

Regione: Sicilia
Provincia: Catania - Enna
Comune: Mineo - Ramacca - Aidone
Località: Liotta-Malaricotta-Olivo-Magazzinazzo-Russotto-Ogliastro

PROGETTO "MINEO" IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 263 MWp E 195 MW IN IMMISSIONE PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo: RS06REL019A0
RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

Allegato:

P.1

Progettazione:



ARCADIA srls
Via Houel 29, 90138 - Palermo

info@arcadiaprogetti.it
arcadiaprogetti@arubapec.it

Visti / Firme / Timbri:



Ing. Maurizio Moscoloni

Note:

Data	Rev.	Descrizione revisioni	Elaborato da:	Controllato da:	Approvato da:
05.03.2024	0	PRIMA EMISSIONE	Ing. Maurizio Moscoloni	Arcadia srls	IBVI 22 srl
REVISIONI					



IBVI 22 s.r.l.

IBVI 22 srl Viale Amedeo Duca d'Aosta 76 39100 Bolzano (BZ) Ibvi22srl@pec.it

Formato UNI A4

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PERIMETRAZIONE DEI BACINI	6
2.1	STRUMENTI E PROCEDURE PER L'ANALISI MORFOMETRICA ED IDROGRAFICA DEL BACINO OGGETTO DI STUDIO	6
3	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	13
4	ANALISI PLUVIOMETRICA E CALCOLO DELL'ALTEZZA CRITICA DI PIOGGIA	14
4.1	INDICAZIONI DEL P.A.I. (RELAZIONE GENERALE 2004).....	15
5	CALCOLO DEL VALORE DI PORTATA	19
6	STUDIO IDRAULICO: NORME GENERALI SULLA COSTRUZIONE DEI MODELLI	25
7	STUDIO IDRAULICO: LAYOUT DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO	32
7.1	ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO MODELLATO CON HY-8	36
7.2	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID01_C01	37
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	38
7.3	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID01_B02	39
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	40
7.4	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID02_B01	41
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	42
7.5	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID02_B02	43
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	44
7.6	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID05_C01	45
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	46
7.7	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID06_C01	47
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	48
7.8	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID06_C02	49
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	50
7.9	CROSSING FRONT VIEW (ROADWAY PROFILE): B.ID06_C03	51
	WATER SURFACE PROFILE PLOT FOR CULVERT: CULVERT 1	52
8	STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA	53
8.1	PREMESSE	53
8.2	METODOLOGIA DI CALCOLO	56
8.2.1	Calcolo dei volumi di laminazione	58
8.3	LA VASCA DI LAMINAZIONE	63
8.4	MISURE COMPENSATIVE IN CONSIDERAZIONE DELLA COMPATTAZIONE E CONSEGUENTE DECADIMENTO DELLE PERMEABILITÀ DEL SUOLO, A SEGUITO DELLA NUOVA DESTINAZIONE, CON IMPATTO SU SUOLO E SOTTOSUOLO	75

9	RETE DI CAPTAZIONE E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI.....	76
10	ASSEVERAZIONE.....	81

1 PREMESSA

La presente relazione riferisce lo studio eseguito per la definizione dei caratteri idraulici relativi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie dei lavori relativi alla realizzazione del progetto di un impianto denominato "Mineo", della potenza di picco pari a 263 MWp, e delle relative opere di connessione in elettrodotto aereo AT (18,8 Km), da realizzarsi nei comuni di Aidone (EN), Mineo (CT) e Ramacca (CT).

Il presente studio idrologico - idraulico si rende necessario per ottemperare alla richiesta di integrazione e/o chiarimenti esplicitati nella nota prot. 28380 del 23/11/2023 reso dal SERVIZIO 6 – PARERI ED AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI DEMANIO IDRICO FLUVIALE E POLIZIA IDRAULICA (CT-RG- SR) - AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA della Regione Siciliana in sede di richiesta di rilascio del Parere autorizzativo di competenza nell'ambito procedimento istruttorio di VIA per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

Lo studio condotto - una volta individuate le aste interferenti con gli impianti in oggetto - ha permesso la determinazione delle aree allagate con tempo di ritorno di 5 anni per identificare tutte quelle zone che non possono essere utilizzate per la realizzazione dell'impianto secondo quanto previsto dal Decreto n.119 del 09 Maggio 2022¹ e la progettazione di una rete di drenaggio, costituita da canali in terra tra di loro interconnessi, che anziché convogliare le acque direttamente al recapito costituito dall'asta fluviale del bacino di appartenenza della rete stessa, le invia in opportune vasche di laminazione distribuite nell'area del bacino, le quali rilasciando gradualmente i volumi d'acqua al recapito finale forniscono una complessiva decelerazione del deflusso superficiale al recapito e le stesse garantiscono l'invarianza idraulica².

Tale rete inoltre allungando il percorso di drenaggio delle acque al recapito – rispetto al libero deflusso - aumenta i tempi di corrivazione delle acque superficiali.

Si evidenzia che in ogni caso saranno adottate una serie di misure atte a prevenire la compattazione del suolo e la riduzione di permeabilità dello stesso (cfr. paragrafo 8.4).

L'intervento previsto risulta in linea con quanto previsto dal P.A.I. Sicilia (aggiornamento 2021) che al punto C.5.4. dell'Appendice C recita: "*Nel caso di trasformazione dell'uso del suolo che*

¹ *Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. n.523/1904) 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. n. 523/1904.*

² *Studio dell'invarianza idraulica richiesto dalla D.D.G. n.102 del 2021 per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m².*

comporti una riduzione della permeabilità superficiale, si dovranno prevedere “interventi in situ” di infiltrazione o di temporanea ritenzione e accumulo (laminazione) delle acque, volti a mantenere invariato il coefficiente udometrico dell’area oggetto d’intervento, preservandone la capacità di scolo e di deflusso ante operam.”

Il sistema di drenaggio di progetto può essere dunque annoverato tra i “SUDS - Sistemi di drenaggio urbano sostenibile” ossia, secondo la definizione fornita dal DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia al co. 6 art. 2, *“metodi di gestione delle acque meteoriche di scorrimento superficiale che replicano i modelli di drenaggio naturali, utilizzando soluzioni economiche a basso impatto ambientale, mediante accumulo, laminazione e infiltrazione, che consentano il lento rilascio nei corpi idrici superficiali (naturali o artificiali), nelle fognature o nelle falde acquifere (infiltrazione). Il volume da destinare alla laminazione e/o all’infiltrazione delle piogge dovrà garantire che la portata allo scarico non ecceda il valore nella situazione ante operam ovvero l’eventuale valore concordato o imposto dall’ente gestore”,* rispettando così quanto predisposto dall’art. 4, dall’Allegato 1 e dall’Allegato 2 del citato DDG 102.

Il sistema di regimentazione delle acque meteoriche descritto (vasche di laminazione, luce di fondo della vasca di laminazione) è stato dimensionato e verificato per un tempo di ritorno di 30 anni, il sistema di canalizzazione invece è stato verificato per un tempo di ritorno di 50 anni.

Nei successivi paragrafi è descritto lo studio eseguito:

- per la definizione dei caratteri idraulici relativi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie dei lavori relativi alla realizzazione del progetto dell’impianto fotovoltaico;
- per garantire l’invarianza idraulica delle aree interessate dall’intervento;
- per il dimensionamento della rete di drenaggio superficiale.

Il sistema di drenaggio superficiale dell’area interessata dall’intervento costituito da canali e bacini di laminazione, ovvero l’insieme delle opere destinate alla raccolta ed al convogliamento a recapito delle acque direttamente ricadenti sulle aree in cui si posizioneranno i pannelli e tutte le zone a servizio dell’impianto, ha - come detto - il preciso obiettivo di garantire l’invarianza idraulica e di aumentare i tempi di corrivazione delle acque superficiali. Vengono pertanto delineati i criteri di verifica e di dimensionamento delle diverse opere idrauliche.

Lo studio ha inoltre considerato le interferenze tra la viabilità di progetto e l’idrografia locale; gli attraversamenti stradali sono stati progettati e verificati secondo quanto previsto dalla normativa vigente per i tombini stradali, ossia

- *il rispetto dei criteri dimensionali imposti dal punto 5.1.2.3. delle NTC 2018 e della Circolare 21 gennaio 2019 (NTC 2018): franco minimo pari a 0,50 m e tirante massimo pari a 2/3 dell'altezza della sezione (n.d.r. per la portata con tempo di ritorno di 200 anni).*

Le analisi di compatibilità finalizzate a valutare che l'inserimento dell'opera, in coerenza con l'assetto idraulico del corso d'acqua, non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico, ed assicuri, con adeguati franchi di sicurezza, il passaggio della piena di progetto, sono state sviluppate con riferimento al modello monodimensionale in regime permanente, attraverso il codice di calcolo Hec- Ras.

Nel capitolo 8 sono riportati tutti gli attraversamenti in progetto in formato tabellare e nell'allegato di progetto i risultati in forma grafica ottenuti con la simulazione.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PERIMETRAZIONE DEI BACINI

Per la stima univoca della portata di piena o di colmo, detta “portata di progetto”, si sono utilizzate le direttive e le metodologie reperite da letteratura tecnica, quelle indicate dal P.A.I. della Regione Sicilia (2006) ed in fine le direttive del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche nell’ambito del Progetto VA.PI. (Valutazione delle Piene in Italia) pubblicati nel rapporto Valutazione delle Piene in Sicilia [Cannarozzo, D’Asaro e Ferro, 1993].

Tali procedure si fondano sul calcolo della portata in modo indiretto, mediante modelli di trasformazione degli afflussi in deflussi.

Tra le diverse metodologie disponibili per il calcolo della portata in modo indiretto, il modello più utilizzato risulta essere quello cinematico, (nello specifico il modello razionale) il quale permette calcolare e stimare il valore delle portate di piena mediante l’analisi dei seguenti parametri:

- Morfometrici ed idrografici del bacino idrologico sotteso alla sezione di chiusura,
- Tempo di corrivazione;
- Altezza di pioggia critica;
- Coefficiente di deflusso per la determinazione della pioggia netta;

Nei seguenti sottoparagrafi, sono riportati le metodologie necessarie all’individuazione del bacino e delle caratteristiche morfometriche ed idrografiche dello stesso.

2.1 Strumenti e procedure per l’analisi morfometrica ed idrografica del bacino oggetto di studio

La determinazione del bacino idrografico e del reticolo è stata effettuata utilizzando un modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM di maglia 2x2) con procedura sviluppata in ambiente GIS.

Tale DEM è stato elaborato dalla Regione Sicilia ed è disponibile in download tramite procedura Web Coverage Service (WCS http://map.sitr.regione.sicilia.it/gis/services/DEM/MDT_2012_2013/MapServer/WCSServer).

Le elaborazioni della matrice così ottenuta (raster), contenente le informazioni altimetriche delle singole celle, sono state eseguite in ambiente Gis utilizzando il software QGIS con opportune procedure di interpolazione, che di seguito vengono descritte.

Utilizzando come input un livello raster rappresentativo delle quote topografiche o un modello digitale del terreno (DEM), gli strumenti di analisi idrologica consentono di individuare in maniera automatica il sistema di drenaggio e quantificare le caratteristiche del sistema.

A seguito di queste operazioni preliminari si sono individuati i bacini principali relativi a tutti i corsi d'acqua principali e minori identificati tramite l'analisi delle CTR regionali e tutte le caratteristiche morfologiche desumibili attraverso appositi comandi propri del GIS.

Questo perché ciascuna metodologia riportata in letteratura per il calcolo della portata al colmo di piena necessita di una serie di parametri da inserire all'interno del modello per applicare un generico modello di calcolo ad un determinato caso di studio.

Si tratta, fondamentalmente, di caratteristiche morfo-idrometriche del bacino o dell'asta principale del reticolo.

Tali grandezze possono essere ricavate tramite l'applicazione di alcuni basilari strumenti analitici comunemente applicati in ambiente GIS.

Senza entrare nel merito del significato concettuale di ciascuna applicazione, si fornisce di seguito un elenco dei parametri ricercati:

- *Estensione superficiale del bacino (kmq).*
- *Lunghezza dell'asta fluviale principale (km)*
- *Quote media e massima del bacino (m s.l.m)*
- *Quota della sezione di chiusura (m s.l.m)*
- *Pendenza media del bacino (m/m)*
- *Pendenza media dell'asta fluviale (m/m)*

Il bacino idrografico in cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico è il bacino del fiume Gornalunga che dà il nome all'omonimo bacino idrografico mostrato in figura. Il Gornalunga è affluente del fiume Simeto. Bacino idrografico tra i più grandi della Sicilia.

Il bacino del F. Gornalunga si estende per circa 1130 Km² interessando il territorio delle province di Catania e di Enna. Il corso d'acqua ricade nel bacino idrografico del F. Simeto, di cui è affluente. Il corso d'acqua trae origine dalle pendici di Cozzo Bannata e di M. Rossomanno sotto il nome di V.ne Rossomanno e si sviluppa per circa 80 Km nella zona meridionale del bacino idrografico del

F. Simeto. Gli affluenti principali del F. Gornalunga, nella zona di monte, sono il Fosso Belmontino, il V.ne Murapano, il V.ne Gresti, il F. Secco.

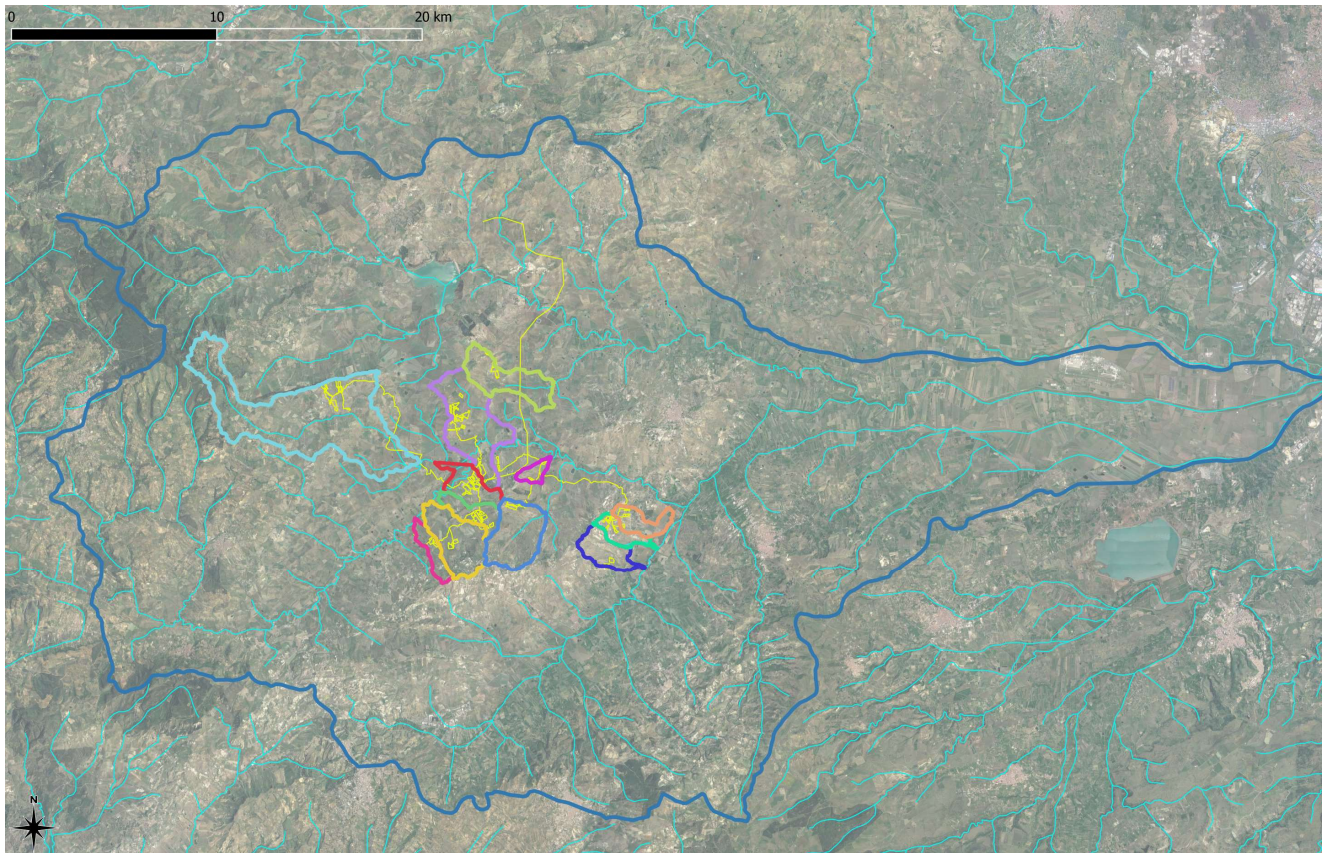


Figura 1: Bacino del fiume Gornalunga, evidenziate le aree dei differenti impianti previsti con interferenze con il reticolo idrografico.

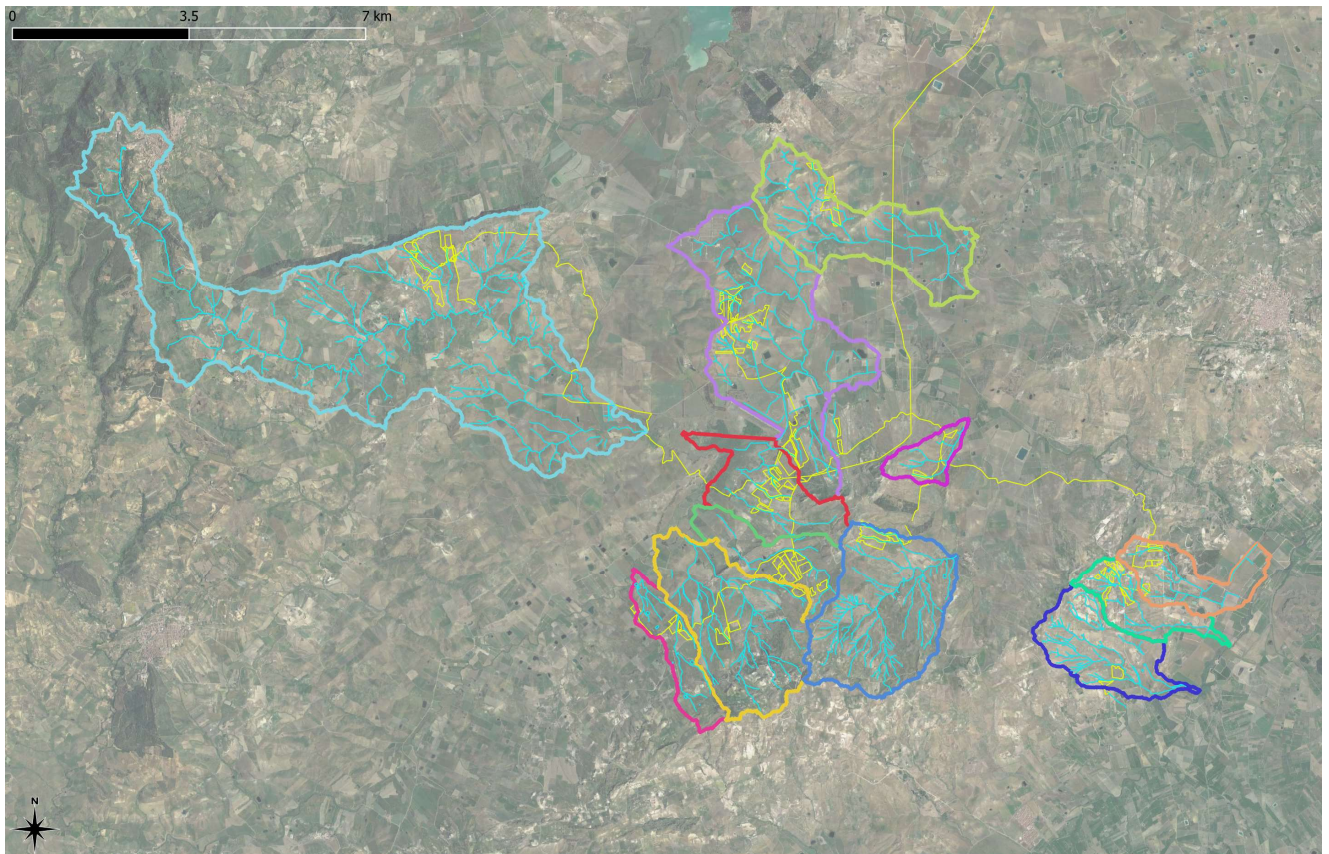


Figura 2: Inquadramento dell'area degli impianti fotovoltaici e interferenze con il reticolo idrografico ricavato dalla CTR della Regione Sicilia

Il software utilizzato ha permesso una volta individuati i rami interferenti, rilevabili sulla CTR regionale, con l'impianto da realizzare di ricavare un bacino contribuente al deflusso per ogni ramo e di conseguenza tutte le grandezze morfometriche indispensabili per l'analisi idrologica ed idraulica.

Sono stati individuati in totale 12 bacini idrografici in grado di generare più di una interferenza con l'infrastruttura da progettare.

Nel proseguo della trattazione saranno tabellate ed indicate le grandezze morfometriche e i risultati del calcolo idrologico per i bacini identificati con il codice tipologico che ne associa la zona relativa all'impianto e una numerazione progressiva.

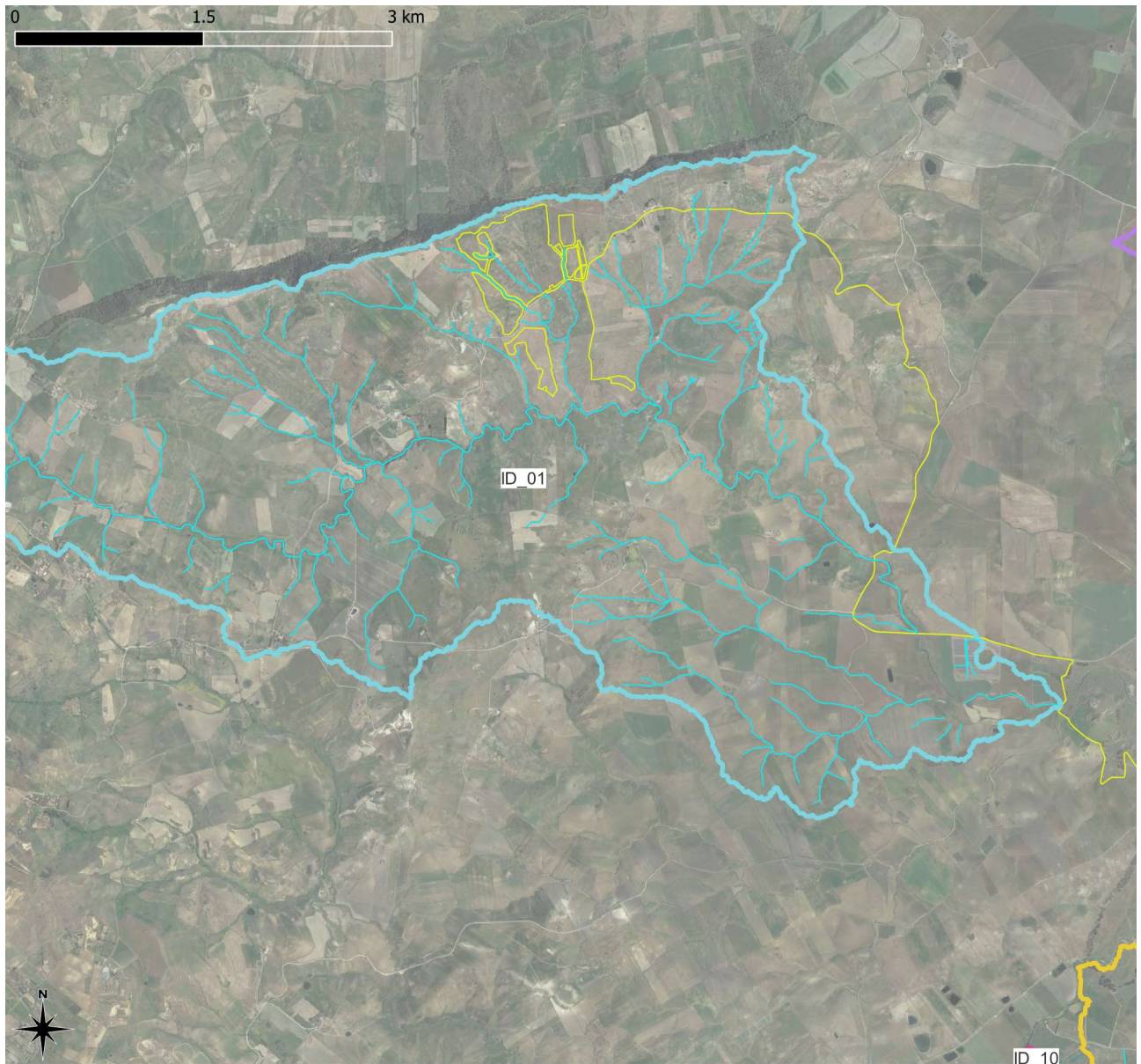


Figura 3: Bacini idrografici dei rami interferenti con l'infrastruttura (in giallo) nella zona 01

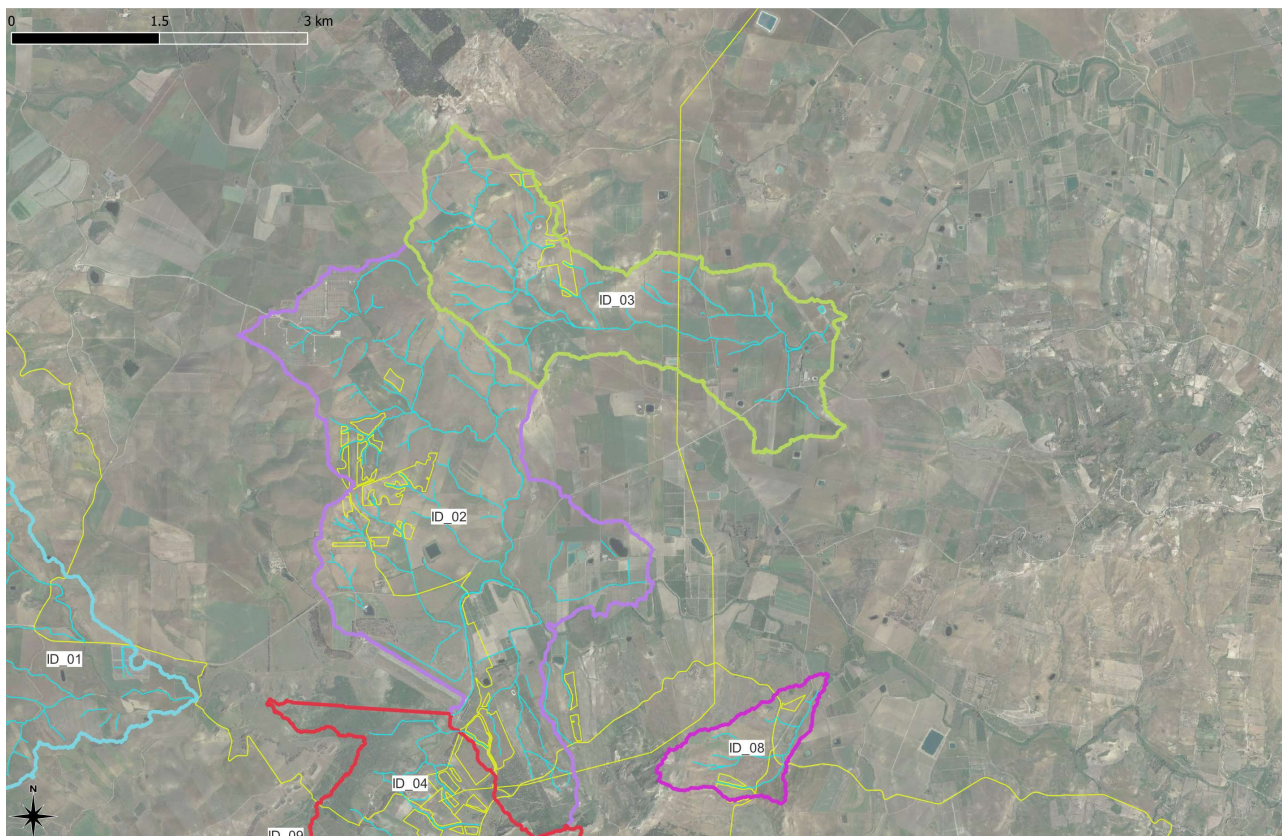


Figura 4: Bacini idrografici dei rami interferenti con l'infrastruttura (in giallo) nella zona 02 e zona 03

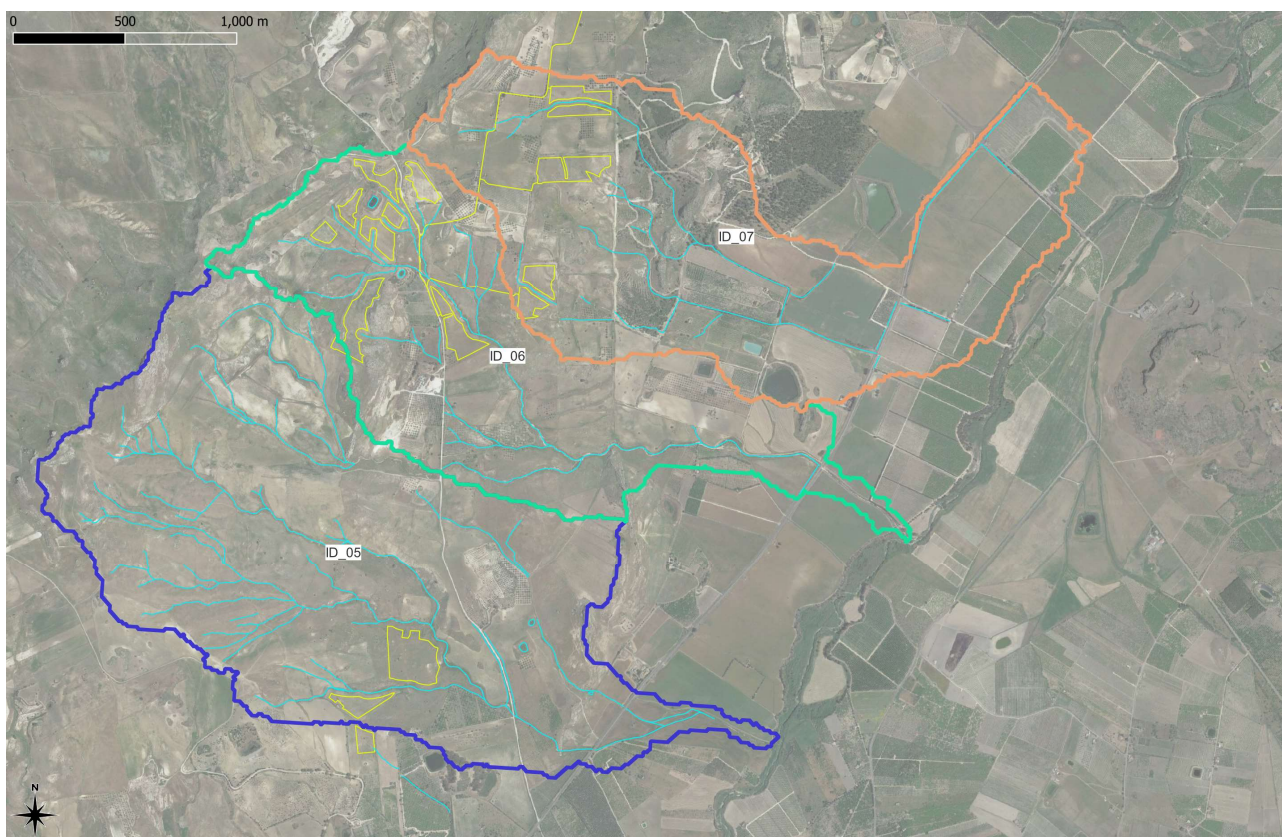


Figura 5: Bacini idrografici dei rami interferenti con l'infrastruttura (in giallo) nelle zone 05-07

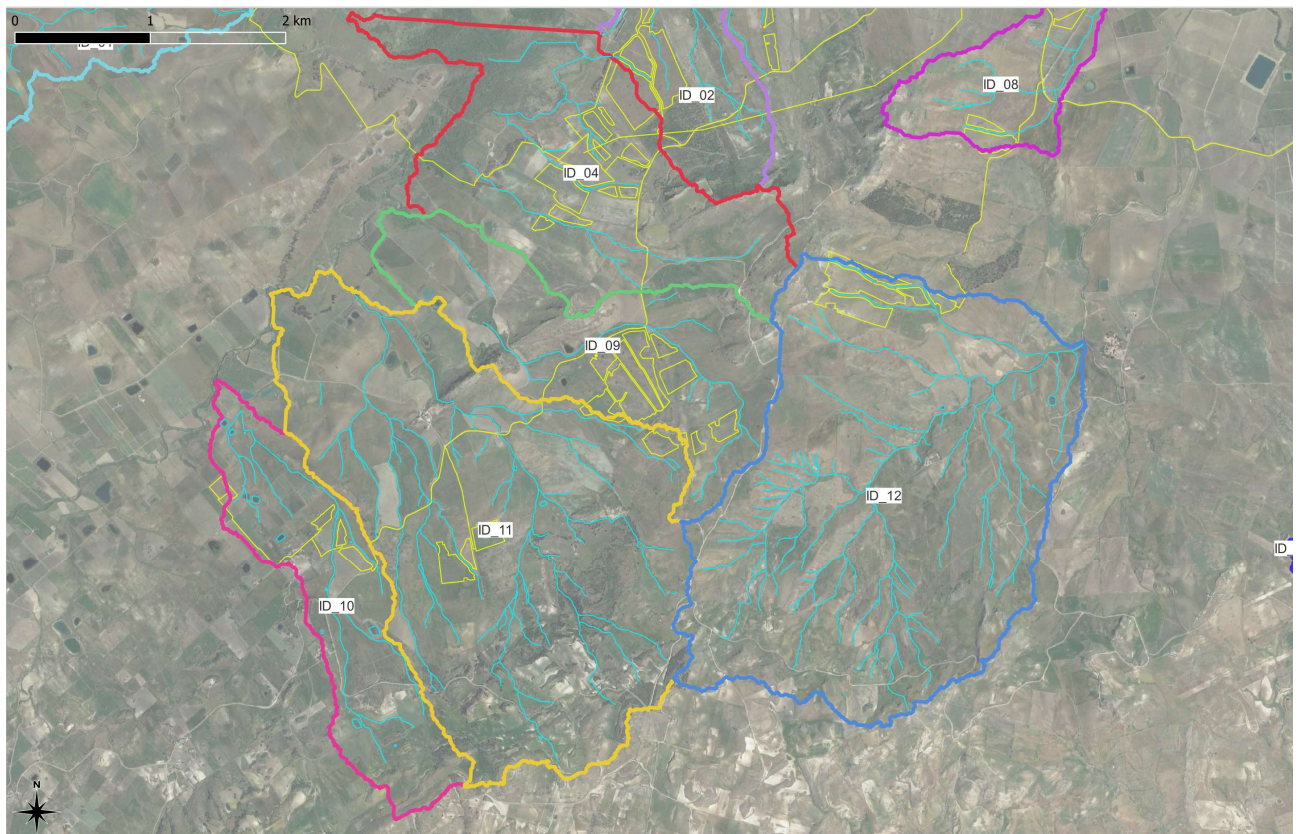


Figura 6: Bacini idrografici dei rami interferenti con l'infrastruttura (in giallo) nelle zone 04-12

Di seguito si riportano i primi dati ricavati attraverso il software di analisi morfologica Qgis dei bacini identificati.

Tabella 1 - Grandezze caratteristiche dei bacini individuati

ID BACINO		ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12
ASTE FLUVIALI	L [km]	16.57	6.32	5.32	3.93	3.22	2.99	3.53	1.33	3.95	3.10	3.58	3.84
	Hmax	766.2	245.9	234.3	368.8	302.0	300.3	273.8	216.7	377.0	449.6	496.4	454.7
	Hmin	189.3	150.7	135.0	169.7	105.2	97.8	88.7	141.1	179.6	197.3	196.1	192.4
	i [%]	6.22	3.23	3.46	5.70	6.81	8.16	5.51	6.74	5.75	8.63	10.04	8.32
BACINI SCOLANTI	A [km ²] o S	29.8	10.8	6.1	3.7	3.5	2.0	2.6	1.1	2.9	2.1	7.0	7.2
	Hmax	893.7	468.3	292.8	481.7	478.0	464.1	379.6	433.4	490.6	602.3	607.4	591.0
	Hmin	189.1	148.0	135.0	169.2	104.2	98.1	88.7	141.7	179.1	197.3	184.6	191.9
	H media	443.3	209.8	194.6	257.6	259.4	239.9	183.0	239.5	311.1	375.8	363.9	367.7
	i [%]	20.4	11.7	10.2	13.2	18.1	17.8	13.4	19.0	15.8	16.5	18.7	19.8
	P [km]	52.276	24.854	18.971	14.108	12.646	11.426	11.886	6.684	12.827	11.667	17.37	15.869
	Dmax [Km]	26.138	12.427	9.4855	7.054	6.323	5.713	5.943	3.342	6.4135	5.8335	8.685	7.9345

3 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

La stima del tempo di corrivazione (tempo che impiega la particella liquida idraulicamente più lontana a raggiungere la sezione di chiusura) è stata effettuata mediante l'utilizzo e la comparazione di numerose formule empiriche, relative a bacini di piccole dimensioni, reperite in letteratura tecnica. Si è scelto di adottare la formula di Kirpich, valida per piccoli bacini reputandola la migliore tra quelle analizzate.

Nel caso in esame per l'applicazione dei differenti approcci di calcolo, si sono utilizzati i parametri morfometrici del bacino (superficie A, quota massima della linea spartiacque Qmax, quota media del bacino Qmed, quota minima sulla sezione di chiusura prescelta Qmin) ed il parametro idrografico (lunghezza dell'asta principale L_a).

Metodo Kirpich

$$t_c = 0.00325 * \left(\frac{L_a * 1000}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

con:

- L_a : lunghezza asta principale (Km);
- la pendenza media dell'asta principale

Tabella 2 – Tempo di corrivazione dei bacini individuati

ID BACINO	ID_0 1	ID_0 2	ID_0 3	ID_0 4	ID_0 5	ID_0 6	ID_0 7	ID_0 8	ID_0 9	ID_1 0	ID_1 1	ID_1 2
Tempo di Corrivazione [h]	1.679	1.029	0.878	0.574	0.459	0.404	0.535	0.233	0.573	0.407	0.429	0.487

4 ANALISI PLUVIOMETRICA E CALCOLO DELL'ALTEZZA CRITICA DI PIOGGIA

Per la stima dell'altezza di pioggia critica, necessaria a quantificare gli afflussi, si introduce il concetto di tempo di ritorno T_r .

Il tempo di ritorno T_r è legato alla probabilità di non superamento $P(x)$ della variabile idrologica dalla relazione:

$$P(x) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

Lo scopo dello studio idrologico riguarda il calcolo delle portate massime di piena e/o di colmo, o in alternativa, degli idrogrammi di piena in funzione di associati tempi di ritorno. I risultati di tale studio costituiscono la base di partenza per le verifiche idrauliche, nelle quali verranno analizzate le condizioni e comportamento di deflusso del corso d'acqua. La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo ed in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto). In mancanza di detti dati, si verifica, se sono disponibili, dati di portata di altri corsi d'acqua simili al corso fluviale oggetto di studio. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica). In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

Nel caso in esame le valutazioni idrologiche, sui bacini oggetto di analisi, è stata condotta considerando la seguente metodologia:

- 1. Metodo indiretto (Afflussi-Deflussi) con Gumbel;** mediante applicazione dell'analisi probabilistica di Gumbel integrato dalle prescrizioni fornite dal P.A.I. della Regione Sicilia (Relazione Generale 2004 e successive modifiche ed integrazioni);

4.1 Indicazioni del P.A.I. (Relazione Generale 2004)

Il presente studio è stato redatto in conformità agli indirizzi dettati per il settore specifico dal “Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico” della Regione Sicilia.

Il P.A.I., attraverso le sue disposizioni, pone l'obiettivo agli enti competenti in materia di difesa del suolo, di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Per l’analisi idrologica si adottano le direttive riportate nella “Metodologia operativa per l’analisi idraulica e la valutazione del rischio per inondazione” della Relazione Generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrologico dell’Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia.

L’approccio utilizzato dal P:A.I. è di tipo probabilistico, ovvero utilizza un approccio probabilistico indiretto.

Tale approccio consiste nello stimare la portata di piena di progetto attraverso un’analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino interessato e la simulazione successiva del processo della loro trasformazione in deflussi.

Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 300 anni, assumendo che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata (linearità della trasformazione), è possibile così valutare le portate per i medesimi tempi di ritorno.

Per la determinazione delle C.P.P. si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel.

Nell’ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le C.P.P., espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{t,Tr} = K_{Tr} a t^n$$

in cui $h_{t,Tr}$ è l’altezza di pioggia di durata t e tempo di ritorno Tr , mentre K_T è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno Tr e dal coefficiente di variazione della stazione CVS attraverso la seguente relazione:

$$K_T = 1 - CVS \times \left\{ 0,450 + 0,799 \times \ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\}$$

I valori di a , n e CV (quale coefficiente di variazione areale ottenuto dai coefficienti di varianza delle stazioni CVS) sopra riportati sono stati interpolati tramite kriging (Matheron, 1971) su tutto il

territorio regionale creando delle carte dei valori di a , n e CV riportate nelle figure riportate nel seguito

L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione, il *kriging*, meglio conosciuto come metodo dell'interpolazione ottimale, si basa sul fatto che la grandezza regionale da interpolare è troppo irregolare perché sia modellata da funzioni matematiche regolari ma può essere descritta da una superficie stocastica.

L'interpolazione prevede una prima fase nella quale si indagano gli aspetti stocastici delle variabili regionalizzate ed una fase successiva di modellazione vera e propria. Il successo del kriging consiste nella validità di importanti assunzioni che si fanno sulla natura statistica della variazione, assunzioni che sono contenute nella teoria delle variabili regionalizzate.

Dalle carte così ottenute è possibile risalire al valore medio areale di tali coefficienti senza fare ricorso al classico metodo dei topoi.



Figura 7: Stralcio della Tavola 4 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di a



Figura 8: Stralcio della Tavola 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di n

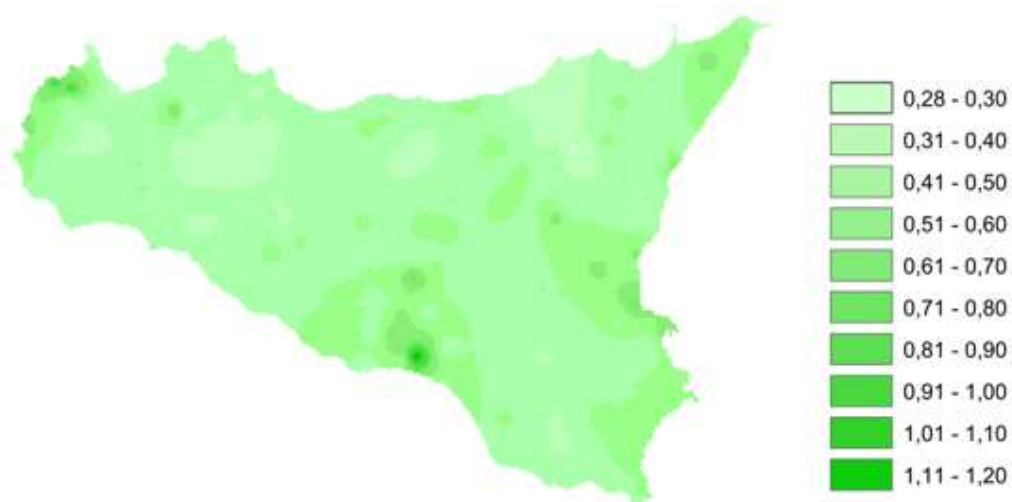


Figura 9: Stralcio della Tavola 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di CV

Tabella 3 – Valori di a* n e CV ricavati per i bacini interessati nello studio

ID BACINO	ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12
a*	26.655	27.199	27.432	27.195	28.553	28.654	28.772	28.002	27.211	26.613	26.965	27.638
n	0.299	0.287	0.284	0.29	0.297	0.293	0.292	0.288	0.29	0.289	0.29	0.292
cv	0.444	0.461	0.468	0.455	0.457	0.465	0.471	0.469	0.449	0.434	0.441	0.452

Il calcolo delle altezze critiche di pioggia verrà effettuato sulla base dei tempi di corrivazione (determinati nel Capitolo 4) e per coefficienti di crescita $h'(t,Tr)$ corrispondenti ai tempi di ritorno pari a 50 anni, 100 anni 200 anni e 300 anni (indicati dal P.A.I. Sicilia). Si precisa che anche in questo caso si è dovuto procedere al calcolo delle CPP per durate inferiori all'ora, servendosi della seguente formula (Ferreri et Al, bollettino Ordine degli ingegneri di Palermo, 1-2/89)

$$h_{t,T} = h_{60,T} \times 0,208 t^{0.386}$$

Dove t è espresso in minuti.

Sono inoltre stati utilizzati opportuni coefficienti correttivi, assunti sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare il pluviografo di Roma Macao (riportati in "Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione" del Centro Studi Deflussi Urbani).

Tabella 4 – Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao (Calenda et al., 1993)

Durata [minuti]	5	10	15	20	25	30
r_s	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Tale metodologia precedentemente descritta permette di calcolare direttamente l'altezza di pioggia critica relativa al tempo di corrivazione di ciascun bacino e per il tempo di ritorno considerato. Di seguito la tabella riepilogativa con le altezze di pioggia calcolate per i bacini studiati.

Tabella 5 – Valori di altezza di pioggia critica relativa al Tc (tempo di corrivazione) per ciascun bacino studiato in [mm]

ID BACINO	ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12	
TEMPO DI RITORNO	5	41.05	42.78	40.99	29.06	27.23	25.68	29.91	18.91	28.98	23.55	24.62	27.09
	50	66.91	70.50	67.86	47.71	44.76	42.43	49.61	31.33	47.38	38.13	40.04	44.39
	100	74.42	78.55	75.67	53.13	49.85	47.30	55.33	34.93	52.73	42.37	44.53	49.42
	200	81.91	86.58	83.45	58.53	54.93	52.15	61.04	38.53	58.07	46.59	48.99	54.43
	300	86.29	91.27	87.99	61.68	57.89	54.99	64.37	40.63	61.18	49.06	51.60	57.35

5 CALCOLO DEL VALORE DI PORTATA

Il valore della portata massima di piena o di colmo, riferita ad un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c , ed al tempo di ritorno T_r è espresso dalla seguente relazione:

$$Q_{\max}(t_c, T_r) = \varepsilon \times \frac{\varphi(t_c, T_r) \times A x h_{\text{ceff}}(t_c, T_r)}{3,6 x t_c} \text{ (mc/sec)}$$

con:

- $h_{\text{ceff}}(t_c, T_r) = ARF x h_c(t_c, T_r)$: altezza di pioggia critica (mm) del bacino per durata pari al tempo di corrivazione e per diversi tempi di ritorno prescelti;

$h_c(t_c, T_r)$: Altezza critica di pioggia puntuale (mm), ricavata sull'elaborazione media. Nell'utilizzazione del metodo si è assunta una pioggia di durata pari a quella della pioggia critica, che è stata assunta coincidente con il tempo di corrivazione calcolato come detto.

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_{\text{tot}} = \frac{0.208 * R_0 * S}{t_c}$$

dove:

- R_0 = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);
- S = superficie del bacino (km²);
- T_a = tempo di accumulo (h) rapportato al tempo di corrivazione dalla seguente formula:

$$t_a = \left(0.6 * t_c + \frac{0.133 * t_c}{2} \right)$$

La pioggia critica ottenuta secondo le metodologie illustrate nel paragrafo precedente viene quindi raggugliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

- $r = 1 - (0,0394 A^{0.354})^d$ $d = (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))$ per $A < 20 \text{ km}^2$
- $r = 1 - (0,0394 A^{0.354})^d$ $d = (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(A)))$ per $A > 20 \text{ km}^2$

dove

- d è la durata della precipitazione;
- A è la superficie del bacino (espressa in km²).

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_o:

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S) \text{ (mm)}$$

Dove:

- h = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);
- S = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 254 \times \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

I valori del parametro di assorbimento CN da inserire nella formula vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. Tali informazioni sono state ricavate analogamente alle precedenti carte su scala regionale per tutta la Sicilia.

Il modello empirico a base fisica Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972), assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale Q, sia proporzionale a quello netto precipitato P_n, pari al volume lordo precipitato P depurato dall'assorbimento iniziale I_a, in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato W, e un volume specifico S, che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

$$\frac{Q}{P_n} = \frac{W}{S}$$

con:

- I_a = 0,2S;

- $P_n = P - I_a$;
- $W = P - I_a - Q$

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Il parametro S dipende fundamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geolitologica pedologica del terreno nonché l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ($0 < CN < 100$), legato a S dalla relazione precedente.

Unendo le informazioni provenienti dalla geologia e dalla pedologia si è classificato il bacino in quattro tipi idrologici di suoli, caratterizzati da permeabilità sempre minori:

- **Gruppo A: Sabbie profonde, terriccio marnoso profondo, aggregati limosi e sabbiosi;**
- **Gruppo B: Sabbie argillose, terriccio marnoso sottile;**
- **Gruppo C: Argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, ricchi di componenti argillose;**
- **Gruppo D: Suoli con tendenza al rigonfiamento, argille plastiche, suoli salini.**

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo.

CN, denominato *Curve Number*, rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso, valori bassi indicano bassa capacità a produrre deflusso superficiale, mentre, alti valori indicano elevata capacità a produrre deflussi, ovvero il bacino invasa poco deflusso.

Incrociando le caratteristiche idrologiche dei suoli con l'uso/copertura si ricavano diverse aree omogenee per caratteristiche idrologiche e copertura del suolo a cui stimare il valore del curve number mediante l'aiuto della letteratura tecnica.

Ulteriore fattore che influenza il CN è rappresentato dalla condizione iniziale in cui si verifica l'evento critico di pioggia.

La letteratura tecnica individua tre condizioni iniziali di seguito definite:

- **Condizione iniziale AMCI (secca) a cui corrisponde il valore CN (I);**

- **Condizione iniziale AMCII (normale) a cui corrisponde il valore CN (II), riportati nelle tabelle presenti in letteratura tecnica;**
- **Condizione iniziale AMCIII (umida), condizione peggiore il cui valore C(III) è amplificato dal fattore correttivo pari a: $F_{III} = 3,4212 - 1,999 \times \log(CN(II))$ “Formula reperita dal Ferro 1993”.**

Per il calcolo del valore del Curver Number, in condizioni di umidità standard “CN(II)”, si utilizza la Tavola 7 allegata alla Relazione Generale pubblicata dal P.A.I. Sicilia. Tramite l'utilizzo delle griglie si è determinato il valore medio del Curver Number condizione di umidità standard CN(II), in funzione della sua distribuzione areale all'interno del bacino.



Figura 10: Stralcio della Tav.7 allegata alla Relazione Generale del P.A.I., con griglia areale del coefficiente “CN”

Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell'area in esame e definito il valore di CN da utilizzare.

Tavola 6 – Valori di CN per bacino

ID BACINO	ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12
CN II	77.0	79.0	83.0	71.0	63.0	66.0	68.0	78.0	77.0	78.0	77.0	66.0
CN III	88.0	90.0	92.0	85.0	80.0	82.0	83.0	89.0	89.0	89.0	89.0	82.0

La stima del tempo di crescita dell'onda di piena è invece ricavata con la seguente formula:

$$t_p = D/2 + t_{lag}$$

dove:

- D=durata della pioggia (h);
- t_{lag} =intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (h).

si assume:

- $D=0,133 t_c$
- $t_{lag}=0,6 t_c$

quindi

$$t_p = 0,133 / 2 t_c + 0,6 t_c$$

Tabella 7 – Valori di portata massima ricavati per ogni bacino e per i tempi di ritorno indicati.

ID BACINO	ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12	
TEMPO DI RITORNO	5	26.29	13.79	12.59	0.67	0.38	0.07	0.19	0.21	2.45	1.16	2.84	0.13
	50	91.44	42.53	34.55	8.49	1.86	1.92	5.20	3.73	12.36	7.71	22.35	5.88
	100	114.66	52.39	41.81	12.05	3.63	3.34	7.70	5.41	16.22	10.42	30.63	10.10
	200	139.19	62.68	49.30	16.07	5.89	5.10	10.57	7.31	20.39	13.40	39.81	15.26
	300	154.08	68.88	53.78	18.61	7.43	6.26	12.41	8.52	22.97	15.26	45.55	18.69

Per lo studio idraulico necessario alla determinazione delle aree bagnate relative ad un tempo di ritorno di 5 anni non sono stati utilizzati i valori di portata e relativi coefficienti udometrici relativi ai singoli sottobacini individuati, bensì è stata sviluppata un'analisi a partire dai valori di a ed n calcolati per ogni bacino (Tabella 3) da cui si sono ricavate delle serie di pioggia di durata critica per ogni bacino e relativo tempo di ritorno da inserire nella modellazione bidimensionale di cui si tratterà nel seguito. In appendice si riportano gli ietogrammi ricavati per ogni bacino. I valori di portata ricavati con i relativi coefficienti

udometrici invece verranno utilizzati per il calcolo degli attraversamenti per un tempo di ritorno pari a 200 anni³, anche di questi ultimi si tratterà nel seguito.

³ Par. 5.1.2.3 Compatibilità idraulica DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

6 STUDIO IDRAULICO: NORME GENERALI SULLA COSTRUZIONE DEI MODELLI

Obiettivo della modellazione idraulica è quello di **elaborare una mappa delle aree bagnate relativo ad un tempo di ritorno di 5 anni** per identificare tutte quelle zone che non possono essere utilizzate per la realizzazione dell'impianto secondo quanto previsto dal Decreto n. 119 del 09 Maggio 2022⁴.

Per l'analisi idraulica delle interferenze, sono stati utilizzati i codici di calcolo implementati del software HEC-RAS (versione 6.0) distribuito gratuitamente dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineer Center, (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras). Hec-RAS permette il calcolo di profili idraulici sia in moto permanente che in moto vario ed è utilizzabile in canali naturali o artificiali, anche in ambiente urbano. Il software allo stato attuale presenta numerose caratteristiche che lo rendono estremamente affidabile, prima fra tutte la possibilità di effettuare modellazioni sia monodimensionali che bidimensionali, in regime di moto permanente o di moto vario e anche la possibilità di effettuare modellazioni combinate 1D-2D; nelle simulazioni è inoltre possibile inserire attraversamenti (ponti o tombini) sia a pelo libero che in pressione.

In funzione di tale finalità per le simulazioni è stata utilizzata una modellazione bidimensionale e quindi, necessariamente, in Regime di Moto Vario. In questa sede si tralascia la descrizione dei principi teorici e delle equazioni utilizzate nel software per le quali si rimanda ai manuali ufficiali, liberamente scaricabili all'indirizzo web sopra riportato nella sezione "Documentation", limitandosi ad illustrare i soli parametri di input utilizzati nel calcolo riguardanti:

- Geometria dell'area di simulazione
- Coefficienti di scabrezza del suolo
- Condizioni a contorno
- Passo temporale delle simulazioni
- Durata delle simulazioni ed equazioni utilizzate

Geometria delle aree di simulazione:

L'area bidimensionale oggetto di studio può essere singola, oppure suddivisa in più zone, in funzione della morfologia del terreno e dei risultati che si intendono ottenere, essa comunque deve

⁴ Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. n.523/1904) 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. n. 523/1904.

avere dimensioni tali da non interferire con le superfici di allagamento. L'area di studio, ai fini della simulazione, viene suddivisa in maglie di calcolo (mesh) con dimensioni in genere funzione dell'estensione dell'area di studio stessa.

L'utilizzo di maglie di calcolo piccole (5x5 o inferiori) permette una elevata stabilità nei calcoli ed una maggiore precisione nei risultati finali tuttavia, l'uso di maglie di calcolo molto piccole, in caso di aree di studio molto estese, porta a tempi di elaborazione estremamente lunghi; è possibile allora utilizzare una griglia di calcolo con maglie anche grandi che tuttavia viene "raffittita" nell'intorno delle aree di maggior interesse, ovvero in corrispondenza delle aree di interferenza.

Si evidenzia che nel definire la geometria delle aree bidimensionali l'algoritmo di calcolo di HEC-RAS, ai volumi finiti, permette di utilizzare non necessariamente maglie di calcolo strutturate (ossia di forma quadrangolare) ma anche maglie non strutturate di forma poligonale irregolare ma con non più di 8 lati. Nelle aree di confine, o al contatto con un qualsivoglia elemento idraulico, la maglia di calcolo si adatterà automaticamente ai vari contorni con maglie poligonali.

Condizioni a contorno:

Le condizioni a contorno in HEC-RAS definiscono le condizioni di "ingresso" ed "uscita", del flusso idrico dall'area di simulazione; nelle simulazioni sono state utilizzate in tutto 24 condizioni a contorno (Boundary Condition):

- IETO_X, condizione di monte (in ingresso) relative alle piogge per ogni singolo sottobacino (precipitation).
- BC_vaX, condizione di valle (in uscita), relativa al deflusso delle acque, utilizzando la condizione Normal Depth.

Passo Temporale:

Ai fini della stabilità del calcolo e di una corretta soluzione finale, un altro parametro cruciale nelle simulazioni in moto vario è rappresentato dal "passo temporale" della simulazione (computation interval) indicato con Δt ; valori di Δt che garantiscono un buon risultato sono generalmente inferiori ai 4 secondi.

Durata della simulazione ed equazioni utilizzate:

La durata della simulazione deve essere sufficiente a consentire il raggiungimento dei battenti idrici massimi e di visualizzare il successivo ritiro delle acque e pertanto dipende dalla durata della precipitazione e dal tempo di corrivazione.

Per quanto riguarda le equazioni utilizzate per risolvere i calcoli bidimensionali, Hec-RAS permette di utilizzare 2 set di equazioni, quelle complete di Saint Venant o quelle di Diffusione dell'onda in 2D Diffusion Wave). Nel presente studio è stato utilizzato il metodo, di default del software, della Diffusion Wave, raccomandato dagli sviluppatori del software poiché oltre a garantire una maggiore stabilità nei calcoli consente tempi di esecuzione sensibilmente più rapidi. Per quanto riguarda tutti i parametri relativi alle tolleranze da considerare nei calcoli sono stati lasciati quelli di default previsti dal software.

Presentazione risultati della simulazione:

I risultati della simulazione sono presentati in forma grafica in termini di superfici allagate; a tal proposito si evidenzia che il software Hec-RAS di default considera tutte le aree con battente superiore ad 1 millimetro. Tale valore chiaramente ha più un significato matematico che fisico. Ai fini della compatibilità idraulica di un'opera, infatti, la mera definizione di un'area di allagamento di per sé non costituisce un fattore di pericolosità, poiché la pericolosità dell'evento va comunque riferita a vari fattori quali l'altezza del battente idraulico, la velocità di scorrimento del flusso idrico la presenza di condizioni morfologiche particolari ecc.

Risultati delle simulazioni

In questo paragrafo viene riportato il risultato delle modellazioni bidimensionali effettuate nell'area studiata, in particolare si riporteranno due immagini relative al raster contenente le informazioni di massimo livello idrico raggiunto nel dominio di calcolo e al raster analogo per le massime velocità.

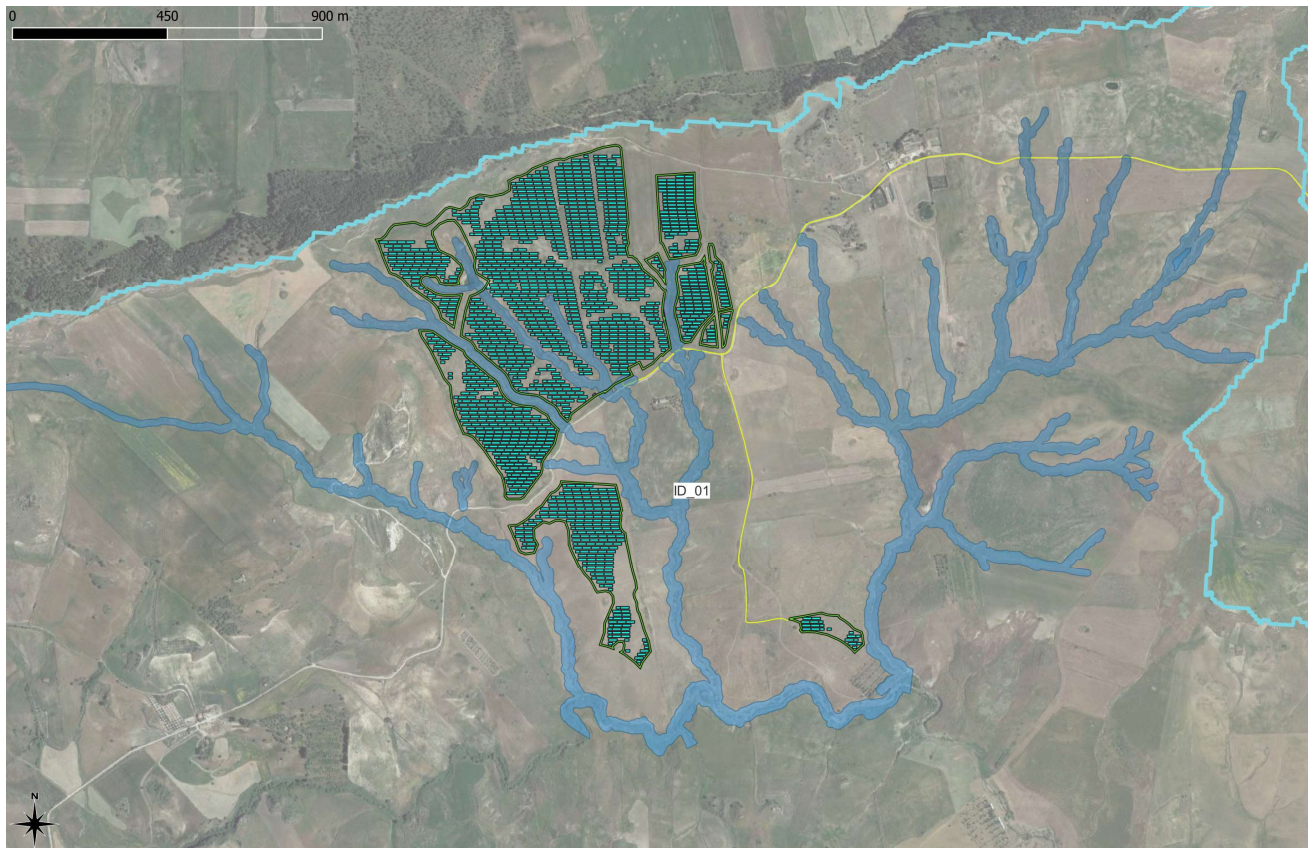


Figura 11: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 01.



Figura 12: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 02.



Figura 13: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 03.

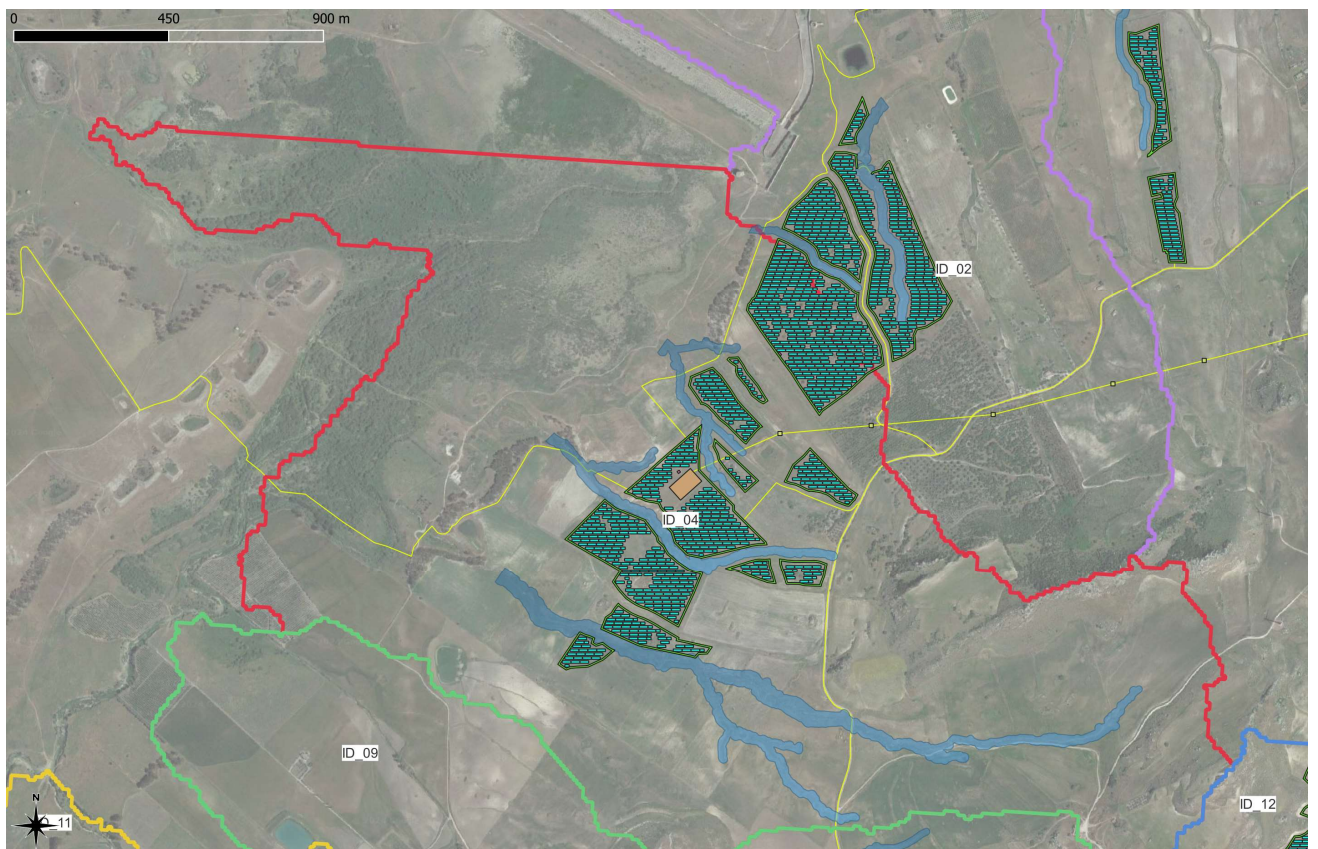


Figura 14: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 02-04.

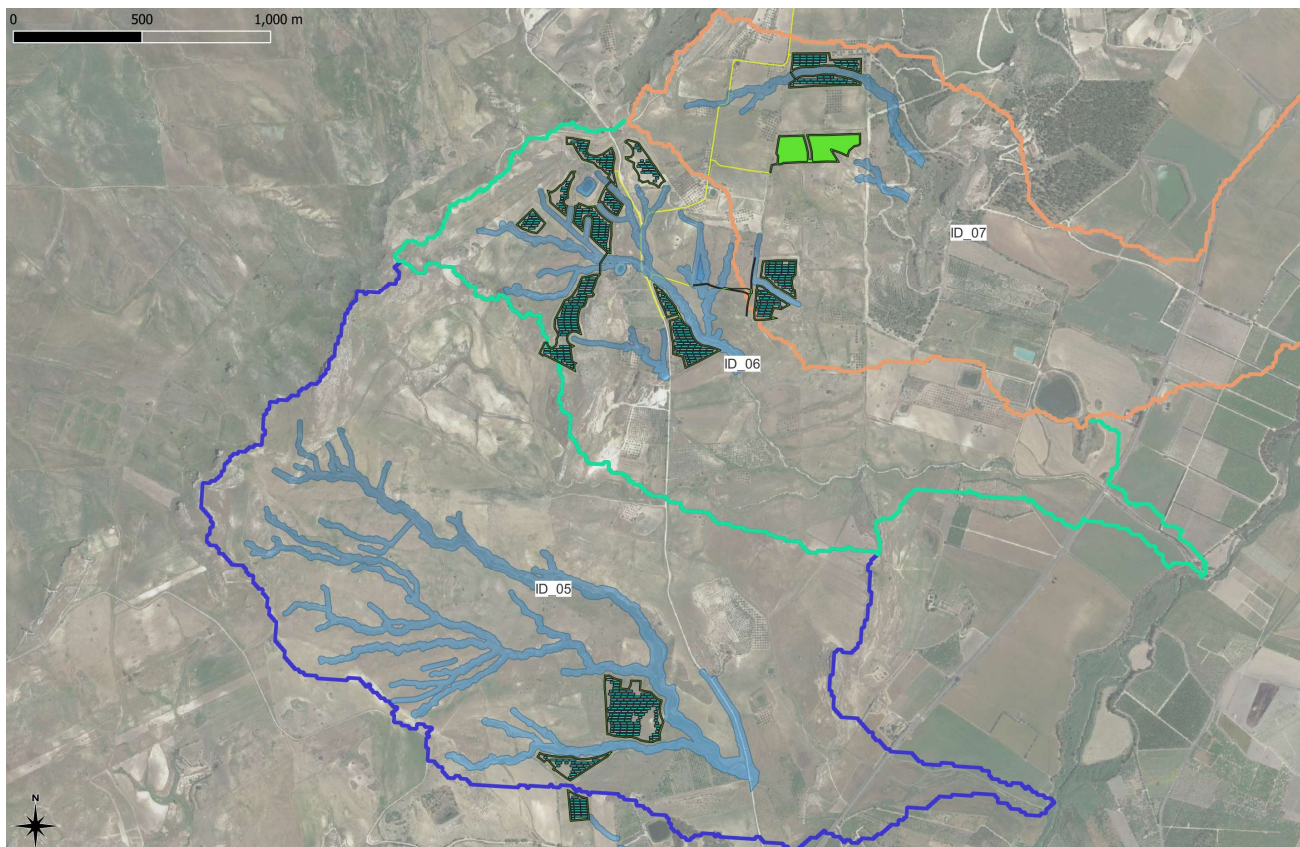


Figura 15: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 05-06-07.

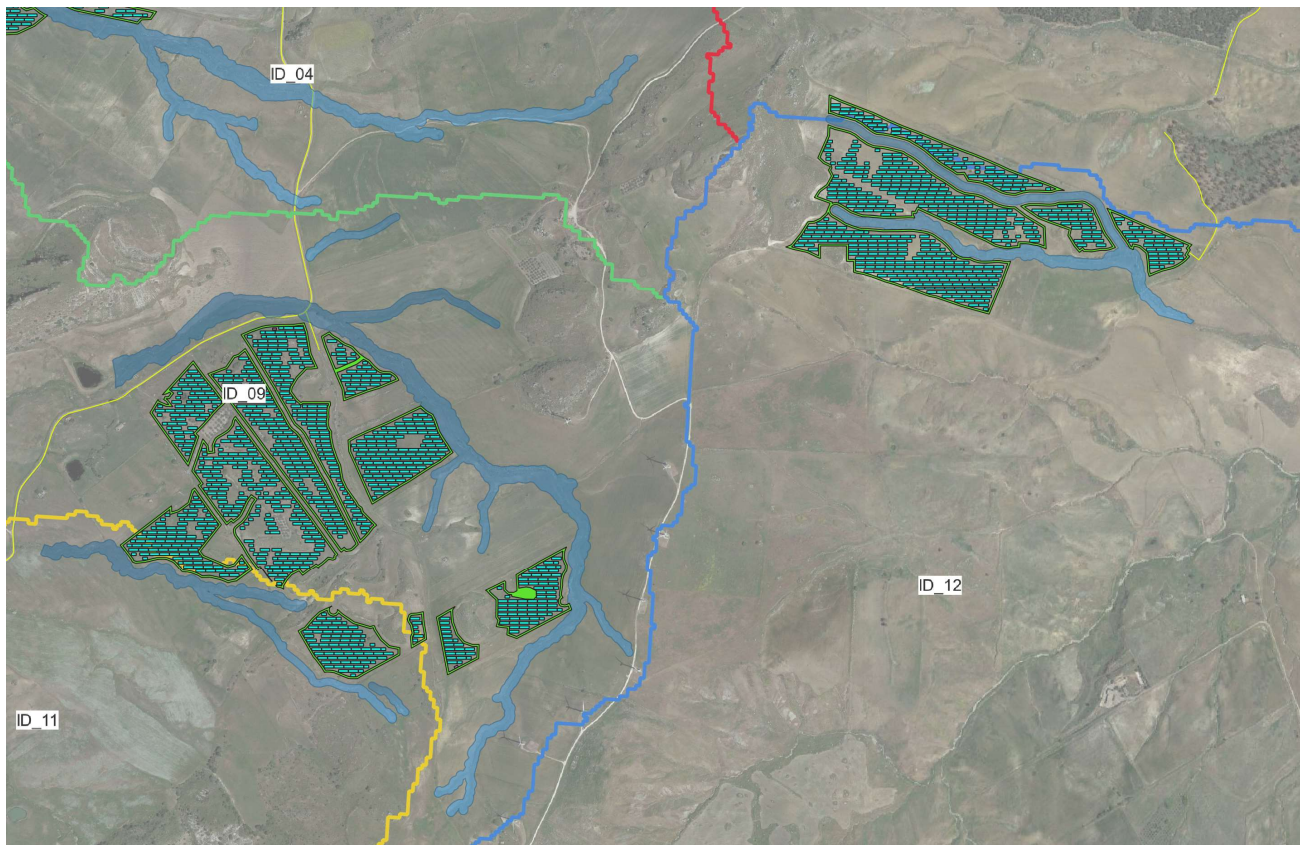


Figura 16: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 09-12.

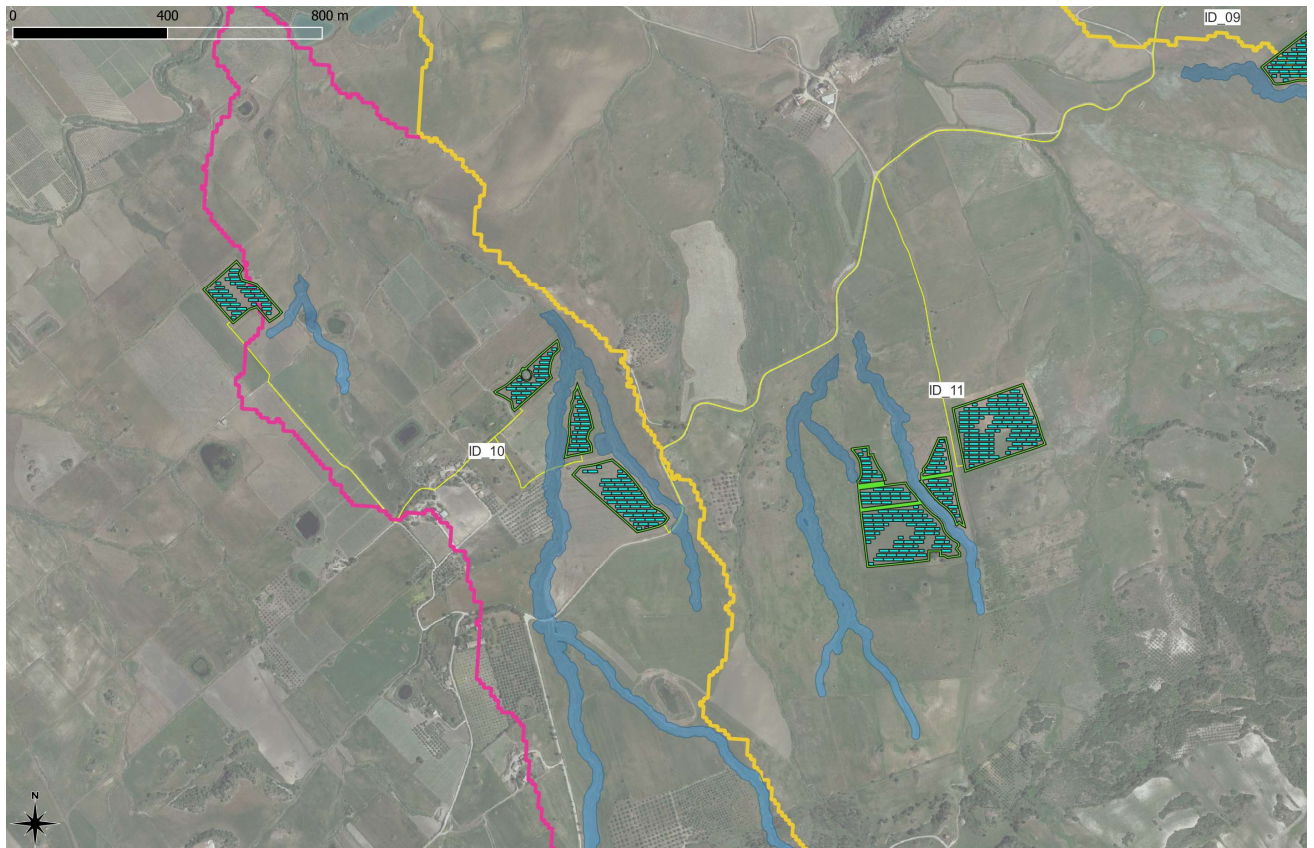


Figura 17: Sovrapposizione dell'ortofoto con i risultati del modello idraulico – Zona 10-11.

Nelle tavole "*Planimetrie dei contorni bagnati*" sono riportati contorni bagnati elaborati per TR 5 anni.

7 STUDIO IDRAULICO: LAYOUT DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante. Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

Nelle immagini seguenti è riportato il posizionamento di ogni singolo attraversamento.

Negli elaborati "*Attraversamento reticolo idrografico circolare tipo*" sono riportate le sezioni tipo degli attraversamenti previsti in progetto. Come si può riscontrare negli elaborati di cui sopra che si prevede la realizzazione di tronchi di raccordo a monte e a valle degli attraversamenti da realizzarsi mediante gabbionate/materassi, ciò al fine di ridurre i fenomeni di scalzamento in corrispondenza delle sezioni di passaggio sia per poter raccordare le sezioni di sbocco degli stessi.

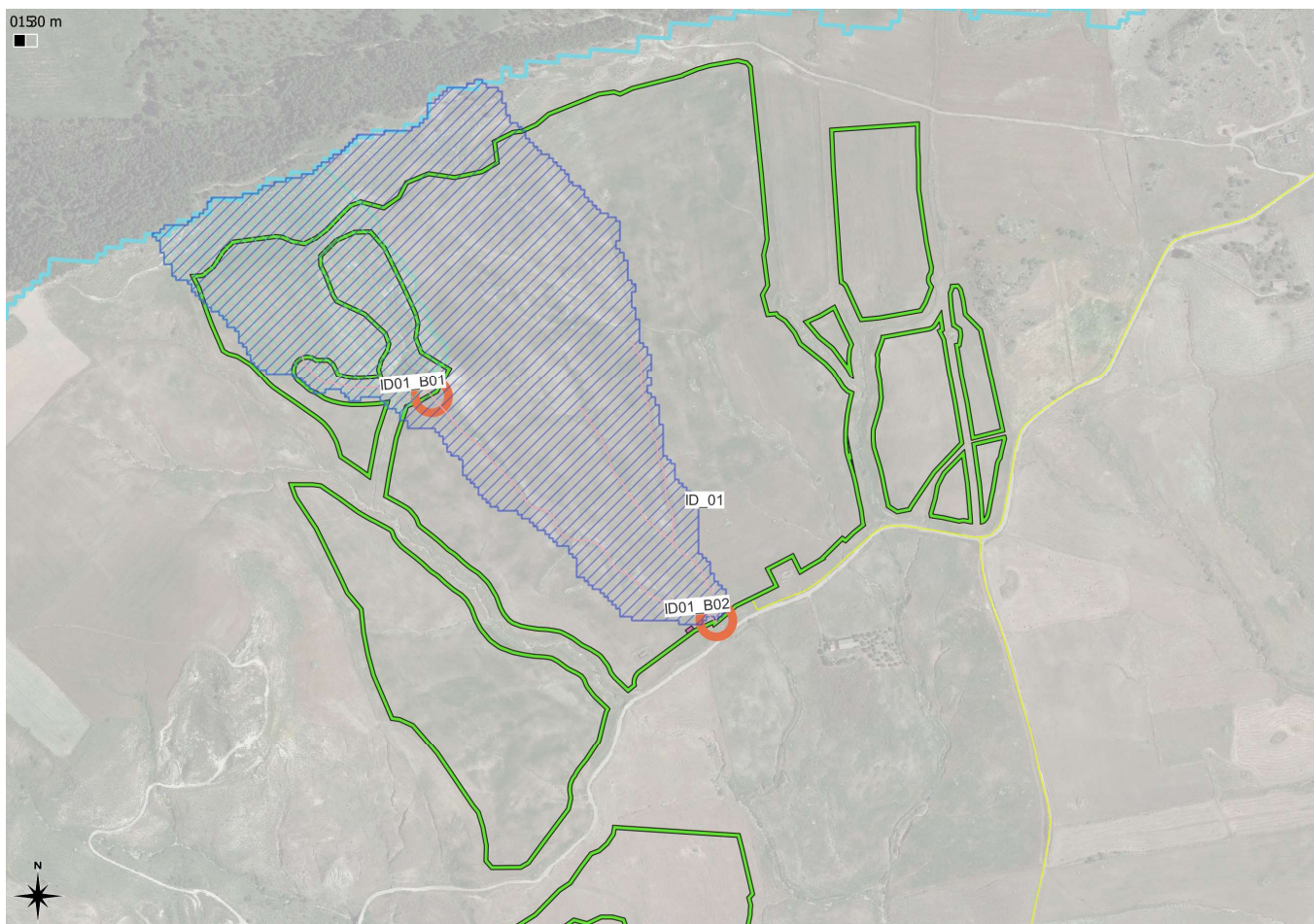


Figura 18: Localizzazione degli attraversamenti della Zona 01 – ID01_B01/B02.

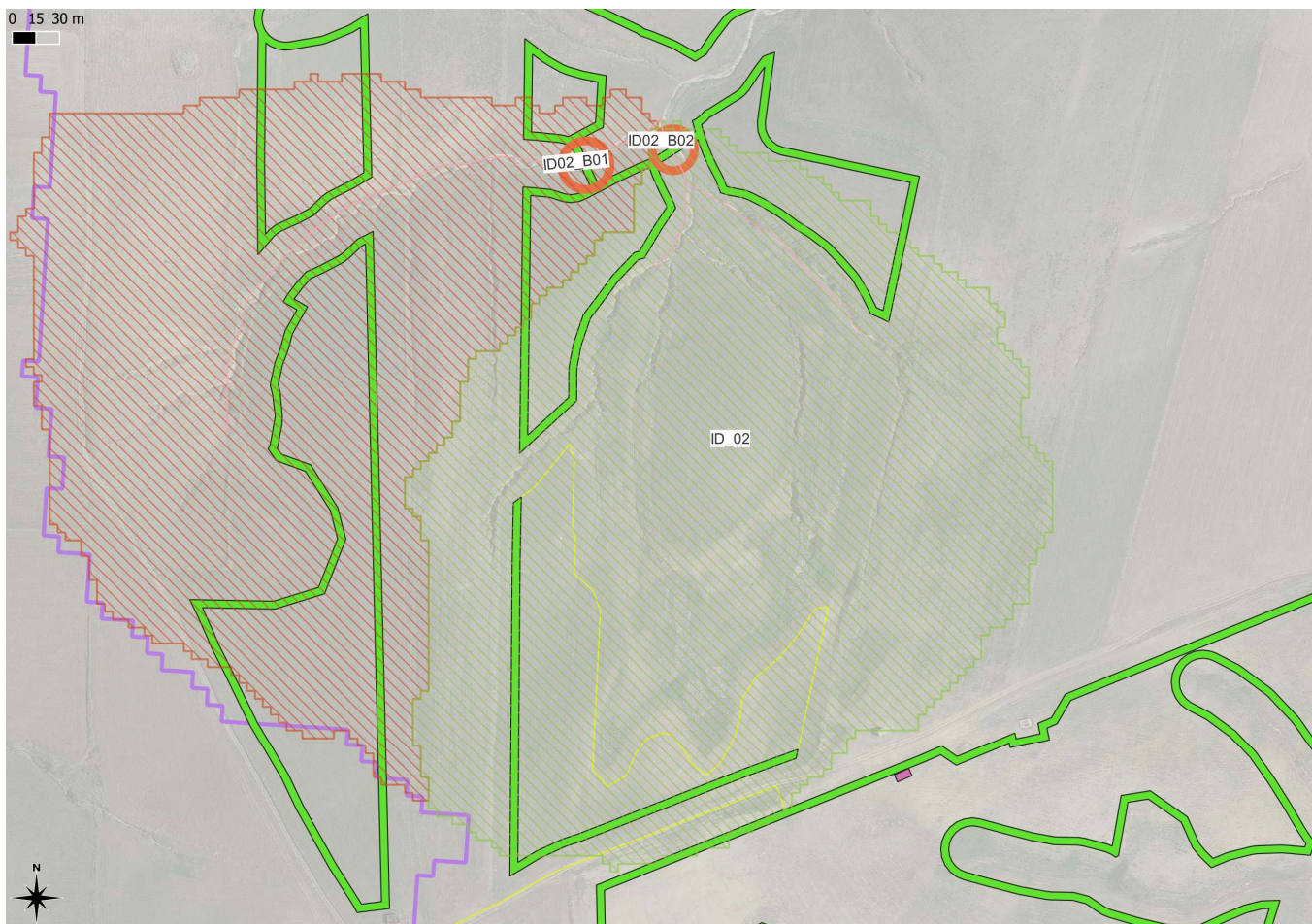


Figura 19: Localizzazione degli attraversamenti della Zona 02 – ID02_B01/B02.

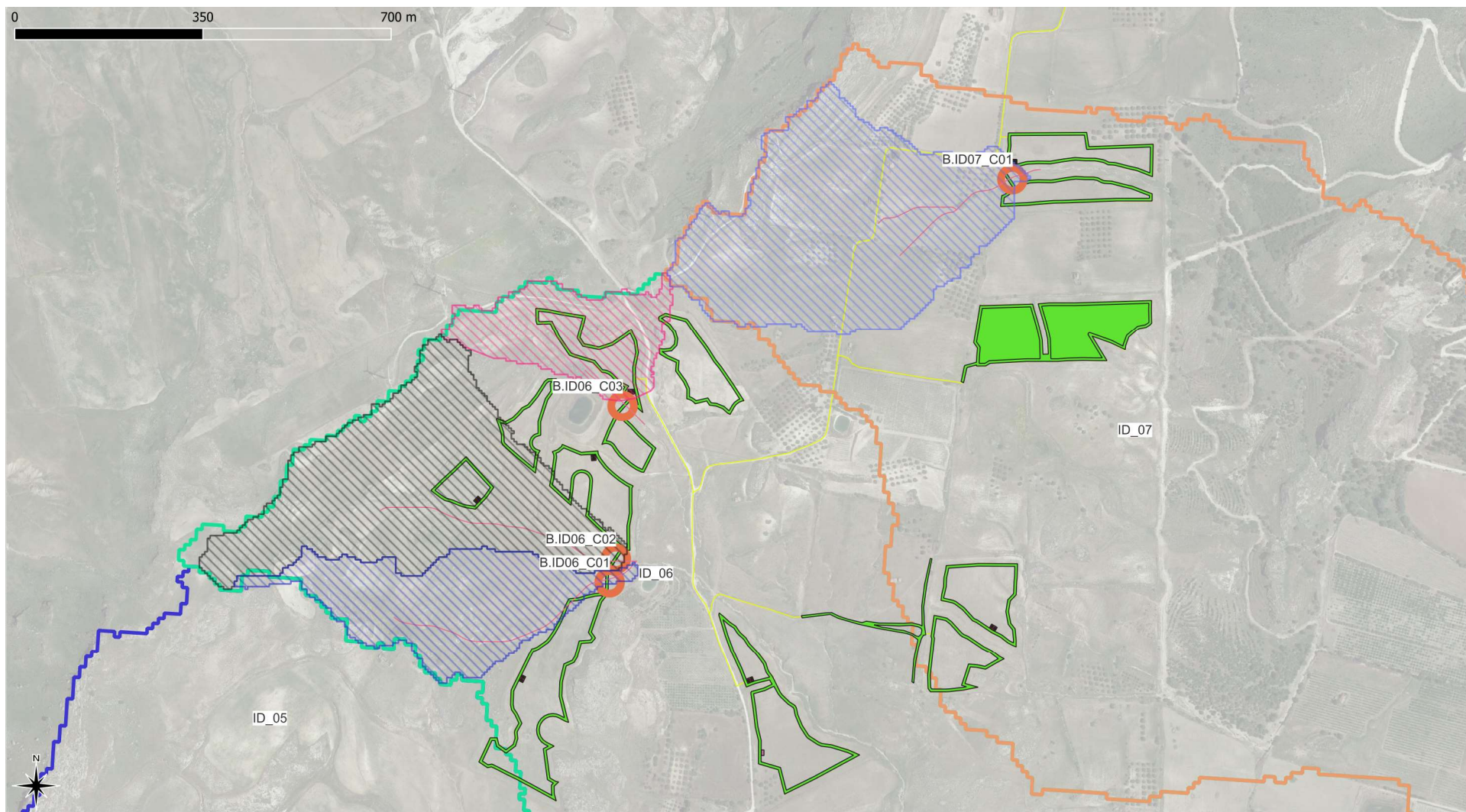
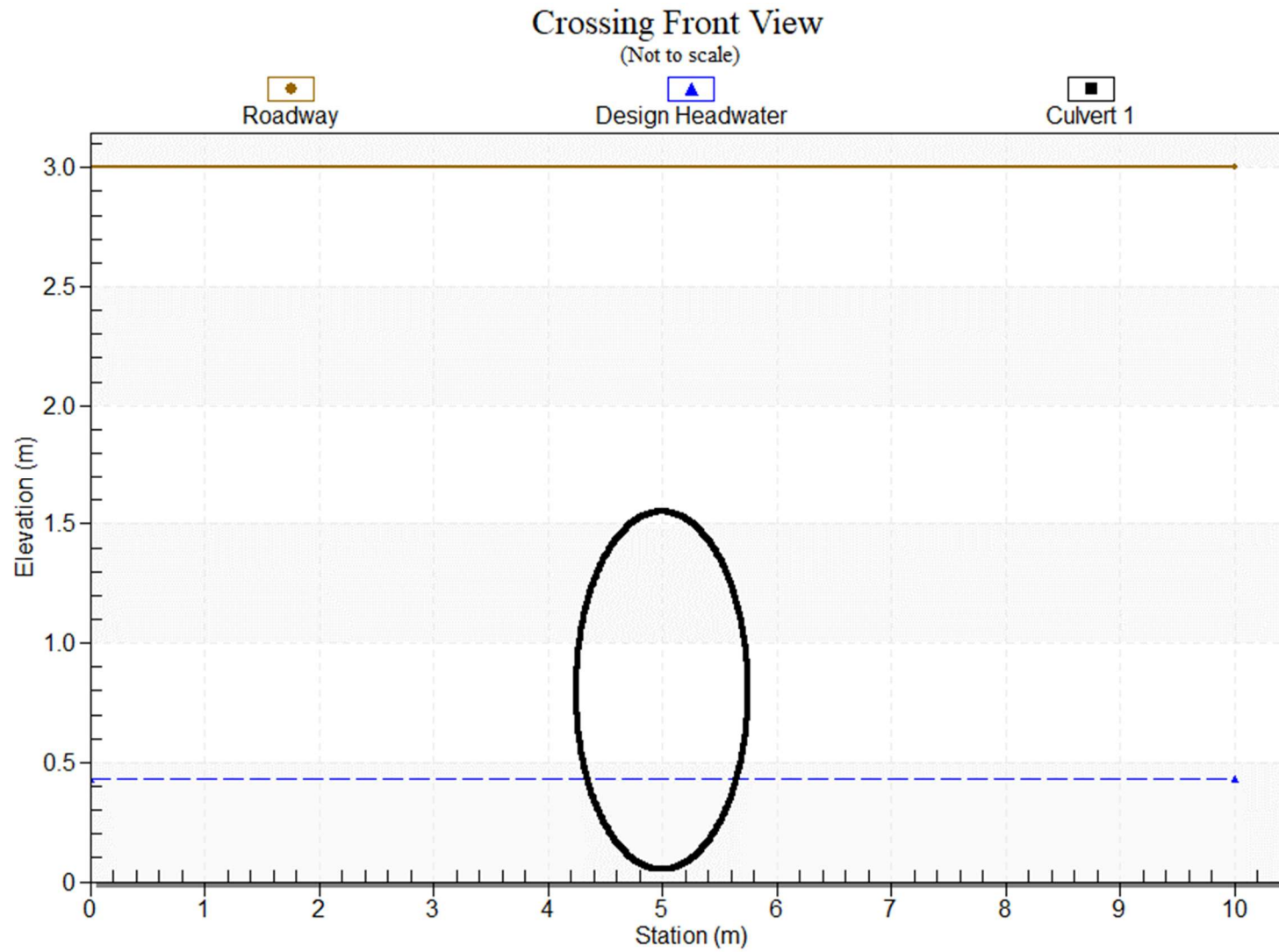


Figura 20: Localizzazione degli attraversamenti della Zona 05 e 06 – B.ID05_C01 e B.ID06_C01/C02/03.

7.1 Attraversamenti del reticolo idrografico modellato con HY-8

IDENTIFICATIVO	Bacino	Portata Massima Tr 200 anni [m ³ /sec]	CIRCULAR	DIAM	NUMERO	PENDENZA [m/m]	H [m]	F [m]	H Lim
B.ID01_C01	ID_01	0.313	x	1.5	1	0.05	0.43	1.07	1
B.ID01_C02	ID_01	1.084	X	1.5	1	0.05	0.78	0.72	1
B.ID01_C01	ID_02	0.628	X	1.5	1	0.05	0.59	0.91	1
B.ID01_C02	ID_02	0.772	X	1.5	1	0.05	0.66	0.84	1
B.ID05_C01	ID_05	1.077	x	1.5	1	0.05	0.78	0.72	1
B.ID06_C01	ID_06	0.221	X	1.5	1	0.05	0.37	1.13	1
B.ID06_C02	ID_06	0.425	X	1.5	1	0.05	0.49	1.01	1
B.ID06_C03	ID_06	0.148	X	1.5	1	0.05	0.31	1.19	1
ID		Identificativo dell'attraversamento							
Bacino		Bacino Idrografico di appartenenza							
Portata Massima		Portata di calcolo dell'attraversamento							
CIRCULAR		Attraversamento realizzato con tombino a sezione circolare							
DIAM		Diametro del tombino a sezione circolare (in metri)							
NUM		Numero di canne							
PENDENZA		Pendenza del tombino (in m/m)							
H		tirante massimo corrispondente alla portata con TR 200 anni (in metri)							
F		Franco idraulico (in metri) – valore limite 0.50 m							
H Lim		tirante limite pari a 2/3 della luce (in metri)							

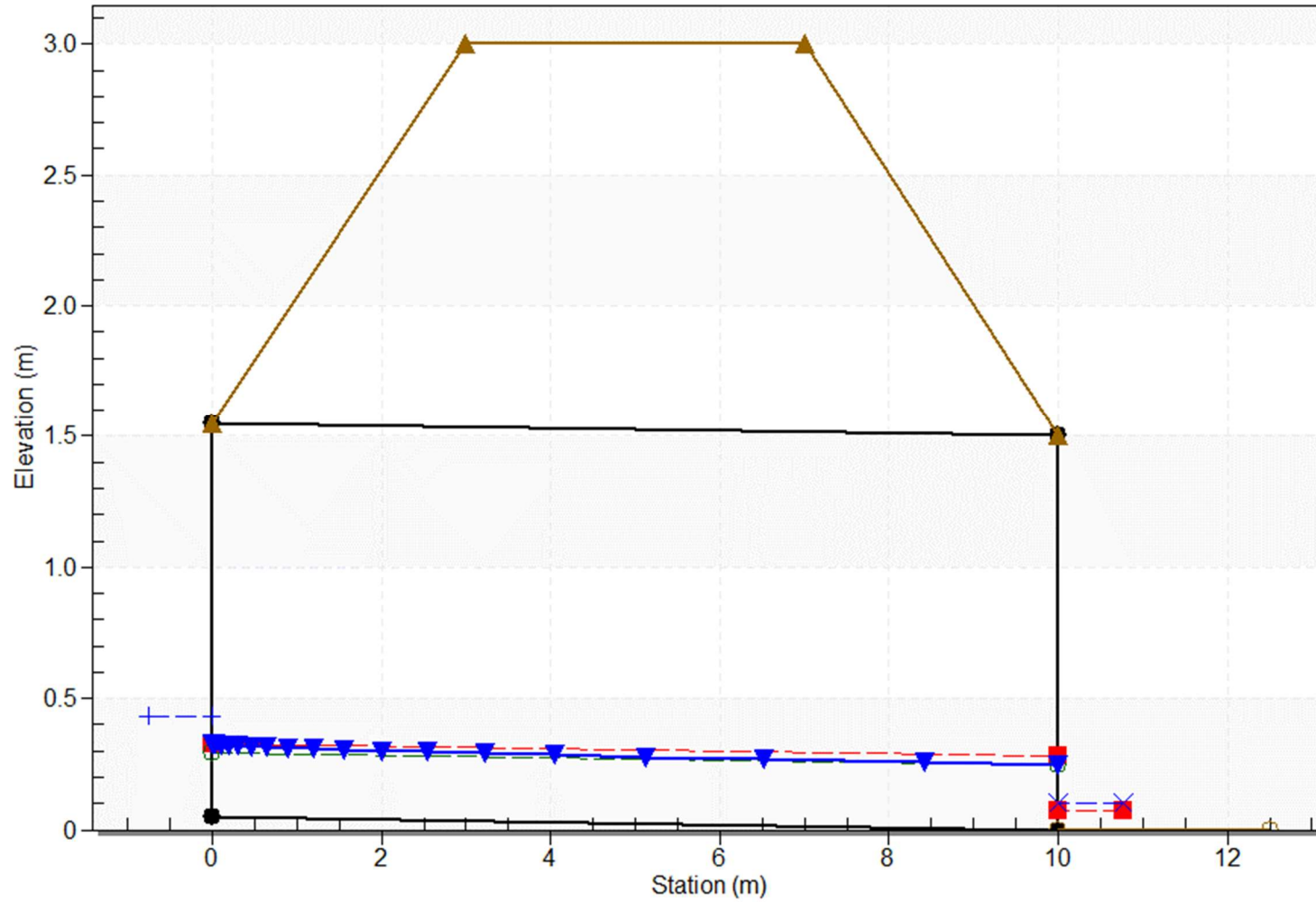
7.2 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID01_C01



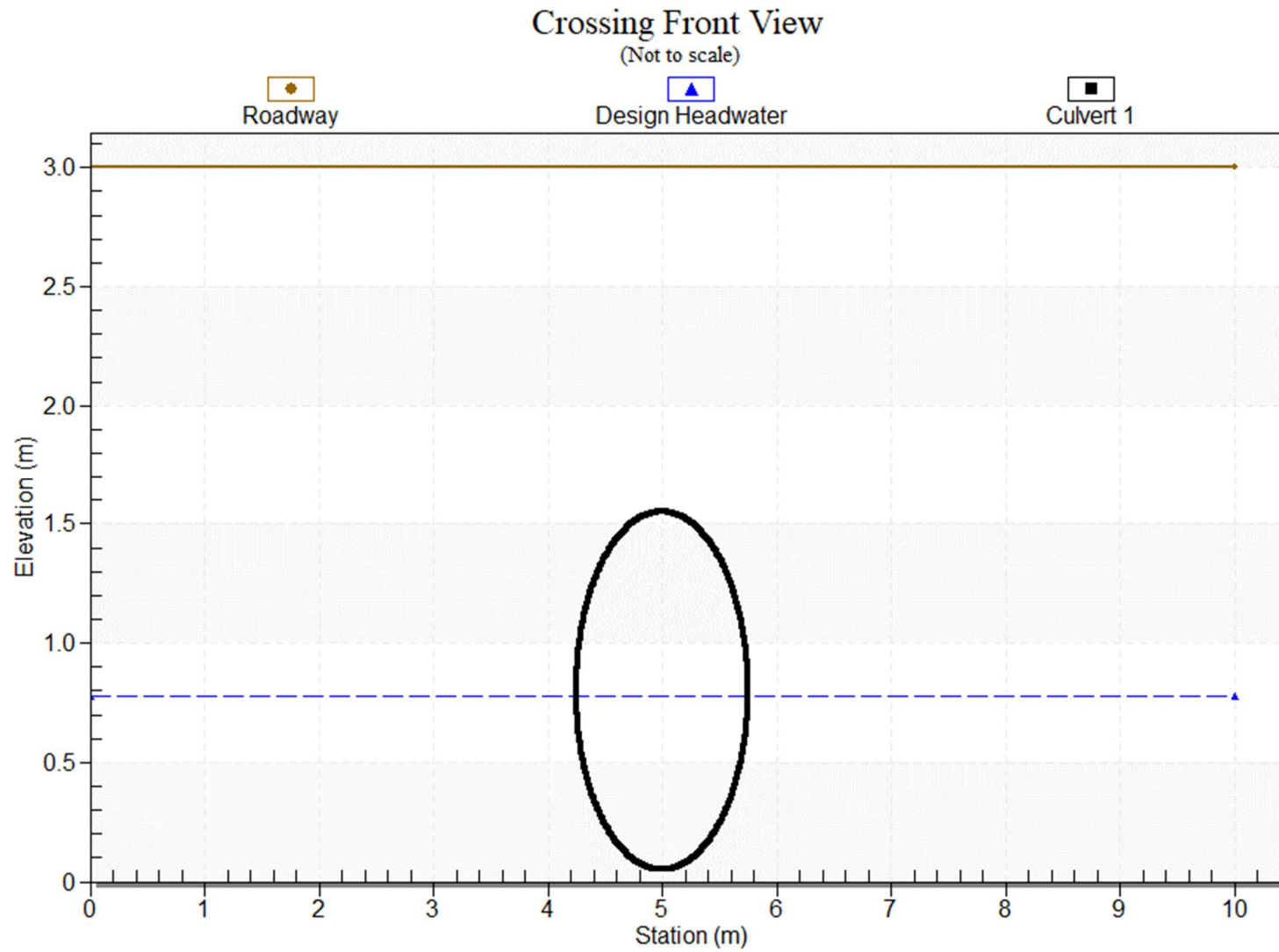
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID01_C01, Design Discharge - 0.31 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.31 cms



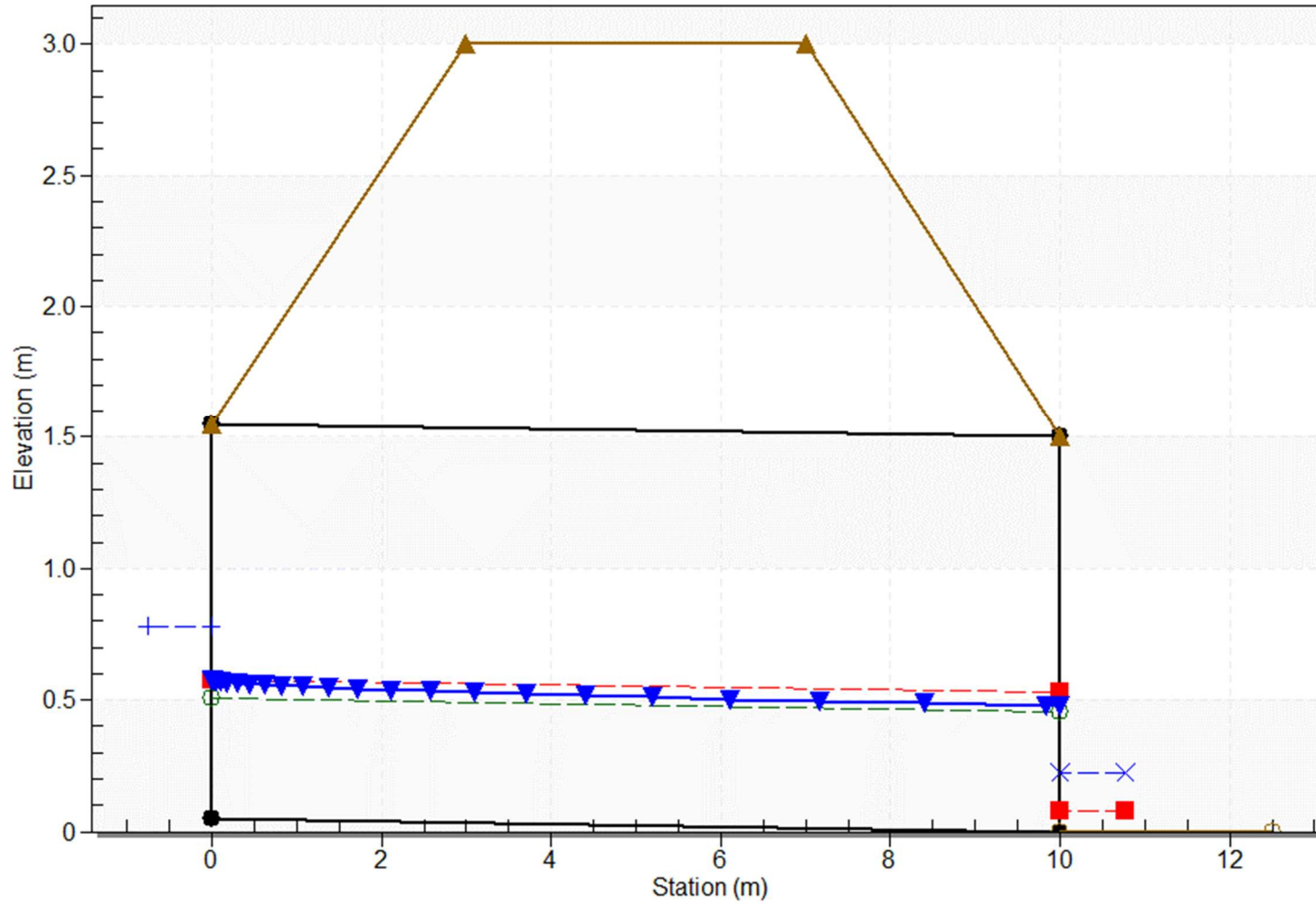
7.3 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID01_B02



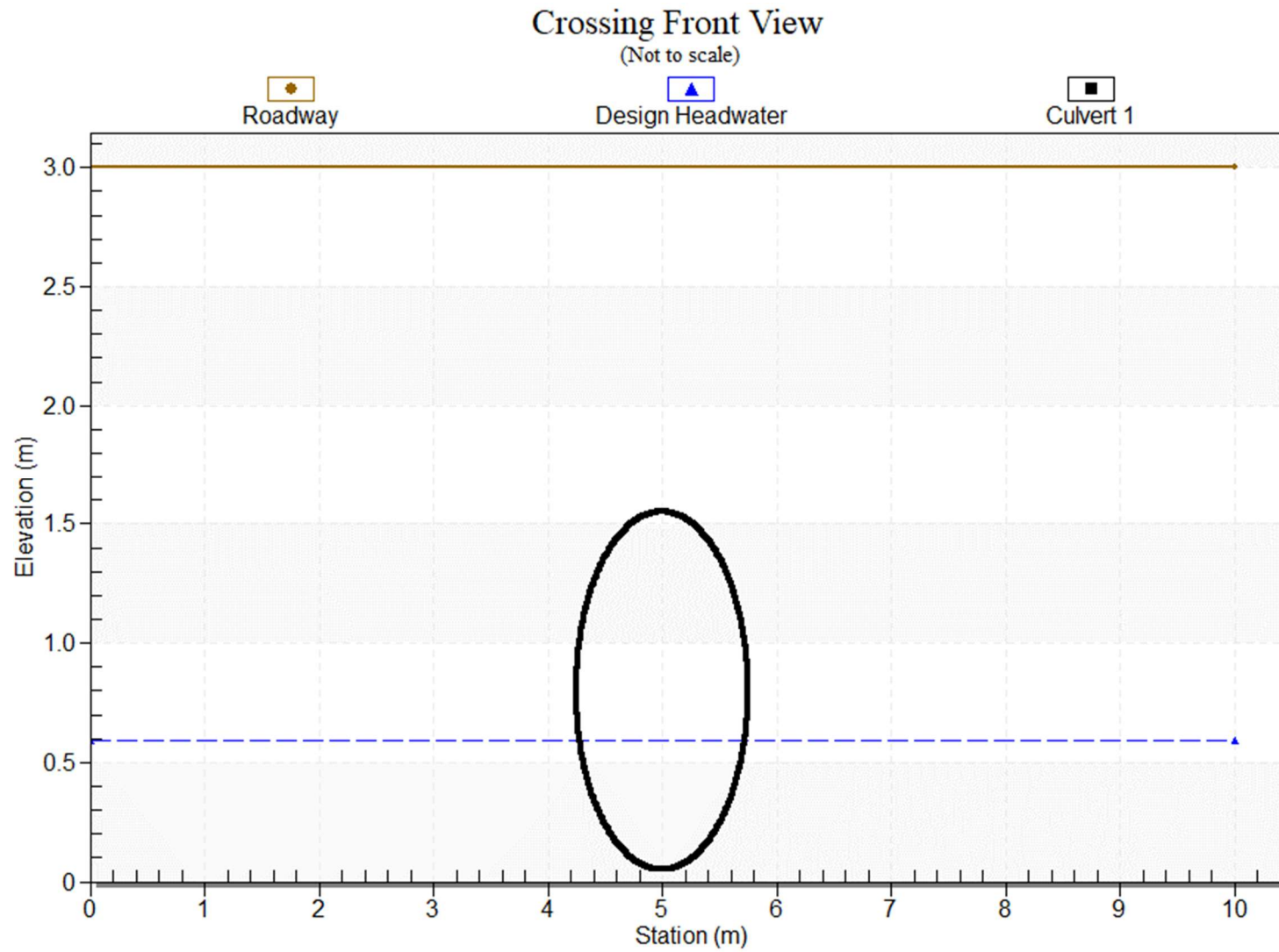
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID01_C02, Design Discharge - 1.08 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.08 cms



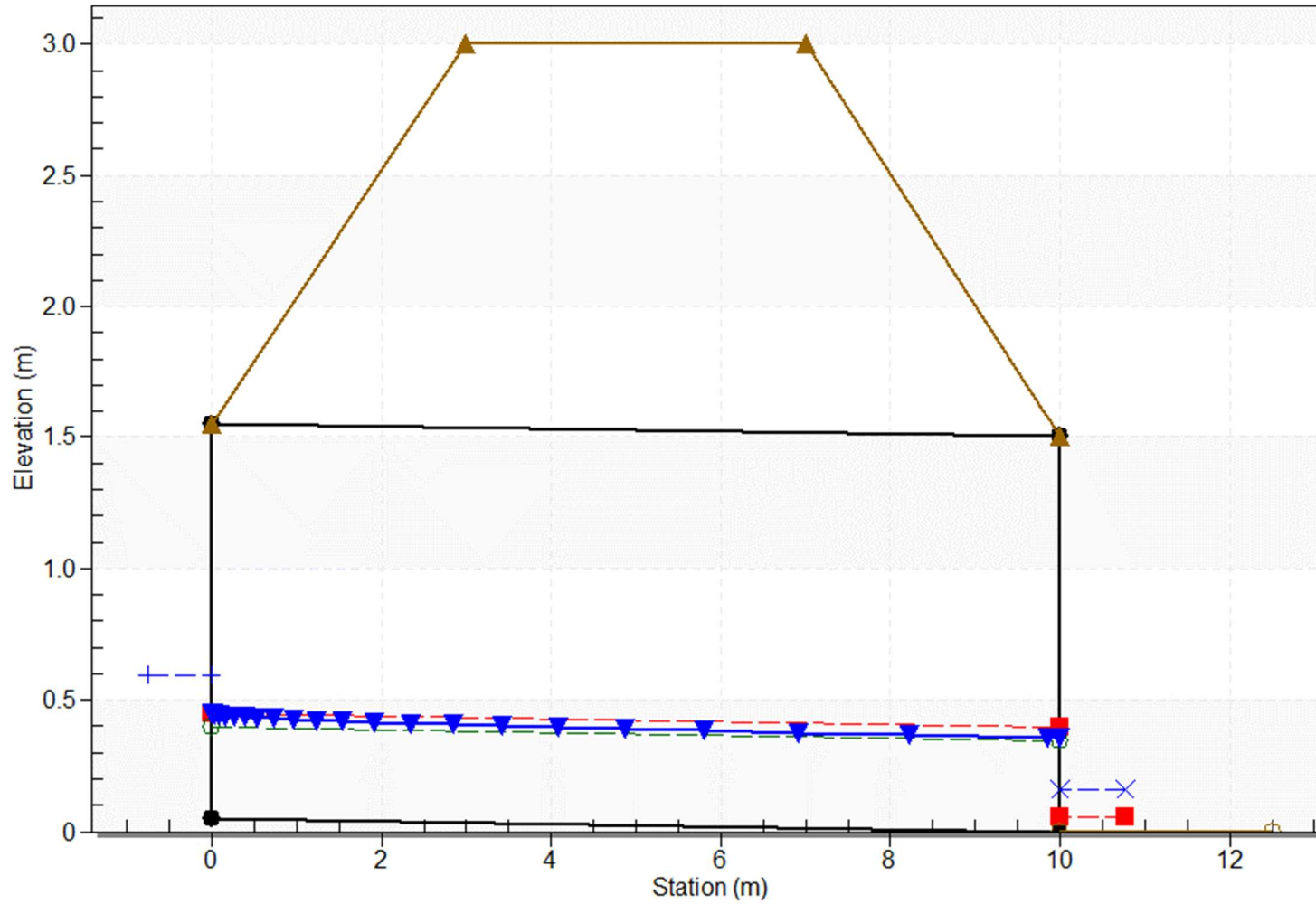
7.4 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID02_B01



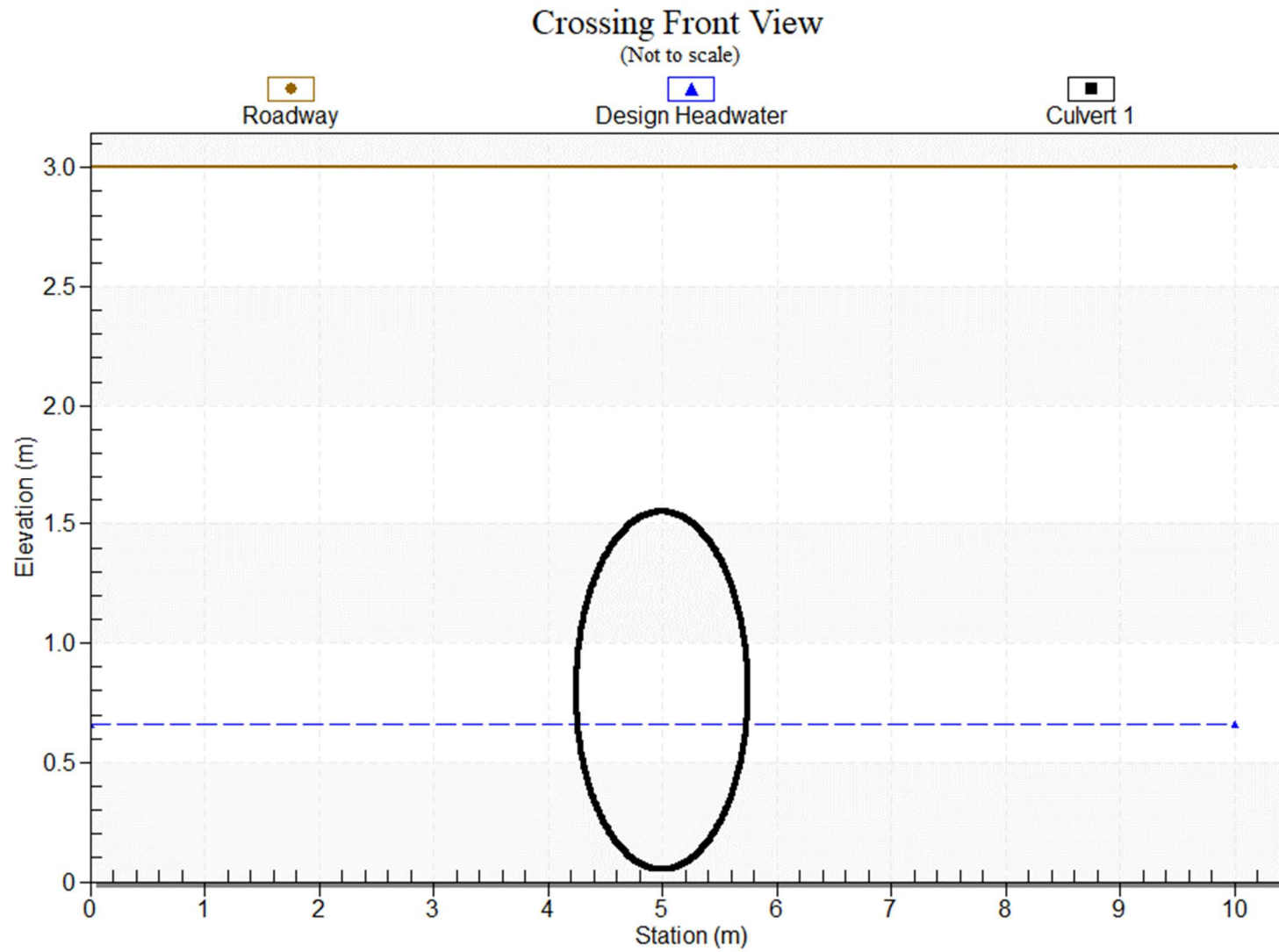
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID02_C01, Design Discharge - 0.63 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.63 cms



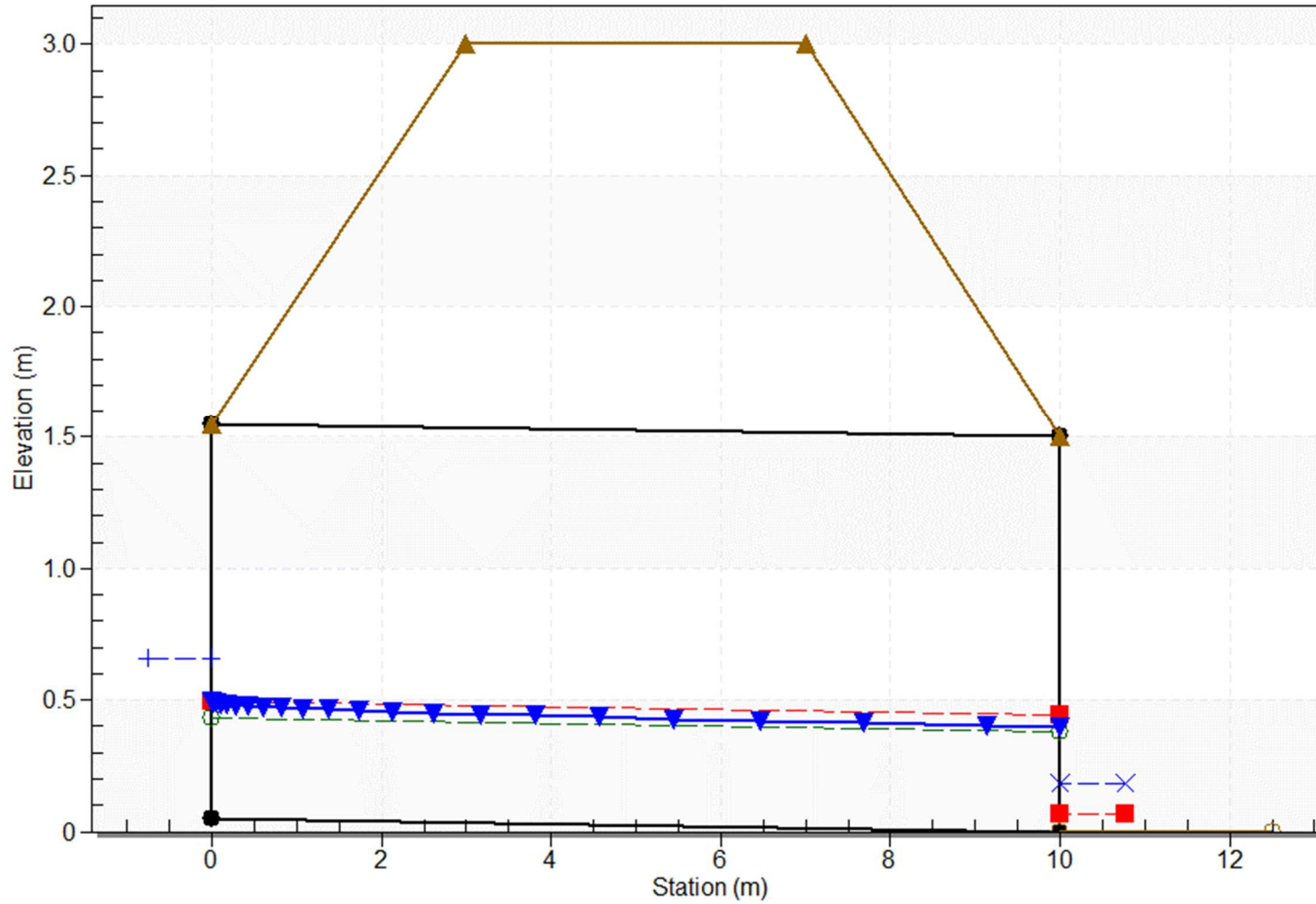
7.5 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID02_B02



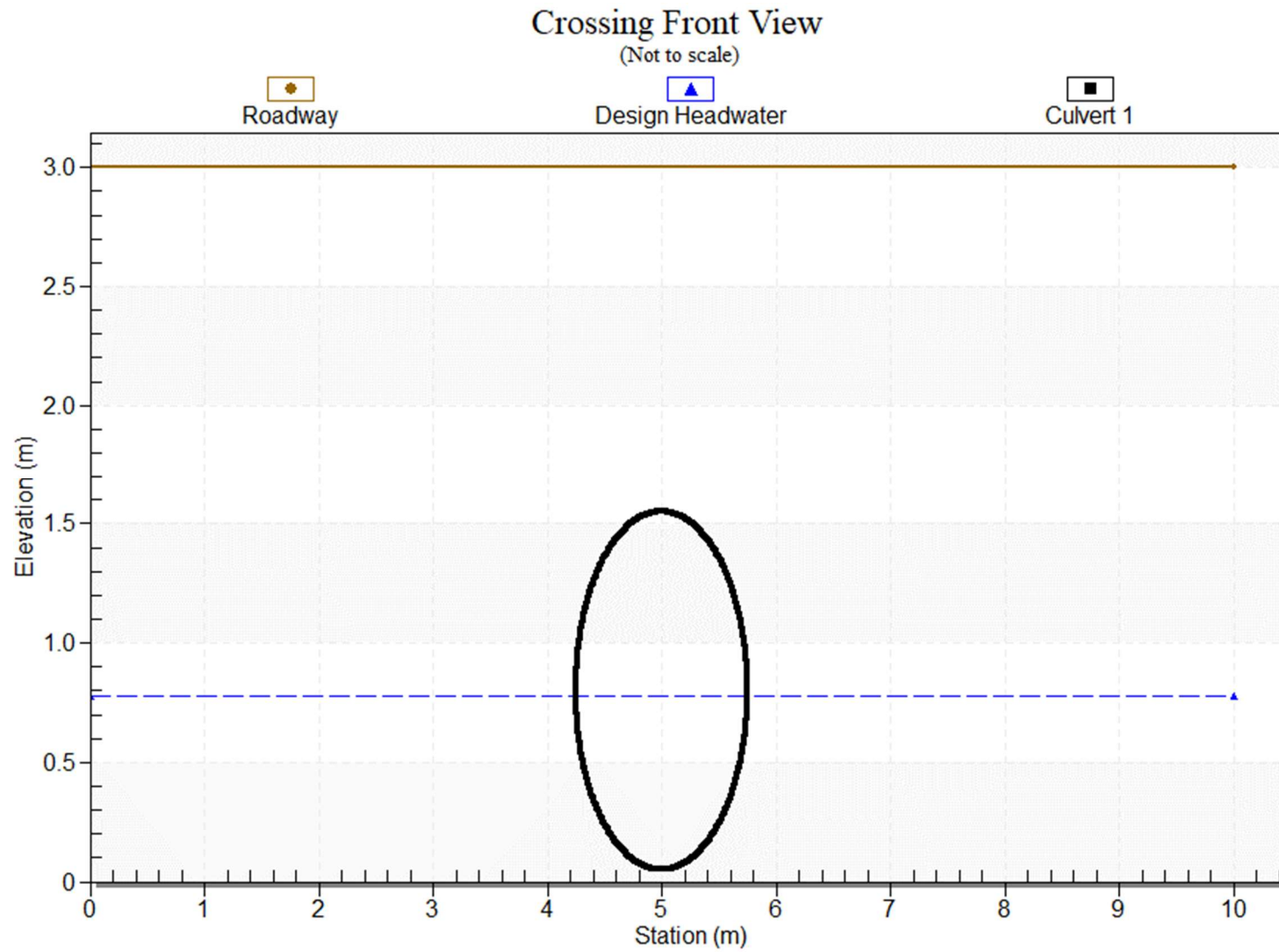
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID02_C02, Design Discharge - 0.77 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.77 cms



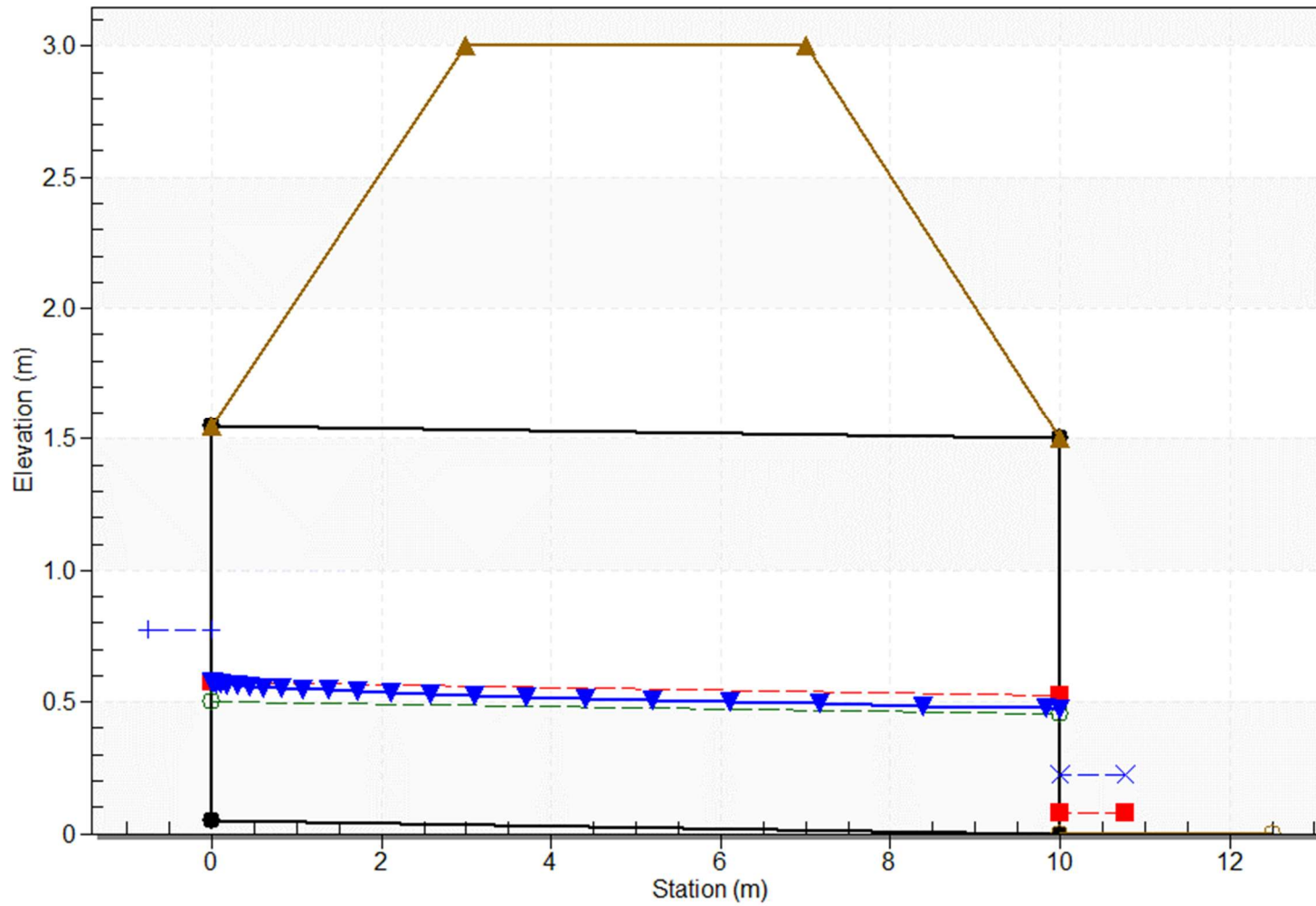
7.6 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID05_C01



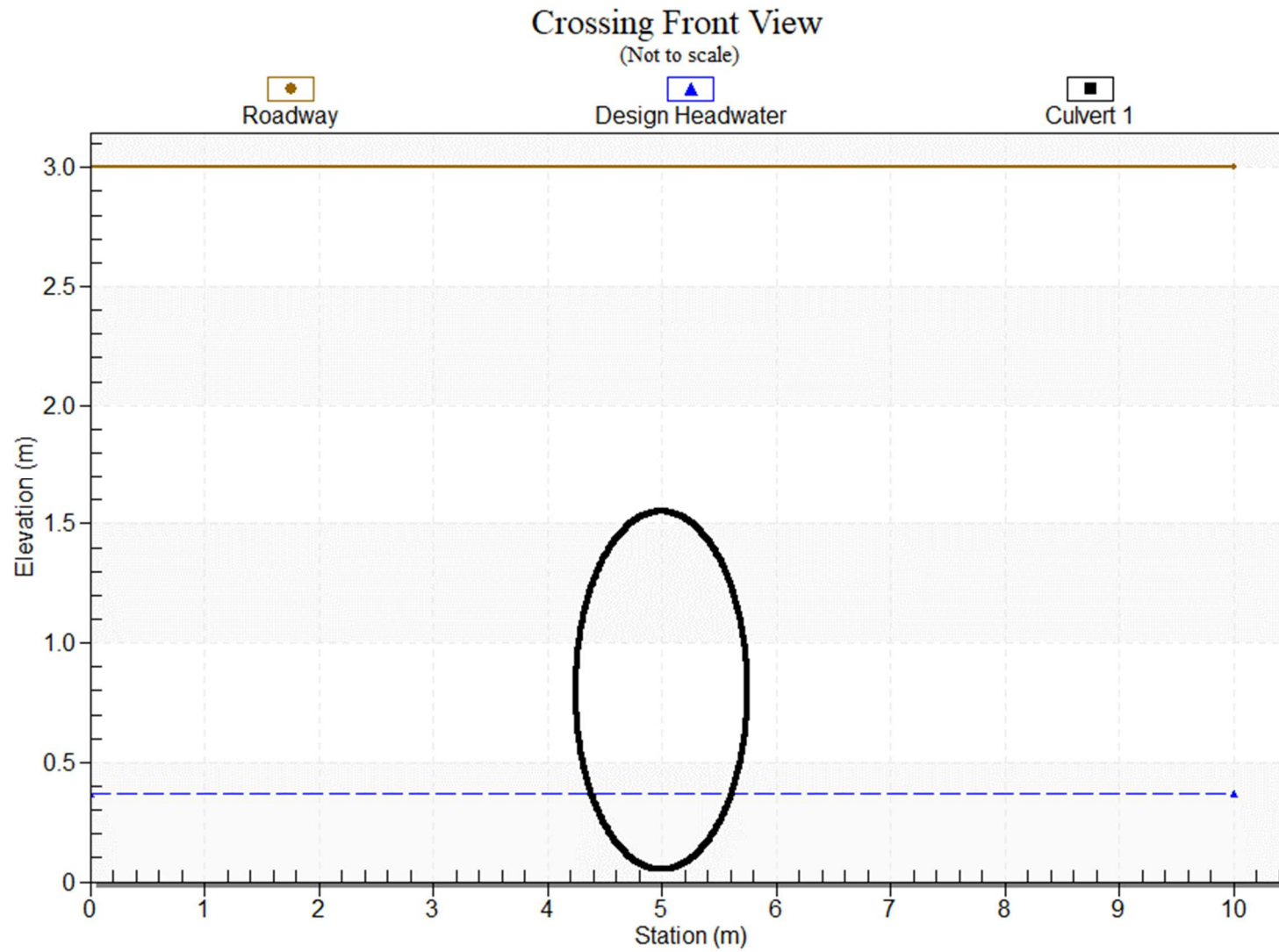
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID05_C01, Design Discharge - 1.08 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.08 cms



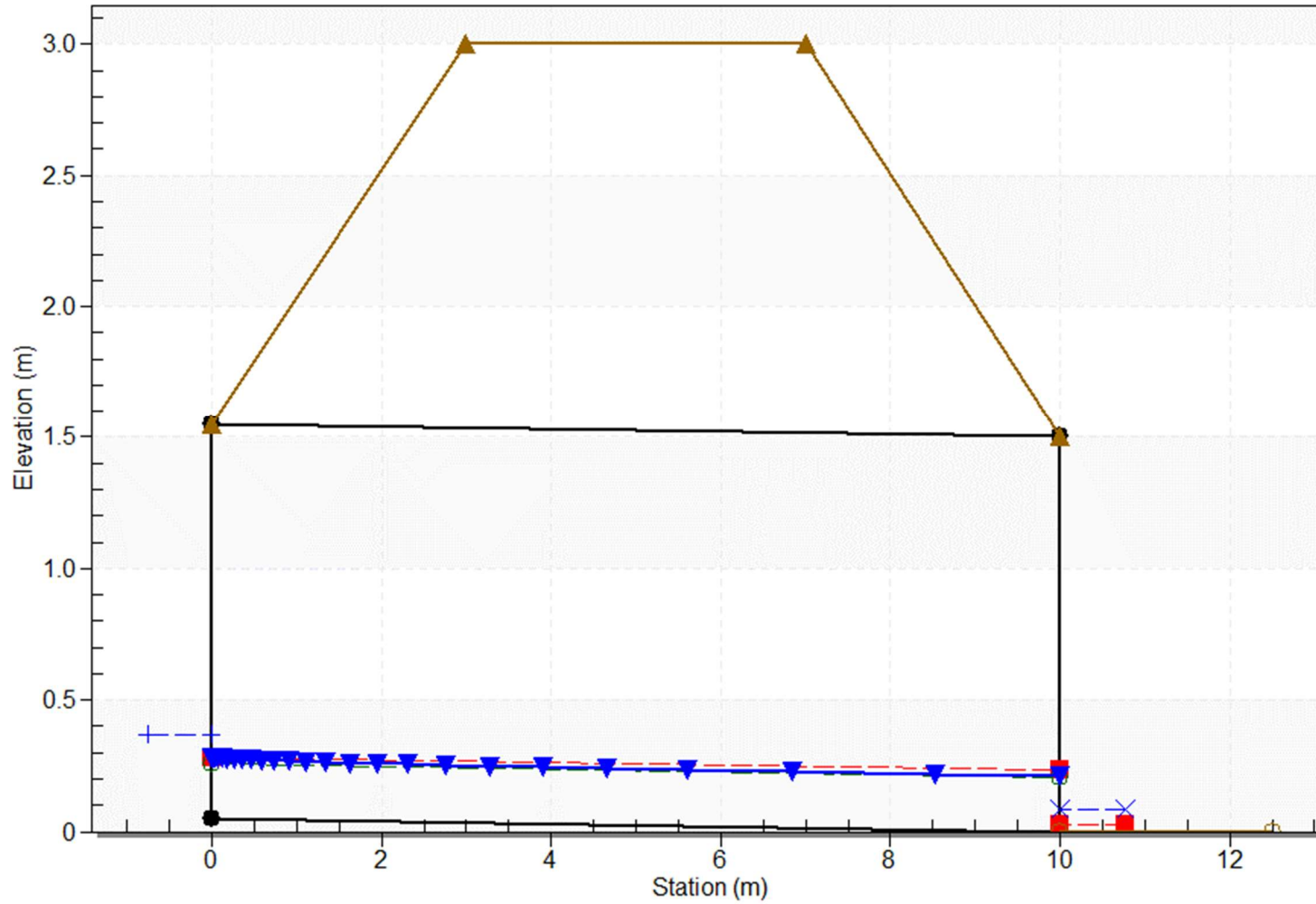
7.7 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID06_C01



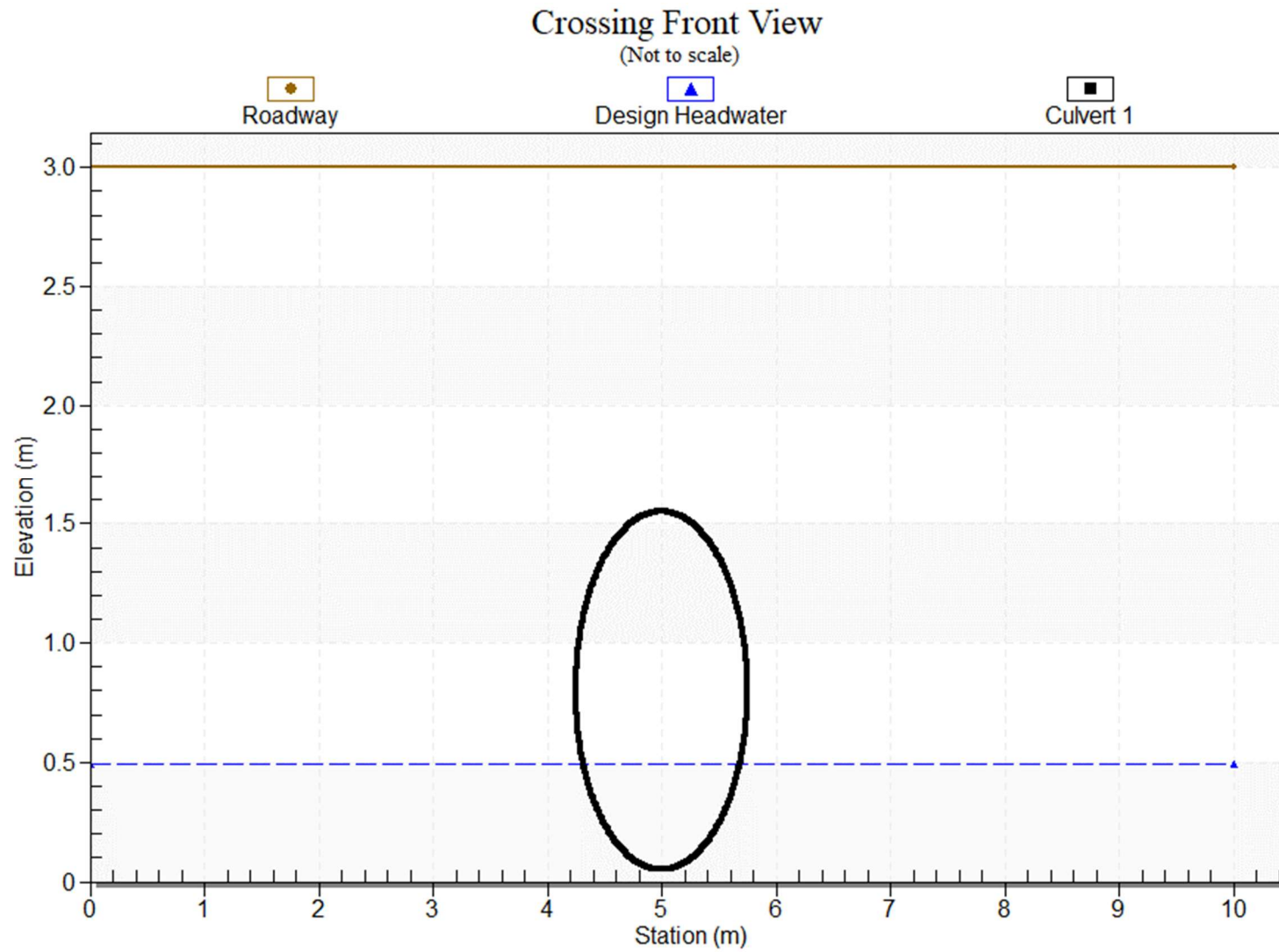
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID06_C01, Design Discharge - 0.22 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.22 cms



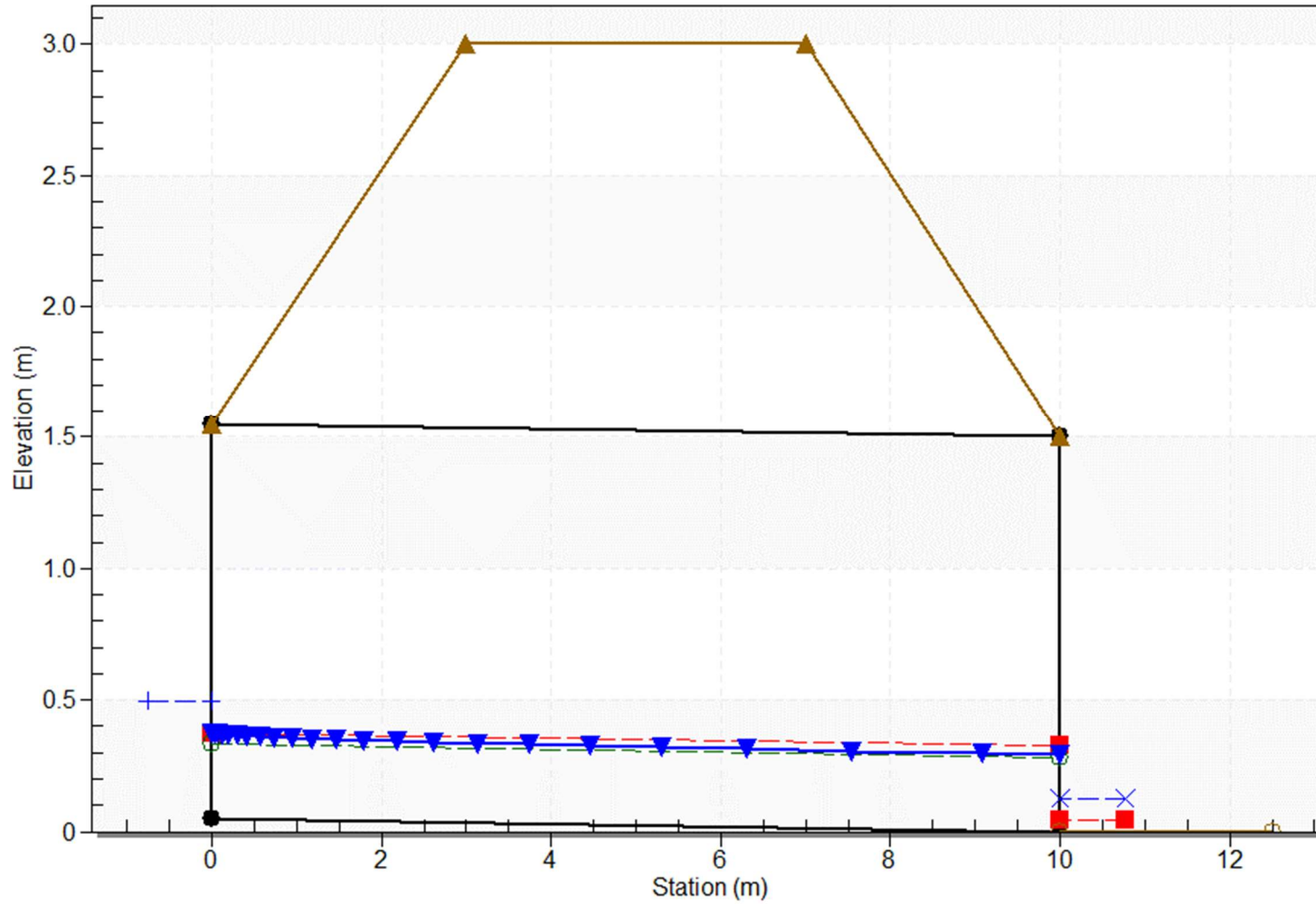
7.8 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID06_C02



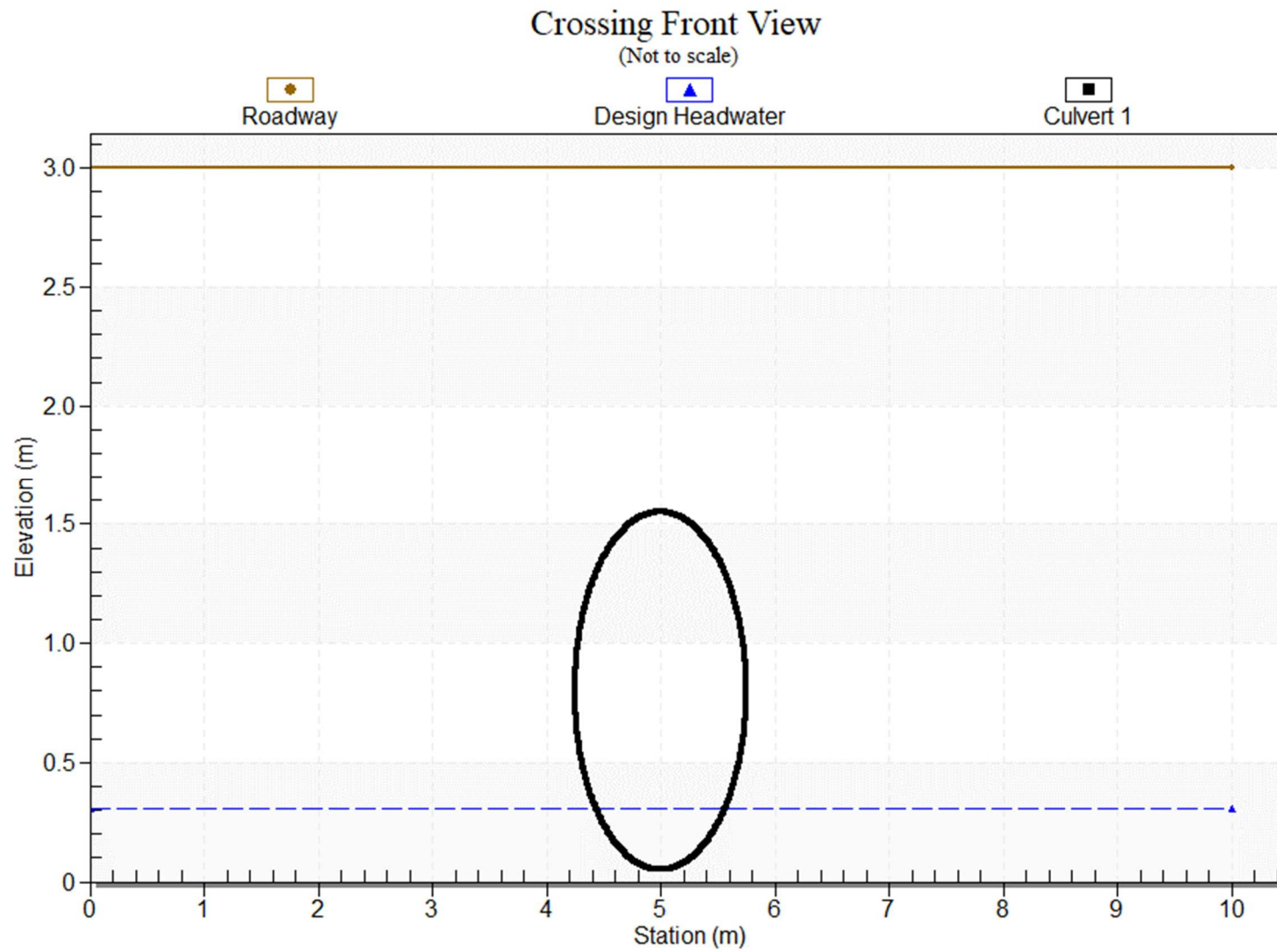
Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID06_C02, Design Discharge - 0.43 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.43 cms



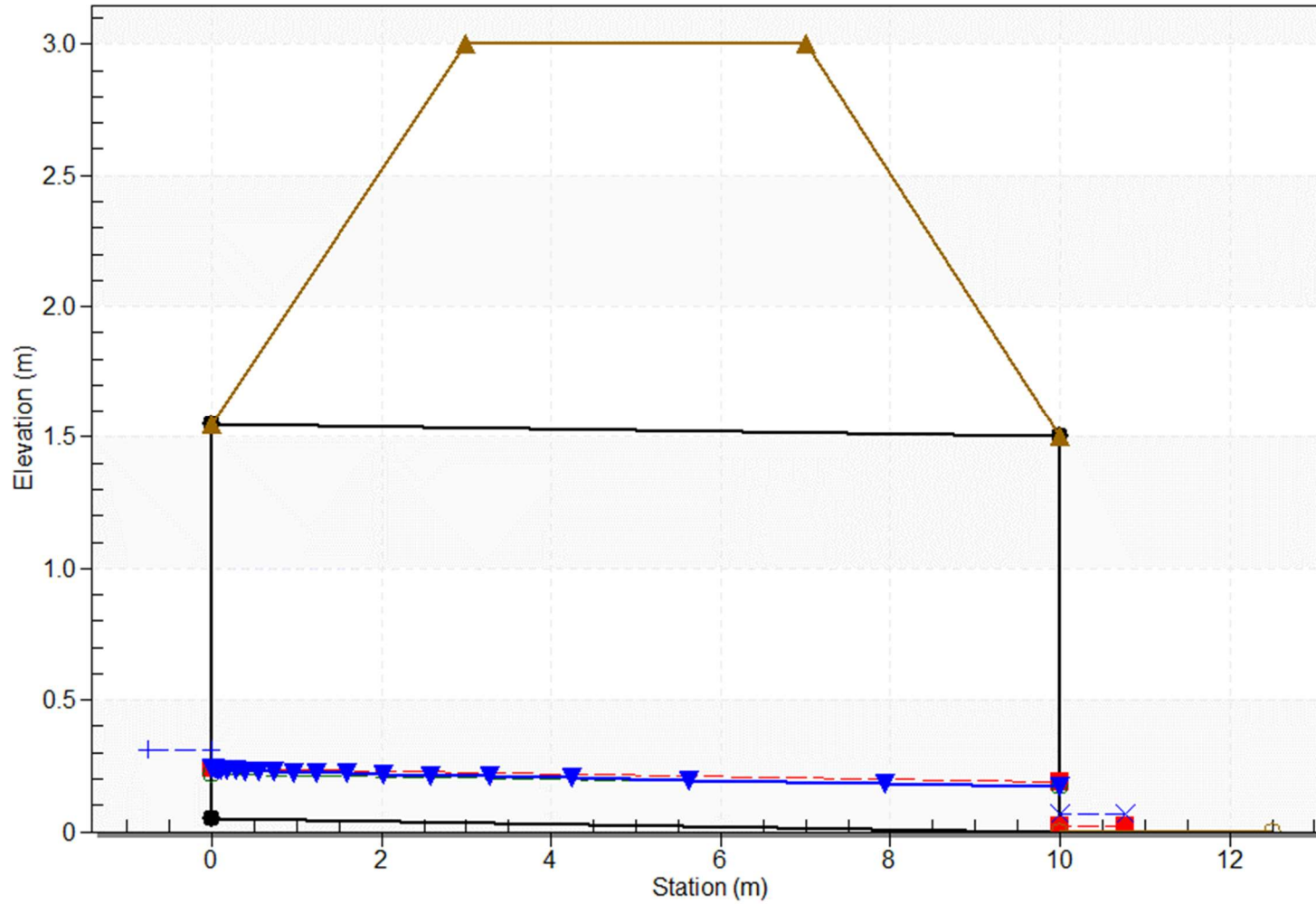
7.9 Crossing Front View (Roadway Profile): B.ID06_C03



Water Surface Profile Plot for Culvert: Culvert 1

Crossing - B.ID06_C03, Design Discharge - 0.15 cms

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.15 cms



8 STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA

8.1 Premesse

Il presente capitolo riporta lo studio dell'invarianza idraulica richiesto dalla D.D.G. n.102 del 2021 per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m². La valutazione è stata eseguita in accordo all'Allegato 2 "Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica" del citato DDG.

La rete di regimentazione prevista - composta da canali in terra tra di loro interconnessi - aumenta già di per sé il tempo di deflusso verso i corpi ricettori costituiti dall'asta fluviale del bacino di appartenenza della rete stessa, le acque così canalizzate vengono inviate poi in opportune vasche di laminazione distribuite nell'area del bacino, che rilasciando gradualmente i volumi d'acqua al recapito finale forniscono una complessiva decelerazione del deflusso superficiale al recapito finalizzata a garantire il principio dell'invarianza idraulica.

Il calcolo del volume necessario per le vasche di laminazione dei diversi sottobacini è stato condotto secondo quanto previsto al punto A4 del D.D.G. qui citato:

"A.4. Il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche potrà essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale ($\varphi < 50\%$) adottando il metodo semplificato delle piogge⁵ secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione:

$$V_{\max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

*dove: V_{\max} il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (in m³), S superficie (in m²) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione, φ coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante, a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica e Q_{IMP} portata limite ammessa allo scarico (in m³/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione. Tale valore limite è ridotto a 10 l/s*ha qualora lo scarico avvenga all'interno di aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I.*

"

⁵ Si veda il testo: "Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione. CSDU - HOEPLI, Milano, 1997.

Il valore del coefficiente di deflusso ϕ è stato fissato facendo riferimento ai più recenti studi sull'invarianza idraulica ed in particolare alle "Analisi idrologiche-idrauliche per l'applicazione dei criteri dell'invarianza idraulica nel comprensorio del Veneto Orientale, 2012" effettuate dal Consorzio di bonifica Veneto Orientale, che nell'ambito delle attività di verifica di compatibilità condotte nel territorio di competenza - in aggiunta alle categorie previste dalla DGR n. 2948/2009 (Regione Veneto) – hanno stabilito una ulteriore voce relativa ai i **campi fotovoltaici**, prevedendo per questa un **coefficiente di deflusso convenzionale pari a 0,30**.

Tale valore risulta ragionevolmente in accordo con quanto previsto dalla D.D.G. n.102 del 2021: *"Per il calcolo del coefficiente di deflusso ϕ sarà possibile adoperare una metodologia approfondita basata sulle più diffuse formule dei manuali tecnici di idrologia e idraulica, che tengono in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc. (ad es.: metodo del Curve Number, equazione di Horton, metodo Green-Ampton, metodo Kennessey, ecc.). In alternativa, si dovranno utilizzare i seguenti coefficienti ϕ per tipologia di suolo:*

<input type="checkbox"/> Superfici Impermeabili	1,0
<input type="checkbox"/> Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili	0,7
<input type="checkbox"/> Aree permeabili	0,3
<input type="checkbox"/> Incolto e Uso Agricolo	0,0

Nel calcolo della permeabilità del terreno post intervento di trasformazione andrà considerato l'effetto del rimodellamento delle superfici, anche se non impermeabilizzate, in cui l'effetto di compattazione possa ridurre la permeabilità naturale del suolo."

Bisogna infatti considerare che i campi fotovoltaici sono costituiti da stringhe di pannelli sopraelevati dal suolo che non ricoprono totalmente tutta la superficie utile a disposizione, lasciando pressoché libero il deflusso delle acque.

In definitiva, **preso atto che le aree non ricoperte dalle stringhe di pannelli dovranno essere oggetto di interventi di mitigazione** (inerbimento, rinzollatura periodica, realizzazione di fasce arboree di rispetto) atte a mantenere inalterata la permeabilità riferita alle condizioni ante operam se non a migliorarla, l'ipotesi assunta è che l'effetto di compattazione del terreno in corrispondenza delle aree dei campi fotovoltaici comporti un incremento del coefficiente di deflusso che da 0,00 passa a 0,30 per dette aree.

L'eventuale perdita di permeabilità dovuta alle trasformazioni d'uso del suolo nella fase post operam e la conseguente variazione della portata defluente verso l'esterno viene compensata mediante la laminazione delle portate, rispettando così il principio di invarianza idraulica.

Il sistema di regimentazione delle acque meteoriche descritto (canalizzazioni e vasche di laminazione) è stato dimensionato e verificato per un **tempo di ritorno di 30 anni**; il dimensionamento dell'invaso ha tenuto conto altresì del tempo di svuotamento dello stesso, è stato verificato infatti che tale tempo sia per ciascun vaso inferiore alle 48 h al fine di ripristinare la capacità dell'invaso quanto prima possibile rispettando la portata massima ammissibile allo scarico (Q_{IMP}).

È inoltre doveroso precisare che anche la rete di regimentazione delle acque meteoriche è stata studiata ed ampliata in modo tale da non avere un veloce drenaggio verso i corpi ricettori; la rete, costituita da canali in terra tra di loro interconnessi, anziché convogliare le acque direttamente al recapito, costituito dall'asta fluviale del bacino di appartenenza della rete stessa, le invia mediante **un percorso più lungo** rispetto al libero deflusso all'interno del campo in opportune vasche di laminazione distribuite nell'area del bacino, che rilasciando gradualmente i volumi d'acqua al recapito finale, forniscono una complessiva decelerazione del deflusso superficiale al recapito finalizzata a garantire il principio dell'invarianza idraulica.

L'intervento previsto risulta in linea con quanto previsto dal P.A.I. Sicilia (aggiornamento 2021) che al punto C.5.4. dell'Appendice C recita: *“Nel caso di trasformazione dell'uso del suolo che comporti una riduzione della permeabilità superficiale, si dovranno prevedere “interventi in situ” di infiltrazione o di temporanea ritenzione e accumulo (laminazione) delle acque, volti a mantenere invariato il coefficiente udometrico dell'area oggetto d'intervento, preservandone la capacità di scolo e di deflusso ante operam.”*

Il sistema di drenaggio di progetto può essere dunque annoverato tra i “SUDS - Sistemi di drenaggio urbano sostenibile” ossia, secondo la definizione fornita dal DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia al co. 6 art. 2, *“metodi di gestione delle acque meteoriche di scorrimento superficiale che replicano i modelli di drenaggio naturali, utilizzando soluzioni economiche a basso impatto ambientale, mediante accumulo, laminazione e infiltrazione, che consentano il lento rilascio nei corpi idrici superficiali (naturali o artificiali), nelle fognature o nelle falde acquifere (infiltrazione). Il volume da destinare alla laminazione e/o all'infiltrazione delle piogge dovrà garantire che la portata allo scarico non ecceda il valore nella situazione ante operam ovvero l'eventuale valore concordato o imposto dall'ente gestore”,* rispettando così quanto predisposto dall'art. 4, dall'Allegato 1 e dall'Allegato 2 del citato DDG 102.

Di seguito viene illustrato il modello di calcolo adottato per la determinazione delle portate ante e post operam e dei volumi da laminare con l'obiettivo di garantire il principio di invarianza idraulica e le ipotesi poste alle base dei su citati calcoli.

8.2 Metodologia di calcolo

Il metodo di calcolo idrologico ed idraulico utilizzato per il dimensionamento del volume di invaso da attribuire a ciascun sottobacino è il "Metodo delle sole piogge" in accordo con l'Allegato 2 paragrafo A punto A.4 del DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia.

Il metodo si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, è un modello lineare e stazionario di tipo concettuale (ossia rappresenta in modo schematico e semplificato i fenomeni idrologici ed idraulici implicati nella trasformazione afflussi-deflussi) le cui ipotesi semplificative alla base del modello stesso sono:

- *letogramma costante nel tempo;*
- *Perdite idrologiche calcolate con coefficiente di afflusso costante nel tempo;*
- *Portata iniziale nel sistema nulla;*
- *Effetto trascurabile della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.*

Tale approccio, in forza dell'ultima ipotesi di base, offre valore cautelativi rispetto ad altri modelli di calcolo.

Il volume entrante prodotto dal bacino scolante è dato dalla seguente relazione:

$$W_e = S * \Psi * a * \Theta^n$$

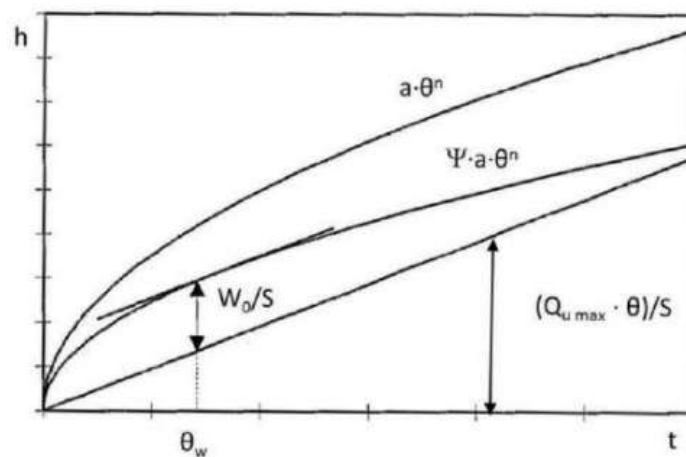
Con

- S = superficie del bacino di riferimento
- Ψ = coefficiente di deflusso post operam
- a, n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica
- Θ = durata critica della pioggia

Il volume uscente dal bacino scolante, in condizione di laminazione ottimale ossia per valori di portata uscente pari alla portata uscente massima, è dato dalla seguente relazione:

$$W_u = Q_{u, \max} * \Theta$$

Il massimo volume da invasare W_0 è dato dalla massima differenza tra le due curve descritte dalle due relazioni, e si può individuare graficamente sul seguente grafico riportando la curva di possibilità pluviometrica netta ($h_{\text{netta}} = \Psi * a * \Theta^n$) e la retta rappresentante il volume uscente dalla vasca ($h_u = (Q_{u, \max} * \Theta) / S$).



Individuazione grafica dell'evento critico con il metodo delle sole piogge

Per quanto detto si ottiene:

$$W_0 = \Delta_w = h_{\text{netta}} - h_u = \Psi * a * \Theta^n - (Q_{u, \max} * \Theta) / S$$

Derivando rispetto al tempo e considerando le seguenti unità di misura per le diverse grandezze

- S [ha],
- W [m³],
- a [mm/oraⁿ],
- Θ [ore],
- Q [l/s] si ottiene:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{u \max}}{2.78 * S * \Psi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 * S * \Psi * a * \theta_w^n - 3.6 * Q_{u \max} * \theta_w$$

Il valore del coefficiente di deflusso di ciascun sottobacino definito come “rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell’intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso viene valutato considerando le caratteristiche di permeabilità e, quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti in ogni singola area interessata da una trasformazione urbanistica o all’interno di un intero bacino imbrifero drenante. Un alto coefficiente di deflusso, quindi, indica un’elevata impermeabilizzazione potenziale del territorio poiché rappresenta quella aliquota di precipitazione che, in occasione di un evento di pioggia, scorre in superficie senza infiltrarsi nel suolo”⁶ successivamente all’installazione dell’impianto fotovoltaico è stato imposto pari a 0.3 in base a quanto previsto da studi di settore (cfr parag. 8.1) e in considerazione - come precedentemente detto - che le aree non ricoperte dalle stringhe di pannelli dovranno essere oggetto di interventi di mitigazione (inerbimento, rinzellatura periodica, realizzazione di fasce arboree di rispetto) atte a mantenere inalterata la permeabilità riferita alle condizioni ante operam se non a migliorarla.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei valori dei parametri a ed n della CPP per tempo di ritorno di 30 anni di ciascun bacino sviluppati seguendo la medesima metodologia descritta nei paragrafi 2, 3 e 4.

	ID_01	ID_02	ID_03	ID_04	ID_05	ID_06	ID_07	ID_08	ID_09	ID_10	ID_11	ID_12
a(TR30)*r	46.92	50.61	51.92	50.08	52.41	53.69	54.35	52.76	50.13	48.15	47.23	49.24
n	0.299	0.287	0.284	0.290	0.297	0.293	0.292	0.288	0.290	0.289	0.290	0.292

8.2.1 Calcolo dei volumi di laminazione

In conformità a quanto previsto dall’Allegato 2 del DDG 102 del 23/06/2021 sono stati determinati i coefficienti di deflusso ponderale, le portate limite ammesse allo scarico Q_{IMP} e sono stati definiti i volumi di laminazione necessari. Nel presente paragrafo seguendo il modello di calcolo esposto al paragrafo 8.2, in conformità al punto A4 del DDG sono determinati i volumi di laminazione necessari a compensare l’aumento di permeabilità del suolo.

⁶ Art. 2 co. 1 **DDG 102 del 23/06/2021** del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia

La tabella seguente riporta i parametri necessari per il calcolo del volume di laminazione complessivo (V_{lam}) associato al campo fotovoltaico i-esimo ricadente nel bacino j-esimo ottenuto utilizzando il “Metodo delle sole piogge” precedentemente descritto, ed in particolare:

- **L_B.ID jj _ii** Vasca di laminazione i-esima associata al campo fotovoltaico ricadente nel bacino j-esimo;
- **a [mm/hⁿ], n [-], r** parametri della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 30 anni (cfr. paragr. 6), r coefficiente di ragguaglio areale;
- **S_{fv} [km²]** superficie del campo fotovoltaico i-esimo ricadente nel bacino j-esimo;
- **φ** coefficiente di deflusso medio ponderato del campo fotovoltaico i-esimo, imposto pari a 0.3;
- **U [l/s/ha]** coefficiente udometrico secondo DDG. n.102 imposto pari a 20 [l/s/ha];
- **Q_{IMP} [m³/h]** portata limite ammessa allo scarico nel corpo riceettore j-esimo attribuita al campo fotovoltaico i-esimo;
- **V_{lam} [m³]** volume di laminazione ottenuto applicando il metodo delle sole piogge;

calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)								
codice sottobacino	a	n	S impianto _{fv}	φ _{s-imp}	U [l/s/ha]	Q _{IMP}	V _{lam}	
	[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]	0.3	20	[m ³ /h]	m ³	
n	ID_01							
1	B_ID01.a	46.92	0.299	0.370	0.3	20	2 663.3	2 903.1
2	B_ID01.b	46.92	0.299	0.076	0.3	20	548.4	597.8
3	B_ID01.c	46.92	0.299	0.028	0.3	20	198.2	216.0
4	B_ID01.d	46.92	0.299	0.002	0.3	20	17.8	19.5
5	B_ID01.e	46.92	0.299	0.007	0.3	20	50.0	54.6
6	B_ID01.f	46.92	0.299	0.003	0.3	20	19.9	21.7
7	B_ID01.g	46.92	0.299	0.003	0.3	20	24.4	26.6
8	B_ID01.h	46.92	0.299	0.021	0.3	20	148.3	161.7
9	B_ID01.i	46.92	0.299	0.084	0.3	20	603.3	657.7
10	B_ID01.l	46.92	0.299	0.012	0.3	20	85.8	93.5
x	TOT	46.92	0.299	0.605			4 359.5	4 752.0
	ID_02							
11	B_ID02.a	50.61	0.287	0.020	0.3	20	146.4	179.8
12	B_ID02.b	50.61	0.287	0.032	0.3	20	232.9	286.1
13	B_ID02.c	50.61	0.287	0.001	0.3	20	10.8	13.3
14	B_ID02.d	50.61	0.287	0.006	0.3	20	44.7	54.9
15	B_ID02.e	50.61	0.287	0.002	0.3	20	17.9	22.0
16	B_ID02.f	50.61	0.287	0.009	0.3	20	63.6	78.2
17	B_ID02.g	50.61	0.287	0.026	0.3	20	185.4	227.8
18	B_ID02.h	50.61	0.287	0.009	0.3	20	65.9	81.0
19	B_ID02.i	50.61	0.287	0.018	0.3	20	129.3	158.8
20	B_ID02.l	50.61	0.287	0.146	0.3	20	1 052.4	1 292.8
21	B_ID02.m	50.61	0.287	0.014	0.3	20	97.7	120.1
22	B_ID02.n	50.61	0.287	0.002	0.3	20	15.2	18.7
23	B_ID02.o	50.61	0.287	0.012	0.3	20	87.2	107.1
24	B_ID02.p	50.61	0.287	0.003	0.3	20	22.7	27.9
25	B_ID02.q	50.61	0.287	0.013	0.3	20	94.4	116.0
26	B_ID02.r	50.61	0.287	0.011	0.3	20	81.8	100.5
27	B_ID02.s	50.61	0.287	0.081	0.3	20	582.6	715.6
28	B_ID02.t	50.61	0.287	0.005	0.3	20	35.4	43.5
29	B_ID02.u	50.61	0.287	0.037	0.3	20	265.1	325.7
30	B_ID02.v	50.61	0.287	0.018	0.3	20	128.3	157.6
31	B_ID02.z	50.61	0.287	0.021	0.3	20	154.4	189.6
x	TOT	50.61	0.287	0.488			3 514.2	4 317.0
	ID_03							
32	B_ID03.a	51.92	0.284	0.006	0.3	20	45.7	58.3
33	B_ID03.b	51.92	0.284	0.016	0.3	20	117.8	150.4
34	B_ID03.c	51.92	0.284	0.052	0.3	20	377.9	482.5

calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)								
codice sottobacino		a	n	S impianto _{fv}	φ _{s-imp}	U [l/s/ha]	Q _{IMP}	V _{lam}
		[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]	0.3	20	[m ³ /h]	m ³
35	B_ID03.d.1	51.92	0.284	0.038	0.3	20	273.7	349.4
36	B_ID03.d.2	51.92	0.284	0.069	0.3	20	497.8	635.6
37	B_ID03.e	51.92	0.284	0.003	0.3	20	21.8	27.9
x	TOT	51.92	0.284	0.185			1 334.6	1 704.1
ID_04								
38	B_ID04.a	50.08	0.290	0.010	0.3	20	70.6	85.2
39	B_ID04.b	50.08	0.290	0.019	0.3	20	140.2	169.2
40	B_ID04.c	50.08	0.290	0.066	0.3	20	476.8	575.4
41	B_ID04.d	50.08	0.290	0.065	0.3	20	470.3	567.6
42	B_ID04.e	50.08	0.290	0.006	0.3	20	41.4	49.9
43	B_ID04.f	50.08	0.290	0.009	0.3	20	65.3	78.8
44	B_ID04.g	50.08	0.290	0.016	0.3	20	114.4	138.0
45	B_ID04.h	50.08	0.290	0.007	0.3	20	50.4	60.8
46	B_ID04.i	50.08	0.290	0.020	0.3	20	141.5	170.7
47	B_ID04.l	50.08	0.290	0.005	0.3	20	34.1	41.2
48	B_ID04.m	50.08	0.290	0.112	0.3	20	804.0	970.4
x	TOT	50.08	0.290	0.335			2 408.8	2 907.1
ID_05								
49	B_ID05.a	52.41	0.297	0.008	0.3	20	55.2	70.6
50	B_ID05.b	52.41	0.297	0.014	0.3	20	98.2	125.5
51	B_ID05.c	52.41	0.297	0.045	0.3	20	324.6	414.9
x	TOT	52.41	0.297	0.066			478.0	611.0
ID_06								
52	B.ID06.a	53.69	0.293	0.013	0.3	20	92.9	123.3
53	B.ID06.b	53.69	0.293	0.012	0.3	20	86.9	115.3
54	B.ID06.c	53.69	0.293	0.008	0.3	20	55.0	72.9
55	B.ID06.d	53.69	0.293	0.015	0.3	20	109.1	144.8
56	B.ID06.e	53.69	0.293	0.006	0.3	20	39.8	52.8
57	B.ID06.f	53.69	0.293	0.006	0.3	20	44.8	59.4
58	B.ID06.g	53.69	0.293	0.030	0.3	20	212.9	282.6
59	B.ID06.h	53.69	0.293	0.005	0.3	20	37.0	49.1
60	B.ID06.i	53.69	0.293	0.018	0.3	20	130.5	173.2
x	TOT	53.69	0.293	0.112			808.6	1 073.4
ID_07								
61	B.ID07.a	54.35	0.292	0.014	0.3	20	97.5	131.8
62	B.ID07.b	54.35	0.292	0.011	0.3	20	76.8	103.8
63	B.ID07.c	54.35	0.292	0.013	0.3	20	92.0	124.4
64	B.ID07.d	54.35	0.292	0.018	0.3	20	127.5	172.4
65	B.ID07.e	54.35	0.292	0.011	0.3	20	81.3	110.0

calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)								
codice sottobacino		a	n	S impianto _{fv}	φ _{s-imp}	U [l/s/ha]	Q _{IMP}	V _{lam}
		[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]	0.3	20	[m ³ /h]	m ³
66	B_ID07.f	54.35	0.292	0.014	0.3	20	103.7	140.3
x	TOT	54.35	0.292	0.080			578.8	782.6
ID_08								
67	B_ID08.a	52.76	0.288	0.043	0.3	20	309.2	402.3
68	B_ID08.b	52.76	0.288	0.016	0.3	20	112.5	146.3
69	B_ID08.c	52.76	0.288	0.015	0.3	20	109.5	142.5
x	TOT	52.76	0.288	0.074			531.2	691.1
ID_09								
70	B_ID09.a	50.13	0.290	0.009	0.3	20	67.1	81.1
71	B_ID09.b	50.13	0.290	0.028	0.3	20	200.0	241.7
72	B_ID09.c	50.13	0.290	0.076	0.3	20	546.4	660.3
73	B_ID09.d	50.13	0.290	0.025	0.3	20	177.6	214.7
74	B_ID09.e	50.13	0.290	0.050	0.3	20	359.0	433.9
75	B_ID09.f	50.13	0.290	0.045	0.3	20	321.3	388.3
76	B_ID09.g	50.13	0.290	0.039	0.3	20	279.1	337.3
77	B_ID09.h	50.13	0.290	0.016	0.3	20	112.0	135.4
x	TOT	50.13	0.290	0.286				
ID_10								
78	B_ID10.a	48.15	0.289	0.016	0.3	20	116.2	132.8
79	B_ID10.b	48.15	0.289	0.011	0.3	20	81.8	93.5
80	B_ID10.c	48.15	0.289	0.009	0.3	20	64.0	73.1
81	B_ID10.d	48.15	0.289	0.022	0.3	20	157.2	179.7
x	TOT	48.15	0.289	0.058			419.1	479.1
ID_11								
82	B_ID11.a	47.23	0.290	0.032	0.3	20	228.1	253.4
83	B_ID11.b	47.23	0.290	0.008	0.3	20	58.8	65.4
84	B_ID11.c	47.23	0.290	0.006	0.3	20	39.8	44.2
85	B_ID11.d	47.23	0.290	0.007	0.3	20	52.2	58.0
86	B_ID11.e	47.23	0.290	0.005	0.3	20	38.5	42.7
87	B_ID11.f	47.23	0.290	0.035	0.3	20	254.2	282.4
88	B_ID11.g	47.23	0.290	0.003	0.3	20	22.6	25.2
89	B_ID11.h	47.23	0.290	0.028	0.3	20	203.6	226.2
90	B_ID11.i	47.23	0.290	0.036	0.3	20	256.2	284.7
x	TOT	47.23	0.290	0.160			1 153.9	1 282.1
ID_12								
91	B_ID12.a	49.24	0.292	0.066	0.3	20	475.1	558.7
92	B_ID12.b	49.24	0.292	0.079	0.3	20	570.3	670.6
93	B_ID12.c	49.24	0.292	0.030	0.3	20	215.8	253.8
94	B_ID12.d	49.24	0.292	0.016	0.3	20	116.5	137.0

calcolo del volume di laminazione (Tr 30 anni)								
codice sottobacino		a	n	S impianto _{fv}	φ _{s-imp}	U [l/s/ha]	Q _{IMP}	V _{lam}
		[mm/h ⁿ]	[-]	[km ²]	0.3	20	[m ³ /h]	m ³
95	B_ID12.e	49.24	0.292	0.016	0.3	20	112.6	132.4
x	TOT	49.24	0.292	0.207	0.3	20	1 490.4	1 752.7
TOTALE				2.6583				22 845

In definitiva si ottiene che per l'area oggetto di intervento il Volume di laminazione necessario per un tempo di ritorno di 30 anni è pari a **22845 m³**.

Detto volume è diviso in diverse vasche di laminazione distribuite all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico.

8.3 La vasca di laminazione

Il volume di laminazione ottenuto (con TR 30 anni) per ciascun bacino è stato suddiviso in più vasche opportunamente posizionate all'interno del bacino stesso.

Tali vasche sono progettate in analogia a quanto previsto al paragrafo B tipo B.1 del DDG 102 del 23/06/2021 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia.



Le vasche di laminazione saranno realizzate in terra con sponde inclinate (rapporto H/L=2/3), con un franco di 50 cm e con un volume morto con altezza di 50 cm.

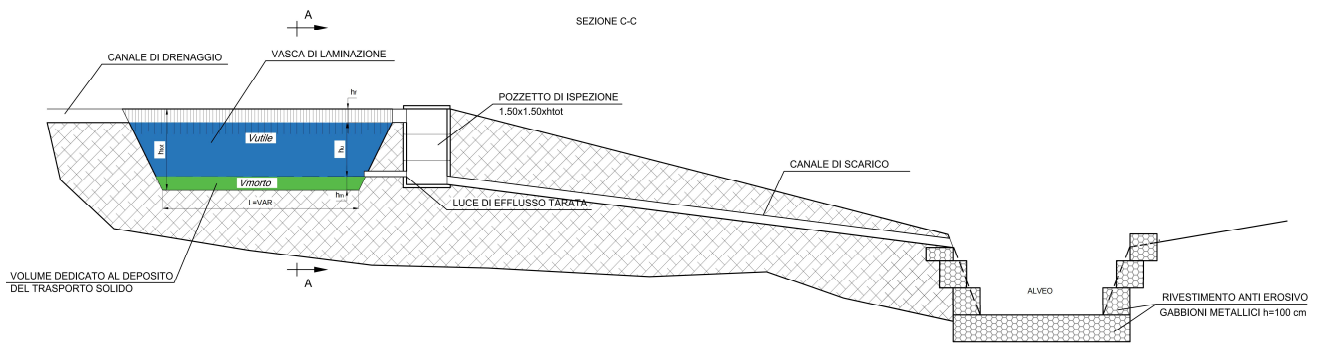


Figura 21 sezione tipo vasca di laminazione

Al fine di limitare il trasporto solido al corpo recettore il fondo della vasca sarà ribassato di 50 cm rispetto alla luce di fondo tarata, così facendo si ottiene un “volume morto” aggiuntivo rispetto al volume di laminazione dove, a causa della presenza della presa di scarico ad una quota superiore, il materiale in sospensione tenderà a depositarsi.

La realizzazione del fondo ribassato della vasca ha il duplice vantaggio di limitare il trasporto solido in alveo e di ridurre i rischi di occlusione della luce di fondo.

Al fine di garantire l'efficienza del sistema, il volume morto andrà, secondo quanto riportato nel piano di manutenzione, periodicamente ripulito asportando i sedimenti ricostituendo così il volume disponibile per l'accumulo degli stessi.

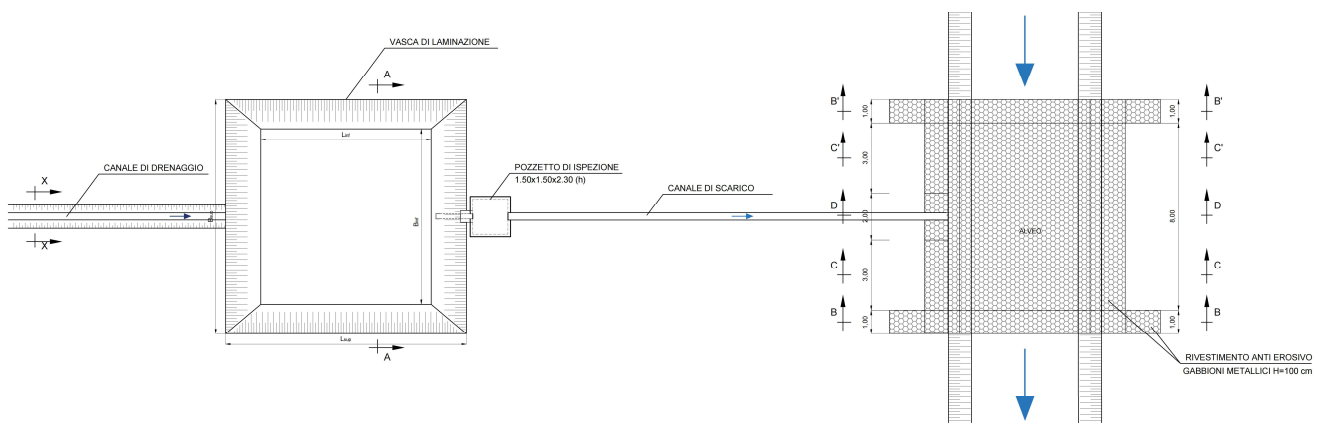


Figura 22 sezione tipo vasca di laminazione

La vasca di laminazione è poi collegata ad un pozzetto di ispezione mediante la luce di fondo tarata e mediante lo scarico di superficie.

Dal pozzetto di scarico parte il canale di scarico che convoglierà le acque laminate in alveo.

Le luci di fondo di ogni vasca di laminazione, nel rispetto della DSG 102/2021 sono state dimensionate in modo tale da limitare la portata ad un valore inferiore/uguale alla rispettiva portata al colmo Q_{IMP} (*“corrispondente ad un coefficiente idrometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione” cfr.DDG*) e da garantire lo svuotamento della vasca entro un tempo massimo di 48 h.

Al fine di evitare fenomeni erosivi in corrispondenza del punto di scarico si prevede di realizzare una protezione dell'alveo in gabbioni e materassi.

La protezione prevede la posa sul fondo di materassi tipo reno e di gabbionate lungo le sponde, intervento a monte e a valle sarà chiuso con una fila di gabbioni sul fondo e gabbioni disposti in senso trasversale lungo le sponde.

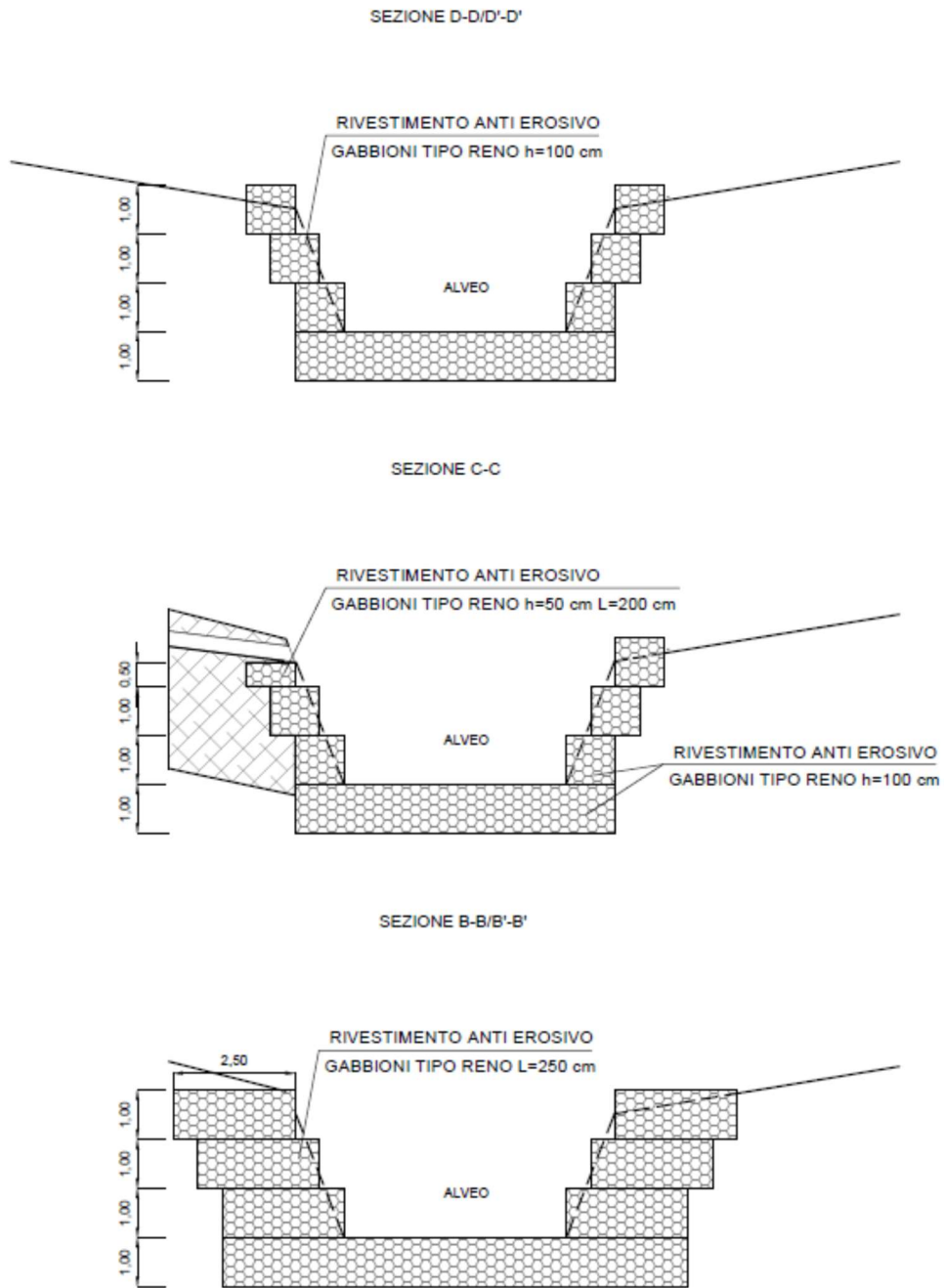


Figura 23 sezione tipo protezione alveo in corrispondenza dello scarico

La tabella seguente riporta per ogni bacino ID_j:

- **L_ID_xx_yyy** codice identificativo della vasca di laminazione del bacino ID_{xx}
- **V_{lam} [m³]** volume di laminazione ottenuto applicando il metodo delle sole piogge;

- **L_{inf}, B_{inf} [m]** dimensioni in pianta del fondo delle vasche con base rettangolare;
- **scarpa** rapporto H/L della scarpa delle sponde;
- **h_{tot} [m]** altezza totale della vasca;
- **h_m [m]** altezza del volume morto;
- **h_f [m]** altezza del franco idraulico;
- **L_{sup}, B_{sup} [m]** dimensioni delle vasche con base rettangolare in corrispondenza di h_{tot} (ingombro);
- **S_{inf} [m²]** superficie di base della vasca;
- **S_{morto} [m²]** superficie della vasca a quota h_m ;
- **S'_{utile} [m²]** superficie della vasca a quota $h_{tot} - h_f$;
- **S'_{sup} [m²]** superficie della vasca a quota h_{tot} ;
- **V_{lordo} [m³]** volume della vasca con altezza pari ad $h_{tot} - h_f$;
- **V_{morto} [m³]** volume della vasca con altezza pari a h_m ;
- **$V_{utile\ eff}$ [m³]** Volume utile della vasca (ottenuto come differenza tra V_{lordo} e V_{morto});
- **incremento** incremento percentuale del volume ottenuto rispetto al volume di calcolo

dimensionamento vasca di laminazione (a, n TR 30)												
	VASCHE	V _{lam}	L1	B1	S1	S' _{Utile}	S _{morto}	L2	B2	S2	V _{utile eff}	incred
		m ³	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m	m ²	m ³	%
<i>ID_01</i>												
	L_B.ID01.9				77.7	216.2	119.20			271.7	167.7	
	L_B.ID01.10				224.5	385.4	273.60			448	329.5	
B.ID01.a	L_B.ID01.11				200.4	354.5	119.20			415.1	236.9	
B.ID01.d	L_B.ID01.12	2 922.6			467	783.2	568.10			897.5	675.7	8.57%
	L_B.ID01.13				467	783.2	568.10			897.5	675.7	
	L_B.ID01.14				886	1207.0	968.50			1333.5	1 087.8	
B.ID01.b	L_B.ID01.2.	298.9	40.00	4.00	160	378.3	228.25	46.0	10.0	460	303.3	1.45%
B.ID01.b	L_B.ID01.3	298.9	40.00	4.00	160	378.3	228.25	46.0	10.0	460	303.3	1.45%
B.ID01.c	L_B.ID01.4	216.0	28.00	4.00	112	276.3	162.25	34.0	10.0	340	219.3	1.50%
B.ID01.e	L_B.ID01.5	76.2	10.00	3.00	30	108.8	51.75	16.0	9.0	144	80.3	5.27%
B.ID01.f												
B.ID01.g	L_B.ID01.6	188.3	28.00	3.00	84	243.8	132.75	34.0	9.0	306	188.3	0.00%
B.ID01.h												
B.ID01.i	L_B.ID01.7	219.2	35.00	3.00	105	296.3	164.25	41.0	9.0	369	230.3	5.03%
	L_B.ID01.8	438.4	60.00	4.00	240	548.3	338.25	66.0	10.0	660	443.3	1.09%
B.ID01.l	L_B.ID01.1	93.5	13.00	3.00	39	131.3	65.25	19.0	9.0	171	98.3	5.10%
		4 752.1									5 039.1	6.04%
<i>ID_02</i>												
B.ID02.a	L_B.ID02.1	179.8	27.00	3.00	81	236.3	128.25	33.0	9.0	297	182.3	1.35%
B.ID02.b	L_B.ID02.2	286.1	38.00	4.00	152	361.3	217.25	44.0	10.0	440	289.3	1.11%
B.ID02.c												
B.ID02.d	L_B.ID02.3	90.2	12.00	3.00	36	123.8	60.75	18.0	9.0	162	92.3	2.28%
B.ID02.e												
B.ID02.g	L_B.ID02.4	227.8	26.00	5.00	130	289.8	178.75	32.0	11.0	352	234.3	2.84%
B.ID02.f	L_B.ID02.5	159.2	20.00	4.00	80	208.3	118.25	26.0	10.0	260	163.3	2.56%
B.ID02.h												
B.ID02.i	L_B.ID02.6	158.8	17.00	5.00	85	204.3	120.25	23.0	11.0	253	162.3	2.14%
	L_B.ID02.7	575.5	55.00	7.00	385	684.3	480.25	61.0	13.0	793	582.3	1.17%
B.ID02.l	L_B.ID02.8	159.4	20.00	4.00	80	208.3	118.25	26.0	10.0	260	163.3	2.40%
	L_B.ID02.9	557.8			393.1	677.7	482.80			783	580.3	4.02%
B.ID02.m	L_B.ID02.10	120.1	17.00	3.00	51	161.3	83.25	23.0	9.0	207	122.3	1.82%
B.ID02.n	L_B.ID02.11	153.7	23.00	3.00	69	206.3	110.25	29.0	9.0	261	158.3	2.96%
B.ID02.o												

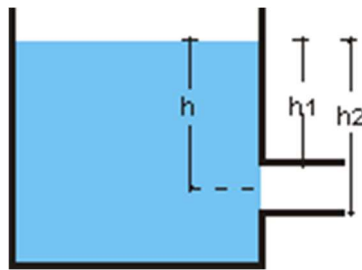
dimensionamento vasca di laminazione (a, n TR 30)												
	VASCHE	V _{lam}	L1	B1	S1	S' _{Utile}	S _{morto}	L2	B2	S2	V _{utile eff}	increment
		m ³	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m	m ²	m ³	%
B.ID02.p												
B.ID02.q B.ID02.r	L_B.ID02.12	216.5	33.00	3.00	99	281.3	155.25	39.0	9.0	351	218.3	0.83%
B.ID02.s B.ID02.t	L_B.ID02.13	759.1			579.4	877.40	673.90			986.3	775.7	2.17%
B.ID02.u	L_B.ID02.14	325.7	28.00	8.00	224	417.1	304.10	34.0	14.0	476	360.6	10.72%
B.ID02.v	L_B.ID02.15	157.6	23.00	3.00	69	206.3	110.25	29.0	9.0	261	158.3	0.38%
B.ID02.z	L_B.ID02.16	189.6	29.00	3.00	87	251.3	137.25	35.0	9.0	315	194.3	2.44%
											4 317.0	2.77%
<i>ID_03</i>												
B.ID03.a B.ID03.b	L_B.ID03.1	208.7	32.00	3.00	96	273.8	150.75	38.0	9.0	342	212.3	1.70%
B.ID03.c	L_B.ID03.2	241.3	37.00	3.00	111	311.3	173.25	43.0	9.0	387	242.3	0.41%
B.ID03.c	L_B.ID03.3	241.3	37.00	3.00	111	311.3	173.25	43.0	9.0	387	242.3	0.41%
B.ID03.d.1	L_B.ID03.4	349.4	47.00	4.00	188	437.8	266.75	53.0	10.0	530	352.3	0.81%
B.ID03.d.2 B.ID03.e	L_B.ID03.5	663.5			522.6	796.6	609.10			827.1	828.1	5.93%
											1 704.1	2.80%
<i>ID_04</i>												
B.ID04.a B.ID04.b	L_B.ID04.1	254.3	40.00	3.00	120	333.8	186.75	46.0	9.0	414	260.3	2.33%
B.ID04.c	L_B.ID04.2	575.4	80.00	4.00	320	718.3	448.25	86.0	10.0	860	583.3	1.37%
B.ID04.d	L_B.ID04.3	283.8	33.00	5.00	165	356.3	224.25	39.0	11.0	429	290.3	2.27%
B.ID04.d	L_B.ID04.4	283.8	33.00	4.00	132	318.8	189.75	39.0	10.0	390	254.3	-10.41%
B.ID04.e		49.9										
B.ID04.f B.ID04.g	L_B.ID04.5	78.8 138.0	bacino	esistente		1967.0	745.00				413.7	55.11%
B.ID04.h B.ID04.i B.ID04.l	L_B.ID04.6	272.7			74.7	189.0	108.60			235.6	148.8	-45.43%
B.ID04.m	L_B.ID04.11	970.4	94.00	7.00	658	1132.8	811.75	100.0	13.0	1300	972.3	0.19%
											2 907.1	0.54%
<i>ID_05</i>												
B.ID05.a	L_BID05.1	70.6	9.00	3.00	27	101.3	47.25	15.0	9.0	135	74.3	5.24%
B.ID05.b	L_BID05.2	125.5			77.8	180.9	107.80			224.6	144.4	14.98%

dimensionamento vasca di laminazione (a, n TR 30)												
	VASCHE	V _{lam}	L1	B1	S1	S' _{Utile}	S _{morto}	L2	B2	S2	V _{utile eff}	increm
		m ³	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m	m ²	m ³	%
B.ID05.c	L_BID05.3	414.9			134	574.1	354.50			690.8	464.3	11.90%
		611.0									682.9	11.77%
<i>ID_06</i>												
B.ID06.a	L_B.ID06.1	123.3	18.00	3.00	54	168.8	87.75	24.0	9.0	216	128.3	4.05%
B.ID06.b	L_B.ID06.2	115.3			59.4	147.8	84.50			185.6	116.2	0.74%
B.ID06.c	L_B.ID06.3	329.9			220.7	394.1	273.40			462.1	333.8	1.15%
B.ID06.d												
B.ID06.e												
B.ID06.f												
B.ID06.g	L_B.ID06.4	282.6			195	352.2	242.40			414.4	297.3	5.20%
B.ID06.h	L_B.ID06.5	222.3	29.00	4.00	116	284.8	167.75	35.0	10.0	350	226.3	1.78%
B.ID06.i												
		1 073.4									1 101.7	2.63%
<i>ID_07</i>												
B.ID07.a	L_B.ID07.1	131.8			77.7	179.8	107.10			223.1	143.5	8.84%
B.ID07.b	L_B.ID07.2	400.5			247.1	563.9	348.20			678.7	456.1	13.86%
B.ID07.c												
B.ID07.d												
B.ID07.e	L_B.ID07.3	110.0			54.2	158.3	82.90			205.2	120.6	9.66%
B.ID07.f	L_B.ID07.4	140.3			82.8	207.6	119.20			259	163.4	16.50%
		782.6									883.5	12.90%
<i>ID_08</i>												
B.ID08.a	L_B.ID08.1	402.3			393.7	545.6	363.50	6.0	6.0	36	454.6	12.99%
B.ID08.b	L_B.ID08.2	146.3	9.00	8.00	72	168.8	99.75	15.0	14.0	210	134.3	-8.26%
B.ID08.c	L_B.ID08.3	142.5	13.00	6.00	78	183.8	108.75	19.0	12.0	228	146.3	2.61%
		691.1									735.1	6.35%
<i>ID_09</i>												
B.ID09.a	L_B.ID09.1	322.8			176.4	420.1	254.70	6.0	6.0	36	337.4	4.53%
B.ID09.b												
B.ID09.c	L_B.ID09.2	875.0	23.00	31.00	713	976.3	796.25	29.0	37.0	1073	886.3	1.29%
B.ID09.d												
B.ID09.e	L_B.ID09.3	822.2			688	964.6	775.60			1066.2	870.1	5.83%
B.ID09.f												
B.ID09.g	L_B.ID09.4	337.3	23.00	10.00	230	398.8	281.75	29.0	16.0	464	340.3	0.88%
B.ID09.h	L_B.ID09.5	135.4			69.8	185.9	102.70			236.5	144.3	6.58%

dimensionamento vasca di laminazione (a, n TR 30)												
	VASCHE	V _{lam}	L1	B1	S1	S' _{Utile}	S _{morto}	L2	B2	S2	V _{utile eff}	incred
		m ³	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m	m ²	m ³	%
		2 492.6								2 578.3	3.44%	
<i>ID_10</i>												
B.ID10.a	L_B.ID10.1	132.8	19.00	3.00	57	176.3	92.25	25.0	9.0	225	134.3	1.09%
B.ID10.b	L_B.ID10.2	93.5	10.00	4.00	40	136.0	71.00	16.0	10.0	160	103.5	10.74%
B.ID10.c	L_B.ID10.3	73.1	9.00	3.00	27	101.3	47.25	15.0	9.0	135	74.3	1.52%
B.ID10.d	L_B.ID10.4	179.7	27.00	3.00	81	236.3	128.25	33.0	9.0	297	182.3	1.41%
		479.1								494.3	3.16%	
<i>ID_11</i>												
B.ID11.a												
B.ID11.b	L_B.ID11.1	363.0			316.3	490.2	370.00			556.8	430.1	18.50%
B.ID11.c												
B.ID11.d	L_B.ID11.2	100.7	14.00	3.00	42	138.8	69.75	20.0	9.0	180	104.3	3.53%
B.ID11.e												
B.ID11.f	L_B.ID11.3	282.4	25.00	8.00	200	368.8	251.75	31.0	14.0	434	310.3	9.86%
B.ID11.g	L_B.ID11.4	251.3	20.00	8.00	160	306.3	204.25	26.0	14.0	364	255.3	1.56%
B.ID11.h												
B.ID11.i	L_B.ID11.5	284.7	23.00	8.00	184	343.8	232.75	29.0	14.0	406	288.3	1.25%
		1 282.1								1 388.1	8.27%	
<i>ID_12</i>												
B.ID12.a	L_B.ID12.1	558.7	20.00	20.00	400	694.2	544.30	26.0	26.0	676	619.3	10.83%
B.ID12.b	L_B.ID12.2	807.6	40.00	16.00	640	912.3	726.25	46.0	22.0	1012	819.3	1.44%
B.ID12.d												
B.ID12.c	L_B.ID12.3	386.3	23.00	12.00	276	453.8	330.75	29.0	18.0	522	392.3	1.55%
B.ID12.e												
		1 752.7								1 830.8	4.46%	
TOTALE		22 845								23 845	4.38%	

Il volume di laminazione effettivamente ottenuto pari a 23845 m³ risulta dunque maggiorato dell' 4.38% rispetto al volume di laminazione (V_{lam}) di 22845 m³ necessario a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

Il dimensionamento della luce di efflusso è stato effettuato considerando lo schema di luce sottobattente con tubo addizionale esterno secondo lo schema riportato in figura



Sotto dette ipotesi la portata è calcolata con la seguente formula

$$Q = cS\sqrt{2gh}$$

essendo

- C coefficiente di efflusso (0,82)
- S sezione della luce di efflusso [m²]
- h carico sulla luce [m]
- g accelerazione di gravità [9.81 m/s²]

Il dimensionamento della luce di fondo di ciascuna vasca di laminazione garantisce lo scarico controllato nel rispetto della portata fissata ($Q_{\text{fondo}} \leq Q_{\text{IMP}}$), inoltre è stato verificato che il tempo di svuotamento delle vasche è inferiore alle 48 ore.

La tabella seguente riporta i parametri principali che intervengono nel calcolo della luce della condotta di scarico di ogni vasca di laminazione e più precisamente:

- **L_ID_xx_yyy** codice identificativo della vasca di laminazione del bacino ID_xx
- **Di [mm]** diametro interno della luce di fondo;

- **Q_{imp} [l/s]** Portata limite ammessa allo scarico (data dal prodotto tra l'area sottesa alla vasca [ha] ed il coefficiente udometrico imposto pari a 20 [l/s/ha]);
- **Q_{fondo} [l/s]** portata uscente dalla vasca ($\leq Q_{IMP}$);
- **dQ [l/s]** Differenza tra Q_{IMP} e Q_{fondo};
- **T [ore]** Tempo di svuotamento del volume utile della vasca di laminazione.

dimensionamento luce di fondo					
Bacino	Di	Q _{IMP}	Q _{fondo}	dQ	T
COD lago	mm	l/s	l/s	l/s	ore
ID_01					
L_B.ID01.9	110	39.36	33.55	5.81	2.15
L_B.ID01.10	150	77.34	61.73	15.61	2.29
L_B.ID01.11	110	55.59	33.55	22.04	3.03
L_B.ID01.12	180	158.58	88.17	70.41	3.29
L_B.ID01.13	180	158.58	88.17	70.41	3.29
L_B.ID01.14	200	255.30	108.25	147.05	4.31
L_B.ID01.2.	150	76.17	61.73	14.44	2.11
L_B.ID01.3	150	76.17	61.73	14.44	2.11
L_B.ID01.4	110	55.05	33.55	21.49	2.81
L_B.ID01.6	110	47.97	33.55	14.42	2.41
L_B.ID01.7	110	55.87	33.55	22.31	2.95
L_B.ID01.8	180	111.73	88.17	23.56	2.16
L_B.ID01.1	90	23.82	22.58	1.24	1.87
ID_02					
L_B.ID02.1	110	40.66	33.55	7.11	2.33
L_B.ID02.2	150	64.69	61.73	2.96	2.01
L_B.ID02.3	80	20.39	17.89	2.51	2.21
L_B.ID02.4	110	51.51	33.55	17.95	3.00
L_B.ID02.5	110	35.99	33.55	2.44	2.09
L_B.ID02.6	110	35.92	33.55	2.36	2.08
L_B.ID02.7	180	130.14	88.17	41.97	2.84
L_B.ID02.8	110	36.05	33.55	2.49	2.09
L_B.ID02.9	180	126.13	88.17	37.96	2.83
L_B.ID02.10	90	27.15	22.58	4.57	2.32
L_B.ID02.11	110	34.76	33.55	1.20	2.02
L_B.ID02.12	110	48.95	33.55	15.39	2.79
L_B.ID02.13	180	171.66	88.17	83.49	3.78
L_B.ID02.14	150	73.65	61.73	11.91	2.51
L_B.ID02.15	110	35.65	33.55	2.09	2.02
L_B.ID02.16	110	42.88	33.55	9.32	2.49
ID_03					
L_B.ID03.1	110	45.40	33.55	11.85	2.72

dimensionamento luce di fondo					
Bacino	Di	Q _{IMP}	Q _{fondo}	dQ	T
COD lago	mm	l/s	l/s	l/s	ore
L_B.ID03.2	110	52.48	33.55	18.93	3.10
L_B.ID03.3	110	52.48	33.55	18.93	3.10
L_B.ID03.4	150	76.01	61.73	14.28	2.45
L_B.ID03.5	180	144.33	88.17	56.16	3.42
ID_04					
L_B.ID04.1	140	58.54	53.92	4.62	2.07
L_B.ID04.2	180	132.43	88.17	44.26	2.84
L_B.ID04.3	150	66.81	61.73	5.07	2.02
L_B.ID04.4	140	58.52	53.92	4.60	2.02
L_B.ID04.5	150	95.23	61.73	33.50	2.88
L_B.ID04.6	110	34.25	33.55	0.69	1.90
L_B.ID04.11	200	223.35	108.25	115.09	3.86
ID_05					
L_BID05.1	60	15.33	10.11	5.22	3.15
L_BID05.2	90	27.28	22.58	4.70	2.74
L_BID05.3	180	90.16	88.17	1.99	2.26
ID_06					
L_B.ID06.1	90	25.79	22.58	3.21	2.44
L_B.ID06.2	90	24.13	22.58	1.55	2.21
L_B.ID06.3	150	69.04	61.73	7.31	2.32
L_B.ID06.4	140	59.14	53.92	5.22	2.37
L_B.ID06.5	110	46.52	33.55	12.96	2.89
ID_07					
B.ID07.1	90	27.08	22.58	4.50	2.73
B.ID07.2	150	82.29	61.73	20.56	3.17
B.ID07.3	90	22.60	22.58	0.02	2.29
B.ID07.4	100	28.82	27.80	1.01	2.52
ID_08					
L_B.ID08.1	180	91.25	88.17	3.08	2.21
L_B.ID08.2	90	26.95	22.58	4.37	2.55
L_B.ID08.3	100	29.36	27.80	1.55	2.26
ID_09					
L_B.ID09.1	150	74.19	61.73	12.46	2.35
L_B.ID09.2	200	201.11	108.25	92.86	3.51
L_B.ID09.3	200	188.97	108.25	80.72	3.45
L_B.ID09.4	150	77.52	61.73	15.79	2.37
L_B.ID09.5	100	31.12	27.80	3.32	2.23
ID_10					
L_B.ID10.1	100	32.27	27.80	4.47	2.07
L_B.ID10.2	90	22.71	22.58	0.13	1.97
L_B.ID10.3	75	17.77	15.74	2.03	2.02

dimensionamento luce di fondo					
Bacino	Di	Q _{IMP}	Q _{fondo}	dQ	T
COD lago	mm	l/s	l/s	l/s	ore
L_B.ID10.4	100	43.67	27.80	15.87	2.81
ID_11					
L_B.ID11.1	180	90.74	88.17	2.57	2.09
L_B.ID11.2	90	25.18	22.58	2.60	1.98
L_B.ID11.3	150	70.61	61.73	8.88	2.16
L_B.ID11.4	150	62.84	61.73	1.10	1.78
L_B.ID11.5	150	71.18	61.73	9.44	2.00
ID_12					
L_B.ID12.1	200	131.98	108.25	23.73	2.46
L_B.ID12.2	200	190.78	108.25	82.53	3.25
L_B.ID12.3	150	91.24	61.73	29.51	2.73

8.4 Misure compensative in considerazione della compattazione e conseguente decadimento delle permeabilità del suolo, a seguito della nuova destinazione, con impatto su suolo e sottosuolo

Sono previsti diversi interventi di mitigazione atti a limitare il decadimento della permeabilità del suolo che in uno con il sistema di drenaggio e laminazione delle portate potranno garantire l'equilibrio idraulico ed idrologico delle aree interessate dall'intervento ante e post operam.

Gli interventi di mitigazione ambientale naturale previsti sono:

- l'inerbimento delle superfici occupate dai pannelli fotovoltaici,
- la realizzazione di fasce arboree e arbustive lungo il perimetro dei campi fotovoltaici;
- la rinzellatura periodica delle aree.

Gli interventi previsti, descritti nella relazione agronomica alla quale si rimanda per ogni dettaglio, sono tutti volti al mantenimento delle condizioni naturali preesistenti alla esecuzione delle opere, in particolare detti interventi potranno ridurre a valori assolutamente trascurabili i fenomeni di:

- riduzione della ritenuta idrica e dell'evapotraspirazione;
- riduzione della infiltrazione efficace;
- aumento dello scorrimento superficiale (runoff), con conseguente aumento dell'erosione del suolo.

In relazione alla paventata riduzione dei tempi di corrivazione delle acque superficiali si evidenzia che i percorsi idraulici della rete di drenaggio sono progettati in modo tale da non ridurli.

9 RETE DI CAPTAZIONE E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

È stato sviluppato lo studio di dettaglio della rete di captazione e regimentazione delle acque superficiali.

L'intero campo fotovoltaico è suddiviso in zone delimitate da strade di accesso e/o servizio. La realizzazione del campo in sé non modifica l'orografia del territorio, solamente le strade di accesso possono interferire con il libero deflusso delle acque di ruscellamento. A tal fine è stata progettata una fitta rete di drenaggio atta sia a proteggere le strade che a convogliare le acque meteoriche in maniera distribuita nei corpi idrici ricettori evitando fenomeni di dilavamento e recapiti concentrati in alveo che possano modificare l'equilibrio idrodinamico preesistente del corso d'acqua.

Si precisa che all'interno delle aree dove sono disposti i pannelli i fenomeni di dilavamento saranno altresì limitati dal fatto che la vegetazione spontanea stagionale sarà regolarmente falciata senza essere asportata aumentando così la protezione e l'adsorbimento della coltre di terreno superficiale riducendo quindi anche i fenomeni di dilavamento.

Tutta la rete di captazione e regimentazione delle acque sarà realizzata mediante fossi di guardia a sezione trapezia in terra. La scelta della sezione trapezia (cfr. fig.17) per i canali è dovuta alla facilità di realizzazione operativa mediante l'utilizzo di piccoli mezzi meccanici ed a impatto nullo.

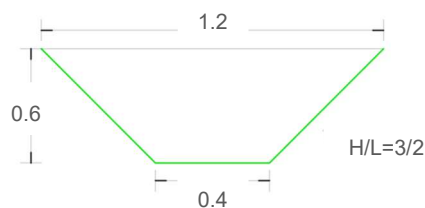


Figura 24: Sezione tipo canaletta di raccolta acque piovane

In corrispondenza di tutte le strade interne gli attraversamenti saranno realizzati in guado, semplicemente riducendo la pendenza delle sponde del fosso di guardia al fine di garantirne la carrabilità. Le sponde a minor pendenza in corrispondenza del guado saranno opportunamente raccordate a monte e a valle con le sponde del fosso di guardia.

In corrispondenza delle strade perimetrali dei campi gli attraversamenti dei fossi di guardia saranno realizzati mediante posa di condotte in C.A.V. (cfr. Sezioni tipo attraversamenti rete di regimentazione).

La rete idraulica di regimentazione è stata verificata idraulicamente sotto l'ipotesi – cautelativa – di moto permanente uniforme utilizzando l'equazione di Chezy.

Inoltre la verifica è stata condotta considerando la compresenza delle due situazioni idrauliche più svantaggiose: portata massima (con tempo di ritorno di 50 anni) e pendenza minima.

Si precisa che il territorio in oggetto non è caratterizzato da forte acclività, le canalette di drenaggio al fine di aumentare i percorsi ed i tempi di corrivazione, dove possibile camminano trasversalmente alle isoipse con una pendenza minore rispetto alla linea di massima pendenza. Per la rete in progetto si è scelta una pendenza minima pari a 3.0%.

La portata di calcolo è calcolata come prodotto tra l'area del campo ed il coefficiente udometrico relativo al tempo di ritorno di 50 anni del bacino (B_{IDxx}) in cui ricade il campo stesso.

Si nota che il tempo di ritorno utilizzato per la determinazione delle portate è da ritenersi assolutamente cautelativo in relazione alla prevista vita utile dell'impianto fotovoltaico.

È doveroso precisare che siffatta rete costituisce inoltre un ulteriore volume disponibile per la laminazione. Considerando l'intero sviluppo delle canalette (5.56 km, come detto a sezione trapezia) si stima un volume potenziale di 2783 m³ (si ricorda che volume utile effettivo realizzato con le vasche di laminazione pari a 3264 m³ ed il volume calcolato necessario alla laminazione è pari a 3227 m³).

La tabella seguente riporta:

- i dati identificativi del bacino principale: id, coefficiente udometrico con tempo di ritorno 50 anni,
- i dati peculiari del sottobacino: id, area dei pannelli sottesa alla vasca di laminazione e portata,
- i dati caratteristici del tratto di controllo: tipologia di sezione (altezza H, larghezza in testa B), riempimento percentuale (h/H), tirante di scorrimento (h), velocità,
- la pendenza minima di progetto
- il coefficiente di Strickler K_s scelto in funzione della tipologia di realizzazione del canale (in terra nel caso in esame).

Verifica della sufficienza idraulica delle canalette (Tr 50 anni)										
Bacino	S _{tot}	U Tr 50	QIMP	p min	K Strickler	H sezione	riemp	B	H defl	Velocità
COD	ha	l/s/Ha	l/s	%		cm	h/H	m	cm	m/s
ID_01										
B_ID01.a	36.99	30.69	1135.33	3.00%	40	60	91.33%	1.20	54.80	2.71
B_ID01.b	7.62	30.69	233.80	3.00%	40	60	38.66%	1.20	23.19	1.82
B_ID01.c	2.75	30.69	84.48	3.00%	40	60	21.25%	1.20	12.75	1.37
B_ID01.d	0.25	30.69	7.61	3.00%	40	60	4.93%	1.20	2.96	0.61
B_ID01.e	0.70	30.69	21.33	3.00%	40	60	9.23%	1.20	5.54	0.88
B_ID01.f	0.28	30.69	8.48	3.00%	40	60	5.26%	1.20	3.16	0.64
B_ID01.g	0.34	30.69	10.39	3.00%	40	60	5.95%	1.20	3.57	0.69
B_ID01.h	2.06	30.69	63.23	3.00%	40	60	17.86%	1.20	10.71	1.25
B_ID01.i	8.38	30.69	257.20	3.00%	40	60	40.83%	1.20	24.50	1.86
B_ID01.l	1.19	30.69	36.56	3.00%	40	60	12.81%	1.20	7.69	1.05
ID_02										
B_ID02.a	2.03	39.31	79.91	3.00%	40	60	20.56%	1.20	12.33	1.34
B_ID02.b	3.23	39.31	127.13	3.00%	40	60	27.11%	1.20	16.26	1.54
B_ID02.c	0.15	39.31	5.89	3.00%	40	60	4.22%	1.20	2.53	0.56
B_ID02.d	0.62	39.31	24.42	3.00%	40	60	10.02%	1.20	6.01	0.92
B_ID02.e	0.25	39.31	9.77	3.00%	40	60	5.74%	1.20	3.44	0.67
B_ID02.f	0.88	39.31	34.74	3.00%	40	60	12.42%	1.20	7.45	1.04
B_ID02.g	2.58	39.31	101.23	3.00%	40	60	23.68%	1.20	14.21	1.44
B_ID02.h	0.92	39.31	36.00	3.00%	40	60	12.69%	1.20	7.62	1.05
B_ID02.i	1.80	39.31	70.59	3.00%	40	60	19.08%	1.20	11.45	1.29
B_ID02.l	14.62	39.31	574.51	3.00%	40	60	63.81%	1.20	38.29	2.29
B_ID02.m	1.36	39.31	53.36	3.00%	40	60	16.12%	1.20	9.67	1.19
B_ID02.n	0.21	39.31	8.32	3.00%	40	60	5.20%	1.20	3.12	0.63
B_ID02.o	1.21	39.31	47.61	3.00%	40	60	15.04%	1.20	9.02	1.15
B_ID02.p	0.32	39.31	12.38	3.00%	40	60	6.63%	1.20	3.98	0.73
B_ID02.q	1.31	39.31	51.53	3.00%	40	60	15.78%	1.20	9.47	1.18
B_ID02.r	1.14	39.31	44.66	3.00%	40	60	14.47%	1.20	8.68	1.12
B_ID02.s	8.09	39.31	318.04	3.00%	40	60	46.05%	1.20	27.63	1.97
B_ID02.t	0.49	39.31	19.33	3.00%	40	60	8.69%	1.20	5.22	0.85
B_ID02.u	3.68	39.31	144.74	3.00%	40	60	29.26%	1.20	17.56	1.59
B_ID02.v	1.78	39.31	70.06	3.00%	40	60	18.99%	1.20	11.40	1.29
B_ID02.z	2.14	39.31	84.27	3.00%	40	60	21.22%	1.20	12.73	1.36
ID_03										
B_ID03.a	0.63	56.45	35.81	3.00%	40	100	7.86%	1.20	7.86	1.06
B_ID03.b	1.64	56.45	92.35	3.00%	40	100	14.28%	1.20	14.28	1.41
B_ID03.c	5.25	56.45	296.28	3.00%	40	100	29.54%	1.20	29.54	1.94
B_ID03.d.1	3.80	56.45	214.57	3.00%	40	100	24.22%	1.20	24.22	1.78
B_ID03.d.2	6.91	56.45	390.30	3.00%	40	100	34.91%	1.20	34.91	2.07
B_ID03.e	0.30	56.45	17.11	3.00%	40	100	4.95%	1.20	4.95	0.82
ID_04										

Verifica della sufficienza idraulica delle canalette (Tr 50 anni)										
Bacino	S _{tot}	U Tr 50	QIMP	p min	K Strickler	H sezione	riemp	B	H defl	Velocità
COD	ha	l/s/Ha	l/s	%		cm	h/H	m	cm	m/s
B_ID04.a	0.98	23.26	22.79	3.00%	40	60	9.61%	1.20	5.77	0.90
B_ID04.b	1.95	23.26	45.27	3.00%	40	60	14.59%	1.20	8.75	1.13
B_ID04.c	6.62	23.26	153.99	3.00%	40	60	30.34%	1.20	18.20	1.62
B_ID04.d	6.53	23.26	151.90	3.00%	40	60	30.10%	1.20	18.06	1.62
B_ID04.e	0.57	23.26	13.36	3.00%	40	60	6.94%	1.20	4.16	0.75
B_ID04.f	0.91	23.26	21.08	3.00%	40	60	9.16%	1.20	5.50	0.88
B_ID04.g	1.59	23.26	36.94	3.00%	40	60	12.89%	1.20	7.74	1.06
B_ID04.h	0.70	23.26	16.27	3.00%	40	60	7.83%	1.20	4.70	0.80
B_ID04.i	1.96	23.26	45.69	3.00%	40	60	14.67%	1.20	8.80	1.13
B_ID04.l	0.47	23.26	11.02	3.00%	40	60	6.17%	1.20	3.70	0.70
B_ID04.m	11.17	23.26	259.70	3.00%	40	60	41.05%	1.20	24.63	1.87
ID_05										
B_ID05.a	0.77	5.37	4.11	3.00%	40	60	3.39%	1.20	2.03	0.49
B_ID05.b	1.36	5.37	7.32	3.00%	40	60	4.81%	1.20	2.89	0.60
B_ID05.c	4.51	5.37	24.19	3.00%	40	60	9.97%	1.20	5.98	0.92
ID_06										
B.ID06.a	1.29	9.42	12.14	3.00%	40	60	6.55%	1.20	3.93	0.73
B.ID06.b	1.21	9.42	11.36	3.00%	40	60	6.29%	1.20	3.77	0.71
B.ID06.c	0.76	9.42	7.19	3.00%	40	60	4.76%	1.20	2.86	0.60
B.ID06.d	1.51	9.42	14.26	3.00%	40	60	7.22%	1.20	4.33	0.77
B.ID06.e	0.55	9.42	5.20	3.00%	40	60	3.91%	1.20	2.35	0.53
B.ID06.f	0.62	9.42	5.85	3.00%	40	60	4.20%	1.20	2.52	0.56
B.ID06.g	2.96	9.42	27.84	3.00%	40	60	10.86%	1.20	6.51	0.96
B.ID06.h	0.51	9.42	4.83	3.00%	40	60	3.74%	1.20	2.24	0.52
B.ID06.i	1.81	9.42	17.07	3.00%	40	60	8.06%	1.20	4.83	0.82
ID_07										
B.ID07.a	1.35	20.41	27.63	3.00%	40	60	10.81%	1.20	6.48	0.96
B.ID07.b	1.07	20.41	21.75	3.00%	40	60	9.34%	1.20	5.60	0.89
B.ID07.c	1.28	20.41	26.07	3.00%	40	60	10.43%	1.20	6.26	0.94
B.ID07.d	1.77	20.41	36.14	3.00%	40	60	12.72%	1.20	7.63	1.05
B.ID07.e	1.13	20.41	23.05	3.00%	40	60	9.68%	1.20	5.81	0.91
B.ID07.f	1.44	20.41	29.40	3.00%	40	60	11.22%	1.20	6.73	0.98
ID_08										
B_ID08.a	4.29	34.01	146.05	3.00%	40	60	29.41%	1.20	17.65	1.60
B_ID08.b	1.56	34.01	53.12	3.00%	40	60	16.07%	1.20	9.64	1.19
B_ID08.c	1.52	34.01	51.75	3.00%	40	60	15.82%	1.20	9.49	1.18
ID_09										
B_ID09.a	0.93	43.37	40.40	3.00%	40	60	13.61%	1.20	8.17	1.09
B_ID09.b	2.78	43.37	120.47	3.00%	40	60	26.26%	1.20	15.75	1.51
B_ID09.c	7.59	43.37	329.07	3.00%	40	60	46.94%	1.20	28.16	1.99
B_ID09.d	2.47	43.37	107.00	3.00%	40	60	24.47%	1.20	14.68	1.46

Verifica della sufficienza idraulica delle canalette (Tr 50 anni)										
Bacino	S _{tot}	U Tr 50	QIMP	p min	K Strickler	H sezione	riemp	B	H defl	Velocità
COD	ha	l/s/Ha	l/s	%		cm	h/H	m	cm	m/s
B_ID09.e	4.99	43.37	216.24	3.00%	40	60	36.96%	1.20	22.18	1.78
B_ID09.f	4.46	43.37	193.50	3.00%	40	60	34.66%	1.20	20.80	1.73
B_ID09.g	3.88	43.37	168.09	3.00%	40	60	31.94%	1.20	19.16	1.66
B_ID09.h	1.56	43.37	67.48	3.00%	40	60	18.57%	1.20	11.14	1.28
ID_10										
B_ID10.a	1.61	36.71	59.23	3.00%	40	60	17.17%	1.20	10.30	1.23
B_ID10.b	1.14	36.71	41.69	3.00%	40	60	13.88%	1.20	8.33	1.10
B_ID10.c	0.89	36.71	32.62	3.00%	40	60	11.96%	1.20	7.17	1.02
B_ID10.d	2.18	36.71	80.16	3.00%	40	60	20.59%	1.20	12.36	1.34
ID_11										
B_ID11.a	3.17	31.79	100.71	3.00%	40	60	23.61%	1.20	14.16	1.44
B_ID11.b	0.82	31.79	25.98	3.00%	40	60	10.41%	1.20	6.24	0.94
B_ID11.c	0.55	31.79	17.57	3.00%	40	60	8.20%	1.20	4.92	0.82
B_ID11.d	0.72	31.79	23.04	3.00%	40	60	9.67%	1.20	5.80	0.90
B_ID11.e	0.53	31.79	16.98	3.00%	40	60	8.03%	1.20	4.82	0.82
B_ID11.f	3.53	31.79	112.24	3.00%	40	60	25.18%	1.20	15.11	1.48
B_ID11.g	0.31	31.79	10.00	3.00%	40	60	5.82%	1.20	3.49	0.68
B_ID11.h	2.83	31.79	89.89	3.00%	40	60	22.06%	1.20	13.23	1.39
B_ID11.i	3.56	31.79	113.15	3.00%	40	60	25.30%	1.20	15.18	1.49
ID_12										
B_ID12.a	6.60	8.22	54.23	3.00%	40	60	16.28%	1.20	9.77	1.19
B_ID12.b	7.92	8.22	65.10	3.00%	40	60	18.17%	1.20	10.90	1.26
B_ID12.c	3.00	8.22	24.64	3.00%	40	60	10.08%	1.20	6.05	0.93
B_ID12.d	1.62	8.22	13.30	3.00%	40	60	6.92%	1.20	4.15	0.75
B_ID12.e	1.56	8.22	12.86	3.00%	40	60	6.78%	1.20	4.07	0.74

10 ASSEVERAZIONE

SI ASSEVERA

che il Progetto per la

"Realizzazione dell'impianto denominato "Mineo", della potenza di picco pari a 263 MWp, e delle relative opere di connessione in elettrodotto aereo AT (18,8 Km), da realizzarsi nei comuni di Aidone (EN), Mineo (CT) e Ramacca (CT)."

è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, in ottemperanza a quanto disposto dal Decreto Dirigente Regione Sicilia del 23/06/2021 n. 102 e dall'art. 11 delle N.d.A. del P.A.I. Sicilia (aggiornamento 2021); che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono lo smaltimento dei volumi di acqua eccedenti tra la fase ante operam e post operam, ammissibile dal corpo idrico ricettore; che i volumi infiltrati nel suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali. Infine, il raggiungimento di tutti gli obiettivi in questa sede prefissati per la tutela ambientale, sarà tutelato e salvaguardato dal MONITORAGGIO previsto all'art. 28 del D. Lgs. n. 152/2006, che recita: *"Il Monitoraggio sugli impatti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione dei piani e dei programmi approvati e la verifica del raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati così da individuare tempestivamente gli impatti negativi, gli imprevisti ed adottare le opportune misure correttive"*.