografiche con il metodo dei topoiet – Mazaro (IGM200.000)

Tabella 54 - Suddivisione del bacino idrografico del Mazara secondo il metodo dei topoietai

id	Stazione	Superficie [m2]	Superficie [Km2]	Superficie [ha]
1	Borgo Fazio	46469807.88	46.469	4646.98
2	Salemi	28251662.87	28.251	2825.16
3	Mazara del Vallo	28070074.34	28.070	2807.00

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica μ e lo scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore come riportato in Tabella 55, Tabella 56 e Tabella 57.

Tabella 55 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Salemi 054_01

Salemi					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
33	43	48	54	60	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
15	23	25	25	24	

Tabella 56 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Borgo Fazio 051_01

Borgo Fazio					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
29	38	43	48	51	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
15	17	20	23	22	

Tabella 57 - Dati estratti da scheda CFD-Idro Mazara del Vallo 053_01

Mazara del Vallo					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
29	38	45	54	62	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
12	19	25	31	32	

Per estendere questi valori all'intero bacino, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguaglio (Ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

Tabella 58 - Coefficienti di Fornari - Mazara

	$\Psi(1h)$	$\Psi(3h)$	$\Psi(6h)$	$\Psi(12h)$	$\Psi(24h)$
Borgo Fazio	0.935	0.947	0.954	0.959	0.964
Salemi	0.959	0.967	0.971	0.975	0.978
Mazara del Vallo	0.960	0.967	0.971	0.975	0.978

Tabella 59 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Salemi)

Salemi				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
31.658396	41.585343	46.619388	52.642818	58.682942
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
14.39018	22.243323	24.280931	24.371675	23.473177

Tabella 60 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Borgo Fazio)

Borgo Fazio				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
27.110285	35.986386	41.002695	46.047324	49.184291
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
14.022561	16.099173	19.071021	22.064343	21.216753

Tabella 61 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Mazara del Vallo)

Mazara del Vallo				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
27.828287	36.75761	43.713758	52.651323	60.647597
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
11.515153	18.378805	24.285421	30.22576	31.301985

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoieti all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

Tabella 62 - Medie e scarti quadratici medi estesi all'intero bacino idrografico - Mazaro

Valori Estesi all'Intero Bacino				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28.56	37.74	43.29	49.66	54.93
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
13.44	18.41	21.93	24.93	24.59

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel.

Tabella 63 - Altezze di Pioggia per durata e tempo di ritorno calcolate con la Legge di Gumbel - Mazaro

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	63.380	85.442	100.105	114.256	118.647
hd,100	70.693	95.461	112.038	127.822	132.029
hd,200	77.980	105.443	123.927	141.338	145.363
hd,300	82.236	111.273	130.871	149.232	153.150

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_T = ad^n$$

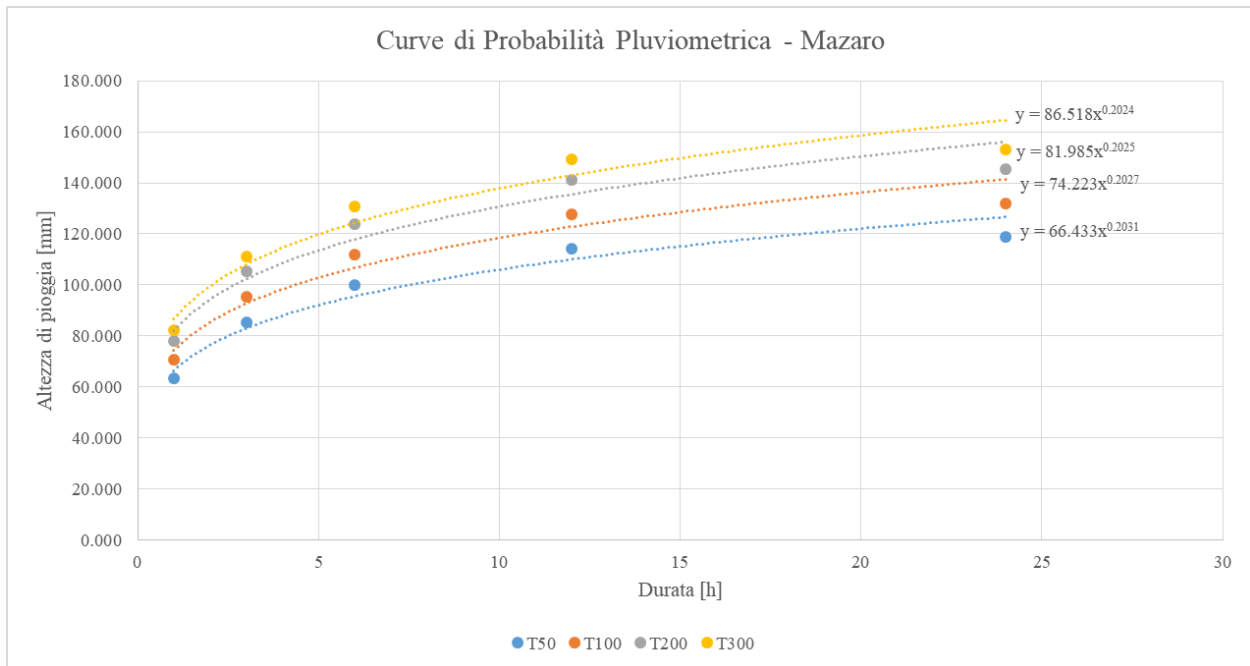


Figura 52 - Curve di probabilità pluviometrica - Mazaro

Dal grafico è possibile estrapolare i valori di “a” e di “n”, necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata.

Tabella 64- Parametri delle linee di tendenza estrapolate dal grafico per i diversi tempi di ritorno - Mazaro

a	n
66.433	0.2031
74.223	0.2027
84.985	0.2025
86.518	0.2024

Tabella 65 - Valori di massima intensità di pioggia per data durata e tempo di ritorno - Mazaro

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	66.43	83.04	95.59	110.04	126.68
hd,100	74.22	92.74	106.73	122.83	141.35
hd,200	84.99	106.16	122.16	140.56	161.75
hd,300	86.52	108.06	124.34	143.06	164.61

5.2.5.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è stato stimato confrontando le formule proposte da diversi autori come Giandotti, Viparelli, Kirpich, ecc.

Il tempo di corrivazione stimato è di circa 7 ore, ottenuto dalla media del tempo di corrivazione calcolato con il criterio della velocità e la formula di Giandotti.

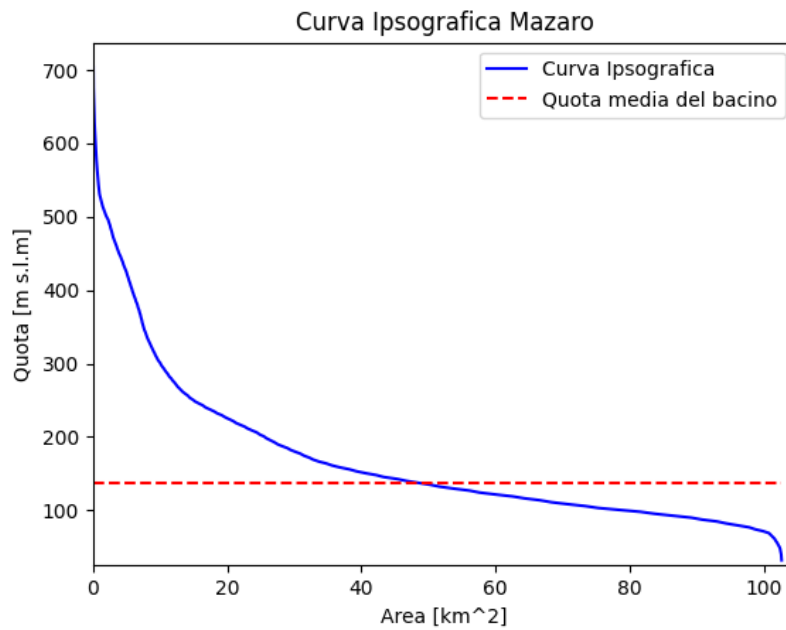


Figura 53 - Curva Ipsografica del bacino idrografico del Mazaro

Per la costruzione dello ietogramma Chicago, si è discretizzato il tempo di corrivazione in sette intervalli di 60 minuti ciascuno.

5.2.5.3. Ietogramma Chicago e pioggia netta

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia lorda (Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44) con l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

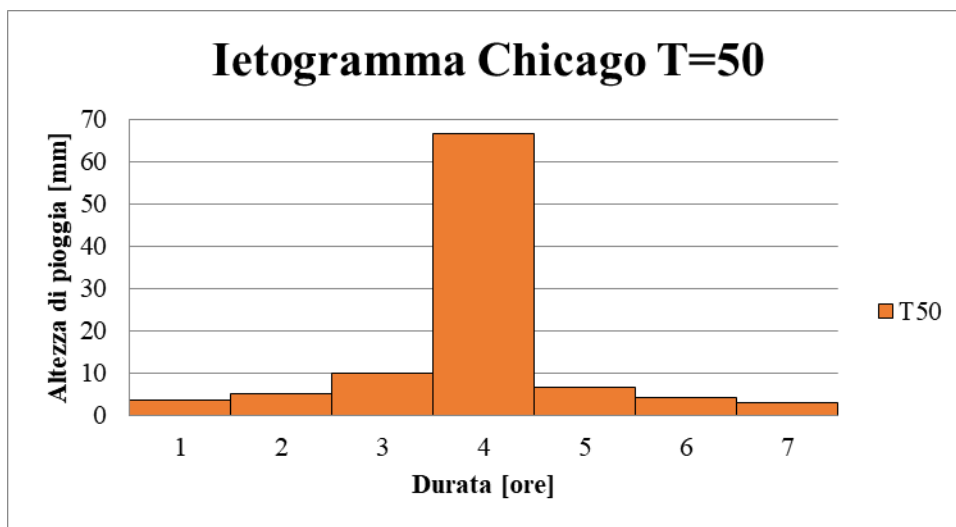


Figura 54 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Mazaro per tempo di ritorno 50 anni

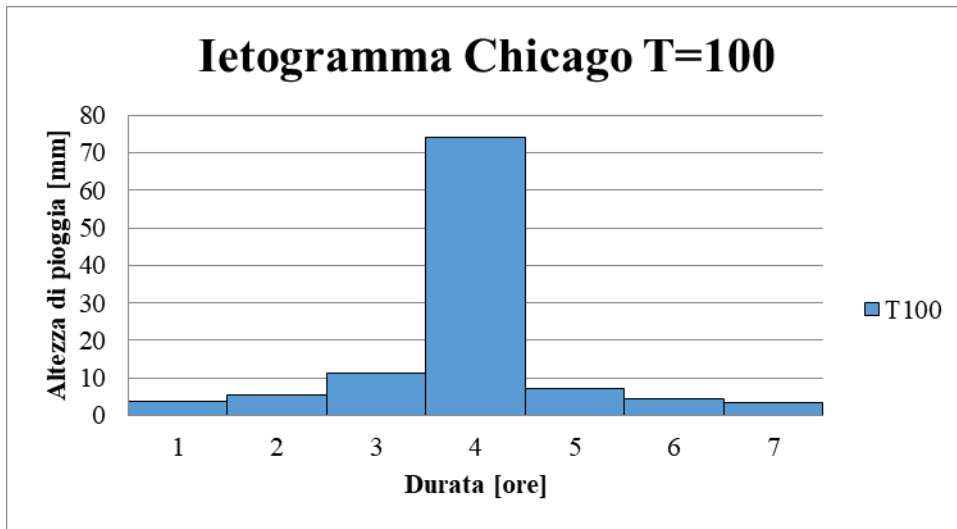


Figura 55 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Mazaro per tempo di ritorno 100 anni

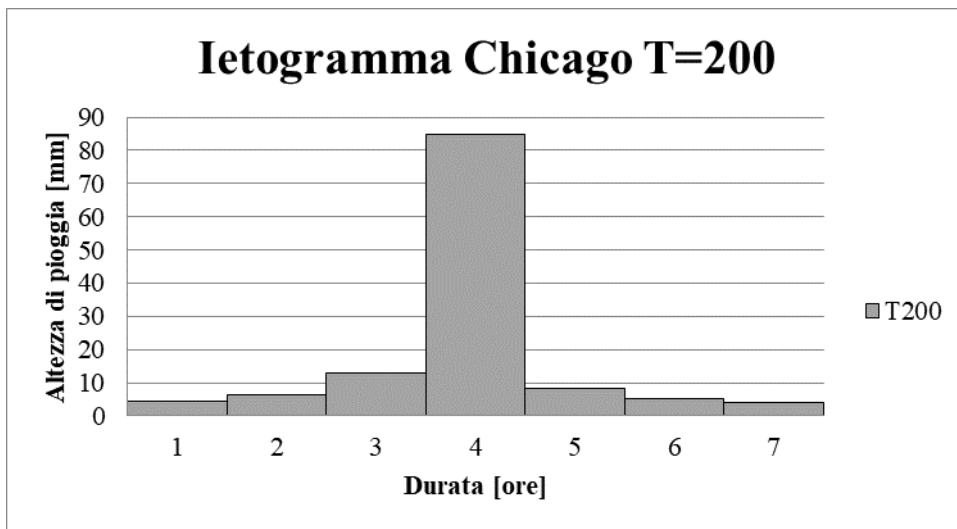


Figura 56 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Mazaro per tempo di ritorno 200 anni

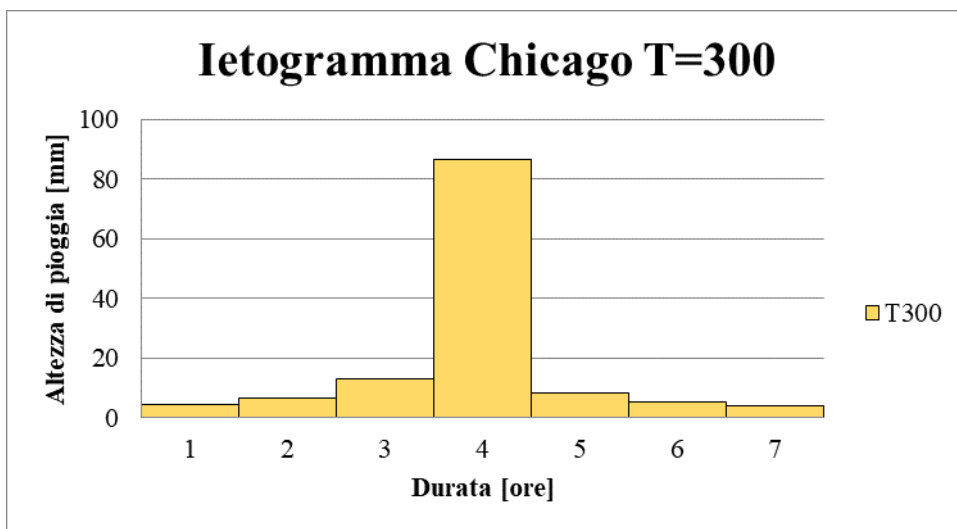


Figura 57 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Mazaro per tempo di ritorno 300 anni

Per la trasformazione da pioggia lorda in pioggia netta, si è fatto riferimento al metodo a sottrazione costante.

Considerando: l'estensione del bacino, la geologia, la vegetazione spontanea e le colture presenti (analizzate tramite la mappa del uso dei suoli Corine Land Cover), si è scelto il coefficiente di deflusso ϕ per tempo di ritorno 100 anni, pari a 0,5.

Quindi si sono ottenuti gli ietogrammi Chicago che mettono a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che arriverà alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

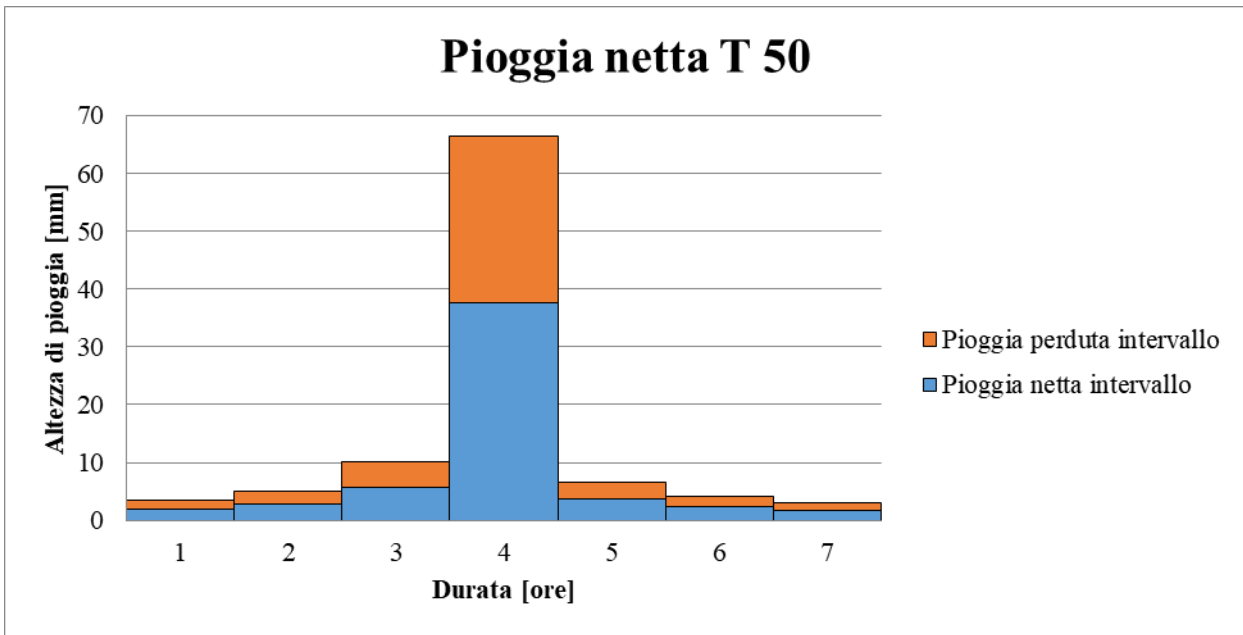


Figura 58 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=50 anni - Mazara

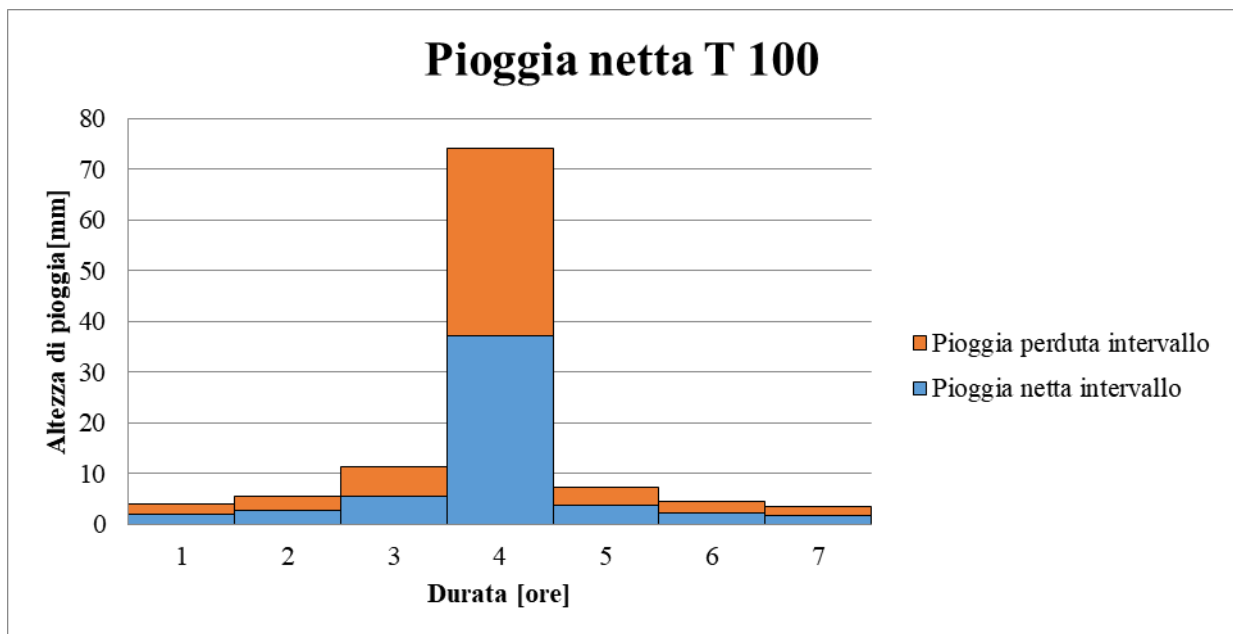


Figura 59 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=100 anni - Mazara

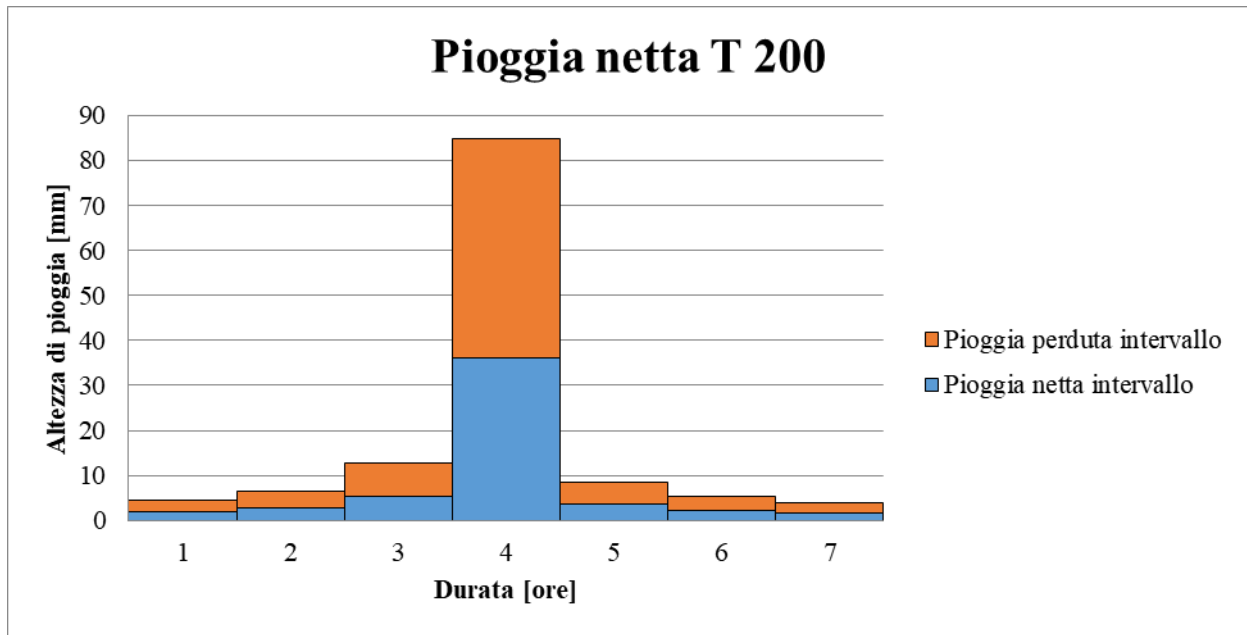


Figura 60 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=200 anni - Mazaro

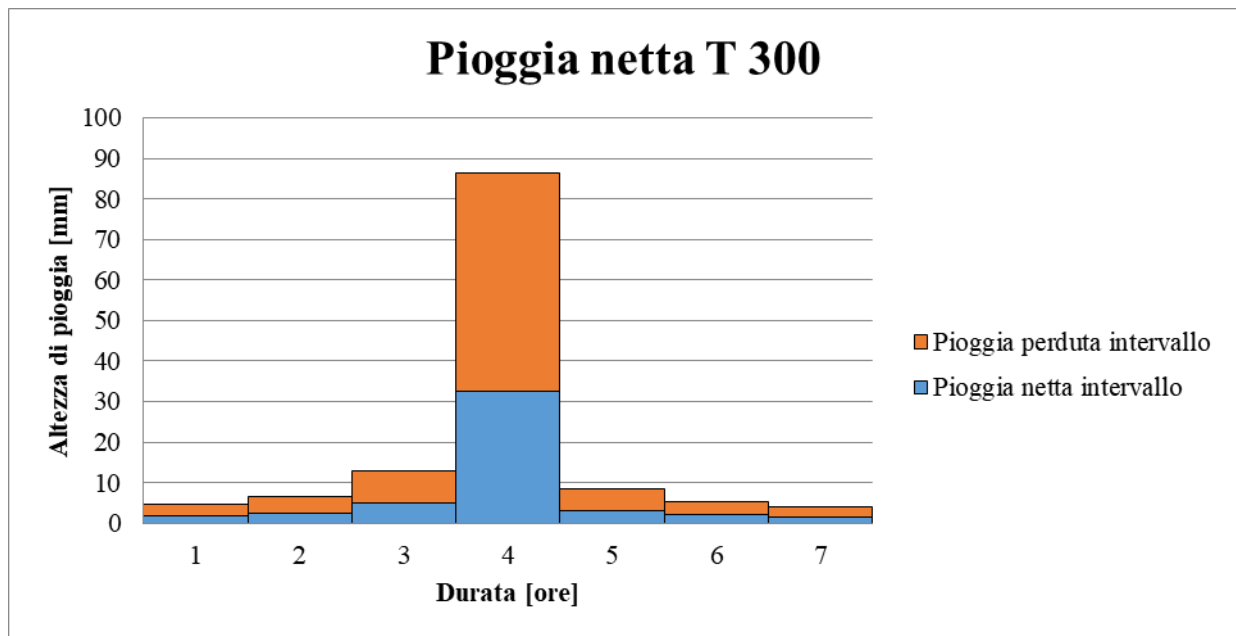


Figura 61 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=300 anni - Mazaro

5.2.5.4. Il modello cinematico

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorrive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

Tabella 66 - Estensione delle superfici isocorrigrafiche del bacino del Mazaro (km2)

S1	22.8
S2	53.59
S3	15.71
S4	4.59
S5	3.38
S6	1.85

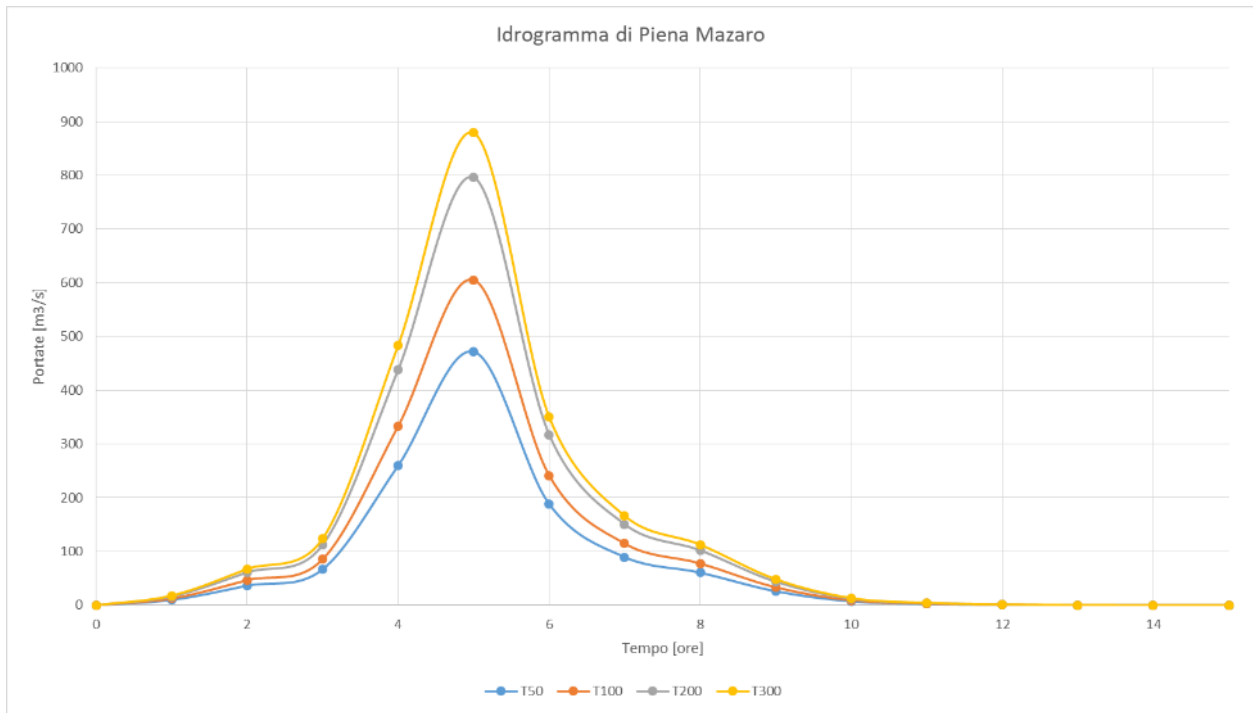


Figura 63 - Idrogramma di piena del fiume Mazaro nella sezione di attraversamento

5.2.6. Attraversamento della fiumara Sossio

5.2.6.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

Individuato il bacino idrografico come esporto al capitolo 4.1, sovrapponendo la mappa in Figura 9 con quella in Figura 11 è stato possibile individuare le stazioni pluviografiche da utilizzare per ricavare le curve di possibilità pluviometrica a partire dal metodo dei Topoieti.

Le stazioni pluviometriche scelte in questo caso, sono quelle di Marsala, Borgo Fazio e Mazara del Vallo.

In Figura 38 è riportata la suddivisione del bacino idrografico del fiume Modione secondo il metodo dei topoieti descritto sopra, mentre in Tabella 39 è riportato un report riguardante la suddivisione.

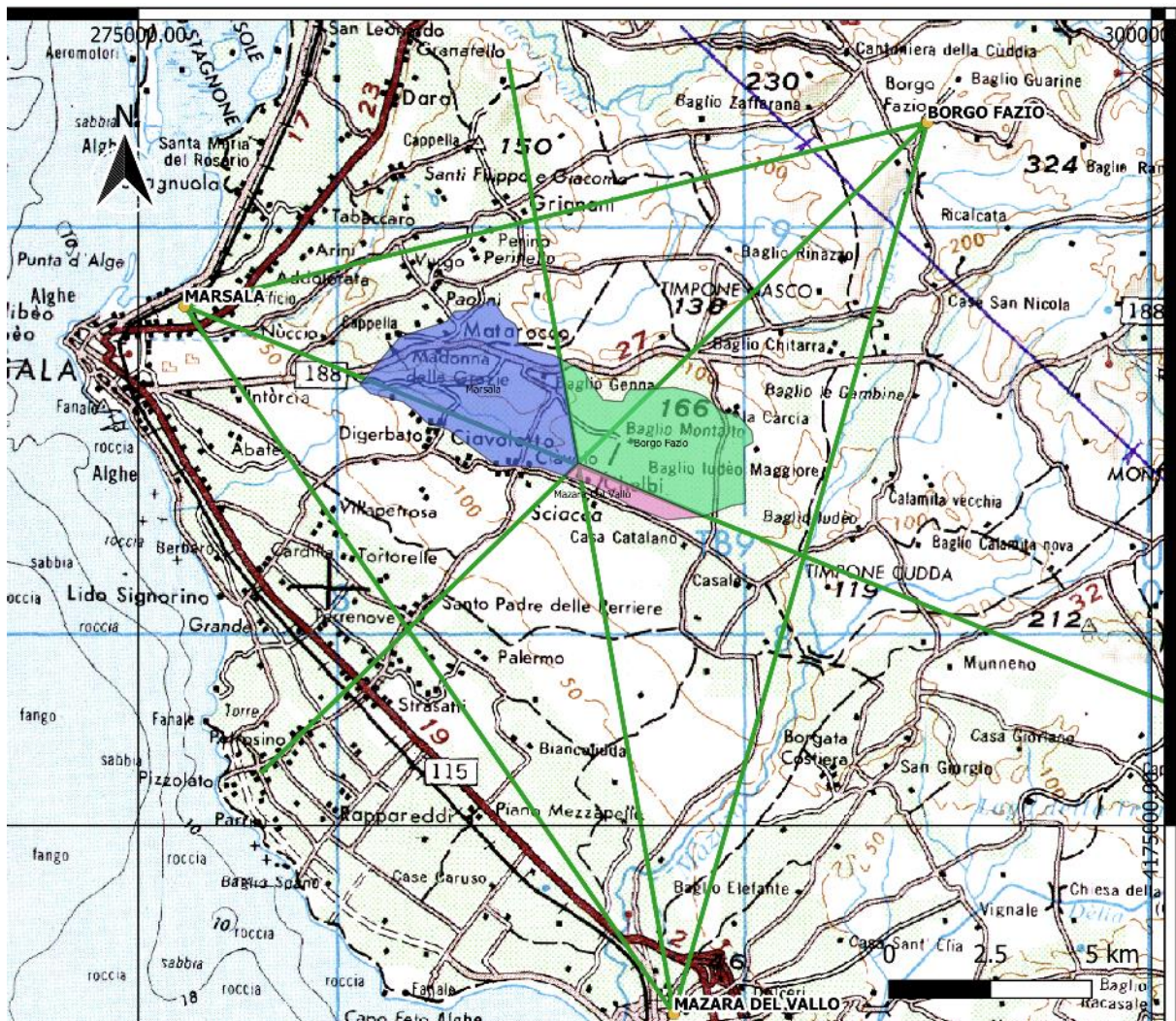


Figura 64 - - Costruzione delle aree di influenza delle stazioni topografiche con il metodo dei topoieti - Sossio (IGM200.000)

Tabella 68 - Suddivisione del bacino idrografico del Sossio secondo il metodo dei topoi

id	Stazione	Superficie [m2]	Superficie [Km2]	Superficie [ha]
1	Marsala	13142022.66	13.14	1314.20
2	Borgo Fazio	10652801.55	10.65	1065.28
3	Mazara del Vallo	1285733.688	1.28	128.57

Per ogni stazione, sono stati estratti i valori di media aritmetica μ e lo scarto quadratico medio σ dalle schede CFD-Idro, suddivise per le piogge di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tabella 69 - Dati estratti da scheda CFD-Idro 052_00-01/D.T.

Marsala					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
29	37	42	48	54	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
14	21	22	25	26	

Tabella 70 - Dati estratti da scheda CFD-Idro 051_01

Borgo Fazio					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
29	38	43	48	51	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
15	17	20	23	22	

Tabella 71- Dati estratti da scheda CFD-Idro 053_01

Mazara del Vallo					
Media μ					
1h	3h	6h	12h	24h	
29	38	45	54	62	
Scarto σ					
1h	3h	6h	12h	24h	
12	19	25	31	32	

Per estendere questi valori all'intero bacino, è necessario moltiplicare medie e scarti per il coefficiente di ragguglio (Ψ), ottenuto tramite la formula di Fornari.

Tabella 72 - Coefficienti di Fornari

Stazione	$\Psi(1h)$	$\Psi(3h)$	$\Psi(6h)$	$\Psi(12h)$	$\Psi(24h)$
Marsala	0.9807	0.9844	0.9864	0.9881	0.9897
Borgo Fazio	0.9843	0.9873	0.9890	0.9904	0.9916
Mazara del Vallo	0.9981	0.9985	0.9987	0.9988	0.9990

Tabella 73 - Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Marsala)

Marsala				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28.439374	36.423616	41.42927	47.431172	53.442051
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
13.729353	20.672863	21.701046	24.703735	25.731358

Tabella 74- Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Borgo Fazio)

Borgo Fazio				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28.543891	37.518741	42.525135	47.537876	50.57202
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
14.764082	16.7847	19.779132	22.778566	21.815381

Tabella 75- Medie e Scarti moltiplicati per i coefficienti di Fornari (Mazara del Vallo)

Mazara del Vallo				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28.944178	37.941261	44.939433	53.936716	61.936737
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
11.976901	18.97063	24.966351	30.963671	31.967348

Per estendere i valori statistici ragguagliati ai topoieti all'intero bacino bisogna calcolare la media ponderata alle superfici della media aritmetica e dello scarto quadratico medio:

Tabella 76 - Medie e scarti quadratici medi estesi all'intero bacino idrografico

Valori estesi all'intero bacino del Sossio				
Media μ				
1h	3h	6h	12h	24h
28.51	36.97	42.07	47.81	52.66
Scarto σ				
1h	3h	6h	12h	24h
14.08	18.93	21.05	24.21	24.39

Per descrivere la distribuzione dei valori massimi dell'evento, è stata utilizzata la legge di Gumbel.

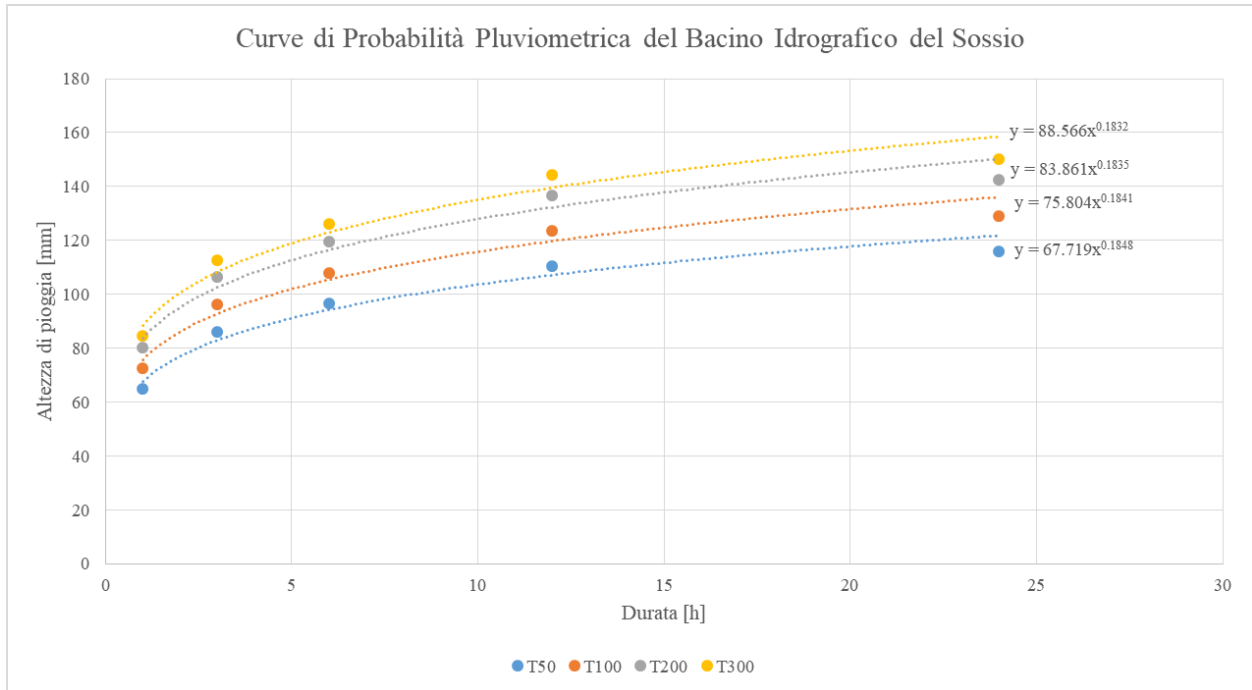
Tabella 77 - Altezze di Pioggia per durata e tempo di ritorno calcolate con la Legge di Gumbel - Sossio

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	64.992041	86.029842	96.626225	110.53652	115.85355
hd,100	72.65386	96.333823	108.08282	123.70997	129.12541
hd,200	80.287721	106.60021	119.49761	136.83536	142.34883
hd,300	84.746272	112.59628	126.16441	144.50123	150.07197

Rappresentando in un grafico le altezze di pioggia e la loro durata si ottengono dei punti che interpolati con curve di tipo esponenziale danno il legame:

$$h_T = ad^n$$

Tabella 78 - Curve di probabilità pluviometrica



Dal grafico è possibile estrapolare i valori di "a" e di "n", necessari per ricavare i valori di massima intensità di pioggia per dato tempo di ritorno e durata.

Tabella 79 - Parametri delle linee di tendenza estrapolati dal grafico per i diversi tempi di ritorno - Sossio

T	a	n
50	67.719	0.1848
100	75.804	0.1841
200	83.861	0.1835
300	88.566	0.1832

Tabella 80 - Valori di massima intensità di pioggia per data durata e tempo di ritorno - Sossio

	1h	3h	6h	12h	24h
hd,50	67.719	82.962636	94.300259	107.18728	121.83542
hd,100	75.804	92.79619	105.42649	119.77589	136.07834
hd,200	83.861	102.5916	116.50667	132.30912	150.25495
hd,300	88.566	108.31177	122.97713	139.62817	158.53375

5.2.6.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è stato stimato confrontando le formule proposte da diversi autori come Giandotti, Viparelli, Kirpich, ecc.

Il tempo di corrivazione stimato è di circa 2,33 ore, ottenuto dalla media del tempo di corrivazione calcolato con il criterio della velocità e la formula di Giandotti.

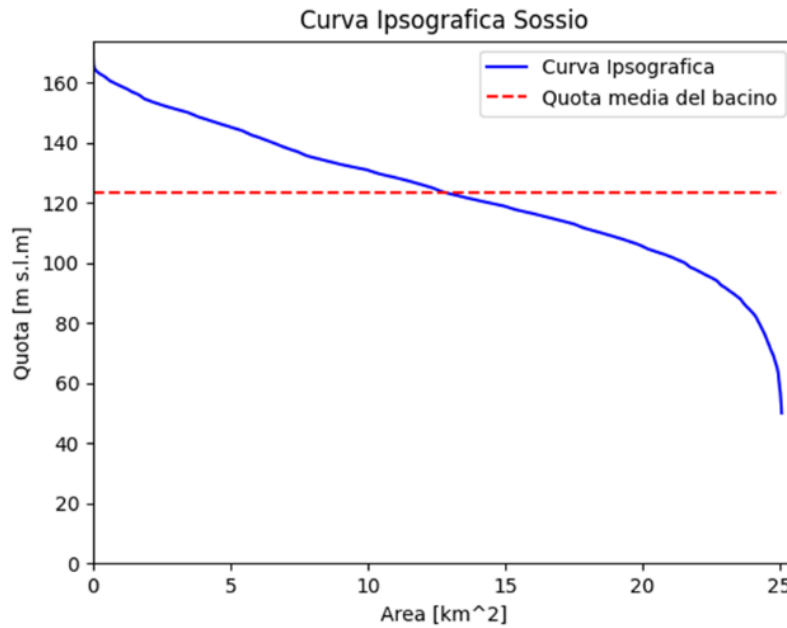


Figura 65 - Curva Ipsografica del bacino idrografico del Sossio

Essendo $\tau_c=2.33$ ore, volendo ottenere un idrogramma di piena sufficientemente dettagliato, per la costruzione dello ietogramma Chicago, si è discretizzato il tempo di corrivazione in sei intervalli di 20 minuti ciascuno. Diminuendo il tempo di corrivazione (da 2 ore e 20 minuti a 2 ore), si è dato un ulteriore margine di sicurezza al risultato del modello.

5.2.6.3. Ietogramma Chicago e pioggia netta

Utilizzando la curva di probabilità pluviometrica si costruiscono gli ietogrammi di pioggia lorda (Figura 5) con l'equazione precedentemente indicata ($h=ad^n$).

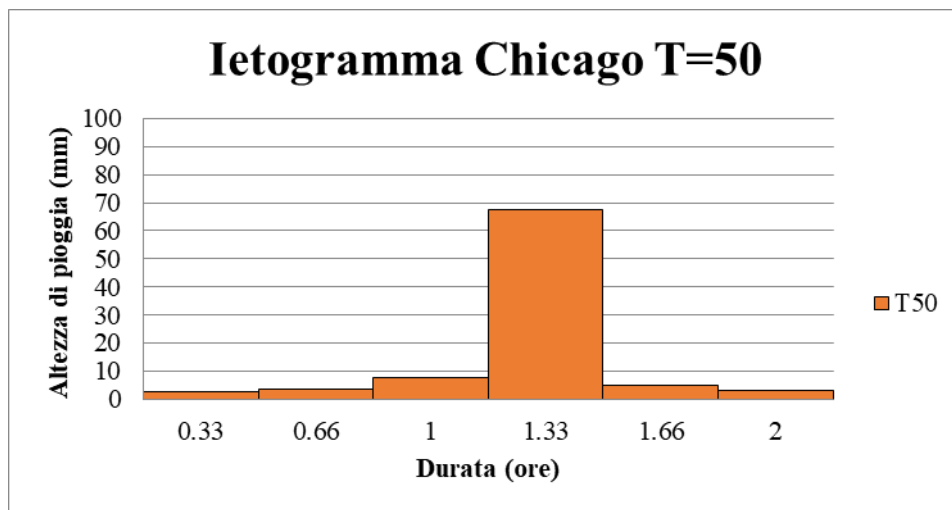


Figura 66 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Sossio per tempo di ritorno 50 anni

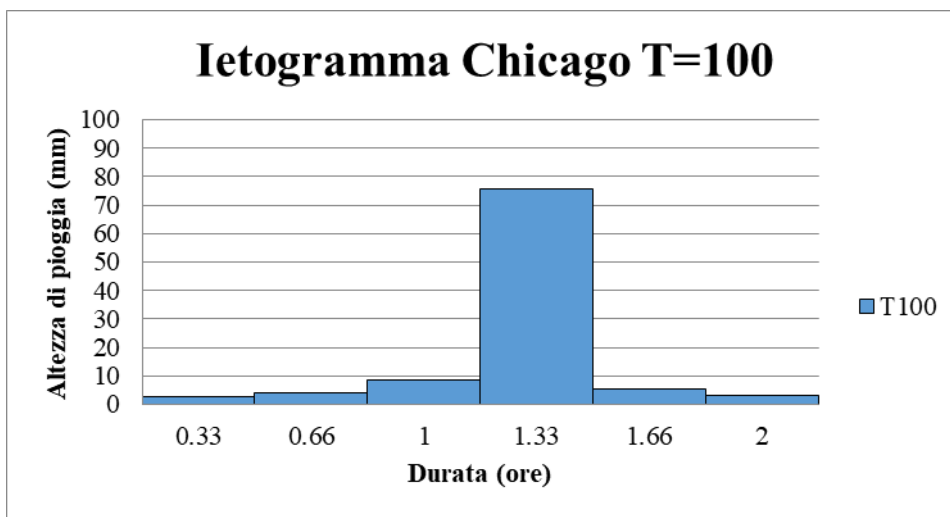


Figura 67 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Sossio per tempo di ritorno 100 anni

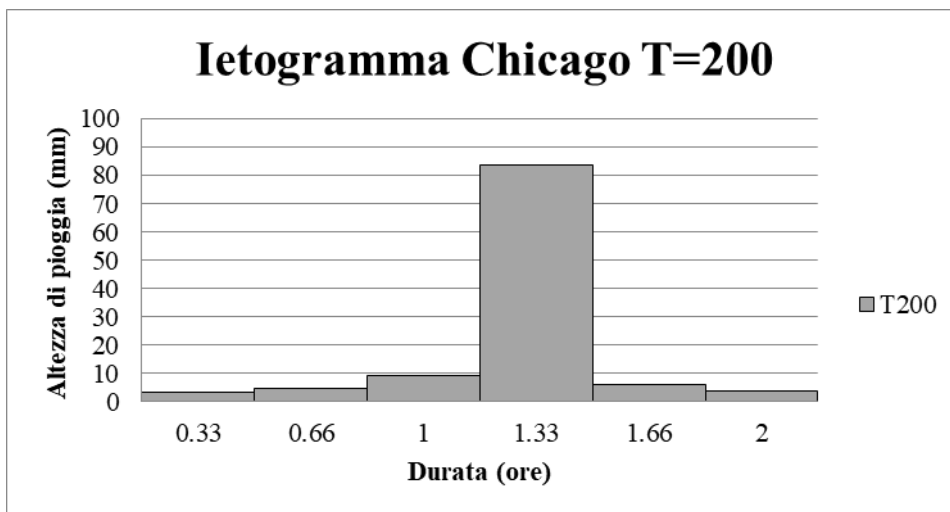


Figura 68 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Sossio per tempo di ritorno 200 anni

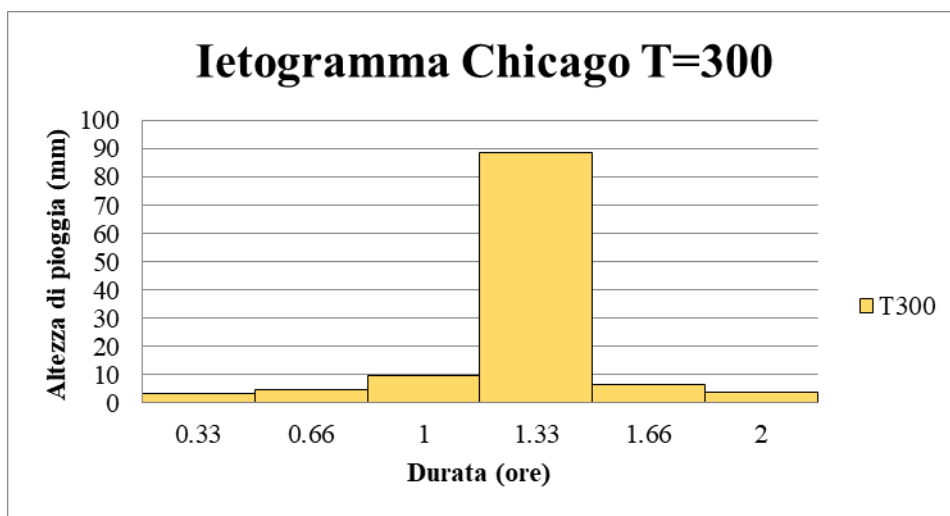


Figura 69 - Ietogramma Chicago evento di pioggia Sossio per tempo di ritorno 300 anni

Per la trasformazione da pioggia lorda in pioggia netta, si è fatto riferimento al metodo a sottrazione costante.

Considerando: l'estensione del bacino, la geologia, la vegetazione spontanea e le colture presenti (analizzate tramite la mappa dell'uso dei suoli Corine Land Cover), si è scelto il coefficiente di deflusso ϕ per tempo di ritorno 100 anni, pari a 0,5.

Quindi si sono ottenuti gli ietogrammi Chicago che mettono a confronto la pioggia perduta per infiltrazione o captata da zone depresse, vegetazione, o laminata, con quella netta che arriverà alla sezione di chiusura del corso d'acqua.

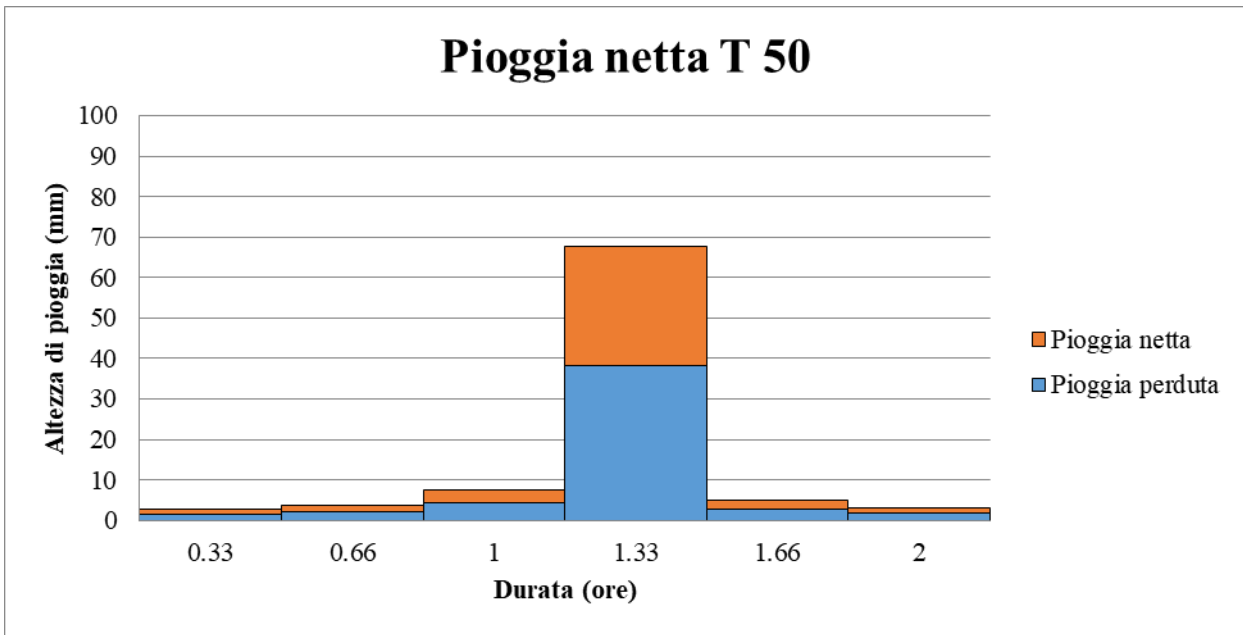


Figura 70 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=50 anni - Sossio

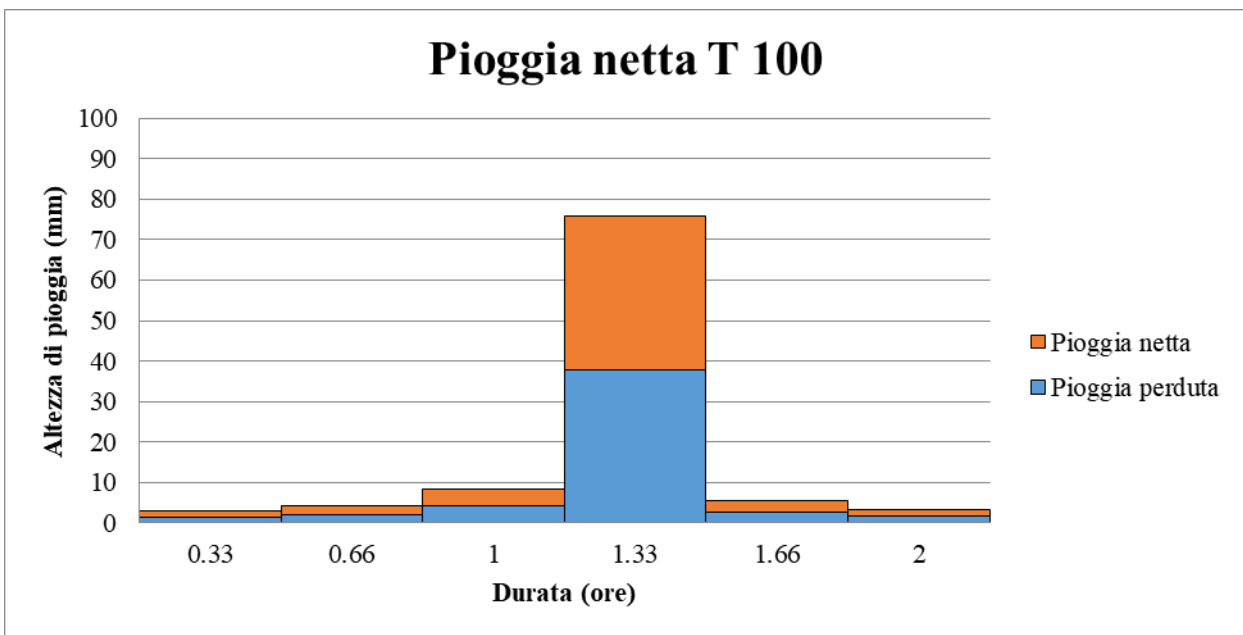


Figura 71 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=100 anni - Sossio

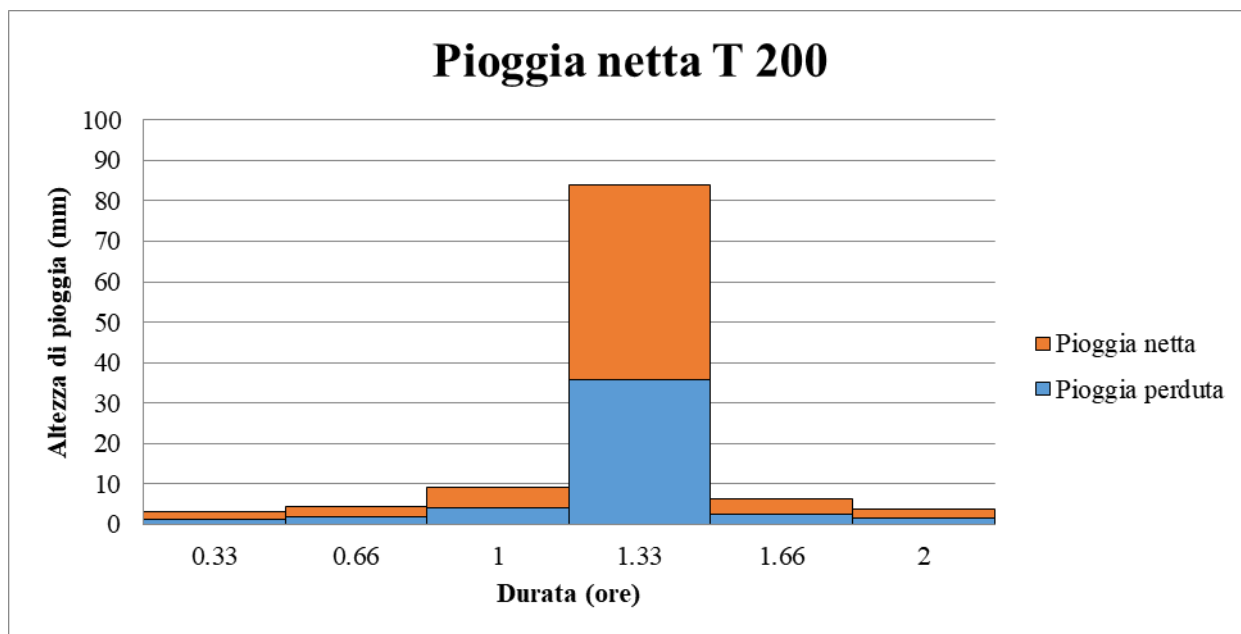


Figura 72 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=200 anni - Sossio

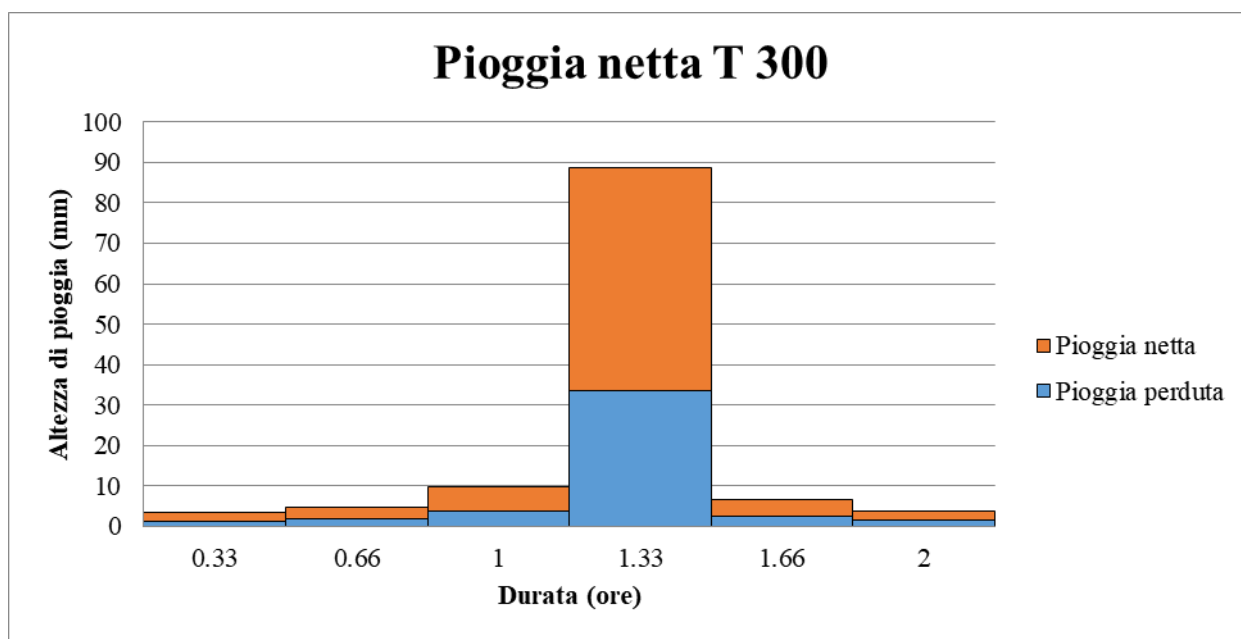


Figura 73 - Ietogramma Chicago pioggia netta T=300 anni - Sossio

5.2.6.4. Il modello cinematico

La prima fase è stata il tracciamento delle curve isocorrive, suddividendo il bacino nello stesso numero di intervalli scelto per la realizzazione degli ietogrammi Chicago.

Tabella 81 - Estensione delle superfici isocorrigrafiche del bacino del Sossio (km²)

S1	0.334
S2	1.34
S3	4.56

S4	8.06
S5	6.97
S6	3.77

Per il calcolo della portata di piena è stato eseguito il prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette e il vettore composto dall'area delle superfici isocorrive per ogni valore del tempo di ritorno T, come illustrato di seguito.

Matrice delle piogge nette (mm)							Vettore delle superfici isocorrigrafiche (Km ²)		Portate (mq/s)	
1.1340519	0	0	0	0	0				0	
1.5951007	1.1340519	0	0	0	0				0.1052148	
3.2819759	1.5951007	1.1340519	0	0	0				0.5701092	
29.476407	3.2819759	1.5951007	1.1340519	0	0				2.3346921	
2.178694	29.476407	3.2819759	1.5951007	1.1340519	0				8.515857	
1.2990751	2.178694	29.476407	3.2819759	1.5951007	1.1340519				21.097981	
0	1.2990751	2.178694	29.476407	3.2819759	1.5951007				49.892142	
0	0	1.2990751	2.178694	29.476407	3.2819759				77.262318	
0	0	0	1.2990751	2.178694	29.476407				67.029906	
0	0	0	0	1.2990751	2.178694				37.995027	
0	0	0	0	0	1.2990751				4.7967305	
0	0	0	0	0	1.2990751				1.3604203	
									0	

Fattore di conversione		0.2777778	
0.334			
1.34			
4.56			
8.06			
6.97			
3.77			

Figura 74 - Prodotto matriciale tra la matrice delle piogge nette e il vettore delle superfici isocorrigrafiche T50 - Sossio

Lo stesso prodotto matriciale è stato eseguito per i tempi di ritorno 100, 200 e 300, fornendo i risultati riportati nella Tabella 82.

Tabella 82 - Tabella riepilogativa i valori di portata (mc/s) per i quattro tempi di ritorno. Sossio

Durata	T50	T100	T200	T300
0	0	0	0	0
0.33	0.11	0.13	0.17	0.20
0.66	0.57	0.73	0.92	1.06
1	2.33	2.99	3.79	4.33
1.33	8.52	10.92	13.85	15.84
1.66	21.10	27.08	34.36	39.32
2	49.89	64.10	81.39	93.18
2.33	77.26	99.30	126.13	144.43
2.66	67.03	86.14	109.42	125.29
3	38.00	48.82	62.00	70.99
3.33	4.80	6.14	7.78	8.90
3.66	1.36	1.74	2.21	2.52
4	0.00	0.00	0.00	0.00
4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
4.66	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
5.33	0.00	0.00	0.00	0.00

I valori riportati, permettono di tracciare gli idrogrammi di piena finali relativi alla sezione di chiusura, come riportato in Figura 75.

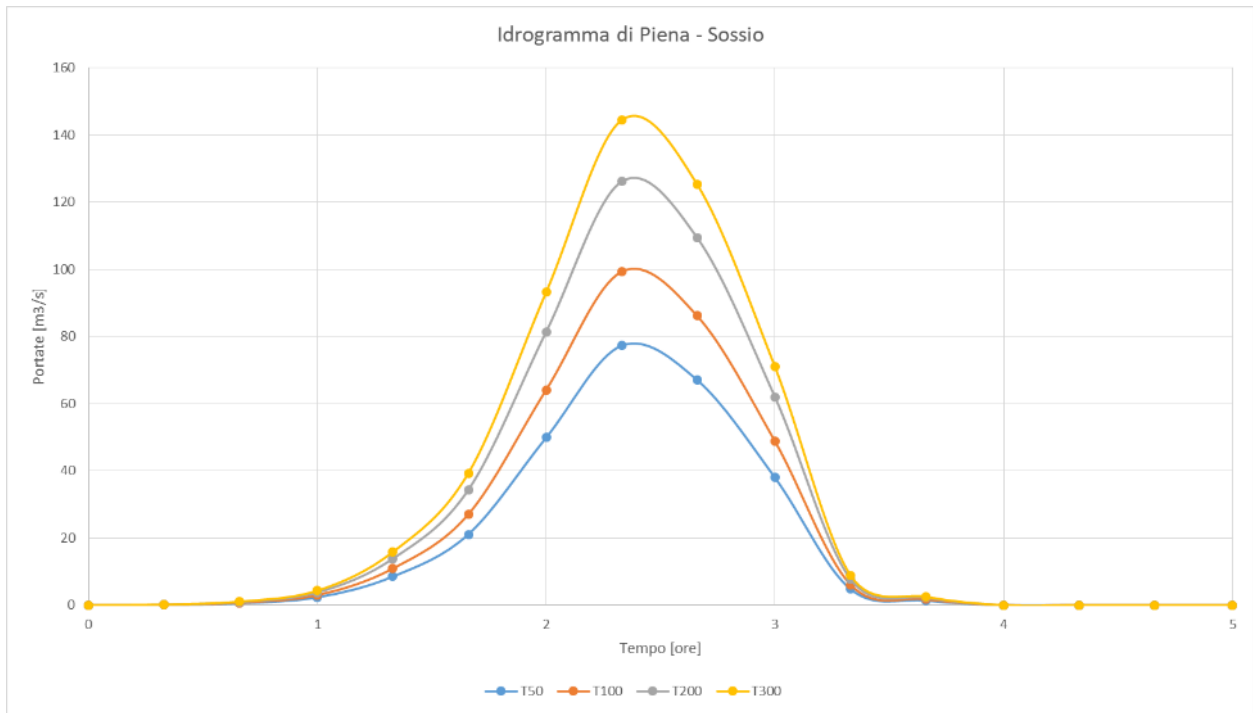


Figura 75 - Idrogramma di piena della fiumara del Sossio nella sezione di attraversamento

5.3. Metodo Razionale

Come riportato nei recenti aggiornamenti delle *Norme di attuazione della Relazione Generale* del PAI (D.A. n.117/2021), nel caso di bacini di limitata estensione (fino a circa 20 km²) si può ricorrere, per la determinazione del valore della portata di massima piena di assegnato tempo di ritorno, all'applicazione di un metodo analitico noto in letteratura come "metodo razionale".

Si è scelto quindi di adottare tale metodo in tutti gli attraversamenti dei bacini minori. Lo schema prevede:

- la determinazione della massima intensità di pioggia oraria tramite modello TCEV – Two Component Extreme Value;
- la trasformazione del dato orario nel dato corrispondente alla durata critica dell'evento di pioggia;
- la costruzione dell'idrogramma di piena triangolare attraverso la formula razionale.

5.3.1. Descrizione del metodo

Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante elaborazioni dei dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

La diffusione di tale metodologia in Italia, a partire dagli anni '90, è legata al progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia), realizzato dal GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche).

Questa legge di probabilità nasce dal prodotto di due leggi di Gumbel: una per le piogge frequenti ma non elevate e una per gli eventi rari ma più rilevanti.

I parametri della TCEV sono stati determinati statisticamente utilizzando le 276 stazioni pluviografiche siciliane.

Le curve di probabilità pluviometrica cui si perviene con la TCEV hanno la seguente espressione:

$$h_{d,T} = k_T a d^n$$

in cui d è la durata della pioggia, il tempo di corrivazione del bacino, e k_T è un fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno.

k_T assume lo stesso valore all'interno di 5 differenti sottozone della Sicilia.

$$K_T = \alpha \ln(T) + \beta$$

α e β si ricavano in funzione della zona in cui ricade l'area di studio.

Tabella 83 - Valori di α e β per le cinque diverse zone del territorio siciliano

Sottozona	Z _{0-Z5}	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
α	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
β	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

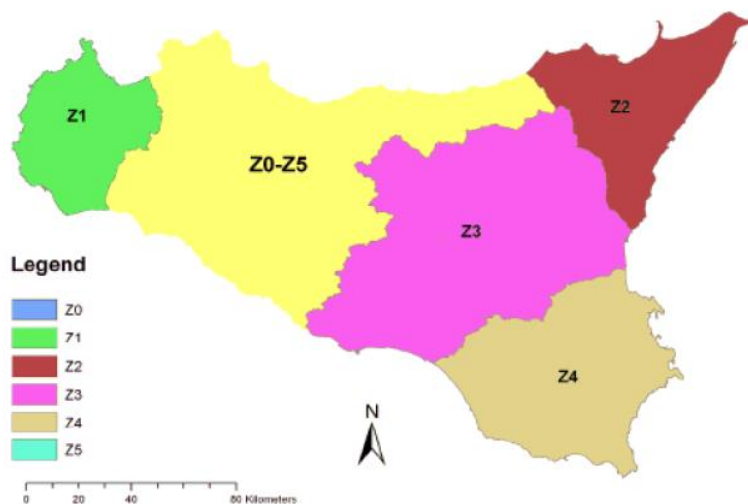


Figura 76 - Suddivisione in zone adottata per il primo livello di regionalizzazione

I valori di a e di n , sono stati ricavati tramite le carte delle iso- a e delle iso- n che sono state elaborate dal dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali, dell'Università degli studi di Palermo, nello studio "Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Sicily, Italy", Lo Conti et al. 2007.

Nelle Figura 77 e Figura 78, sono riportate le mappe delle iso- a e iso- n e i loro particolari.

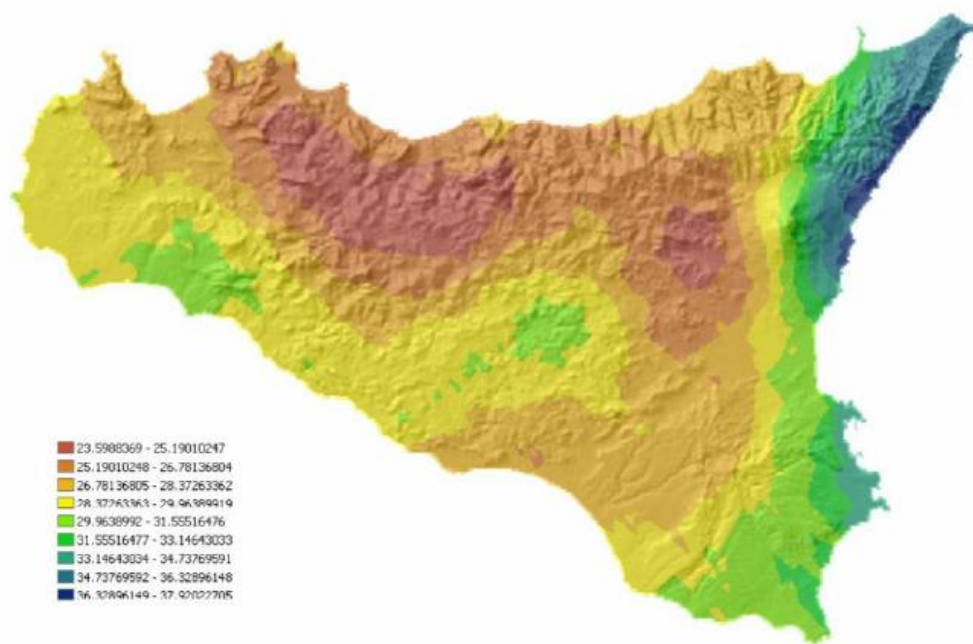


Figura 77 - Mappa delle iso- a

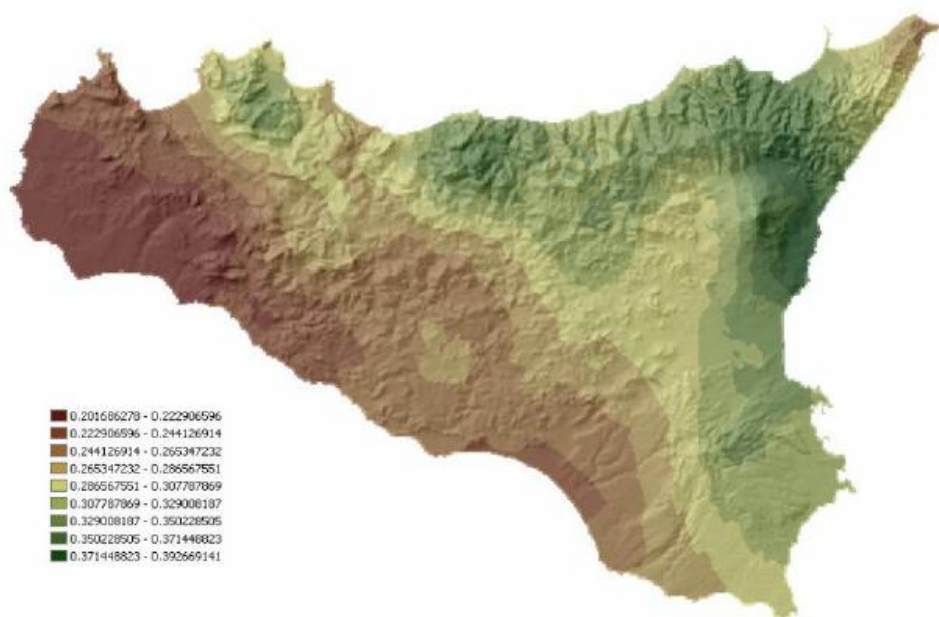


Figura 78 - Mappa delle iso-n

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita K_T e quindi la pioggia oraria, una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T .

Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione o durata critica dell'evento, può essere definito come il tempo necessario alla goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Tale valore è calcolato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche morfologiche del bacino con:

- il criterio della velocità: formula universale ma particolarmente adatta a bacini di piccole dimensioni;
- la formula di Giandotti: particolarmente adatta per bacini di estensione variabile tra 50 e 70.000 km²;
- la formula di Viparelli: particolarmente adatta per bacini di estensione compresa tra 1 e 5.500 km².
- la formula di Kirpich: particolarmente adatta per bacini di piccolissime dimensioni;

Per ogni bacino è stato calcolato il tempo di corrivazione con almeno due formule, fra quelle sopra proposte, in modo da confrontarle e mediarle.

In Tabella 84 è riepilogata la scelta delle formule per il calcolo del tempo di corrivazione.

Tabella 84 - Riepilogo del metodo scelto e del valore del tempo di corrivazione

Bacino Idrografico	Tempo di corrivazione calcolato con	Tempo di corrivazione
Torrente Cavarretto	criterio della velocità	32 minuti
Torrente Cava del Serpente	criterio della velocità	60 minuti
Torrente Finocchio	criterio della velocità	54 minuti
Torrente Gurra Finocchio	criterio della velocità	54 minuti

Torrente Ravida	criterio della velocità	35 minuti
Torrente Contrada Casenuove	criterio della velocità	20 minuti
Torrente San Giovanni	criterio della velocità	103 minuti
Torrente San Giovanni (Contrada del Piano)	criterio della velocità	67 minuti
Torrente San Giovanni (C. del Celso)	criterio della velocità	16 minuti
Torrente San Giovanni (Mass.a Saporito)	criterio della velocità	6 minuti
Torrente San Giovanni (Delia)	criterio della velocità	10 minuti
Fosso Contrada Dimina	criterio della velocità	10 minuti

Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le ridotte dimensioni dei bacini di studio, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è in molti casi inferiore all'ora. È necessario l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

La formula razionale e l'idrogramma di piena

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

In cui A è la superficie del bacino (in km²), i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno espressa in mm/h, C è il coefficiente di deflusso che tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino e, 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

L'idrogramma di piena ha forma triangolare, con il valore del colmo di piena che ha coordinate (t_c , $Q_{t,T}$), mentre la durata dell'evento è pari a due volte t_c .

5.3.2. Attraversamento del torrente Cavarretto

In Figura 79, è riportato il bacino idrografico del torrente.

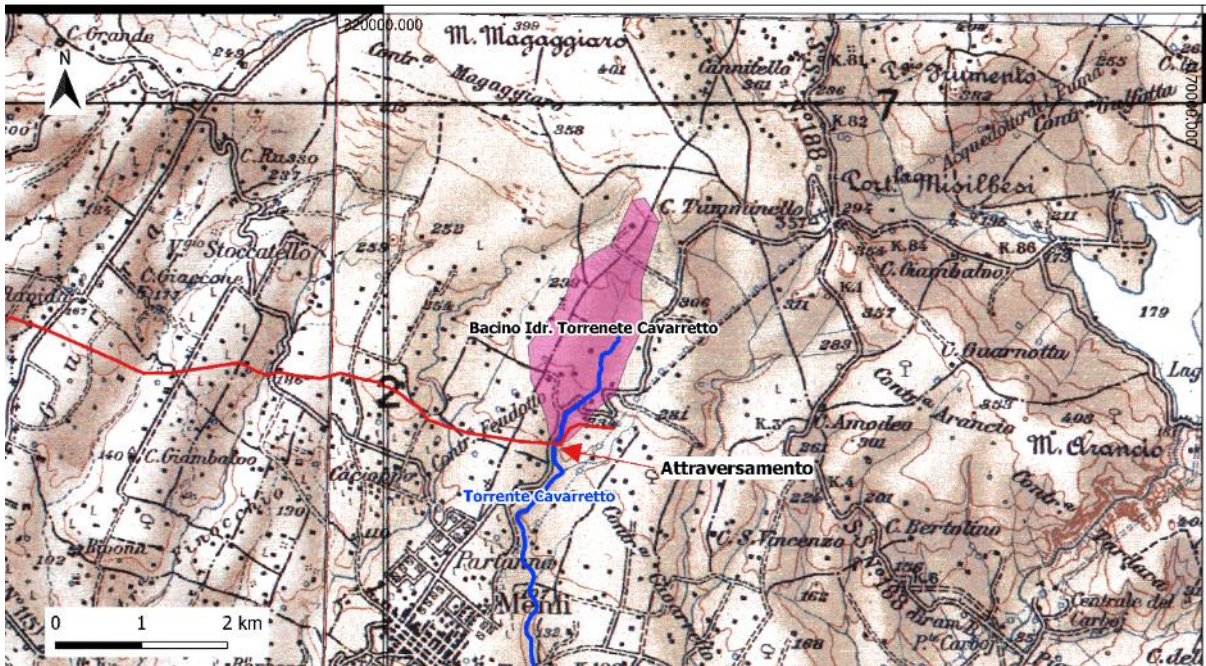


Figura 79 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente Cavarretto (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 2,14 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 2,89 km circa. L'altezza massima del bacino è di 350 m s.l.m.m., mentre la minima in corrispondenza della sezione di chiusura è di 186 m s.l.m.m.

5.3.2.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0.5117$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,64$ e $n=0,227$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 85 - Coefficienti di crescita K_T

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 86 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno

T	h60,T	
50	36.47	mm
100	40.34	mm
200	44.21	mm
300	46.47	mm

5.3.2.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni ridotte del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità. Il criterio dice che dividendo la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo, che deve seguire la particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura, per una velocità media di trasferimento (1,5 m/s), si ottiene il tempo di corrivazione.

$$\tau_c = L/v$$

Il tempo di corrivazione stimato è stato di 32 minuti.

5.3.2.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 87 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica

T	ht,T	
50	28.67	mm
100	31.71	mm
200	34.75	mm
300	36.53	mm

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 88 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno

T	It;T
50	53.490 mm/h
100	59.160 mm/h
200	64.830 mm/h
300	68.146 mm/h

5.3.2.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C_{i_T} A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c, Q_{t,T}).

Tabella 89 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	15.940 m3/s
100	17.630 m3/s
200	19.320 m3/s
300	20.308 m3/s

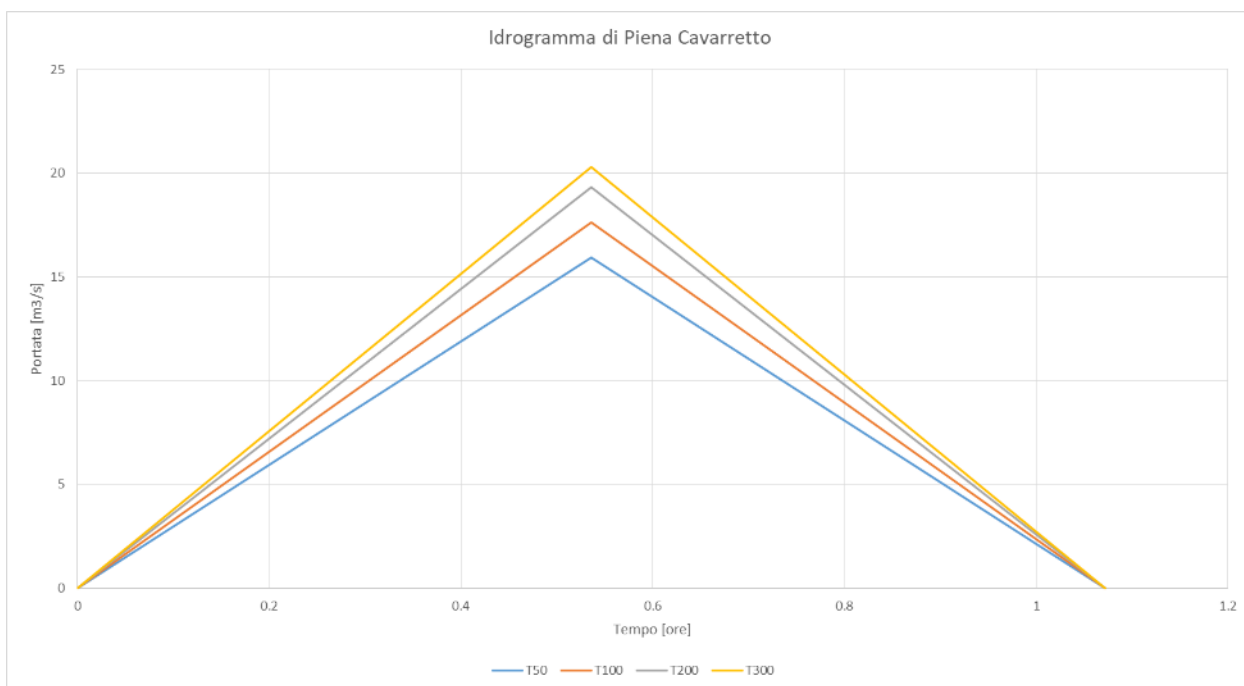


Figura 80 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente Cavarretto per i quattro tempi di ritorno

5.3.3. Attraversamento del torrente Cava del Serpente

In Figura 79, è riportato il bacino idrografico del torrente Cava del Serpente.

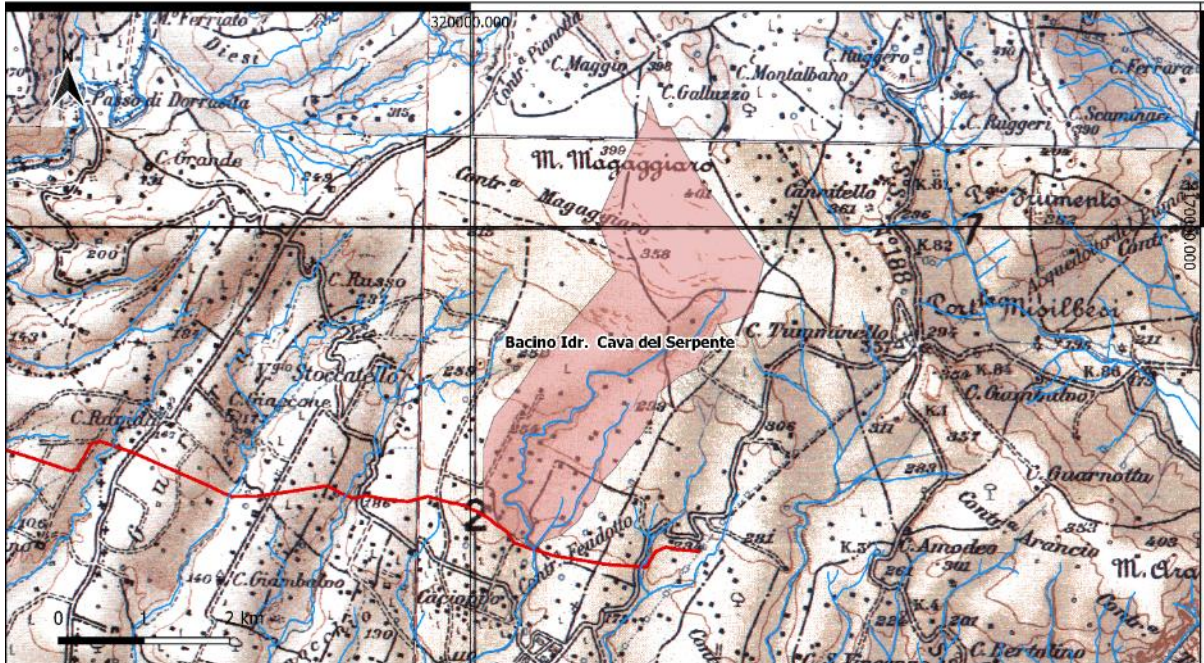


Figura 81 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente Cava del Serpente (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 7,17 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 5,39 km circa.

5.3.3.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0.5117$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=29,12$ e $n=0,2289$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 90 - Coefficienti di crescita K_T – Cava del Serpente

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 91 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Cava del Serpente

T	h60,T	
50	37.089	mm
100	41.021	mm
200	44.952	mm
300	47.252	mm

5.3.3.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 5.39km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 59,96 minuti.

5.3.3.3. Calcolo Intensità di pioggia

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 92 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Cava del Serpente

T	It;T	
50	37.106	mm/h
100	41.040	mm/h
200	44.973	mm/h
300	47.274	mm/h

5.3.3.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{t,T}$).

Tabella 93 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – Cava del Serpente

Tempo di Ritorno	Q(T)	
50	44.362	m3/s
100	49.064	m3/s
200	53.767	m3/s
300	56.518	m3/s

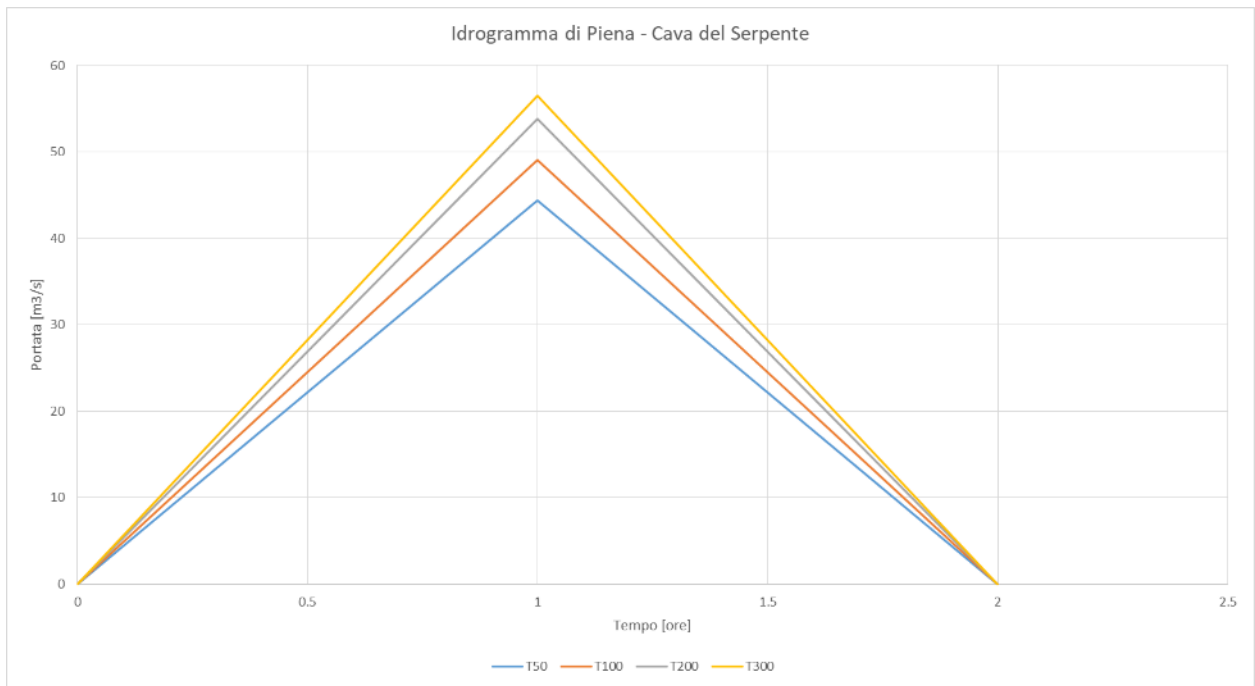


Figura 82 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente Cava del Serpente per i quattro tempi di ritorno

5.3.4. Attraversamento del torrente Finocchio

In Figura 83, è riportato il bacino idrografico del torrente Finocchio.

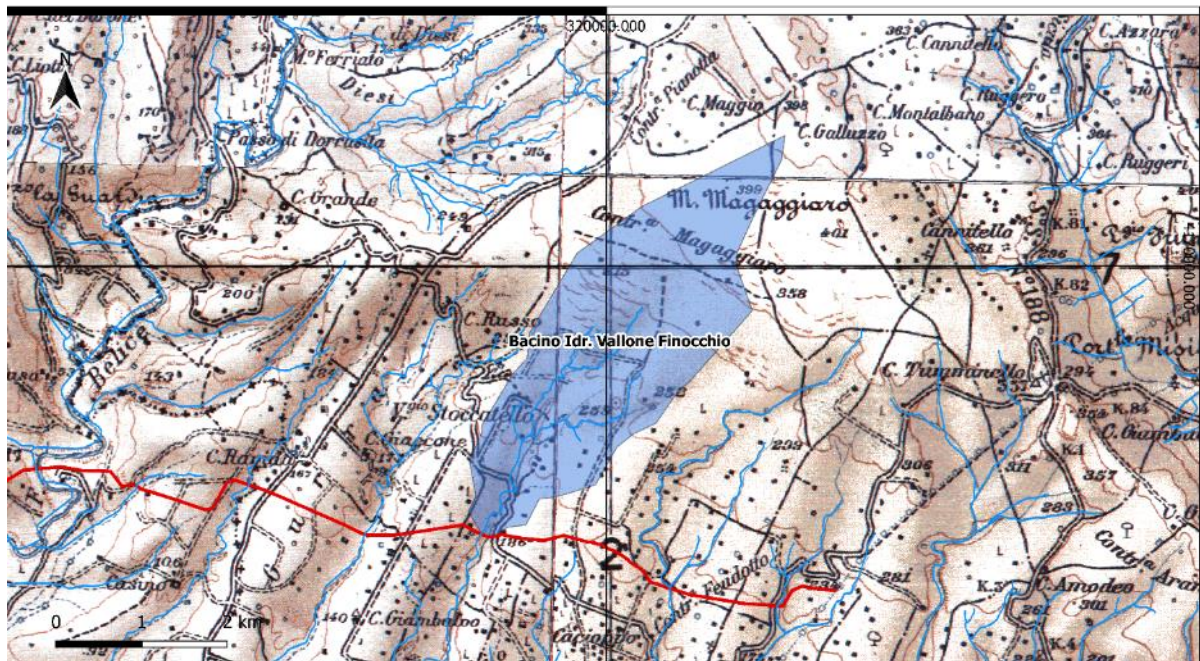


Figura 83 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente Finocchio (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 7,40 km², mentre l’asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 4,48 km circa.

5.3.4.1. Stima delle precipitazione di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0.5117$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=29,63e$ e $n=0,2301$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 94 - Coefficienti di crescita K_T – Finocchio

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.5437
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 95 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Finocchio

T	h _{60,T}	
50	37.739	mm
100	41.739	mm
200	45.740	mm
300	48.080	mm

5.3.4.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 4,48km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 53,87 minuti.

5.3.4.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 96 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica - Finocchio

T	ht,T	
50	36.200	mm
100	40.038	mm
200	43.875	mm
300	46.120	mm

5.3.4.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 97 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Finocchio

T	It;T	
50	40.322	mm/h
100	44.596	mm/h
200	48.871	mm/h
300	51.371	mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{t,T}$).

Tabella 98 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – Finocchio

Tempo di Ritorno	Q(T)	
50	49.764	m3/s
100	55.039	m3/s
200	60.315	m3/s
300	63.400	m3/s

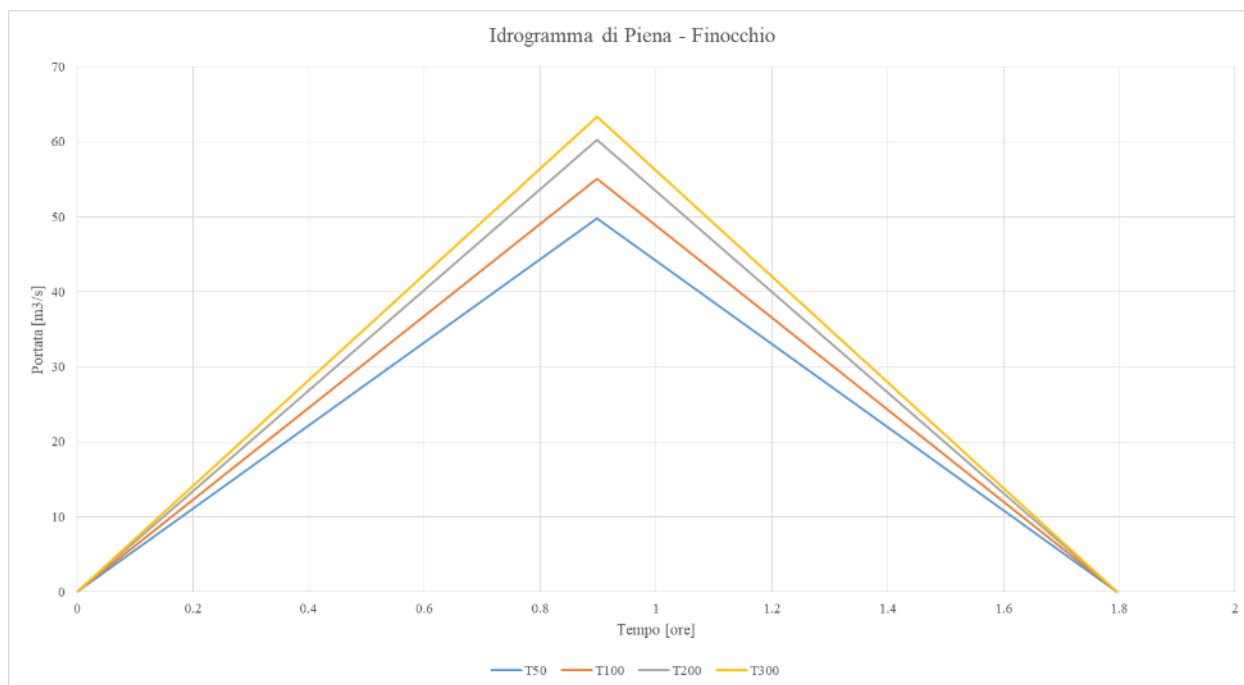


Figura 84 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente Finocchio per i quattro tempi di ritorno

5.3.5. Attraversamento del torrente Gurra Finocchio

In Figura 85, è riportato il bacino idrografico del torrente Gurra Finocchio.

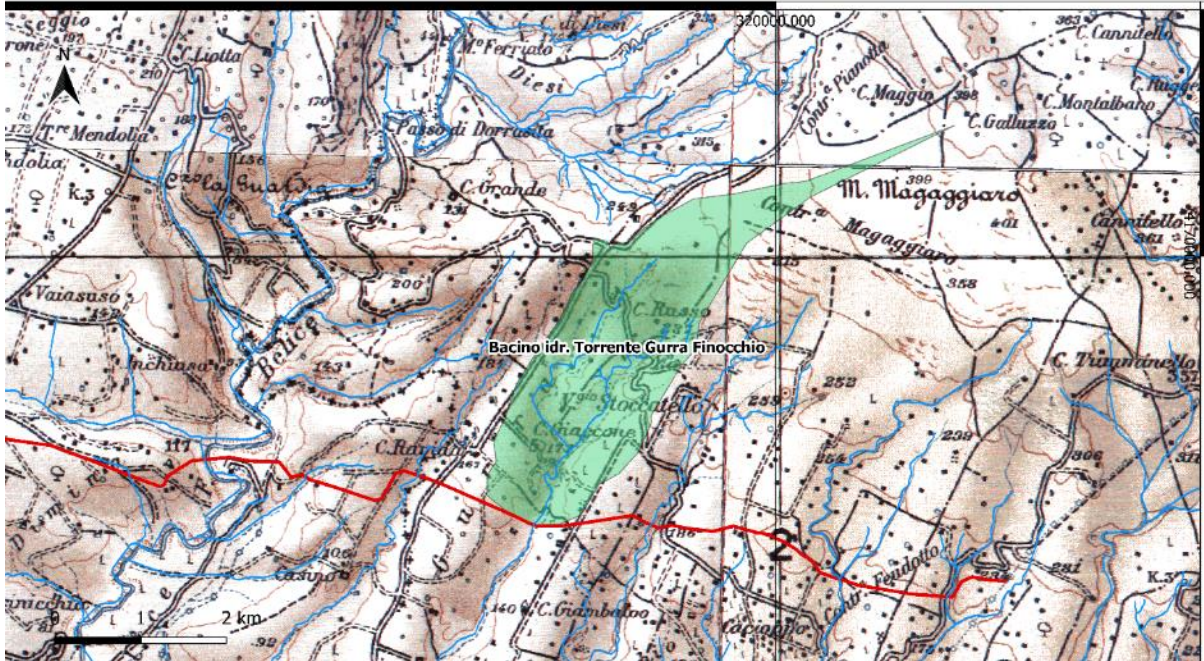


Figura 85 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente Gurra Finocchio (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 6,27 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 4,92 km circa.

5.3.5.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0.5117$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=29,39$ e $n=0,2366$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 99 - Coefficienti di crescita K_T – Gurra Finocchio

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 100 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Gurra Finocchio

T	h60,T	
50	37.433	mm
100	41.401	mm
200	45.369	mm
300	47.690	mm

5.3.5.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 4,92km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 54,73 minuti.

5.3.5.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 101 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – Gurra Finocchio

T	ht,T	
50	36.129	mm
100	39.959	mm
200	43.788	mm
300	46.029	mm

5.3.5.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 102 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Gurra Finocchio

T	It;T	
50	39.605	mm/h
100	43.804	mm/h
200	48.002	mm/h
300	50.458	mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{i,T}$).

Tabella 103 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – Gurra Finocchio

Tempo di Ritorno	Q(T)	
50	41.428	m3/s
100	45.819	m3/s
200	50.210	m3/s
300	52.779	m3/s

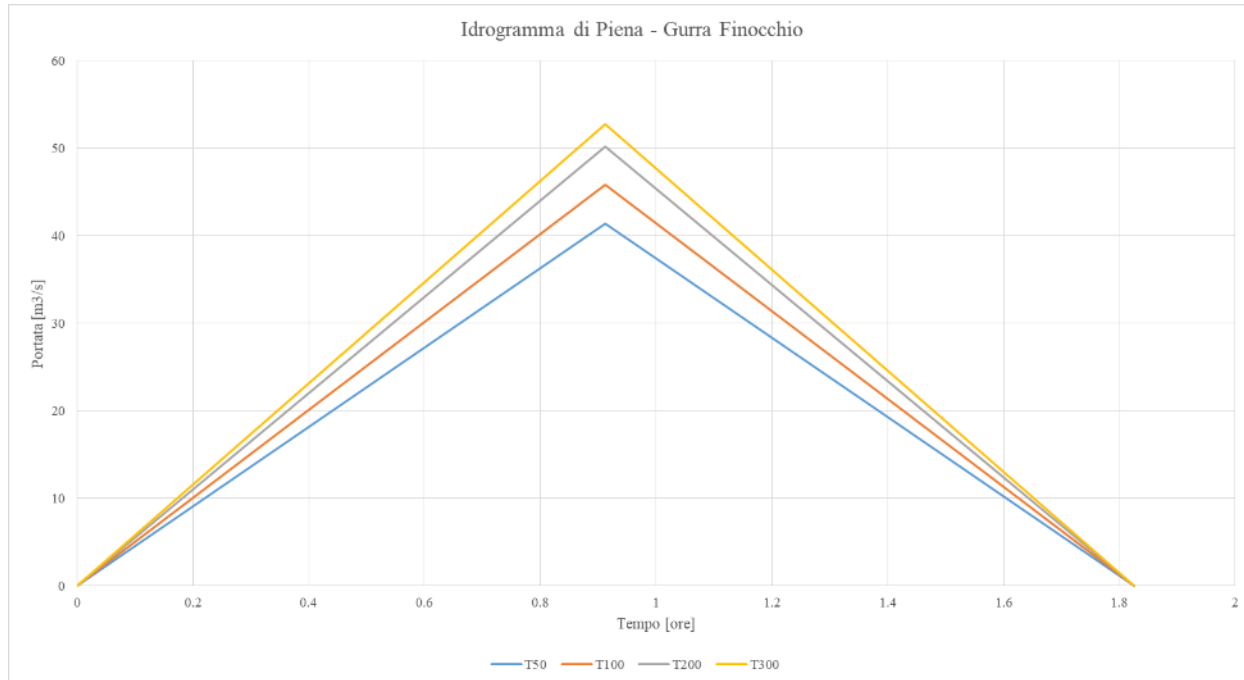


Figura 86 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente Gurra Finocchio per i quattro tempi di ritorno

5.3.6. Attraversamento del torrente Ravida

In Figura 87, è riportato il bacino idrografico del torrente Ravida.

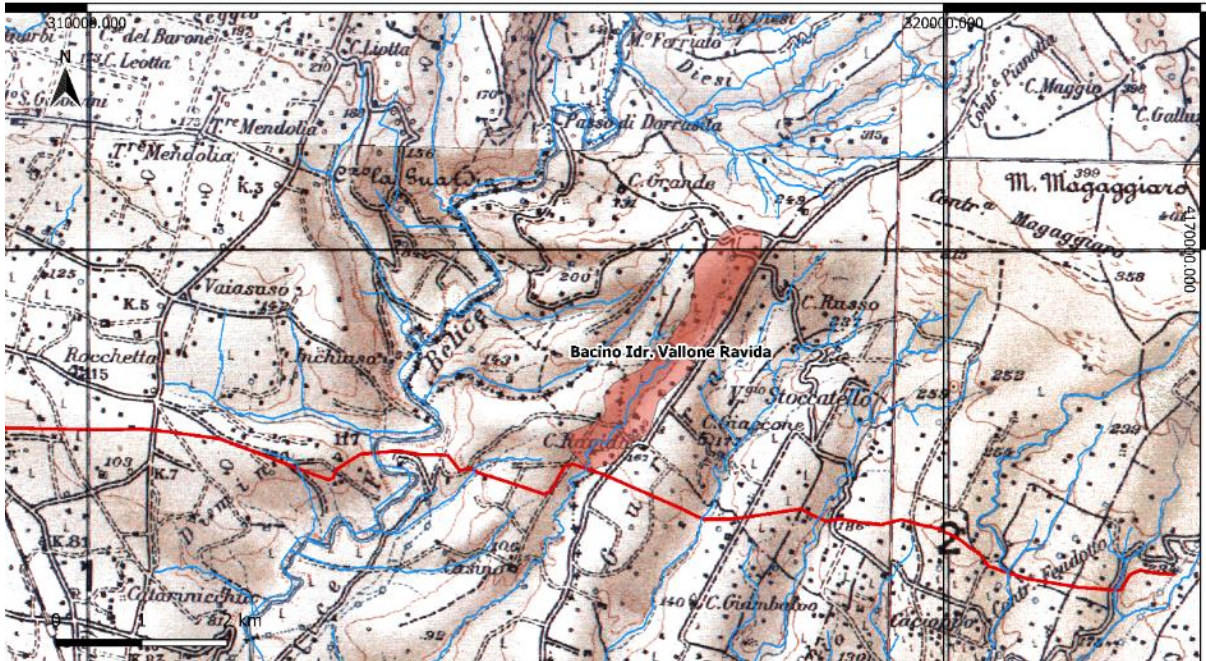


Figura 87 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente Ravida (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 1,63 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 3,18 km circa.

5.3.6.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=29,91$ e $n=0,2373$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 104 - Coefficienti di crescita K_T – Ravida

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 105 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Ravida

T	h60,T	
50	36.822	mm
100	40.725	mm
200	44.628	mm
300	46.911	mm

5.3.6.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 3,18 km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 35,40 minuti.

5.3.6.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 106 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – Ravida

T	ht,T	
50	30.037	mm
100	33.221	mm
200	36.405	mm
300	38.267	mm

5.3.6.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 107 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Ravida

T	It;T
50	50.910 mm/h
100	56.307 mm/h
200	61.703 mm/h
300	64.860 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c, Q_{i,T}).

Tabella 108 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – Ravida

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	13.881 m3/s
100	15.353 m3/s
200	16.824 m3/s
300	17.685 m3/s

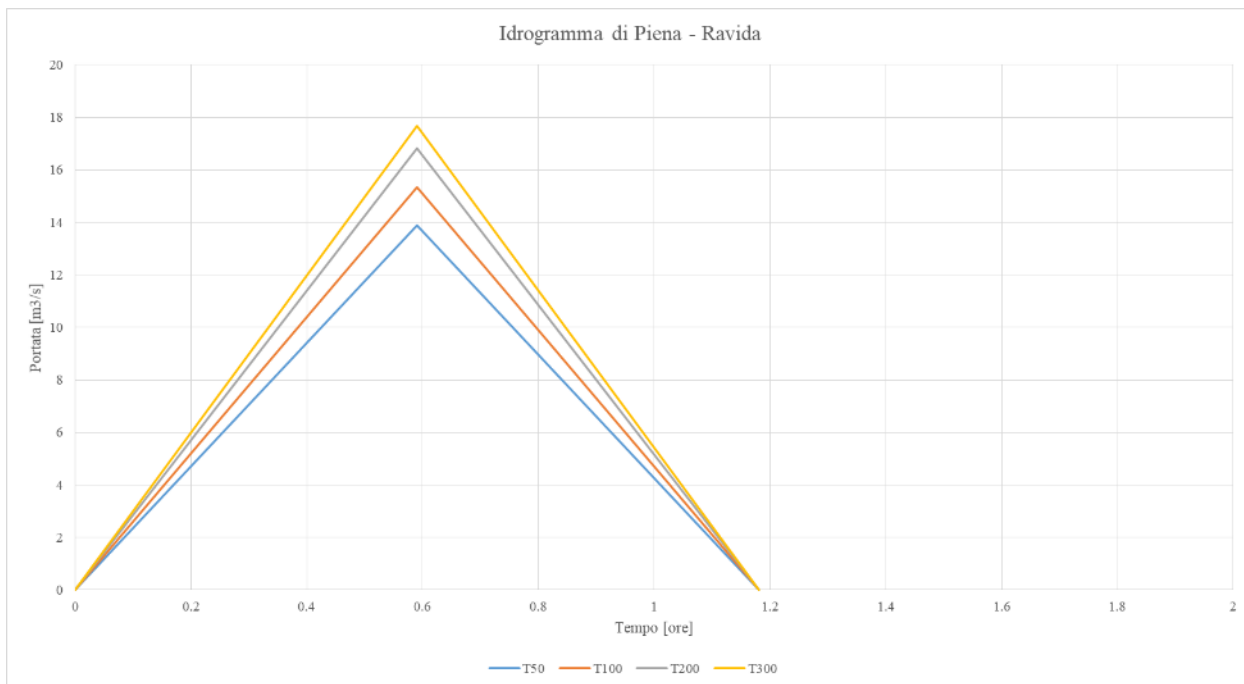


Figura 88 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente Ravida per i quattro tempi di ritorno

5.3.7. Attraversamento del torrente in Contrada Casenuove

In Figura 89, è riportato il bacino idrografico del torrente in Contrada Casenuove.

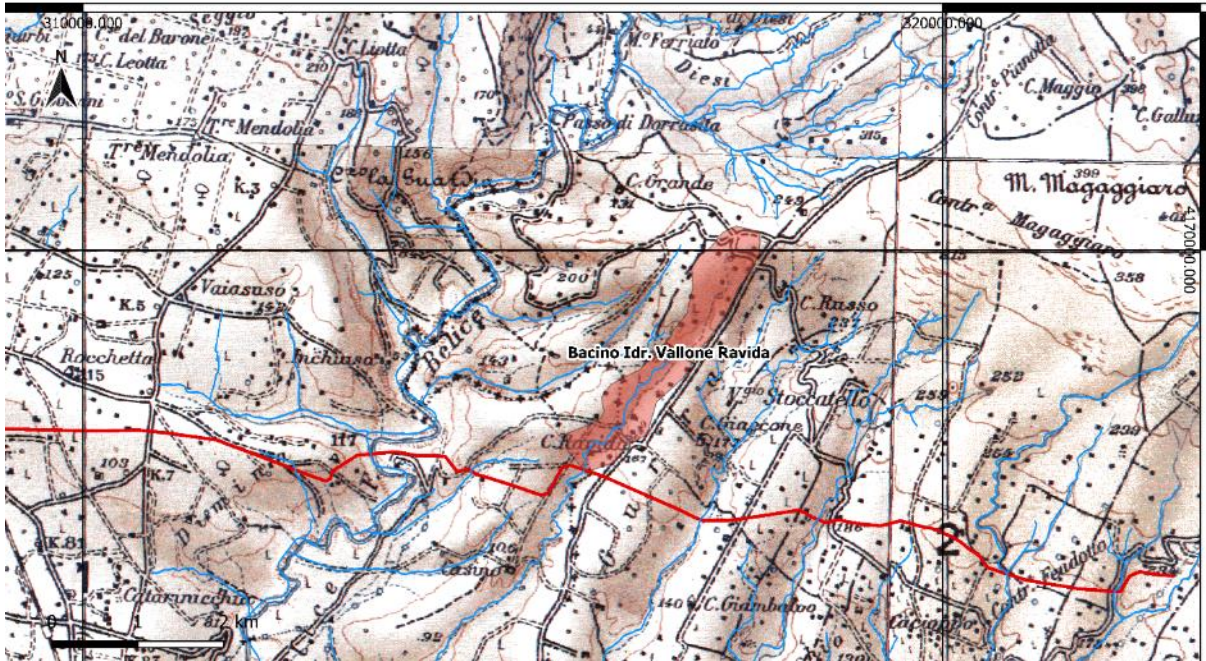


Figura 89 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente in Contrada Casenuove (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 0,86 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 1,76 km circa.

5.3.7.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z5, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4485$ e $\beta=0$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,37$ e $n=0,2383$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 109 - Coefficienti di crescita K_T – Contrada Casenuove

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 110 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Contrada Casenuove

T	h_{60,T}	
50	36.134	mm
100	39.964	mm
200	43.795	mm
300	46.035	mm

5.3.7.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 1,76 km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 20 minuti.

5.3.7.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 111 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – Contrada Casenuove

T	ht,T	
50	23.487	mm
100	25.977	mm
200	28.467	mm
300	29.923	mm

5.3.7.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 112 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Contrada Casenuove

T	It;T
50	71.698 mm/h
100	79.298 mm/h
200	86.898 mm/h
300	91.343 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{i,T}$).

Tabella 113 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – Contrada Casenuove

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	10.346 m3/s
100	11.443 m3/s
200	12.540 m3/s
300	13.182 m3/s

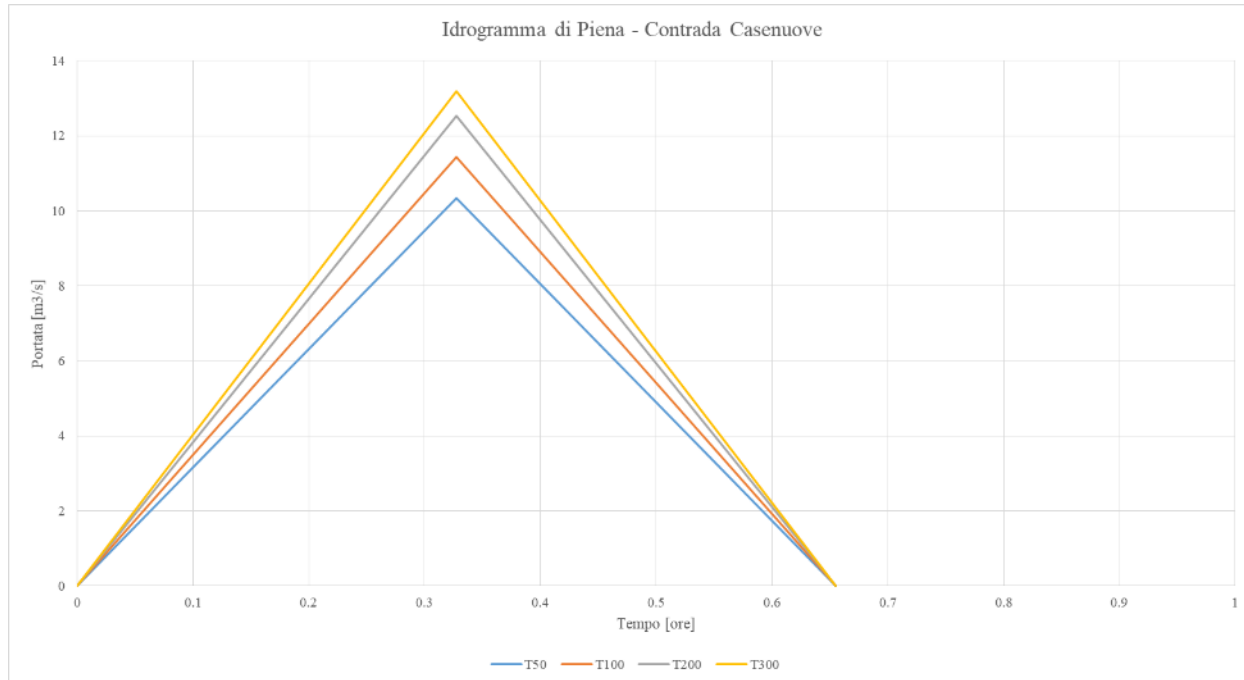


Figura 90 - Idrogramma di piena del torrente in Contrada Casenuove per i quattro tempi di ritorno

5.3.8. Attraversamento del torrente San Giovanni

In Figura 91, è riportato il bacino idrografico del torrente San Giovanni.

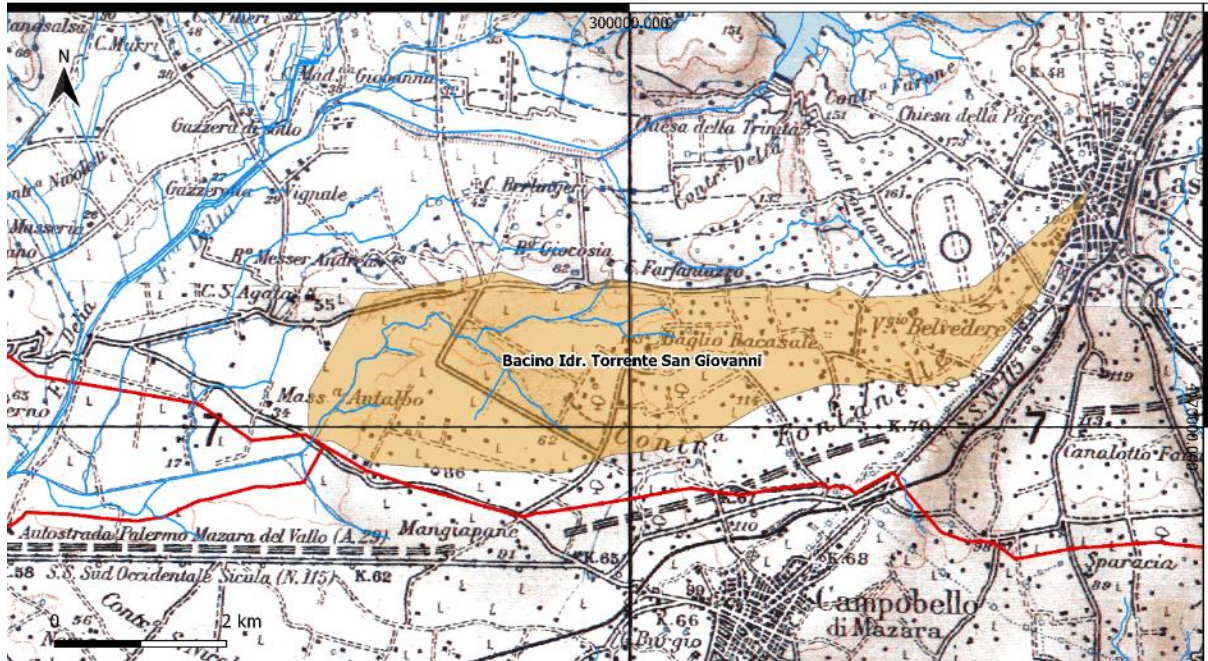


Figura 91 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente San Giovanni (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 13,61 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 9,32 km circa.

5.3.8.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4695$ e $\beta=0.4889$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=27,51$ e $n=0,2266$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 114 - Coefficienti di crescita K_T – San Giovanni

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.286
T100	1.427
T200	1.569
T300	1.651

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 115 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – San Giovanni

T	h60,T	
50	40.066	mm
100	44.467	mm
200	48.869	mm
300	51.443	mm

5.3.8.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 9,32 km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 103 minuti.

5.3.8.3. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Poiché in questo caso, il tempo critico è superiore all'ora, si utilizza come intensità di pioggia, la pioggia oraria.

Tabella 116 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – San Giovanni

T	It;T	
50	40.066	mm/h
100	44.467	mm/h
200	48.869	mm/h
300	51.443	mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,5.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{i,T}$).

Tabella 117 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – San Giovanni

Tempo di Ritorno	Q(T)	
50	75.737	m3/s
100	84.057	m3/s
200	92.377	m3/s
300	97.244	m3/s

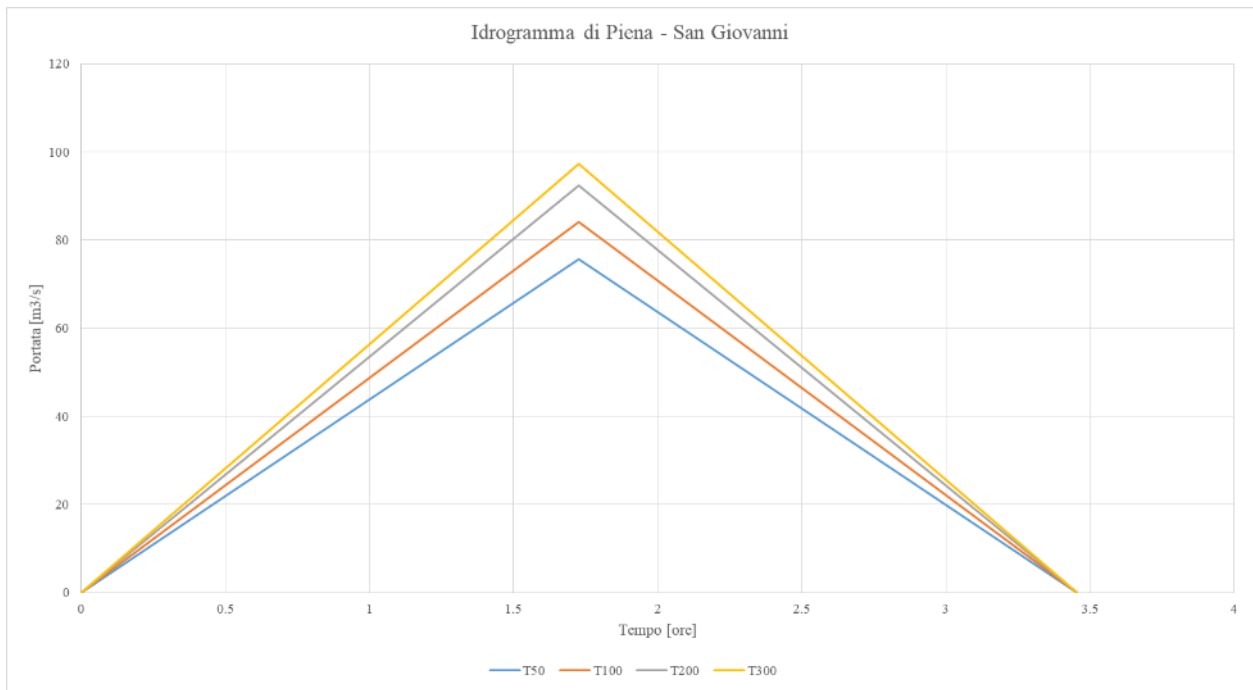


Figura 92 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente San Giovanni per i quattro tempi di ritorno

5.3.9. Attraversamento del torrente San Giovanni (Contr. Del Piano)

In Figura 93, è riportato il bacino idrografico del torrente San Giovanni (Contr. del Piano).

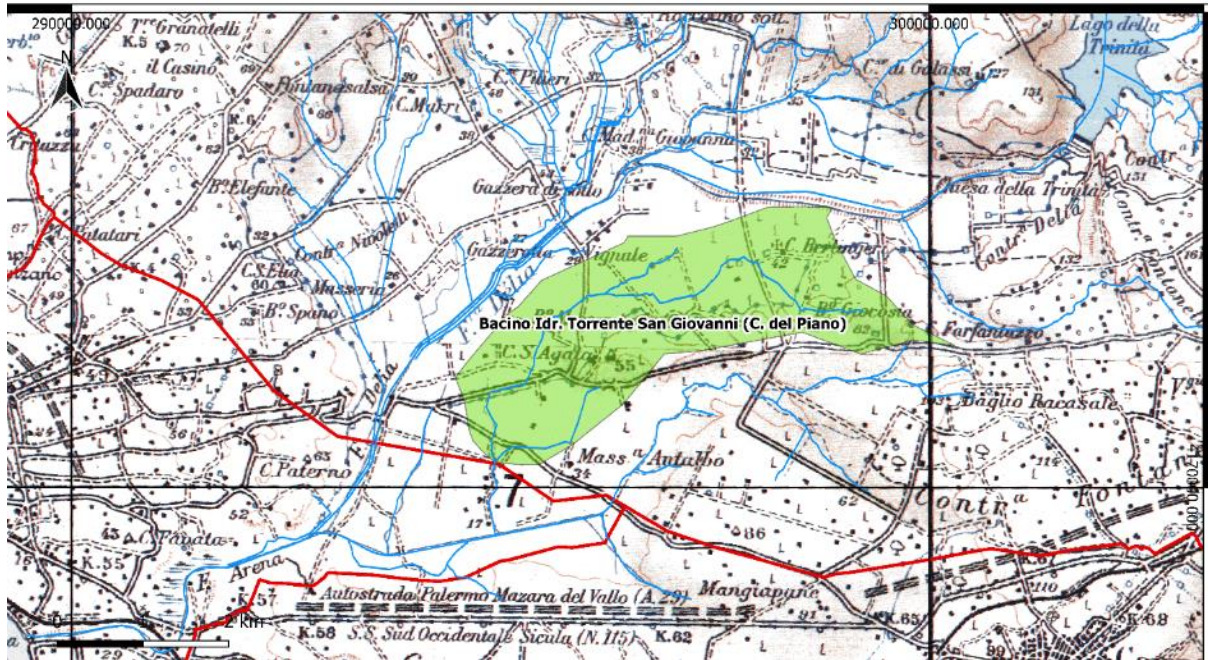


Figura 93 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente San Giovanni (Contr. Del Piano) (Cartografia IGM 100.000)

Il corso d'acqua è un fosso minore, affluente del torrente San Giovanni.

Il bacino individuato si estende per 8,41 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 6,03 km circa.

5.3.9.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0,4695$ e $\beta=0,4889$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,08$ e $n=0,2245$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 118 - Coefficienti di crescita K_T – San Giovanni (Contr del Piano)

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.286
T100	1.427
T200	1.569
T300	1.651

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 119 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – San Giovanni (Contr del Piano)

T	h_{60,T}	
50	36.126	mm
100	40.095	mm
200	44.064	mm
300	46.385	mm

5.3.9.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo $L= 6,03$ km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 67 minuti.

5.3.9.3. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Poiché in questo caso, il tempo critico è superiore all'ora, si utilizza come intensità di pioggia, la pioggia oraria.

Tabella 120 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Contr del Piano)

T	It;T	
50	33.737	mm/h
100	37.443	mm/h
200	41.149	mm/h
300	43.317	mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate $(t_c, Q_{i,T})$.

Tabella 121 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Contr del Piano)

Tempo di Ritorno	Q(T)	
50	59.132	m ³ /s
100	65.627	m ³ /s
200	72.123	m ³ /s
300	75.923	m ³ /s

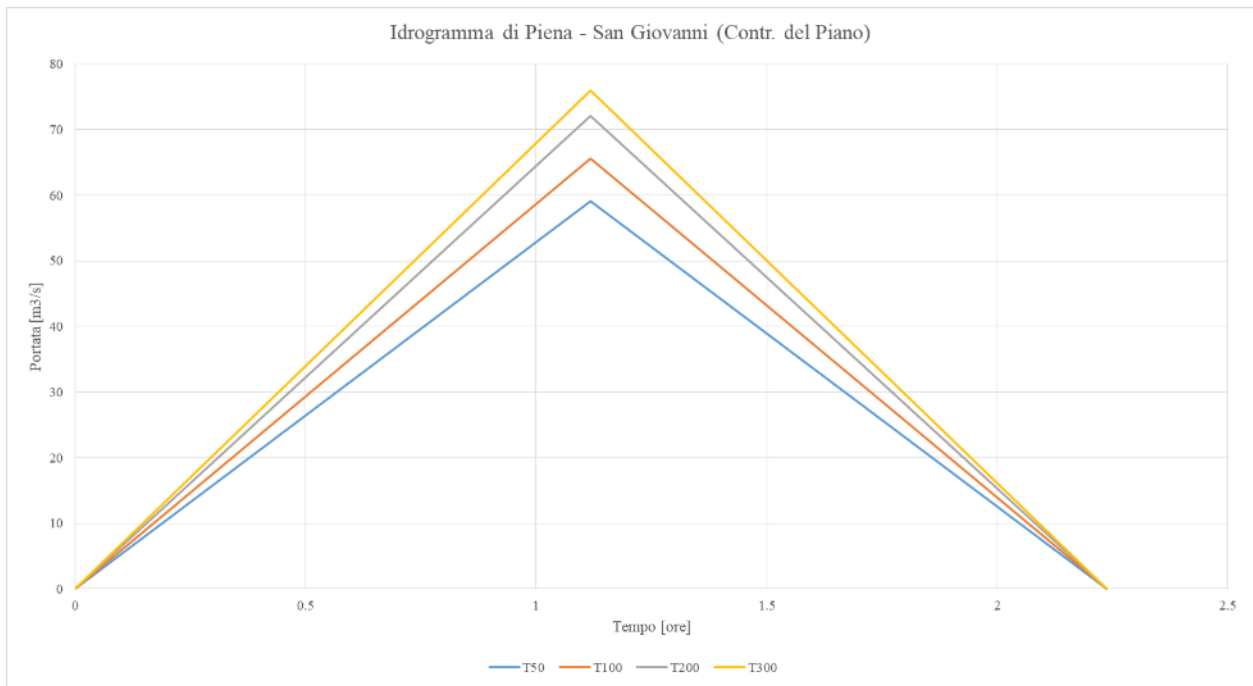


Figura 94 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente San Giovanni (Contr del Piano) per i quattro tempi di ritorno

5.3.10. Attraversamento del torrente San Giovanni (Delia)

In Figura 95, è riportato il bacino idrografico del torrente San Giovanni (Delia).

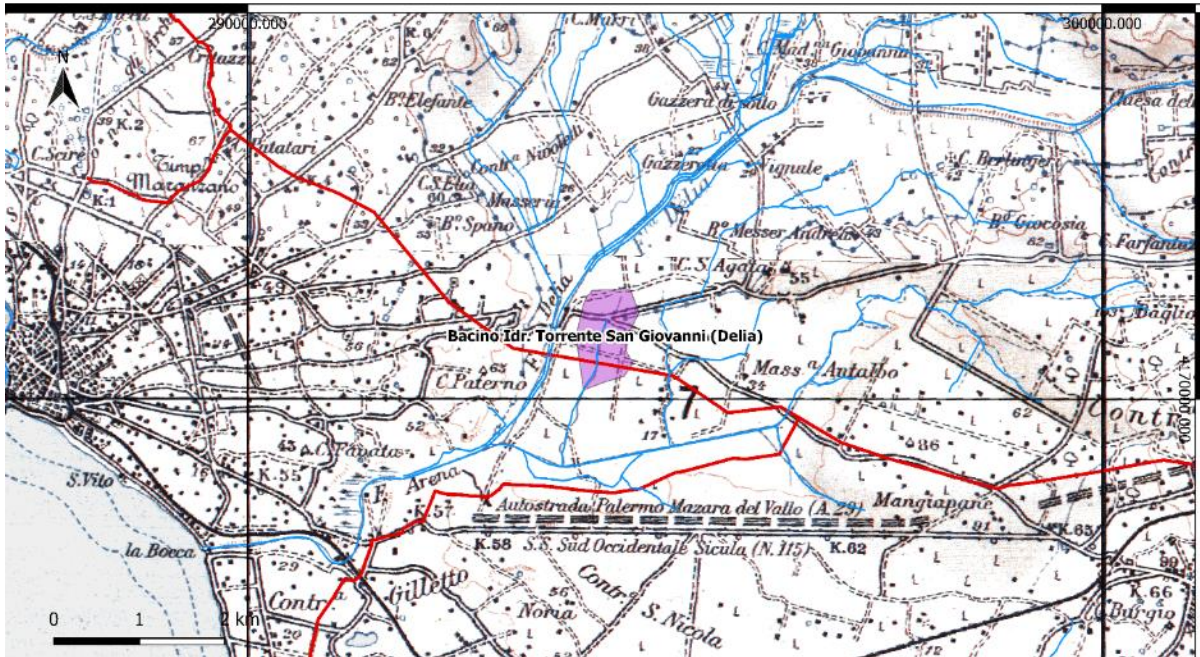


Figura 95 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente San Giovanni (Delia) (Cartografia IGM 100.000)

Il corso d'acqua è un fosso minore, affluente del torrente San Giovanni, che scorre a circa 300 metri, parallelamente al Fiume Delia.

Il bacino individuato si estende per 0,63 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 0,94 km circa.

5.3.10.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4965$ e $\beta=0.4889$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,08$ e $n=0,2245$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 122 - Coefficienti di crescita K_T – San Giovanni (Delia)

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.286
T100	1.427
T200	1.569
T300	1.651

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 123 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – San Giovanni (Delia)

T	h60,T	
50	36.126	mm
100	40.095	mm
200	44.064	mm
300	46.385	mm

5.3.10.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 0,94 km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 10,49 minuti.

5.3.10.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 124 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – San Giovanni (Delia)

T	ht,T	
50	18.428	mm
100	20.452	mm
200	22.477	mm
300	23.661	mm

5.3.10.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 125 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Delia)

T	It;T
50	105.401 mm/h
100	116.980 mm/h
200	128.558 mm/h
300	135.331 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,75.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c, Q_{t,T}).

Tabella 126 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Delia)

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	13.994 m3/s
100	15.532 m3/s
200	17.069 m3/s
300	17.969 m3/s

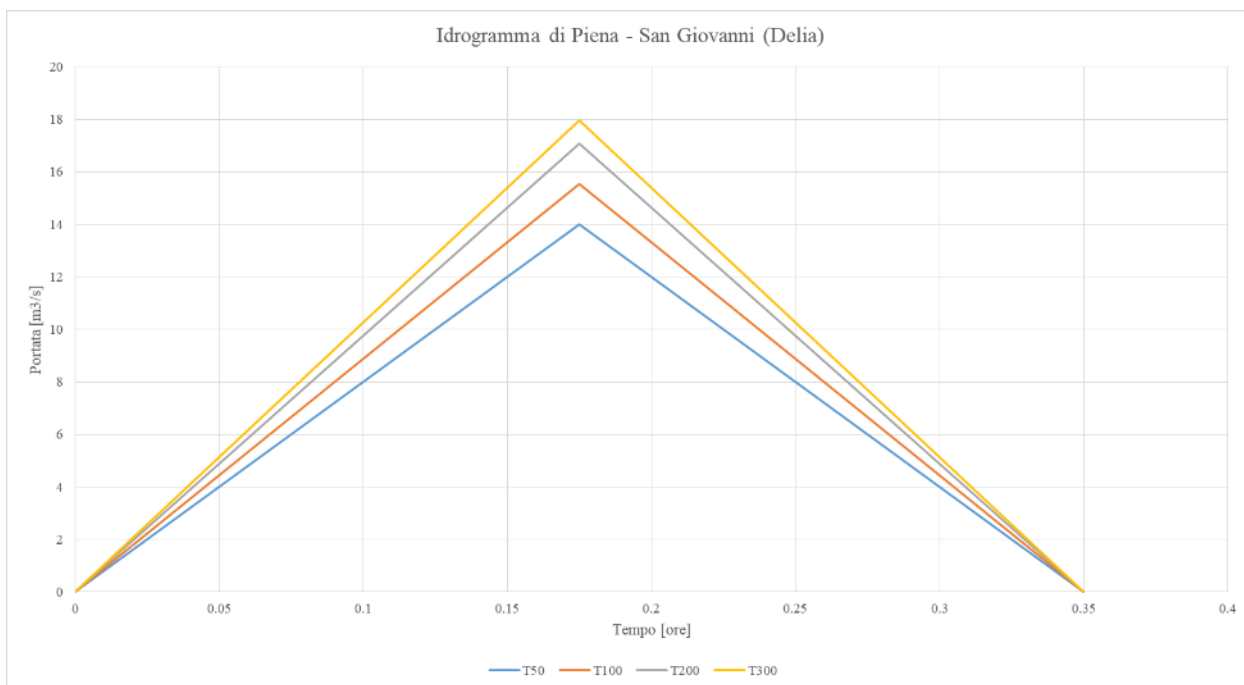


Figura 96 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente San Giovanni (Delia) per i quattro tempi di ritorno

5.3.11. Attraversamento del torrente San Giovanni (Contr. Celso)

In Figura 97, è riportato il bacino idrografico del torrente San Giovanni (Contr. Celso).

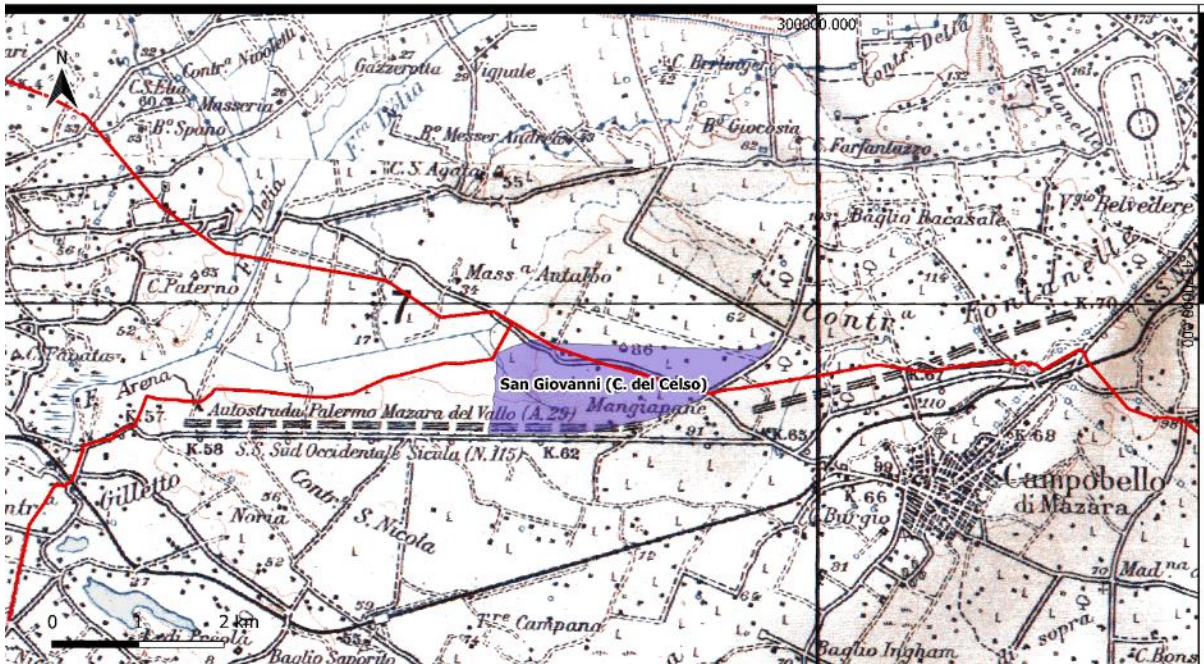


Figura 97 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente San Giovanni (Contr. Celso) (Cartografia IGM 100.000)

Il corso d'acqua è un fosso minore, affluente del torrente San Giovanni.

Il bacino individuato si estende per 2,51 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 1,5 km circa.

5.3.11.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4965$ e $\beta=0.4889$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,08$ e $n=0,2245$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 127 - Coefficienti di crescita K_T – San Giovanni (Contr. Celso)

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.286
T100	1.427
T200	1.569
T300	1.651

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 128 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – San Giovanni (Contr. Celso)

T	h_{60,T}	
50	36.126	mm
100	40.095	mm
200	44.064	mm
300	46.385	mm

5.3.11.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo $L= 1,5$ km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 16 minuti.

5.3.11.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60} \right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 129 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – San Giovanni (Contr. Celso)

T	ht,T	
50	22.034	mm
100	24.454	mm
200	26.875	mm
300	28.291	mm

5.3.11.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 130 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Contr. Celso)

T	It;T
50	79.322 mm/h
100	88.036 mm/h
200	96.750 mm/h
300	101.848 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,6.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c , $Q_{t,T}$).

Tabella 131 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Contr. Celso)

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	33.183 m3/s
100	36.828 m3/s
200	40.474 m3/s
300	42.606 m3/s

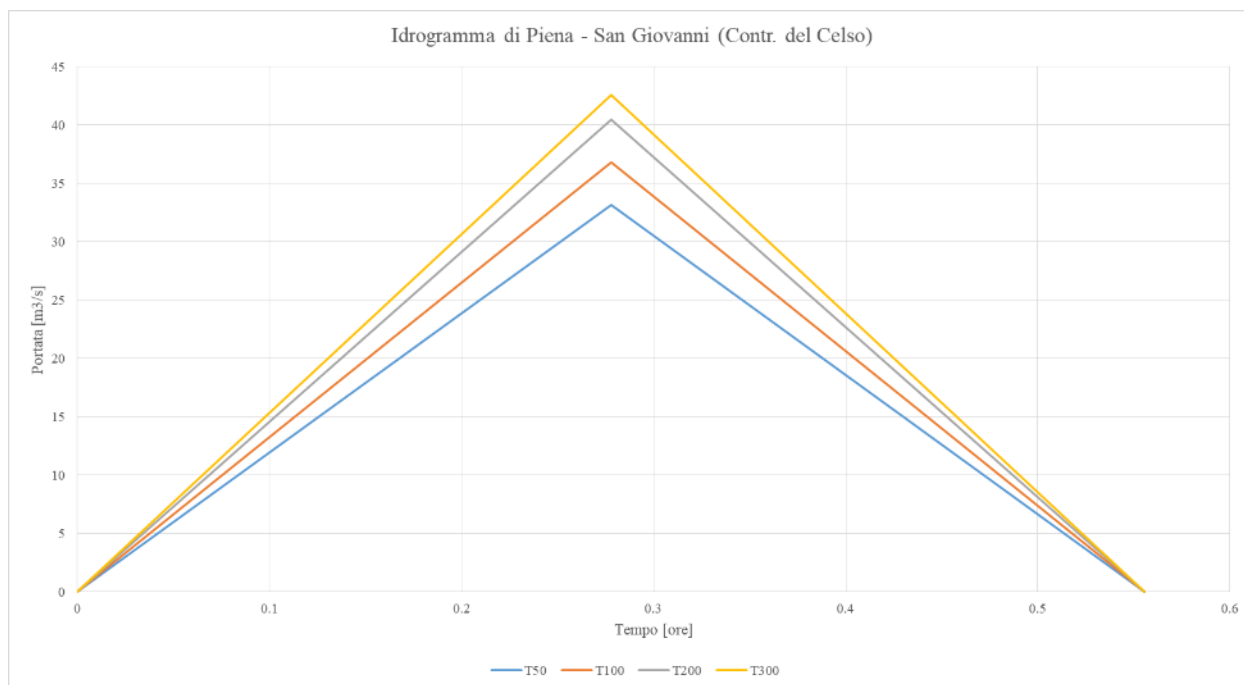


Figura 98 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente San Giovanni (Contr. Celso) per i quattro tempi di ritorno

5.3.12. Attraversamento del torrente San Giovanni (Mass.a Saporito)

In Figura 99, è riportato il bacino idrografico del torrente San Giovanni (Mass.a Saporito).

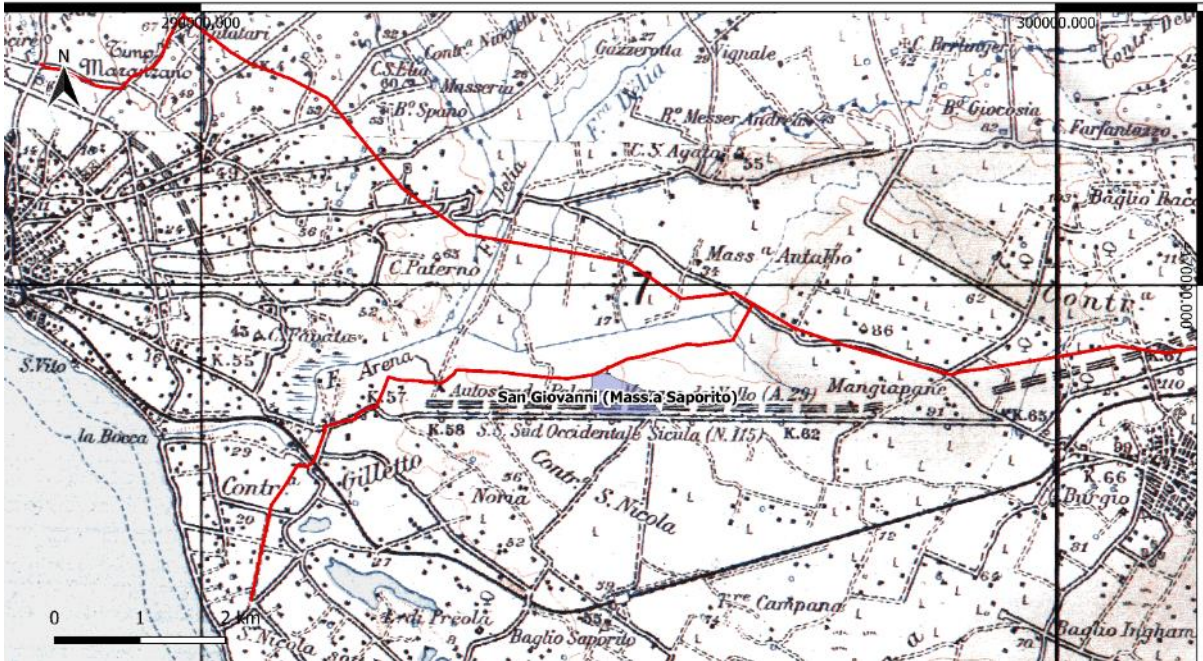


Figura 99 - Rete fluviale e bacino idrografico del torrente San Giovanni (Mass.a Saporito) (Cartografia IGM 100.000)

Il corso d'acqua è un fosso minore, affluente del torrente San Giovanni.

Il bacino individuato si estende per 0,27 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 0,6 km circa.

5.3.12.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0.4965$ e $\beta=0.4889$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,08$ e $n=0,2245$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 132 - Coefficienti di crescita K_T – San Giovanni (Mass.a Saporito)

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.286
T100	1.427
T200	1.569
T300	1.651

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 133 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – San Giovanni (Mass.a Saporito)

T	h_{60,T}	
50	36.126	mm
100	40.095	mm
200	44.064	mm
300	46.385	mm

5.3.12.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo $L= 0,6$ km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 6 minuti.

5.3.12.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60} \right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 134 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – San Giovanni (Mass.a Saporito)

T	ht,T	
50	15.470	mm
100	17.169	mm
200	18.868	mm
300	19.863	mm

5.3.12.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 135 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Mass.a Saporito)

T	It;T
50	139.230 mm/h
100	154.525 mm/h
200	169.820 mm/h
300	178.767 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Consultando le carte dell'uso del suolo il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,7.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c, Q_{t,T}).

Tabella 136 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno – San Giovanni (Mass.a Saporito)

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	17.254 m3/s
100	19.149 m3/s
200	21.045 m3/s
300	22.153 m3/s

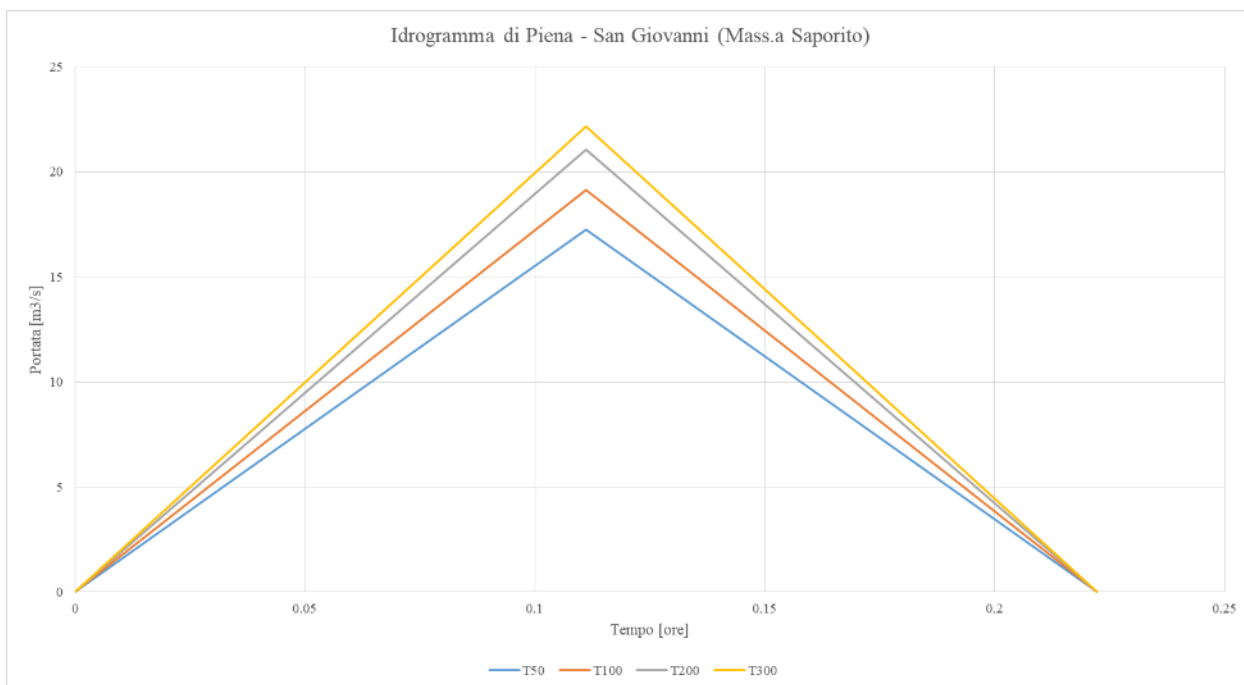


Figura 100 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del torrente San Giovanni (Mass.a Saporito) per i quattro tempi di ritorno

5.3.13. Attraversamento del fosso in Contrada Dimina

In Figura 101, è riportato il bacino idrografico del fosso in Contrada Dimina.

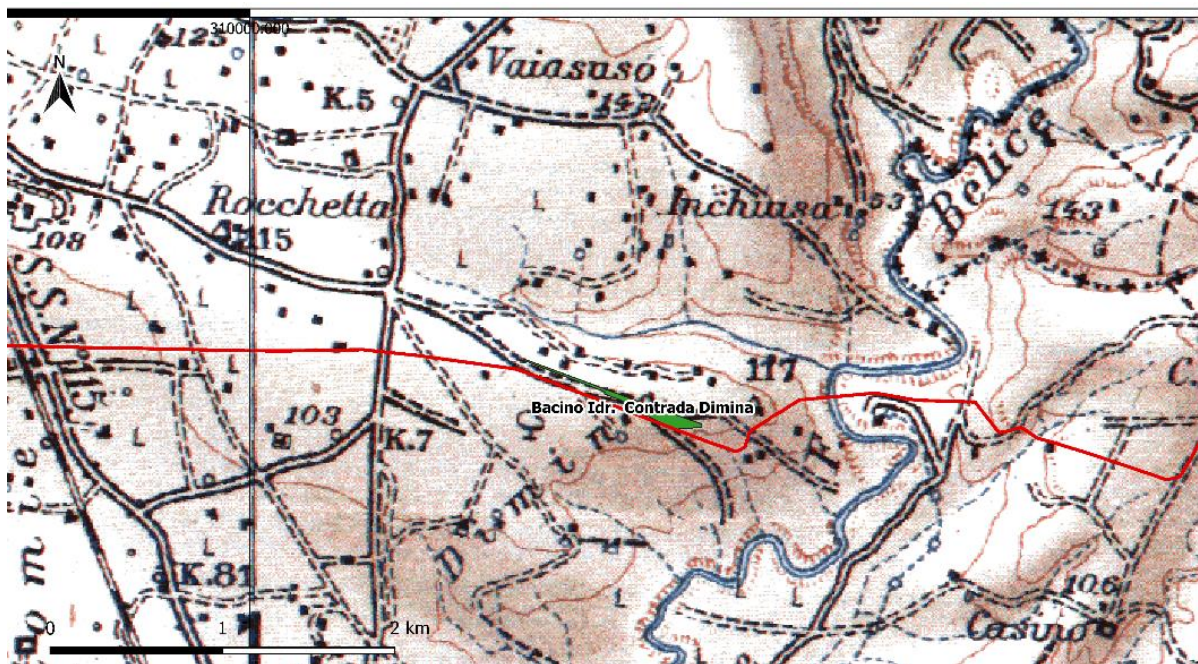


Figura 101 - Rete fluviale e bacino idrografico del fosso in Contrada Dimina (Cartografia IGM 100.000)

Il bacino individuato si estende per 0,3 km², mentre l'asta fluviale principale sottesa al bacino ha una lunghezza di 0,9 km circa.

5.3.13.1. Stima delle precipitazioni di massima intensità e breve durata (1 – 24 h)

La legge di distribuzione di probabilità delle piogge intense è stata ottenuta mediante un approccio che ha elaborato i dati a scala regionale, secondo la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value).

Ricadendo nella sottozona Z0-Z1, i valori di α e β valgono: $\alpha=0,4485$ e $\beta=0,5117$.

I valori di a e di n estratti dalle mappe valgono: $a=28,08$ e $n=0,2389$.

I tempi di ritorno per i quali effettuare lo studio sono 50, 100, 200 e 300 anni.

Fissati i tempi di ritorno, vengono calcolati i fattori di crescita:

Tabella 137 - Coefficienti di crescita K_T – Contrada Dimina

Calcolo dei coefficienti di crescita K_T	
T50	1.273
T100	1.408
T200	1.543
T300	1.622

La pioggia oraria, per una pioggia di durata $d=1$ ora e tempo di ritorno T , nelle quattro condizioni è:

Tabella 138 - Pioggia oraria per i quattro tempi di ritorno – Contrada Dimina

T	h60,T	
50	35.765	mm
100	39.556	mm
200	43.347	mm
300	45.565	mm

5.3.13.2. Il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione, viste dimensioni modeste del bacino e dell'asta fluviale, è stato ottenuto tramite il criterio della velocità.

$$\tau_c = L/v$$

Essendo L= 1,5 km, il tempo di corrivazione stimato è stato di 10 minuti.

5.3.13.3. Calcolo Intensità di pioggia

Il calcolo dell'intensità di pioggia, viene effettuato a partire dal tempo di corrivazione e dall'altezza di pioggia oraria.

Viste le dimensioni dell'area di studio, molto contenute, il tempo critico ottenuto, coincidente al tempo di corrivazione, è inferiore all'ora. È necessario quindi l'uso di relazioni che consentono di calcolare le altezze di pioggia per durate inferiori all'ora.

Per il territorio siciliano è stata messa a punto una relazione dai Professori Ferro e Ferreri (dell'Università degli Studi di Palermo), che consente di calcolare le piogge di durata inferiore all'ora, a partire dall'altezza di pioggia oraria:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Il rapporto fra l'altezza di pioggia così calcolata ed il tempo critico, fornisce l'altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica.

Tabella 139 - Altezza di pioggia per dato tempo di ritorno e durata critica – Contrada Dimina

T	ht,T	
50	17.909	mm
100	19.808	mm
200	21.706	mm
300	22.817	mm

5.3.13.4. La formula razionale e l'idrogramma di piena

Dividendo l'altezza di pioggia per la durata dell'evento critico, si ottiene l'intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno.

Tabella 140 - Intensità di pioggia critica per dato tempo di ritorno – Contrada Dimina

T	It;T
50	107.459 mm/h
100	118.850 mm/h
200	130.241 mm/h
300	136.904 mm/h

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno mediante la relazione:

$$Q_T = \frac{C i_T A}{3,6}$$

Poiché la maggior parte del deflusso che arriva alla sezione di chiusura è generato dallo scolo delle acque sulla piattaforma stradale della SS115, il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0,85.

Il colmo dell'idrogramma di piena di forma triangolare ha coordinate (t_c, Q_{i,T}).

Tabella 141 - Portate al colmo per dato tempo di ritorno –Contrada Dimina

Tempo di Ritorno	Q(T)
50	0.931 m3/s
100	1.030 m3/s
200	1.129 m3/s
300	1.186 m3/s

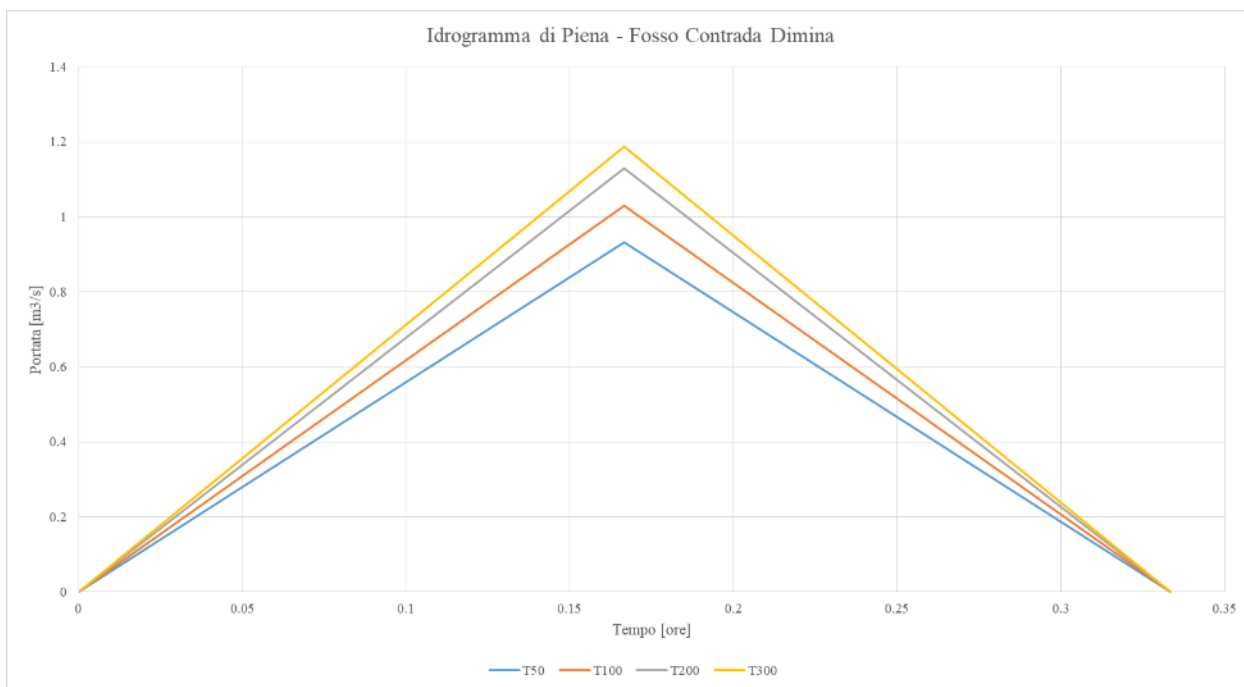


Figura 102 - Idrogramma di piena nella sezione di attraversamento del fosso in Contrada Dimina per i quattro tempi di ritorno

6. VERIFICHE IDRAULICHE DEI CORSI D'ACQUA

Le simulazioni idrauliche condotte, hanno lo scopo di studiare la diffusione del volume di piena che giunge nella sezione idraulica interessata dall'attraversamento dell'acquedotto.

La ricostruzione matematica del moto a superficie libera dell'acqua ha costituito negli anni un ambito di ricerca di particolare interesse per la descrizione di molti fenomeni naturali, quali maree, onde anomale, onde di piena o l'idrodinamica di complesse reti di canali. Per tale motivo esistono numerosi modelli in grado di fornire risultati molto attendibili.

Nel seguito è proposta una breve trattazione dei modelli e metodi utilizzati per le verifiche dei corsi d'acqua, necessarie al dimensionamento delle opere di attraversamento fluviale.

6.1. Approcci teorici dei modelli

6.1.1. *Le equazioni di Saint-Venant*

Le equazioni che descrivono la dinamica del mezzo fluido sono quelle di Navier Stokes, tuttavia, in molti casi queste risultano troppo onerose dal punto di vista computazionale per essere risolte nella pratica. Tale problema, nel corso degli anni, ha stimolato la ricerca e l'adozione di modelli semplificati. Uno di questi, largamente impiegato, è rappresentato dalle equazioni di De Saint-Venant (Saint-Venant, 1871), anche note come equazioni delle acque basse SW (Shallow Water).

È possibile scegliere due diverse vie per lo studio della diffusione del volume di piena. Le equazioni possono essere semplificate o derivate in diverse declinazioni, in modelli monodimensionali e bidimensionali.

Queste diverse declinazioni, hanno differenti vantaggi dal punto di vista computazionale.

Il modello monodimensionale studia singole sezioni, ed è molto preciso nella restituzione del valore del tirante idrico, se la sezione è rilevata con precisione.

Il modello bidimensionale fornisce indicazioni riguardanti gli allagamenti diffusi, non necessitando tra l'altro di avere un rilievo del terreno estremamente dettagliato.

Di seguito è riportata la descrizione dei due modelli.

6.1.2. *Il modello monodimensionale*

La derivazione delle equazioni delle acque basse può essere effettuata applicando il principio di conservazione della quantità di moto, con le seguenti ipotesi:

- il fluido è incomprimibile e non viscoso (sforzi interni tangenziali nulli);
- le sezioni trasversali sono normali alla direzione del flusso;
- le velocità e le accelerazioni verticali sono trascurabili nonché la curvatura della corrente;
- la distribuzione delle pressioni è di tipo idrostatico;
- la resistenza al moto fornita dalle pareti dell'alveo segue la stessa legge del moto uniforme;
- la pendenza del fondo è piccola.

Considerando un tronco di corrente di lunghezza infinitesima come volume di controllo (Figura 103), può ricavarsi l'equazione differenziale di conservazione del momento nelle due variabili, area bagnata σ e portata Q .

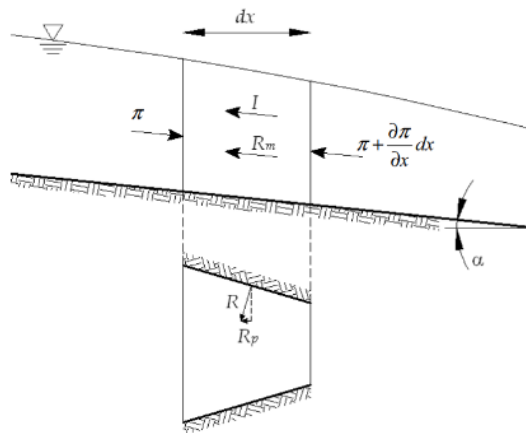


Figura 103 - Volume di controllo e notazioni

Proiettando i vettori lungo la direzione x è possibile ottenere l'equazione scalare di bilancio:

$$\pi - \rho \int \int \frac{du}{dt} d\sigma d\xi - \pi - \frac{\partial \pi}{\partial x} dx - \gamma \int \int \left(J + \frac{dz}{dx} \right) d\sigma d\xi - R_p = 0$$

Equazione 6.1

dove il termine π è la spinta idrostatica sulla sezione iniziale, il secondo rappresenta la componente, nella direzione del moto della forza d'inerzia (indicata con il simbolo I in Figura 103), il terzo ed il quarto termine rappresentano la spinta idrostatica sulla sezione finale, il quinto termine rappresenta la somma delle componenti lungo x delle forze di resistenza e della forza peso agenti sul volume di controllo (indicata con il simbolo R_m in Figura 103) ed R_p è la componente nella direzione del moto della risultante delle componenti normali degli sforzi alla parete nel tratto dx .

Scomponendo l'accelerazione totale nelle sue componenti locale e convettiva e ponendo uguale a zero la divergenza del vettore v , il secondo termine diventa:

$$\rho \int \int \frac{du}{dt} d\sigma d\xi = \rho \int \int \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} \right) d\sigma d\xi$$

Equazione 6.2

I primi due addendi nella parentesi a secondo membro danno luogo, integrati, all'inerzia locale ed al flusso di quantità di moto nella direzione x . Gli altri due addendi possono essere integrati applicando il lemma di Green:

$$\rho \int \int \left(\frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} \right) d\sigma d\xi = -\rho \int \int_P (uv \cos ny + uw \cos nz) dL d\xi$$

Equazione 6.3

dove P è il perimetro della sezione.

Trascurando la variazione di u lungo la sezione e lungo la distanza dx, il secondo membro è pari al prodotto $t \int V dx \partial \partial \sigma$, dove V è il valore medio di u lungo σ . Risulta quindi:

$$\rho \int_{dx} \int_{\sigma} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} \right) d\sigma d\xi = \rho dx \left(\sigma \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial \sigma}{\partial t} \right) = \rho dx \frac{\partial Q}{\partial t}$$

Equazione 6.4

il primo membro è quindi pari a:

$$\rho \int_{dx} \int_{\sigma} \frac{du}{dt} d\sigma d\xi = \rho dx \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{\sigma} \right) + \rho dx \frac{\partial Q}{\partial t}$$

Equazione 6.5

Nell'ipotesi di corrente lineare il secondo integrale della *Equazione 6.1* diventa:

$$\int_{dx} \int_{\sigma} \left(J + \frac{\partial z}{\partial x} \right) d\sigma d\xi = (J - i) \sigma dx$$

Equazione 6.6

con i la pendenza dell'alveo. La derivata della spinta idrostatica può essere calcolata assumendo che la sezione σ sia, per fissato tempo t, funzione di x e di h(x). Differenziando si ottiene:

$$\frac{\partial \pi}{\partial x} = \gamma \left(\frac{\partial S_t}{\partial x} \right)_{h=\cos t} + \gamma \left(\frac{\partial S_t}{\partial h} \right)_{x=\cos t} \frac{\partial h}{\partial x}$$

Equazione 6.7

Dove S_t rappresenta il momento statico rispetto alla retta di sponda della sezione. Il primo termine a secondo membro della *Equazione 6.7* rappresenta l'incremento, per unità di lunghezza, della spinta idrostatica sulla sezione per fissato tirante idrico ed è nullo nel caso di alveo prismatico. Si osservi che il termine R_p nella *Equazione 6.1* può considerarsi anche come la spinta idrostatica sulla proiezione della superficie dell'alveo, per unità di lunghezza, su un piano verticale normale alla corrente ed è esattamente opposta al primo termine a secondo membro della *Equazione 6.7*. I due termini quindi si elidono. La prima derivata nel secondo addendo si può calcolare scomponendo il momento statico corrispondente all'altezza idrica $h + dh$ nella forma

$$\int_0^{h+dh} \eta L(\eta) d\eta = \int_0^h \eta L(\eta) d\eta + \int_{dh}^{h+dh} \eta L(\eta) d\eta$$

Equazione 6.8

Dove η è l'affondamento rispetto alla retta di sponda ed $L(\eta)$ è la larghezza corrispondente dell'alveo.

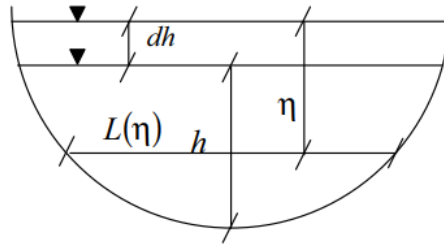


Figura 104- Schema di calcolo del momento statico della sezione

Il secondo addendo del secondo membro è pari al prodotto dell'area della sezione di altezza idrica h per l'affondamento η $G + dh$ del baricentro della stessa rispetto alla retta di sponda dell'area di altezza $h+dh$. Il limite del rapporto incrementale può scriversi quindi nella forma:

$$\left(\frac{\partial S_t}{\partial h}\right)_{x=\cos t} = \lim_{dh \rightarrow 0} \frac{\sigma(\eta_G + dh) - \sigma \eta_G}{dh} = \sigma$$

Equazione 6.9

Dove il primo addendo al secondo membro della *Equazione 6.8* è stato trascurato essendo un infinitesimo di ordine superiore. Dividendo la *Equazione 6.1* per dx e per ρ ed operando le suddette sostituzioni si perviene quindi alla relazione finale:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{\sigma} \right) + g\sigma \frac{\partial h}{\partial x} + g\sigma(J-i) = 0$$

Equazione 6.10

Se nel medesimo volume di controllo e nello stesso intervallo infinitesimo imponiamo che la differenza tra la massa entrante e la massa uscente deve essere uguale alla variazione di volume, è possibile esprimere l'equazione di continuità nella forma:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Equazione 6.11

Il sistema delle equazioni *Equazione 6.10* e *Equazione 6.11* costituisce la forma delle equazioni del De Saint Venant che più facilmente si presta ad una soluzione numerica. Qualora il secondo membro delle equazioni risultasse diverso da zero, esso costituisce il termine sorgente, preservandosi comunque la forma conservativa del sistema.

6.1.3. Il modello bidimensionale

Tralasciando la sola ipotesi di corrente monodimensionale, è possibile espandere le equazioni ricavate nel paragrafo precedente al caso bidimensionale. In questo caso le variabili indipendenti risultano il tempo t e le direzioni x e y sul piano cartesiano; pertanto, le incognite del problema saranno l'altezza idrica h , e le

componenti p e q delle portate specifiche (cioè per unità di larghezza), nelle direzioni x e y . Seguendo un approccio analogo a quello utilizzato per il caso monodimensionale ed imponendo la conservazione della quantità di moto anche nella direzione y , le equazioni del Saint Venant possono essere scritte nella forma:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) = gh(i_x - J_x)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right) = gh(i_y - J_y)$$

Equazione 6.12

dove h è il tirante idrico, q e p sono le componenti delle portate specifiche nelle direzioni cartesiane x e y sul piano orizzontale, g è l'accelerazione di gravità, J_x e J_y sono le componenti della resistenza lungo x e y .

Analogamente, imponendo la conservazione della massa ed introducendo i flussi anche nella direzione cartesiana y , si ottiene l'equazione di continuità:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = Q$$

Equazione 6.13

dove Q è il termine sorgente.

6.1.4. Condizioni iniziali ed al contorno

Il sistema delle equazioni delle acque basse, ricavato nei paragrafi precedenti per il caso monodimensionale e bidimensionale, è composto da equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE). Per rendere univoca la soluzione di un problema descritto da queste equazioni, devono essere associate ad esse opportune condizioni algebriche, costituite dai valori iniziali delle funzioni incognite su tutto il dominio di calcolo e dai valori delle stesse funzioni sul contorno del dominio durante l'intero periodo di simulazione. La tipologia di condizioni al contorno può essere di tre tipi:

- condizione di Dirichlet: si assegna il valore della soluzione che la funzione deve assumere lungo il contorno del dominio di evoluzione (Q);
- condizione di Neumann: si specifica il valore della derivata della soluzione della funzione, perpendicolare ad ogni punto del contorno (piezometrica h e portate q e p);
- condizione mista: si specifica una combinazione delle condizioni precedenti.

6.1.5. Risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant

La differente configurazione delle equazioni di continuità e di conservazione della quantità di moto conduce a diversi modelli matematici, come: modello dinamico, modello a zero inerzia convettiva, modello diffusivo e modello cinematico. Ognuno corrisponde ad una diversa forma dell'equazione del momento.

In effetti, è ben noto che nella propagazione di onde di piena generate da eventi naturali, le accelerazioni locali e convettive sono trascurabili rispetto agli altri termini. Ovvero, le variazioni di energia cinetica, nel tempo e nello spazio, sono piccole rispetto alle variazioni di energia potenziale, derivanti dalla variazione della quota del pelo libero e dalle perdite per attrito al fondo. Per cui, semplificando le equazioni in forma parabolica, prendono il nome di modello dell'onda diffusiva. Se nella forma parabolica delle equazioni viene trascurato anche il gradiente dell'altezza idrica, si giunge ad una nuova forma semplificata delle equazioni Shallow Water, conosciuta come modello dell'onda cinematica. La struttura del modello cinematico impone un grosso limite teorico, poiché non permette di ricostruire l'effetto di laminazione di un'onda di piena e gli effetti di propagazione verso monte di perturbazioni della corrente di valle. Invece, la presenza di un termine diffusivo nel modello parabolico permette di ricostruire la riduzione del colmo di piena (effetto di laminazione) e l'effetto di rigurgito dovuto a perturbazioni della corrente di valle. Pertanto, nel caso di onde di piena naturali, nonostante la presenza nel modello del termine non lineare e, in molti solutori numerici la presenza di instabilità nel caso di forti pendenze o alvei inizialmente asciutti, il modello diffusivo risulterà computazionalmente più adatto per la ricostruzione del fenomeno fisico naturale. Però va detto che, un aspetto condizionante nella scelta del modello è il livello di dettaglio dei dati disponibili. Tali dati sono principalmente la topografia, le proprietà idrauliche dell'alveo e delle aree alluvionali e la forma degli idrogrammi in ingresso. La soluzione ottenuta dalle equazioni SW in forma completa è molto sensibile ad errori nei dati topografici, contrariamente a quanto avviene nei modelli semplificati.

6.1.6. *Vantaggi della modellazione diffusiva rispetto alla modellazione completa*

Per le simulazioni del progetto si è scelto di utilizzare il modello diffusivo per le seguenti motivazioni:

- tempi rapidi rispetto alla modellazione completa;
- condizioni al contorno semplici da assegnare (altezza piezometrica o portate);
- indipendenza della soluzione, in termini di altezza idrica, nei confronti dell'errore topografico presente nei dati di input.

6.2. Il software HEC-RAS

HEC-RAS è un software in grado di modellare la diffusione dei volumi idrici all'interno di alvei naturali e altri canali artificiali. Il programma è stato sviluppato dall'U.S. Army corps of Engineer o *USACE* (Corpo degli ingegneri dell'esercito Americano). Tale modello è di uso gratuito senza contratto di licenza.

Il software è in grado di eseguire una modellazione combinata in termini monodimensionali e bidimensionali, risolvendo le equazioni di De Saint Venant:

- in forma completa, applicabile a qualsiasi caso, ma risulta molto pesante computazionalmente;
- in forma dell'onda diffusiva, ovvero l'equazione parabolica in cui vengono trascurati i termini cinematici ed applicabile a quasi tutti i casi.

L'algoritmo di soluzione risulta essere quello ai volumi finiti, ovvero, preso il dominio, questo viene discretizzato in volumi. La creazione delle maglie risulta essere semplificata per il fatto che possono essere accettate sia maglie regolari che non regolari; quest'ultime sono fondamentali per studiare specifiche caratteristiche

morfologiche del bacino. Inoltre, per ogni cella, il modello è in grado di restituire una tabella in cui vengono inserite le relative caratteristiche idrauliche.

6.3. Materiali e Metodi per la risoluzione

Tutti i calcoli sono stati eseguiti utilizzando il metodo diffusivo con risoluzione attraverso il software HEC-RAS.

6.3.1. Generazione della mesh di calcolo del domino di studio

Una volta aperto HEC-RAS e definito un nuovo progetto, è stato caricato il DTM (modello digitale del terreno) corrispondente all'area di studio, estratto dal DTM a 2 m della Regione Siciliana e da modelli digitali del terreno, realizzati con rilievi topografici di dettaglio.

È stata tracciata l'area di studio con la funzione 2DFlow Area, racchiudendo al suo interno le zone in cui ci si aspetta la propagazione dell'onda.

È stata realizzata una mesh di calcolo di lati variabile. La dimensione della singola cella della mesh, è stata valutata in funzione dell'accuratezza necessaria richiesta dal risultato della simulazione. Così, per i torrenti minori i cui alvei sono formati da piccole incisioni nel terreno, il lato della mesh è stato scelto sufficientemente piccolo, in modo da mettere in risalto le particolarità del terreno; per i corsi d'acqua maggiori, il lato della cella della mesh è stato scelto più grande, al fine di garantire una celere simulazione, senza compromettere l'accuratezza del risultato.

In alcune aree, la mesh è stata infittita con celle di dimensioni molto piccole, come è possibile apprezzare in Figura 105, in un immagine di esempio estratta dalle simulazioni effettuate in corrispondenza dell'attraversamento del Fiume Sossio, per ottenere un maggiore dettaglio di informazioni in aree definite di maggiore attenzione. Ciò è stato fatto anche per simulazioni successive, passando da un "contesto" di analisi generale a "contesti di analisi di dettaglio, fino alla simulazione ultima presa a base del dimensionamento dell'opera.

Nella stessa figura, è possibile notare anche il tracciamento delle linee di "Boundary Conditions" *BC (condizioni al contorno)*, ovvero il luogo dei punti dove vengono assegnati al modello le condizioni al contorno sulla frontiera di calcolo.

Le BC sono denominate dal programma:

- *Upstream (flusso in ingresso)*, nel caso di condizioni al contorno fornite in ingresso;
- *Downstream (flusso in uscita)*, nel caso di condizioni al contorno fornite in uscita.

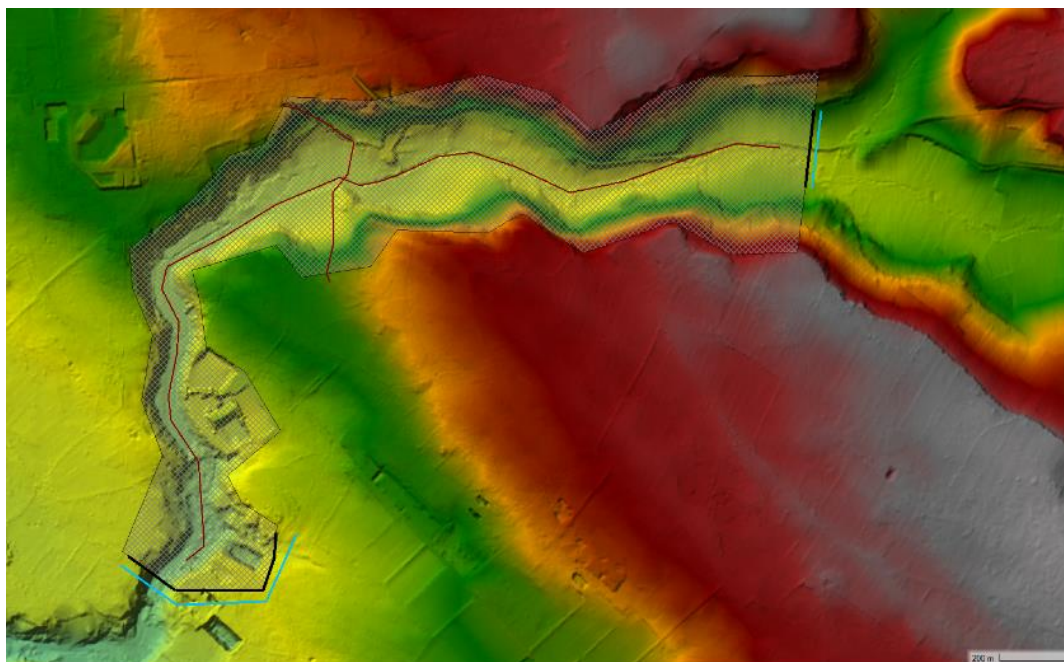


Figura 105 - Mesh di calcolo con particolare di linee Forzanti e condizioni al contorno BC (attraversamento del fiume Sossio)

6.3.2. Generazione del Dataset necessario alla simulazione in regime di moto vario

Nel dataset necessario per la simulazione in regime di moto vario sono state definite le condizioni al contorno nella sezione a monte e nella sezione a valle dell'area di studio, ammettendo che la condizione di valle fosse riferita all'esistenza di moto uniforme con pendenza dell'alveo pari a FS (valore del Friction Slope); a monte tali condizioni vengono fornite dall'esterno, ovvero a partire dai dati delle portate dell'idrogramma di piena per tutti e quattro i tempi di ritorno e considerando una pendenza della linea dei carichi totali di EG (valore dell'Energy Slope).

I valori assegnati di Energy Slope e Friction Slope, sono stati posti uguali alla pendenza dell'alveo nella sezione di monte e di valle. Questa approssimazione è consentita nell'ipotesi che l'area oggetto dello studio (quella del possibile attraversamento), sia sufficientemente distante dai bordi del dominio, in modo da minimizzare eventuali errori nelle zone di confine.

La scabrezza idraulica è stata determinata caso per caso mediante l'uso delle carte del suolo (consultata tramite servizio wms dal visualizzatore del geoportale della regione Siciliana), attraverso la fotointerpretazione delle immagini satellitari aggiornate e dopo indagini di campo che hanno permesso di ottenere informazioni precise e dettagliate.

Inserendo i dati dell'idrogramma si è scelta arbitrariamente una data ed un'ora di inizio dell'evento, nel giorno 1/09/2008 alle ore 8.00, con dei dati riferiti ad intervalli pari alla stessa discretizzazione dell'idrogramma di piena. Definite le caratteristiche temporali dell'evento di piena, si è proceduto con l'analisi della simulazione creando dei *Plan* (piani di simulazione) per i quattro differenti eventi studiati, T50, T100, T200 e T300, potendo visualizzare la mappa delle inondazioni e la rispettiva animazione grafica. Ciò ha permesso di valutare come si propagasse l'onda all'interno dell'area segnalata potendo verificare se questa rientra nella zona di interesse inizialmente tracciata.

6.4. Risultati delle Simulazioni

Di seguito sono riportati i risultati delle simulazioni idrauliche dei corsi d'acqua studiati per i quattro tempi di ritorno.

Per ogni tempo di ritorno, è presentata l'area di allagamento ottenuta e la sezione di attraversamento del corso d'acqua nella quale è misurabile il valore del tirante idrico.

Per visualizzare i risultati dell'analisi bidimensionale, le mappe di allagamento sono state esportate su GIS, in modo da sovrapporle a ortofoto satellitari.

6.4.1. Simulazioni Idrauliche torrente Cavarretto

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 142 - Dataset simulazione Cavarretto

Cella di calcolo	2x2 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m
Energy Slope	0,02495
Friction Slope	0.061107
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	6 h

6.4.1.1. Cavarretto T50

In Figura 106, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 106 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente Cavarretto

1.1.1.1. Cavarretto T100

In Figura 107, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

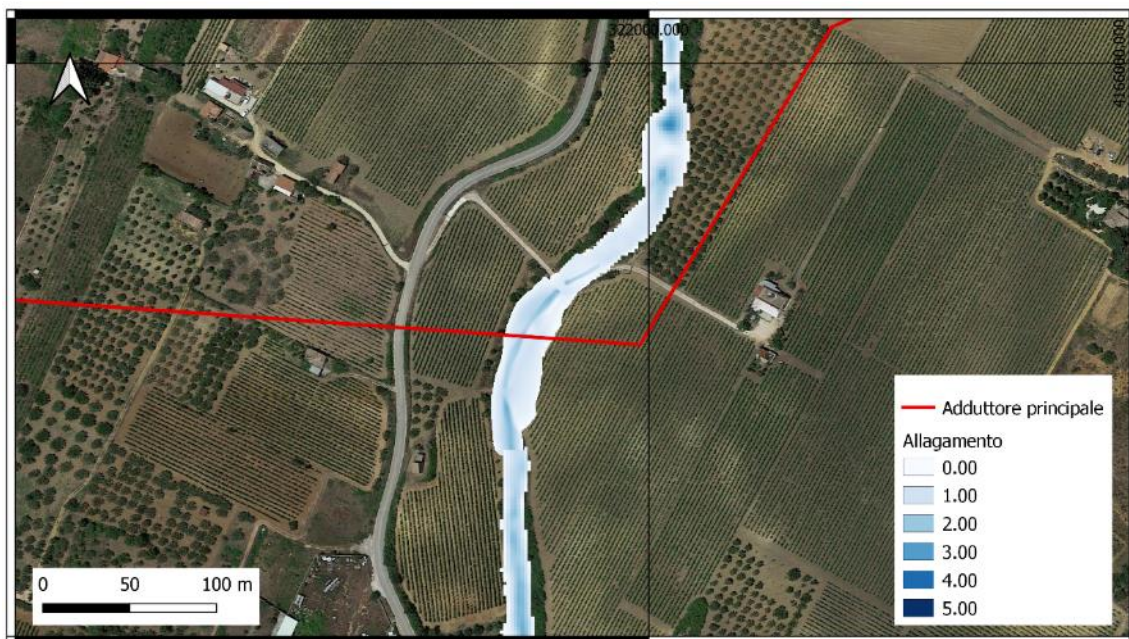


Figura 107 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente Cavarretto

1.1.1.1. Cavarretto T200

In Figura 108, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 108 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente Cavarretto

1.1.1.1. Cavarretto T300

In Figura 109, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 109 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente Cavarretto

Il grafico in Figura 110, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

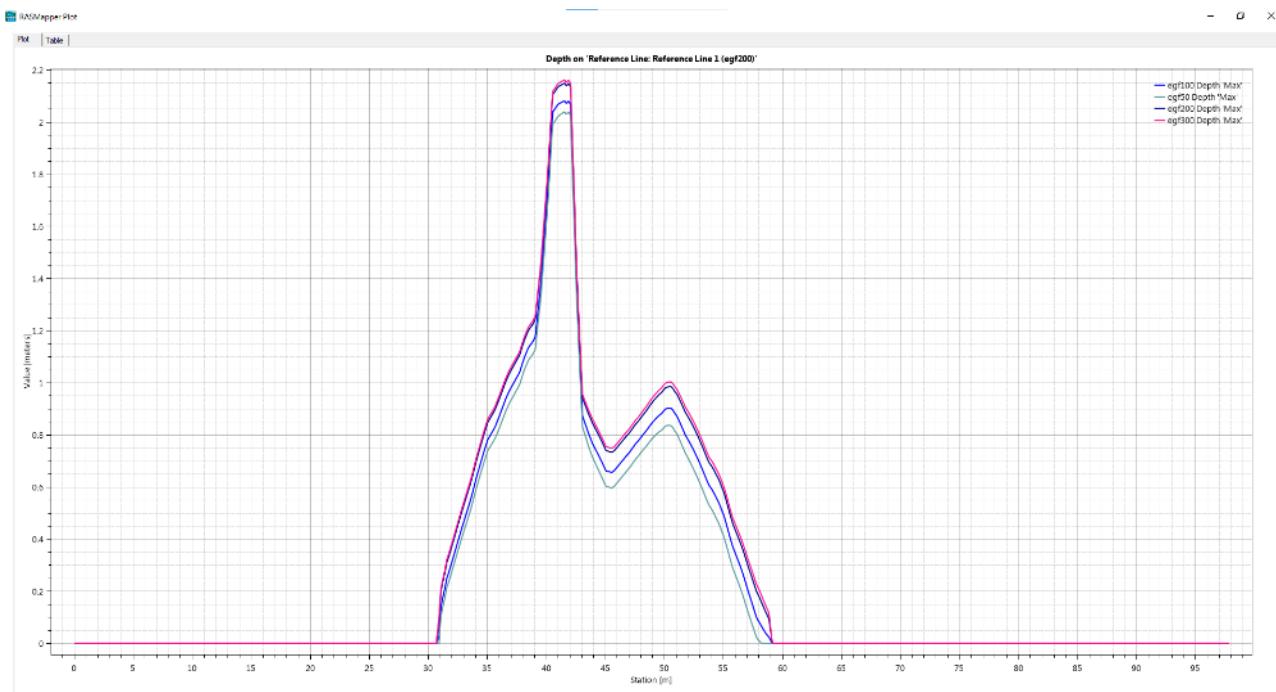


Figura 110 - Grafico contente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente Cavarretto

6.4.2. Simulazioni Idrauliche torrente Cava del Serpente

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 143 - Dataset simulazione Cava del Serpente

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,054993
Friction Slope	0.027815
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	6 h

6.4.2.1. Cava del Serpente T50

In Figura 111, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

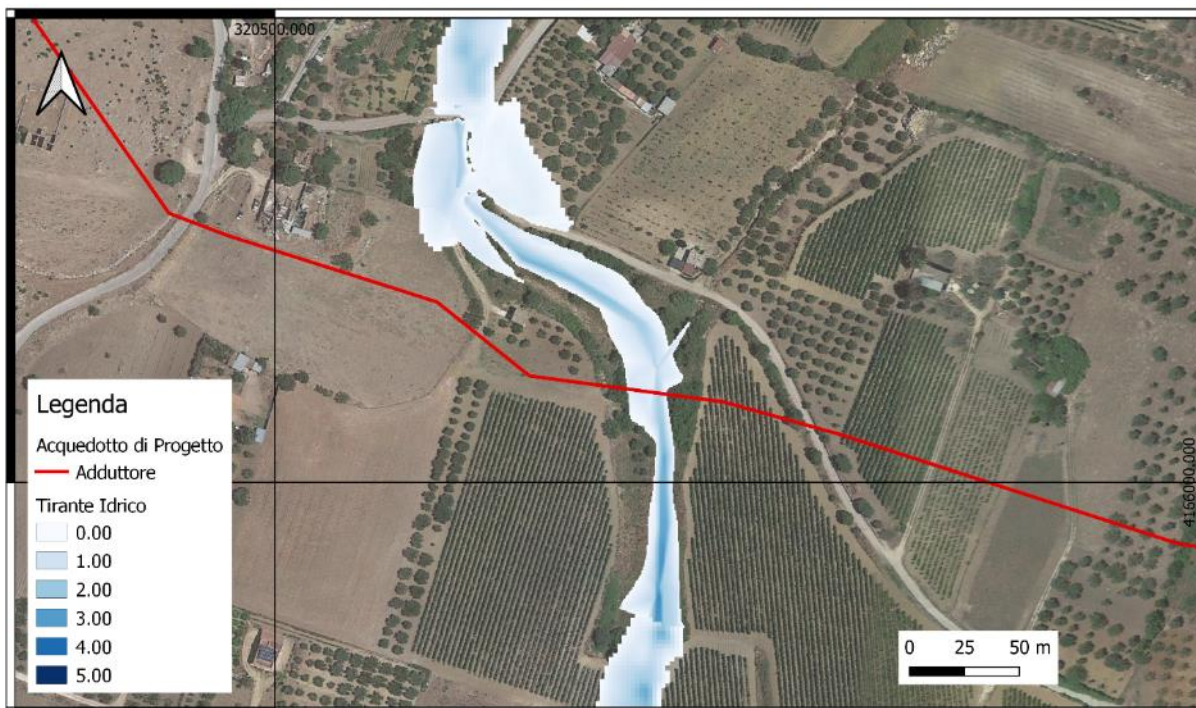


Figura 111 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente Cava del Serpente

1.1.1.2. Cava del Serpente T100

In Figura 112, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

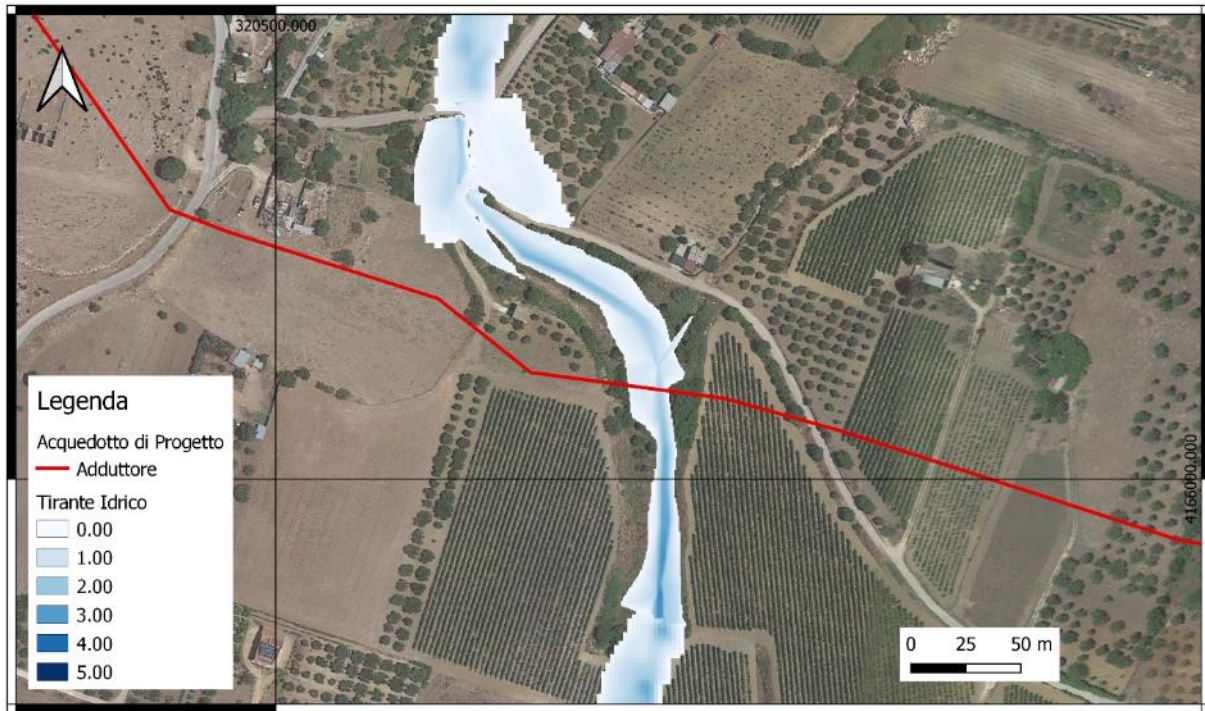


Figura 112 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente Cava del Serpente

1.1.1.3. Cava del Serpente T200

In Figura 113, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

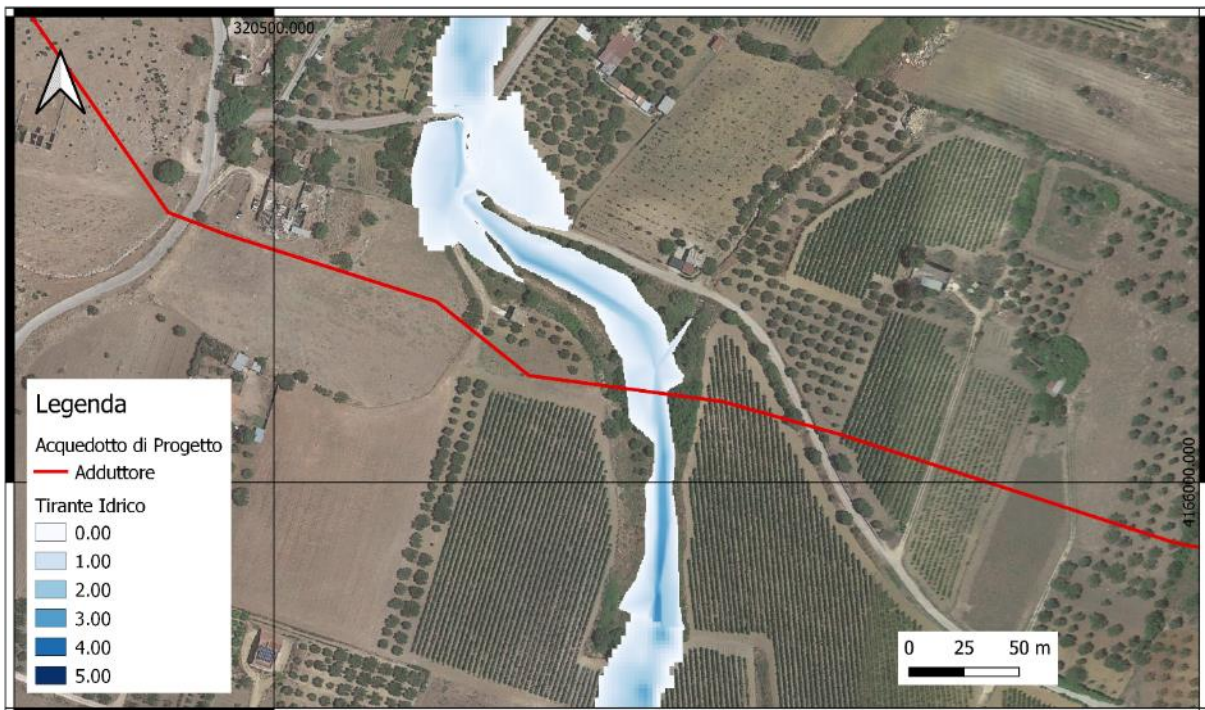


Figura 113 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente Cava del Serpente

1.1.1.4. Cava del Serpente T300

In Figura 114, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

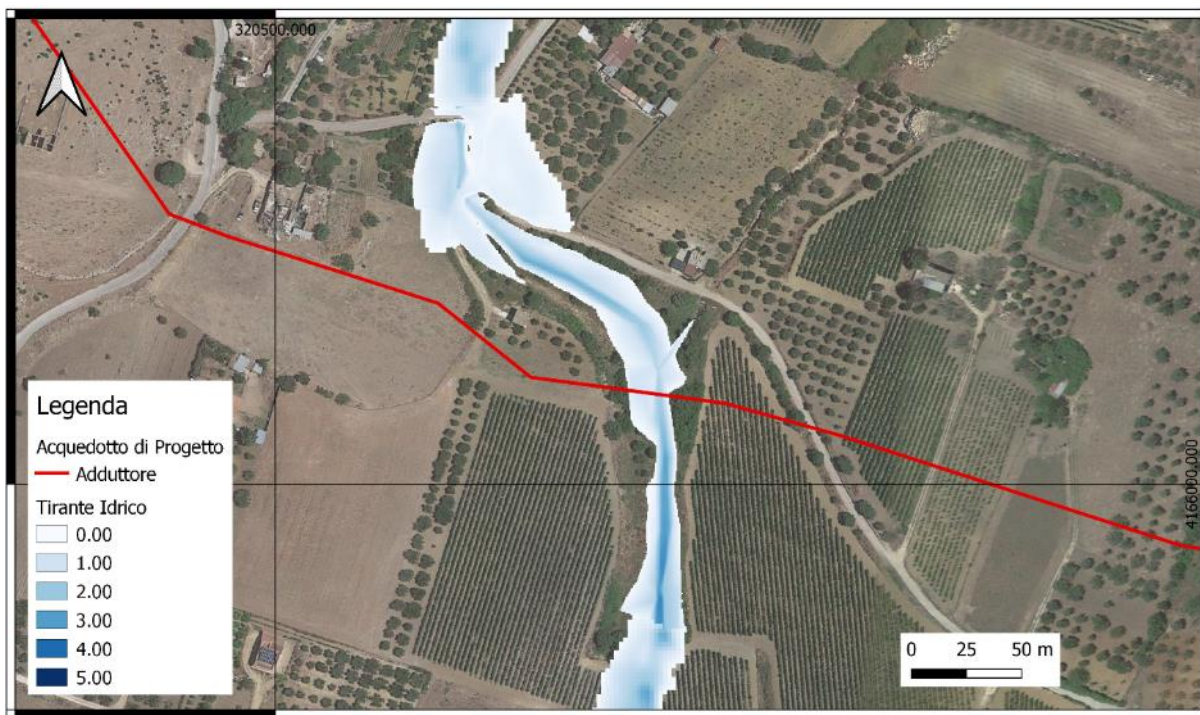


Figura 114 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente Cava del Serpente

Il grafico in Figura 115, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

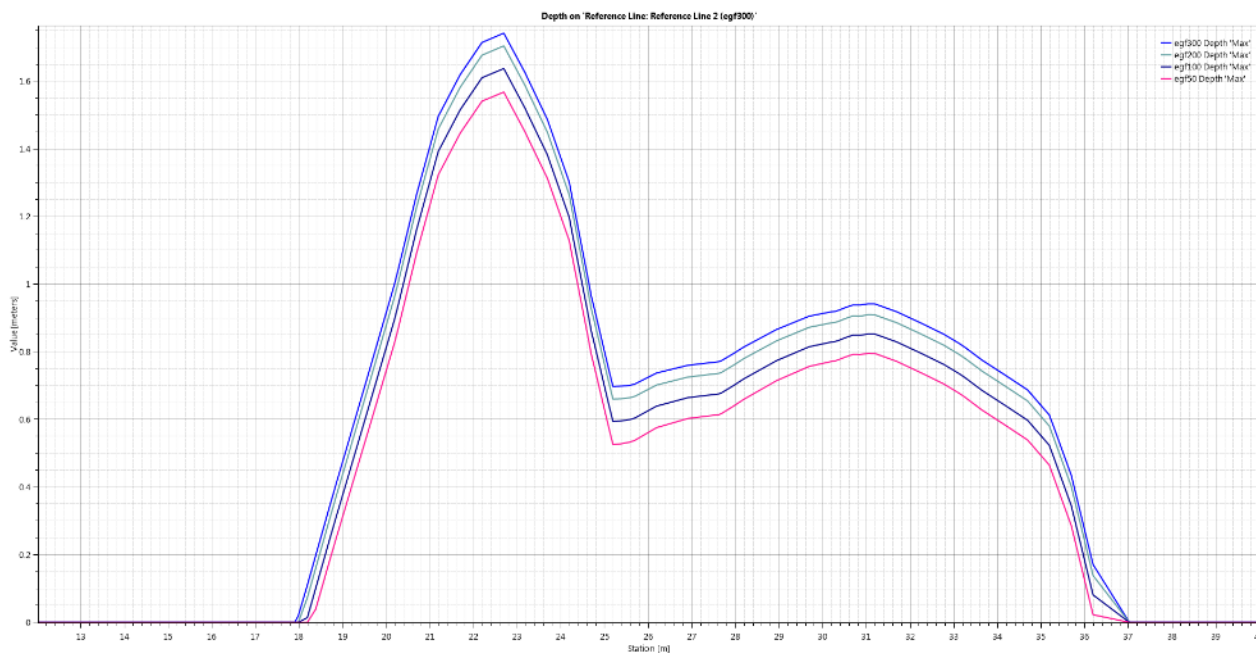


Figura 115 - Grafico contente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente Cava del Serpente

6.4.3. Simulazioni Idrauliche torrente Finocchio

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 144 - Dataset simulazione torrente Finocchio

Cella di calcolo	4x4 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,031098
Friction Slope	0.006964
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	6 h

6.4.3.1. Torrente Finocchio T50

In Figura 116, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

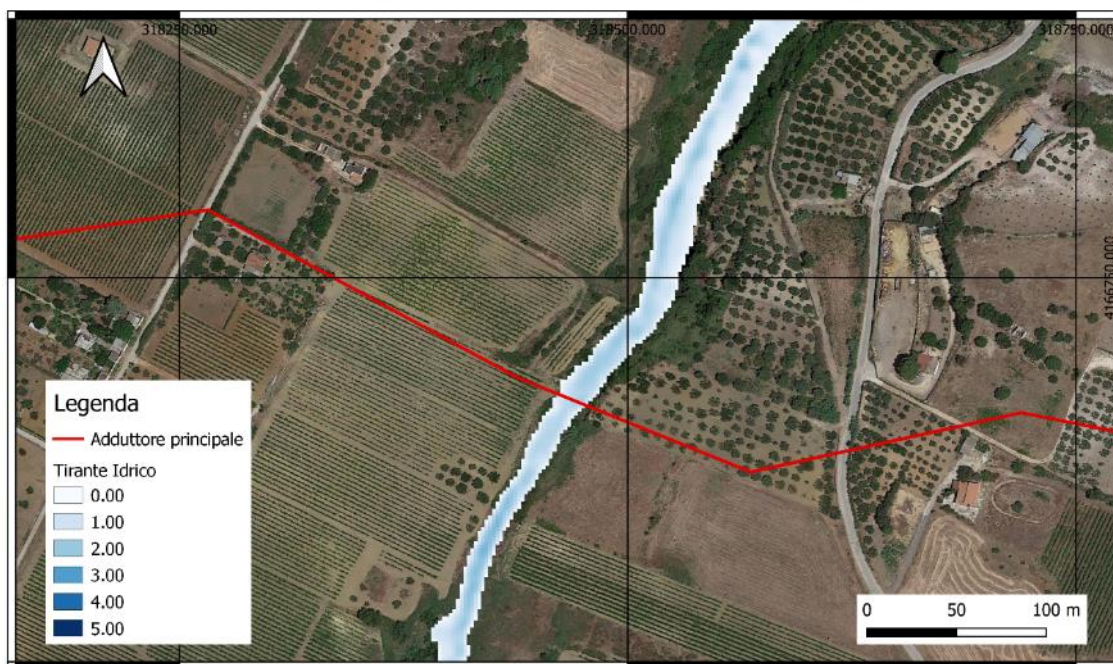


Figura 116 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente Finocchio

1.1.1.5. Torrente Finocchio T100

In Figura 117, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

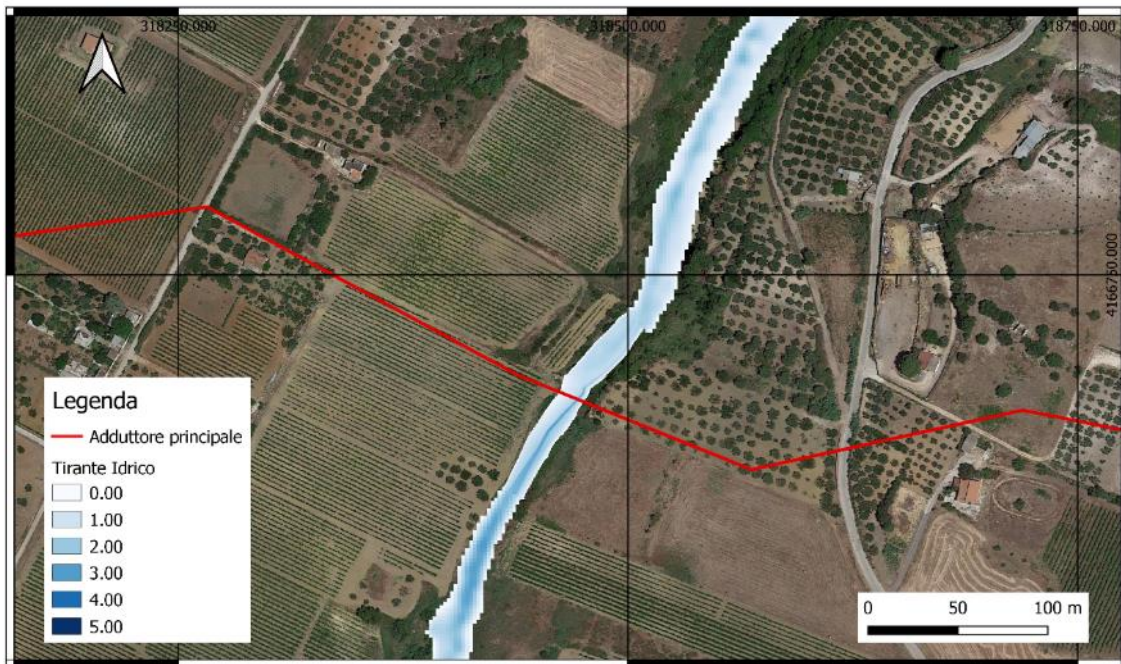


Figura 117 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente Finocchio

1.1.1.6. Torrente Finocchio T200

In Figura 118, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

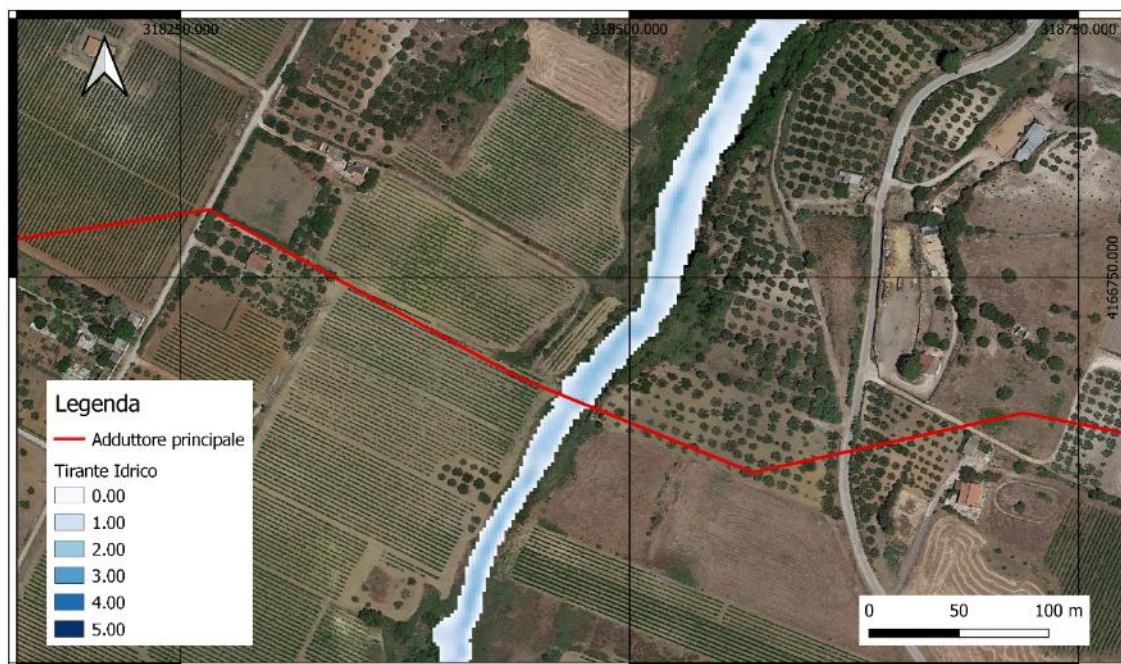


Figura 118 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente Finocchio

1.1.1.7. Torrente Finocchio T300

In Figura 119, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

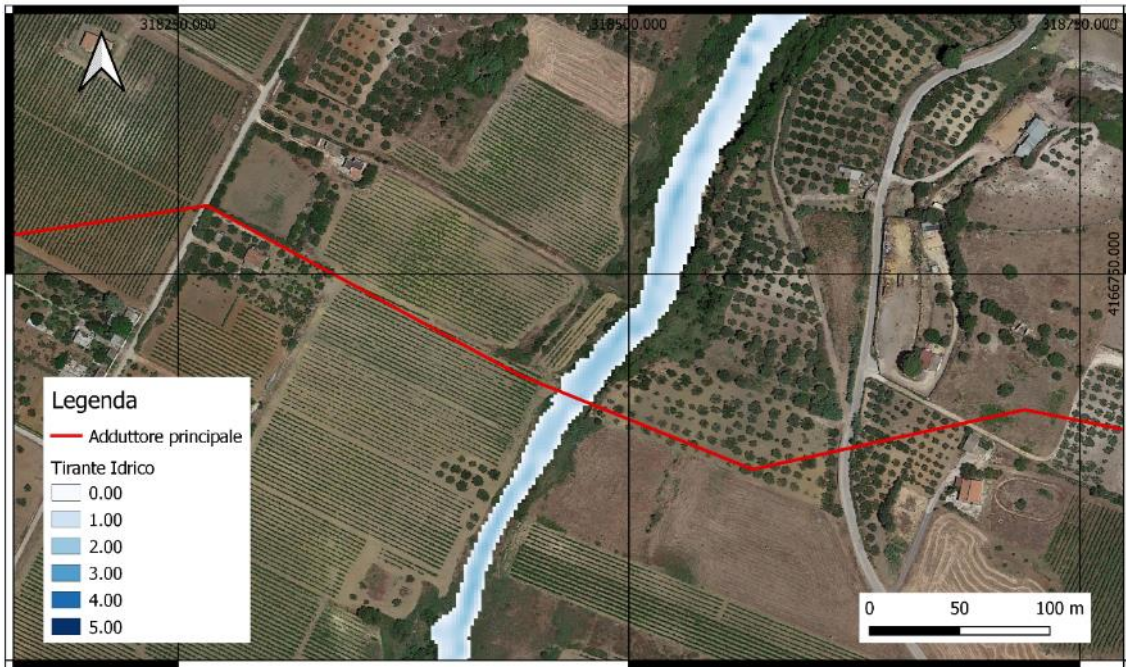


Figura 119 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente Finocchio

Il grafico in Figura 120, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

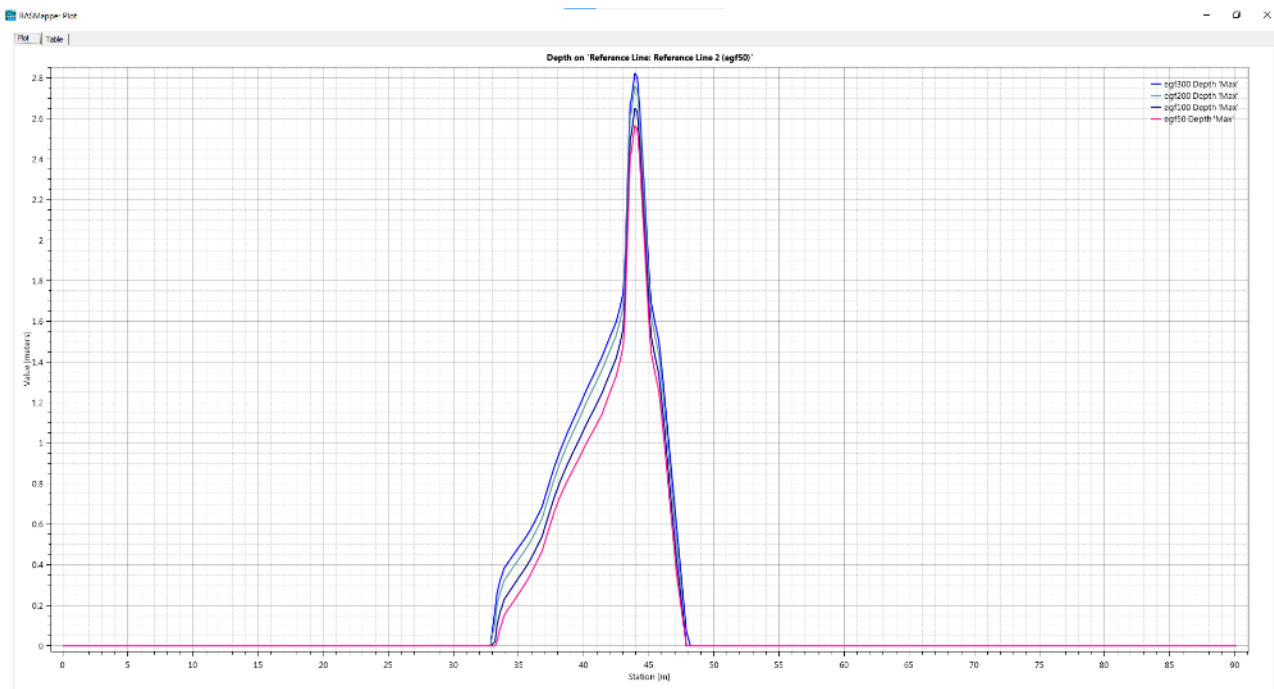


Figura 120 - Grafico contente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente Finocchio

6.4.4. Simulazioni Idrauliche torrente Gurra Finocchio

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 145 - Dataset simulazione torrente Gurra Finocchio

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,026143
Friction Slope	0,015710
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	6 h

6.4.4.1. Torrente Gurra Finocchio T50

In Figura 121, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

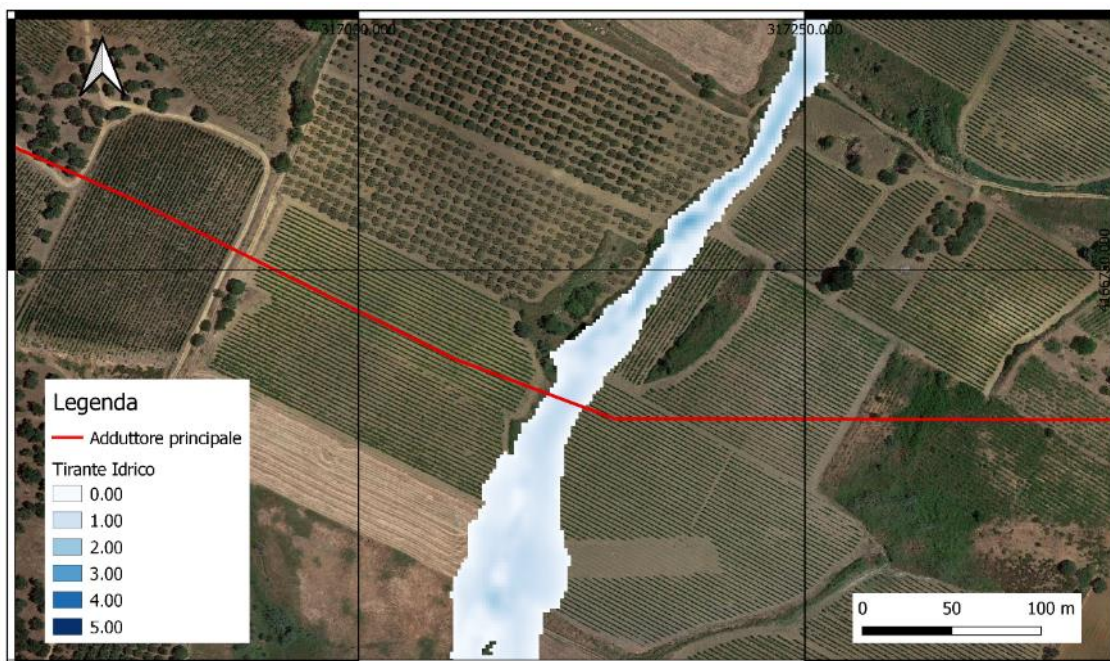


Figura 121 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente Gurra Finocchio

1.1.1.8. Torrente Gurra Finocchio T100

In Figura 122, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

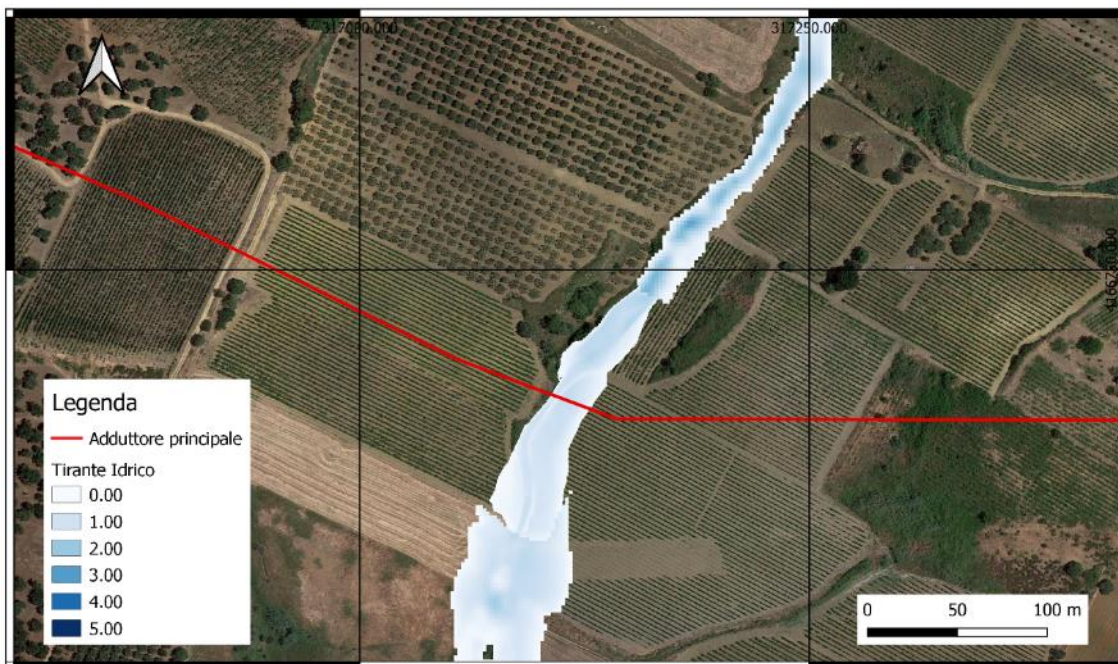


Figura 122 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente Gurra Finocchio

1.1.1.9. Torrente Gurra Finocchio T200

In Figura 123, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

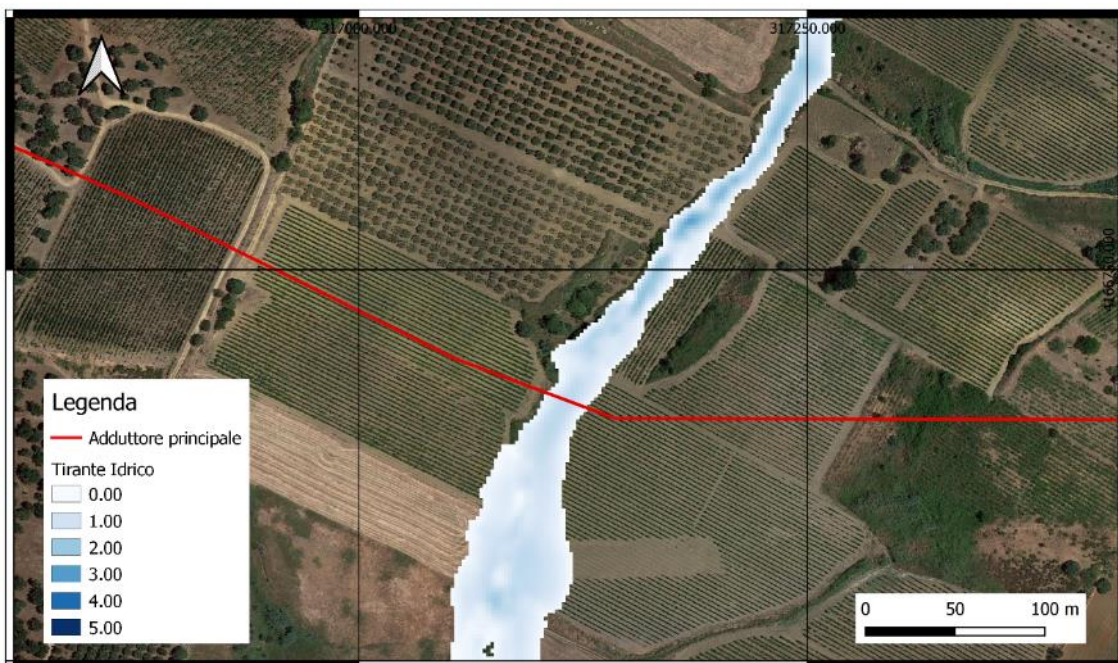


Figura 123 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente Gurra Finocchio

1.1.1.10. Torrente Gurra Finocchio T300

In Figura 124, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

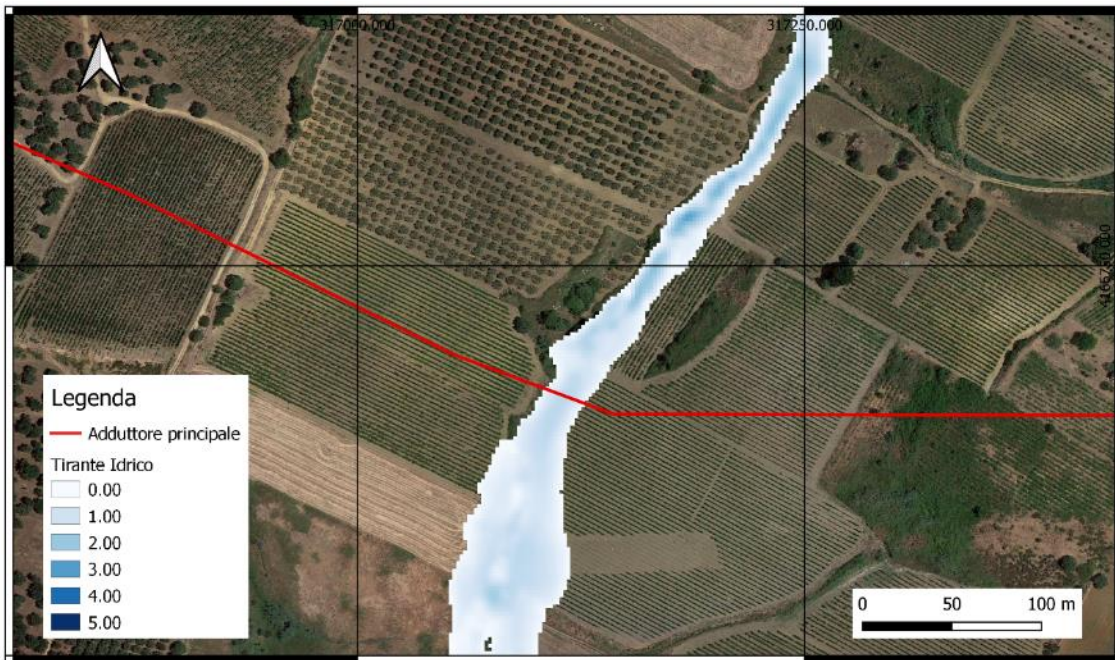


Figura 124 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente Gurra Finocchio

Il grafico in Figura 125, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

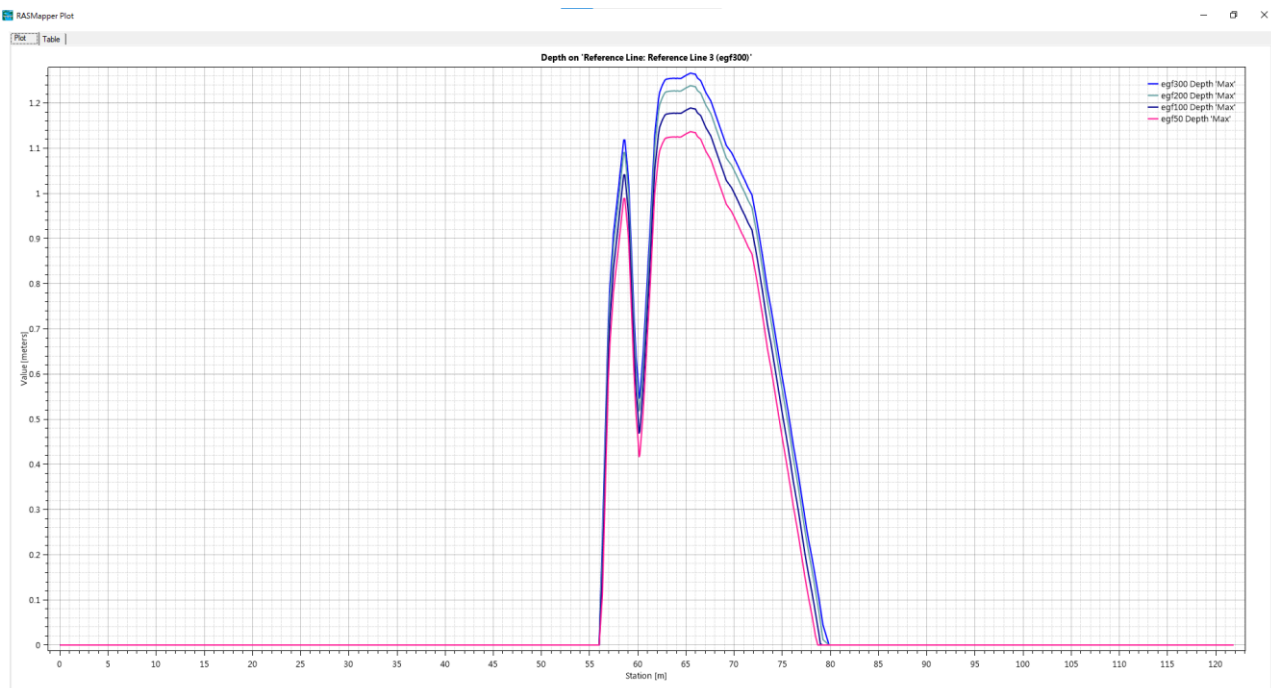


Figura 125 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente Gurra Finocchio

6.4.5. Simulazioni Idrauliche torrente Ravida

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 146 - Dataset simulazione torrente Ravida

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,029066
Friction Slope	0,020442
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	6 h

6.4.5.1. Torrente Ravida T50

In Figura 126, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

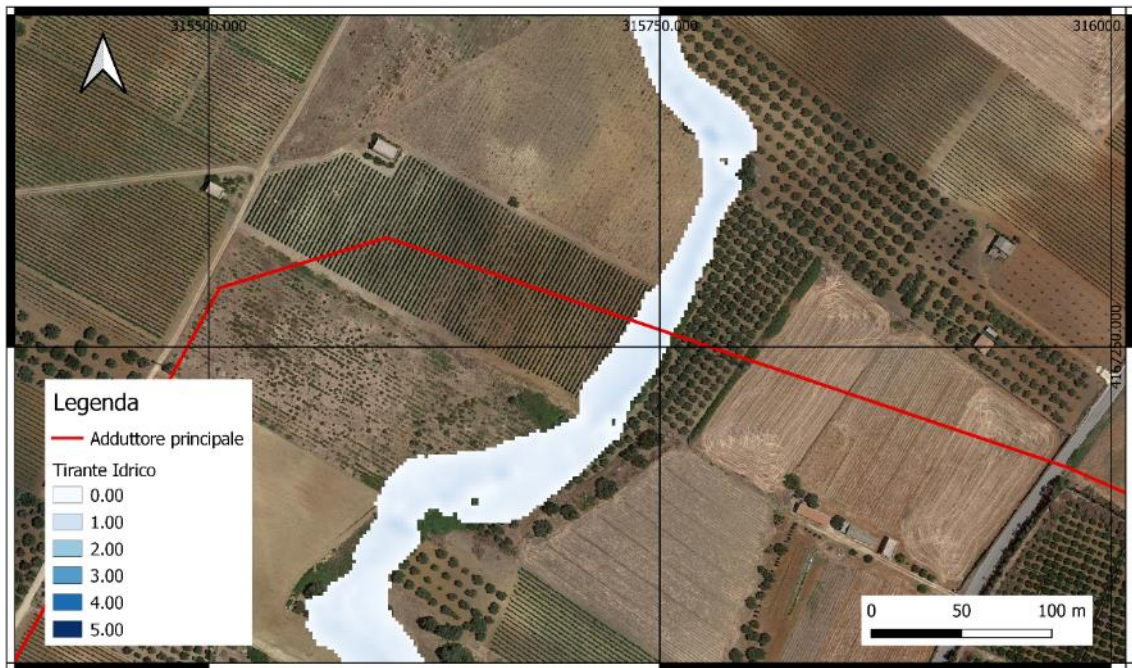


Figura 126 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente Ravida

1.1.1.11. Torrente Ravida T100

In Figura 127, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

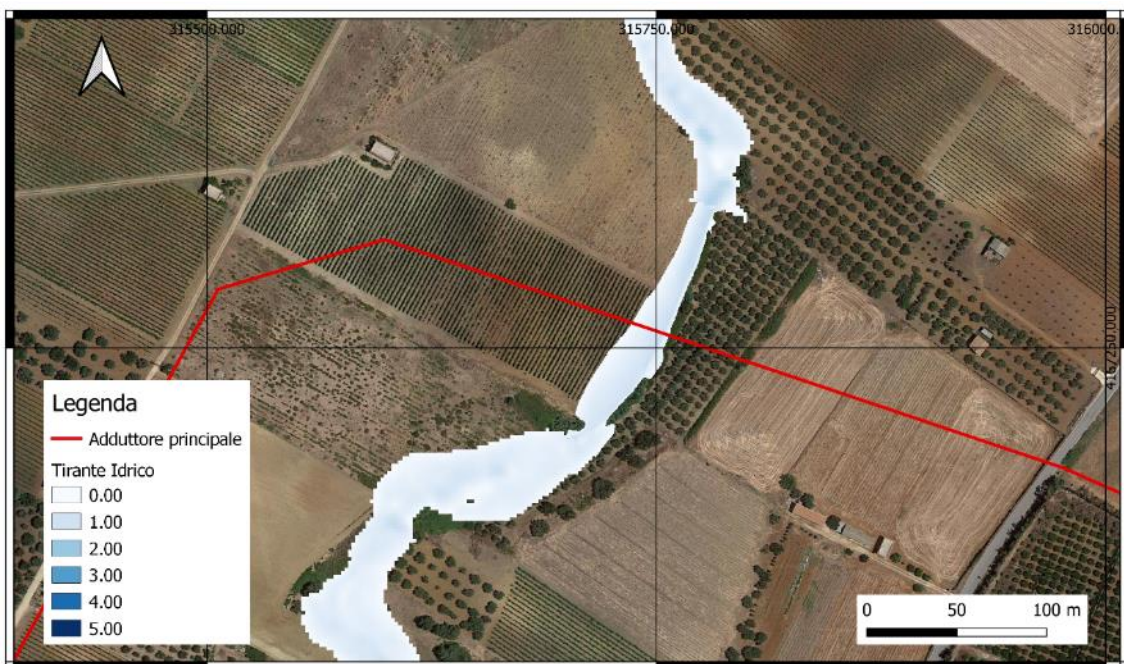


Figura 127 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente Ravida

1.1.1.12. Torrente Ravida T200

In Figura 128, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

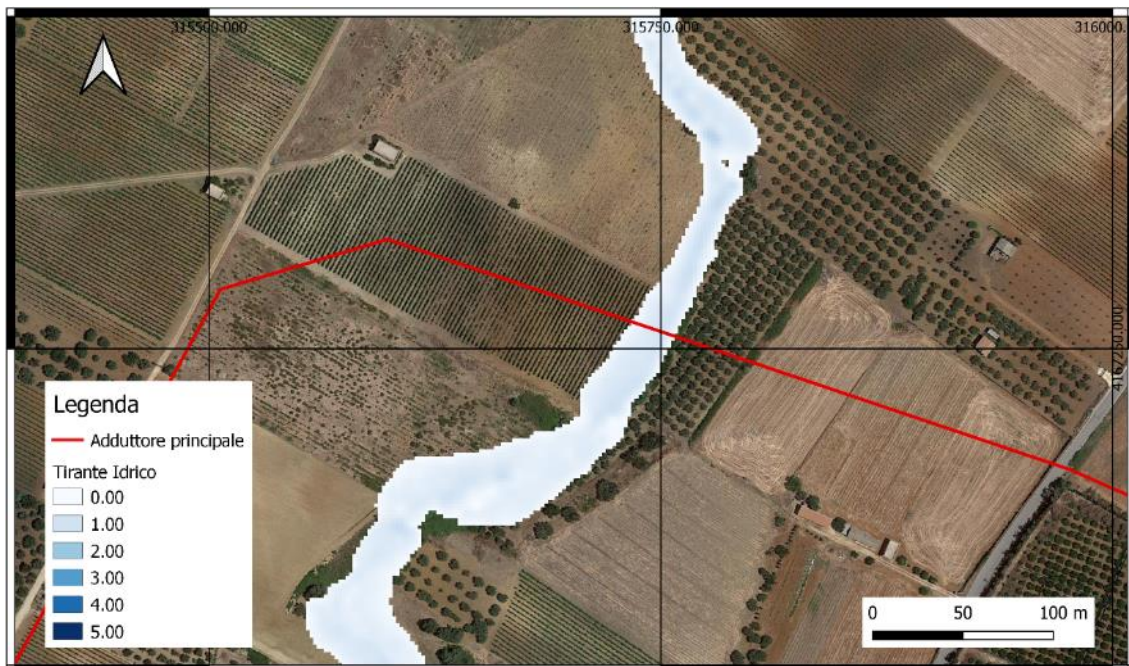


Figura 128 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente Ravida

1.1.1.13. Torrente Ravida T300

In Figura 129, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

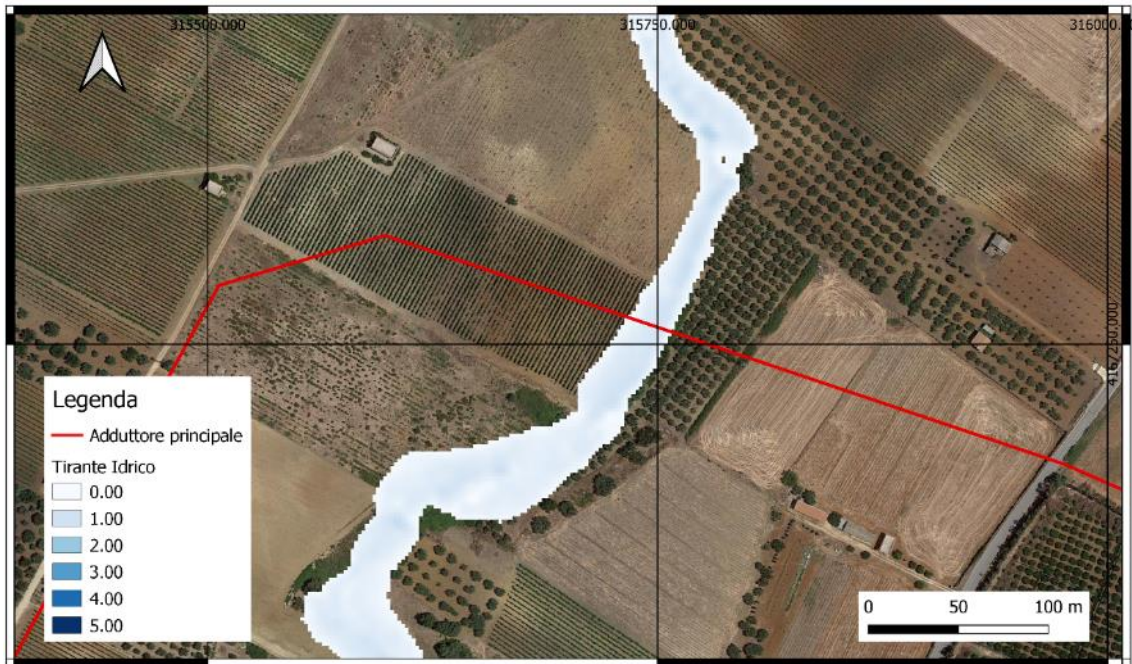


Figura 129 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente Ravida

Il grafico in Figura 130, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

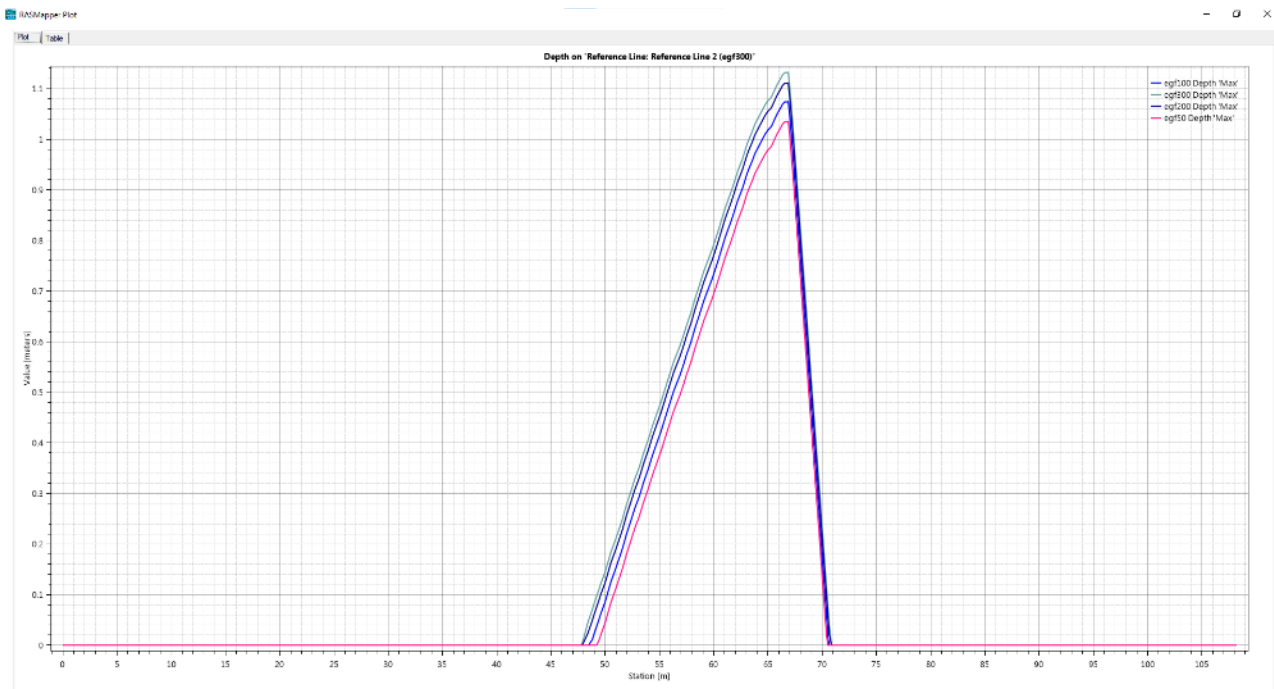


Figura 130 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente Ravida

6.4.6. Simulazioni Idrauliche torrente in Contrada Casenuove

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 147 - Dataset simulazione torrente in Contrada Casenuove

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,027622
Friction Slope	0,125881
Intervallo Computazionale	5 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	5 h

6.4.6.1. Torrente in Contrada Casenuove T50

In Figura 131, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

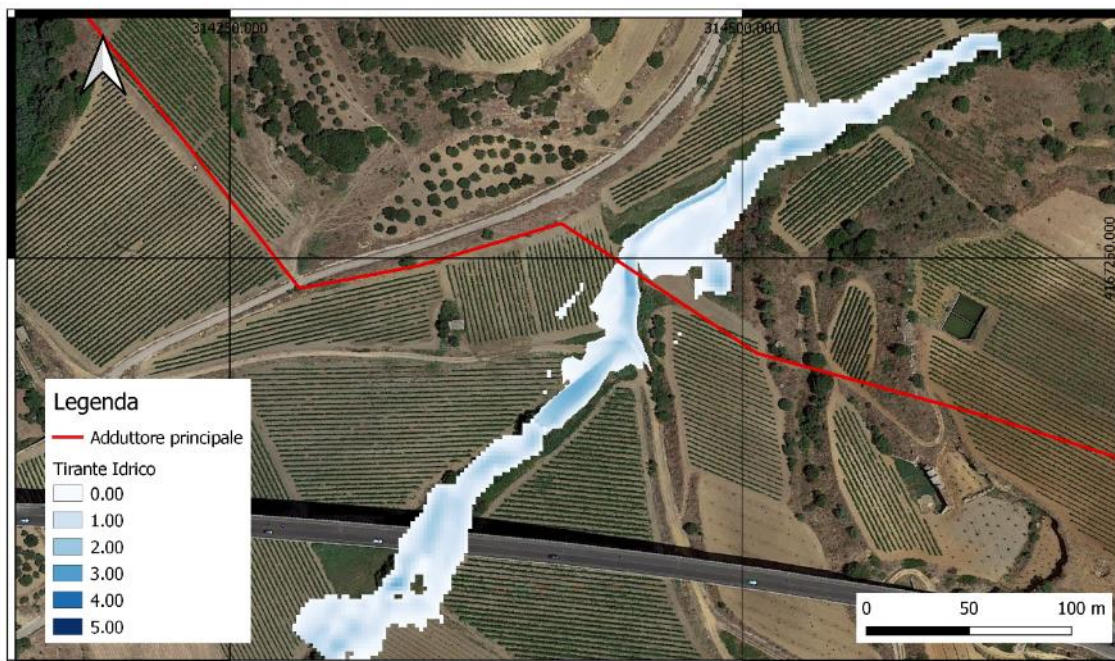


Figura 131 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente in Contrada Casenuove

1.1.1.14. Torrente in Contrada Casenuove T100

In Figura 132, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

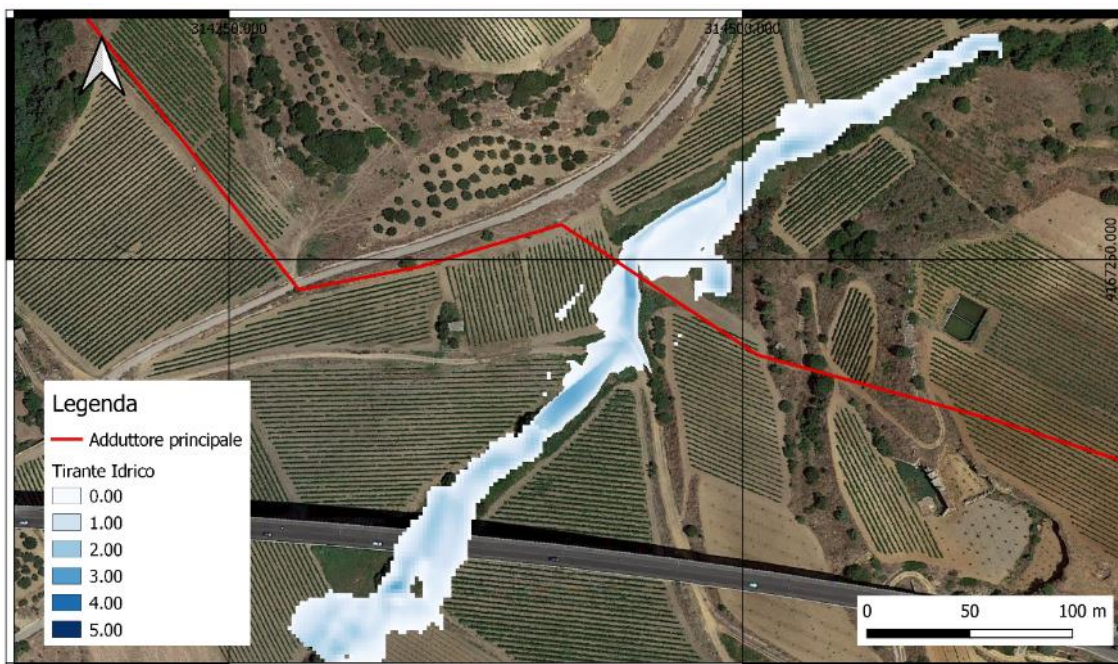


Figura 132 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente in Contrada Casenuove

1.1.1.15. Torrente in Contrada Casenuove T200

In Figura 133, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

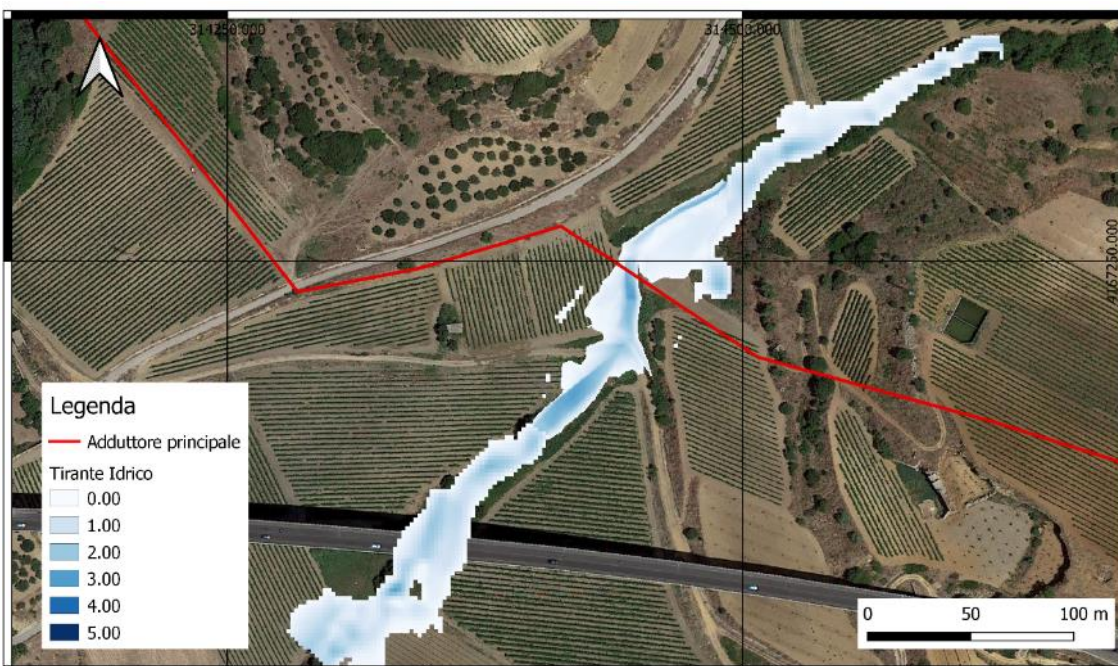


Figura 133 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente in Contrada Casenuove

1.1.1.16. Torrente in Contrada Casenuove T300

In Figura 134, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

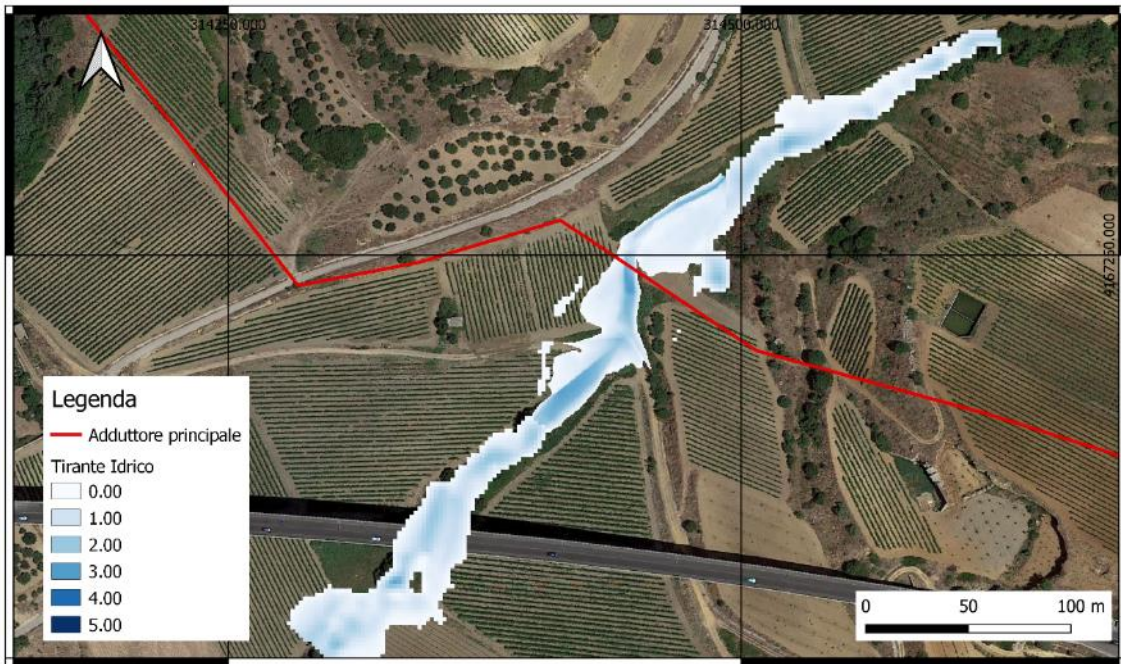


Figura 134 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente in Contrada Casenuove

Il grafico in Figura 135, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

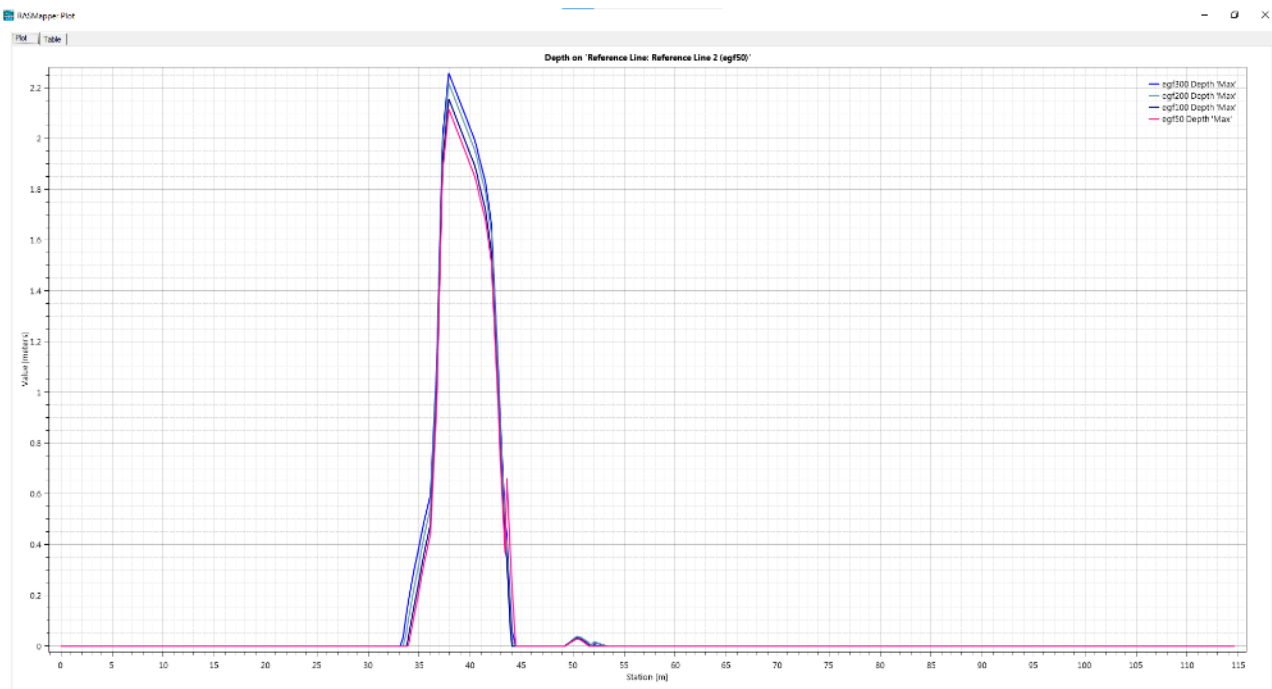


Figura 135 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento - torrente in Contrada Casenuove

6.4.7. Simulazioni Idrauliche Fiume Belice

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 148 - Dataset simulazione Fiume Belice

Cella di calcolo	10x10 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 5x5 m
Energy Slope	0,007567
Friction Slope	0,000930
Intervallo Computazionale	10 sec
Intervallo Output Mappa	10 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	4 h

6.4.7.1. Fiume Belice T50

In Figura 136, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

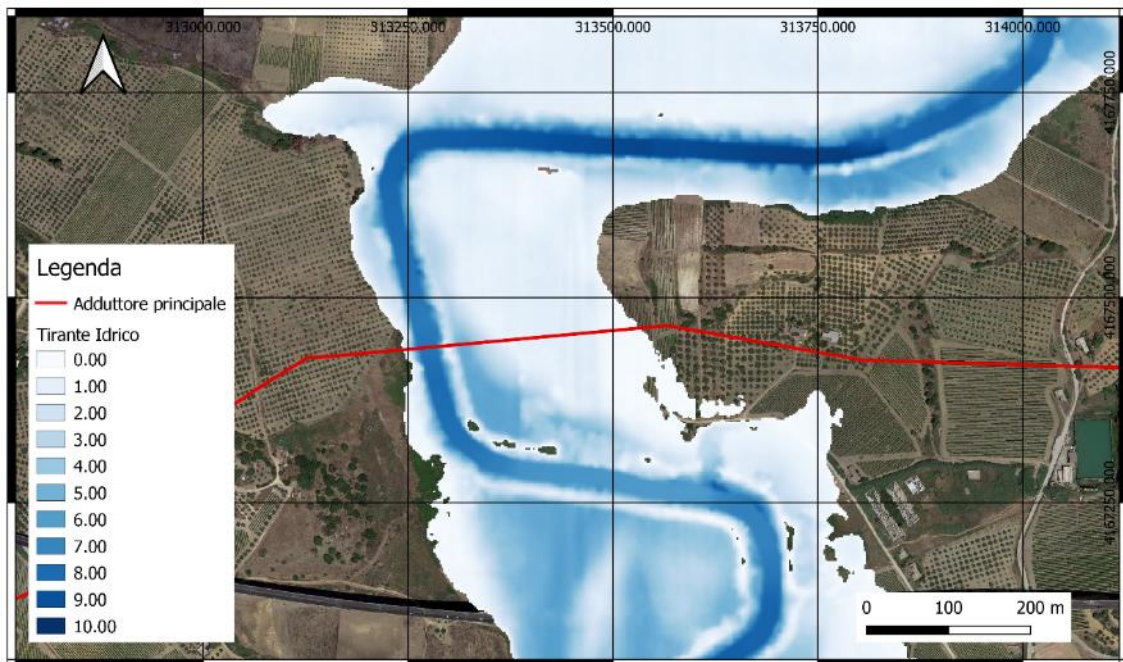


Figura 136 – Allagamento conseguente alla portata T50 del Fiume Belice

1.1.1.17. Fiume Belice T100

In Figura 137, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

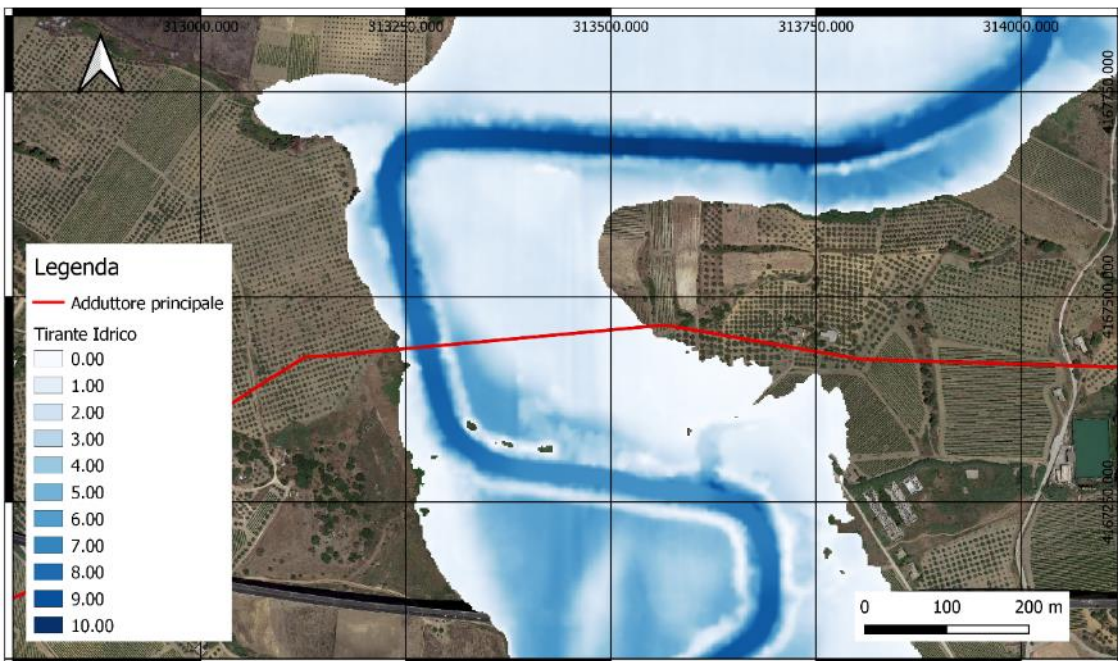


Figura 137 – Allagamento conseguente alla portata T100 del Fiume Belice

1.1.1.18. Fiume Belice T200

In Figura 138, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

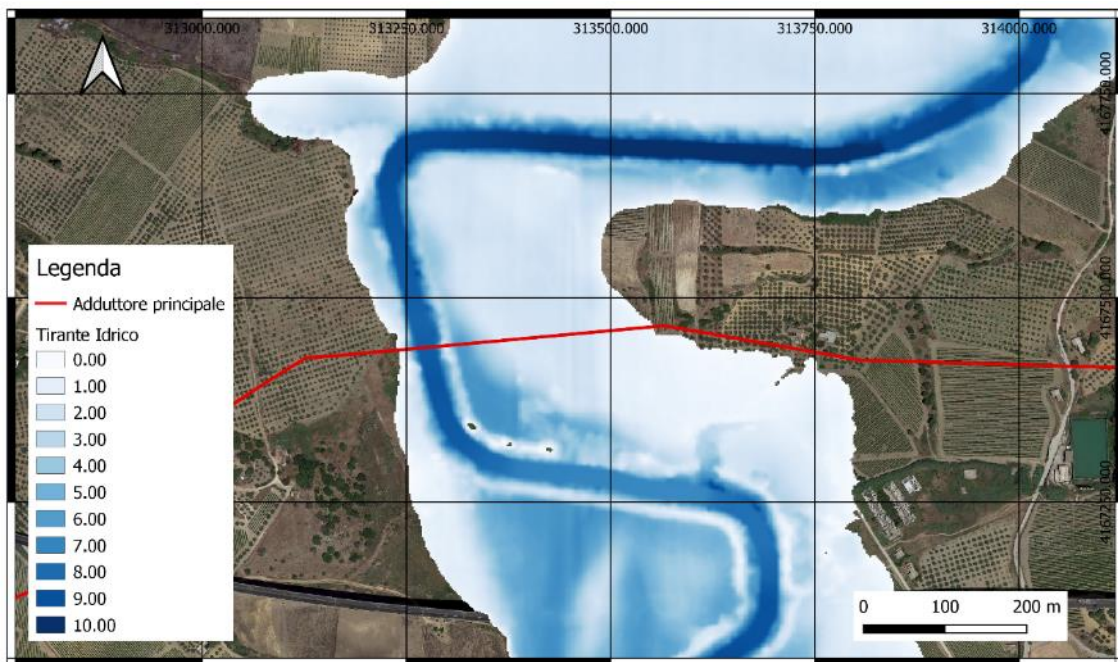


Figura 138 – Allagamento conseguente alla portata T200 del Fiume Belice

1.1.1.19. Fiume Belice T300

In Figura 139, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

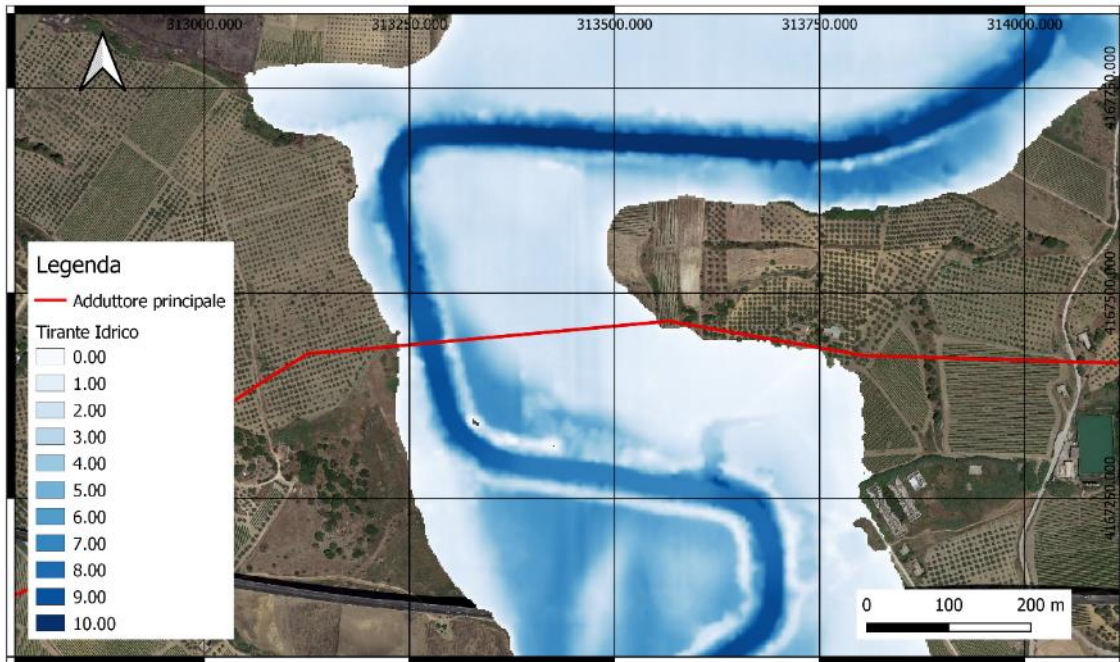


Figura 139 – Allagamento conseguente alla portata T300 del Fiume Belice

Il grafico in Figura 140, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.



Figura 140 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – Fiume Belice

6.4.8. Simulazioni Idrauliche Fosso Dimina

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 149 - Dataset simulazione Fosso Dimina

Cella di calcolo	10x10 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 5x5 m
Energy Slope	0,007567
Friction Slope	0,000930
Intervallo Computazionale	10 sec
Intervallo Output Mappa	10 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	4 h

6.4.8.1. Fosso Dimina T50

In Figura 141, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

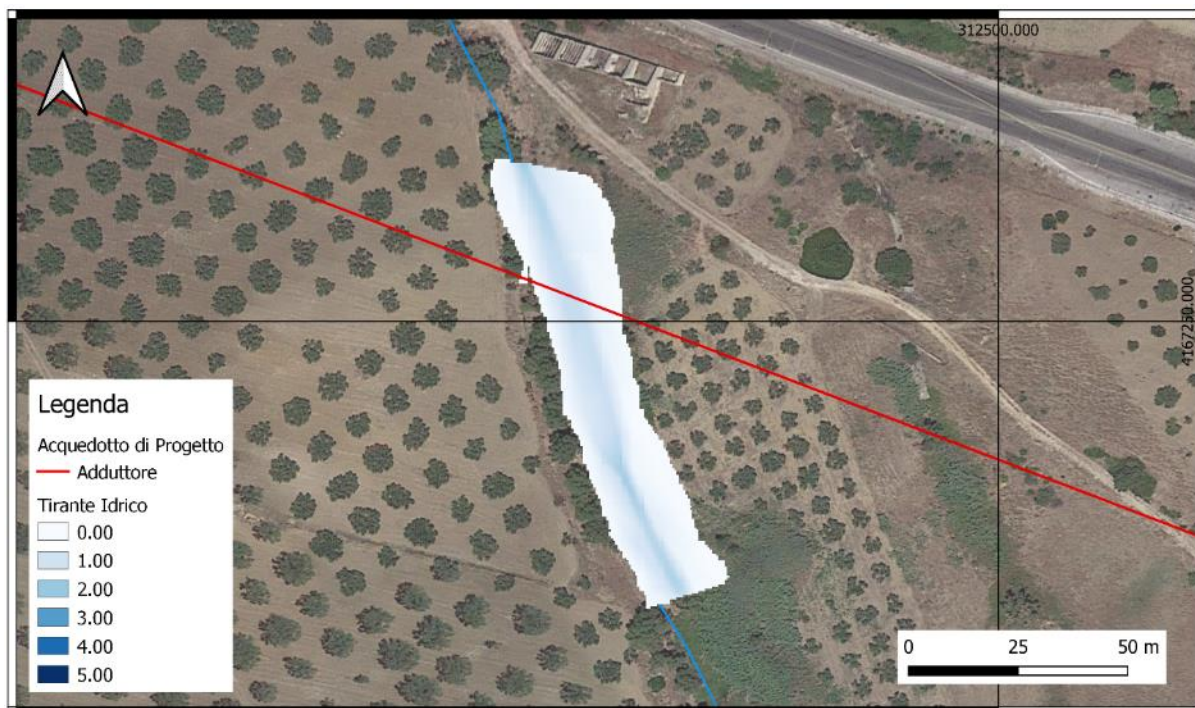


Figura 141 – Allagamento conseguente alla portata T50 del Fosso Dimina

1.1.1.20. ***Fosso Dimina T100***

In Figura 142, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

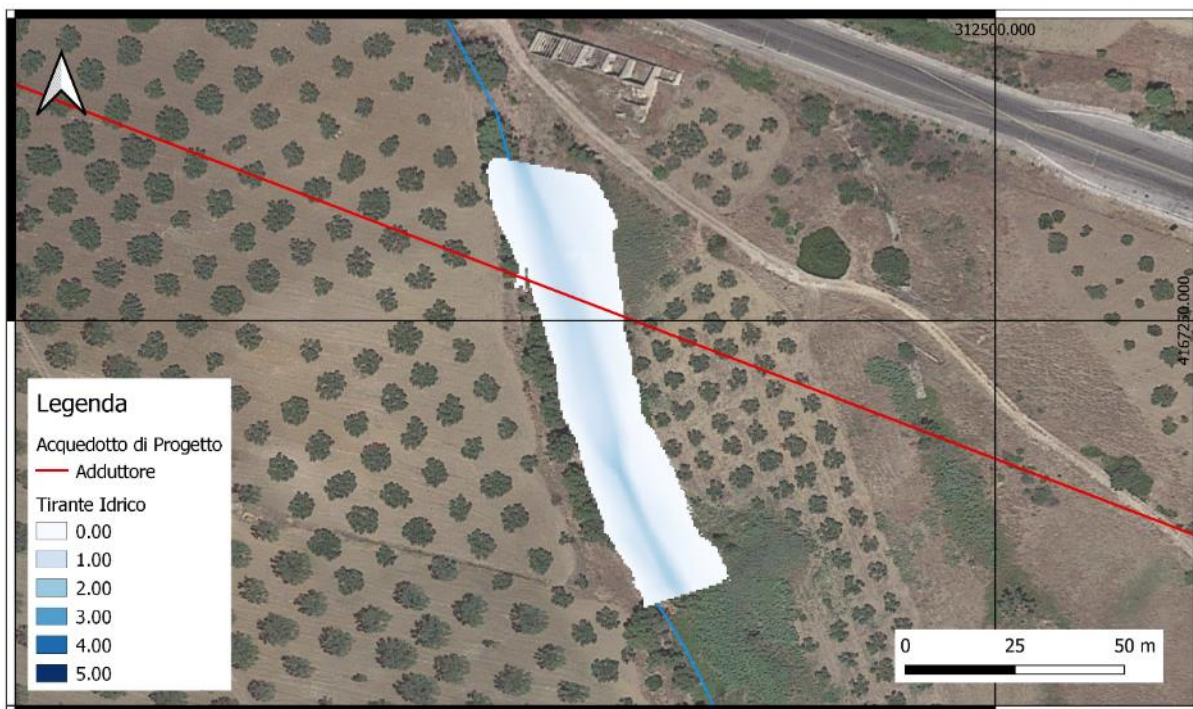


Figura 142 – Allagamento conseguente alla portata T100 del Fosso Dimina Fosso Dimina T200

In Figura 143, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

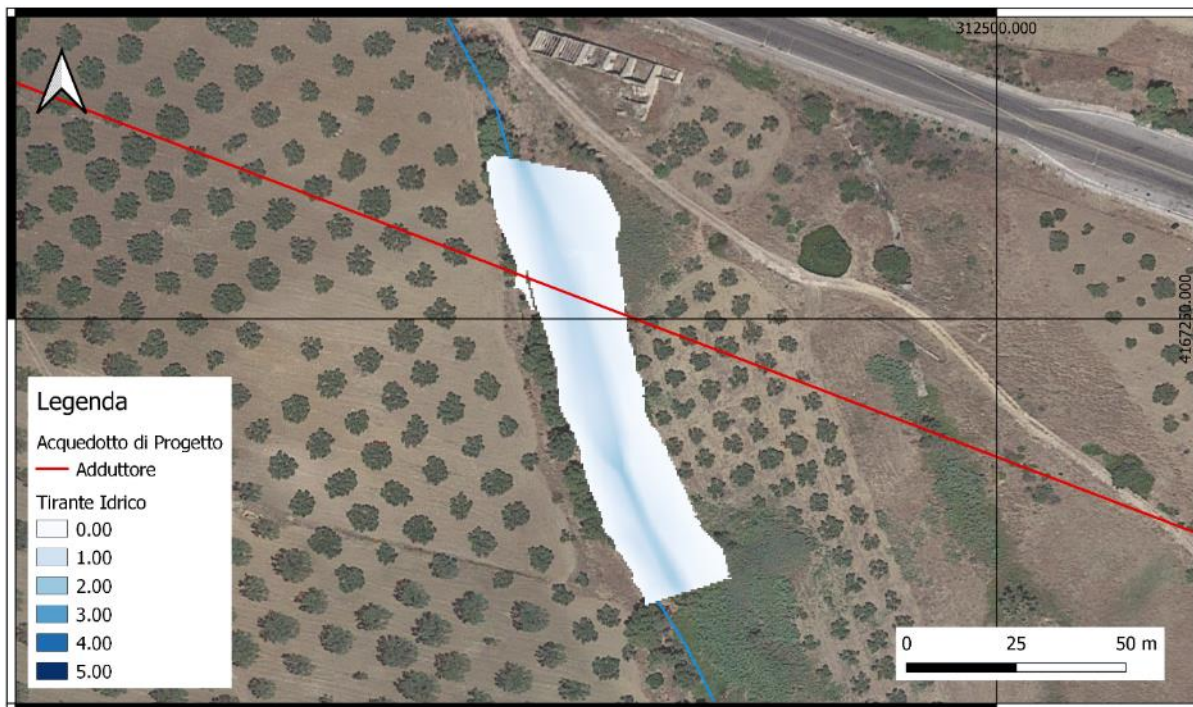


Figura 143 – Allagamento conseguente alla portata T200 del Fosso Dimina

1.1.1.21. Fosso Dimina T300

In Figura 144, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

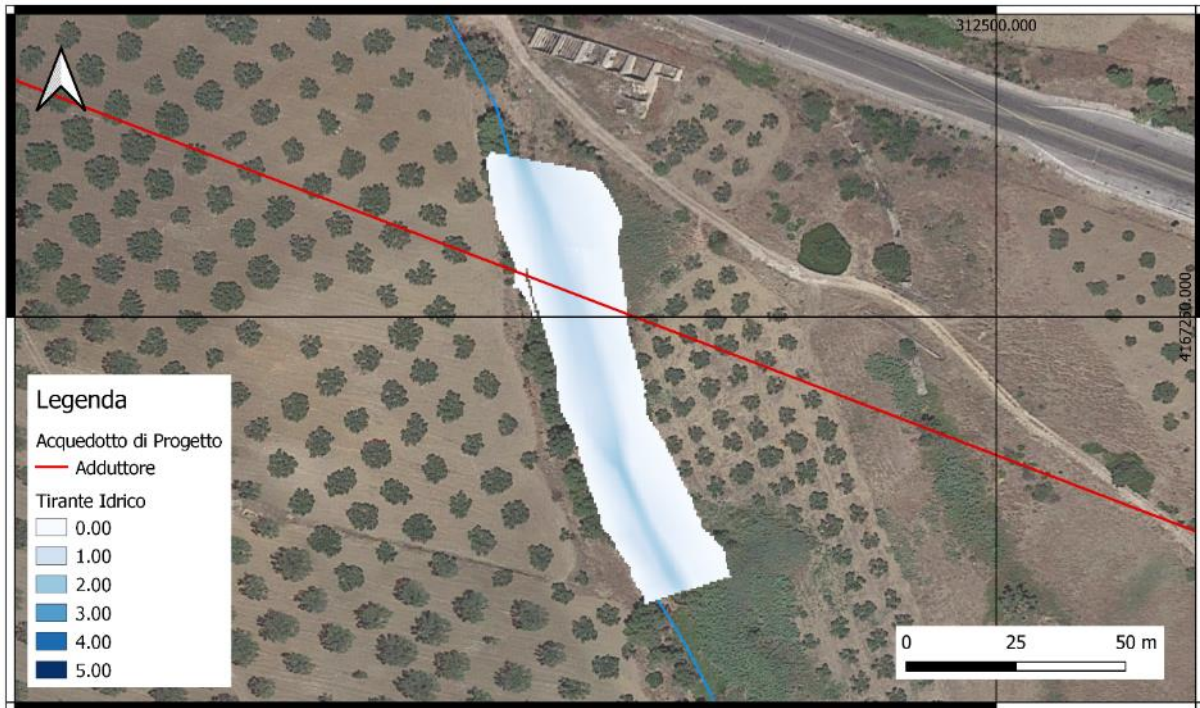


Figura 144 – Allagamento conseguente alla portata T300 del Fosso Dimina

Il grafico in Figura 145, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

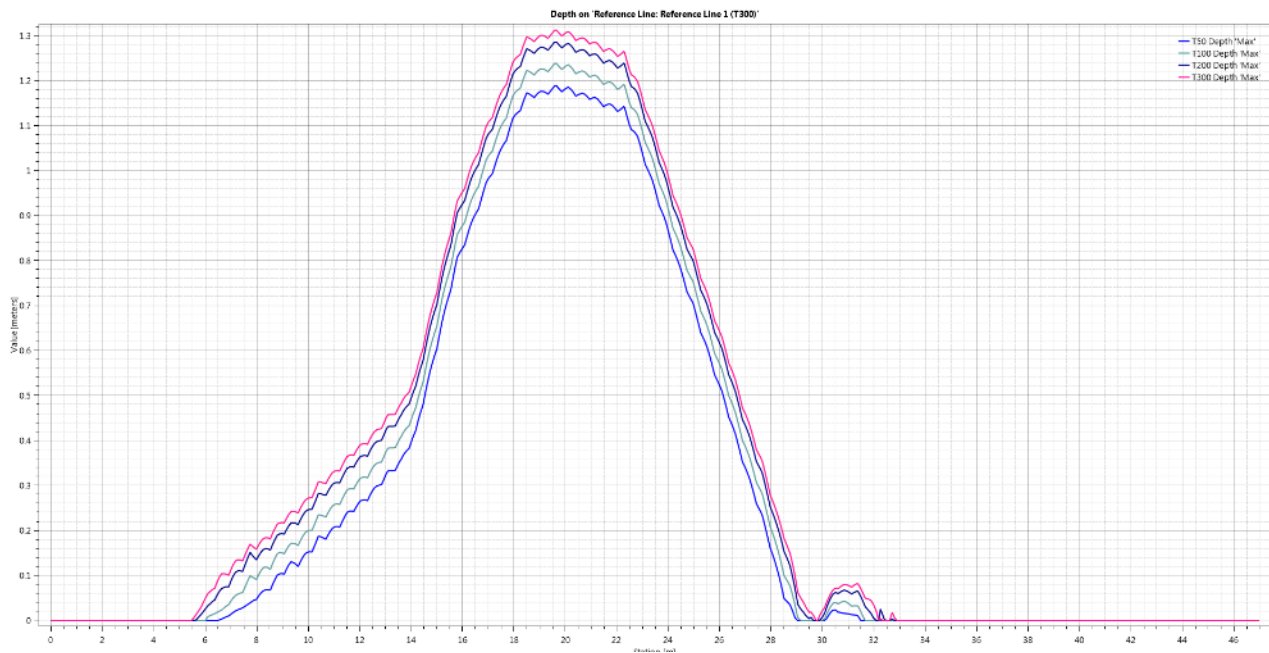


Figura 145 - Grafico contente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – Fosso Dimina

6.4.9. Simulazioni Idrauliche Fiume Modione

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 150 - Dataset simulazione Fiume Modione

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,012678
Friction Slope	0,007586
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	2 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	4 h

6.4.9.1. Fiume Modione T50

In Figura 146, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 146 – Allagamento conseguente alla portata T50 del Fiume Modione

1.1.1.1. ***Fiume Modione T100***

In Figura 147, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

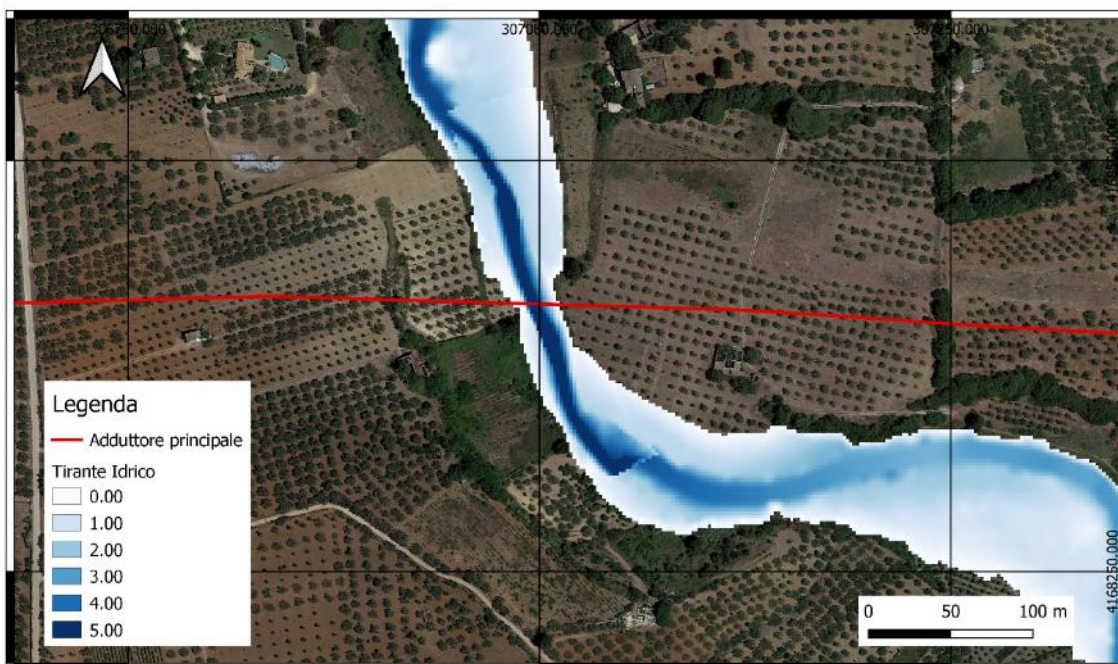


Figura 147 – Allagamento conseguente alla portata T100 del Fiume Modione

1.1.1.22. ***Fiume Modione T200***

In Figura 148, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

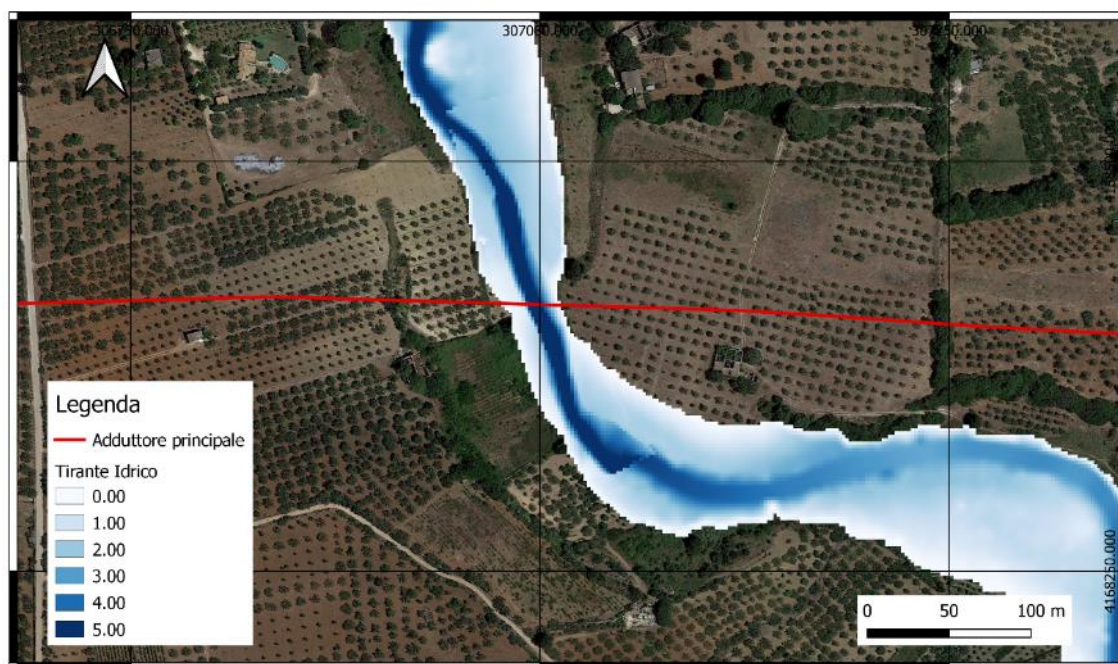


Figura 148 – Allagamento conseguente alla portata T200 del Fiume Modione

1.1.1.23. Fiume Modione T300

In Figura 149, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

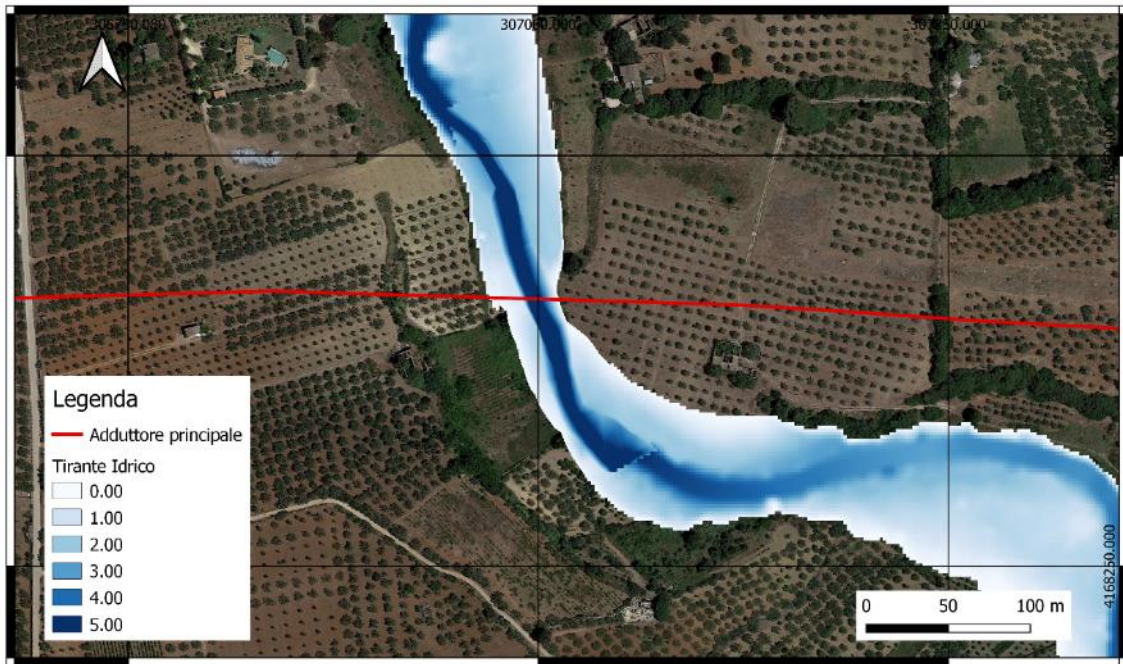


Figura 149 – Allagamento conseguente alla portata T300 del Fiume Modione

Il grafico in Figura 150, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

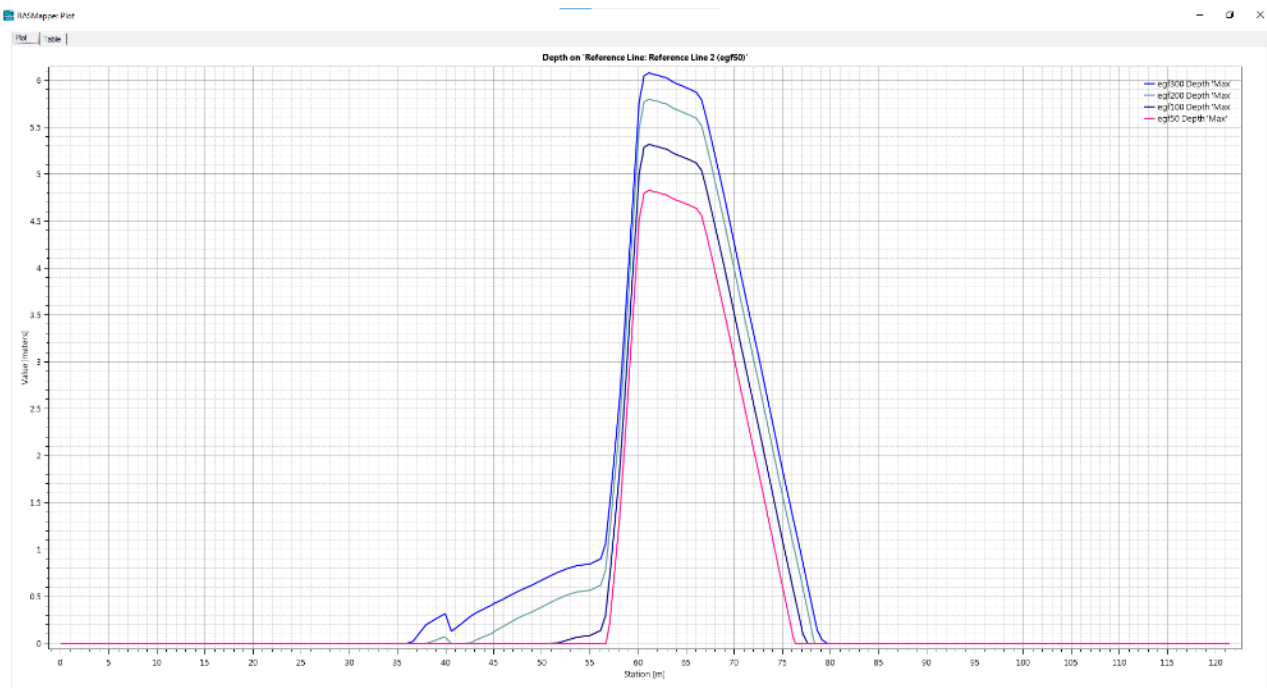


Figura 150 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – Fiume Modione

6.4.10. Simulazioni Idrauliche torrente San Giovanni

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 151 - Dataset simulazione torrente San Giovanni

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,012678
Friction Slope	0,007586
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	1 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	5 h

6.4.10.1. Torrente San Giovanni T50

In Figura 151, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

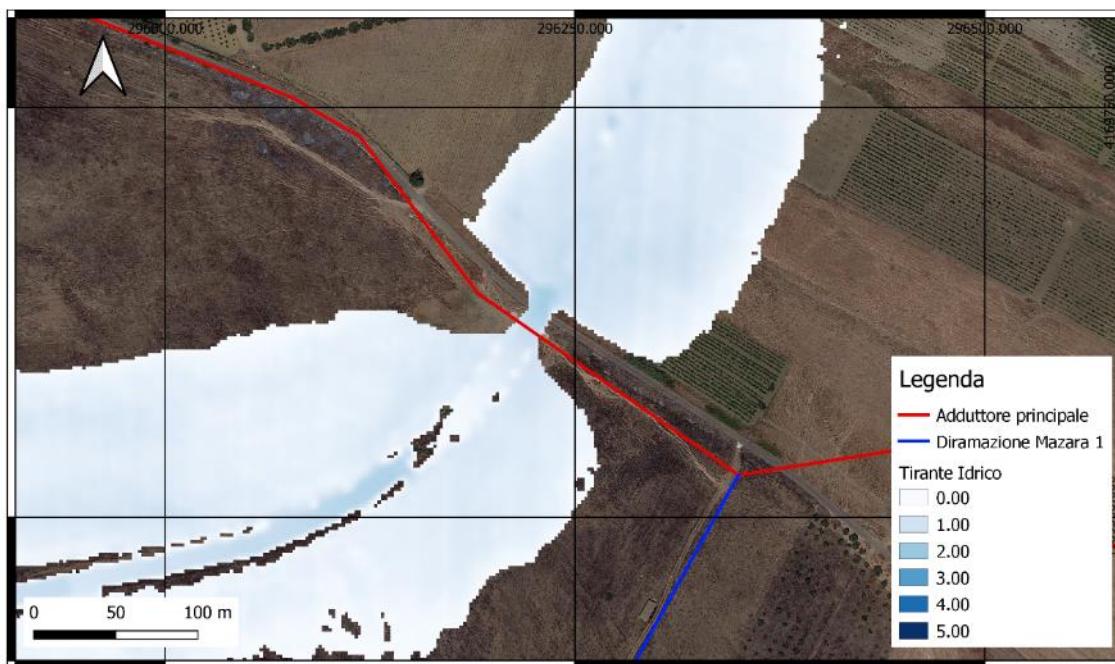


Figura 151 – Allagamento conseguente alla portata T50 del torrente San Giovanni

1.1.1.2. Torrente San Giovanni T100

In Figura 152, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

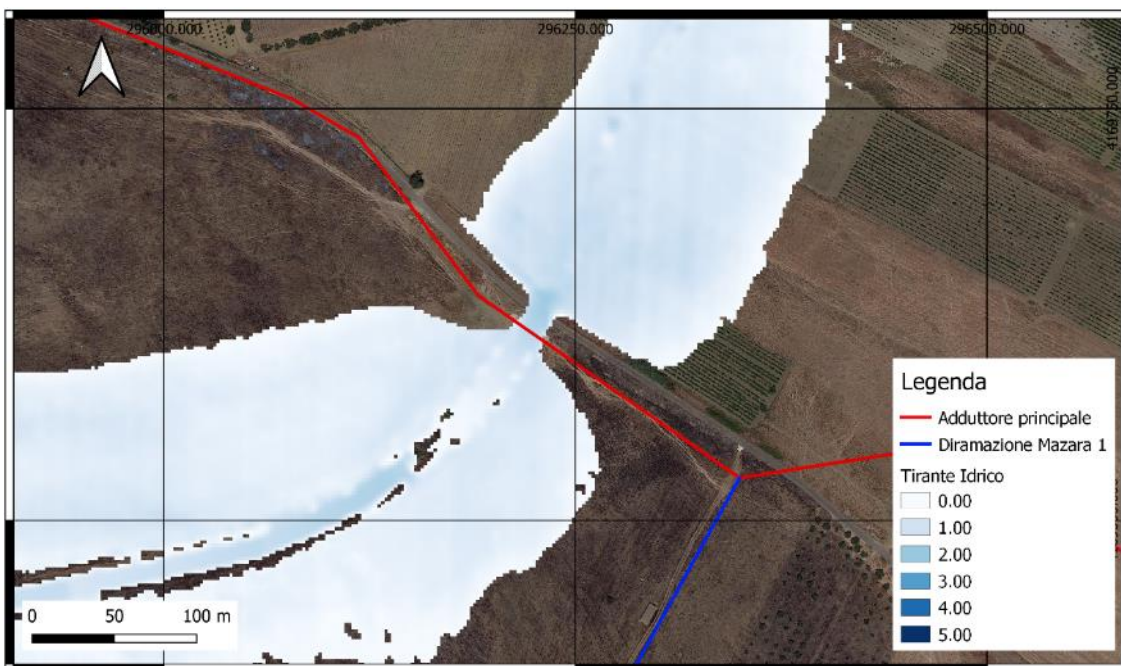


Figura 152 – Allagamento conseguente alla portata T100 del torrente San Giovanni

1.1.1.24. Torrente San Giovanni T200

In Figura 153, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

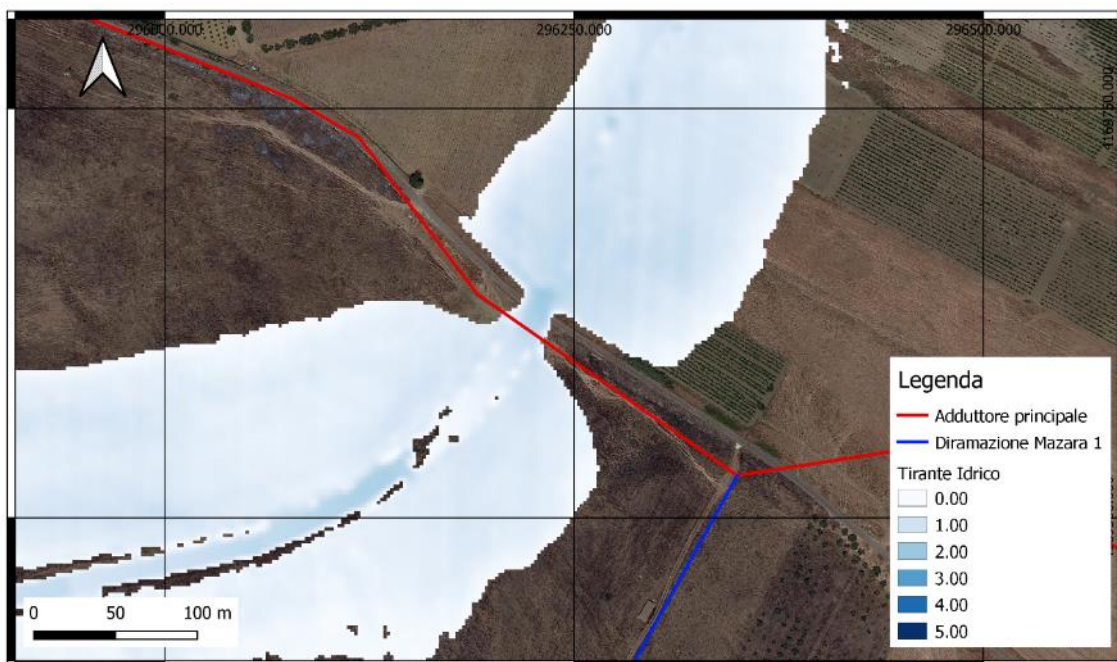


Figura 153 – Allagamento conseguente alla portata T200 del torrente San Giovanni

1.1.1.25. Torrente San Giovanni T300

In Figura 154, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

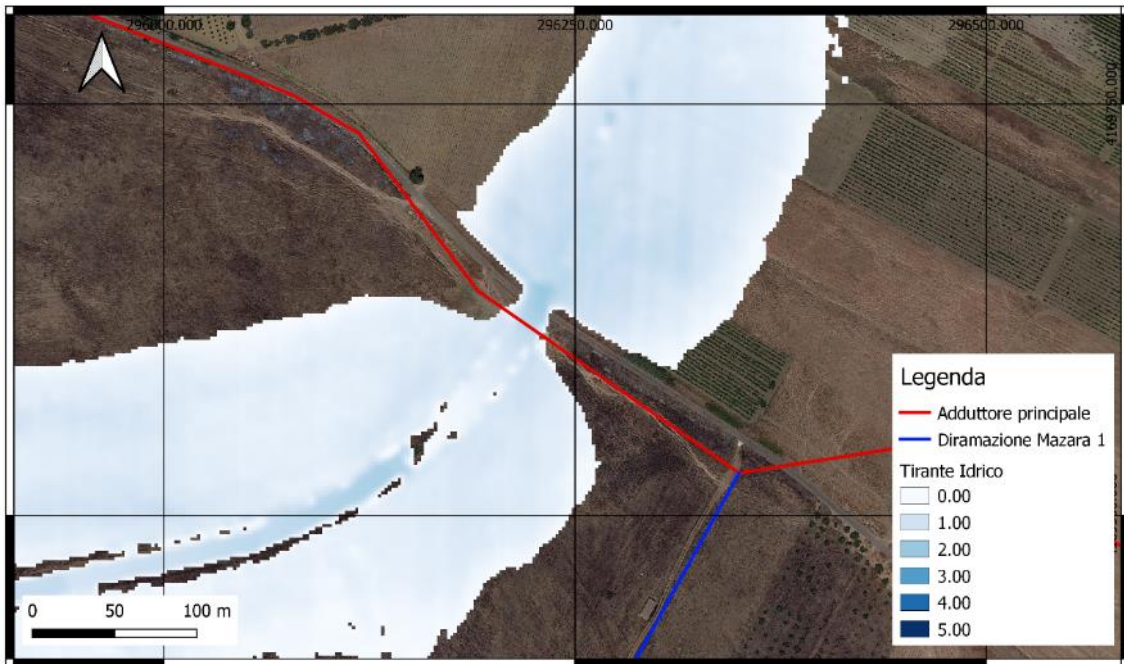


Figura 154 – Allagamento conseguente alla portata T300 del torrente San Giovanni

Il grafico in Figura 155, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

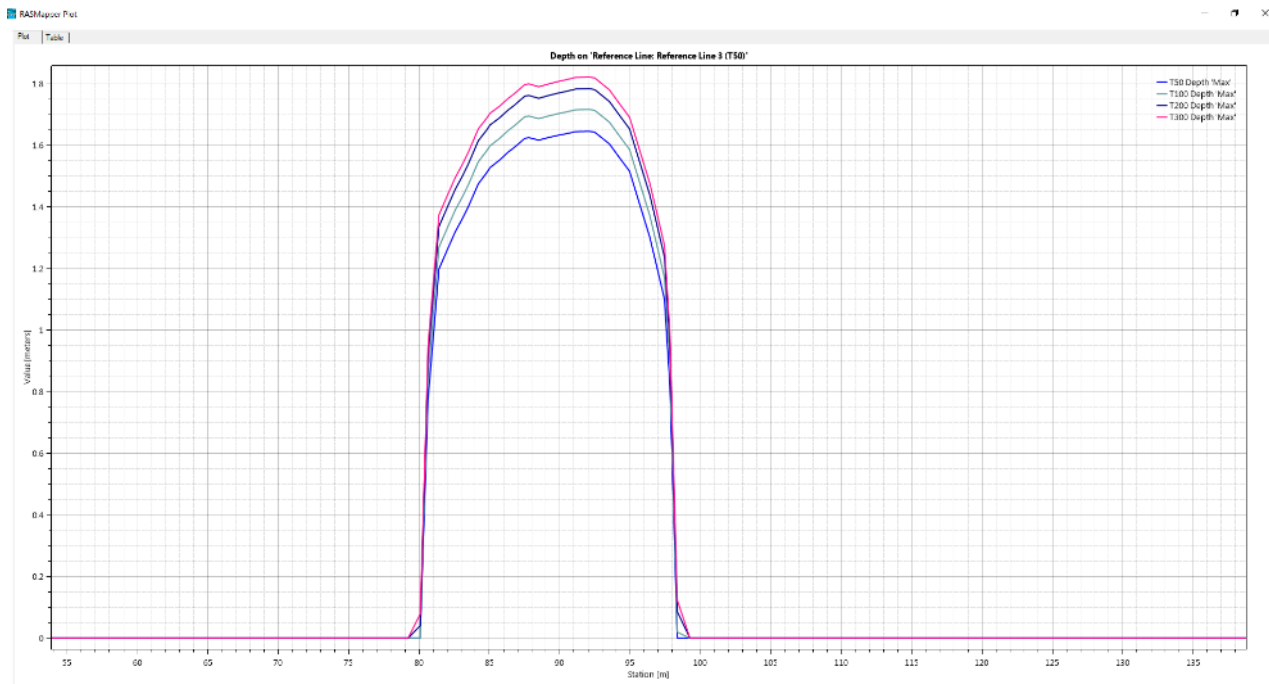


Figura 155 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – torrente San Giovanni

6.4.11. Simulazioni Idrauliche affluenti torrente San Giovanni

La simulazione riguarda due piccoli affluenti del fiume San Giovanni che provengono dalla località Contrada del Celso e dalla Masseria Saporito.

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 152 - Dataset simulazione affluenti torrente San Giovanni

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope M. Saporito	0.010126
Energy Slope Contr. del Celso	0.013066
Friction Slope	0.011200
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	1 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 min
Durata Simulazione	2 h

6.4.11.1. Affluenti torrente San Giovanni T50

In Figura 156, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

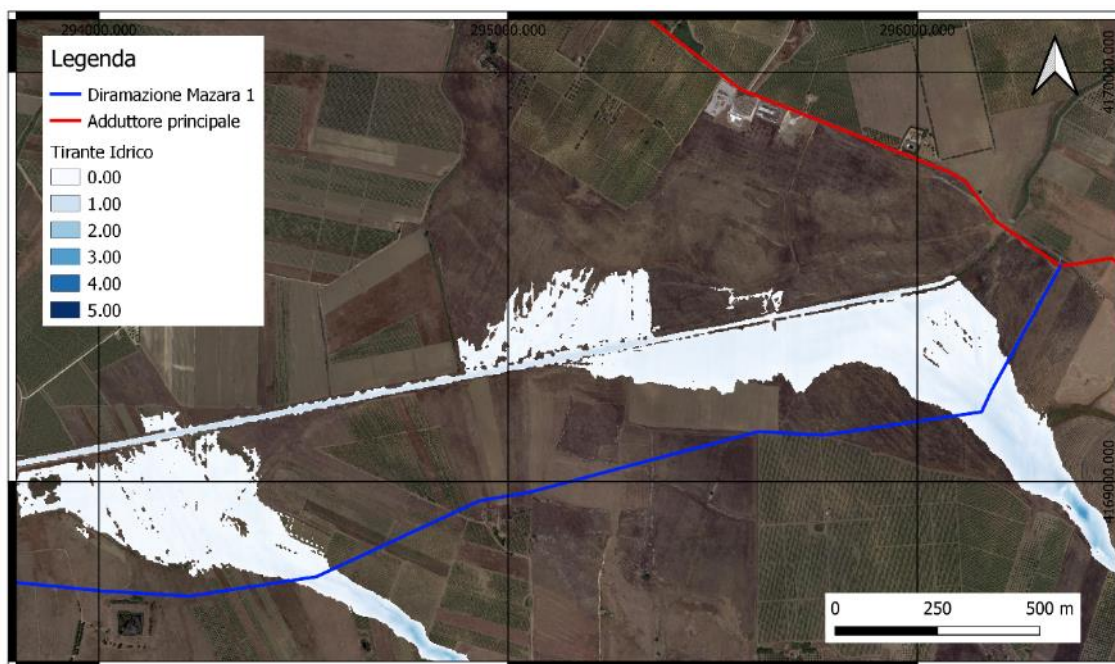


Figura 156 – Allagamento conseguente alla portata T50 degli affluenti torrente San Giovanni

1.1.1.3. Affluenti torrente San Giovanni T100

In Figura 157, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

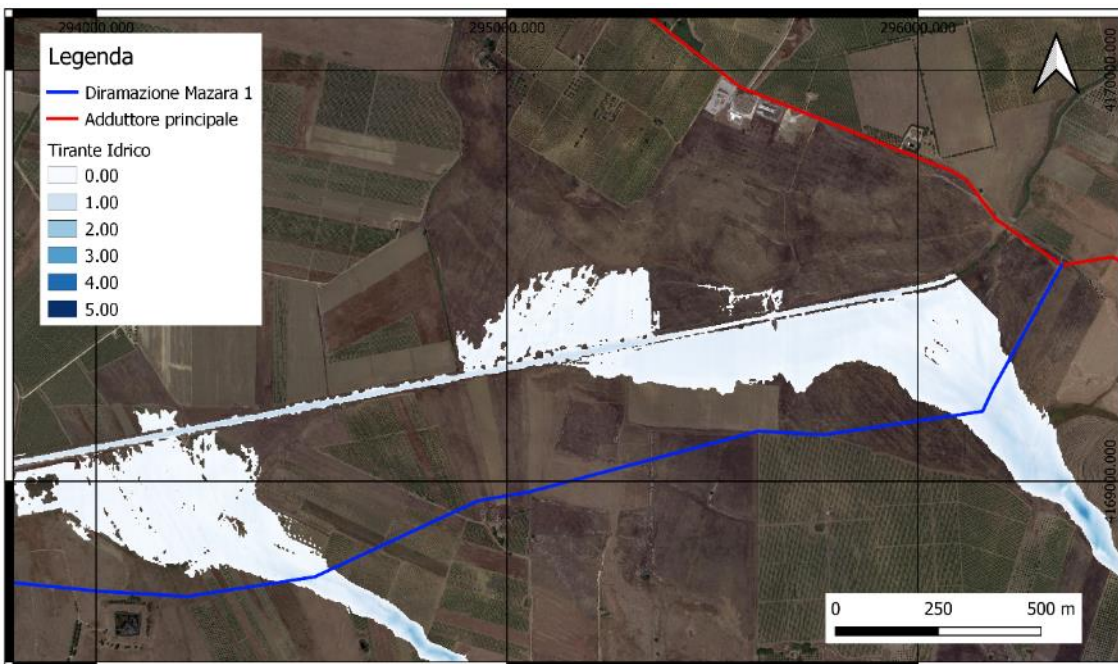


Figura 157 – Allagamento conseguente alla portata T100 degli affluenti torrente San Giovanni

1.1.1.26. Affluenti torrente San Giovanni T200

In Figura 158, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

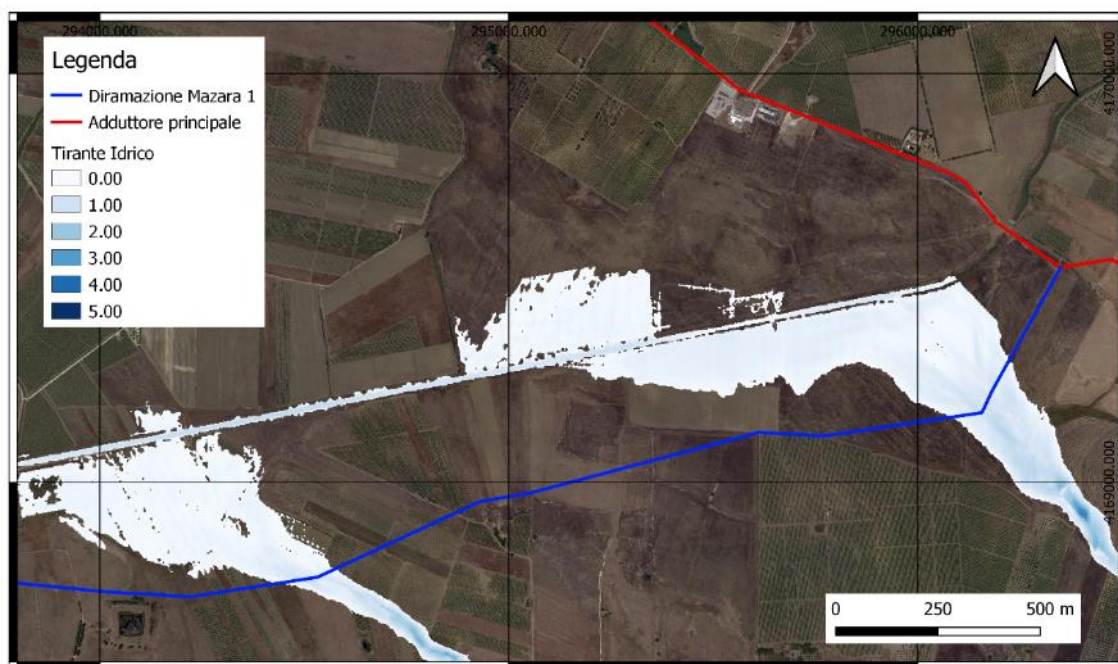


Figura 158 – Allagamento conseguente alla portata T200 degli affluenti torrente San Giovanni

1.1.1.27. Affluenti torrente San Giovanni T300

In Figura 159, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

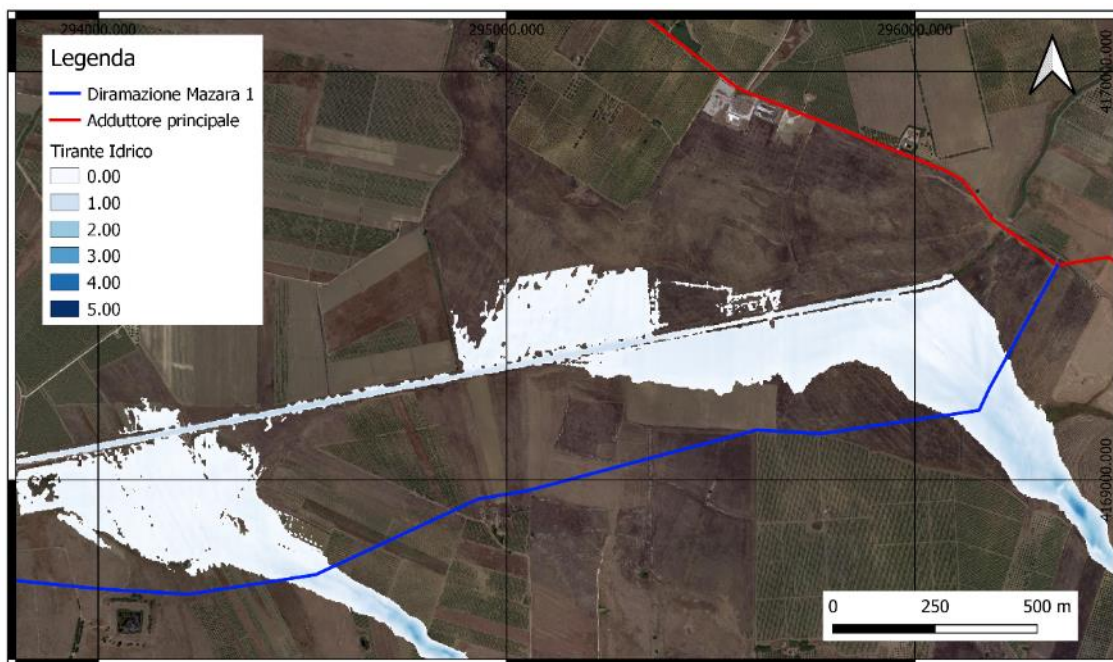


Figura 159 – Allagamento conseguente alla portata T300 degli affluenti torrente San Giovanni

Il grafico in Figura 160, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

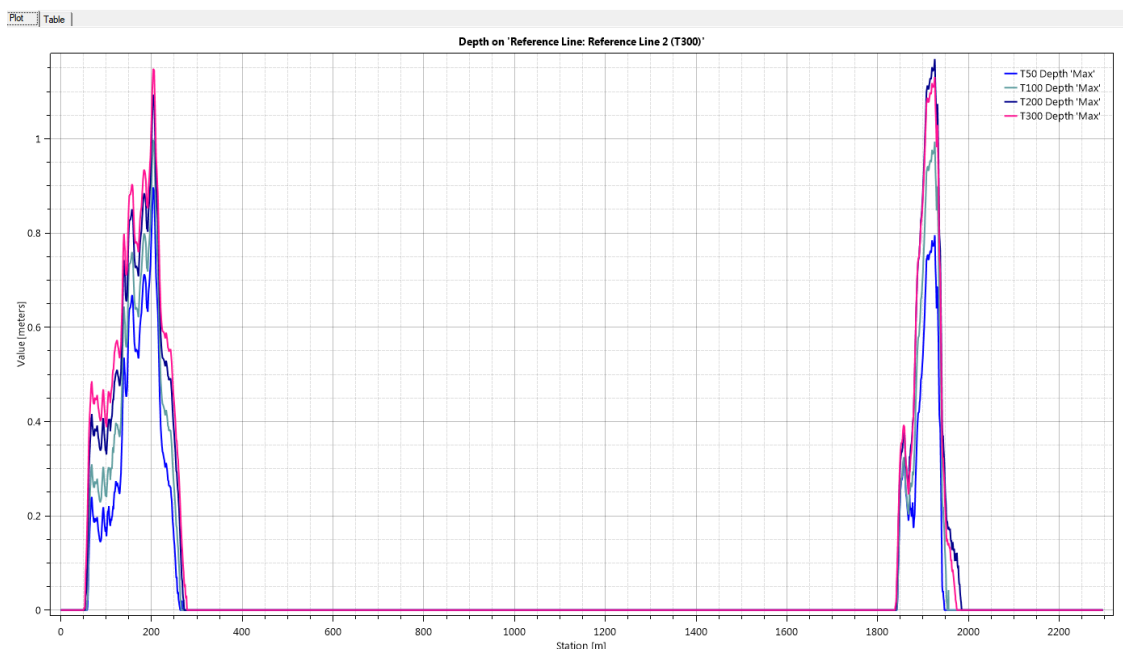


Figura 160 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – Affluenti torrente San Giovanni

6.4.12. Simulazioni Idrauliche Fiume Delia e fossi minori

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 153 - Dataset simulazione fiume Delia

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope Delia	0,002034
Energy Slope Fosso laterale Delia	0.003066
Energy Slope torrente Contr. del Piano	0.011000
Friction Slope	0,002405
Intervallo Computazionale	10 sec
Intervallo Output Mappa	1 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	5 h

6.4.12.1. Fiume Delia T50

In Figura 161, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

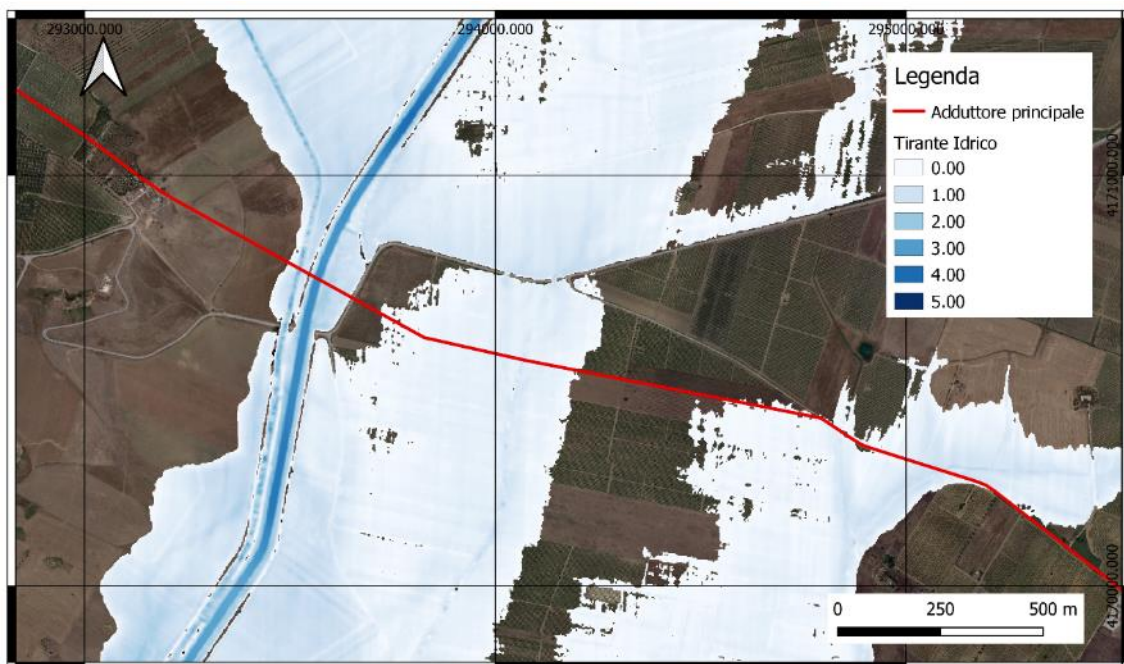


Figura 161 – Allagamento conseguente alla portata T50 del fiume Delia

1.1.1.4. Fiume Delia T100

In Figura 162, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

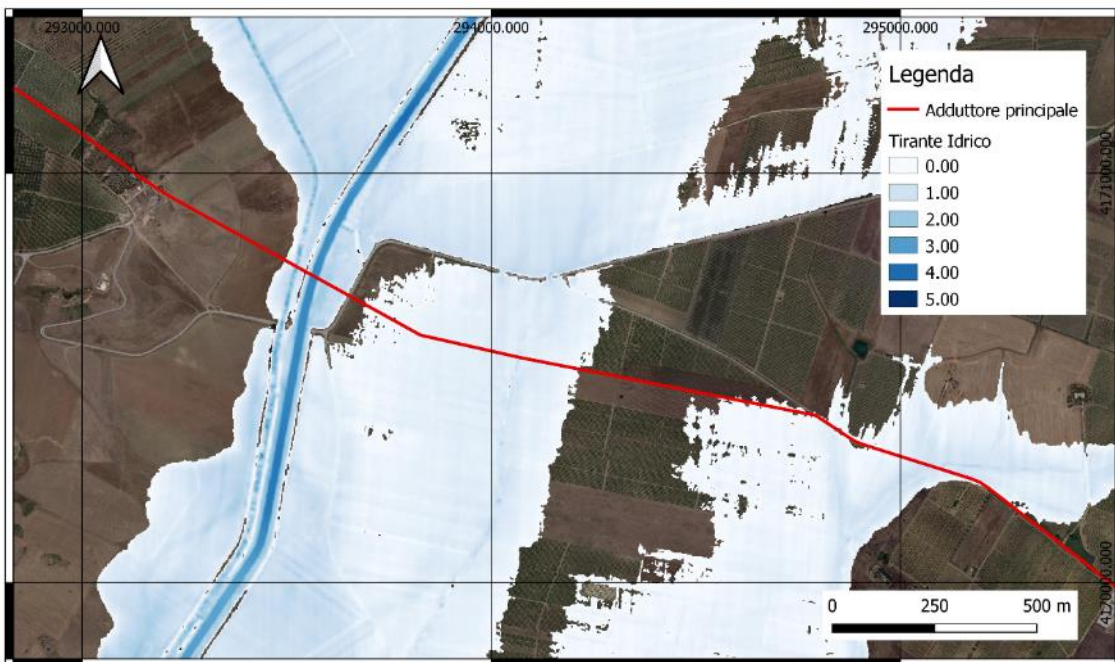


Figura 162 – Allagamento conseguente alla portata T100 del fiume Delia

1.1.1.28. Fiume Delia T200

In Figura 163, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

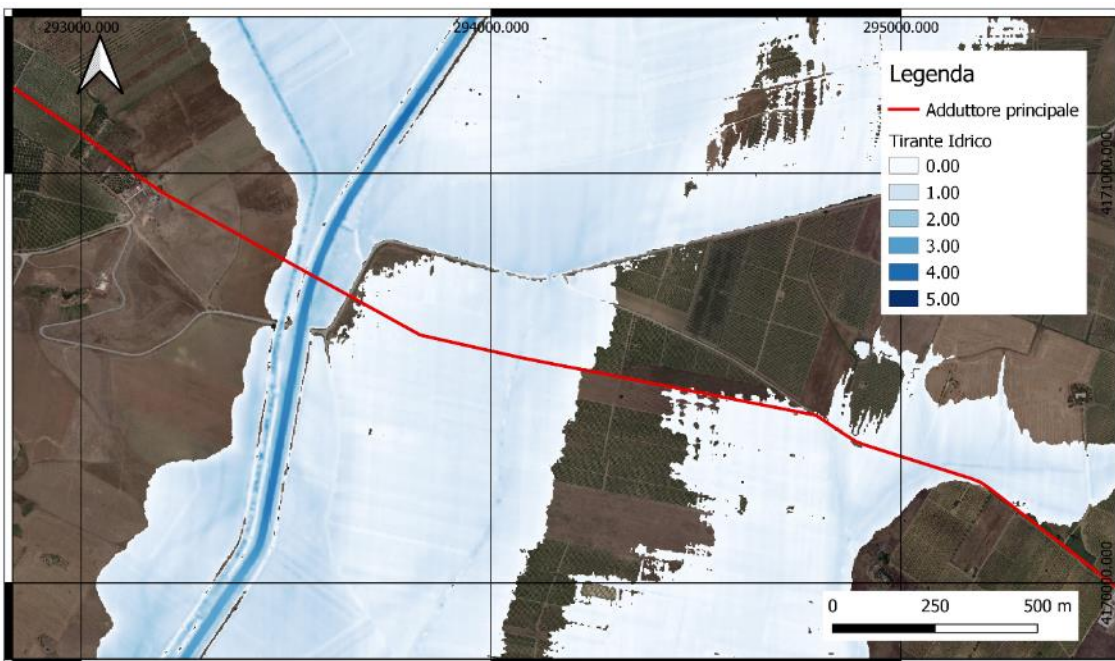


Figura 163 – Allagamento conseguente alla portata T200 del fiume Delia

1.1.1.29. ***Fiume Delia T300***

In Figura 164, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

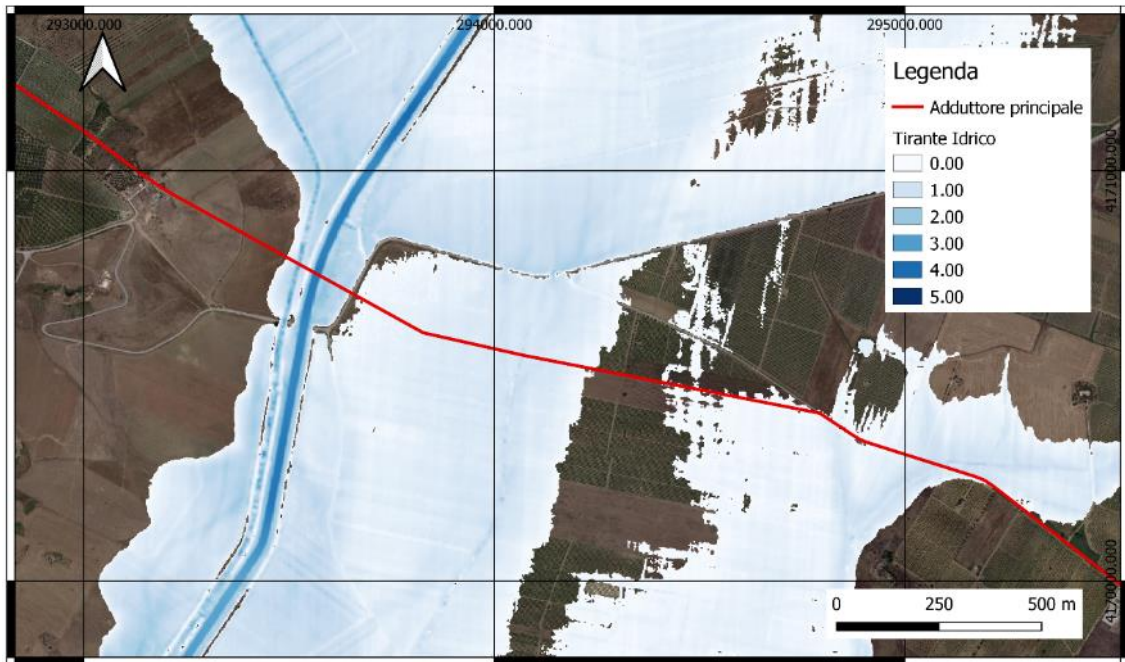


Figura 164 – Allagamento conseguente alla portata T300 del fiume Delia

Il grafico in Figura 165, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

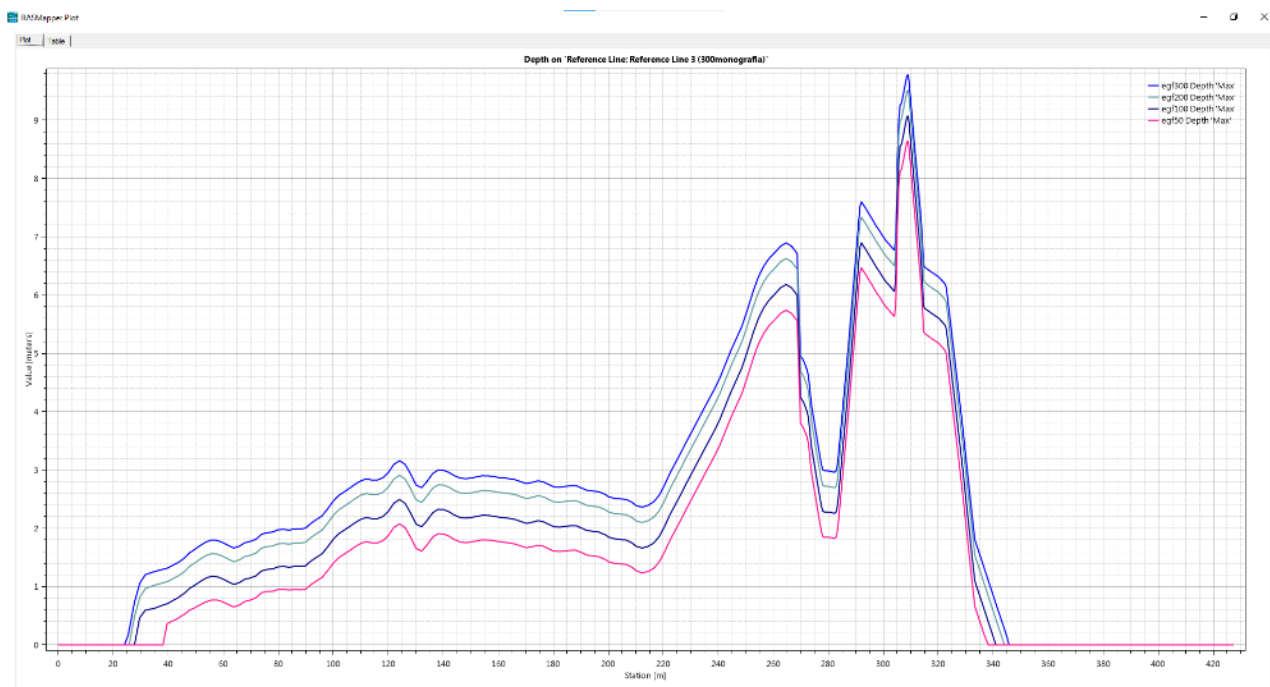


Figura 165 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – fiume Delia

6.4.13. Simulazioni Idrauliche Fiume Mazaro

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 154 - Dataset simulazione fiume Mazaro

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,000713
Friction Slope	0,003266
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	1 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	5 h

6.4.13.1. Fiume Mazaro T50

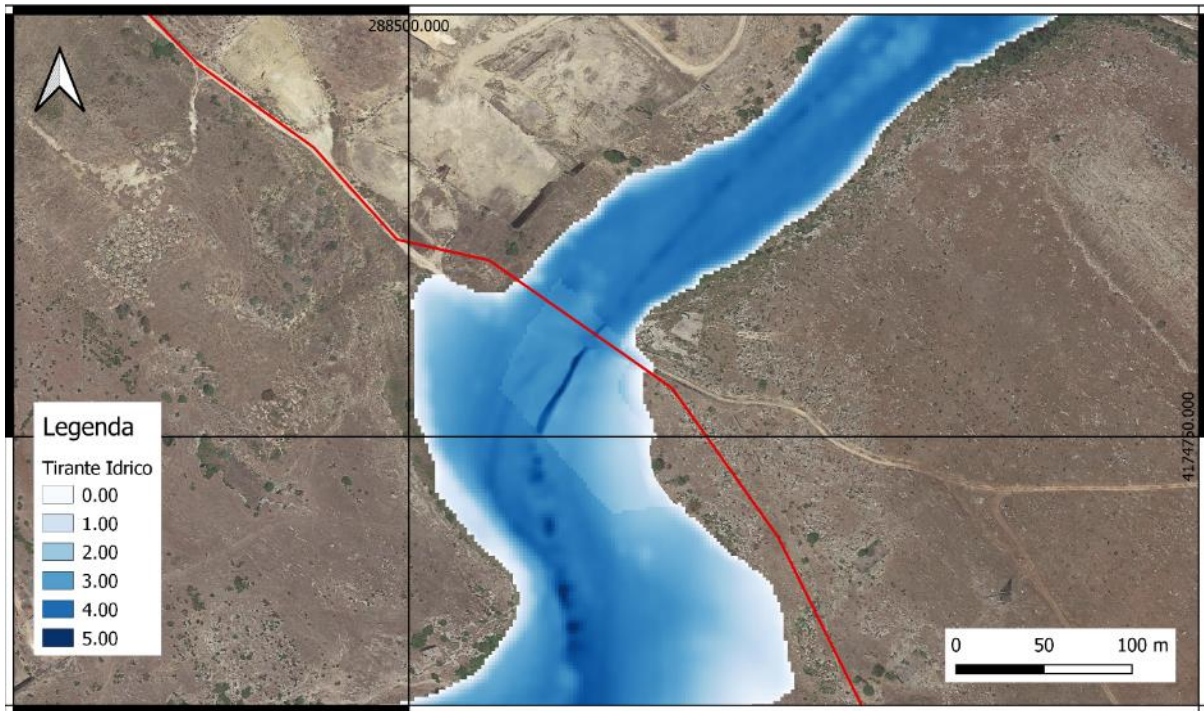
In Figura 166, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 166 – Allagamento conseguente alla portata T50 del fiume Mazaro

1.1.1.5. **Fiume Mazaro T100**

In Figura 167, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



1.1.1.30. **Fiume Mazaro T200**

In Figura 168, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

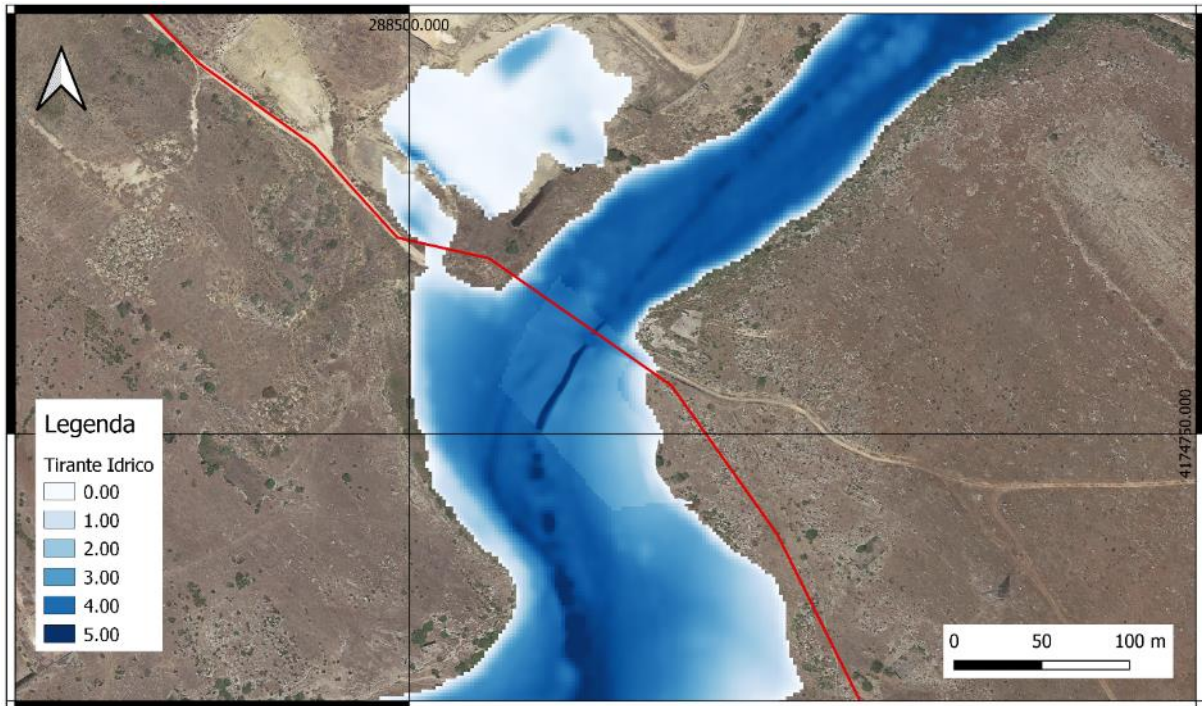


Figura 168 – Allagamento conseguente alla portata T200 del fiume Mazaro

1.1.1.31. Fiume Mazaro T300

In Figura 169, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.



Figura 169 – Allagamento conseguente alla portata T300 del fiume Mazaro

Il grafico in Figura 170, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

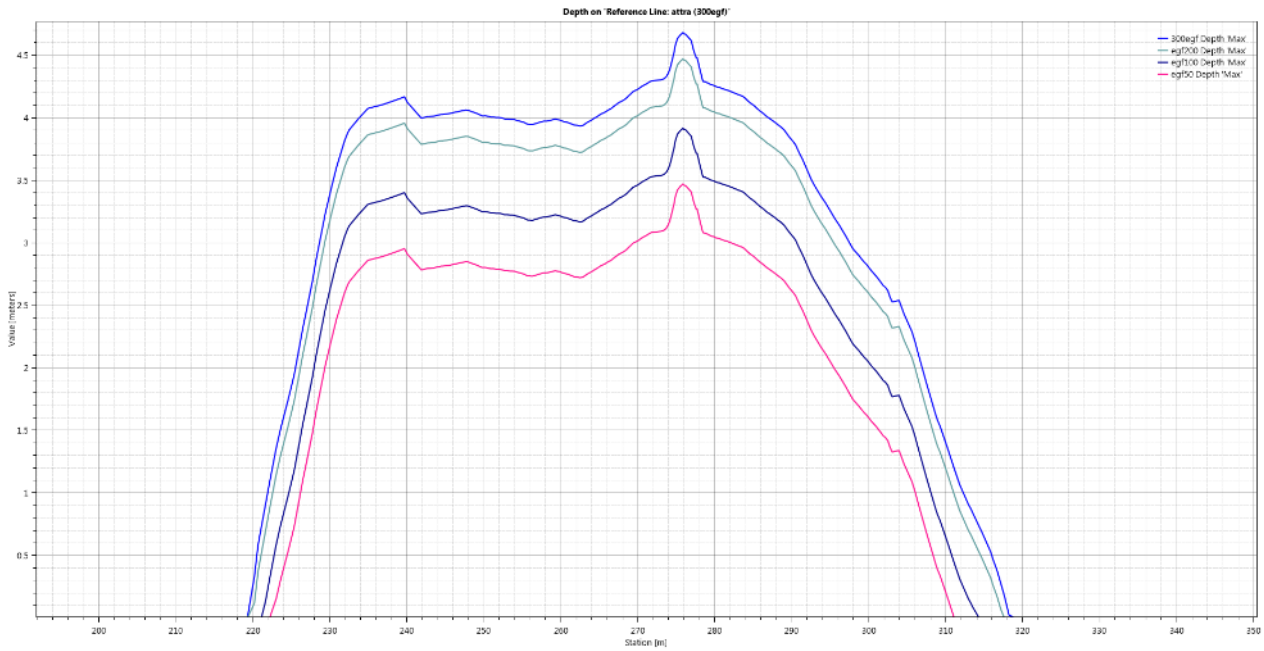


Figura 170 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – fiume Mazaro

6.4.14. Simulazioni Idrauliche Fiume Sossio

Si riportano di seguito i dati necessari per la simulazione idraulica e le informazioni sulla mesh di calcolo.

Tabella 155 - Dataset simulazione fiume Sossio

Cella di calcolo	5x5 m
Celle lungo le Forzanti	2x2 m - 3x3 m
Energy Slope	0,015485
Friction Slope	0,011194
Intervallo Computazionale	2 sec
Intervallo Output Mappa	1 min
Intervallo Output Idrogramma	1 min
Intervallo Output Dettagliato	1 h
Durata Simulazione	4 h

6.4.14.1. Fiume Sossio T50

In Figura 171, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un'immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

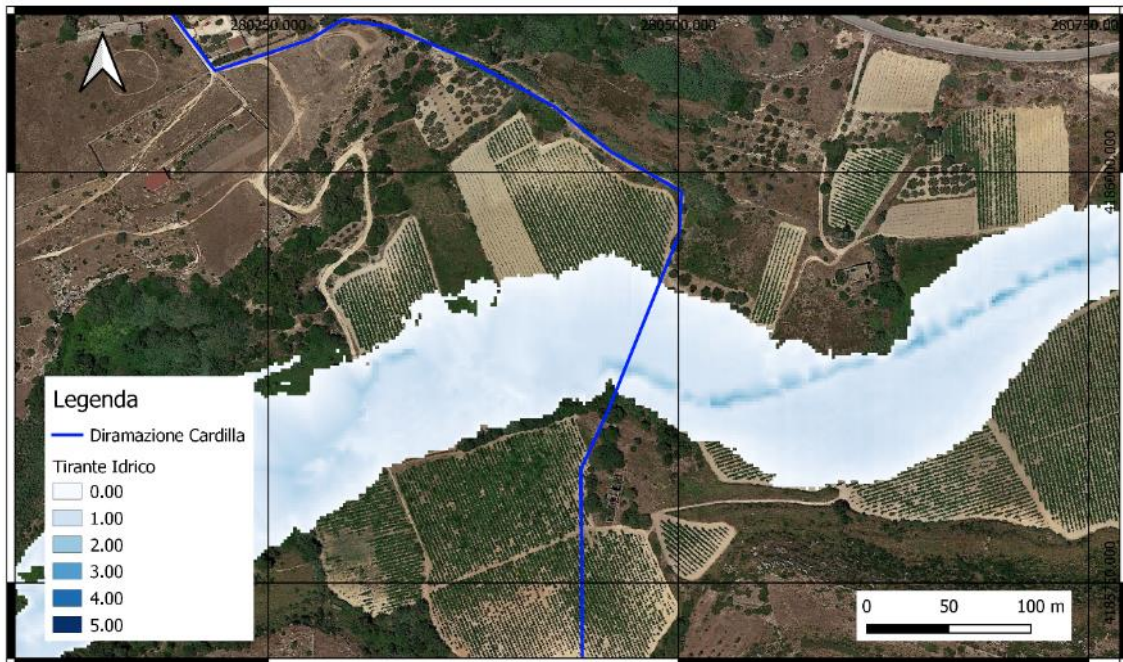


Figura 171 – Allagamento conseguente alla portata T50 del fiume Sossio

1.1.1.6. ***Fiume Sossio T100***

In Figura 172, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

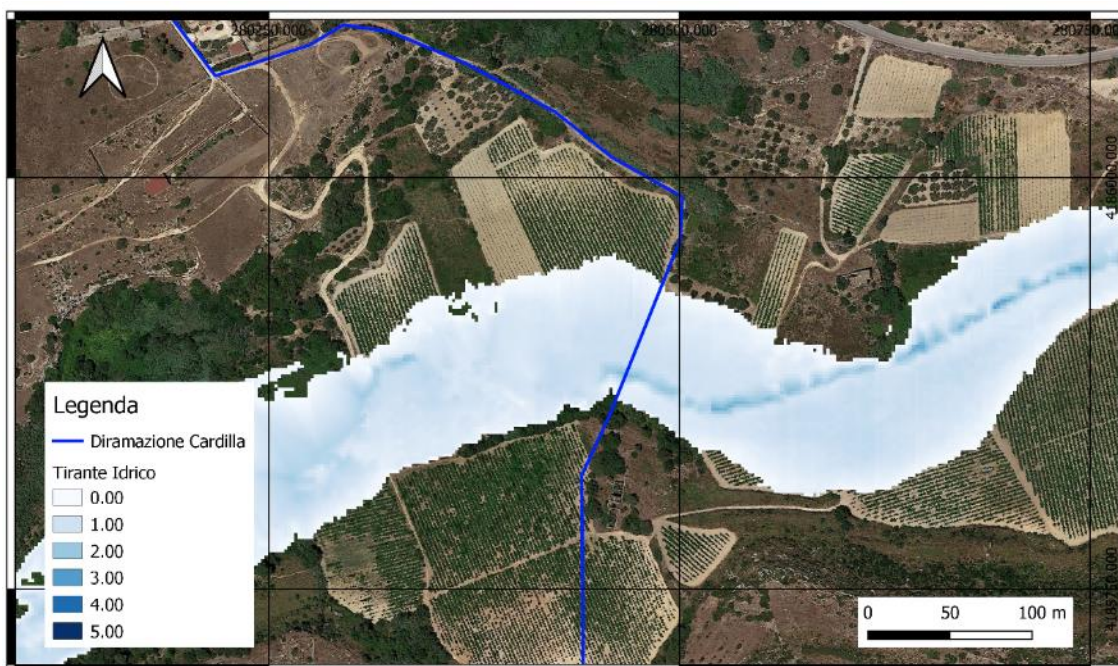


Figura 172 – Allagamento conseguente alla portata T100 del fiume Sossio

1.1.1.32. ***Fiume Sossio T200***

In Figura 173, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

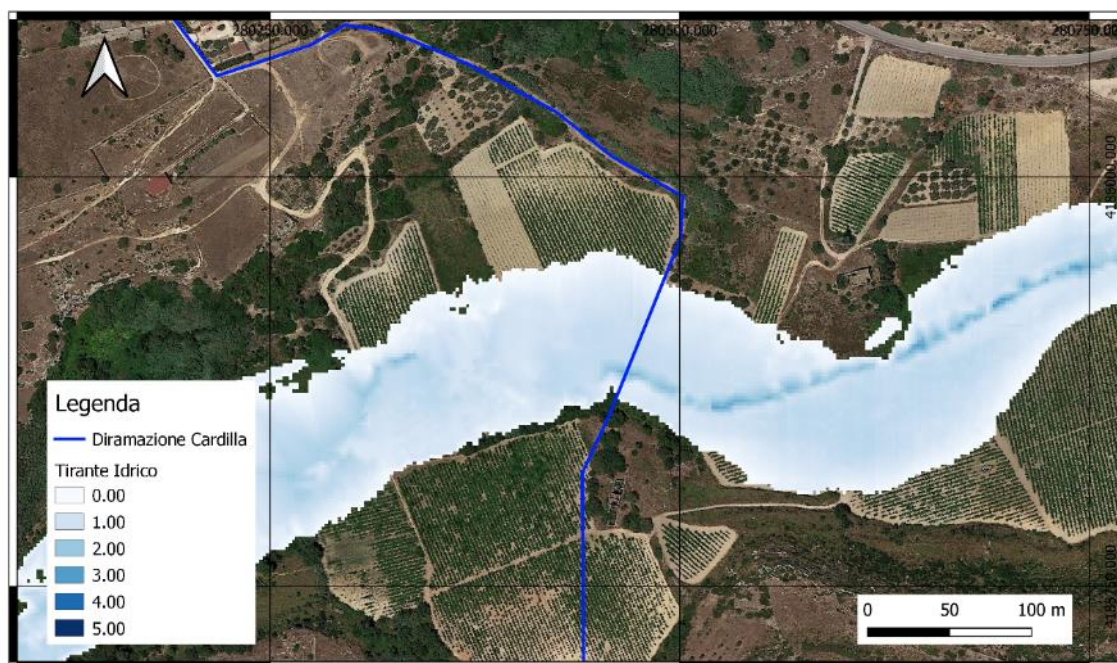


Figura 173 – Allagamento conseguente alla portata T200 del fiume Sossio

1.1.1.33. Fiume Sossio T300

In Figura 174, viene riportato l'allagamento prodotto dalla diffusione dell'onda di piena sovrapposta a un immagine satellitare (Google Satellite), per meglio apprezzare l'allagamento in funzione dello stato dei luoghi.

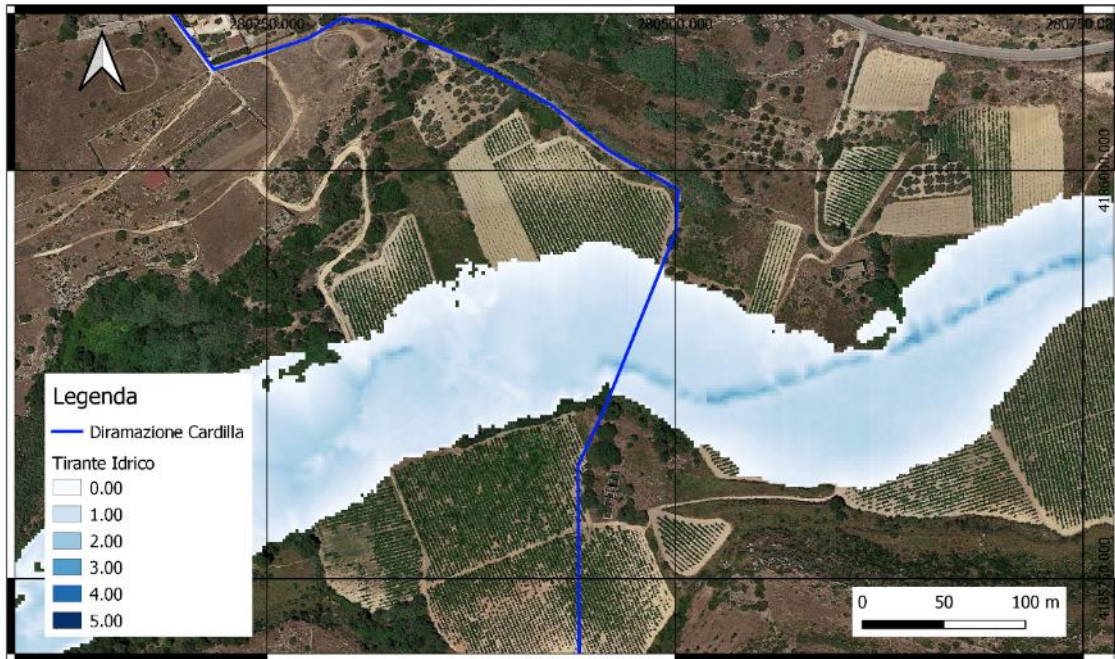


Figura 174 – Allagamento conseguente alla portata T300 del fiume Sossio

Il grafico in Figura 175, mostra l'andamento dei tiranti idrici lungo la sezione di attraversamento del corso d'acqua, per i quattro tempi di ritorno studiati. Si può inoltre individuare la larghezza allagata dell'alveo.

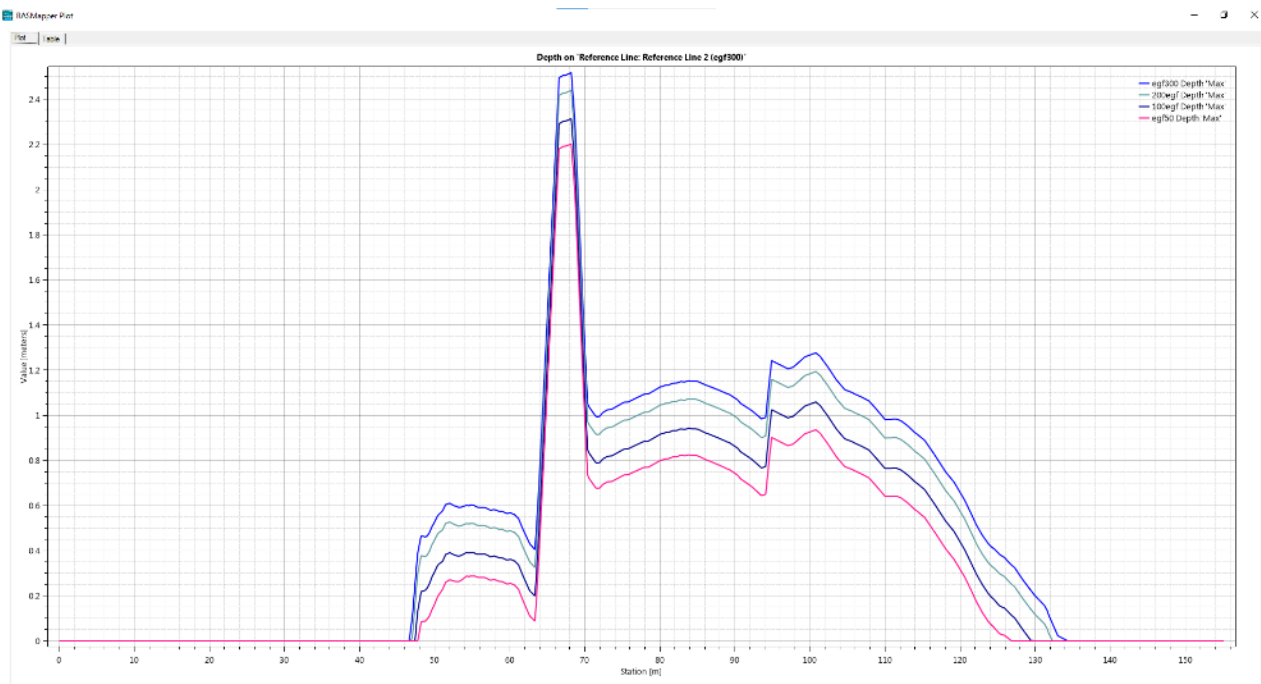


Figura 175 - Grafico contenente le altezze dei tiranti idrici per i 4 tempi di ritorno alla sezione di attraversamento – fiume Sossio

7. DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELL'ALVEO

Il calcolo della larghezza dell'alveo è stato condotto scegliendo il maggiore dei risultati derivanti dall'applicazione delle due norme vigenti, ovvero le:

- *"Prime direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art.96, lettera f, del R.D.523/1904"*, emanate dalla Regione Siciliana. L'ampiezza dell'alveo, è determinata per ogni sezione del corso d'acqua a partire dai risultati della modellazione idraulica per un evento di piena di tempo di ritorno T di 100 anni, così come prescritto dal D.S.G. n.189/2020. A questa dimensione va aggiunta la fascia di rispetto di pertinenza fluviale, che rappresenta l'area da sottoporre alle limitazioni d'uso. In questa fascia larga 10 metri oltre la linea di allagamento corrispondente a T=100 non possono essere realizzati manufatti.
- *Norme Tecniche per le Costruzioni (Capitolo 5.1.2.3 – Compatibilità Idraulica)*: l'alveo fluviale è corrispondente alla sezione occupata dal deflusso della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

Per ogni corso d'acqua attraversato, l'area di pertinenza fluviale è stata valutata come la superficie delimitata dal luogo dei punti formati dalla delimitazione della piena di T200 o T100 più 10 metri in destra e in sinistra idraulica, scegliendo il maggiore dei risultati ottenuti.

In Figura 176 è riportata a titolo d'esempio l'area di allagamento e il buffer di 10 metri relativo alla limitazione d'uso per la pertinenza fluviale del Sossio.



Figura 176 - Area allagata per Q100 con buffer di 10 metri, relativo alla fascia di pertinenza fluviale.

Nella Tabella 156 sono riportati per ogni corso d'acqua i risultati delle determinazioni e la larghezza della pertinenza fluviale scelta per il dimensionamento delle opere.

Tabella 156 - Tabella riepilogativa con la larghezza della fascia di pertinenza fluviale delle diverse sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua

Corso d'Acqua	Larghezza T100 + 20m [m]	Larghezza T200 [m]	Pertinenza Fluviale [m]
Cavarretto	48,00	28,00	48,00
Cava del serpente	40,00	20,00	40,00
Finocchio	35,00	15,20	35,00
Gurra Finocchio	43,00	24,00	43,00
Fosso Ravida	42,00	22,50	42,00
C. Case Nuove	30,60	11,30	30,60
Belice	334,00	320,00	334,00
Fosso Dimina	43,00	24,00	43,00
Modione	45,50	36,50	45,50
San. Giovanni	38,50	19,00	38,50
Delia	335,00	320,00	335,00
Mazaro	120,00	105,00	120,00
Sossio	98,00	85,50	98,00
Fosso San Giovanni (C. Celso)	245,00	225,00	245,00
Fosso San Giovanni (Mass.a Saporito)	120,00	118,00	120,00

8. VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEI CORPI IDRICI

L'autorizzazione Idraulica Unica è uno strumento operativo volto a garantire il buon regime delle acque pubbliche finalizzato al mantenimento delle condizioni di sicurezza e di qualità ambientale del territorio.

Gli attraversamenti dei corsi d'acqua possono essere realizzate solo dopo il completamento del processo di Autorizzazione Idraulica Unica che termina con l'ottenimento del nulla-osta idraulico, avendo verificato la compatibilità idraulica delle opere.

I requisiti per l'ottenimento della compatibilità idraulica sono riportati all'interno delle N.T.C. 17/01/2018 (C.5.1.23) e nel D.S.G. n.50/2021 Cap. 6 "Autorizzazione Idraulica Unica". Questi sinteticamente sono:

- non interessare la sezione del corso d'acqua;
- non interessare i corpi arginali;
- non interessare le aree di pertinenza fluviale (come definita al capitolo 7).

e nel caso di attraversamento aerei:

- presentare un franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, di almeno 1,50 metri rispetto al tirante idrico corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni.
- qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla non deve essere inferiore a 40 metri.

Le condizioni citate sono state prese come riferimento per la progettazione degli attraversamenti, scegliendo per ogni corso d'acqua la soluzione tecnica che meglio si adatta al contesto.

Bisogna infatti rammentare che la scelta del tipo di attraversamento è vincolato:

- al deflusso sotterraneo delle acque;
- alla morfologia e la geologia dei luoghi;
- alla lunghezza degli attraversamenti;
- alla presenza di vincoli: paesaggistici, archeologici, idraulici.;
- alle opere già presenti sul territorio.

Dallo studio geologico si evince che lungo il tracciato dell'Acquedotto, la circolazione idrica nel sottosuolo si sviluppa particolarmente nell'ambito degli acquiferi superficiali.

Nelle aree di fondovalle dei principali corsi d'acqua da attraversare, esiste una falda idrica di tipo subalveo, contenuta entro il mantello dei terreni sciolti alluvionali e sopportata a sua volta dal sottostante basamento di litotipi argillosi.

Inoltre a causa di fenomeni di esondazione degli alvei, legati alle abbondanti precipitazioni meteoriche, buona parte dei terreni presenti nelle immediate vicinanze degli stessi (di natura argilloso – limosa), si trovano spesso in condizioni di elevata saturazione e mostrano conseguentemente una falda che permane per parecchi mesi a piano campagna.

Le caratteristiche geo-meccaniche dei terreni incontrati (terreni sciolti alluvionali privi di coesione, permeabili e con scarse proprietà meccaniche) e l'orografia del territorio dove gli alvei si presentano con sponde profonde e acclivi, non sono risultate compatibili alla realizzazione di sistemi di scavo con tecnologia No-Dig.

Pertanto da quanto sopra esposto si è ritenuto idoneo realizzare gli attraversamenti dei principali corsi d'acqua in aereo.

8.1. Attraversamenti di tipo aereo

La soluzione dell'attraversamento aereo è stata adottata nei seguenti casi:

- torrente Cavarretto;
- torrente Cava del Serpente;
- torrente Finocchio e Gurra Finocchio;
- torrente Casenuove;
- fiume Belice e Modione;
- torrente San Giovanni;
- fiume Mazaro;
- fiume Sossio.

Gli attraversamenti aerei sono realizzati con ponti ad una o più campate, costituiti da strutture intelaiate a doppio arco in acciaio.

La struttura metallica è appoggiata alle estremità su spalle in c.a. fondate su pali (in presenza di argille, sabbie e limi) o con fondazioni di tipo superficiale (in presenza di calcarenite).

Lo studio idraulico ha reso disponibile il dato relativo alle lunghezze necessarie per effettuare gli attraversamenti e sono stati dimensionati due impalcati di lunghezza 50 metri e 70 metri.

La lunghezza di ogni attraversamento è ottenuta dalla combinazione di uno o più moduli, delle lunghezze anzidette.

In caso di attraversamenti multi-campata gli appoggi intermedi sono stati realizzati con pile in c.a. fondate su pali, sormontate da un pulvino di appoggio della struttura metallica. La tubazione è vincolata su selle munite di rulli e, all'estremità sono previsti giunti compensatori che consentono il movimento assiale del tubo dovuto alle variazioni termiche.

Tutti sono stati progettati per assicurare:

- che il franco idraulico tra la portata della piena con tempo di ritorno 200 anni sia superiore a 1,50 m;
- che le opere di appoggio si trovino al di fuori della fascia di pertinenza fluviale;
- che le opere di sostegno centrali realizzate all'interno dell'alveo, possiedano una luce netta non inferiore a 40 metri.

In Figura 177 è riportato come esempio il profilo dell'attraversamento aereo del torrente Cavarretto.

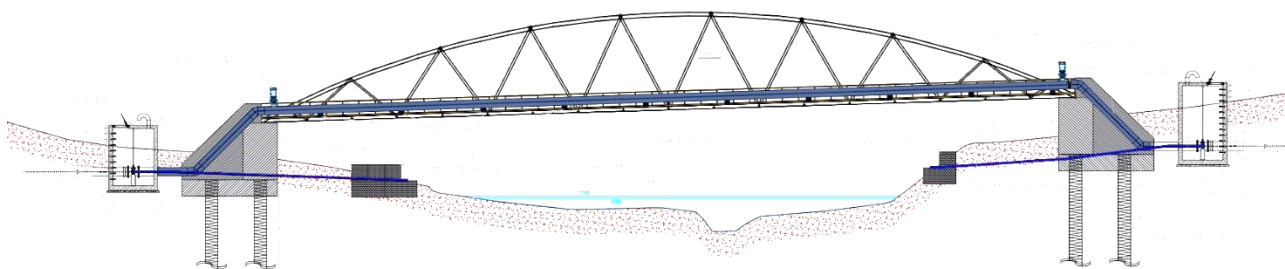


Figura 177 - Profilo dell'attraversamento aereo del torrente Cavarretto

Nella Tabella 157 vengono riassunte le caratteristiche degli attraversamenti aerei progettati. Gli elaborati architettonici dei singoli attraversamenti, sono riportati all'interno della classe di progetto 3.4.9, così come riportato nella tabella.

Tabella 157 - Caratteristiche riassuntive degli attraversamenti di tipo aereo

Corso d'Acqua	Campata	Numero Campate	Lunghezza attraversamento [m]	Pertinenza fluviale [m]	Franco di sicurezza (T200) [m]	Elaborato
Cavarretto	50.00	1	50.00	48.00	4,70	3.4.9.1
Cava del Serpente	70.00	1	70.00	40,00	4,00	3.4.9.2
Finocchio	70.00	1	70.00	35.00	5,50	3.4.9.3
Gurra Finocchio	50.00	1	50.00	43.00	2,00	3.4.9.4
C. Case Nuove	50.00	1	50.00	30,60	2,90	3.4.9.5
Belice	50.00	6	350.00	334.00	2,90	3.4.9.6
Modione	50.00	1	50.00	45,50	1,50	3.4.9.7
San. Giovanni	50.00	1	50.00	38,50	1,50	3.4.9.8
Mazaro	70.00	2	140.00	120,00	3,00	3.4.9.9
Sossio	50.00	2	100.00	98.00	3,50	3.4.9.10

Come è possibile apprezzare dalla Tabella 157 e dagli elaborati di grafici di dettaglio, gli attraversamenti aerei sopra riportati risultano verificare i requisiti necessari per ottenere il nulla-osta idraulico.

8.2. Attraversamento in Toc

Le presenza di alte arginature e la vasta area allagata nella piana del fiume Delia ha condotto alla scelta di una tecnologia di attraversamento no-dig, la TOC, compatibile con il deflusso sotterraneo delle acque. In questo caso, infatti, operando una TOC si ha la possibilità di realizzare un profilo curvo dell'attraversamento, tale da raggiungere profondità dell'ordine delle decine di metri al di sotto del fiume. I terreni argillosi della zona facilitano la trivellazione, limitando anche il quantitativo di fanghi bentonitici da utilizzare.

L'utilizzo della tecnologia TOC consente la posa di tubazioni sotterranee flessibili, per l'attraversamento di strade, ferrovie, fiumi, canali, centri urbani, evitando così lo scavo a cielo aperto. Essa permette di posare le tubazioni alle profondità volute, nelle posizioni più protette, svincolandosi da problematiche legate alle difficoltà

di scavo e dal livello di falda. Questo grazie alla possibilità di direzionare la perforazione seguendo traiettorie curvilinee per evitare gli ostacoli presenti nel soprassuolo o sottosuolo.

Il dimensionamento della TOC riguarda la determinazione del profilo di trivellazione tra il punto di entrata e di uscita (scelta degli angoli di entrata ed uscita della trivellazione), la determinazione del raggio di curvatura e della "overbend" necessaria per l'infilaggio e il tiro-posa della tubazione.

8.2.1. *Descrizione della tecnologia T.O.C.*

Le operazioni di posa in opera delle tubazioni flessibili mediante tecnologia della trivellazione orizzontale controllata si dividono in 3 fasi principali:

- a) l'esecuzione del foro pilota;
- b) l'alesatura del foro pilota;
- c) il tiro della condotta.

Il foro pilota viene realizzato da una trivella posta all'estremità dell'asta di perforazione, che effettua un'azione di taglio del terreno; il taglio meccanico del terreno è fornito da una trivella azionata da un motore, mentre il taglio idraulico da una lancia di perforazione a getti. Il foro pilota può intendersi completato quando le aste escono in superficie nel punto previsto dove viene posta in opera una campana allo scopo di contenere eventuali fuoriuscite di fanghi bentonitici. Successivamente viene aspirato il contenuto della campana mediante pompe sommerse e trasportato al sistema di separazione in cantiere, evitando in tal modo, eventuali dispersioni nell'area di cantiere.

Per il corretto avanzamento e direzione della perforazione è necessario assicurare: (i) la stabilità e la coibentazione delle pareti del foro o della testa di perforazione per evitare il collasso; (ii) la minimizzazione degli attriti di ostacolo all'avanzamento della testa di perforazione e delle aste di spinta (anche con riduzione della viscosità); (iii) l'efficiente asportazione dal foro del materiale rimosso dalla testa.

Per garantire quanto sopra descritto viene pompato, all'interno delle aste cave di perforazione, un fango bentonitico biodegradabile. Il fluido, saturando il vano creato dalla perforazione (scorrendo entro il foro in senso contrario alla perforazione), riemerge portando con sé i residui del materiale di fresatura.

L'alesatura del foro pilota consiste nell'allargamento dello stesso per mezzo di un alesatore del diametro adeguato alle dimensioni della condotta da posare. L'alesatore ed i relativi accessori sono fissati alla batteria di aste di tiro nel punto di uscita, che viene fatto ruotare e contemporaneamente viene tirato dal ring di perforazione, allargando in questo modo il foro pilota. Man mano che l'alesatore procede vengono assemblate dietro di esse nuove aste di tiro, per garantire la continuità all'interno del foro. La macchina di trivellazione tira quindi progressivamente l'utensile verso il punto di ingresso, continuando ad iniettare fango dentro le aste.

Il tiro della condotta consiste nel tirare la condotta all'interno del foro del cavo mediante il tiro della condotta stessa con le apposite aste e si potrà procedere, quindi, alla sua posa in opera mediante il tiro della stessa all'interno del foro alesato.

Il fango bentonitico viene usato come fluido di perforazione in quanto, dosato opportunamente, ha molteplici funzioni: (i) effettuare il taglio idraulico del terreno, disgregandolo grazie all'energia cinetica accumulata, (ii) ridurre gli attriti nella fase di trivellazione e nella fase di tiro posa della condotta, (iii) mantenere in sospensione i materiali fini trasportandoli in parte verso la superficie, (iv) contribuire alla stabilizzazione del foro sia

penetrando nella porosità e miscelandosi al terreno, sia contribuendo ad aumentare la spinta idrostatica, (v) evitare il surriscaldamento di tutti gli organi soggetti ad attrito (trivella a fanghi, lancia di perforazione, alesatori, snodo, etc.), (vi) garantire il galleggiamento controllato (all'interno del foro) della condotta nella fase tiro-posa.

Per la realizzazione delle fasi di lavorazione sopra elencate vengono svolte le seguenti attività:

- preparazione, in una vasca metallica a tenuta stagna, di fanghi bentonitici, prelevando i componenti all'interno di vasche metalliche a tenuta (acqua e fango bentonitico);
- stoccaggio dei fanghi precedentemente preparati in apposita vasca metallica a tenuta stagna, facenti parte del macchinario TOC;
- pompaggio dei fanghi mediante le aste (cave di trivellazione);
- recupero dei fanghi di ritorno misti a materiale proveniente dalla trivellazione nella vasca facente parte del macchinario TOC. Fango e detriti di scavo di ritorno viaggiano nell'intercapedine tra le aste di perforazione e la parete interna del foro scavato. La spinta è fornita sempre dalle pompe che inviano il fango in mandata all'interno delle aste cave di perforazione;
- i fanghi, bentonitici + detriti, vengono raccolti nell'unità di separazione che è in grado di separare meccanicamente i fanghi bentonitici dai materiali di risulta dello scavo;
- le attrezzature di separazione sono costituite da un sistema primario di vibrovagliature, un sistema di cicloni, un sistema di vagliature secondario;
- il materiale di risulta dello scavo viene stoccato nelle apposite vasche della macchina toc, che vengono frequentemente svuotate, caricando i materiali stessi su appositi autocarri e gestito ai sensi del D.lg. 152/06 parte II;
- i fanghi bentonitici riutilizzabili vengono periodicamente reimmessi in ciclo;
- i fanghi bentonitici non riutilizzabili (contenuto di sabbia >3% rovinerebbe le teste rotanti di fresatura) vengono caricati su idonei autocarri e gestiti ai sensi del D.lgs. 152/06 parte IV;
- in corrispondenza dell'ultima fase di tiro i fanghi residui verranno recuperati e gestiti ai sensi del D.lgs. 152/06 IV.

Il fango bentonitico è costituito da una miscela di acqua marina e bentonite (materiale biodegradabile composta da materiali argillosi), in proporzioni tali da garantire le appropriate caratteristiche fluido meccaniche di viscosità. La sostenibilità ambientale del fluido verrà conseguita utilizzando componenti ecocompatibili.

La miscelazione del fluido di preparazione viene effettuata nella vasca di miscelazione. La prima fase di miscelazione consiste nel riempire la vasca di miscelazione vuota con acqua. Quindi si aggiunge nella tramoggia la bentonite e si procede alla miscelazione con acqua. Una volta completata la miscelazione il fango viene pompato nella vasca di rifornimento e sarà quindi possibile iniziare un nuovo ciclo di misurazione. Il sistema per il fango è costituito da un serbatoio di stoccaggio, un'unità di riciclaggio ed una pompa di circolazione. Le unità sono collegate tra loro da tubi e condotte flessibili. Dopo la miscelazione il fluido di perforazione viene pompato al serbatoio di stoccaggio. Da qui la pompa di circolazione aspira il fango e lo trasporta all'attrezzatura e lo spinge lungo le aste di perforazione, attraverso tubi flessibili ad alta pressione. A seconda della fase di perforazione (foro pilota, alesatura o trazione del tubo e del tubo e dell'avanzamento) le portate vengono opportunamente variate.

I flussi di ritorno dal foro di trivellazione vengono pompati nell'unità di separazione, dove i detriti vengono separati ed il fluido di preparazione viene utilizzato. Il sistema di separazione detriti di scavo/fanghi bentonitici è composto da:

- un sistema primario, dotato di un sistema a vibrazione orbitale, con reti di idoneo mesh. Il desander ad idrocycloni è impiegato per separare particelle solide fino a 40-50 micron (sand) del fango che proviene dal vibrovaglio;
- un sistema desolter (combinato, installato a valle del desander) in grado di separare particelle solide ancora più fini del fango proveniente del desander. Il desolter è costituito da idrocycloni e serve a separare particelle solide ancora più fini del fango proveniente dal desander.

La sabbia ed il silt separato si raccolgono nella tramoggia inferiore. Il sistema così composto è in grado di separare i detriti di scavo dai fanghi bentonitici.

La scelta dei parametri di progetto, è stato eseguito, in accordo alla *Prassi di riferimento UNI/PdR 26.3:2017 "Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrato a basso impatto ambientale – Sistemi di perforazione guidata: Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)"*.

Nella Tabella 158, sono riportate le caratteristiche dell'attraversamento in TOC del fiume Delia che comprende anche l'adiacente affluente del fiume San Giovanni.

Tabella 158- Caratteristiche riassuntive degli attraversamenti in TOC

Corso d'Acqua	Sviluppo [m]	Raggio di curvatura [m]	Pertinenza fluviale [m]	Elaborato
Delia	418.00	1103	335.00	3.4.8.2

Non interessando direttamente la sezione del corso d'acqua e trovandosi all'esterno dell'area di pertinenza fluviale, l'opera così progettata risulta verificata in termini idraulici.

8.3. Attraversamenti con la tecnica dello Spingitubo

Lo spingitubo è una tecnologia no-dig consistente in una trivellazione orizzontale non guidata con successiva infissione dei tubi (controtubo o tubo camicia).

Come tutte le tecnologie no-dig permette la posa in opera di condotte interrato senza eseguire scavi a cielo aperto. La posa in opera mediante spingitubo evita in corso d'opera:

- interventi di demolizione e ripristino delle opere da sottopassare;
- interferenze con la viabilità stradale e/o ferroviaria;
- oneri aggiuntivi per il rallentamento e/o interruzioni delle viabilità e degli accessi;
- interruzioni e/o interferenza con i flussi delle vie d'acqua da sorpassare.

Per la realizzazione di tale tecnica di posa è indispensabile disporre di un'area libera lateralmente all'opera da sottopassare, in asse con la direzione dell'attraversamento.

Tale area di cantiere è destinata all'installazione delle attrezzature e, le sue dimensioni risultano variabili relativamente alle dimensioni della condotta da porre in opera.

La posa in opera del tubo camicia è prevista mediante sistema oleodinamico che prevede l'infissione della tubazione con l'ausilio di martinetti idraulici smarinando gradualmente il terreno all'interno della tubazione. In

posizione anteriore al primo tubo verrà installata la punta direzionale che verrà recuperata nel pozzo d'arrivo. E' prevista la realizzazione di una camera interrata di partenza con idoneo sistema reggispinga e l'eventuale aggotamento della falda con impianto di sollevamento. Una volta realizzato l'attraversamento all'interno del controtubo viene inserita la condotta.

La tubazione sarà posata all'interno del tubo camicia con appositi distanziatori in materiale plastico, applicati in modo da non occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine.

Si prevede l'utilizzo di collari in materiale plastico di spessore pari a 40 mm posti ad interasse di 2 metri.

L'estradosso del tubo guaina avrà un ricoprimento minimo di 2,50 rispetto al piano stradale e sarà posto in opera con pendenza uniforme e con andamento rettilineo e normale all'asse stradale.

Dimensionamento del tubo di protezione

Il tubo di protezione deve essere di spessore adeguato alle sollecitazioni esterne ed interne da sopportare, Nei tubi in acciaio tale spessore, indipendentemente dai risultati dei calcoli, non può essere inferiore a 4mm.

Per il calcolo dello spessore del tubo di acciaio, si dovrà tenere conto delle diverse sollecitazioni di seguito elencate:

- a) Peso proprio della tubazione
- b) Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione e al carico mobile transitante sul binario opportunamente combinati. Tale carico mobile è valutato: $[1500:(2,6 + 1,5H)]$ daN/m² per le ferrovie a semplice binario.
Dove H è la distanza minima tra il piano di posa dal ballast e la generatrice superiore del tubo di protezione.
- c) Carico ripartito laterale, corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terra + sovraccarico).
- d) Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta.
- e) Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60° in funzione del carico Q, pari alla somma di tutti i carichi verticali opportunamente combinati, agente sulla tubazione.

Si riporta di seguito il dimensionamento dei tubi di protezione sviluppato secondo le specifiche del Decreto M.I.T. del 4 aprile 2014 con riferimento agli attraversamenti dove si verificano le condizioni di carico più gravose:

SPESSORE MINIMO TUBO DI PROTEZIONE IN ACCIAIO SOTTO FERROVIA Decreto M.I.T. 4 aprile 2014

γ	0,002	daN/cm ³ - Peso unità vol. terreno
De	1.016	mm - Diametro esterno tubo protezione
K	235	N/mm ² - Tensione snervamento acciaio tubo protezione
h	400	cm - Profondità tubo protezione
q	0,20	daN/cm ² - Sovraccarico
p	1,00	daN/cm ² - Pressione max sul tubo di protezione
S	23,5	daN/mm ² - Tensione snerv. acciaio
Ks	2,5	coeff. sicurezza minimo snervamento

s	1,54	mm - Spessore di calcolo tubo di protezione
SPESSORE MINIMO TUBO DI PROTEZIONE IN ACCIAIO SOTTO FERROVIA Decreto M.I.T. 4 aprile 2014		
γ	0,002	daN/cm ³ - Peso unità vol. terreno
De	610	mm - Diametro esterno tubo protezione
K	235	N/mm ² - Tensione snervamento acciaio
h	400	cm - Profondità tubo protezione
q	0,20	daN/cm ² - Sovraccarico
p	1,00	daN/cm ² - Pressione max sul tubo di protezione
S	23,5	daN/mm ² - Tensione snerv. acciaio
Ks	2,5	coeff. sicurezza minimo snervamento
s	1,32	mm - Spessore di calcolo tubo di protezione

Nella Tabella 159, vengono riportate le caratteristiche tecniche degli attraversamenti in spingitubo progettati.

Tabella 159 - Caratteristiche tecniche degli attraversamenti in Spingitubo

	Sviluppo [m]	Pertinenza fluviale [m]	DN [mm]	DN [mm] tubo di protezione	Elaborato
Fosso Ravida	43.00	42.00	500	1000	3.4.10.9
Fosso Dimina	43.00	43.00	500	1000	3.4.10.10

Come è possibile apprezzare dalla Tabella 159, gli attraversamenti in spingitubo soddisfano i requisiti richiesti per l'ottenimento della compatibilità idraulica, come stabilito dalla norma.

8.4. Attraversamento dei corsi d'acqua minori

All'interno della categoria dei "corsi d'acqua minori" rientrano quegli corpi idrici con regime torrentizio che afferiscono a bacini idrografici di estensione molto limitata, che non ricadono all'interno dei corsi d'acqua iscritti negli elenchi ufficiali delle acque pubbliche e/o nelle mappe catastali.

Con questa premessa, è possibile capire che le portate che scorrono, non generano grossi tiranti idrici e superfici allagate vaste. Da detta considerazione, ne è scaturita la scelta di effettuare l'attraversamento in sub-alveo, con la posa della condotta con scavo in trincea a cielo aperto.

La sezione di posa della condotta viene protetta da involucro confinato con un geotessuto al fine di evitare il dilavamento del pacchetto di ricoprimento, in materiale arido permeabile.

Dopo la posa della condotta è prevista la sistemazione idraulica del corso d'acqua per una lunghezza sufficiente a proteggere la tubazione interrata e, contemporaneamente, evitare alterazione al normale scorrimento delle acque, non alterare il trasporto solido con fenomeni di erosione o deposito nelle zone di monte e di valle dell'attraversamento.

Il letto del corso idrico è rivestito per 7,5 metri a monte e a valle della condotta e per un'estensione di al massimo di 10 metri nella direzione dell'attraversamento con uno strato di base in geotessile non tessuto, un rivestimento pesante formato da mattonelle forate in cls e da georeti tridimensionali antierosione di protezione delle sponde acclivi. L'intervento è completato da inerbimento mediante idrosemina.

Per i dettagli costruttivi si rimanda all'elaborato di progetto 3.5.6.

Di seguito si riporta l'elenco degli attraversamenti dei corpi d'acqua minori

Tabella 160 - Elenco degli attraversamenti dei corpi idrici minori

Comune	Denominazione Corpo Idrico	Tipologia Corpo Idrico	Tipologia di Attraversamento	Lunghezza [m]
Menfi	Fosso Minore 1	Impluvio	Sub Alveo	-
Menfi	Fosso Minore 2	Impluvio	Sub Alveo	-
Menfi	Fosso Minore 3	Impluvio	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 4	Impluvio	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 5	Impluvio	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 6	Impluvio	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 7	Fosso	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 8	Fosso	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 9	Impluvio	Sub Alveo	-
Castelvetrano	Fosso Minore 10	Fosso	Sub Alveo	-
Mazara del Vallo	Fosso Minore 11	Fosso	Sub Alveo	-
Mazara del Vallo	Fosso Minore 12	Impluvio	Sub Alveo	-
Mazara del Vallo	Fosso Minore 13	Impluvio	Sub Alveo	-
Petrosino	Fosso Minore 14	Impluvio	Sub Alveo	-
Marsala	Fosso Minore 15	Fosso	Sub Alveo	-
Mazara del Vallo	C. del Celso	Fosso	Sub Alveo	-
Mazara del Vallo	Saporito	Fosso	Sub Alveo	-

Tale tipologia di attraversamento non altera la sezione del corso d'acqua, per cui l'intervento è libero dall'effettuazione di calcoli di verifica idraulica.

APPENDICE A –REPORT STAZIONI PLUVIOMETRICHE

A1 – Report stazione pluviometrica di Borgo Fazio



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE



CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	BORGO FAZIO	
BACINO	051_01/FIUME BIRGI-CHINISIA	
Fonte dei dati:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	294532	4192513
COORD Lat, Long	37,85694	12,66444
QUOTA (m slm)	194	
ZONA DI ALLERTA	C	

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5
 FONTE DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
 ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

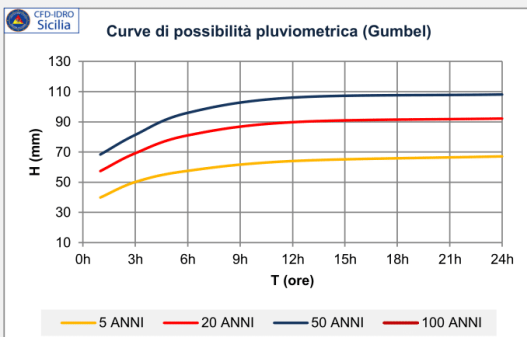
Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	11,81	13,02	15,94	17,55	17,07
	u	22,18	30,51	33,66	37,59	41,50
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,367	27	35	40	44	48
5 ANNI	1,500	40	50	58	64	67
10 ANNI	2,250	49	60	70	77	80
20 ANNI	2,970	57	69	81	90	92
50 ANNI	3,902	68	81	96	106	108
100 ANNI	4,600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5,296	ND	ND	ND	ND	ND

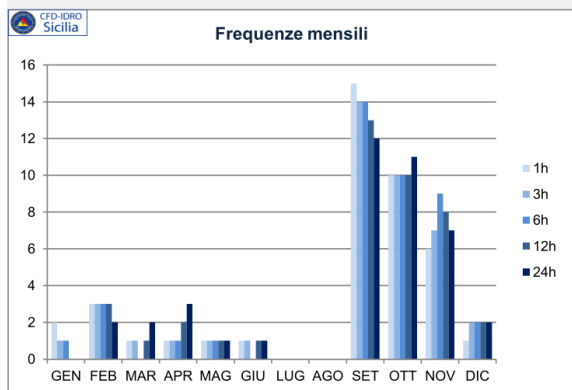
FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1953	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	63	
	n° misure	41 (65%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	9/07	9/07	9/07	9/07	9/07
Mese/anno con valori minimi	2/81	2/81	2/81	9/80	9/80

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	95	105	110	128	131
Valore minimo (mm)	8	14	15	19	19
Valore medio (mm)	29	38	43	48	51
Deviazione standard (mm)	15	17	20	23	22
% eventi con H > media	49%	46%	39%	32%	37%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100



MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	SET	SET	SET	SET	SET




TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1953-2015	0,560	0,510	0,502	0,350	0,274
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore) -- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente					
PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈13%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈60%)	0	-1	-1	+1	+1
trend 1981-2015 (≈80%)	0	-1	+1	+1	+1
TREND GENERALE PERIODO: 1953-2015	0,0071 (+)				
Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)					

DISCLAIMER


I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A2 - Report stazione pluviometrica di Castelvetro



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO



PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	CASTELVETRANO				
BACINO	056_01/FIUME MODIONE				
Fonte dei dati:	Annali Idrologici (tab. III)				
COORD X, Y (ETRS89)	306575	4173192			
COORD Lat, Long	37,68556	12,80639			
QUOTA (m slm)	190				
ZONA DI ALLERTA	D				

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5

Fonte dei dati: Annali Idrologici (tab. III)
Elaborazioni: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	9,76	12,77	14,16	17,46	17,95
	u	21,93	28,53	33,60	39,44	47,09

Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,367	26	33	39	46	54
5 ANNI	1,500	37	48	55	66	74
10 ANNI	2,250	44	57	65	79	87
20 ANNI	2,970	51	66	76	91	100
50 ANNI	3,902	60	78	89	108	117
100 ANNI	4,600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5,296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO

SERIE VALIDA	primo anno	1953	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	63	
	n° misure	45 (71%)	

ESTREMI

	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	10/76	10/76	9/83	12/04	12/04
Mese/anno con valori minimi	2/80	1/81	5/80	5/80	5/80

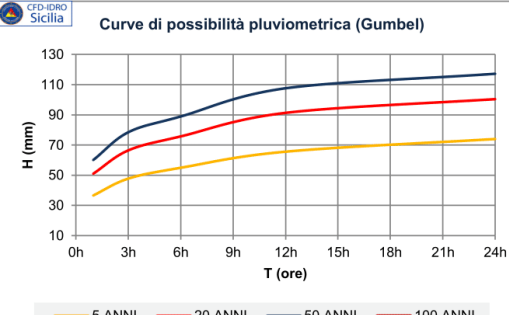
VALORI RIASSUNTIVI

	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	60	100	102	121	129
Valore minimo (mm)	9	14	17	17	20
Valore medio (mm)	28	36	42	50	57
Deviazione standard (mm)	13	16	18	22	23
% eventi con H > media	44%	38%	38%	40%	42%
Stima Tr per valore max (anni)	50	>100	>100	>100	96

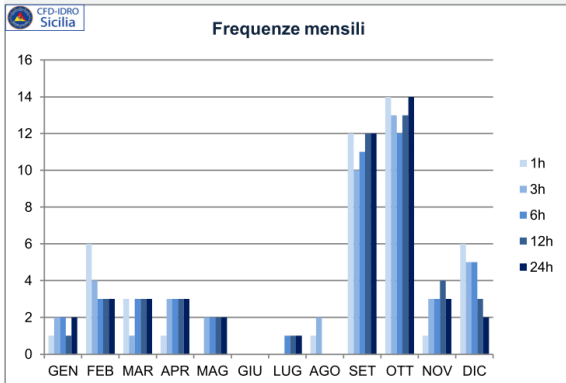
MESI CON LE MASSIME FREQUENZE

	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	OTT	OTT	OTT

Curve di possibilità pluviometrica (Gumbel)



Frequenze mensili



TENDENZE EVOLUTIVE

Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)

PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1953-2015	0,216	0,205	0,112	0,049	-0,071

CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈13%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈80%)	0	-1	-1	-1	+1
trend 1981-2015 (≈53%)	0	-1	-1	0	+1

TREND GENERALE
PERIODO: 1953-2015

-0,005 (-)

Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A3 - Report stazione pluviometrica di Corleone



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE



CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	CORLEONE
BACINO	057_01/FIUME BELICE
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)
COORD X, Y (ETRS89)	349657 4186756
COORD Lat, Long	37.81583 13.29194
QUOTA (m slm)	588
ZONA DI ALLERTA	D

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5
 FONTE DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
 ELABORAZIONI: CFD-Iidro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

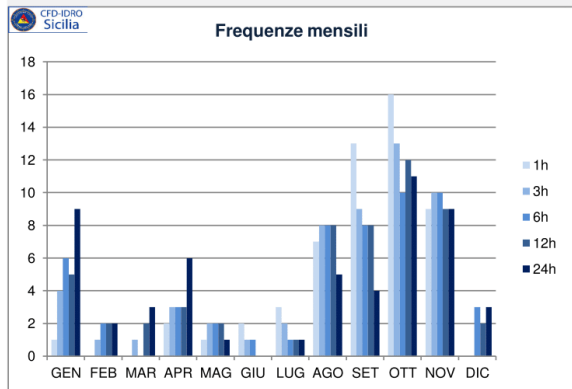
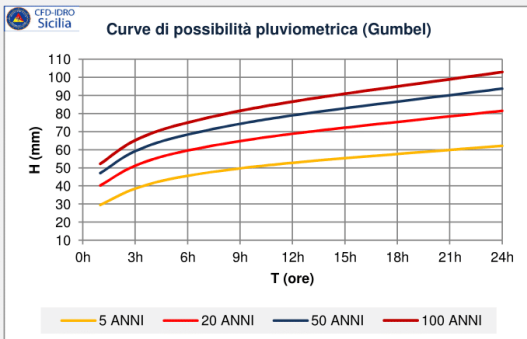
	α	7.33	8.59	9.47	10.90	13.13
	u	18.45	25.64	31.43	36.44	42.48
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0.367	21	29	35	40	47
5 ANNI	1.500	29	39	46	53	62
10 ANNI	2.250	35	45	53	61	72
20 ANNI	2.970	40	51	60	69	81
50 ANNI	3.902	47	59	68	79	94
100 ANNI	4.600	52	65	75	87	103
200 ANNI	5.296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1952	Indice di continuità [(-1) ÷ (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	64	
	n° misure	54 (84%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	8/86	8/86	8/86	11/52	10/15
Mese/anno con valori minimi	4/78	1/81	11/99	9/77	11/12

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	53	79	79	88	117
Valore minimo (mm)	10	15	19	22	27
Valore medio (mm)	23	31	37	43	50
Deviazione standard (mm)	9	11	12	14	17
% eventi con H > media	39%	44%	43%	41%	35%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	NOV	OTT	OTT



TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1952-2015	0.112	-0.005	-0.145	-0.211	-0.177
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)					
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente					
PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈13%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈97%)	0	0	-1	-1	0
trend 1981-2015 (≈66%)	0	+1	-1	-1	0
TREND GENERALE PERIODO: 1952-2015	-0,009 (-)				
Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)					

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A4 - Report stazione pluviometrica di Diga Arancio



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE



CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	DIGA ARANCIO	
BACINO	059_01/FIUME CARBOJ	
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	329003	4166250
COORD Lat, Long	37.62748	13.06222
QUOTA (m slm)	190	
ZONA DI ALLERTA	D	

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5
 FONTE DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
 ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^{\alpha}+u$

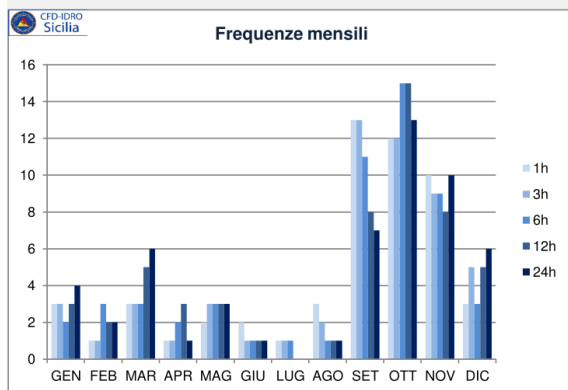
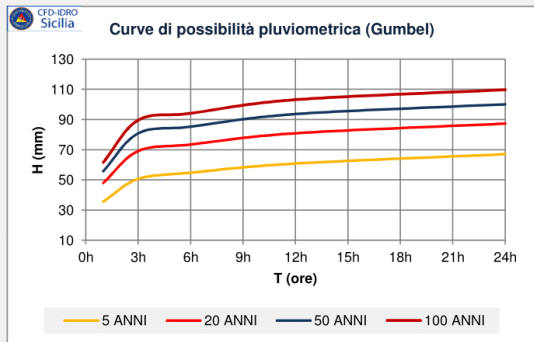
	α	8.38	12.57	12.69	13.65	13.77
	u	23.07	31.80	35.77	40.37	46.38
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0.367	26	36	40	45	51
5 ANNI	1.500	36	51	55	61	67
10 ANNI	2.250	42	60	64	71	77
20 ANNI	2.970	48	69	73	81	87
50 ANNI	3.902	56	81	85	94	100
100 ANNI	4.600	62	90	94	103	110
200 ANNI	5.296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1955	Indice di continuità [(-1) ÷ (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	61	
	n° misure	54 (89%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	9/15	9/15	9/15	9/15	9/15
Mese/anno con valori minimi	9/77	1/72	9/77	10/90	12/90

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	54	89	94	94	98
Valore minimo (mm)	10	14	19	20	22
Valore medio (mm)	28	39	43	48	54
Deviazione standard (mm)	11	16	16	18	18
% eventi con H > media	44%	39%	41%	43%	44%
Stima Tr per valore max (anni)	41	95	>100	52	44

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	SET	SET	OTT	OTT	OTT



TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1955-2015	0.145	0.181	0.164	0.199	0.214
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore) -- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente					
PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈16%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈85%)	0	-1	-1	+1	0
trend 1981-2015 (≈93%)	0	-1	-1	0	0
TREND GENERALE PERIODO: 1955-2015	0,0031 (+)				
Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)					

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A5 - Report stazione pluviometrica di Ficuzza

REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	FICUZZA	
BACINO	037_01/FIUME ELEUTERIO	
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	357410	4193950
COORD Lat, Long	37,88189	13,37857
QUOTA (m slm)	681	
ZONA DI ALLERTA	D	

FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1939	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2001	
	intervallo (anni)	63	
	n° misure	44 (70%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	10/61	10/61	11/92	11/92	11/92
Mese/anno con valori minimi	10/73	4/89	9/77	4/89	4/89

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	64	88	105	123	158
Valore minimo (mm)	10	17	18	23	26
Valore medio (mm)	24	33	40	50	61
Deviazione standard (mm)	10	14	16	19	23
% eventi con H > media	43%	34%	34%	39%	32%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	SET	NOV	NOV	NOV	GEN

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5

FONTI DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	8,17	11,17	12,85	14,47	18,22
u		19,12	26,67	32,68	41,73	50,91

Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,367	22	31	37	47	58
5 ANNI	1,500	31	43	52	63	78
10 ANNI	2,250	37	52	62	74	92
20 ANNI	2,970	43	60	71	85	105
50 ANNI	3,902	51	70	83	98	122
100 ANNI	4,600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5,296	ND	ND	ND	ND	ND

Curve di possibilità pluviometrica (Gumbel)

TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1939-2001	0,093	0,069	-0,040	-0,005	-0,012

CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (=32%)	0	0	+1	+1	0
trend 1961-2015 (=77%)	0	-1	-1	-1	0
trend 1981-2015 (=6%)	0	-1	-1	-1	-1

TREND GENERALE PERIODO: 1939-2001	0 (0)
-----------------------------------	--------------


Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)

■ 1h
■ 3h
■ 6h
■ 12h
■ 24h

DISCLAIMER


I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A6 - Report stazione pluviometrica di Gibellina



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO



PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	GIBELLINA				
BACINO	057_01/FIUME BELICE				
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)				
COORD X, Y (ETRS89)	320589	4184224			
COORD Lat, Long	37.78778	12.96250			
QUOTA (m slm)	386				
ZONA DI ALLERTA	D				

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5

FONTI DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	11.40	15.97	17.63	17.18	16.32
	u	21.44	26.79	31.84	37.25	45.20

Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0.367	26	33	38	44	51
5 ANNI	1.500	39	51	58	63	70
10 ANNI	2.250	47	63	72	76	82
20 ANNI	2.970	55	74	84	88	94
50 ANNI	3.902	66	89	101	104	109
100 ANNI	4.600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5.296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO

SERIE VALIDA	primo anno	1969	Indice di continuità [(-1) ÷ (+1)]
	ultimo anno	2005	
	intervallo (anni)	37	
	n° misure	31 (84%)	

ESTREMI

	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	11/93	11/93	11/93	11/93	11/93
Mese/anno con valori minimi	3/86	1/72	1/72	1/72	1/72

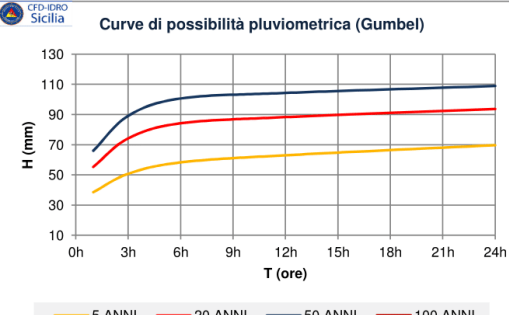
VALORI RIASSUNTIVI

	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	75	110	122	123	123
Valore minimo (mm)	10	13	16	16	21
Valore medio (mm)	28	36	42	47	55
Deviazione standard (mm)	15	20	23	22	21
% eventi con H > media	48%	32%	32%	39%	48%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE

	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	OTT	OTT	OTT

Curve di possibilità pluviometrica (Gumbel)



TENDENZE EVOLUTIVE

Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)

PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1969-2005	0.440	0.413	0.271	0.242	0.263

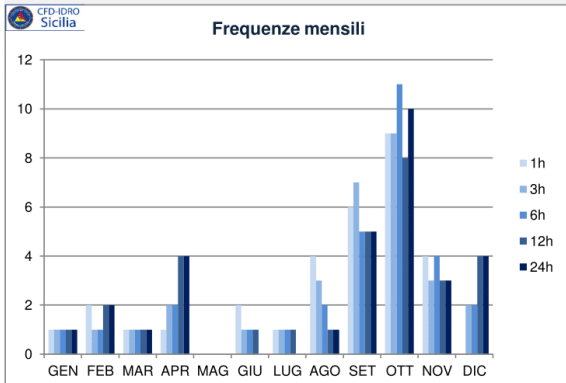
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈0%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈67%)	0	-1	-1	-1	0
trend 1981-2015 (≈26%)	0	-1	-1	-1	0

TREND GENERALE PERIODO: 1969-2005 **0,0034 (+)**

Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)


Frequenze mensili



DISCLAIMER


I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A7 - Report stazione pluviometrica di Marsala



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO



PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	MARSALA				
BACINO	052_00-01/D.T.				
FONTE DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)				
COORD X, Y (ETRS89)	276213	4187995			
COORD Lat, Long	37,81194	12,45778			
QUOTA (m slm)	4				
ZONA DI ALLERTA	C				

FUNZIONAMENTO

SERIE VALIDA	primo anno	1942	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	74	
	n° misure	52 (70%)	

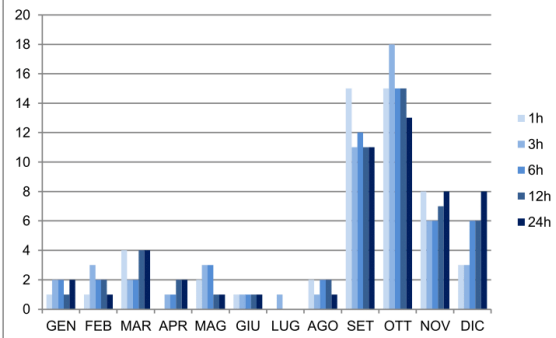
ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	9/69	9/65	9/65	9/65	9/65
Mese/anno con valori minimi	5/80	11/05	11/05	10/97	11/71

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	74	144	150	150	150
Valore minimo (mm)	7	13	13	18	22
Valore medio (mm)	29	37	42	48	54
Deviazione standard (mm)	14	21	22	25	26
% eventi con H > media	46%	40%	40%	33%	33%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	SET	OTT	OTT	OTT	OTT

CFD-IDRO Sicilia

Frequenze mensili



CFD-IDRO Sicilia

Tendenze evolutive

Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)

PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1942-2015	-0,050	-0,302	-0,472	-0,448	-0,571

CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈18%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈82%)	0	-1	-1	-1	-1
trend 1981-2015 (≈80%)	0	-1	-1	+1	0

TREND GENERALE
PERIODO: 1942-2015


-0,0095 (-)

Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)

DISCLAIMER


I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A8 - Report stazione pluviometrica di Mazara del Vallo



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO



PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	MAZARA DEL VALLO				
BACINO	053_01/FIUME MAZARO				
Fonte dei dati:	Annali Idrologici (tab. III)				
COORD X, Y (ETRS89)	288270	4170557			
COORD Lat, Long	37,65778	12,59971			
QUOTA (m slm)	8				
ZONA DI ALLERTA	D				

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5

Fonte dei dati: Annali Idrologici (tab. III)
Elaborazioni: CFD-Iidro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	9,62	14,83	19,79	24,11	25,21
	u	22,96	29,18	33,37	40,14	47,05

Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,367	26	35	41	49	56
5 ANNI	1,500	37	51	63	76	85
10 ANNI	2,250	45	63	78	94	104
20 ANNI	2,970	52	73	92	112	122
50 ANNI	3,902	60	87	111	134	145
100 ANNI	4,600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5,296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO

SERIE VALIDA	primo anno	1942	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	74	
	n° misure	47 (64%)	

ESTREMI

	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	11/92	11/92	10/53	10/53	10/53
Mese/anno con valori minimi	1/80	10/62	10/62	10/62	11/62

VALORI RIASSUNTIVI

	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	68	108	159	177	177
Valore minimo (mm)	10	12	12	12	18
Valore medio (mm)	29	38	45	54	62
Deviazione standard (mm)	12	19	25	31	32
% eventi con H > media	40%	40%	40%	34%	40%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE

	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	OTT	OTT	OTT

Curve di possibilità pluviometrica (Gumbel)

Frequenze mensili

TENDENZE EVOLUTIVE

Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)

PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1942-2015	-0,110	-0,254	-0,522	-0,627	-0,605

CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈24%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈70%)	0	-1	-1	-1	0
trend 1981-2015 (≈66%)	0	-1	+1	0	0

TREND GENERALE PERIODO: 1942-2015 **-0,0084 (-)**

Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A9 - Report stazione pluviometrica di Piana degli Albanesi

REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	PIANA DEGLI ALBANESI	
BACINO	057_01/FIUME BELICE	
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	349984	4205897
COORD Lat, Long	37.98833	13.29167
QUOTA (m slm)	740	
ZONA DI ALLERTA	D	

FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1928	Indice di continuità [(-1) ÷ (+1)]
	ultimo anno	2002	
	intervallo (anni)	75	
	n° misure	57 (76%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	8/98	11/54	11/54	10/86	2/31
Mese/anno con valori minimi	1/77	1/77	1/77	4/77	4/77

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	66	86	105	160	213
Valore minimo (mm)	9	16	22	26	38
Valore medio (mm)	24	36	48	68	89
Deviazione standard (mm)	11	14	19	29	37
% eventi con H > media	37%	40%	37%	40%	37%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	90	>100	>100

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	OTT	FEB	FEB

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5

FONTI DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^\alpha+u$

	α	8.33	11.27	14.63	22.43	29.23
u	18.76	29.37	39.46	55.04	71.86	

Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0.367	22	33	45	63	83
5 ANNI	1.500	31	46	61	89	116
10 ANNI	2.250	38	55	72	106	138
20 ANNI	2.970	44	63	83	122	159
50 ANNI	3.902	51	73	97	143	186
100 ANNI	4.600	57	81	107	158	206
200 ANNI	5.296	ND	ND	ND	ND	ND

Curve di possibilità pluviometrica (Gumbel)

TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1928-2002	0.037	-0.119	-0.226	-0.285	-0.749

CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore)
-- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente

PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈59%)	0	0	+1	+1	-1
trend 1961-2015 (≈82%)	0	0	-1	-1	-1
trend 1981-2015 (≈13%)	0	0	-1	-1	-1

TREND GENERALE	
PERIODO: 1928-2002	-0,0078 (-)

Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)

Frequenze mensili

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A10 - Report stazione pluviometrica di Roccamena



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE



CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	ROCCAMENA	
BACINO	057_01/FIUME BELICE	
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	338602	4189308
COORD Lat, Long	37.83694	13.16583
QUOTA (m slm)	480	
ZONA DI ALLERTA	D	

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5
 FONTE DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
 ELABORAZIONI: CFD-Idro (DRPC Sicilia)

Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^{\alpha}+u$

α	9.62	11.09	11.57	11.82	12.86
u	19.36	25.32	29.68	37.01	44.02

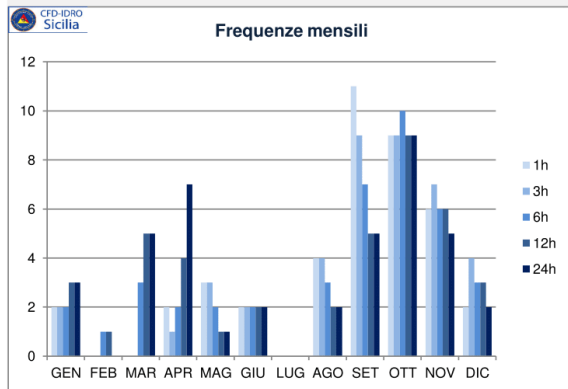
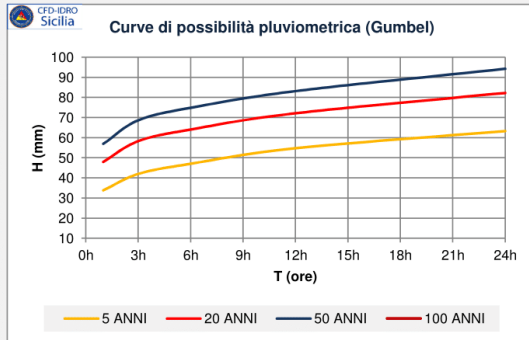
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0.367	23	29	34	41	49
5 ANNI	1.500	34	42	47	55	63
10 ANNI	2.250	41	50	56	64	73
20 ANNI	2.970	48	58	64	72	82
50 ANNI	3.902	57	69	75	83	94
100 ANNI	4.600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5.296	ND	ND	ND	ND	ND

FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1953	Indice di continuità [(-1) ÷ (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	63	
	n° misure	41 (65%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	6/92	6/92	6/92	6/92	6/92
Mese/anno con valori minimi	4/96	11/99	11/99	11/99	1/72

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	79	84	88	93	97
Valore minimo (mm)	11	15	16	21	24
Valore medio (mm)	25	32	36	44	51
Deviazione standard (mm)	12	14	15	15	16
% eventi con H > media	41%	39%	29%	44%	49%
Stima Tr per valore max (anni)	>100	>100	>100	>100	60

MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	SET	SET	OTT	OTT	OTT



TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1953-2015	0.302	0.335	0.205	-0.016	-0.101
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore) -- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente					
PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈18%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈60%)	0	-1	-1	-1	0
trend 1981-2015 (≈66%)	0	+1	+1	-1	0
TREND GENERALE PERIODO: 1953-2015	0,0017 (+)				
Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)					

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

A11 - Report stazione pluviometrica di Salemi



REGIONE SICILIANA - PRESIDENZA - DIPARTIMENTO REGIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE



CENTRO FUNZIONALE DECENTRATO - IDRO

PRECIPITAZIONI ORARIE DI MASSIMA INTENSITÀ

STAZIONE METEO	SALEMI	
BACINO	054_01/FIUME ARENA o DELIA	
FONTI DEI DATI:	Annali Idrologici (tab. III)	
COORD X, Y (ETRS89)	307611	4189205
COORD Lat, Long	37,83000	12,81388
QUOTA (m slm)	340	
ZONA DI ALLERTA	D	

BANCA DATI REALIZZATA CON FONDI PO FESR SICILIA 2007-2013, LINEA DI INTERVENTO 2.3.1.C(A) - CUP: G62G11000750008 - CIG: 3803641FD5
 FONTE DEI DATI: Annali Idrologici (tab. III)
 ELABORAZIONI: CFD-Iidro (DRPC Sicilia)

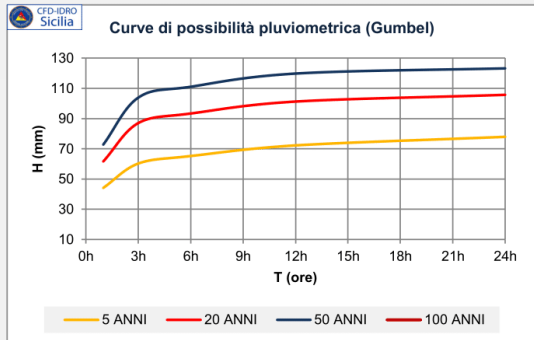
Stima altezze di pioggia (Gumbel): $h=Kt^{\alpha}+u$

	α	11,94	18,19	19,12	19,82	18,92
	u	26,11	32,90	36,47	42,42	49,45
Tempo di ritorno	Kt	1h	3h	6h	12h	24h
2 ANNI	0,367	30	40	43	50	56
5 ANNI	1,500	44	60	65	72	78
10 ANNI	2,250	53	74	79	87	92
20 ANNI	2,970	62	87	93	101	106
50 ANNI	3,902	73	104	111	120	123
100 ANNI	4,600	ND	ND	ND	ND	ND
200 ANNI	5,296	ND	ND	ND	ND	ND

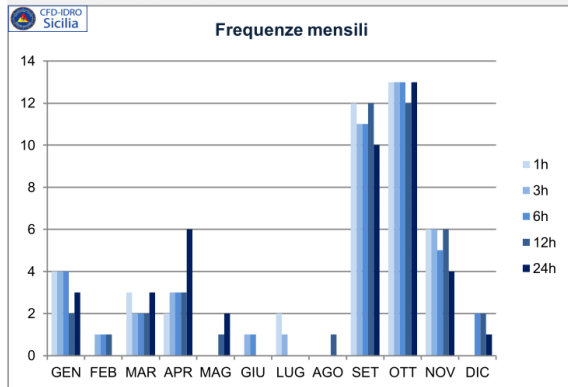
FUNZIONAMENTO			
SERIE VALIDA	primo anno	1953	Indice di continuità [(-1) + (+1)]
	ultimo anno	2015	
	intervallo (anni)	63	
	n° misure	42 (67%)	

ESTREMI	1h	3h	6h	12h	24h
Mese/anno con valori massimi	10/08	9/09	9/09	9/09	9/09
Mese/anno con valori minimi	1/77	4/77	4/77	10/74	4/70

VALORI RIASSUNTIVI	1h	3h	6h	12h	24h
Valore massimo (mm)	74	134	149	160	162
Valore minimo (mm)	6	9	16	25	29
Valore medio (mm)	33	43	48	54	60
Deviazione standard (mm)	15	23	25	25	24
% eventi con H > media	43%	36%	36%	36%	43%
Stima Tr per valore max (anni)	56	>100	>100	>100	>100



MESI CON LE MASSIME FREQUENZE	1h	3h	6h	12h	24h
	OTT	OTT	OTT	OTT	OTT



TENDENZE EVOLUTIVE					
Piogge orarie (coeff. ang. rette regressione)					
PERIODO	1h	3h	6h	12h	24h
1953-2015	0,278	0,451	0,450	0,488	0,282
CLASSIFICAZIONE DI ALPERT (precipitazioni nelle 24 ore) -- non determinabile, 0 = nessuna, +1 = crescente, -1 = decrescente					
PERIODI (% dati)	LM	MH	H	HT	T
trend 1924-1960 (≈13%)	--	--	--	--	--
trend 1961-2015 (≈70%)	0	-1	-1	-1	+1
trend 1981-2015 (≈60%)	0	0	-1	-1	+1
TREND GENERALE PERIODO: 1953-2015	0,0033 (+)				
Light-Moderate (4-16 mm/d), Moderate-Heavy (16-32 mm/d), Heavy (32-64 mm/d), Heavy-Torrential (64-128 mm/d), Torrential (> 128 mm/d)					

DISCLAIMER

I dati dei valori di pioggia sono tratti dagli Annali Idrologici della Regione Siciliana. Le elaborazioni mostrate nelle tabelle e nei grafici hanno valore divulgativo: pertanto, la loro corretta applicazione è a cura degli utilizzatori

