



## Progettista



Industrial Designers and Architects S.r.l.  
 via Cadore, 45  
 20038 Seregno (MB)  
 p.iva 07242770969  
 PEC ideaplan@pec.it mail info@ideaplan.biz



*Progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Falco" da 32,375 MW con sistema di accumulo da 2 MW a Cerami (EN)*

## Elaborati del progetto definitivo

*Relazione di invarianza idraulica*

### Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

nome file

**Elaborato**

**RS 06 REL**  
**0007 A0**

	data	nome	firma
redatto	11.03.2024	Parla	
verificato	13.03.2024	Falzone	
approvato	14.03.2024	Speciale	

**DATA 14.03.2024**

Regione SICILIA  
Provincia di Enna  
Comune di Cerami

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA AT  
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

**Committente**

Nome **Industrial Designer & Architects S.r.l.**  
Indirizzo **Via Cadore 45, 20038, Seregno (MB)**

**Edificio / Area**

Descrizione **IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO ECOCOMPATIBILE "FALCO" DA  
ne 34,375 MWP**  
Indirizzo **Contrada "Sciascia" - Cerami (EN)**

**Studio tecnico**

Nome **ID&A S.R.L.**  
Indirizzo **VIA PALADINI 246 CALTANISSETTA - 93100 CALTANISSETTA (CL)**

**Progettista**

Rif.: Inv idraulica  
Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2  
Data di redazione del documento: 11/09/2023

## **INDICE**

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
  - 6.1 Metodo delle sole piogge
  - 6.2 Metodo analitico di dettaglio
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

## **1. PREMESSA**

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi alla realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile denominato "Falco" da realizzarsi in località Cerami (EN).

La modifica delle condizioni del suolo a seguito della progettazione, impone di dimostrare, attraverso uno studio di carattere idrologico-idraulico, il rispetto del principio dell'invarianza idraulica secondo cui la trasformazione di un'area deve avvenire senza provocare aggravio della portata di piena del corpo idrico o della rete di drenaggio ricevente i deflussi originati dall'area stessa.

Il rispetto dell'invarianza idraulica è ottenibile, oltre che tramite l'adozione di buone pratiche costruttive, anche mediante l'adozione di misure compensative quali dispositivi di compensazione (volumi d'invaso) e dispositivi idraulici.

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ed in particolare secondo le indicazioni di cui all'allegato 1 e all'allegato 2 del medesimo Decreto. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati e, in mancanza di precise indicazioni, si farà riferimento a formulazioni consolidate in letteratura tecnica a seguito esplicitate.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

## 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

L'impianto, denominato "Impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile "Falco", classificato come "Impianto non integrato" di tipo agrivoltaico integrato ed ecocompatibile, verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Cerami (EN) nei terreni regolarmente censiti al Catasto, come si evince da Piano Particellare riportato di seguito.

Numero e superficie	DATI ANAGRAFICI			DATI VISIVA		PARTICELLE		SUPERFICI			REDDITO		Superficie in m <sup>2</sup>	Superficie Totale Catastale in m <sup>2</sup>								
	Denominazione del titolare/Regione sociale	Luogo e Data di nascita/Sede	Cod. Fisc. / p. IVA	Diritto	Quota	Comune	Foglio	Part. Pert. Sub. Perviene	Anz. ann. cat.	Qualità	Cultura	Densità			Agrario							
																Superficie in m <sup>2</sup>	Superficie in m <sup>2</sup>					
3	SNG IMMOBILIARE S.R.L.	Con sede in Catania (CT)	440420876	Proprietà	1 / 1	Cerami	8	404	00	02	94	FATTI URBANO	-	-	294	294						
								9	00	02	10	FABB. DIRUTTO	-	-	110	110						
								11	03	09	08	SEMINATIVO	3	€ 113,74	€ 28,73	50908	50908					
								12	00	00	14	SEMINATIVO	3	€ 0,20	€ 0,05	54	54					
								18	00	76	90	SEMINATIVO	3	€ 27,89	€ 7,13	7600	7600					
								174	00	12	40	15	SEMINATIVO	3	€ 448,34	€ 115,29	134015	134015				
								176	AA	15	25	73	SEMINATIVO	3	€ 551,57	€ 141,81	152571	152571				
								178	AB	03	17	99	PASCOLO	3	€ 24,63	€ 13,70	81799	81799				
								179	00	00	90	SEMINATIVO	3	€ 0,33	€ 0,08	90	90					
								182	AA	00	73	82	SEMINATIVO	3	€ 34,49	€ 7,24	7030	7030				
								185	AB	01	14	50	PASCOLO	3	€ 9,18	€ 4,28	11850	11850				
								189	00	00	90	70	FABB. DIRUTTO	-	-	70	70					
								201	AA	00	64	53	PASCOLO	3	€ 5,00	€ 2,33	4451	4451				
								207	AB	03	40	00	PASCOLO ANZ.	U	€ 65,46	€ 15,80	84000	84000				
								179	AA	00	32	38	SEMINATIVO	3	€ 13,88	€ 3,34	2236	2236				
								180	AB	00	02	84	PASCOLO ANZ.	U	€ 0,51	€ 0,18	184	184				
								180	00	00	48	70	PASCOLO ANZ.	U	€ 8,80	€ 2,26	4870	4870				
								184	AA	00	30	37	SEMINATIVO	3	€ 0,82	€ 2,09	2022	2022				
								180	AB	00	43	48	PASCOLO	3	€ 3,17	€ 1,17	4348	4348				
								180	00	00	54	14	FABB. DIRUTTO	-	-	54	54					
								241	AA	00	17	80	VIGNETO	U	€ 22,15	€ 13,58	3783	3783				
								241	AB	00	35	00	PASCOLO ANZ.	U	€ 2,73	€ 0,79	1500	1500				
								207	AA	03	32	63	SEMINATIVO	3	€ 120,25	€ 80,92	33263	33263				
								207	AB	00	23	19	PASCOLO	3	€ 3,80	€ 0,64	2319	2319				
								208	AA	00	09	48	SEMINATIVO	3	€ 4,65	€ 0,98	948	948				
								208	AB	00	04	22	PASCOLO	3	€ 0,33	€ 0,15	422	422				
								181	AA	00	03	19	SEMINATIVO	3	€ 1,13	€ 0,30	819	819				
								181	AB	00	06	78	PASCOLO	3	€ 0,52	€ 0,24	676	676				
								183	00	00	02	30	PASCOLO	3	€ 0,18	€ 0,08	530	530				
								175	00	11	02	14	SEMINATIVO	3	€ 100,45	€ 102,66	110214	110214				
								422	00	09	83	83	SEMINATIVO	3	€ 147,73	€ 86,43	90183	90183				
								422	AB	00	78	53	USCIVO	U	€ 45,06	€ 22,58	7951	106704				
								356	00	07	38	68	SEMINATIVO	3	€ 267,05	€ 68,67	73868	73868				
								14	00	00	67	30	SEMINATIVO	3	€ 24,81	€ 6,26	6790	6790				
								46	00	00	43	80	SEMINATIVO	3	€ 35,13	€ 3,89	4180	4180				
								188	AA	00	00	06	PASCOLO	3	€ 0,03	€ 0,01	6	6				
								188	AB	00	00	14	FABB. DIRUTTO	-	-	14	14					
								188	00	00	00	80	FABB. DIRUTTO	-	-	80	80					
								Superficie Totale Catastale in m <sup>2</sup>													768949	768949

L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 36kV". La potenza dell'impianto sarà di 34.375 kWp. La produzione di energia annua stimata è pari a 56.952,333 MWh e deriva da 52.910 moduli occupanti una superficie massima di circa 147.253 m<sup>2</sup>. Catastalmente la superficie risulta essere di 768.949 m<sup>2</sup>.

Il parco fotovoltaico, oggetto della presente relazione, sarà costituito da 8 sottocampi ciascun di potenza pari a circa 4000 kWp (identificati con un numero nell'intervallo da 1 a 8 nel layout generale), di cui 7 sottocampi realizzati da un numero di 23 inverters da 175 kWac effettivi collegati in parallelo e n. 1 sottocampo realizzato con n. 24 inverters da 175 kWac. Ad ogni inverter da 175 kWac verranno collegate 12 stringhe in parallelo ed ogni stringa sarà formata da 25 moduli collegati in serie da 603 Wp in monocristallino.

Gli inverters di ciascun sottocampo, appartenenti alla stessa area, saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all'interno di una box cabina di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina (tipicamente da 4000 kVA) 0,8/36 kV/kV che innalzerà la tensione da 800 V a 36 kV. Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati da un sistema di distribuzione ramificato in AT 36kV in entra-esce.

La cabina da cui si dipartirà la linea AT verso la Sotto Stazione Elettrica della RTN avrà collegato in sbarra il sistema di accumulo (BESS) di potenza 2,0 MW con capacità di accumulo pari a 8,0 MWh che sarà collegato alla rete AT attraverso un sistema di conversione e trasformazione costituito da inverter microgrid da 2,0 MVA e trasformatore da 2000 kVA 0,8/36kV/kV. Le batterie del sistema di accumulo saranno collocate all'interno di un container allestito appositamente per lo stoccaggio di batterie ad accumulo elettrolitico di tipo LiPO4 tramite sistema antincendio, impianto di raffreddamento e controllo. Inverter e Trasformatore con relativi quadri di manovra e sezionamento saranno posizionati all'interno di apposita cabina prefabbricata tipo MT/BT nelle immediate vicinanze del container.

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l'impianto, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 34,375 MW.

Gli impianti ed opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- impianto elettrico di ciascun sottocampo per la produzione di energia elettrica;
- rete di distribuzione AT in cavo per la connessione dei blocchi di cabine costituenti il parco;
- collegamento elettrico AT tra l'impianto e la Sotto Stazione Elettrica di Terna SpA.

L'impianto agrivoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su terreno di estensione totale pari a 768.949 m<sup>2</sup>, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 630 Wp.

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2.465 x 1.134 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 30,6 kg ognuno.

I pannelli saranno montati, in relazione alla morfologia del terreno, sia su strutture a inseguimento monoassiale (tracker) sia su strutture fisse a terra, entrambi in configurazione bifilare.

I trackers, su cui sono montati i pannelli, sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione, e sono mossi da un motorino magnetico passo-passo. Le strutture dei trackers sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale secondo l'asse Nord-Sud (mozzo), inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati per consentirne la rotazione lungo l'arco solare (asse Est-Ovest). Ogni tracker è dotato di un motorino a vite senza fine, che trasmette il moto rotazionale al mozzo. L'altezza al mozzo delle strutture è di 2,26 m dal suolo; l'angolo di rotazione del mozzo è di  $\pm 45^\circ$  rispetto all'orizzontale. La motorizzazione del mozzo è alimentata da un kit integrato comprendente un piccolo modulo fotovoltaico dedicato, una batteria di accumulo e non necessita di alimentazione esterna.

Le strutture fisse saranno realizzate con pali in acciaio zincato infissi nel terreno con passo e mutua distanza costanti. La lunghezza dei pali infissi è commisurata alle condizioni di carico specifiche dell'impianto (carichi di neve e vento) e alle caratteristiche di portanza del terreno interessato dall'infissione.

### **Individuazione dell'area**

Comune di Cerami Provincia Enna

<b>CARATTERISTICHE AREA</b>			
<b>Descrizione</b>	<b>Tipo area</b>	<b>Superficie [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Coeff. Afflusso <math>\phi</math></b>
Superficie dei pannelli fotovoltaici	Area impermeabile	147253,0	1,00
Superficie incolta non coperta da pannelli	Area permeabile	621696,0	0,00

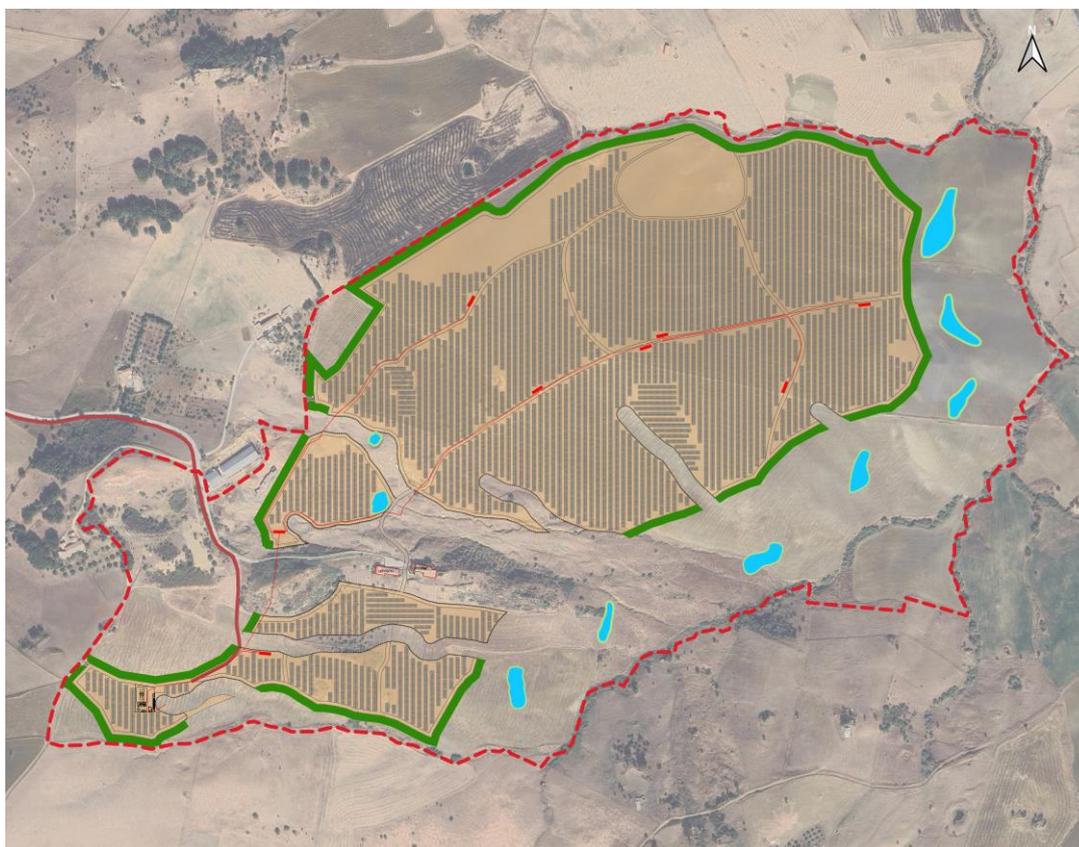
Superficie totale 768949,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,2808

Per il calcolo del coefficiente di deflusso  $\phi$ , secondo quanto stabilito dall'allegato 2 del citato D.D.G. n. 102, al fine di prendere in considerazione l'umidità iniziale del terreno (grado di saturazione), la porosità, la pendenza, la copertura vegetale, ecc., si è utilizzato il metodo Kennessey, utilizzando i coefficienti  $\phi$  per tipologia di suolo di seguito elencati:

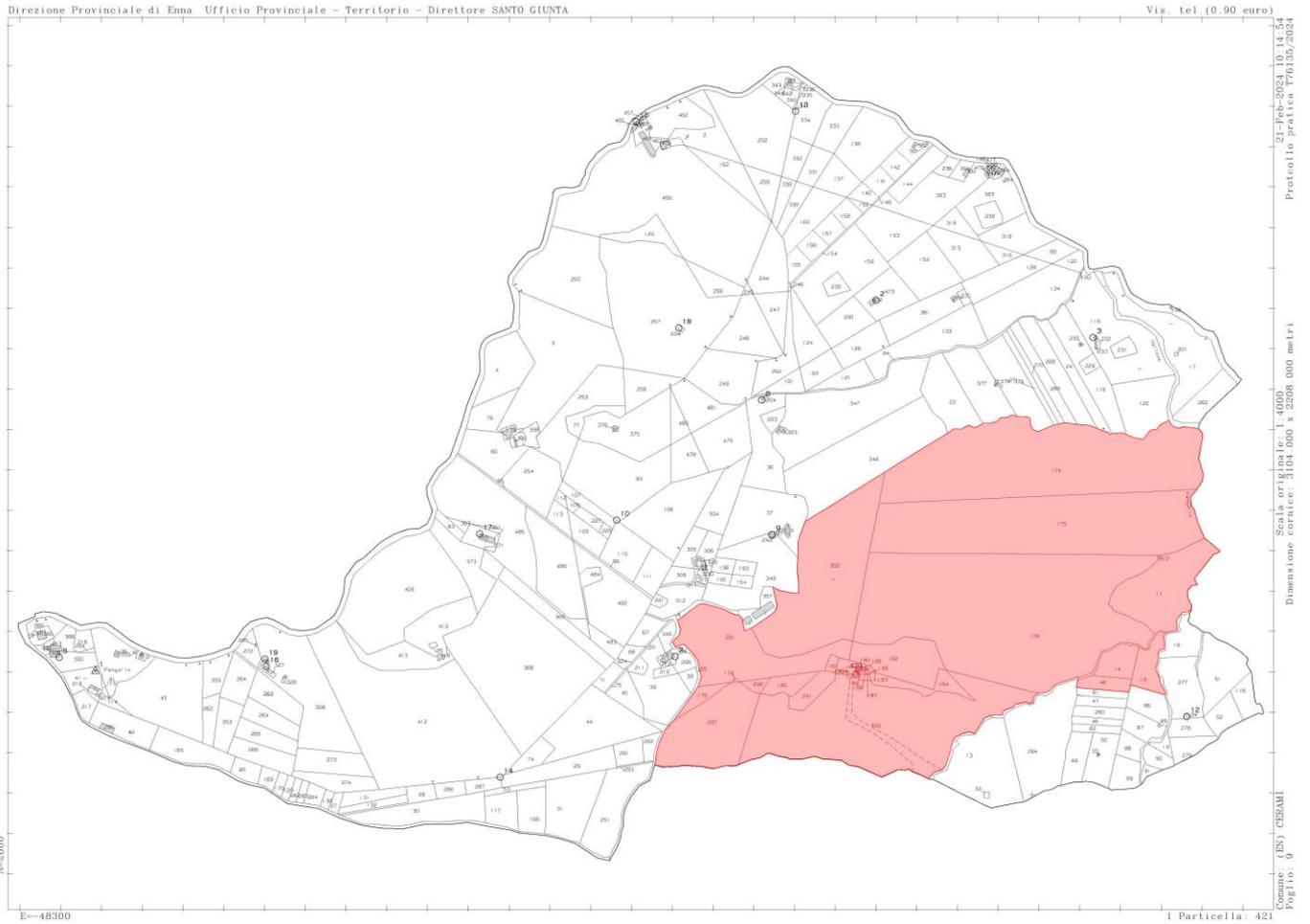
- superfici Impermeabili 1,0;
- incolto e uso agricolo 0,0.

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il campo fotovoltaico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su ortofoto (figura 1);
- localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su catastale (figura 2);
- localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su CTR (figura 3).



**Figura 1: localizzazione dell'area del campo agrivoltaico su ortofoto.**



**Figura 2 - Inquadramento dell'impianto su catastale**



**Figura 3 - Inquadramento dell'impianto su CTR**

### **3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**

La soluzione progettuale adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica, prevede l'utilizzo di dispositivi di compensazione costituiti da invasi artificiali di laminazione.

La progettazione definitiva di un invaso artificiale si è basata sui seguenti criteri generali:

- l'ubicazione e la planimetria dell'invaso sono state ricavate in seguito ad un'analisi progettuale che ha tenuto in considerazione sia l'aspetto tecnico che quello funzionale legato alla morfologia dei terreni e degli impluvi naturali che, in maniera sussidiaria, alla distribuzione dei volumi irrigui alle aree sottese all'invaso;
- la realizzazione dei volumi di terra risulta in parte in scavo e in parte in rilevato, al fine di impiegare parte del materiale scavato nella costruzione del rilevato arginale, cioè una briglia in terra battuta, riducendo il più possibile l'eccedenza di materiale da dover smaltire o trasportare a discarica;
- realizzazione di argini perimetrali di contenimento idrico, al fine di incrementare il volume immagazzinabile rispetto alla realizzazione di un invaso solo con scavo;
- la quota di massimo invaso è stata assunta considerando un franco di sicurezza tra il livello idrico di regolazione e la quota massima del rilevato di 1 m;
- la quota di minimo invaso è stata posta a circa 20 cm rispetto al fondo del lago per favorire la sedimentazione delle particelle di terra, evitando l'interrimento dello scarico di fondo;

Il miglioramento dell'efficienza della risorsa idrica è stato conseguito inoltre osservando i seguenti obiettivi:

- 1) l'ubicazione dell'invaso è stata definita in funzione della possibilità di approvvigionamento idrico, al di fuori dei prelievi in acque pubbliche, verificando la disponibilità teorica data dal bilancio idrologico del bacino impluviale in direzione dell'invaso di progetto;
- 2) le precipitazioni che si abbattano sul bacino di carico dell'opera permettono di invasarla completamente, ottenendo un risparmio di risorsa pari al volume dell'invaso in progetto;
- 4) l'impermeabilizzazione della superficie interna dell'invaso consente di stoccare tutta la risorsa senza perdite per infiltrazione nel terreno.

La realizzazione di un invaso di laminazione per il controllo dei tempi di corrivazione verso valle e il mantenimento del coefficiente udometrico costante nei valori ante e post operam, deve prevedere un sistematico svuotamento dello stesso per il mantenimento della capacità di invasatura delle acque meteoriche residue di ruscellamento superficiale, ottenuto come residuo del bilancio idrologico annuo medio per le aree di progetto, caratterizzate da differenti composizioni del substrato, secondo la relazione:

$$R = P - ET - I$$

dove:

R = ruscellamento residuo;

P = Quantitativi d'acqua di precipitazione;

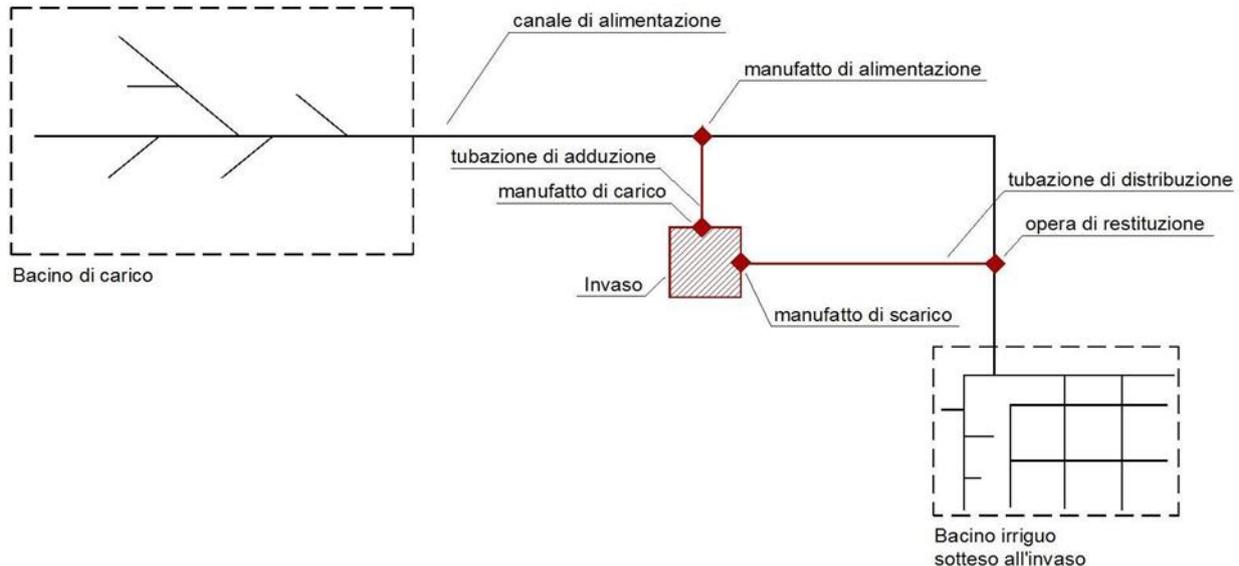
ET = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione;

I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace.

Il valore di R determinerà la quantificazione annua della risorsa idrica immagazzinabile nell'invaso di laminazione e rappresenterà la risorsa utilizzabile per scopi irrigui, con ciò mantenendo l'invaso di

compensazione delle portate a capacità di raccolta di sicurezza (vedi i calcoli della relazione geologica e idrogeologica cui si rimanda per la verifica dell'Invarianza Idraulica).

Al contempo, il progetto di realizzazione dell'invaso aduso irriguo che consente di immagazzinare la risorsa idrica per poterla utilizzare nei periodi di carenza e deficit della risorsa stessa, può essere schematizzato come segue:



Gli elementi progettuali di un vaso possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- opere generali;
- vaso;
- rete di distribuzione.

Le opere generali comprendono tutte le attività di preparazione propedeutiche allo svolgimento dei lavori di realizzazione delle opere in progetto, e consistono in:

- sterro del cotico superficiale del terreno per il livellamento della superficie.

Il terreno rimosso avente caratteristiche pedologiche più scadenti sarà temporaneamente accantonato per essere successivamente riutilizzato per le coperture finali delle pendici dell'opera di ritenuta (briglia in terra battuta) e per i livellamenti di raccordo morfologico con il versante. Il terreno avente migliori caratteristiche pedologiche sarà separato e riutilizzato per i lavori preparatori del piano di impianto nell'area di compensazione vegetazionale contermina.

- riprofilatura delle parti terminali dei fossi defluenti in direzione dell'invaso di ritenuta; il lavoro sarà eseguito con escavatore cingolato di dimensioni più ridotte e dotato di benna trapezoidale per lo scavo di fossi.

Completati i lavori preparatori si procederà allo scavo del bacino dell'invaso (vasca) ed alla predisposizione della fondazione per l'opera di ritenuta, secondo le seguenti operazioni:

a) Scavo con escavatore meccanico della vasca. Il piano del fondo vaso dovrà possedere una pendenza (misurata da monte verso valle) non inferiore al 1,5%, allo scopo di permettere uno svuotamento rapido in caso di necessità;

b) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale argilloso sarà riutilizzato per i livellamenti e i raccordi morfologici al termine delle operazioni di riporto;

c) Scavo con escavatore meccanico dell'alloggiamento delle opere di sbarramento;

d) Deposito del materiale in zona limitrofa all'area di intervento; il materiale scavato sarà riutilizzato in sito per livellamenti del terreno e riprofilature del versante al termine delle operazioni di riporto;

e) Realizzazione di idonea rete di drenaggio delle acque meteoriche di tipo provvisoria esternamente al coronamento dello scavo, allo scopo di limitare il ruscellamento superficiale e gli eccessivi accumuli di acqua piovana.

L'opera di sbarramento posta a valle dell'invaso è costituita da una briglia in terra battuta opportunamente dimensionata al contenimento della capacità massima dell'invaso e immorsata nel substrato argilloso.

Predisposto il piano di posa (radice) della briglia, si procederà al riporto di argilla in strati di spessore massimo 50 cm opportunamente stesi e compattati con rullo compressore vibrante a zampa di montone (rullo bugnato); la bugnatura del rullo permetterà una interdigitazione degli strati successivi allo scopo di rendere più stabile il corpo della briglia e maggiore il rapporto di compressione dei materiali argillosi utilizzati.

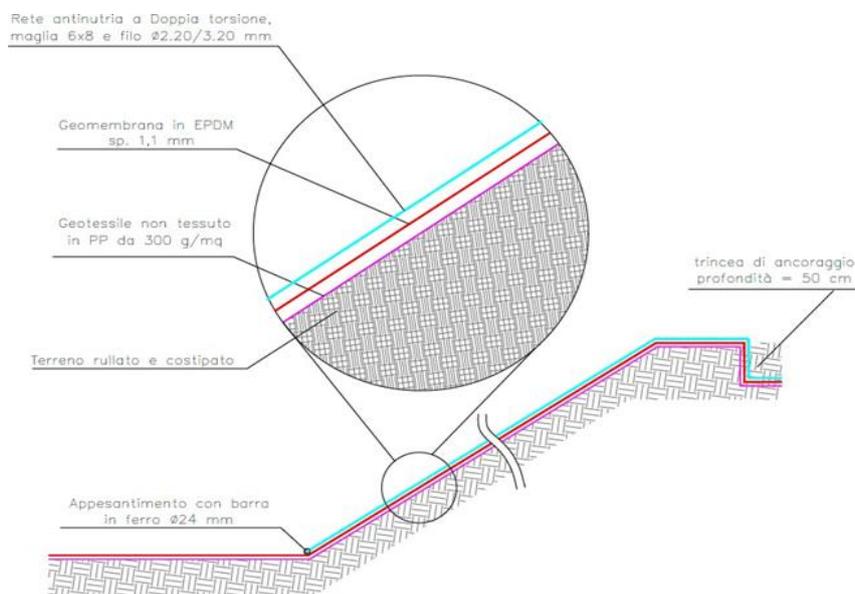
I materiali utilizzati per la realizzazione della briglia saranno lavorati solo se in possesso delle caratteristiche fisico-meccaniche e tipologiche necessari all'ottenimento delle migliori condizioni statiche.

Ultimati i lavori di realizzazione del corpo della briglia in terra battuta, si procederà al riporto di materiale argilloso per la costituzione della vasca di accumulo idrico, procedendo in base alle sezioni di progetto, con rinfranco delle fiancate e del fondo con ulteriori 50 cm di argille opportunamente compattate.

Per evitare fenomeni di filtrazione è stata prevista inoltre l'impermeabilizzazione del fondo e delle banche lato vaso mediante la posa di una geomembrana impermeabile in EPDM.

Nel dettaglio il rivestimento del fondo e della sponda lato bacino di accumulo che è così composto:

- regolarizzazione del fondo scavo;
  - impermeabilizzazione mediante posa di geomembrana in EPDM dello spessore di 1,10 mm su uno strato di tessuto non tessuto di massa aerica apri a 300 grammi/mq;
  - rete maglia 6 x 8 e filo  $\Phi$  2,20/3,20 mm; tale rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro  $\Phi$  24 mm posizionata orizzontalmente nella parte inferiore della rete.
- Di seguito è riportato un estratto del pacchetto di impermeabilizzazione da realizzare sul fondo del lago e sulle sponde lato bacino.



Le verifiche periodiche e le manutenzioni ordinarie dell'invaso dovranno accertare l'integrità dell'impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi e provvedere al rinfranco dello strato di argilla compattata ove necessario.

Si procederà quindi alla realizzazione dei fossi perimetrali all'invaso.

I fossi saranno impermeabilizzati al fondo con argilla compattata allo scopo di evitare perdite, erosione delle sponde e sifonamenti delle opere di contenimento.

Le tubazioni di distribuzione che a questo punto verranno posate saranno tutte in PVC o PEAD.

Ultimati i riporti e la posa dei manufatti si procederà alla regolarizzazione delle superfici esterne alla vasca di accumulo con riporto di circa 30 cm di suolo riutilizzando il terreno precedentemente accantonato nella fase preparatoria iniziale. Successivamente le pendici esterne della briglia in terra battuta e delle zone esterne all'invaso saranno rinverdite con semina a spaglio di essenza erbacee autoctone opportunamente selezionate allo scopo di produrre una corretta integrazione paesaggistica delle opere con il contesto territoriale circostante.

In ultimo si eseguirà un opportuno livellamento ed una ulteriore rullatura del fondo per la realizzazione della pista di servizio che contorna il perimetro dell'invaso e che permetterà l'accesso per gli interventi di manutenzione ordinaria e se del caso straordinaria.

#### **4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili,  $Q_{umax}$ , si adotta il seguente valore: **1538,00 l/s**.

Tale portata è desunta facendo riferimento all'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, il quale prevede una portata ammissibile allo scarico nel ricettore non superiore a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabile dell'intervento.

Nel caso specifico si ha:

$$Q_{umax} = 76,9 \text{ Ha} \times 20 \text{ l/s} = 1538,00 \text{ l/s}$$

#### **5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri  $a$  e  $n$ , in cui i parametri  $a$  ed  $n$  vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno,  $TR$ , dell'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

$$h = a \cdot D^n$$

$h$  [mm]: altezza di pioggia

$D$  [ore]: durata di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri  $a$  e  $n$  valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro  $a$ , adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro  $n$  viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a  $n = 0,5$ .

Il tempo di ritorno  $TR$  per la stima dei parametri, viene adottato un valore pari a 50 anni come previsto dall'allegato 2 del D.D.G. n. 102 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica del Dipartimento Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia.

Per le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante acquisizione dei dati di pioggia, mediante i parametri  $a$  ed  $n$  della curva probabilistica per diversi tempi di ritorno (fonte "Regione Siciliana", Dipartimento Regionale della Protezione Civile) per l'intervallo temporale 1924 al 2002.

Per il sito considerato, trovandosi in una porzione di territorio lontano da stazioni pluviometriche, per la determinazione dei dati pluviometrici si è scelto di effettuare una interpolazione lineare tra le 4 stazioni pluviometriche più prossime. I dati riguardano le Stazioni Pluviometriche di Cerami, Nicosia, Gagliano e Gangi.

In questo modo i valori di  $a$  ed  $n$  risultano rispettivamente 57,3 e 0,33.

## 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo delle sole piogge
- metodo analitico di dettaglio

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

### 6.1 Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

$Q_e$  [l/s]: portata media entrante

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$D$  [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate  $W_e$  [m<sup>3</sup>] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente  $W_u$  [m<sup>3</sup>], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima  $Q_{u\max}$  [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata  $D$  [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione ( $D_w$ ) ed il conseguente volume critico dell'invaso ( $W_0$ ):

$$D_w = \left( \frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

$D_w$  [ore]: durata critica d'invaso

$Q_{umax}$  [l/s]: portata uscente massima

$W_0$  [ $m^3$ ]: volume di laminazione

$a$  [mm/ora $^n$ ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$A$  [ha]: area totale interessata dall'intervento

$\varphi_m$  [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro  $n$  (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata  $D_w$ , tenendo conto che il valore di  $n$  è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di  $n$  valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata  $D_w$  superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di  $n$ , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di  $n$ , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

## 6.2 Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;

- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

### **Ietogramma di pioggia di progetto**

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione  $h$  [mm], in funzione del tempo  $t$  [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[ \left( \frac{t_r}{r} \right)^n - \left( \frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left( \frac{t_r}{r} \right)^n + a \cdot (1 - r) \cdot \left( \frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \quad \text{per } t_r < t \leq t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione  $t_p$  esso rimane costante.

$h$  [mm]: altezza di precipitazione

$a$  [mm/ora <sup>$n$</sup> ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$r$  [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

$t$  [ore]: generico istante di calcolo

$t_p$  [ore]: durata della precipitazione

$t_r$  [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a  $t_p \cdot r$

I parametri  $a$  ed  $n$  adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta  $0 \leq r \leq 1$ . La sua posizione all'interno della durata complessiva  $\theta$  dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre  $r=0,4$  valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione  $i$  [mm/h], al generico istante  $t$  [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

$i$  [mm/ora]: intensità di precipitazione

$\Delta t$  [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

### **Ietogramma di pioggia netto**

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

$i_n$  [mm/ora]: intensità di pioggia netta

$i$  [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

$\varphi$  [-]: coefficiente di afflusso

### **Idrogramma in ingresso all'invaso**

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree.

Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

$q_k$  [m<sup>3</sup>/s]: portata all'istante di tempo  $t = k \cdot \Delta t$

$p_j$  [m<sup>3</sup>/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo  $t = j \cdot \Delta t$

$i_{n,j}$  [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo  $t = j \cdot \Delta t$

$\Delta t$  [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

$IUH_{k-j+1}$  [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo  $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

$A_{k-j+1}$  [ha]: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo  $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

$A$  [ha]: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

$t_c$  [ore]: tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1,5}$$

$t_e$  [ore]: tempo di entrata in rete

$t_r$  [ore]: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete  $t_r$  si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = \max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

$j [-]$ : j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

$i [-]$ : i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$L_{ij} [m]$ : lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$V_{rij} [m/s]$ : velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento  $V_r$  si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

$R [m]$ : raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a:  $R = D/4$

$D [m]$ : diametro interno della condotta

$i [-]$ : pendenza della condotta

$k_s [m^{1/3}/s]$ : coefficiente di scabrezza della condotta di Strickler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	$t_e$ [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Sulla base di quanto detto, nel caso in specie il tempo di corrivazione  $t_c$  è stato valutato in funzione delle caratteristiche di permeabilità e di estensione dell'area, assumendo i seguenti valori:

- Superficie occupata dai Pannelli Fotovoltaici  $t_c = 15$  min
- Superficie incolta non coperta da Pannelli  $t_c = 30$  min

Il tempo di base dell'idrogramma di piena  $t_b$  si calcola come  $t_b = \theta + t_c$ , dove  $\theta$  è la durata della precipitazione.

### **Portata in uscita dall'invaso**

Trattandosi di un sistema di scarico con luce a battente circolare tarata, per portare scaricate inferiori al valore di taratura  $Q_{max,tar}$ , si adotta la seguente legge di efflusso:

$$Q_u(H) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

Per portate superiori si adotta la seguente:

$$Q_u = Q_{max,tar}$$

$Q_u [m^3/s]$ : portata in uscita dall'invaso

$H [m]$ : battente idrico

$D [m]$ : diametro interno del foro

$A [m^2]$ : area della bocca d'uscita =  $\pi \cdot D^2/4$

$\mu [-]$ : coefficiente di efflusso ( $\mu = 0,6$ )

$g [m/s^2]$ : accelerazione di gravità

### **Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio**

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione e della portata scaricata viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

$Q_e [m^3/s]$ : portata in ingresso all'invaso

$Q_u [m^3/s]$ : portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata

$W [m^3]$ : volume invasato

$t [s]$ : tempo

Dove il volume invasato  $W$ , in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

$H [m]$ : battente idrico all'interno dell'invaso

$A_{inv} [m^2]$ : area di base dell'invaso

$Q_u$  è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico  $H$ , come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u(H(t))$$

$Q_e$  è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.

Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.

Il volume minimo che deve avere l'invaso  $W_0$  è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo  $i$ -esimi.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

## 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo  $H$  si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W [m^3]$ : volume invasato

$A_{inv} [m^2]$ : area in pianta dell'invaso

Per il metodo analitico il battente idrico viene calcolato come il massimo di tutti i tiranti idrici all'interno dell'invaso durante l'evento di piena.

## 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento  $T_{sv}$  viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

## 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Cerami Provincia Enna

Metodi di calcolo adottati
Metodo delle sole piogge Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile
Portata massima scaricabile <u>1538,00</u> l/s

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Superficie dei pannelli fotovoltaici	Area impermeabile	<u>147253,0</u>	<u>1,00</u>
Superficie incolta non coperta da pannelli	Area permeabile	<u>621696,0</u>	<u>0,00</u>

Sup. totale intervento 768949,0 m<sup>2</sup> Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,2808

Per quanto concerne la determinazione della portata in ingresso, nel caso di studio, si è fatto riferimento ad una sollecitazione meteorica con tempo di ritorno T di 50 anni.

Un ulteriore parametro da fissare è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema di infiltrazione.

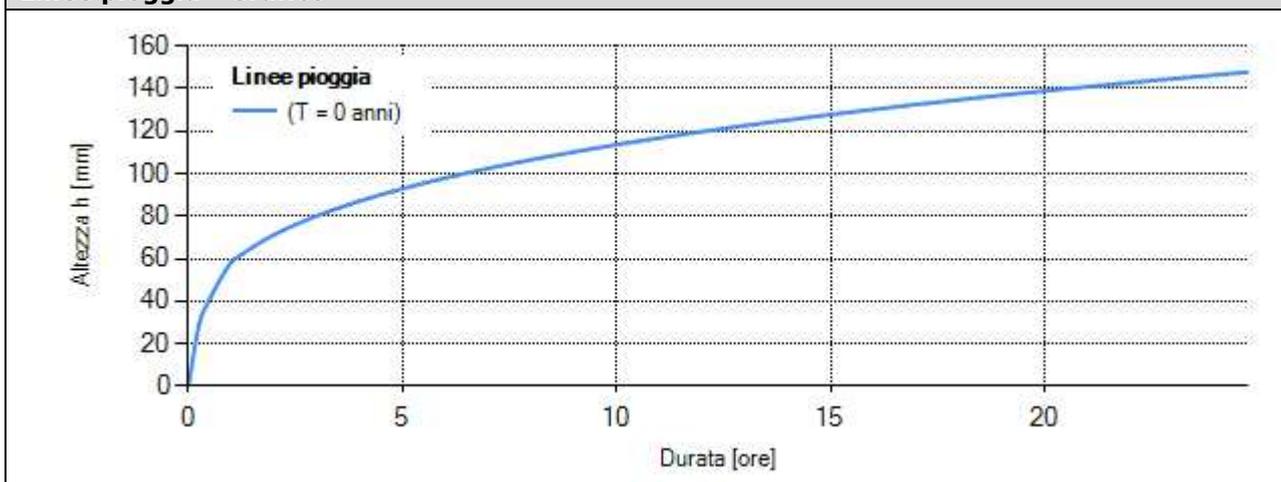
In linea del tutto generale, vanno scelte brevi durate (da 10 minuti ad un'ora), e quindi elevate intensità di pioggia, nel caso di suoli molto permeabili e di piccole aree drenate; al contrario, lunghe durate (da qualche ora ad un giorno), e quindi basse intensità di pioggia, nel caso di suoli con permeabilità modesta.

Nel caso in esame, la durata critica della pioggia  $t_p$ , è stata scelta pari a 3 ore in funzione dell'estensione delle aree in esame e delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo.

## LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	0	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	58,30	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	n	0,2900	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n <sub>1</sub>	0,5000	-

### Linee pioggia - Grafico



### Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 0 anni) h [mm]
0	0,00
1	58,30
2	71,28
3	80,17
4	87,15
5	92,98
6	98,02
7	102,51
8	106,55
9	110,26
10	113,68
11	116,86
12	119,85
13	122,66
14	125,33
15	127,86
16	130,28
17	132,59
18	134,80
19	136,93
20	138,98
21	140,97
22	142,88
23	144,73
24	146,53

## CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$	T. corriv. $t_c$ [min]
Superficie dei pannelli fotovoltaici	Area impermeabile	147253,0	1,00	15
Superficie incolta non coperta da pannelli	Area permeabile	621696,0	0,00	30

Superficie totale intervento: 768949,0 m<sup>2</sup>

Valori medi

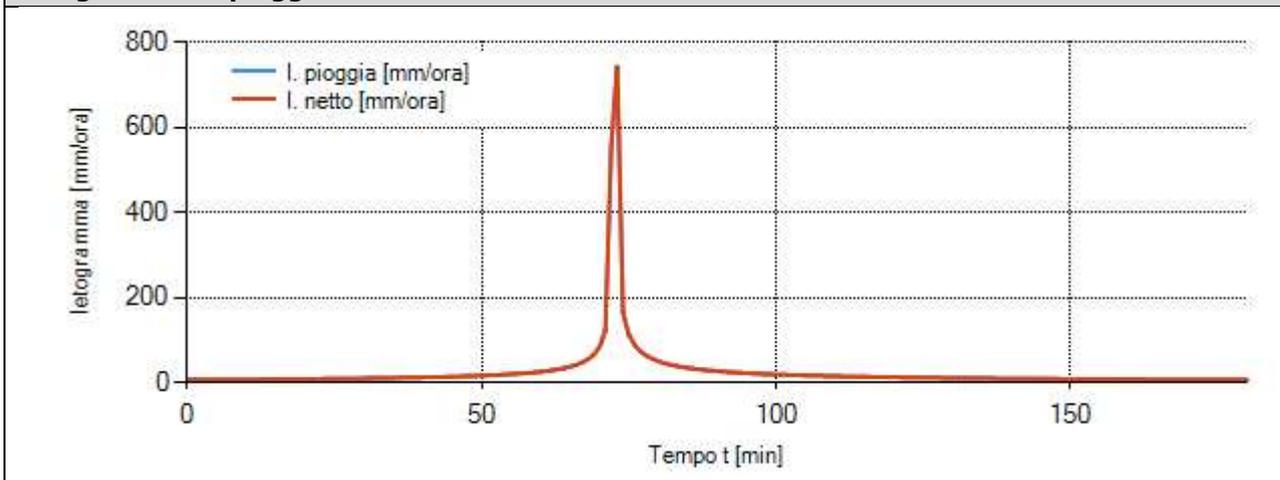
0,2808

## IETOGRAMMA DI PIOGGIA

### Definizione ietogramma di pioggia - Superficie dei pannelli fotovoltaici

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	3,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

### Ietogramma di pioggia - Grafico



### Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	7,71	7,71
5	8,11	8,11
10	8,57	8,57
15	9,09	9,09
20	9,70	9,70
25	10,41	10,41
30	11,27	11,27
35	12,32	12,32
40	13,63	13,63
43	14,60	14,60
44	14,97	14,97
45	15,35	15,35
46	15,76	15,76
47	16,20	16,20
48	16,66	16,66
49	17,16	17,16
50	17,70	17,70
51	18,28	18,28
52	18,91	18,91
53	19,60	19,60
54	20,34	20,34
55	21,16	21,16
56	22,06	22,06
57	23,07	23,07
58	24,19	24,19
59	25,44	25,44
60	26,88	26,88
61	28,52	28,52
62	30,42	30,42
63	32,66	32,66
64	35,35	35,35
65	38,65	38,65

66	42,79	42,79
67	48,20	48,20
68	55,63	55,63
69	66,61	66,61
70	84,93	84,93
71	123,94	123,94
72	556,64	556,64
73	742,46	742,46
74	165,29	165,29
75	113,26	113,26
76	88,83	88,83
77	74,19	74,19
78	64,29	64,29
79	57,07	57,07
80	51,54	51,54
81	47,15	47,15
82	43,56	43,56
83	40,57	40,57
84	38,03	38,03
85	35,84	35,84
86	33,93	33,93
87	32,25	32,25
88	30,76	30,76
89	29,42	29,42
90	28,22	28,22
91	27,13	27,13
92	26,13	26,13
93	25,22	25,22
94	24,38	24,38
95	23,61	23,61
96	22,89	22,89
97	22,22	22,22
98	21,60	21,60
99	21,02	21,02
100	20,47	20,47
101	19,96	19,96
102	19,48	19,48
103	19,02	19,02
104	18,59	18,59
105	18,18	18,18
106	17,79	17,79
107	17,43	17,43
108	17,08	17,08
109	16,74	16,74
110	16,42	16,42
111	16,12	16,12
112	15,83	15,83
113	15,55	15,55
114	15,28	15,28
115	15,03	15,03
116	14,78	14,78
117	14,55	14,55
118	14,32	14,32
119	14,10	14,10
120	13,89	13,89
121	13,68	13,68
122	13,49	13,49
123	13,30	13,30
124	13,11	13,11
125	12,93	12,93
126	12,76	12,76
127	12,60	12,60
128	12,43	12,43
129	12,28	12,28

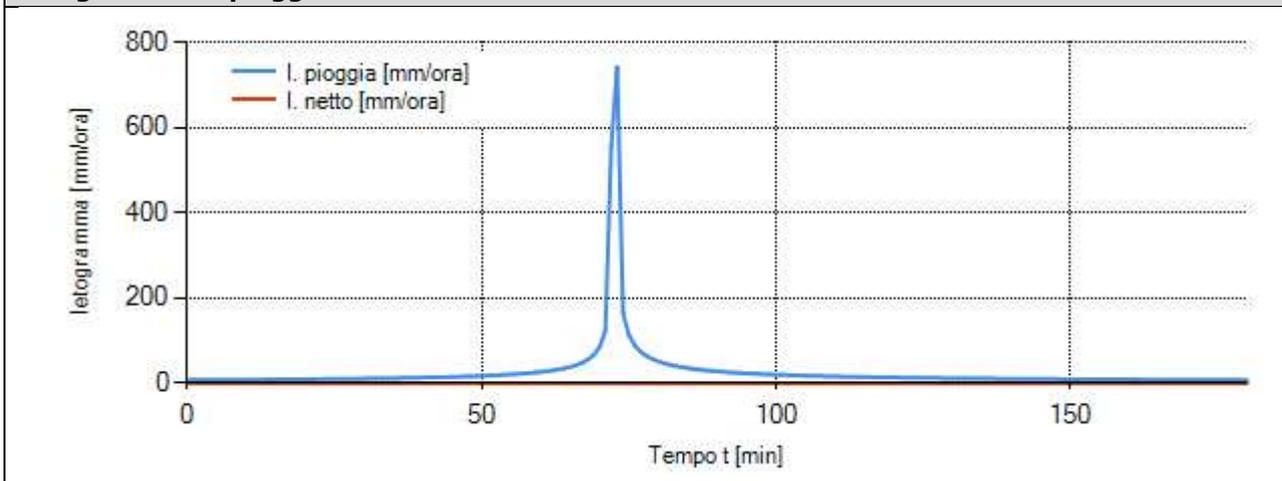
---

130	12,13	12,13
131	11,98	11,98
132	11,83	11,83
135	11,43	11,43
140	10,82	10,82
145	10,29	10,29
150	9,81	9,81
155	9,38	9,38
160	9,00	9,00
165	8,65	8,65
170	8,33	8,33
175	8,04	8,04
180	7,78	7,78

**Definizione ietogramma di pioggia - Superficie incolta non coperta da pannelli**

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	3,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

**Ietogramma di pioggia - Grafico**



**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	7,71	0,00
5	8,11	0,00
10	8,57	0,00
13	8,87	0,00
14	8,98	0,00
15	9,09	0,00
16	9,21	0,00
17	9,32	0,00
18	9,44	0,00
19	9,57	0,00
20	9,70	0,00
21	9,83	0,00
22	9,97	0,00
23	10,11	0,00
24	10,26	0,00
25	10,41	0,00
26	10,57	0,00
27	10,74	0,00
28	10,91	0,00
29	11,08	0,00
30	11,27	0,00
31	11,46	0,00
32	11,66	0,00
33	11,87	0,00
34	12,09	0,00
35	12,32	0,00
36	12,55	0,00
37	12,80	0,00
38	13,07	0,00
39	13,34	0,00
40	13,63	0,00
41	13,94	0,00
42	14,26	0,00
43	14,60	0,00

44	14,97	0,00
45	15,35	0,00
46	15,76	0,00
47	16,20	0,00
48	16,66	0,00
49	17,16	0,00
50	17,70	0,00
51	18,28	0,00
52	18,91	0,00
53	19,60	0,00
54	20,34	0,00
55	21,16	0,00
56	22,06	0,00
57	23,07	0,00
58	24,19	0,00
59	25,44	0,00
60	26,88	0,00
61	28,52	0,00
62	30,42	0,00
63	32,66	0,00
64	35,35	0,00
65	38,65	0,00
66	42,79	0,00
67	48,20	0,00
68	55,63	0,00
69	66,61	0,00
70	84,93	0,00
71	123,94	0,00
72	556,64	0,00
73	742,46	0,00
74	165,29	0,00
75	113,26	0,00
76	88,83	0,00
77	74,19	0,00
78	64,29	0,00
79	57,07	0,00
80	51,54	0,00
81	47,15	0,00
82	43,56	0,00
83	40,57	0,00
84	38,03	0,00
85	35,84	0,00
86	33,93	0,00
87	32,25	0,00
88	30,76	0,00
89	29,42	0,00
90	28,22	0,00
91	27,13	0,00
92	26,13	0,00
93	25,22	0,00
94	24,38	0,00
95	23,61	0,00
96	22,89	0,00
97	22,22	0,00
98	21,60	0,00
99	21,02	0,00
100	20,47	0,00
101	19,96	0,00
102	19,48	0,00
103	19,02	0,00
104	18,59	0,00
105	18,18	0,00
106	17,79	0,00
107	17,43	0,00

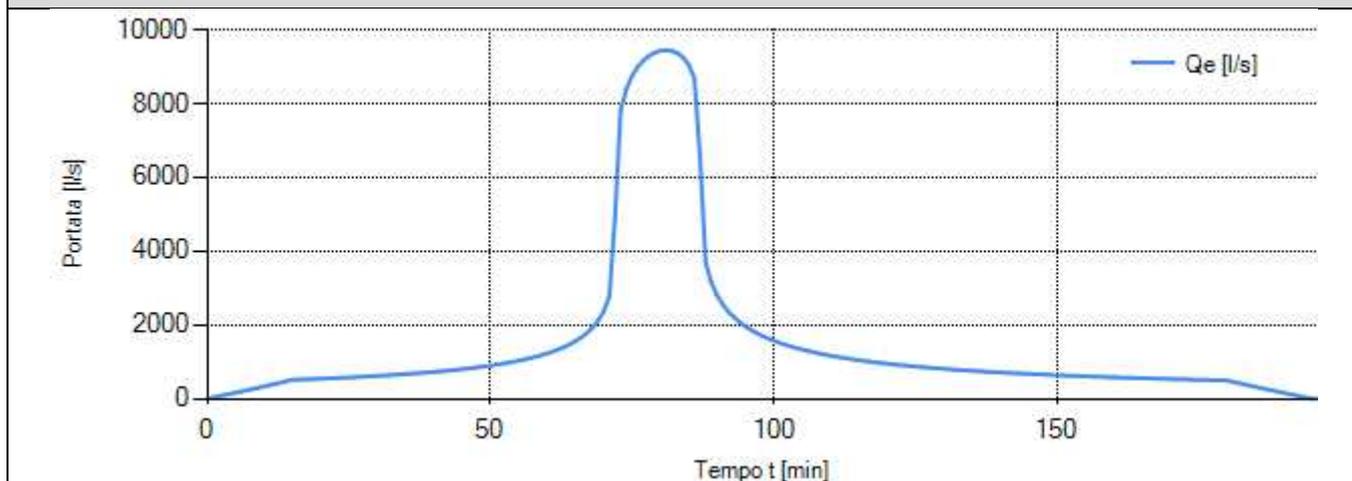
108	17,08	0,00
109	16,74	0,00
110	16,42	0,00
111	16,12	0,00
112	15,83	0,00
113	15,55	0,00
114	15,28	0,00
115	15,03	0,00
116	14,78	0,00
117	14,55	0,00
118	14,32	0,00
119	14,10	0,00
120	13,89	0,00
121	13,68	0,00
122	13,49	0,00
123	13,30	0,00
124	13,11	0,00
125	12,93	0,00
126	12,76	0,00
127	12,60	0,00
128	12,43	0,00
129	12,28	0,00
130	12,13	0,00
131	11,98	0,00
132	11,83	0,00
133	11,70	0,00
134	11,56	0,00
135	11,43	0,00
136	11,30	0,00
137	11,18	0,00
138	11,05	0,00
139	10,94	0,00
140	10,82	0,00
141	10,71	0,00
142	10,60	0,00
143	10,49	0,00
144	10,39	0,00
145	10,29	0,00
146	10,19	0,00
147	10,09	0,00
148	9,99	0,00
149	9,90	0,00
150	9,81	0,00
151	9,72	0,00
152	9,63	0,00
153	9,55	0,00
154	9,47	0,00
155	9,38	0,00
156	9,30	0,00
157	9,23	0,00
158	9,15	0,00
159	9,07	0,00
160	9,00	0,00
161	8,93	0,00
162	8,86	0,00
163	8,79	0,00
164	8,72	0,00
165	8,65	0,00
166	8,59	0,00
167	8,52	0,00
168	8,46	0,00
169	8,40	0,00
170	8,33	0,00
171	8,27	0,00

172	8,21	0,00
173	8,16	0,00
174	8,10	0,00
175	8,04	0,00
176	7,99	0,00
177	7,93	0,00
178	7,88	0,00
179	7,83	0,00
180	7,78	0,00

## IDROGRAMMA DI PIENA

Area Superficie dei pannelli fotovoltaici			
Tipo area	Area impermeabile		
Superficie	147253,0	m <sup>2</sup>	
Coefficiente di afflusso	$\phi$	1,00	-
Tempo corrivazione	$t_c$	15	min

### Grafico

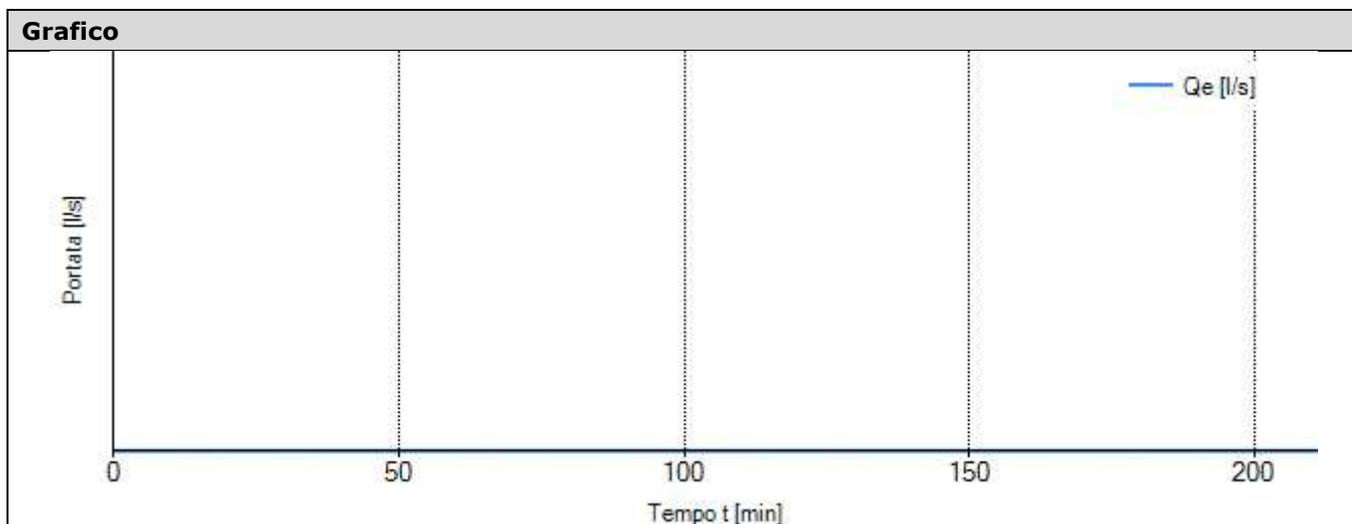


### Risultati tabellari

Tempo [min]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	43
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	160,53	329,78	509,01	539,26	574,28	615,43	664,54	724,35	767,07
Tempo [min]	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Portata $Q_e$ [l/s]	782,78	799,26	816,63	834,96	854,31	874,78	896,51	919,65	944,32	970,70
Tempo [min]	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Portata $Q_e$ [l/s]	998,96	1029,37	1062,17	1097,75	1136,48	1178,76	1225,32	1276,85	1334,28	1398,90
Tempo [min]	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
Portata $Q_e$ [l/s]	1472,36	1556,97	1655,95	1774,24	1919,74	2106,61	2364,14	2775,58	4930,41	7831,15
Tempo [min]	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Portata $Q_e$ [l/s]	8395,93	8744,78	8988,34	9165,11	9292,84	9380,56	9432,62	9450,23	9431,49	9370,67
Tempo [min]	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
Portata $Q_e$ [l/s]	9255,25	9057,00	8693,49	6575,74	3701,53	3152,82	2809,39	2560,21	2366,12	2208,34
Tempo [min]	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Portata $Q_e$ [l/s]	2076,32	1963,52	1865,55	1779,37	1702,76	1634,06	1571,99	1515,57	1464,00	1416,59
Tempo [min]	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113
Portata $Q_e$ [l/s]	1372,85	1332,30	1294,58	1259,45	1226,58	1195,72	1166,68	1139,34	1113,54	1089,10
Tempo [min]	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123
Portata $Q_e$ [l/s]	1065,92	1043,95	1023,03	1003,12	984,14	966,01	948,69	932,09	916,18	900,91
Tempo [min]	124	125	126	127	128	129	130	131	132	135
Portata $Q_e$ [l/s]	886,25	872,16	858,59	845,54	832,94	820,83	809,11	797,81	786,82	756,05
Tempo [min]	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
Portata $Q_e$ [l/s]	710,74	671,48	637,07	606,62	579,44	555,09	533,08	513,01	494,68	323,85

<b>Tempo [min]</b>	<b>190</b>	<b>195</b>								
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	159,16	0,00								

Area Superficie incolta non coperta da pannelli			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		621696,0	m <sup>2</sup>
Coefficiente di afflusso		$\varphi$ 0,00	-
Tempo corrivazione		$t_c$ 30	min



Risultati tabellari										
<b>Tempo [min]</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>100</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>110</b>	<b>111</b>	<b>112</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>	<b>118</b>	<b>119</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>120</b>	<b>121</b>	<b>122</b>	<b>123</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>126</b>	<b>127</b>	<b>128</b>	<b>129</b>
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<b>Tempo [min]</b>	<b>130</b>	<b>131</b>	<b>132</b>	<b>133</b>	<b>134</b>	<b>135</b>	<b>136</b>	<b>137</b>	<b>138</b>	<b>139</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>140</b>	<b>141</b>	<b>142</b>	<b>143</b>	<b>144</b>	<b>145</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	<b>148</b>	<b>149</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>150</b>	<b>151</b>	<b>152</b>	<b>153</b>	<b>154</b>	<b>155</b>	<b>156</b>	<b>157</b>	<b>158</b>	<b>159</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>160</b>	<b>161</b>	<b>162</b>	<b>163</b>	<b>164</b>	<b>165</b>	<b>166</b>	<b>167</b>	<b>168</b>	<b>169</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>170</b>	<b>171</b>	<b>172</b>	<b>173</b>	<b>174</b>	<b>175</b>	<b>176</b>	<b>177</b>	<b>178</b>	<b>179</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>180</b>	<b>181</b>	<b>182</b>	<b>183</b>	<b>184</b>	<b>185</b>	<b>186</b>	<b>187</b>	<b>188</b>	<b>189</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>190</b>	<b>191</b>	<b>192</b>	<b>195</b>	<b>200</b>	<b>205</b>	<b>210</b>			
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

## DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

### Metodo delle sole piogge

Durata critica	$D_w$	2,12	ore
Volume invaso minimo	$W_0$	11217,75	m <sup>3</sup>

$$D_w = \left( \frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

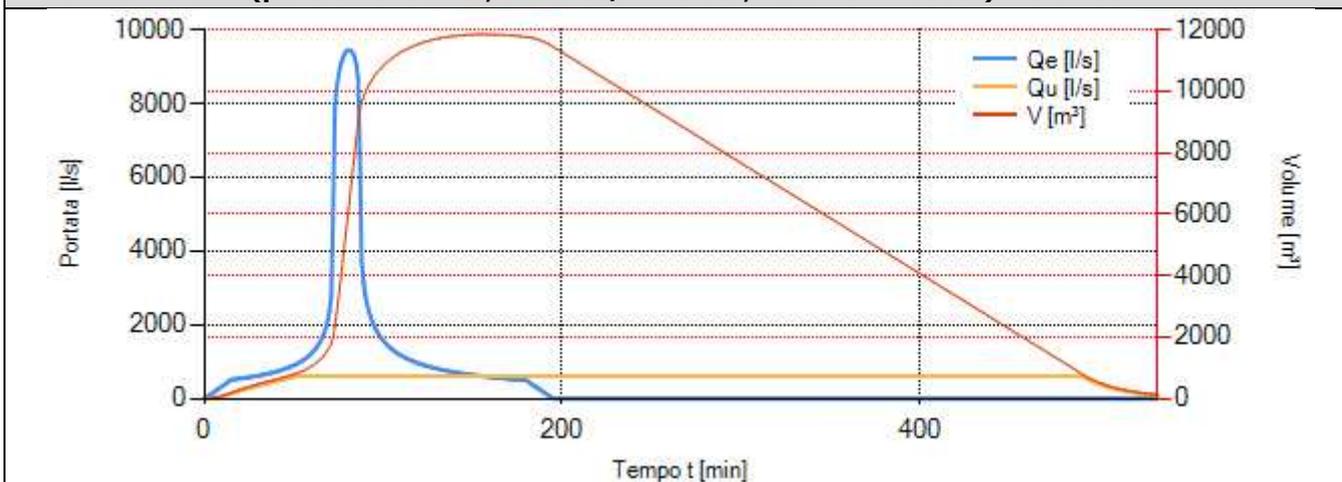
### Metodo analitico di dettaglio

Durata critica	$D_w$	3,00	ore
Battente idrico massimo	$H_{max}$	2,96	m
Volume invaso minimo	$W$	11846,47	m <sup>3</sup>

Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.

## CALCOLO DINAMICA INVASO

### Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico



### Risultati tabellari

Tempo [min]	Portata entrante $Q_e$ [l/s]	Portata scaricata/infiltrata $Q_u$ [l/s]	Vol. utile invasato $W$ [m <sup>3</sup> ]	Battente idrico $H$ [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	160,53	16,59	22,17	0,01
10	329,78	63,01	84,22	0,02
15	509,01	135,16	180,63	0,05
20	539,26	213,42	285,22	0,07
21	545,84	227,87	304,54	0,08
22	552,63	241,98	323,40	0,08
23	559,62	255,77	341,83	0,09
24	566,84	269,28	359,87	0,09
25	574,28	282,50	377,55	0,09
26	581,95	295,48	394,90	0,10
27	589,90	308,24	411,95	0,10
28	598,14	320,79	428,72	0,11
29	606,62	333,15	445,24	0,11

30	615,43	345,35	461,55	0,12
31	624,51	357,41	477,66	0,12
32	633,96	369,35	493,61	0,12
33	643,78	381,18	509,43	0,13
34	653,96	392,93	525,14	0,13
35	664,54	404,63	540,77	0,14
36	675,52	416,28	556,34	0,14
37	686,95	427,92	571,89	0,14
38	698,90	439,55	587,44	0,15
39	711,34	451,21	603,03	0,15
40	724,35	462,92	618,67	0,15
41	737,96	474,70	634,41	0,16
42	752,17	486,57	650,28	0,16
43	767,07	498,56	666,30	0,17
44	782,78	510,69	682,52	0,17
45	799,26	523,00	698,97	0,17
46	816,63	535,51	715,69	0,18
47	834,96	548,26	732,73	0,18
48	854,31	561,27	750,12	0,19
49	874,78	574,59	767,91	0,19
50	896,51	588,25	786,17	0,20
51	919,65	600,00	805,00	0,20
52	944,32	600,00	824,92	0,21
53	970,70	600,00	846,37	0,21
54	998,96	600,00	869,46	0,22
55	1029,37	600,00	894,31	0,22
56	1062,17	600,00	921,06	0,23
57	1097,75	600,00	949,86	0,24
58	1136,48	600,00	980,89	0,25
59	1178,76	600,00	1014,34	0,25
60	1225,32	600,00	1050,47	0,26
61	1276,85	600,00	1089,53	0,27
62	1334,28	600,00	1131,86	0,28
63	1398,90	600,00	1177,86	0,29
64	1472,36	600,00	1228,00	0,31
65	1556,97	600,00	1282,88	0,32
66	1655,95	600,00	1343,26	0,34
67	1774,24	600,00	1410,17	0,35
68	1919,74	600,00	1484,99	0,37
69	2106,61	600,00	1569,78	0,39
70	2364,14	600,00	1667,90	0,42
71	2775,58	600,00	1786,09	0,45
72	4930,41	600,00	1981,27	0,50
73	7831,15	600,00	2328,12	0,58
74	8395,93	600,00	2778,93	0,69
75	8744,78	600,00	3257,15	0,81
76	8988,34	600,00	3753,15	0,94
77	9165,11	600,00	4261,75	1,07
78	9292,84	600,00	4779,49	1,19
79	9380,56	600,00	5303,69	1,33
80	9432,62	600,00	5832,09	1,46
81	9450,23	600,00	6362,57	1,59
82	9431,49	600,00	6893,02	1,72
83	9370,67	600,00	7421,09	1,86
84	9255,25	600,00	7943,87	1,99
85	9057,00	600,00	8457,23	2,11
86	8693,49	600,00	8953,75	2,24
87	6575,74	600,00	9375,82	2,34
88	3701,53	600,00	9648,14	2,41
89	3152,82	600,00	9817,77	2,45
90	2809,39	600,00	9960,64	2,49
91	2560,21	600,00	10085,73	2,52
92	2366,12	600,00	10197,52	2,55
93	2208,34	600,00	10298,75	2,57

94	2076,32	600,00	10391,29	2,60
95	1963,52	600,00	10476,49	2,62
96	1865,55	600,00	10555,36	2,64
97	1779,37	600,00	10628,70	2,66
98	1702,76	600,00	10697,17	2,67
99	1634,06	600,00	10761,27	2,69
100	1571,99	600,00	10821,45	2,71
101	1515,57	600,00	10878,08	2,72
102	1464,00	600,00	10931,47	2,73
103	1416,59	600,00	10981,89	2,75
104	1372,85	600,00	11029,57	2,76
105	1332,30	600,00	11074,72	2,77
106	1294,58	600,00	11117,53	2,78
107	1259,45	600,00	11158,15	2,79
108	1226,58	600,00	11196,73	2,80
109	1195,72	600,00	11233,40	2,81
110	1166,68	600,00	11268,27	2,82
111	1139,34	600,00	11301,45	2,83
112	1113,54	600,00	11333,04	2,83
113	1089,10	600,00	11363,12	2,84
114	1065,92	600,00	11391,77	2,85
115	1043,95	600,00	11419,07	2,85
116	1023,03	600,00	11445,08	2,86
117	1003,12	600,00	11469,86	2,87
118	984,14	600,00	11493,48	2,87
119	966,01	600,00	11515,98	2,88
120	948,69	600,00	11537,42	2,88
121	932,09	600,00	11557,85	2,89
122	916,18	600,00	11577,29	2,89
123	900,91	600,00	11595,81	2,90
124	886,25	600,00	11613,42	2,90
125	872,16	600,00	11630,17	2,91
126	858,59	600,00	11646,10	2,91
127	845,54	600,00	11661,22	2,92
128	832,94	600,00	11675,57	2,92
129	820,83	600,00	11689,19	2,92
130	809,11	600,00	11702,09	2,93
131	797,81	600,00	11714,29	2,93
132	786,82	600,00	11725,83	2,93
133	776,24	600,00	11736,72	2,93
134	765,98	600,00	11746,99	2,94
135	756,05	600,00	11756,65	2,94
136	746,44	600,00	11765,73	2,94
137	737,11	600,00	11774,23	2,94
138	728,02	600,00	11782,19	2,95
139	719,26	600,00	11789,61	2,95
140	710,74	600,00	11796,51	2,95
141	702,46	600,00	11802,90	2,95
142	694,38	600,00	11808,81	2,95
143	686,55	600,00	11814,23	2,95
144	678,91	600,00	11819,20	2,95
145	671,48	600,00	11823,71	2,96
146	664,25	600,00	11827,78	2,96
147	657,23	600,00	11831,43	2,96
148	650,32	600,00	11834,65	2,96
149	643,62	600,00	11837,47	2,96
150	637,07	600,00	11839,89	2,96
151	630,69	600,00	11841,92	2,96
152	624,43	600,00	11843,58	2,96
153	618,38	600,00	11844,86	2,96
154	612,44	600,00	11845,79	2,96
155	606,62	600,00	11846,36	2,96
156	600,93	600,00	11846,47	2,96
157	595,40	600,00	11846,47	2,96

158	589,99	600,00	11846,04	2,96
159	584,65	600,00	11845,28	2,96
160	579,44	600,00	11844,20	2,96
161	574,36	600,00	11842,81	2,96
162	569,39	600,00	11841,13	2,96
163	564,54	600,00	11839,14	2,96
164	559,78	600,00	11836,87	2,96
165	555,09	600,00	11834,32	2,96
166	550,53	600,00	11831,49	2,96
167	546,05	600,00	11828,39	2,96
168	541,64	600,00	11825,02	2,96
169	537,32	600,00	11821,39	2,96
170	533,08	600,00	11817,50	2,95
171	528,92	600,00	11813,36	2,95
172	524,80	600,00	11808,97	2,95
173	520,81	600,00	11804,34	2,95
174	516,89	600,00	11799,47	2,95
175	513,01	600,00	11794,37	2,95
180	494,68	600,00	11765,48	2,94
185	323,85	600,00	11708,10	2,93
190	159,16	600,00	11600,41	2,90
195	0,00	600,00	11444,16	2,86
200	0,00	600,00	11264,16	2,82
205	0,00	600,00	11084,16	2,77
210	0,00	600,00	10904,16	2,73
215	0,00	600,00	10724,16	2,68
220	0,00	600,00	10544,16	2,64
225	0,00	600,00	10364,16	2,59
230	0,00	600,00	10184,16	2,55
235	0,00	600,00	10004,16	2,50
240	0,00	600,00	9824,16	2,46
245	0,00	600,00	9644,16	2,41
250	0,00	600,00	9464,16	2,37
255	0,00	600,00	9284,16	2,32
260	0,00	600,00	9104,16	2,28
265	0,00	600,00	8924,15	2,23
270	0,00	600,00	8744,15	2,19
275	0,00	600,00	8564,15	2,14
280	0,00	600,00	8384,15	2,10
285	0,00	600,00	8204,15	2,05
290	0,00	600,00	8024,15	2,01
295	0,00	600,00	7844,15	1,96
300	0,00	600,00	7664,15	1,92
305	0,00	600,00	7484,15	1,87
310	0,00	600,00	7304,15	1,83
315	0,00	600,00	7124,15	1,78
320	0,00	600,00	6944,15	1,74
325	0,00	600,00	6764,15	1,69
330	0,00	600,00	6584,15	1,65
335	0,00	600,00	6404,15	1,60
340	0,00	600,00	6224,15	1,56
345	0,00	600,00	6044,15	1,51
350	0,00	600,00	5864,15	1,47
355	0,00	600,00	5684,15	1,42
360	0,00	600,00	5504,15	1,38
365	0,00	600,00	5324,15	1,33
370	0,00	600,00	5144,15	1,29
375	0,00	600,00	4964,15	1,24
380	0,00	600,00	4784,15	1,20
385	0,00	600,00	4604,15	1,15
390	0,00	600,00	4424,15	1,11
395	0,00	600,00	4244,15	1,06
400	0,00	600,00	4064,15	1,02
405	0,00	600,00	3884,15	0,97

ID&A S.R.L.

VIA PALADINI 246 CALTANISSETTA - 93100 CALTANISSETTA (CL)

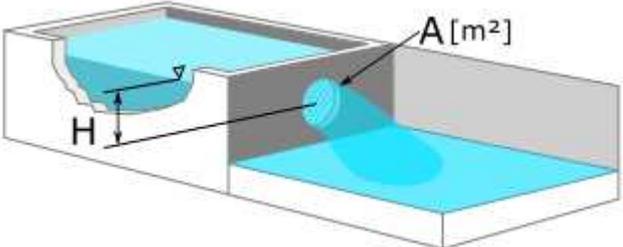
---

410	0,00	600,00	3704,15	0,93
415	0,00	600,00	3524,15	0,88
420	0,00	600,00	3344,15	0,84
425	0,00	600,00	3164,15	0,79
430	0,00	600,00	2984,14	0,75
435	0,00	600,00	2804,14	0,70
440	0,00	600,00	2624,14	0,66
445	0,00	600,00	2444,14	0,61
450	0,00	600,00	2264,14	0,57
455	0,00	600,00	2084,14	0,52
480	0,00	600,00	1184,14	0,30
510	0,00	251,36	335,93	0,08
533	0,00	89,49	119,60	0,03

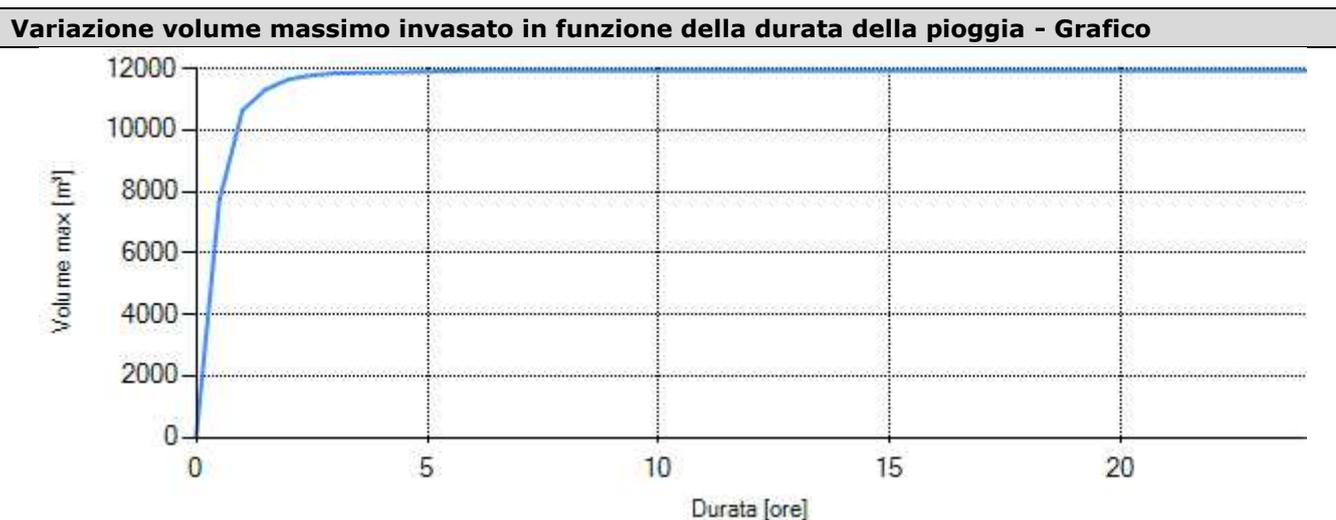
## VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	4000,00	m <sup>2</sup>

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3,00	≥	2,96	m	Positiva
Volume utile invaso	W	12000,00	≥	11846,47	m <sup>3</sup>	Positiva
Tempo di svuotamento	$T_{sv}$	5,5	≤	8,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	600,00	≤	1551,00	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare tarata		
			
Battente idrico utile massimo	H	3,00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	600,00	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,8000	m <sup>2</sup>

## VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	7725,88
1,0	10640,44
1,5	11317,27
2,0	11647,90
2,5	11781,46
3,0	11846,47
6,0	11930,81
12,0	11933,39
24,0	11933,40

## 10. MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE PROPOSTE

### DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PREVISTA

La soluzione progettuale di previsione prevede la realizzazione di n.9 vasche di laminazione con fondo permeabile e sponde in terra, opportunamente sagomata.

Le acque meteoriche saranno raccolte, in una rete interna la quale le scaricherà nelle vasche di laminazione.

Il dimensionamento della rete interna sarà eseguito nella eventuale fase esecutiva.

Gli invasi complessivamente dovranno avere capacità minima di 11846,47 m<sup>3</sup>.

Considerando la conformazione plani-altimetrica dell'area, si ritiene che l'altezza utile di ciascuna vasca non possa essere superiore a 3 m, per tener conto della quota di sbocco, nella vasca, della rete di raccolta interna e della quota di uscita della tubazione di scarico.

Il manufatto di scarico di ciascuna vasca di laminazione sarà costituito da un pozzetto prefabbricato in cui è alloggiato il dispositivo di regolazione dello scarico costituito da uno stramazzone dotato sul fondo da una bocca di taratura opportunamente dimensionata per permettere la portata prevista nei calcoli idraulici.

Lo scarico avverrà, tramite un collettore e l'opera di scarico dovrà prevedere la realizzazione di dispositivi di protezione per evitare l'erosione spondale.

L'organo di controllo del flusso sarà costituito da una tubazione avente diametro così determinato:

$$A = Q_{i \max} / (\mu \sqrt{2gh})$$

dove:

A = area sezione tubo [m<sup>2</sup>]

$$Q_{i \max} = Q_{u, \max} / 4 = 1551 \text{ l/s} / 4 = 387 \text{ l/s} = 0,387 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\mu = 0,60$  coefficiente sperimentale di efflusso

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  accelerazione di gravità

$h = 3 \text{ m}$  tirante utile

Si ricava:

$$A = 0,387 / (0,60(\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4})) = 0,073 \text{ m}^2$$

A tale vale dell'area corrisponde un diametro pari a:  $\varphi = \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 \cdot 0,073/3,14)} \times 100 = 30 \text{ cm}$

Si prevede quindi per ogni invaso la posa di un tubo **DN315**.

Ciò determinerà un tempo di svuotamento di ciascun invaso pari a circa 5,5 ore  $\leq$  8 ore.

Al fine di mantenere nel tempo l'efficacia del sistema sarà necessario svolgere le seguenti operazioni di manutenzione:

- controllo del funzionamento del sistema di scarico nei corpi recettori almeno 2 volte l'anno;
- verifica periodica, almeno 2 volte l'anno e comunque dopo eventi che hanno provocato l'invaso dei sistemi di raccolta, del funzionamento dei sistemi prima dello scarico nei corpi recettori;
- pulizia semestrale dei canali di scolo e dell'eventuale canaletta di scolo sul fondo della vasca;
- controllo, dopo ogni evento, dello stato del pozzetto in cui è posizionato il manufatto regolatore di scarico e rimozione, quando necessario, del materiale depositato in esso (pulizia della griglia, del fondo pozzetto e della bocca di taratura).

## 11. CONCLUSIONI DELLO STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA

In riferimento al progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile denominato "Falco" da realizzarsi in località Cerami (EN), dallo studio effettuato, si può affermare che l'adozione del dimensionamento proposto costituito da n.9 vasche di laminazione in bacino di detenzione e organo di regolazione della portata in uscita, consente di non sovraccaricare il sistema di recapito esistente e modificare l'attuale assetto idraulico in condizioni di deflusso di piena.