

Impianto agro-fotovoltaico "Polmone" Comune di Ramacca (CT)

Proponente



SORGENIA LEO S.r.l
Via Algardi, 4 – 20148 Milano
tel. 02 671941 – fax 02 67194210
<http://www.sorgenia.it>
sorgenia.leo@sorgenia.it
PEC sorgenia.leo@legalmail.it



STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

PROGETTISTA



Tiemes Srl
Via R. Galli 9- 20148 Milano
tel. 024983104/ fax. 0249631510
pec: info@pec.tiemes.it
www.tiemes.it

1	07/03/2023	Aggiornamento studio idraulico 2D	RZ	CM		
0	23/12/2022	Prima emissione	RZ	CM		
Rev.	Data emissione	Descrizione	Preparato	Approvato		
CODICE						
Origine File: 21047RMC.PD.R.08.01 – Studio di compatibilità idraulica		Commessa	Proc	Tipo doc	Num	Rev
		21047	RMC	PD	R	08 01
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden						

INDICE

1. PREMESSA E SCOPO.....	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
3. INQUADRAMENTO DEL CORPO IDRICO	8
3.1. ASSETTO GEOMETRICO DELL' ALVEO.....	9
4. DEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA	11
4.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE	11
4.2. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO (MOTO PERMANENTE)	12
4.3. DEFINIZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PROGETTO	14
5. VALUTAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE.....	17
5.1. STIMA DELLE ALTEZZE DI PIENA.....	17
6. VALUTAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE.....	29
6.1. ASSETTO GEOMETRICO DELLE AREE 2D.....	29
6.2. MODELLAZIONE.....	33
6.2.1. SIMULAZIONE ANTE OPERAM	36
6.2.2. SIMULAZIONE POST OPERAM.....	39
7. CONCLUSIONI.....	41

1. PREMESSA E SCOPO

Scopo della presente relazione, relativa al Progetto “Impianto agro - fotovoltaico Polmone”, presentato dalla società *Sorgenia Leo Srl* per la costruzione di un impianto agro-fotovoltaico nel comune di Ramacca, in provincia di Catania, è mostrare la compatibilità idraulica delle opere di ricadenti all’interno del parco agro-fotovoltaico rispetto al Piano stralcio di Assesto Idrogeologica redatto dall’Autorità di Bacino della Sicilia.

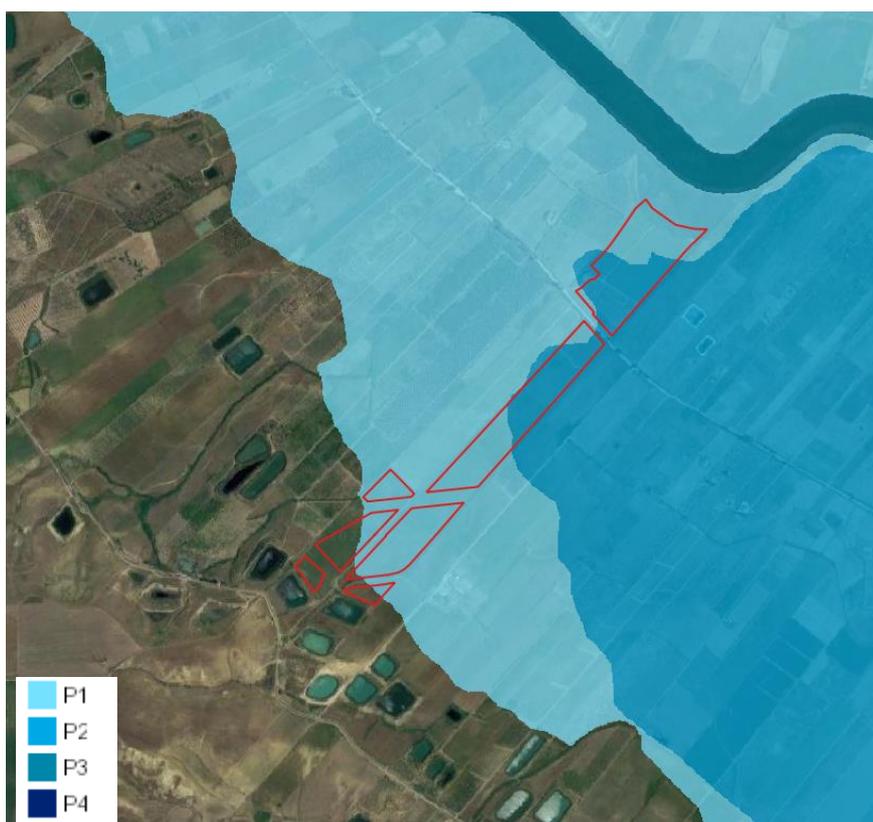


Figura 1– Inquadramento area impianto (in rosso) su cartografia PAI

La verifica della compatibilità idraulica consiste nella valutazione delle portate di piena che potrebbero verificarsi lungo il corso d’acqua Dittaino (identificato nella figura sottostante), presente a circa 200 m dal corso d’acqua al fine di valutare l’eventuale interferenza delle opere in progetto con il livello di piena dei corsi d’acqua. L’area di impianto ricade nelle aree a pericolosità P1 e P2 come identificato nella Figura 1.

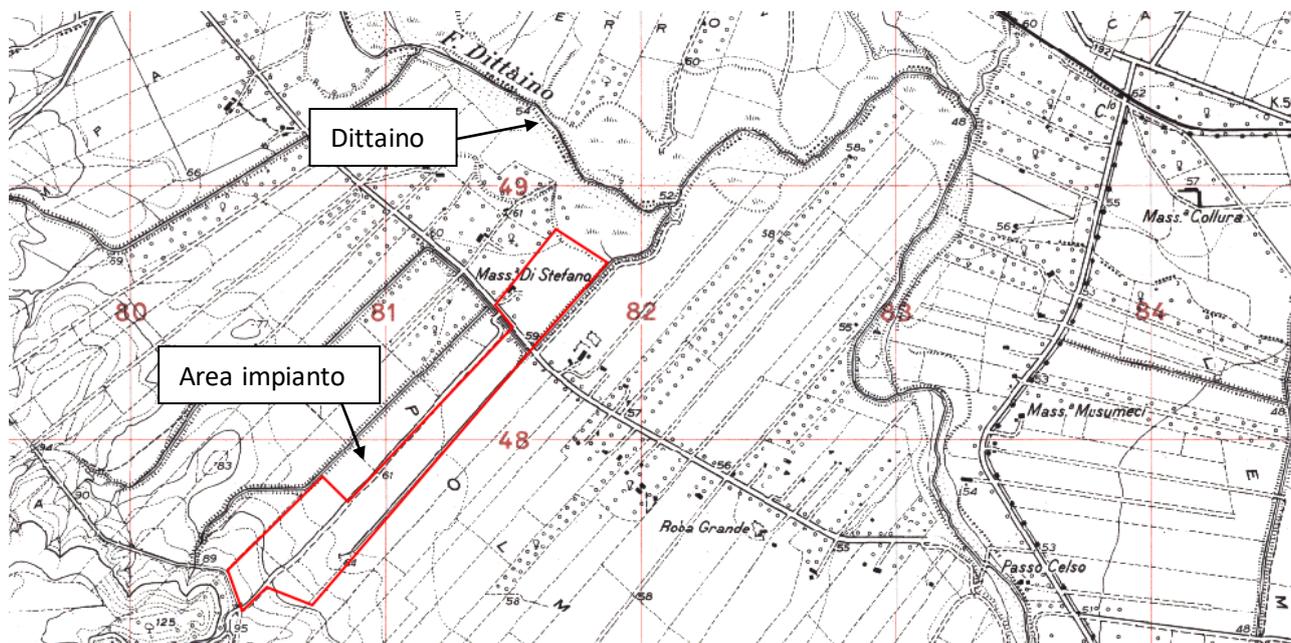


Figura 2–Inquadramento dell’area di impianto e del fiume Dittaino su IGM 25.000

All’art. 27, c. 1 e 2 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI viene definito quanto segue:
“...

27.1 Nelle aree a pericolosità P2 e P1 oltre agli interventi di cui all’art. 26, è consentita (previa verifica di compatibilità) l’attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio di compatibilità esteso ad un ambito significativo.

27.2 Lo studio di cui al comma precedente deve tener conto degli elaborati cartografici del P.A.I., onde identificare le interazioni fra le opere previste e le condizioni idrauliche dell’area e attestare che le opere non aggravino le condizioni di pericolosità dell’area o ne aumentino l’estensione, secondo quanto definito dal precedente articolo 25.

L’Appendice C delle N.T.A del PAI dell’Autorità di bacino del Distretto idrografico della Sicilia individuano i contenuti tecnici per la redazione degli studi di compatibilità idraulica. La tipologia di modellazione da effettuare viene identificata nel capitolo C.5 “Livello di approfondimento tecnico” della stessa appendice.

"Nelle aree in cui sarà proposto l'intervento, o lo studio di un Sito d'attenzione, o infine l'aggiornamento e modifica del P.A.I., è richiesto il livello di approfondimento più adeguato in relazione ai seguenti tre gradi crescenti di conoscenza:

- 1. Livello base: dovranno essere prodotte analisi idrologico-idrauliche di tipo speditivo e analisi geomorfologiche basate su conoscenze aggiornate con grado di attendibilità proporzionato all'oggetto dello studio;*
- 2. Livello intermedio: dovranno essere prodotte approfondite analisi idrologico-idrauliche di tipo avanzato, e analisi geomorfologiche basate su conoscenze aggiornate e con medio grado di attendibilità (utilizzo modelli monodimensionali, in condizioni di moto permanente);*
- 3. Livello avanzato: dovranno essere prodotte approfondite analisi idrologico-idrauliche di tipo avanzato, e analisi geomorfologiche basate su conoscenze aggiornate e con alto grado di attendibilità (utilizzo modelli bidimensionali, in condizioni di moto vario).*

....

C.5.2 Valutazione idrauliche approfondite (livelli intermedio e avanzato)

Le valutazioni idrauliche approfondite andranno effettuate laddove sussistono problematiche importanti di carattere idraulico e si debba procedere alla perimetrazione degli areali di esondazione e delle relative classi di pericolosità.

Le valutazioni idrauliche approfondite andranno effettuate sulla base di una delle seguenti schematizzazioni, progressivamente più complesse, delle condizioni di moto:

- a) moto stazionario monodimensionale (moto permanente);*
- b) moto vario monodimensionale o quasi bidimensionale;*
- c) moto vario bidimensionale, alle differenze o agli elementi finiti.*

..."

Come anche indicato nel capitolo C.3. Modellazione idraulica nell'appendice C "In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati:

a) negli studi finalizzati alla progettazione di interventi per l'eliminazione del rischio e nei casi in cui la piena sia contenuta all'interno dell'alveo e sia chiaramente identificabile una direzione prevalente del flusso: modelli di moto permanente monodimensionale, moto vario monodimensionale (1D) o quasi-bidimensionale;

b) negli altri casi; modelli di moto quasi-bidimensionale, o di moto vario bidimensionale (2D), e comunque che consentano la valutazione dei tiranti idraulici e delle velocità, e dell'eventuale

trasporto solido (ove il fenomeno risulti rilevante) e l'interazione con le opere eventualmente presenti nell'area in esame (ivi compresi le opere sotterranee di drenaggio). Il modello dovrà avere una risoluzione spaziale e temporale idonea alla rappresentazione di tutti gli elementi (naturali o artificiali) presenti nell'area di studio e dell'evoluzione del fenomeno di piena. Nei casi ordinari, la massima discretizzazione spaziale del modello non dovrebbe superare i 5 m.

...”

Nella presente relazione verranno eseguite simulazione idrauliche in moto vario quasi bidimensionale ovvero considerando un moto monodimensionale all'interno del corso d'acqua e un moto bidimensionale nelle aree in prossimità dell'area in progetto

In accordo con quanto indicato nell'appendice C, capitolo C.3. Modellazione idraulica, non è stata effettuata una modellazione del trasporto solido poiché il fenomeno è stato considerato non rilevante in quanto quest'ultimo si sviluppa principalmente all'interno dell'alveo mentre le opere in progetto sono ubicate esternamente ad esso ad una distanza di circa 200 m.

Per quanto riportato sopra la verifica di compatibilità è stata effettuata una modellazione quasi bidimensionale. La modellazione monodimensionale riguarda un tratto del Dittaino che si sviluppa per circa 10 km di cui 4 km a monte e 6 km a valle dell'area d'impianto mentre quella bidimensionale riguarda i terreni in sponda destra idraulica su tutto il corso d'acqua indagato.

Le portate di piena utilizzate nelle simulazioni sono state ricavate dalle relazioni di piano del PAI relative al Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F, Imera Meridionale (071).

Verranno sviluppate prima una modellazione in moto permanente per poi sviluppare la modellazione in moto vario quasi bidimensionale allo stato di fatto e allo stato di fatto.

Per un maggior dettaglio sui parametri idrologici, idraulici e sui risultati delle simulazioni si rimanda ai successivi capitoli.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto agro-fotovoltaico è costituito complessivamente da n° 33.664 moduli, suddivisi in 1052 stringhe di 32 moduli ciascuna, per una potenza nominale complessiva di 18.683,52 kWp. Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n. 4 sottocampi e le uscite in corrente confluiranno nel trasformatore BT/MT presente all'interno delle unità di trasformazione da installarsi all'interno dell'impianto.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto sono in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 555 Wp e delle dimensioni pari a mm 1096x2384x35. Gli stessi saranno disposti secondo gruppi di file parallele sul terreno. I moduli saranno posizionati su inseguitori solari monoassiali, strutture portanti che attraverso opportuni movimenti meccanici permettono di inseguire l'andamento azimutale del sole. Essi verranno ancorati al terreno mediante paletti infissi nel terreno naturale ad una profondità di circa 4 metri.

3. INQUADRAMENTO DEL CORPO IDRICO

Il fiume Dittaino trae origine, sotto il nome di torrente Bozzetta, a quota 925 m s.m. dalle pendici orientali dei monti Erei nella zona centrale della Sicilia. Sul Bozzetta è stato realizzato il serbatoio Nicoletti che raccoglie i deflussi di circa 50 kmq di bacino diretto. Nel bacino sotteso dal Nicoletti sono state realizzate solo opere di sistemazione trasversali, costituite in prevalenza da briglie semplici in calcestruzzo. Tali interventi interessano il Bozzetta, il torrente Manna ed il vallone dell’Ammaro. A valle della diga i maggiori affluenti del Dittaino sono il torrente Calderari ed il vallone Sciaгуana.

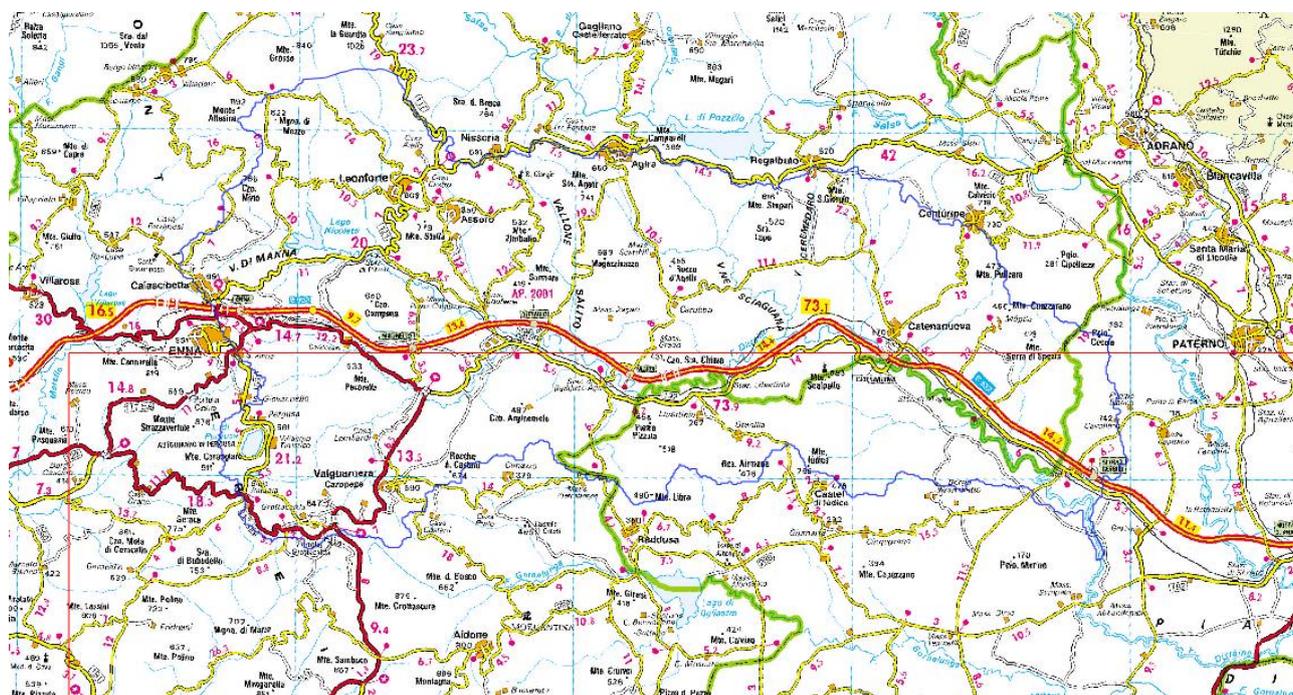


Figura 3–Bacino imbrifero del Dittaino (blu) relativo all’area oggetto di studio

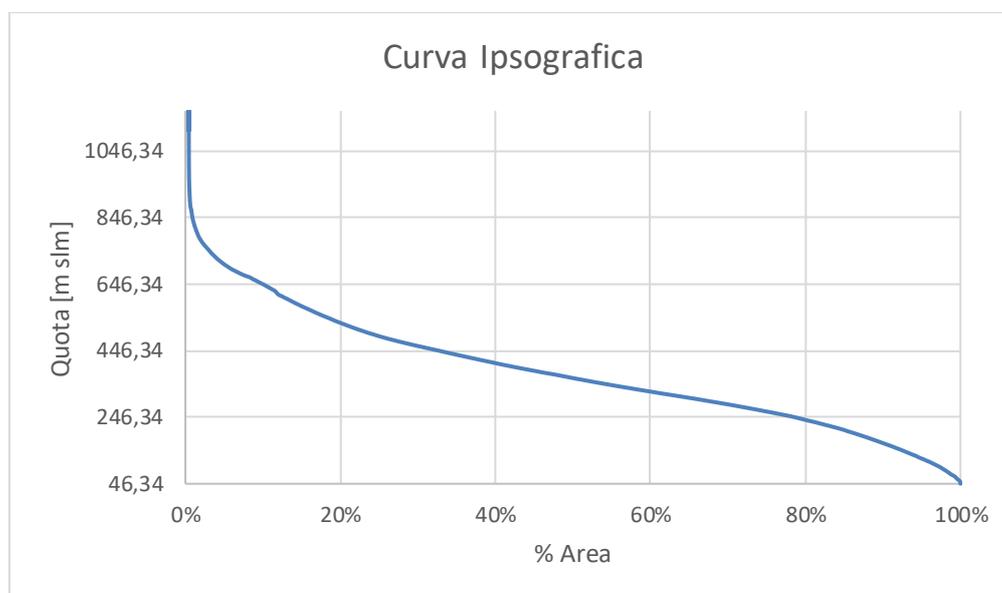


Figura 4–Curva ipsografica del bacino alla sezione di chiusura di progetto

La sezione di chiusura è stata individuata a 2 km a valle dell'area di progetto. Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche principali del bacino.

Tabella 1 – Caratteristiche del bacino imbrifero

Quota media del bacino [m s.l.m.]	363,82
Quota minima del bacino [m s.l.m.]	46,34
Lunghezza dell'asta [km]	95
Superficie del bacino imbrifero [km ²]	800

3.1. ASSETTO GEOMETRICO DELL' ALVEO

La descrizione geometrica del Dittaino nel tratto in esame è stata effettuata utilizzando la cartografia DTM (Digital Terrain Model) della Regione Sicilia, che fornisce un modello digitale del terreno di elevata precisione con griglia 2x2 m.

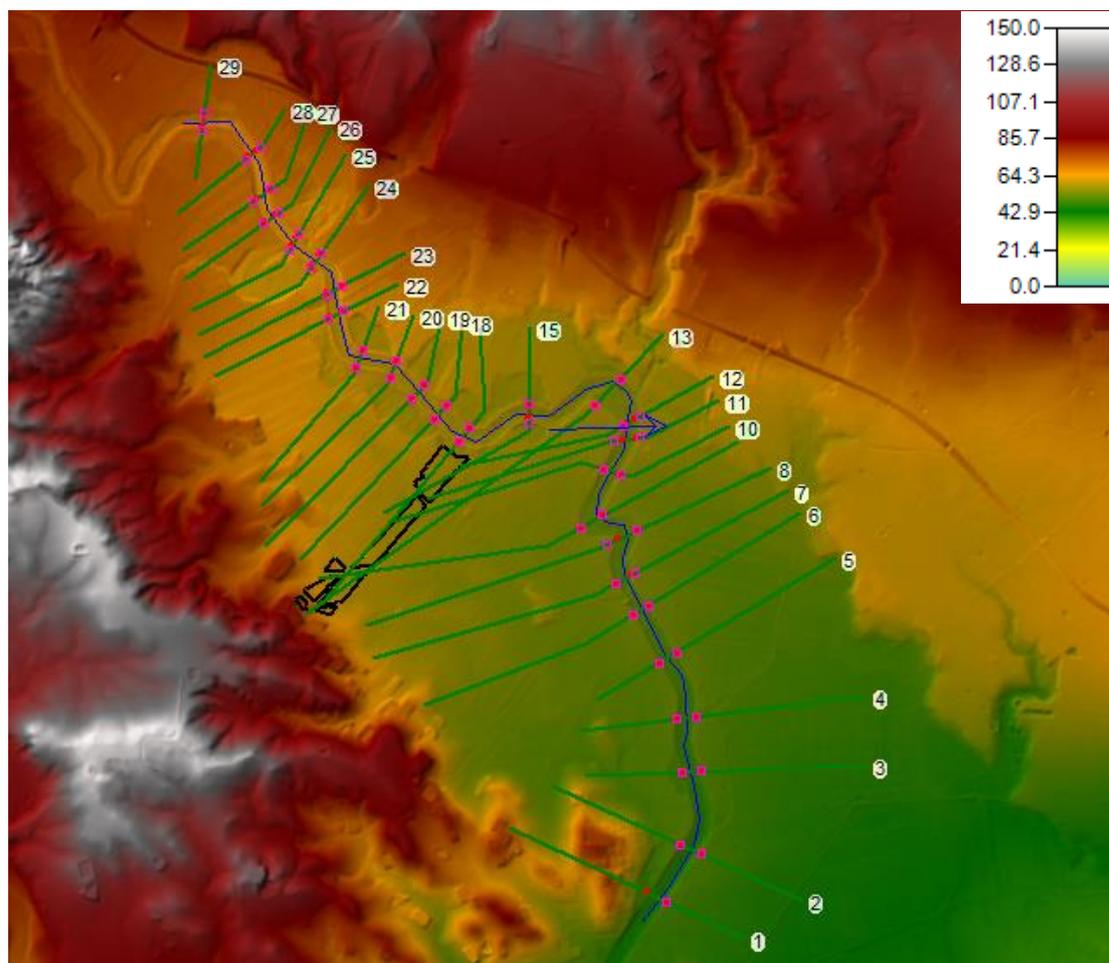


Figura 5–Dettaglio delle sezioni utilizzate nelle simulazioni idrauliche

Il tratto in esame, identificato in Figura 5, è caratterizzato da una pendenza dell'ordine dello 0,3%, larghezza dell'alveo tra i 120 e 160 metri circa. Sono presenti argini in sponda destra idraulica per il tratto di interesse del progetto. Il corso d'acqua nel tratto d'esame si sviluppa principalmente in direzione N-S. Nella seguente immagine è mostrata la collocazione del corso d'acqua rispetto all'impianto agri-fotovoltaico.



Figura 6–Inquadramento dell’area di progetto rispetto al corso d’acqua

4. DEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Nei seguenti paragrafi verranno definiti gli idrogrammi di piena, con tempo di ritorno 50, 100 e 300 anni del fiume Dittaino da utilizzare per le successive simulazioni idrauliche. Prima della definizione dell’idrogramma è necessario individuare i parametri idraulici e le caratteristiche dei bacini necessari alla loro generazione.

4.1. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, definito secondo Giandotti come “il tempo che intercede fra l’inizio della intumescenza, che si intende coincida con l’inizio della precipitazione efficace e il suo colmo”, è stato calcolato tramite la seguente formula da lui proposta:

$$t_c = \frac{1,5 * L + 4 * A^{0,5}}{0,8 * (h_m - h_0)^{0,5}}$$

con:

- L = lunghezza dell'asta principale del bacino, km;
- A = superficie del bacino, km^2 ;
- h_m = altitudine media del bacino, m slm;
- h_0 = altitudine della sezione di chiusura, m slm.

Partendo dai dati indicati in Tabella 1, il tempo di corrivazione è pari a 18 ore.

Le portate di piene, per diversi tempi di ritorno, sono presenti nella relazione *"Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) – Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (071)"*. Il tratto di nostro interesse è quello compreso tra le sezioni DI-72 e DI-65.

4.2. Definizione della portata di progetto (Moto permanente)

L'area in progetto è posizionata tra le sezioni DI-72 alla DI-68 individuate nell'appendice C "Schema planimetrico – figura C.67 "Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Dittaino da DI-72 a DI-54"" della relazione del PAI *"Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) – Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (071)"*.

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Dittaino (da DI-72 a DI-54)

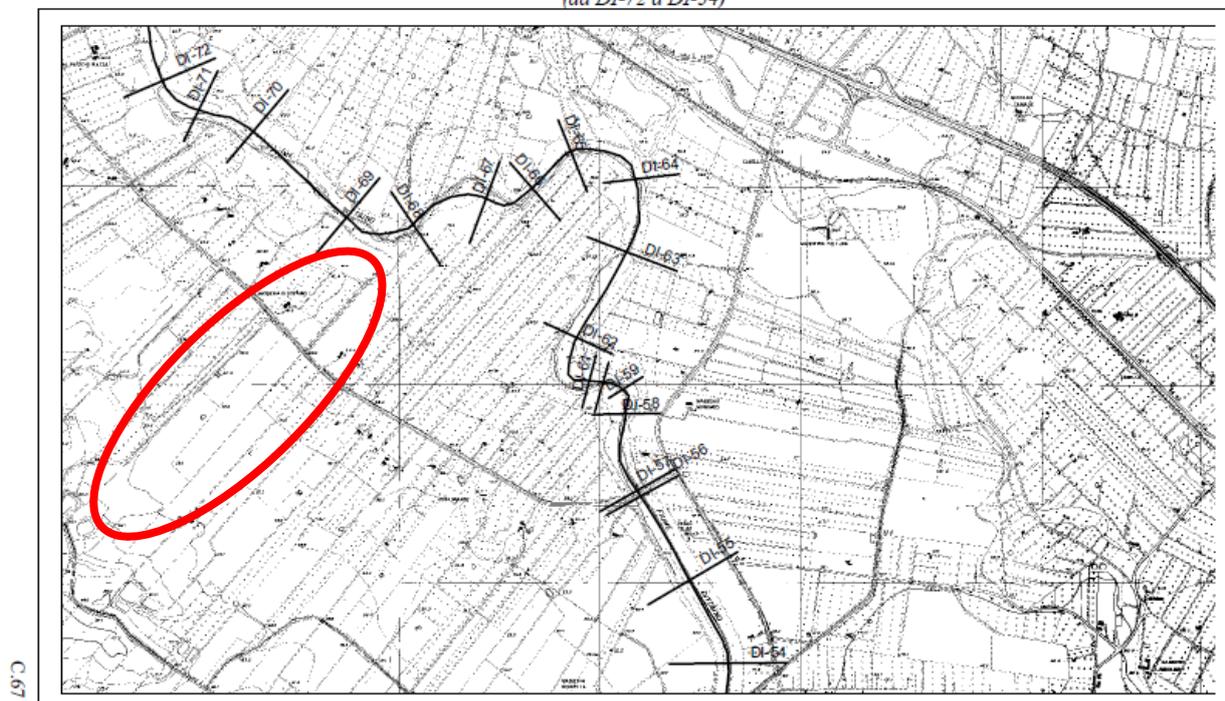


Figura 7–Planimetria con le sezioni utilizzate per la verifica idraulico del fiume Dittaino presente nella relazione del PAI.

Tabella 4.5 Valori delle portate al colmo di piena (Q_t) del fiume Dittaino, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.

tratto	portate (mc/s)		
	tr=50	tr=100	tr=300
da DI-1 a DI-41	1642	2234	3503
da DI-42 a DI-76	1610	2192	3436
da DI-77 a DI-129	1570	2137	3351
da DI-130 a DI-138	1502	2044	3206
da DI-139 a DI-163	1437	1956	3067
da DI-164 a DI-263	1332	1812	2842

Figura 8–Portate di piena per diversi tempi di ritorno nei diversi tratti del fiume Dittaino

Le portate di piena, per i diversi tempi di ritorno, utilizzate nelle simulazioni sono:

Tabella 2 Portate di piena per diversi tempi di ritorno utilizzati per la simulazione idraulica

Tempo di ritorno [anni]	Portata [m3/s]
50	1610
100	2192
300	3436

4.3. Definizione dell'idrogramma di progetto

La definizione dell'idrogramma di progetto, per i diversi tempi di ritorno, è partita da quanto indicato nella relazione del PAI relativa del Bacino Idrografico del Fiume Simeto redatta dalla Regione Siciliana – Dipartimento Territorio e Ambiente – Servizio 4 "Assetto del territorio e difesa del suolo", documento relativo alla perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica. A pagina 266 di tale documento viene definito quanto segue: *"In particolare gli idrogrammi del Dittaino e del Simeto, a monte della confluenza con il Dittaino, sono stati assunti con portata al colmo pari a quelle ottenute con le relazioni regionali valide per i singoli rami confluenti e con forme triangolari caratterizzate da una fase ascendente di durata pari ai tempi di corrivazione (tc = 15 ore per il Simeto e 21 ore per il Dittaino) e una fase discendente di durata 2.5 tc. Dall'idrogramma risultante si è ottenuta la portata al colmo assunta valida per la sezione immediatamente a valle della confluenza Simeto-Dittaino."*

A partire dal tempo di corrivazione (18 ore) definito nel paragrafo 4.1 e dalla portata definita nel paragrafo 4.2 sono stati calcolati gli idrogrammi di progetto per i tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni, di seguito riportati.

Il picco dell'idrogramma è a 18 ore e la sua lunghezza è pari a circa 45 ore.

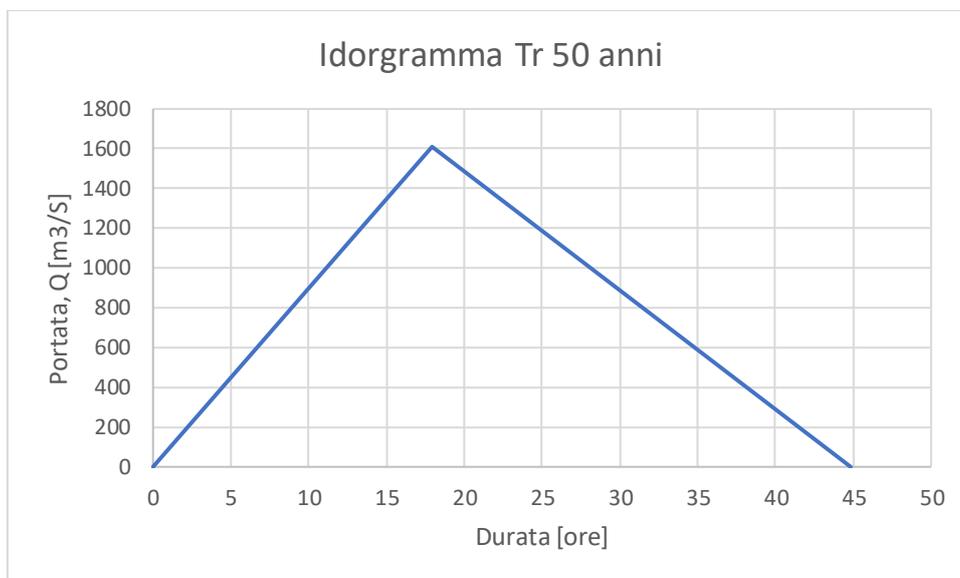


Figura 9–Idrogramma di piena Tr 50 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto

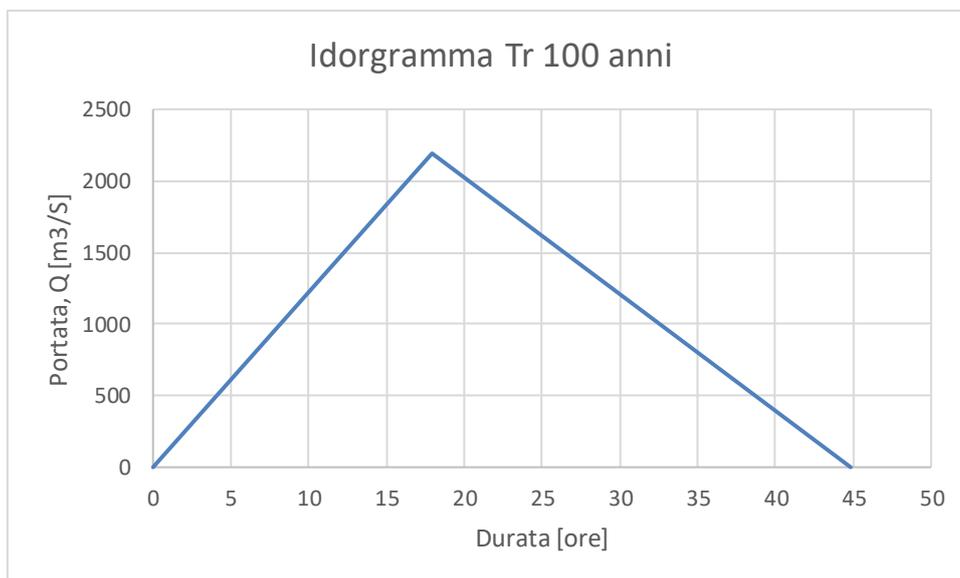


Figura 10–Idrogramma di piena Tr 100 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto

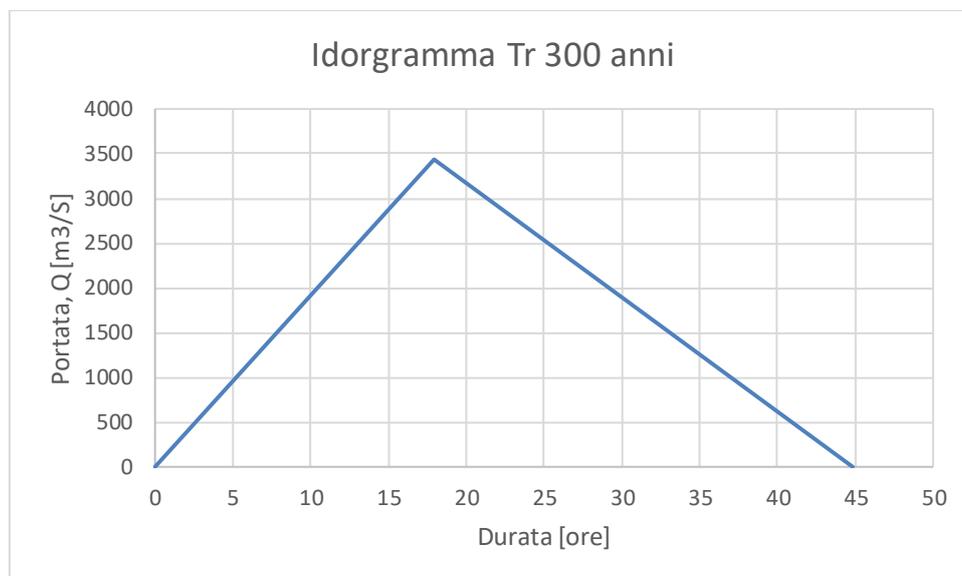


Figura 11–Idrogramma di piena Tr 300 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto

5. VALUTAZIONE IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE

L'area di impianto in progetto, come detto nel paragrafo 1, sono all'interno della zona di pericolosità P1 e P2.

Per quanto sopra detto, lo studio idraulico verrà effettuato utilizzando, in maniera cautelativa, la portata e l'idrogramma con tempo di ritorno 300 anni come indicato nella Tabella 2 e nel paragrafo 4.3

5.1. STIMA DELLE ALTEZZE DI PIENA

La valutazione dell'andamento dei profili di inviluppo di piena è stata effettuata utilizzando il software HEC-RAS 5.0.7, sviluppato dal Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. Questo software, ormai ampiamente utilizzato per questo tipo di analisi, permette il calcolo del pelo libero della corrente, attraverso un modello di moto uni-dimensionale stazionario (portata costante e geometria dell'alveo variabile).

Le condizioni al contorno assegnate sono:

- Valore di portata al colmo calcolato per un tempo di ritorno pari a 300 anni come mostrato in Tabella 2
- Nella sezione di valle e di monte è stata impostata la condizione di "Normal Depth", ovvero si assume come altezza del pelo libero l'altezza relativa a quella di moto uniforme che il programma calcola per ogni profilo. L'imposizione di tale condizione avviene fornendo al programma la pendenza dei carichi totali, che si può approssimare con la pendenza del tratto di fiume a monte e a valle. La condizione di "Normal Depth" è stata posta pari all'0,3%, corrispondente alla pendenza del fiume Dittaino nel tratto interessato;

Per la stima delle altezze di piena per il fiume Dittaino sono stati assegnati i seguenti valori del coefficiente di scabrezza "n" di Manning:

- 0,034 per l'alveo e golene – valore tipico per corsi d'acqua Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpaglia ricavato nella tabella "Valori delle caratteristiche" dell'appendice C della relazione del PAI "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico"

(P.A.I) – Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F, Imera Meridionale (071)".

Le analisi del software, svolte con le ipotesi riportate, hanno consentito di valutare il valore di altezza di piena in ciascuna delle sezioni e l'andamento del profilo della corrente lungo l'alveo.

Il tratto di corso d'acqua indagato si sviluppa per circa 10 km di cui 4 km a monte e 6 km a valle dell'area d'impianto.

Nelle seguenti figure sono riportati i valori dei livelli di piena raggiunti nelle sezioni più impattanti del corso d'acqua, il profilo longitudinale e le aree allagate ante operam.

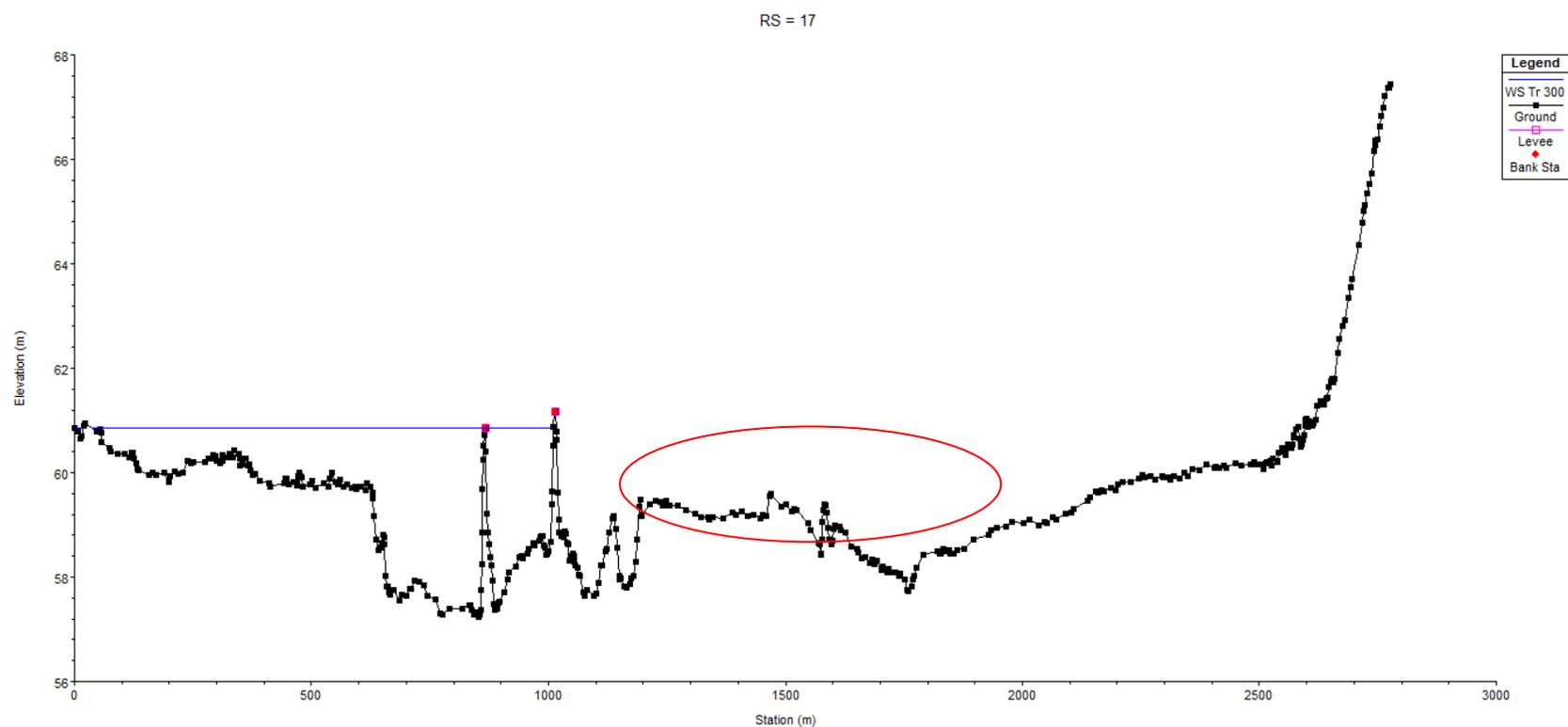


Figura 12 – Sezione 17 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)

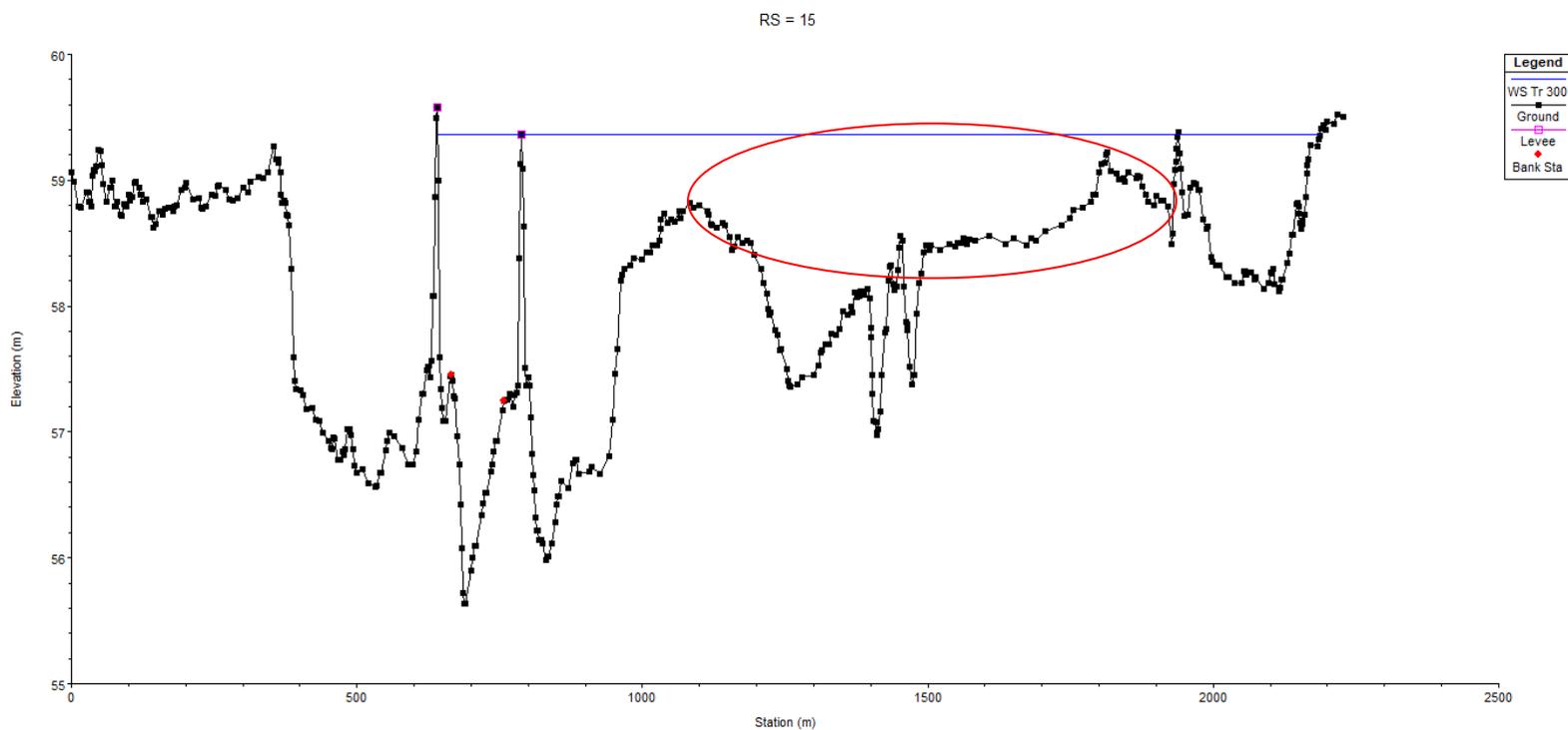


Figura 13 – Sezione 15 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)

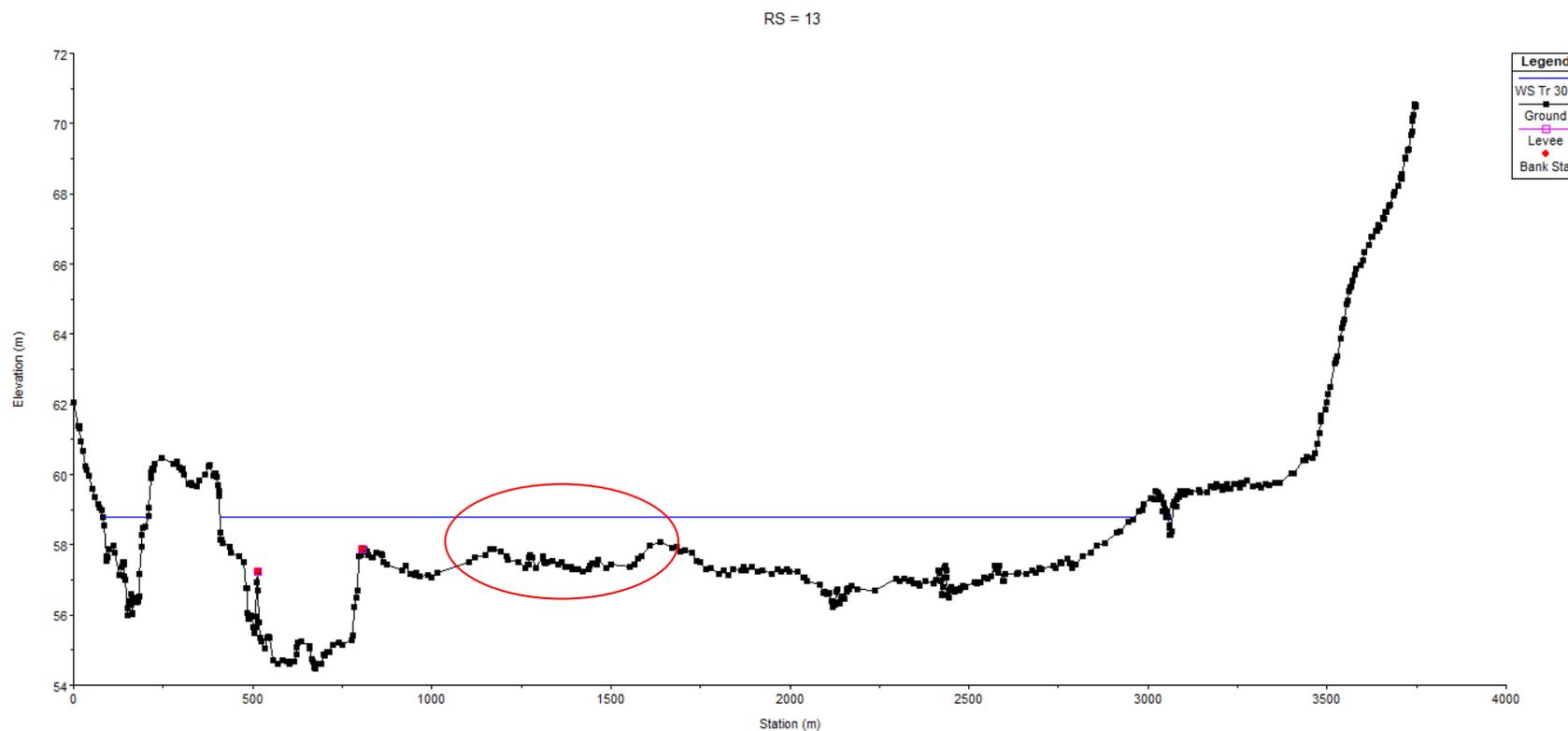


Figura 14 – Sezione 13 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)

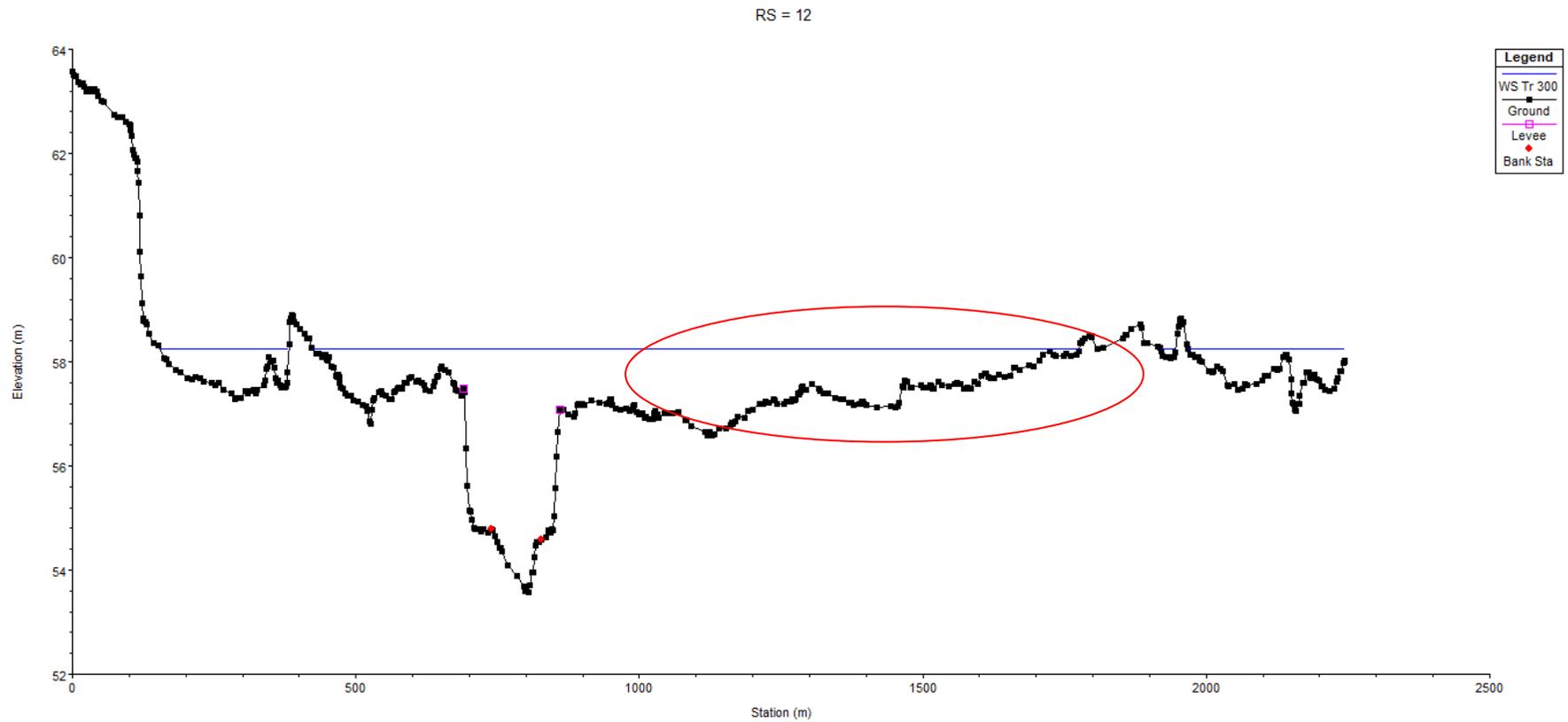


Figura 15 – Sezione 12 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)



Figura 16 – Sezione 11 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)

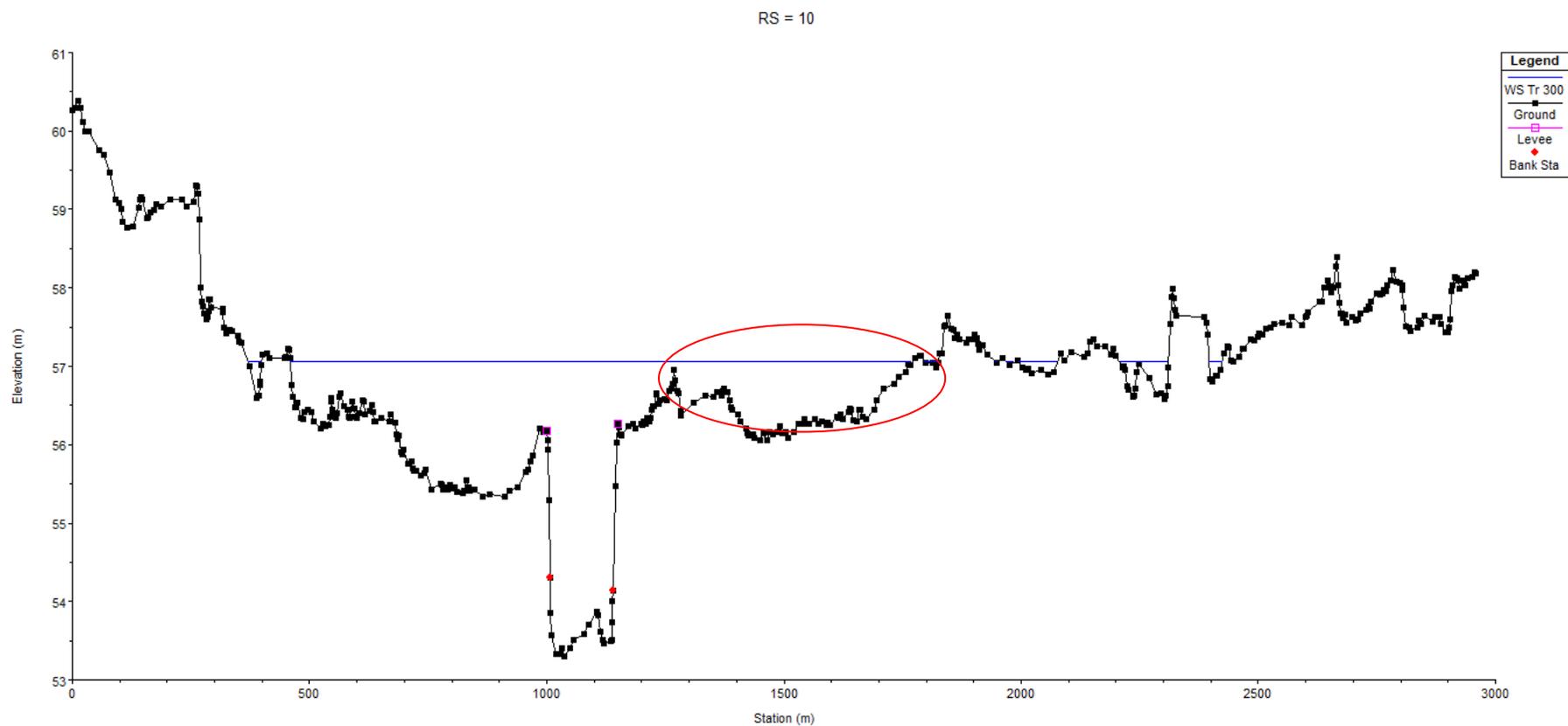


Figura 17 – Sezione 10 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)



Figura 18 – Sezione 9 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l'area d'impianto)

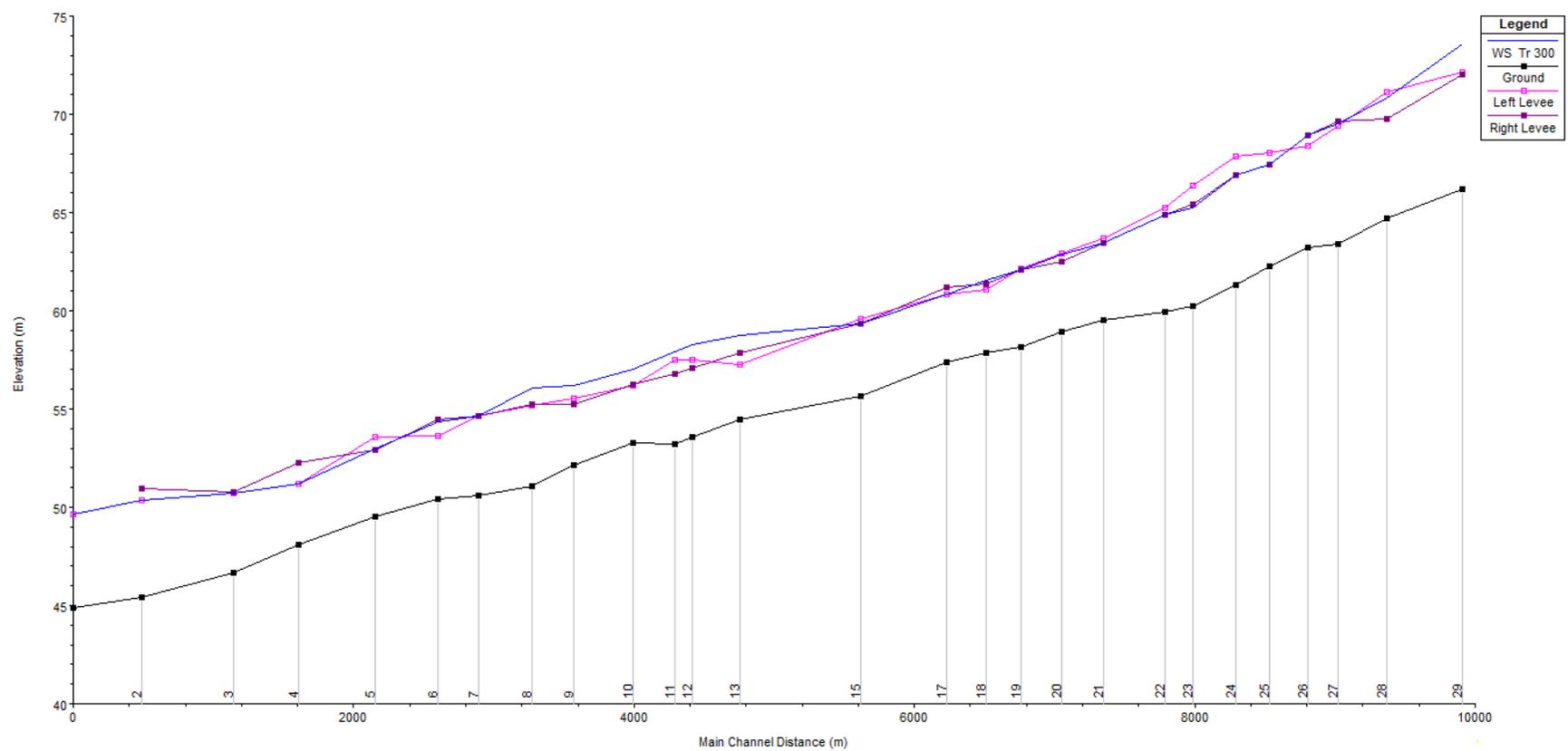


Figura 19 – Profilo longitudinale del fiume Dittaino

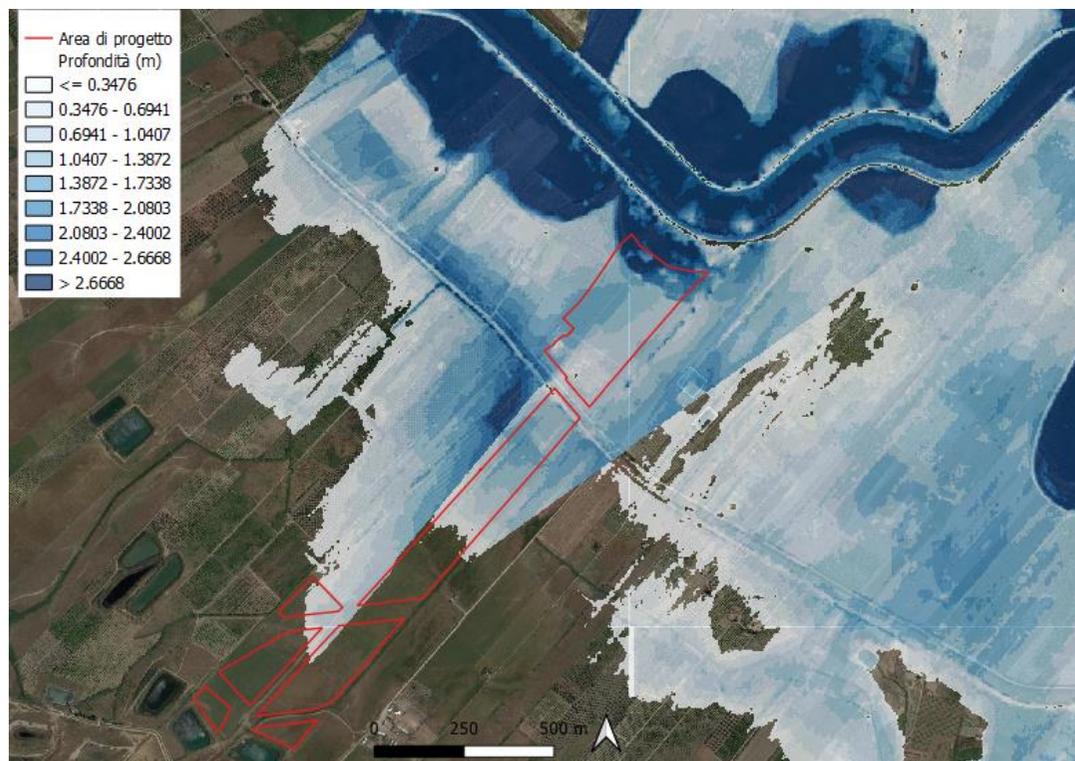


Figura 20 – Aree allagate Tr 300 anni in prossimità dell'area d'impianto ante operam

L'estensione delle aree allagabili è comparabile con quelle presenti nel documento di piano mostrato in Figura 1.

L'area allagata presenta un battente medio dell'ordine del 1,5 m con un massimo di circa 2 m in prossimità dell'area a Nord, Nord Est dell'impianto in prossimità del corso d'acqua.

I risultati numerici della simulazione in moto permanente nelle diverse sezioni sono mostrati nell'allegato 1.

6. VALUTAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE

6.1. ASSETTO GEOMETRICO DELLE AREE 2D

La geometria utilizzata per le simulazioni in moto bidimensionale delle aree esterne al corso si è basata su quella creata per il moto permanente e mostrata in Figura 7. In aggiunta alle sezioni del corso d'acqua, è stata aggiunta la maglia di calcolo necessaria per studiare lo sviluppo delle portate esondate dal fiume Dittàino.

Le aree 2D analizzate comprendono le zone in sponda destra idraulica del fiume Dittaino per tutto il tratto di corso d'acqua analizzato. La maglia di calcolo ha un mesh di dimensioni 50x50 m, valore considerato adeguato in termini di precisione e onere temporale per le simulazioni (il modello poi adatta le celle sulla base del DTM e del perimetro dell'area) vista la natura pianeggiante dell'area indagata, per un valore totale delle celle pari a 8651.

Le maglie sono state infittite nell'area dell'impianto per vedere con più dettaglio lo scorrimento delle acque. Le dimensioni dei mesh in quest'area è pari a 10x10 m.

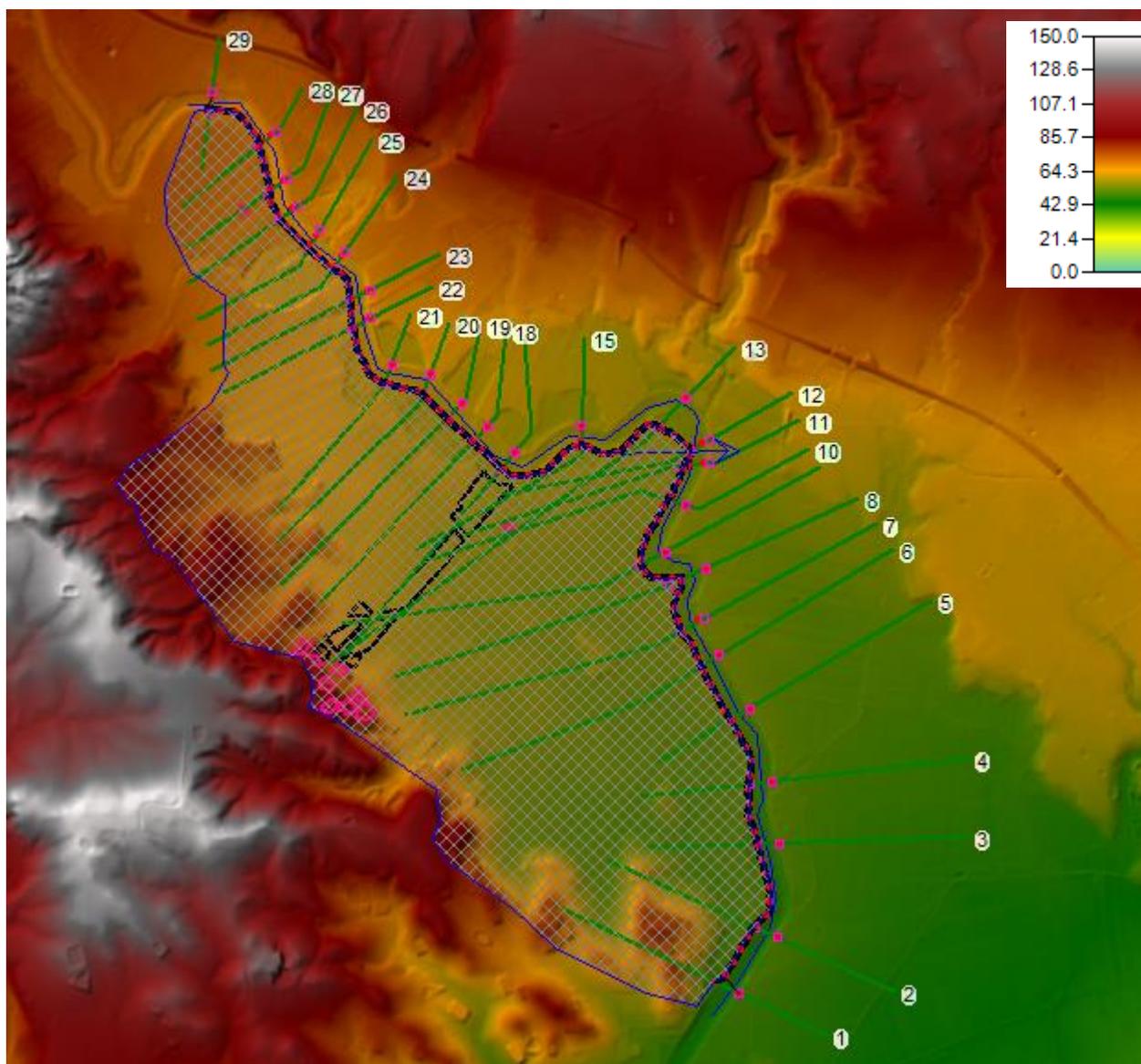


Figura 21 – Planimetria con aree 2D per simulazione bidimensionale

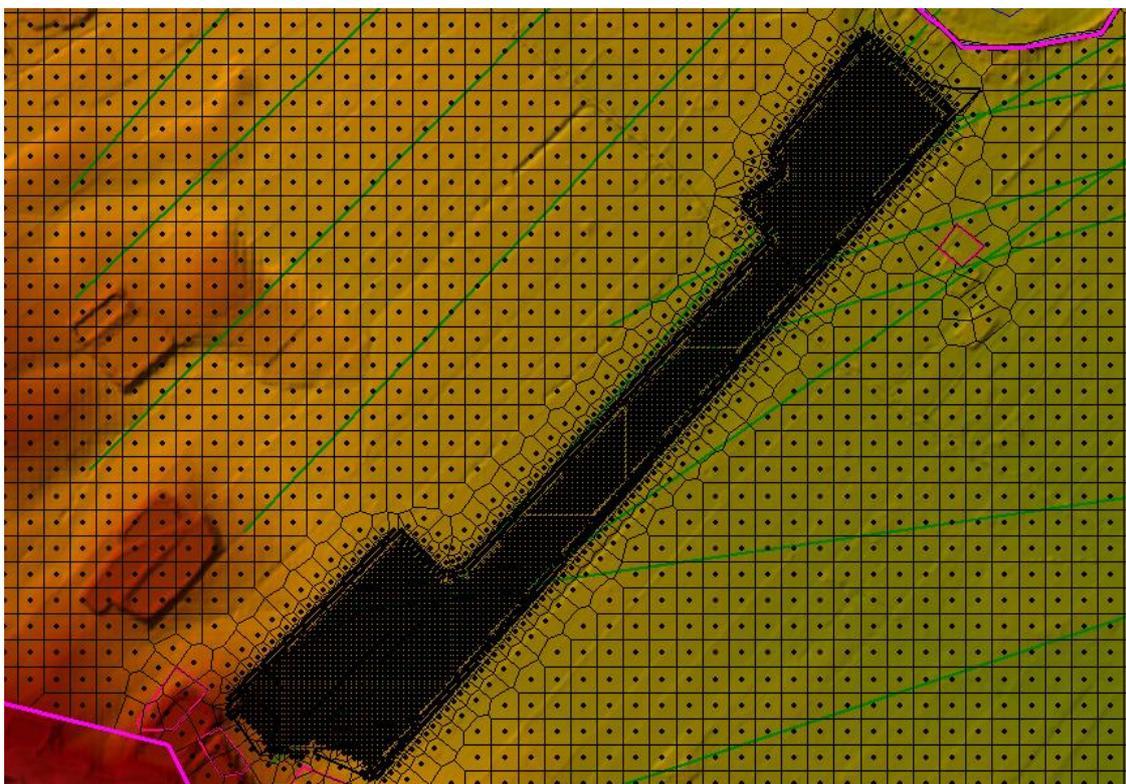


Figura 22 – Zoom della maglia di calcolo all'interno dell'area dell'impianto

Nell'area N, N-E dell'impianto è presente una zona depressa rispetto al resto del terreno. Tale area è mostrata, in planimetria e sezione, ricavata dal DTM, nelle successive immagini.



Figura 23 – Planimetria della zona depressa (poligono rosso) a N, N-E dell’area d’impianto (poligono nero)

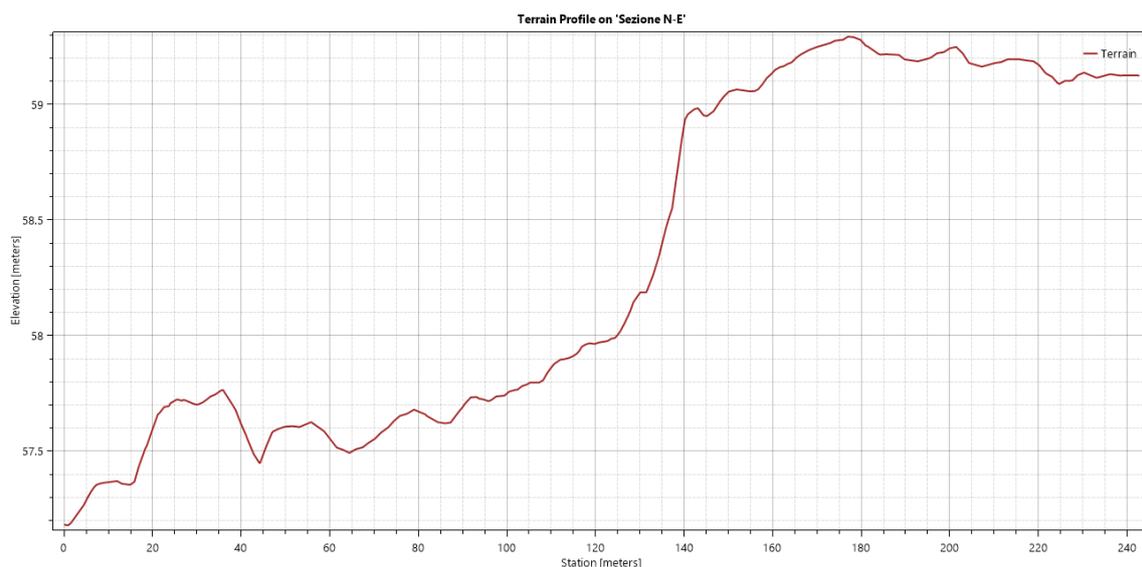


Figura 24 – Sezione della zona depressa rispetto alla restante parte dell’area d’impianto

6.2. MODELLAZIONE

La valutazione dell'andamento dei profili di inviluppo di piena sono state effettuate utilizzando il software HEC-RAS 5.0.7, sviluppato dal Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. Per l'analisi in esame è stata utilizzata la funzione del programma che permette una simulazione su modello bidimensionale.

Le funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS permettono di eseguire una modellazione 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS permette di eseguire una modellazione combinata 1D/2D, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale, e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono, per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi. Il modello monodimensionale del corso d'acqua fornisce la condizione di partenza per il modello bidimensionale che si sviluppa al di fuori dell'alveo: ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'area 2D viene simulata suddividendola in celle in grado di generare un modello digitale del terreno su cui scorre la corrente in uscita dal corso d'acqua.

Le condizioni al contorno assegnate sono gli idrogrammi di piena del Dittaino con tempo di ritorno pari a 300 anni nelle sezioni a monte individuato in Figura 11 con portata di picco pari a $3436 \text{ m}^3/\text{s}$.

Inoltre nella sezione di valle è stata impostata la condizione di "Normal Depth", ovvero si assume come altezza del pelo libero l'altezza relativa a quella di moto uniforme che il programma calcola per ogni profilo. L'imposizione di tale condizione avviene fornendo al programma la pendenza dei carichi totali, che si può approssimare con la pendenza del tratto di fiume a monte. La condizione di "Normal Depth" è stata posta pari all'0,3%, corrispondente alla pendenza media del fiume Paglia nel tratto interessato.

Per la stima delle altezze di piena sono stati assegnati i valori del coefficiente di scabrezza "n" di Manning, utilizzati nei calcoli

- 0,034 per l'alveo – valore tipico per corsi d'acqua Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpaglia ricavato nella tabella "Valori delle caratteristiche" dell'appendice C della relazione del PAI "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico"

(P.A.I) – Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (072) Area territoriale tra il Bacino Idrografico del F. Palma e il Bacino Idrografico del F. Imera Meridionale (071)”.

Per le aree golenali, in funzione della classificazione del terreno secondo il Corinne Land Cover della regione Sicilia, sono state assegnate alle aree 2D valori diversi di scabrezza di Manning come mostrato di seguito.

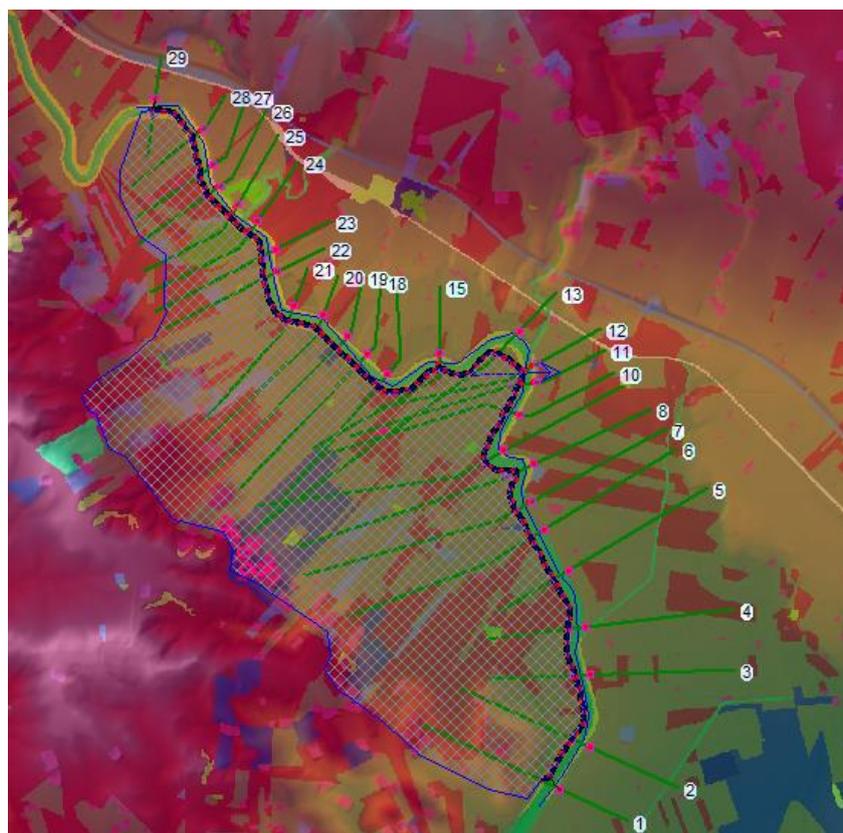


Figura 25 – Corinne Land Cover rispetto alle aree 2D oggetto di simulazione

Tabella 3 – Coefficienti di Manning rispetto al Corinne Land Cover regione Sicilia (da Calibration of 2D hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus River, Pestana et al.)

Codice Corinne Land Cover	Coefficiente Manning [$s \cdot m^{-1/3}$]	Descrizione
1112	0.23	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado

1122	0.23	Borghi e fabbricati rurali
121	0.23	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi
1221	0.07	Linee ferroviarie e spazi associati
1222	0.07	Viabilità stradale e sue pertinenze
132	0.115	Aree ruderali e discariche
133	0.115	Cantieri
21121	0.043	Seminativi semplici e colture erbacee estensive
21211	0.043	Colture ortive in pieno campo
222	0.043	Frutteti (impianti arborei specializzati per la produzione di frutta)
223	0.043	Oliveti
2242	0.043	Piantagioni e latifoglie, impianti di arboricoltura (noce e/o rimboschimento)
2243	0.043	Eucalipteti impianti di eucalitti a uso produttivo e per alberature
2311	0.298	Incolti
242	0.023	Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)
3116	0.23	Boschi e boscaglie ripariali
3211	0.039	Praterie aride calcaree
32231	0.058	Ginestreti
32312	0.058	Macchia a lentisco (macchia

		termofila)
4121	0.045	Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri (canneti a fragmite)
5122	0.035	Laghi artificiali

I parametri di calcolo utilizzati per le simulazioni sono:

- Condizione iniziale: 200 m³/s
- Durata simulazione 45 ore, pari alla durata dell'idrogramma di piena;
- Δt calcolo: 1 minuto:

6.2.1. SIMULAZIONE ANTE OPERAM

Nelle seguenti immagini è riportato il profilo longitudinale alla quota di massima piena raggiunta nel fiume Dittaino in ogni sezione esaminata per l'intera area in esame.

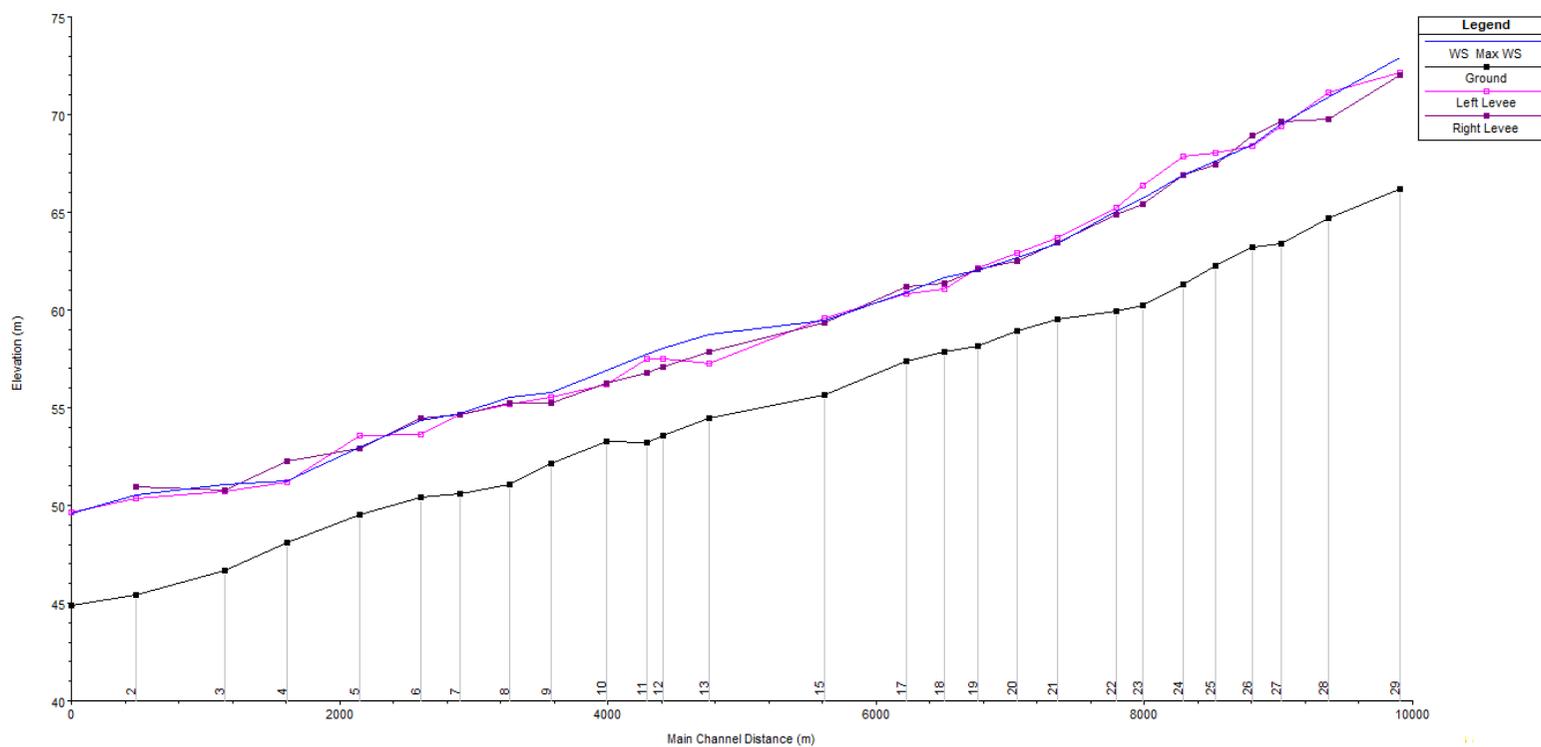


Figura 26 – Profilo longitudinale ante operam del fiume Dittaino

AREA DI IMPIANTO

Nelle seguenti figure è riportato l'inviluppo massimo della velocità della corrente e del battente nell'area di impianto. Le aree dalle portate esondate sono nella zona a Nord e Nord-Est dell'impianto in prossimità del Dittaino, nella zona depressa mostrata in **Figura 24**.

Il battente nella zona allagata, all'interno dell'area dell'impianto, è dell'ordine di circa 0,50 m con punte di circa 1,10 m nello spigolo Nord dell'area. Mediamente la velocità in queste aree è di circa 0,5 m/s.

Il battente nelle aree esterne limitrofe all'impianto varia tra 30 e 70 cm in funzione dell'orografia del terreno. Mediamente la velocità n in queste aree è di circa 0,3 m/s.



Figura 27 – Battente d'acqua (m) ante operam in prossimità dell'area di impianto

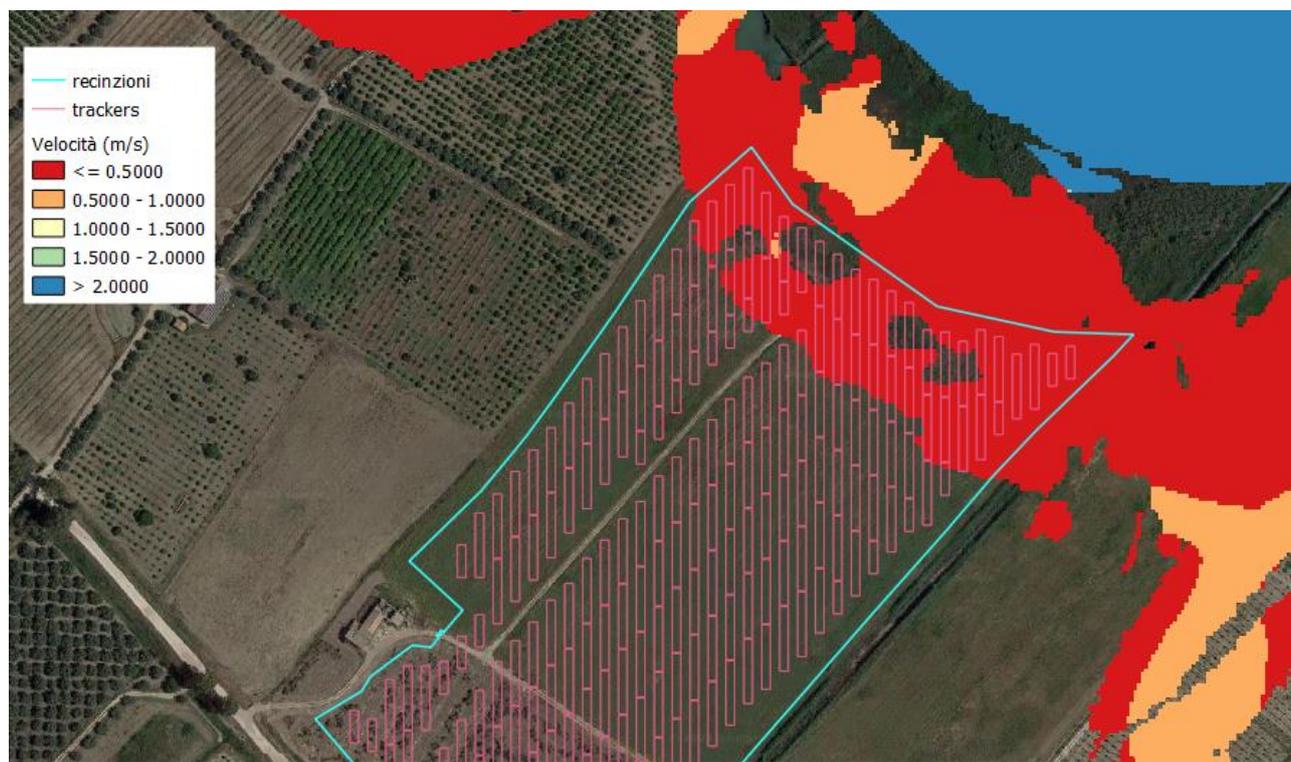


Figura 28 – Velocità (m/s) ante operam in prossimità dell’area di impianto

6.2.2. SIMULAZIONE POST OPERAM

A seguito della simulazione 2D ante operam sono state identificate le aree soggette a essere inondate dal fiume Dittaino in caso di portate con tempo di ritorno 300 anni. Le uniche opere che potrebbero costituire ostacolo al deflusso della piena sono i pali di sostegno dei pannelli che risultano essere di ridotte dimensioni. Tali opere potrebbero incrementare il battente di alcuni centimetri, non andando ad interferire con il pannello stesso. Inoltre, le unità di conversione e trasformazione non risultano interferire con le aree esondabili.

Di seguito vengono identificate le inclinazioni possibili dei pannelli fotovoltaici.

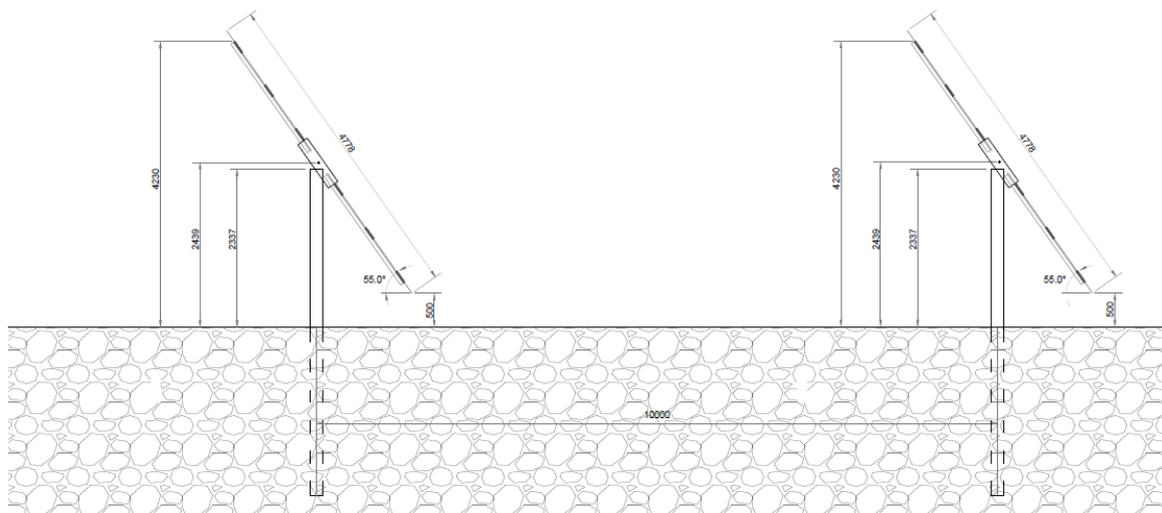


Figura 29 - Inclinazione "standard" dei pannelli fotovoltaico

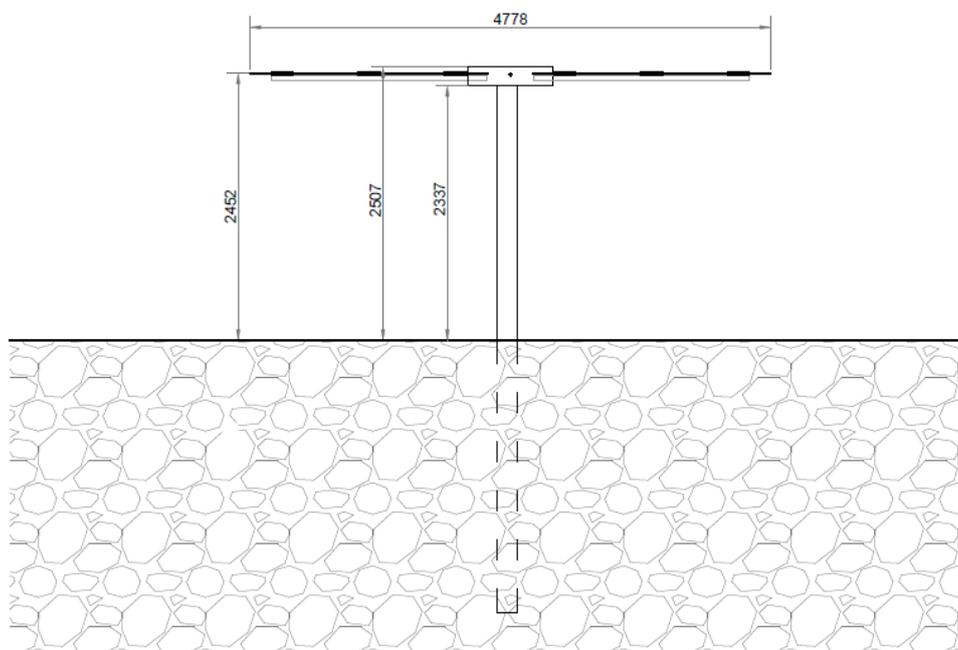


Figura 30 - Posizionamento parallelo al terreno dei pannelli fotovoltaico

In caso di eventi di piena, i pannelli presenti nella depressione verranno posizionati secondo la configurazione della **Figura 30** avendo una distanza dal piano campagna di 2,34 m ovvero circa 1 m di franco rispetto al livello d'acqua presente nel terreno.

7. CONCLUSIONI

La presente relazione di compatibilità idraulica relativa ad un impianto agri-fotovoltaico nel comune di Ramacca (CT) ricadente in parte all'interno delle zone P1 e P2, identificate dall'Autorità di Bacino, relative alle aree di esondazione del fiume Dittaino.

La presente relazione è stata redatta seguendo le indicazioni presenti nella relazione generale al bacino idrografico del Simeto, negli allegati alla relazione generale nell'Appendice C delle N.T.A del PAI dell'Autorità di Bacino della Sicilia.

Nelle simulazioni, in via cautelativa, sono state utilizzate i dati di portata e gli idrogrammi relativi ad un tempo di ritorno di 300 anni.

I valori delle portate di picco utilizzate sono quelle presenti nei documenti ufficiali redatti dall'Autorità di bacino. Gli idrogrammi di piena seguono quanto descritto nella relazione generale relativa al bacino del Simeto.

Il corso d'acqua indagato si sviluppa per 10 km di cui 4 km a monte e 6 km a valle dell'area di impianto. È stato utilizzato il DTM 2x2 della regione Sicilia come base per la modellazione del corso d'acqua in moto permanente e bidimensionale.

La modellazione in moto permanente mostra che l'estensione delle aree allagate è comparabile con le aree perimetrate dall'Autorità di Bacino.

Successivamente è stata svolta una modellazione bidimensionale ante operam delle aree pianeggianti in sponda destra esterne al corso d'acqua. I risultati hanno mostrato che una parte dell'area in progetto (zona N, N-E) risulta allagarsi in quanto posizionata in una depressione (occupata parzialmente dall'impianto) di circa 1,5 m rispetto alle zone limitrofe. In tale zona il battente, all'interno dell'area dell'impianto, è dell'ordine di circa 0,50 m con punte di circa 1,10 m nello spigolo Nord della zona mentre nelle aree esterne limitrofe varia tra 30 e 70 cm in funzione dell'orografia del terreno. Mediamente la velocità n in queste aree è di circa 0,3 m/s all'interno dell'area di impianto mentre esternamente è di circa 0,5 m/s.

A seguito della modellazione ante operam, le uniche opere che andrebbero ad interferire con la piena sono i pali di sostegno dei pannelli che risultano essere di dimensioni ridotte non andando a incrementare notevolmente il battente.

Inoltre, le unità di conversione e trasformazione non risultano interferire con le aree esondabili.

Durante gli eventi di piena, i pannelli verranno posizionati parallelamente al terreno con la parte inferiore del pannello posta a 2,34 m dal piano campagna non andando ad interferire con la quota di piena. Il franco tra la quota di piena e l'intradosso del pannello risulterebbe essere superiore ad 1 m.

.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1– Inquadramento area impianto (in rosso) su cartografia PAI	3
Figura 2–Inquadramento dell’area di impianto e del fiume Dittaino su IGM 25.000	4
Figura 3–Bacino imbrifero del Dittaino (blu) relativo all’area oggetto di studio	8
Figura 4–Curva ipsografica del bacino alla sezione di chiusura di progetto	9
Figura 5–Dettaglio delle sezioni utilizzate nelle simulazioni idrauliche	10
Figura 6–Inquadramento dell’area di progetto rispetto al corso d’acqua	11
Figura 7–Planimetria con le sezioni utilizzate per la verifica idraulico del fiume Dittaino presente nella relazione del PAI	13
Figura 8–Portate di piena per diversi tempi di ritorno nei diversi tratti del fiume Dittaino	13
Figura 9–Idrogramma di piena Tr 50 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto	15
Figura 10–Idrogramma di piena Tr 100 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto	15
Figura 11–Idrogramma di piena Tr 300 anni del Dittaino nella sezione di chiusura di progetto	16
Figura 12 – Sezione 17 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	19
Figura 13 – Sezione 15 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	20
Figura 14 – Sezione 13 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	21
Figura 15 – Sezione 12 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	22
Figura 16 – Sezione 11 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	23
Figura 17 – Sezione 10 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	24
Figura 18 – Sezione 9 del fiume Dittaino (cerchio rosso mostra indicativamente l’area d’impianto)	25
Figura 19 – Profilo longitudinale del fiume Dittaino	26
Figura 20 – Aree allagate Tr 300 anni in prossimità dell’area d’impianto ante operam	27
Figura 21 – Planimetria con aree 2D per simulazione bidimensionale	30

Figura 22 – Zoom della maglia di calcolo all’interno dell’area dell’impianto	31
Figura 23 – Planimetria della zona depressa (poligono rosso) a N, N-E dell’area d’impianto (poligono nero)	32
Figura 24 – Sezione della zona depressa rispetto alla restante parte dell’area d’impianto	32
Figura 25 – Corinne Land Cover rispetto alle aree 2D oggetto di simulazione	34
Figura 26 – Profilo longitudinale ante operam del fiume Dittaino	37
Figura 27 – Battente d’acqua (m) ante operam in prossimità dell’area di impianto	38
Figura 28 – Velocità (m/s) ante operam in prossimità dell’area di impianto	39
Figura 29 - Inclinazione “standard” dei pannelli fotovoltaico	40
Figura 30 - Posizionamento parallelo al terreno dei pannelli fotovoltaico	40

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Caratteristiche del bacino imbrifero	9
Tabella 2 Portate di piena per diversi tempi di ritorno utilizzati per la simulazione idraulica	14
Tabella 3 – Coefficienti di Manning rispetto al Corinne Land Cover regione Sicilia (da Calibration of 2D hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus River, Pestana et al.)	34

ALLEGATO 1 – ANALISI STATO DI FATTO – MOTO PERMANENTE – RISULTATI NUMERICI

SEZIONE	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
29	3436	66.2	73.56	72.16	73.98	0.001551	3.65	1535.47	751.09	0.49
28	3436	64.73	70.81	70.45	72.48	0.004948	6.16	734.8	469.6	0.87
27	3436	63.4	69.5	68.79	70.9	0.003783	5.37	714.53	247.4	0.76
26	3436	63.23	68.91	68.91	70	0.003694	5.11	900.5	565.06	0.74
25	3436	62.27	67.46	67.46	67.52	0.000197	1.13	3153.37	743.57	0.17
24	3436	61.33	66.9	66.9	66.97	0.000236	1.27	2922.97	701.41	0.19
23	3436	60.25	65.23	65.23	67.17	0.00694	6.19	563.72	149.4	0.98
22	3436	59.93	64.91	64.91	65.88	0.004076	4.87	890	373.1	0.76
21	3436	59.54	63.45	63.45	63.81	0.002718	3.05	1327.21	617.35	0.58
20	3436	58.94	62.88	62.48	63.07	0.00149	2.4	1861.59	937.72	0.44
19	3436	58.15	62.07	62.07	62.44	0.003183	3.36	1374.4	882.92	0.63
18	3436	57.87	61.54	61.34	61.67	0.001353	2.02	2405.95	1763.96	0.4
17	3436	57.38	60.86	60.86	61.12	0.002749	2.82	1578.75	992.25	0.57
15	3436	55.64	59.36	59.36	59.55	0.002299	2.83	1962.23	1544.2	0.54
13	3436	54.48	58.77	57.5	58.81	0.000295	1.18	4472.13	2689.47	0.2
12	3436	53.57	58.25	58.25	58.56	0.002331	3.64	1935.17	1883.29	0.57
11	3436	53.22	57.94	57.77	58.19	0.001746	3.19	2117.94	2142.25	0.5
10	3436	53.3	57.05	57.05	57.49	0.003124	3.79	1553.53	1599.55	0.65
9	3436	52.16	56.17	55.52	56.26	0.000825	1.82	2963.43	2164.96	0.33
8	3436	51.08	56.06	55.17	56.1	0.000314	1.25	4345.08	2790.53	0.21
7	3436	50.6	54.65	54.65	55.67	0.007942	5.33	994.21	985.31	1
6	3436	50.4	54.33	53.64	54.42	0.000827	1.73	2720.07	1597.02	0.32
5	3436	49.53	52.99	52.99	53.61	0.005171	4.24	1126.95	763.23	0.8
4	3436	48.07	51.18	51.18	51.24	0.000529	1.14	3066.55	1514.95	0.25
3	3436	46.64	50.73	50.73	50.77	0.000207	0.79	3994.04	1491.67	0.16
2	3436	45.41	50.34	50.34	50.39	0.000257	0.96	3425.33	1097.15	0.18
1	3436	44.86	49.63	49.63	49.78	0.000946	1.99	2080.06	957.1	0.35