



REGIONE
CAMPANIA



PROVINCIA DI
AVELLINO



COMUNE DI
LACEDONIA



COMUNE DI
BISACCIA

OGGETTO:

“Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)”

ELABORATO:

Relazione idrologica e idraulica



PROPONENTE:



ABEI ENERGY GREEN ITALY IV S.R.L.
VIA VINCENZO BELLINI, 22
00198- ROMA (RM)
P.IVA 16335511008

PROGETTAZIONE:



Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N° . prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.44	R			A.44_Relazione_ idraulica	
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 1 di 79
---	---	---

Sommario

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA'	4
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3.1	Analisi della Vincolistica	7
3.1.1	Verifica interferenze dell'area di progetto con le aree classificate a Rischio Idrogeologico ai sensi del PAI.....	7
3.1.2	Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).....	9
3.1.3	Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n 3267 del 1923	10
3.1.4	Verifica interferenze dell'area di progetto con il Catasto delle Acque Pubbliche dei Comuni di Lacedonia e Bisaccia.....	11
3.1.5	Verifica interferenze dell'area di progetto con il Demanio Idrico ricadente nei beni paesaggistici ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 142 lettera c	12
3.1.6	Verifica dell'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi.....	13
4	ANALISI GEOMORFOLOGICA	14
4.1	Digital Terrain Model	15
4.2	Slope Model	16
4.3	Flow Accumulation	17
4.4	Perimetrazione dei bacini idrografici	18
5	ANALISI IDROLOGICA.....	20
5.1	Curva di Possibilità Pluviometrica.....	20
5.2	Massimizzazione delle portate di piena con il Metodo SCS	24

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 2 di 79
---	---	--

6	ANALISI IDRAULICA.....	30
6.1	Simulazione idraulica	30
7	ANALISI DI INVARIANZA IDRAULICA	34
7.1	Verifica dei Coefficienti di deflusso ante e post operam	37
7.2	Verifica dei valori di portata ante e post operam	41
7.3	Dimensionamento delle canalette drenanti superficiali.	44
8	METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI PER GLI ATTRAVERSAMENTI ESISTENTI	77
8.1	Attraversamento mediante Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C.)	77
9	CONCLUSIONI	79

Indice delle figure

Figura 1 - Inquadramento geografico area di intervento su ortofoto	6
Figura 2: Inquadramento su CTR dell'area di impianto	7
Figura 3: Carta dei vincoli PAI – Pericolosità Idraulica.....	8
Figura 4: Carta dei vincoli PAI – Rischio e pericolosità da frana	9
Figura 5: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A.	10
Figura 6: Stralcio delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 1923...	11
Figura 7: Carta catastale Acque Pubbliche dei Comuni di Bisaccia e Lacedonia	12
Figura 8: Stralcio Carta Sitap riferita al DLgs 42/2004 art. 142 lett. c.....	13
Figura 9: DTM con risoluzione a 10 m adottato per lo studio idraulico e idrologico	16
Figura 10: Perimetrazioni bacini idrografici.....	19
Figura 11: Aree pluviometriche omogenee VAPI Campania.....	22
Figura 12: Zona A3 VAPI Campania in cui ricade l'impianto	23
Figura 13: Idrogramma di Mockus	29

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 3 di 79
---	--	---

Figura 14: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain nell'area Parco..	32
Figura 15: Dettaglio della sezione della struttura	34
Figura 16: Perimetrazione dei bacini idrografici	37
Figura 17: Configurazione dei pannelli fotovoltaici	39
Figura 18: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C.	78

Indice delle tabelle

Tabella 1: Valore del fattore di crescita K_T delle piogge.....	24
Tabella 2: Attribuzione della classe AMC.....	26
Tabella 3: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN	27
Tabella 4: Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: <i>Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992</i>	28
Tabella 5: Valori di portata calcolati per i bacini individuati	30
Tabella 6: valori del coefficiente di deflusso ["Fognature" Da Deppo e Datei - Cortina (Padova), 2005]	38
Tabella 7: Risultati di calcolo dei coefficienti di deflusso ante operam e post operam.....	41
Tabella 8: calcolo portate stato di fatto e di progetto.....	42
Tabella 9: confronto portate tra stato di fatto e di progetto	43

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 4 di 79
---	--	---

1 PREMESSA

La seguente relazione è parte integrante del Progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico a terra della potenza di picco di 34,406 MWp ubicato nel territorio comunale di Lacedonia in provincia di Avellino.

La società ABEI ENERGY GREEN IV s.r.l ha dato incarico alla EGM srl di redigere lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica sulle aree interessate dal progetto.

Il presente studio descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area a scala di bacino e per l'analisi idraulica dell'area di impianto e delle zone limitrofe.

È stato predisposto, pertanto, lo "Studio di compatibilità idrologico ed idraulico" di cui la presente Relazione e gli allegati Appendice A, Appendice B e le tavole grafiche ne costituiscono parte integrante. Lo scopo di tale studio consiste nell'analizzare compiutamente gli effetti sul regime idraulico e vuole dimostrare l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza idraulica per le opere in progetto.

La relazione descrive le metodologie adottate e le analisi svolte per l'analisi idrologica dell'area, l'esame dello stato di fatto e di progetto da un punto di vista idraulico al fine di verificare che gli interventi proposti siano progettati e realizzati in funzione della salvaguardia, della qualità dell'ambiente e dell'assetto idrogeologico.

2 DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA'

In sintesi le attività svolte per la redazione del presente documento sono:

- analisi morfometrica finalizzata alla costruzione del DTM e alla delimitazione dei bacini idrografici;
- analisi morfologica di bacino mediante software Quantum GIS 3.32 e GRASS 7.8.5;

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 5 di 79</p>
---	---	--

- analisi idrologica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante la metodologia VAPI ed implementazione del modello idrologico;
- calcolo delle portate di piena per tempi di ritorno T_{30} e T_{200} per ogni sotto-bacino individuato nell'analisi morfometrica;

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento in cui ricade l'impianto agrivoltaico, sarà ubicato nel Comune di Lacedonia (AV). L'impianto situato a circa 3 Km in linea d'aria in direzione sud rispetto al nucleo urbano di Lacedonia, a circa 5 km a ovest dal centro urbano di Bisaccia e a circa 5,2 km a sud-est rispetto al centro urbano di Aquilonia, a nord-est di Bosco Cuccari.

L'area interessata dalla realizzazione del parco presenta un'orografia tipica della zona, caratterizzata da un suolo principalmente agricolo ove il paesaggio prevalente è costituito da vasti campi di seminativo (colture intensive ed estensive) intervallati da boschi a prevalenza di querce caducifoglie e sistemi colturali e particellari complessi.

La zona dove verranno alloggiati i pannelli ricade completamente in area montuosa ad una quota compresa tra 650 e 780 m s.l.m..

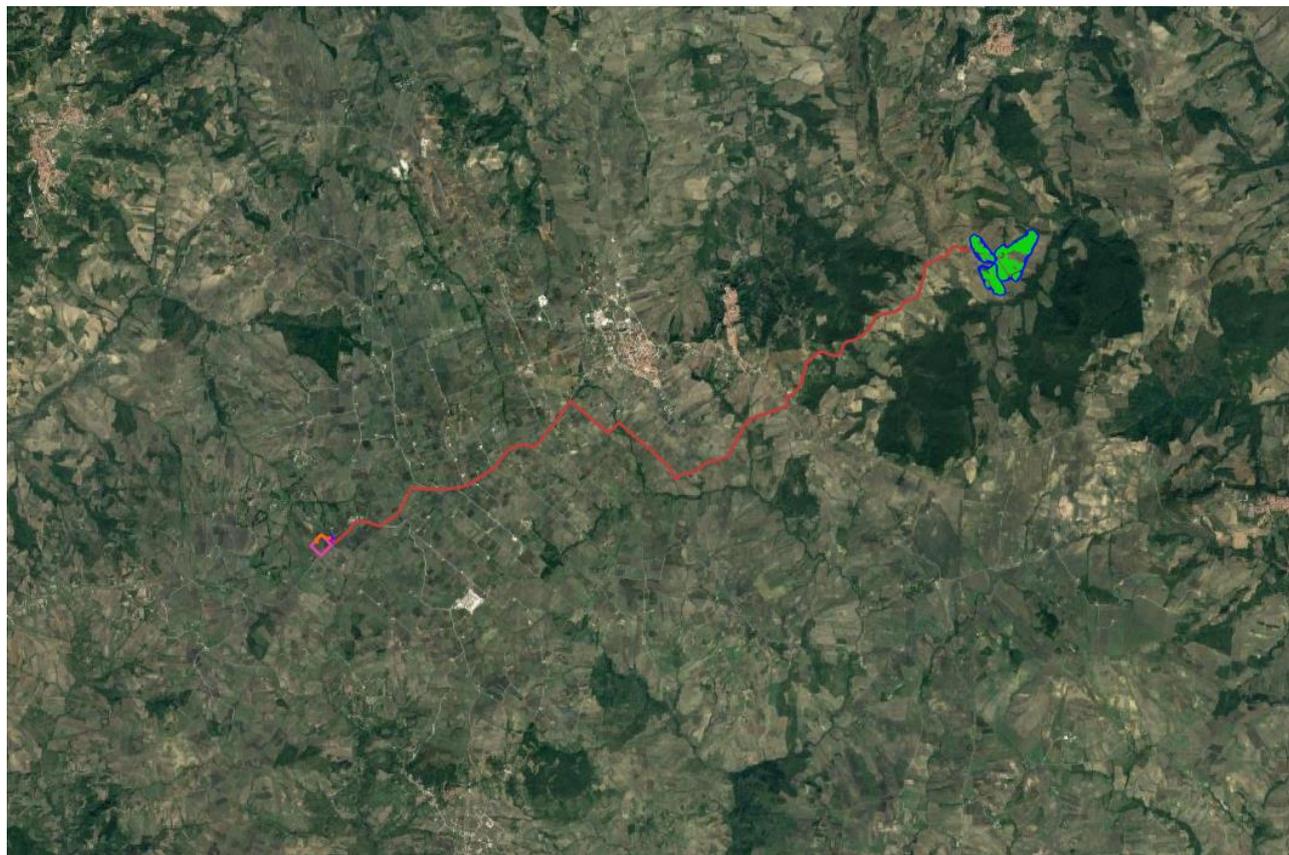


Figura 1 - Inquadramento geografico area di intervento su ortofoto

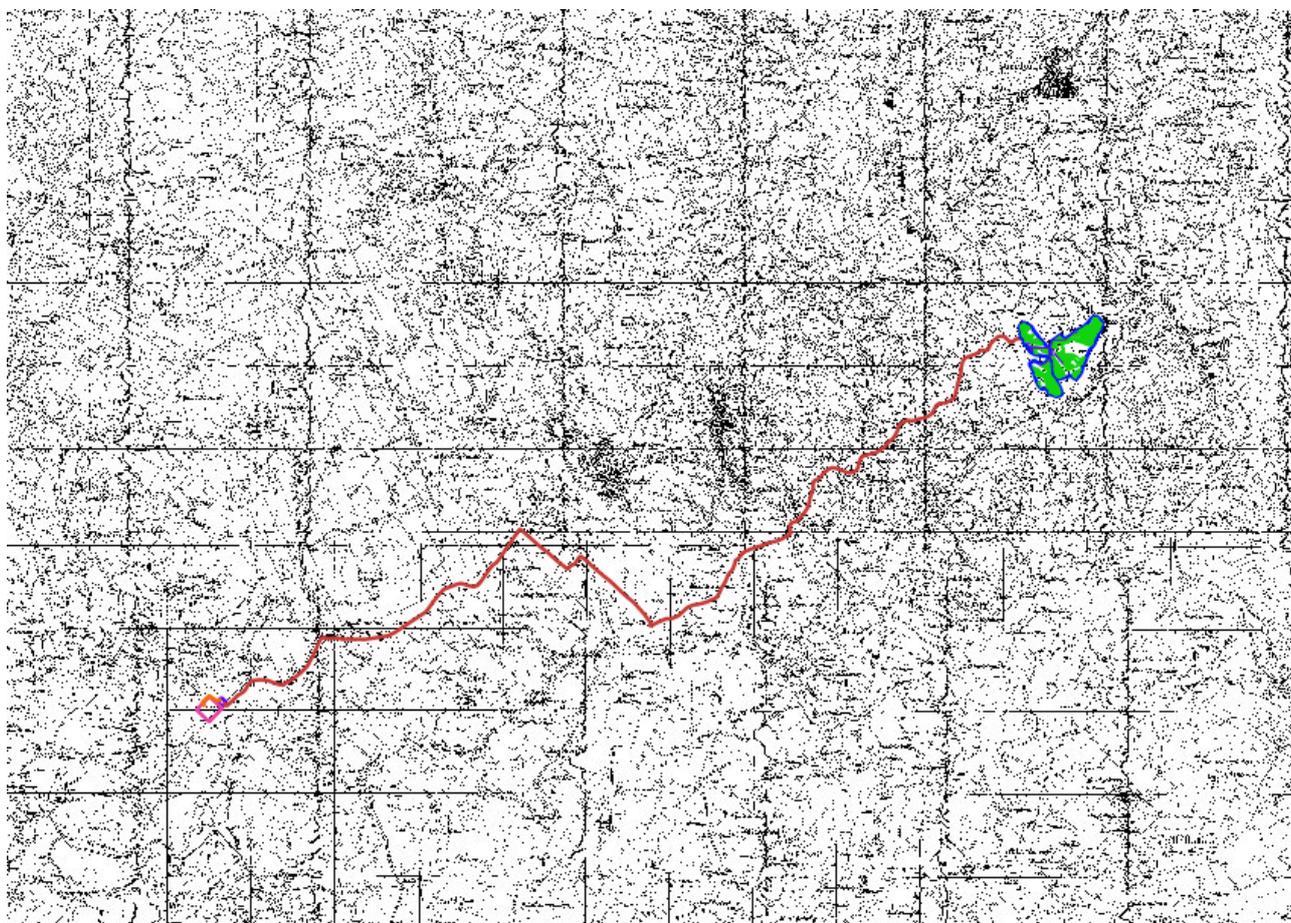


Figura 2: Inquadramento su CTR dell'area di impianto

3.1 Analisi della Vincolistica

3.1.1 Verifica interferenze dell'area di progetto con le aree classificate a Rischio Idrogeologico ai sensi del PAI

Il progetto in esame è stato confrontato con il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico di Bacino redatto dall'Autorità di Bacino Interregionale dell'Appennino Meridionale.

Il Piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino. Il Piano individua le aree a rischio

idraulico e di frana del territorio in funzione delle caratteristiche di dissesto del territorio, le aree caratterizzate da diverso grado di suscettività al dissesto, rispetto alle quali si sono impostate le attività di programmazione contenute nel Piano.

Dall'esame della cartografia si evince che **l'area del parco agrivoltaico non ricade in alcuna zona soggetta a pericolosità alluvionale censita dal PAI**, come di seguito riportato dalla Figura 3.

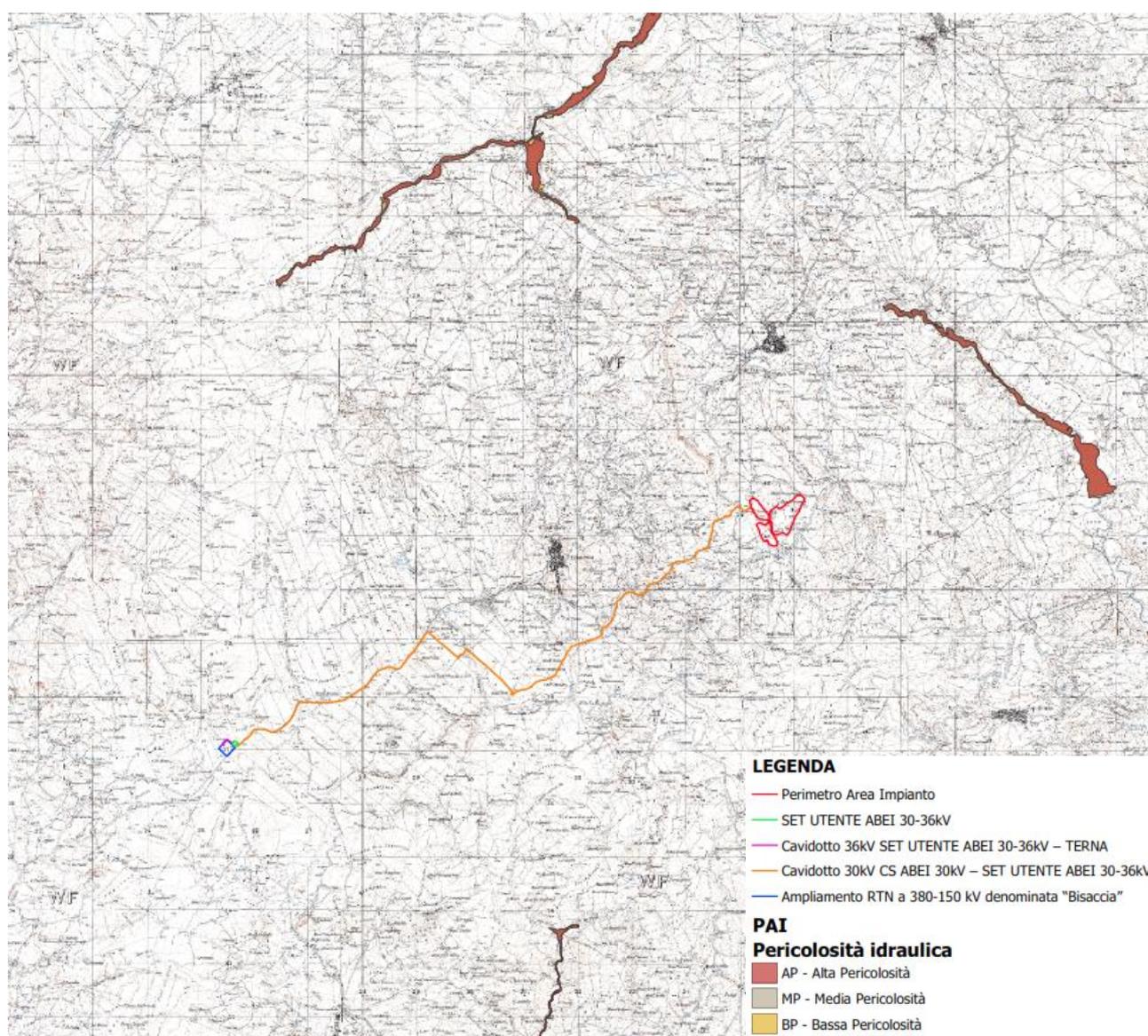


Figura 3: Carta dei vincoli PAI – Pericolosità Idraulica

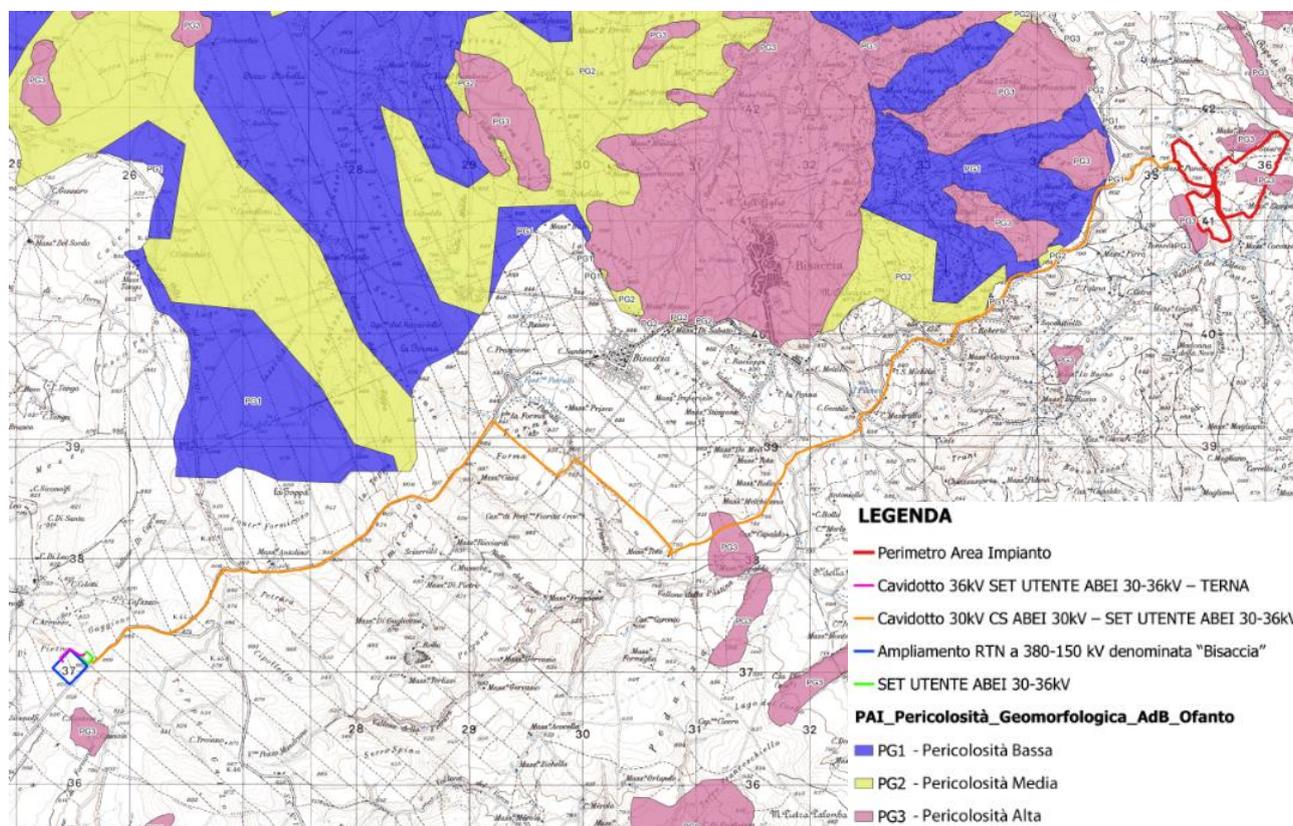


Figura 4: Carta dei vincoli PAI – Rischio e pericolosità da frana

In merito alla pericolosità geomorfologica, dalla figura precedente si evince che una porzione del cavidotto interferisce con una zona segnalata PG3 ossia “Pericolosità Geomorfologica Moderata”, la cui risoluzione avverrà tramite TOC (vedesi Capitolo 8), ed anche parte dell’area di impianto (non pannellata) è interessata da tale areale.

3.1.2 Verifica interferenze dell’area di progetto con Aree a potenziale rischio alluvione (APFSR)

In vista della possibilità che le aree interessate dal progetto in questione possano essere interessate da fenomeni di alluvionamento, si è provveduto all’analisi delle interferenze delle opere in progetto con aree a potenziale rischio alluvione (APFSR).

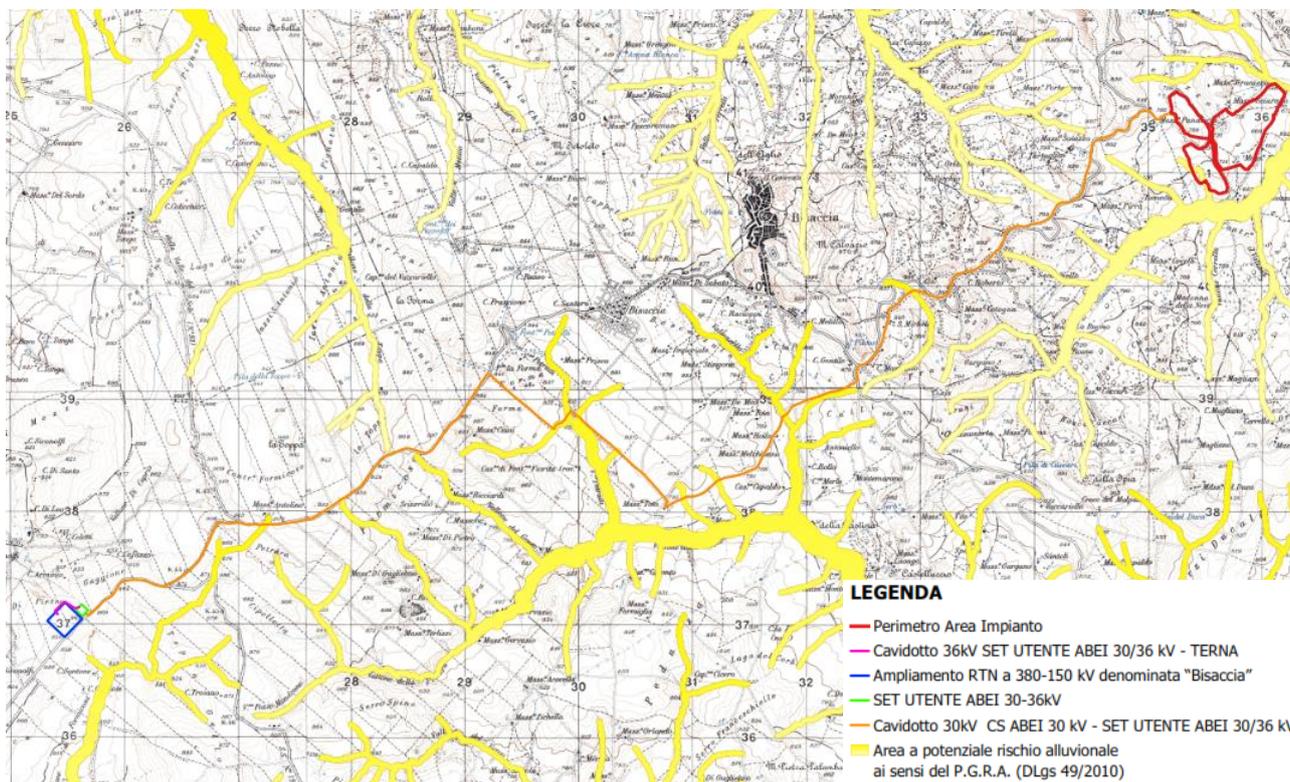


Figura 5: Stralcio Carta delle aree di pericolosità idraulica P.G.R.A.

Il perimetro entro cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, è lambito dalla fascia di rispetto di un'area a potenziale rischio alluvionale, per la quale è stata svolta un'analisi idraulica apposita per valutarne l'entità dei tiranti idrici di tale zona (vedesi Appendici A e B).

3.1.3 Verifica interferenze dell'area di progetto con Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n 3267 del 1923

Sono state svolte verifiche atte a constatare se l'area interessata dal progetto sia soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto del 30 dicembre 1923 n. 3267.

Dalle analisi emerge che l'area di progetto ed il cavidotto ricadono in zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico, ma non comportano modifiche tali da precludere l'equilibrio idrogeologico.

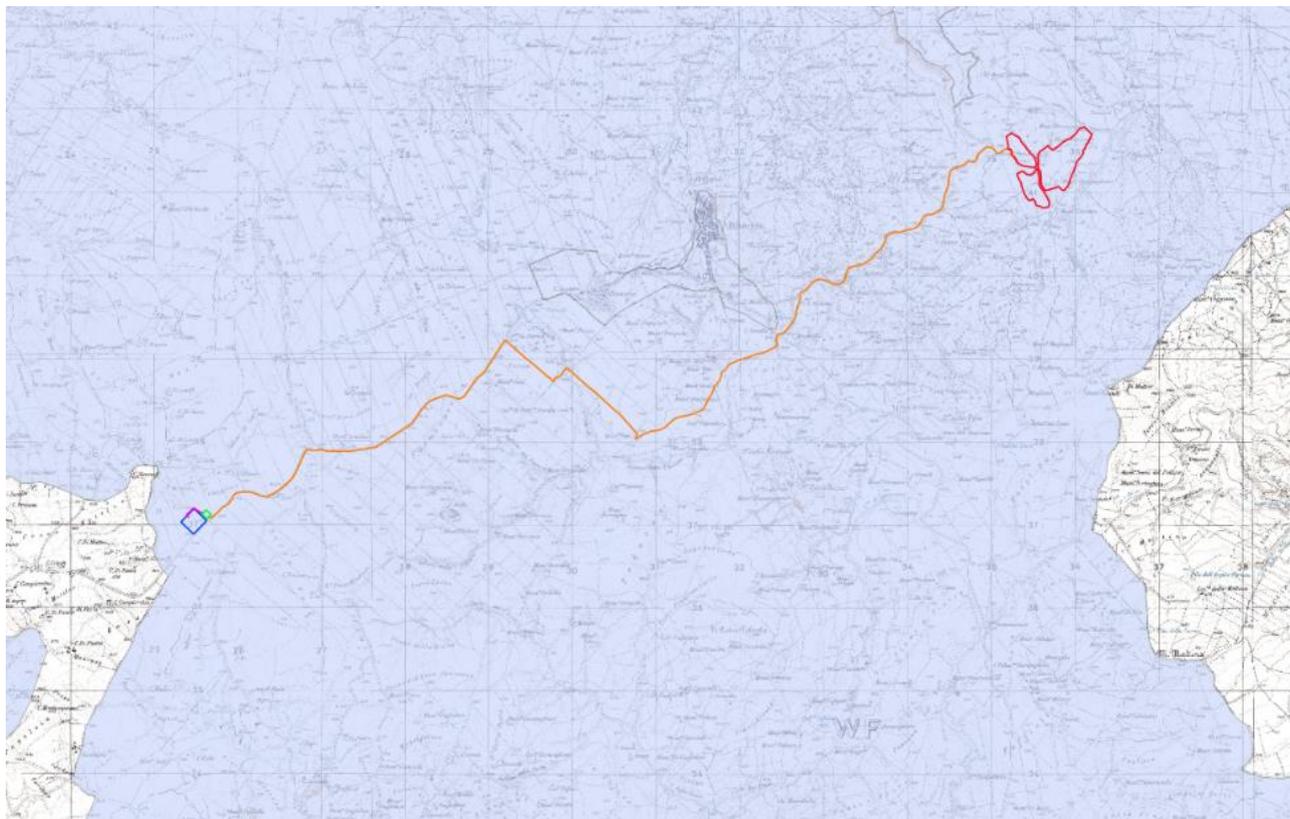


Figura 6: Stralcio delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 1923

3.1.4 Verifica interferenze dell'area di progetto con il Catasto delle Acque Pubbliche dei Comuni di Lacedonia e Bisaccia

Il presente progetto è stato anche confrontato con le carte catastali delle acque pubbliche del Comune di Lacedonia e Bisaccia (AV), dall'analisi si è appurato che il Campo non presenta alcuna interferenza, mentre sono censite acque pubbliche lungo il cavidotto, in corrispondenza delle interferenze 5 e 10

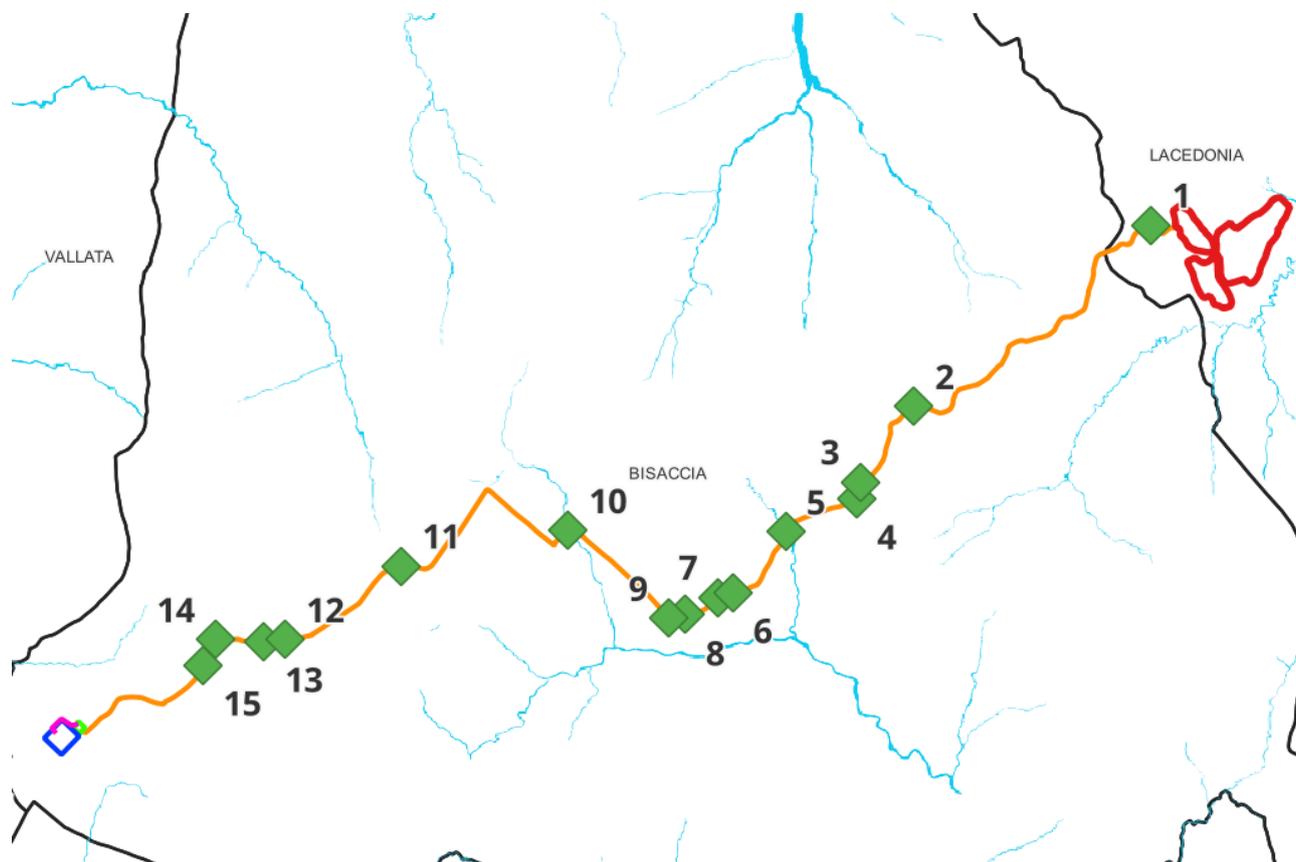


Figura 7: Carta catastale Acque Pubbliche dei Comuni di Bisaccia e Lacedonia

3.1.5 Verifica interferenze dell'area di progetto con il Demanio Idrico ricadente nei beni paesaggistici ai sensi del D.Lgs 42/2004 art. 142 lettera c

Il tracciato del cavidotto ed il perimetro del campo agrivoltaico sono stati anche oggetto di ulteriore verifica con lo stralcio delle acque ricadenti nel Demanio Idrico vincolato paesaggisticamente secondo il DLgs. 42/2004 art. 142 lettera c.

Dall'analisi si evince che l'interferenza 10 riguarda un corpo idrico oggetto del vincolo paesaggistico sopraccitato. Inoltre anche il perimetro del parco agrivoltaico presenta un'adiacenza con la fascia di rispetto, pari a 150 metri, con il suddetto vincolo paesaggistico, come riportato dalla figura seguente.

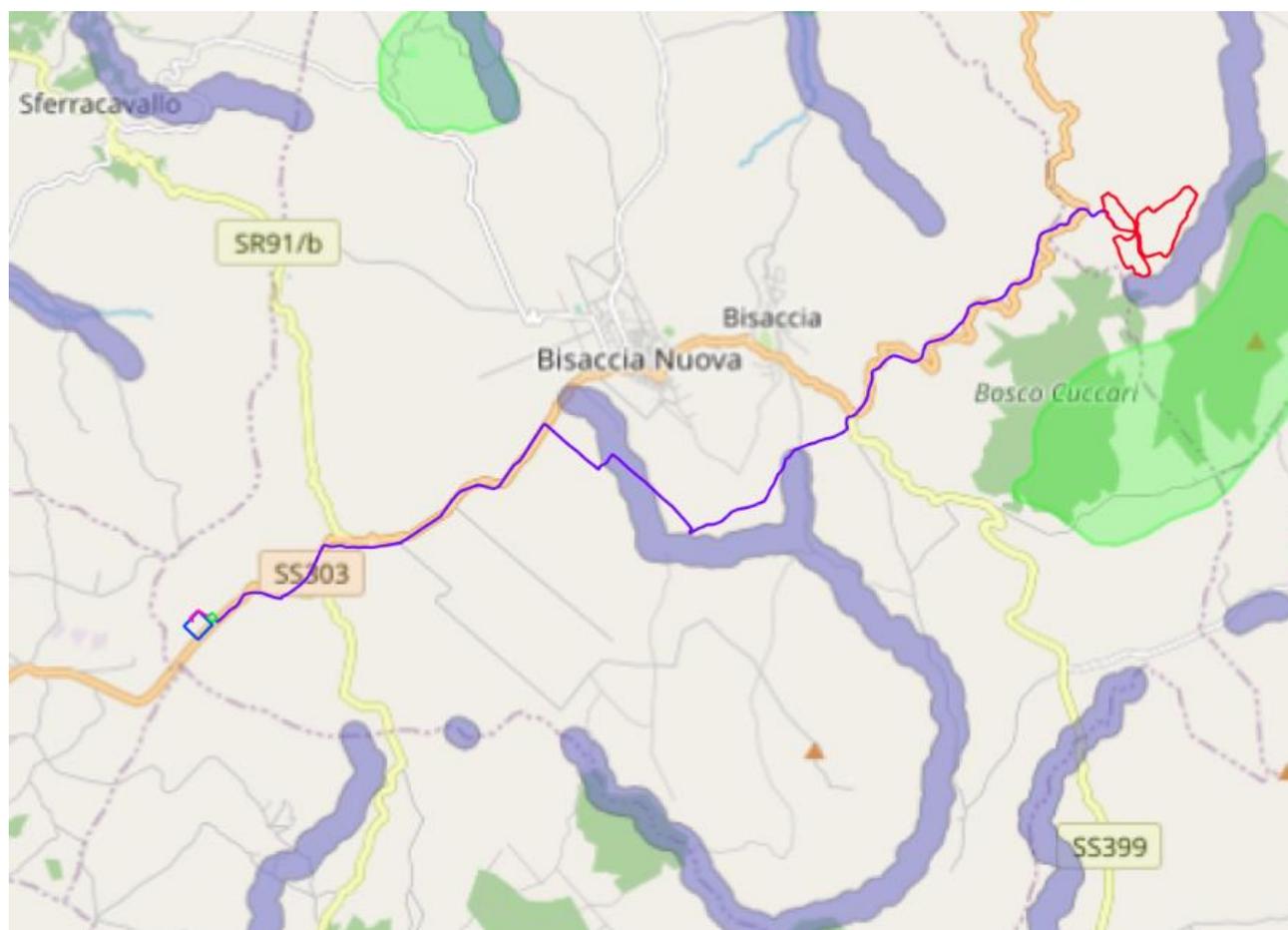


Figura 8: Stralcio Carta Sitap riferita al DLgs 42/2004 art. 142 lett. c

3.1.6 Verifica dell'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi

Per quanto attiene all'interazione delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi occorre specificare che si tratta di opere di fondazione superficiali e puntuali, con ridotta area di impronta che si attestano, mediante infissione, a circa 3.90 m di profondità.

Pertanto non si interferisce in alcun modo con le correnti idriche di deflusso sotterraneo non rappresentando per esse alcun disturbo.

Inoltre, tenendo in considerazione la formazione geologica dei terreni ed i valori di permeabilità riscontrati si deduce che le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono molto differenziate e questo dipende dalle caratteristiche proprie dei litotipi presenti, come la composizione

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 14 di 79
---	--	--

granulometrica, il grado di addensamento o consistenza dei terreni, nonché dal grado di fratturazione dei livelli lapidei o pseudo- lapidei e, più in generale, dalla loro porosità. Sulla base di tali parametri, i terreni affioranti sono stati raggruppati in complessi idrogeologici, in relazione alle proprietà idrogeologiche che caratterizzano ciascun litotipo.

Dalle indagini geologiche e geotecniche si riescono a distinguere diversi complessi idrogeologici nell'area di interesse:

- **Complesso Sabbioso-Conglomeratico:** composto principalmente da sabbie ed arenarie con all'interno livelli di conglomerati, questo, è contraddistinto da una permeabilità primaria elevata strettamente legata alla granulometria ed alla elevata presenza di vuoti all'interno dei depositi ed un coefficiente K compreso tra 10^{-2} e 10^{-4} .
- **Complesso Argilloso:** composto da argille ed argille sabbiose, dal punto di vista idrogeologico questi depositi presentano una permeabilità primaria variabile da bassa ad assente con un coefficiente K compreso tra 10^{-6} e 10^{-9} .

Inoltre, in nessun sondaggio è stata riscontrata la presenza di falde significative, mentre sono frequenti i fenomeni di ristagno idrico superficiale a causa della bassa permeabilità.

Pertanto si può concludere affermando la piena compatibilità delle opere di fondazione con gli ammassi acquiferi presenti in zona, in quanto non vi sono interferenze.

4 ANALISI GEOMORFOLOGICA

La base per un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentata dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici di riferimento.

L'analisi geomorfologica, pertanto, precede la fase di analisi in quanto consente la delimitazione dei bacini idrografici sulla base di dati cartografici e topografici disponibili.

Mediante i software Qgis 3.32 e Grass 7.8.5 sono state condotte le analisi morfologiche, morfometriche ed idrauliche dell'area oggetto di studio.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 15 di 79
---	---	--

È stato utilizzato il comando di processamento “r.watershed”, alla base del quale vi sono algoritmi di calcolo che consentono di effettuare la modellazione idrologica ed idraulica.

Tale comando consente, utilizzando il DTM come dato di input, di generare le seguenti mappe raster:

- 1) flow accumulation: mappa raster dell’accumulo del flusso superficiale generata con il conteggio delle celle che contribuiscono alla direzione principale di flusso. In particolare, le celle che appartengono al reticolo idrografico delineato sono quelle aventi alti valori di flow accumulation mentre le celle adiacenti o coincidenti con la linea spartiacque del bacino assumono valori bassi;
- 2) drainage direction: mappa raster della direzione di flusso, generata attraverso un algoritmo che stima le traiettorie di flusso basandosi sulle direzioni di massima pendenza del DTM;
- 3) stream segments: mappa raster del reticolo idrografico;
- 4) basins: mappa raster dei bacini idrografici.

4.1 Digital Terrain Model

Per la definizione del modello digitale del terreno dei territori idrograficamente afferenti ai canali oggetto di studio sono stati utilizzati i dati ufficiali disponibili sul portale cartografico dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) ossia TinItaly. Il modello digitale di elevazione (anche noto come DEM, dall’inglese Digital Elevation Model) utilizzato rappresenta la distribuzione delle quote del territorio in formato digitale. Il modello digitale di elevazione utilizzato è in formato raster associando a ciascun pixel l’attributo relativo alla quota assoluta.

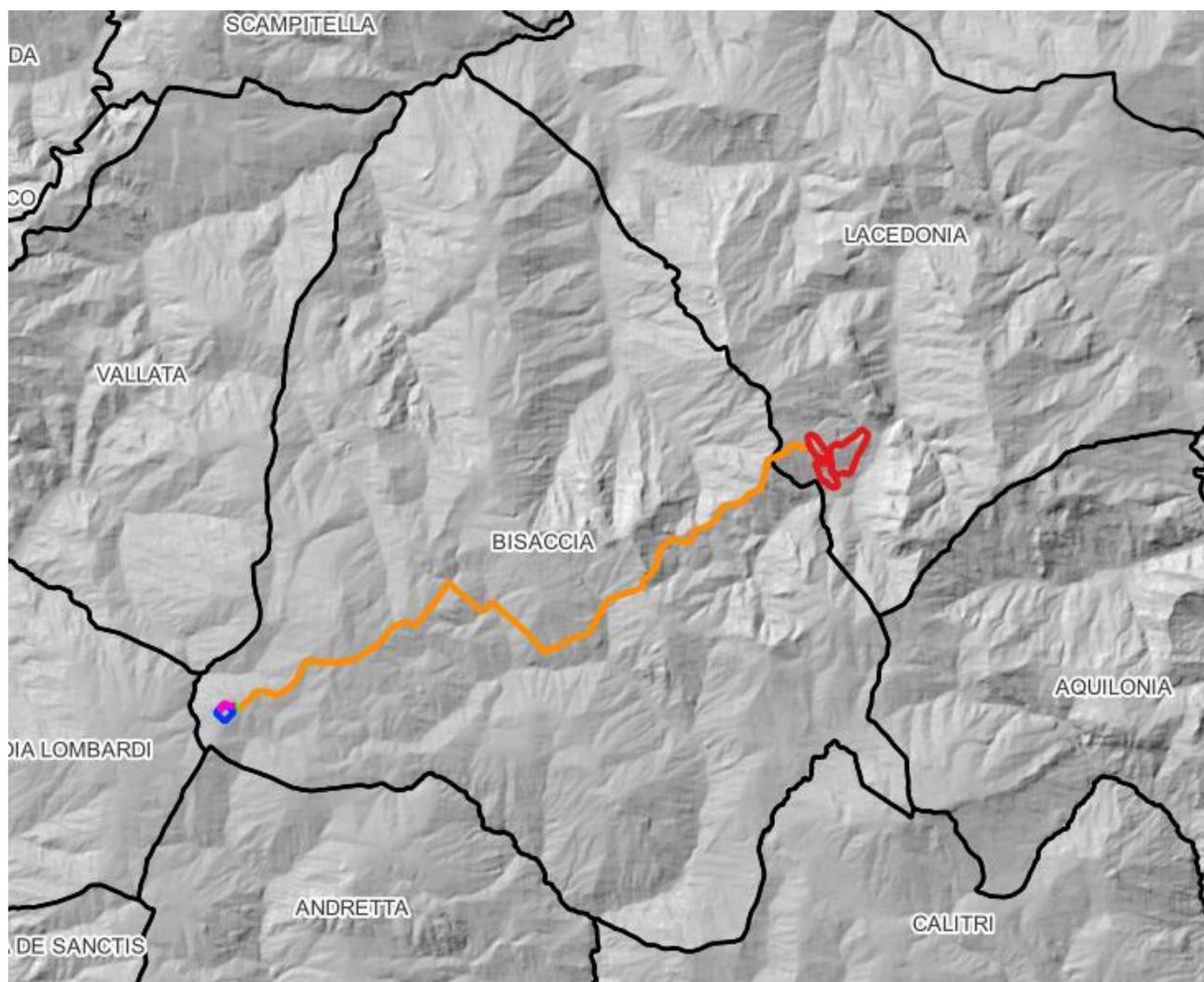


Figura 9: DTM con risoluzione a 10 m adottato per lo studio idraulico e idrologico

4.2 Slope Model

Una volta disponibile il DEM, utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito è stato possibile ottenere un modello distribuito delle pendenze sul quale sono stati applicati successivamente gli algoritmi che hanno consentito di ottenere le informazioni idrauliche del territorio.

Concettualmente la pendenza identifica la massima variazione nel valore di quota di una cella del grigliato rispetto alle celle circostanti. Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi. In pratica l'algoritmo

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

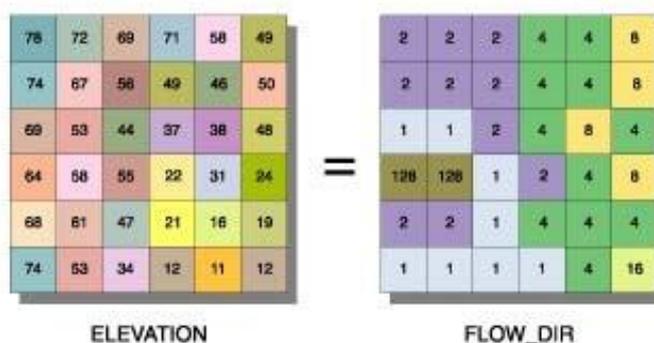
utilizzato esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerando le otto celle che contornano la cella in questione.

4.3 Flow Accumulation

Dallo Slope Model con un opportuno algoritmo, gestito sempre in ambiente GIS, è stato possibile ricavare la griglia delle direzioni di flusso. Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti. Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

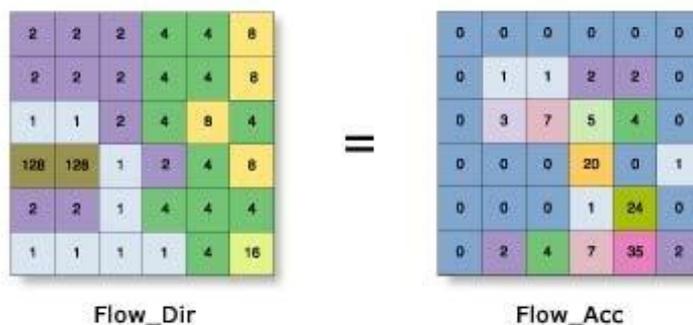
1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.



RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Definita la griglia delle direzioni di flusso, un algoritmo gestito in ambiente GIS conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata di accumulo così rappresentata:



Grazie alla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e definire in questo modo la linea di compluvio naturale.

Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un bacino idrografico oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.

4.4 Perimetrazione dei bacini idrografici

Un Bacino Idrografico può essere considerato come una porzione di territorio capace di convogliare naturalmente e far defluire attraverso una sezione idraulica comunemente detta “sezione di chiusura” l’acqua precipitata sulla stessa. La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale. La sezione di chiusura è rappresentata dal punto più depresso della linea di drenaggio naturale.

Grazie ai processi di analisi, precedentemente esposti, è stato possibile individuare i bacini idrografici gravanti l’area di studio, le cui caratteristiche morfometriche sono riportate nelle tabelle riportate nei paragrafi successivi. Un maggiore approfondimento sulle caratteristiche dei bacini idrografici, sui dati morfometrici e gli idrogrammi di piena si rimanda all’Appendice A che completa la presente relazione.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

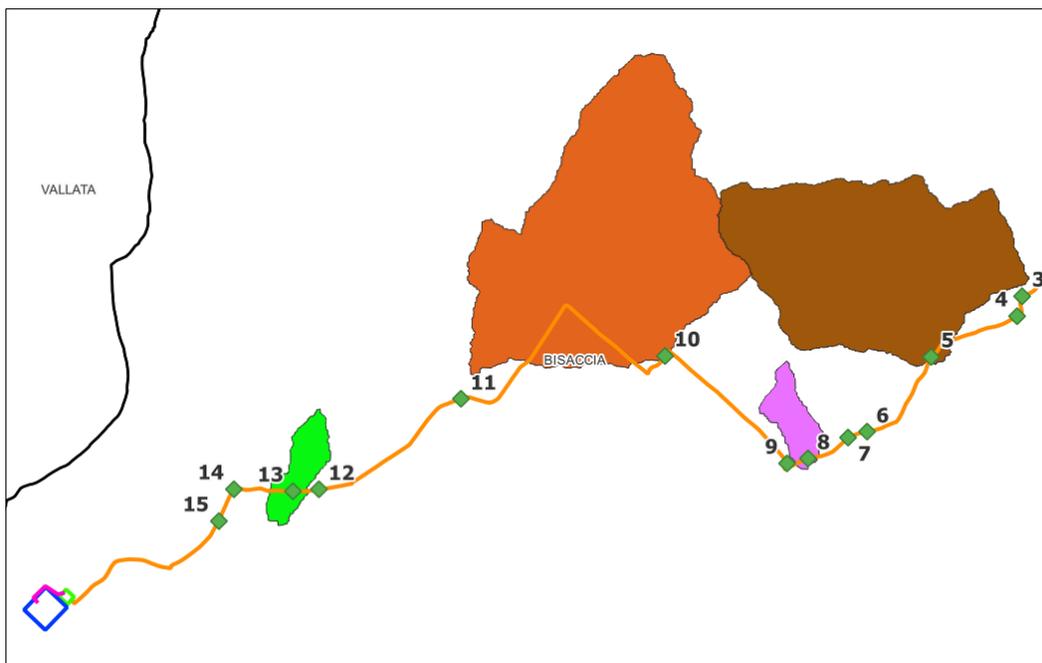
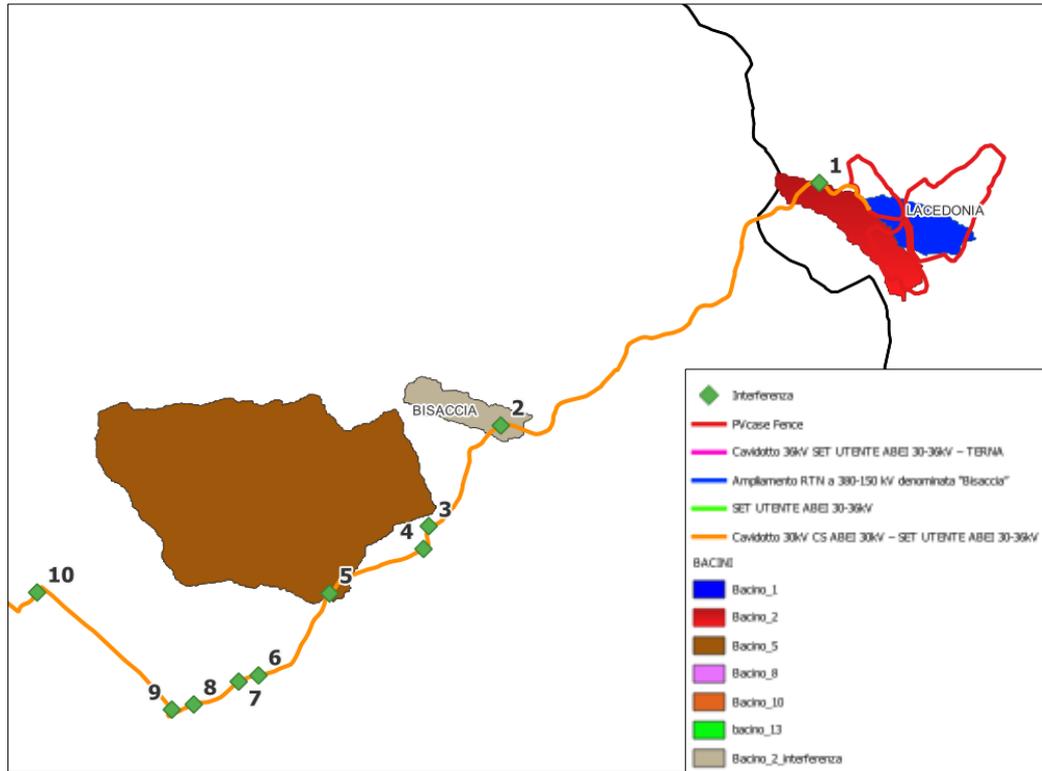


Figura 10: Perimetrazioni bacini idrografici

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 20 di 79
---	--	--

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 Curva di Possibilità Pluviometrica

Lo scopo dell'analisi idrologica è stata la valutazione delle portate di piena per prefissati tempi di ritorno (30 e 200 anni).

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Campania".

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al., 1987).

La TCEV è un tipo di distribuzione probabilistica basata su due parametri che ipotizza i valori estremi di una grandezza idrologica facciano parte di due popolazioni diverse legate da differenti fenomeni meteorologici.

Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

L'utilizzo della TCEV ha consentito di ricostruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, mediante il quale è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (primo livello di regionalizzazione), e sotto-regioni in cui risulta costante anche il coefficiente di variazione (secondo livello di regionalizzazione).

La curva di distribuzione di probabilità corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della TCEV legati al coefficiente di asimmetria e al coefficiente di variazione. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea, previamente identificata, al secondo livello di regionalizzazione, è possibile esprimere la relazione

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

tra il tempo di ritorno T ed il fattore di crescita K_T , ritenendo trascurabile la sua variabilità con la durata. Dove il fattore K_T è espresso mediante la formula:

$$K_T = 0.110 + 0.456 \ln T$$

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (piogge)	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

Con la regionalizzazione viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione delle serie storiche in relazione a fattori locali; in particolare si ricercano eventuali legami esistenti tra i valori medi dei massimi annuali delle piogge di diversa durata ed i parametri geografici significativi (ad esempio la quota sul livello del mare) delle diverse località, consentendo in definitiva di proporre la stima dei valori medi dei massimi annuali di precipitazione anche in siti sprovvisti di stazioni di misura o con serie storica di lunghezza ridotta.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$m[I(d)] = m(I_0) / \left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta$$

In definitiva il territorio di competenza della regione Campania è stato suddiviso in 7 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base dei seguenti parametri:

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D * 10^5$	ρ^2
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

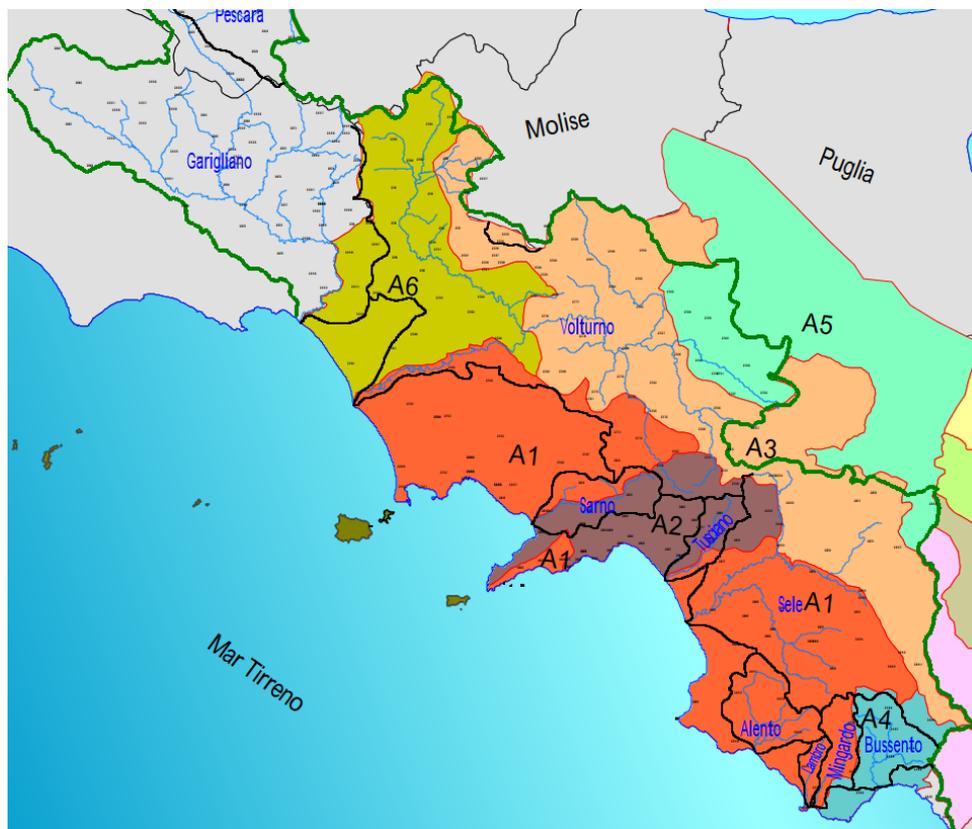


Figura 11: Aree pluviometriche omogenee VAPI Campania

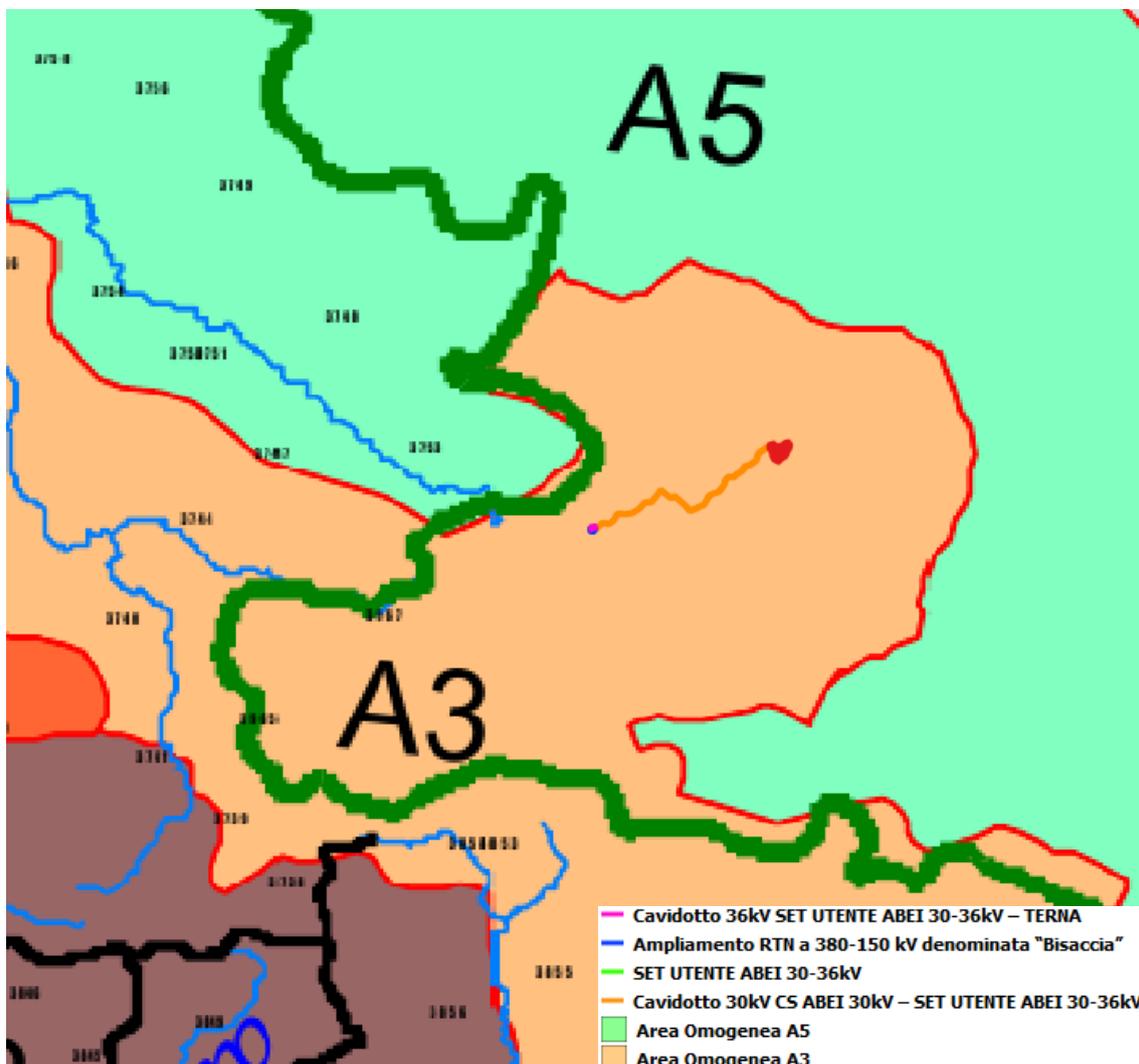


Figura 12: Zona A3 VAPI Campania in cui ricade l'impianto

Nel caso in esame, il Comune di Bisaccia e Lacedonia rientrano nella zona omogenea A3.

L'applicazione della metodologia VAPI all'area oggetto di studio, determinati tutti i parametri necessari, ha portato alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica.

Il VAPI è un progetto di valutazione delle piene in Italia nato dal GNDCI con lo scopo di predisporre una procedura uniforme sul territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Lo scopo è quindi fornire uno strumento per valutare la produzione di portata nei bacini naturali e per effettuare previsioni future delle piene.

Ai fini della determinazione delle Curve di Possibilità Climatica, attraverso lo studio statistico del DEM, si determinano la quota media sul livello del mare del bacino.

I valori assunti dal fattore di crescita calcolati per i tempi di ritorno 30 e 200 anni e per i bacini sono riportati nella tabella sottostante:

TEMPO DI RITORNO	K_T
30 anni	2.26
200 anni	3.55

Tabella 1: Valore del fattore di crescita K_T delle piogge

5.2 Massimizzazione delle portate di piena con il Metodo SCS

Per la determinazione degli eventi di piena si applicano modelli idrologici afflussi–deflussi basati sulle caratteristiche del bacino in forma globale.

Il metodo Numero di Curva (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali tanto da essere inserito in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Borselli et.al,1989).

Il metodo del Numero di Curva permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (P_e) cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone le seguenti equazioni:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

$$P_n = P - IA$$

$$IA = k_{ia} \cdot S$$

dove:

P = pioggia totale [mm]

P_e= pioggia efficace o deflusso diretto [mm],

P_n= la pioggia netta [mm],

S = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione [mm],

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 25 di 79
---	---	--

IA = perdite iniziali [mm],

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

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

In cui i termini sono espressi in millimetri e si è indicato con V il volume di deflusso e con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo.

Tenendo conto che le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo mediante la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e che la precipitazione netta P_n si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

sostituendo il valore di W ricavato da quest'ultima nella prima relazione, tenendo conto dell'espressione della pioggia netta e del valore delle perdite iniziali, si perviene alla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$

L'applicazione di tale relazione presuppone, oltre alla conoscenza della precipitazione totale P, la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra zero (suolo perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

in cui figura in parametro CN, denominato *Curve Number*, che assume valori compresi tra 100 e 0.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente.

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 2: Attribuzione della classe AMC

Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Mentre nella tabella seguente viene riportata la classificazione in classi delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 27 di 79
---	--	--

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

Tabella 3: Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree: $CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$ dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n . La determinazione del CN per il sito in oggetto è meglio descritta nell'Appendice A correlata alla seguente relazione.

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$FI = 3,0 + ,0 00636CN \text{ valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3 ,4212 - ,11999\log CN$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	80
	buone condizioni	39	61	74
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
	Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	80
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500-1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000-1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500-2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000-5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000-10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ...	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 4: Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo: *Handbook of Hydrology D.R. Maidment, 1992*

L'individuazione, delle aree omogenee per destinazione d'uso e condizione idrica è stata svolta in ambiente GIS, intersecando gli shapefile di uso del suolo e permeabilità dell'area oggetto di studio.

La portata al colmo di piena corrisponde alla **massima portata** generata da una precipitazione di durata critica tale da mettere in crisi la rete idrografica e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

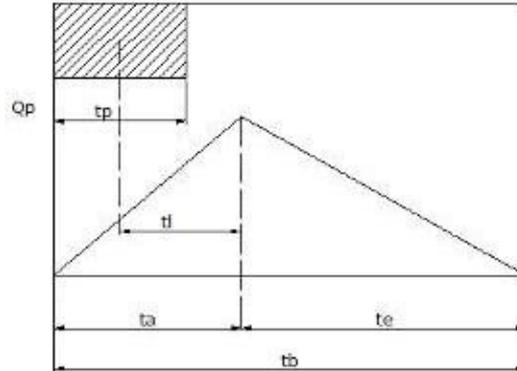


Figura 13: Idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS, si è considerato un idrogramma approssimato di forma triangolare (Mockus), che ha una fase crescente di durata t_a ed una fase di esaurimento di durata t_e , il cui volume ha la seguente espressione:

$$\text{Vol} = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

Dove t_b è il tempo di durata dell'evento di piena ed è rappresentato dalla relazione seguente:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Il tempo t_a , relativo alla fase crescente dell'evento di piena, è legato al tempo t_p ed a t_L dalla

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

Mentre il tempo di ritardo, espresso in ore, nella formula di Mockus è definito dalla

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale espressa in km e CN è il "curve number" medio del bacino.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Poiché la precipitazione critica per il bacino è quella avente una durata pari al tempo di corrivazione, la durata dell'evento meteorico di riferimento t_p viene imposta pari a t_c mentre il tempo di corrivazione è correlato al tempo di ritardo attraverso la seguente relazione:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6$$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate calcolate per ogni bacino perimetrato.

ID Bacino	$Q_{TR=30}$ (m ³ /s)	$Q_{TR=200}$ (m ³ /s)
Bacino 1	0.38	0.97
Bacino 2	0.68	1.56
Bacino 2_interf	0.07	0.35
Bacino 5	12.58	23.03
Bacino 7	1.27	2.59
Bacino 8	0.98	2.03
Bacino 10	16.76	28.91
Bacino 13	1.20	2.32

Tabella 5: Valori di portata calcolati per i bacini individuati

6 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica è stata realizzata considerando la situazione attuale di stato di fatto e si è utilizzato un modello di simulazione monodimensionale in moto permanente.

6.1 Simulazione idraulica

L'analisi è stata realizzata con un modello monodimensionale, con il software di simulazione idraulica HEC-RAS 6.3.1. Il software è stato sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center,

	<p>Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 31 di 79</p>
---	---	---

dall'United States Army Corps of Engineers. Si sono costruiti i profili di corrente in moto permanente lungo il sistema idrografico di interesse, sono state considerate le portate con periodo di ritorno T pari a 30 e 200 anni calcolate come specificato nell'analisi idrologica (Appendice A).

Le sezioni trasversali, ove possibile, sono state estrapolate dal DTM di rilievo.

Lo schema geometrico del modello idraulico è riportato nelle figure seguenti (Figura 14).

Tutte le sezioni ed i relativi dati sono riportati dettagliatamente nell'Appendice B.

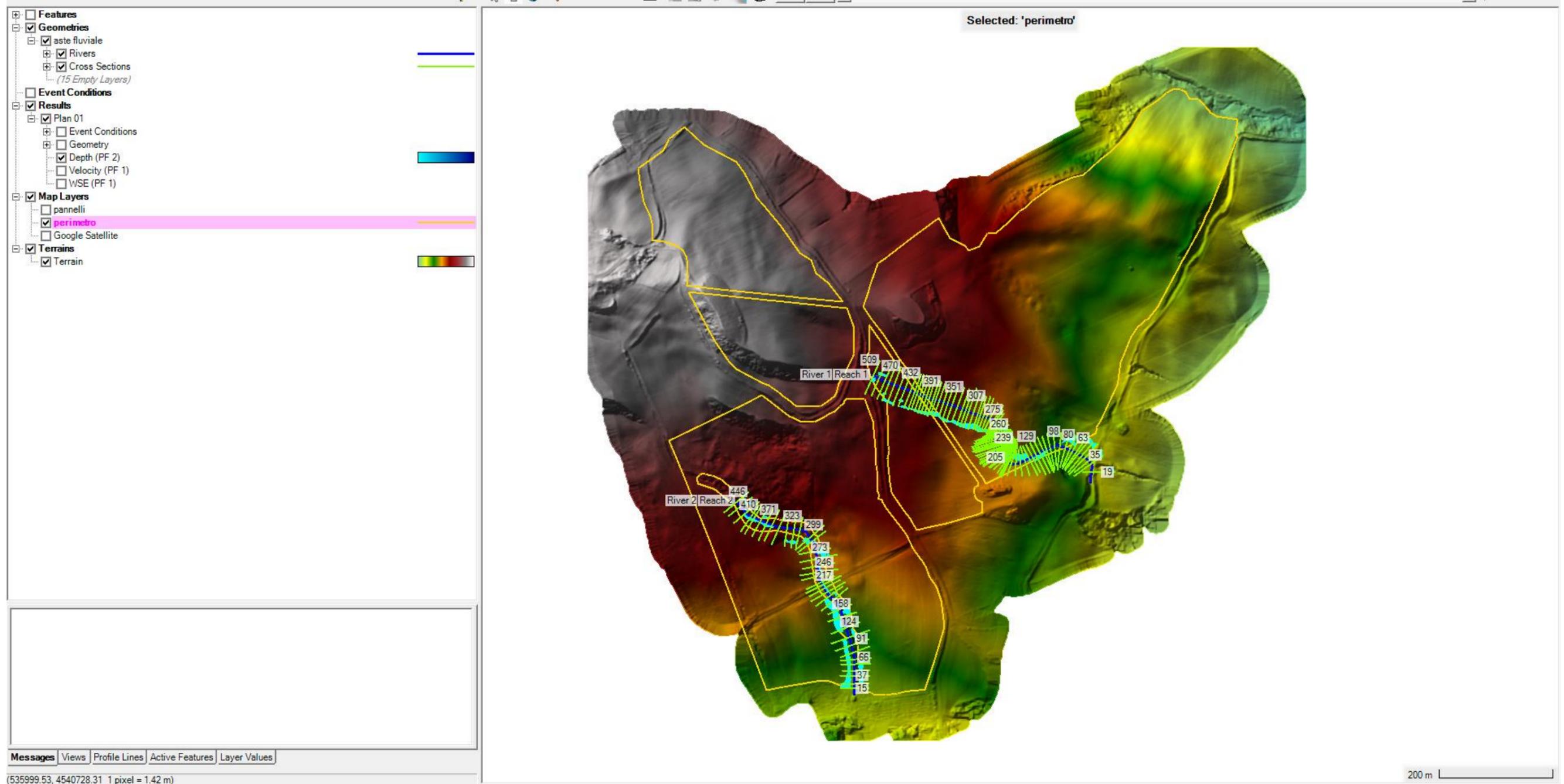


Figura 14: Schema geometrico utilizzato nella modellazione idraulica 1D terrain nell'area Parco

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Per quanto riguarda la scabrezza si è fatto riferimento ad un coefficiente di Manning pari a 0.033 $m^{1/3}/s$ e per le condizioni al contorno, viste le pendenze medie dei tronchi in oggetto, si è imposta l'altezza di stato critico in una sezione sufficientemente a valle ed a monte per evitare che tale scelta condizioni il profilo di corrente nell'area di interesse.

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
ALVEI DI PIANURA			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con molienti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, molienti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
GOLENE E PIANE INONDABILI			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

Tabella 6: coefficienti di scabrezza di Manning da CHOW V. T. 1959, Open Channel Hydraulics

7 ANALISI DI INVARIANZA IDRAULICA

Il progetto prevede la realizzazione di un campo agrivoltaico costituito da moduli fotovoltaici, suddivisi in stringhe, ciascuna delle quali formata da moduli fotovoltaici collegati in serie. I moduli fotovoltaici saranno installati su delle strutture, ancorate al terreno. L'impianto nel suo complesso sarà suddiviso in 3 sottocampi; ogni sezione sarà costituita da inverter centralizzato e rispettive cabine di trasformazione BT/MT.

All'interno dell'area recintata ogni pannello sarà ancorato al suolo con una base in metallo ed avrà un'oscillazione sul montante di ancoraggio di circa 30° rispetto all'orizzontale, in modo da poter risultare sempre perpendicolare al sole incidente. L'altezza della struttura nella massima inclinazione è di 4,37 m, mentre l'altezza minima al suolo sempre ad inclinazione massima è di circa 1,50 m. La distanza tra i moduli al pitch è pari a 7,60 m.

Gran parte il cavidotto di collegamento tra il campo agrivoltaico e la stazione utente si sviluppa su viabilità esistente.

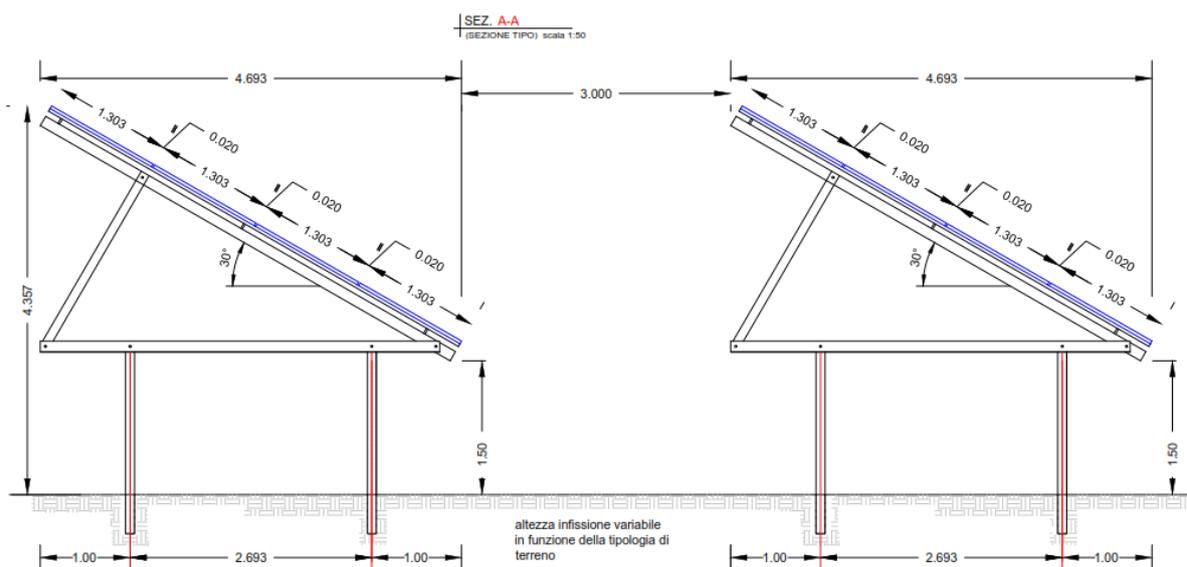


Figura 15: Dettaglio della sezione della struttura

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 35 di 79
---	--	--

Considerando una porzione di territorio allo stato naturale, priva di manipolazione antropica e oggetto di trasformazione urbanistica, l'invarianza idraulica è un principio in base al quale sia le portate che i volumi di deflusso meteorico rimangano pressoché costanti ante e post operam.

In buona sostanza si intende trasformazione del territorio ad invarianza idraulica una trasformazione di uso del suolo e/o di destinazione urbanistica che non generi un aumento della portata di piena nel corpo idrico recettore dei deflussi superficiali o degli scarichi originati dall'area stessa.

Il principio di base è quello di cercare di mantenere invariata la portata e il volume delle acque di pioggia scaricate nei corpi ricettori in seguito al progetto previsto, conservando così il delicato equilibrio idraulico del territorio.

Nel caso di specie gli effetti provocati da una modifica sostanziale dei deflussi sia in termini di volume che di velocità possono essere riassunte in:

- Fenomeni di esondazione se il ricettore è un corso d'acqua che non è in grado di sopportare l'aumento della portata di acqua
- Fenomeni erosivi, diffusi o localizzati, dettati dalla tendenza del corpo recettore naturale di modificare la pendenza del fondo e delle sponde.

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi:

- l'infiltrazione nei suoli;
- la laminazione superficiale.

Il processo di infiltrazione nei suoli controlla i volumi di acqua restituiti dal terreno esclusi quelli che vengono assorbiti, e viene descritto mediante un "coefficiente di deflusso", il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore.

Il secondo processo, è fortemente influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree contermini, agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 36 di 79
---	---	--

L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga.

Quando un bacino subisce un'artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e in linea di massima le superfici vengono regolarizzate, situazioni che di fatto producono un'accelerazione nel deflusso delle acque.

In generale ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico causati dall'impermeabilizzazione dei suoli, la quale provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità.

Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre che un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi ed una riduzione degli apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili.

Alla luce di quanto descritto, è necessario limitare possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva manipolazione e impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Nelle aree destinate all'ubicazione dei moduli fotovoltaici del presente progetto, sono stati individuati i seguenti bacini idrografici per poter svolgere lo studio di invarianza idraulica, pertanto all'interno di essi saranno previste le trincee:

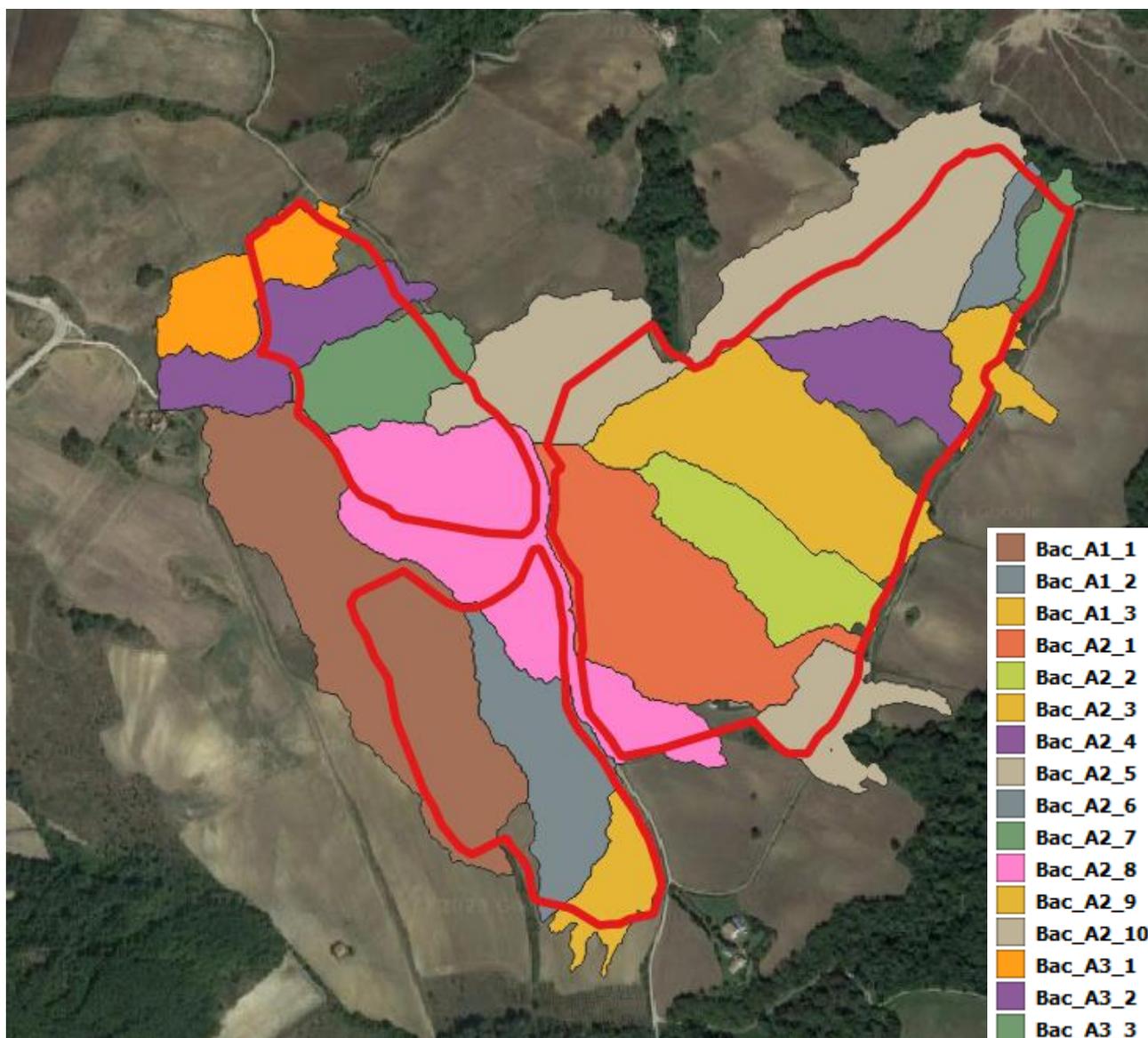


Figura 16: Perimetrazione dei bacini idrografici

7.1 Verifica dei Coefficienti di deflusso ante e post operam

Il coefficiente di deflusso, di un bacino idrografico, esprime il rapporto tra i deflussi, ossia i volumi di acqua defluiti alla sezione di chiusura del bacino, e gli afflussi ovvero le precipitazioni.

Si definisce *superficie permeabile* la parte di superficie fondiaria priva di costruzioni sia fuori terra che interrate e di pavimentazione impermeabile, sistemata a verde o comunque con soluzioni filtranti alternative destinata principalmente a migliorare la qualità dell'intervento e del contesto urbano, in grado di assorbire direttamente le acque meteoriche.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

A tal fine sono considerate superfici permeabili le superfici finite a prato, o comunque coltivate, quelle in terra, terra battuta, ghiaia; sono inoltre considerate tali quelle soluzioni che non compromettono la permeabilità del terreno quali le superfici finite con masselli su fondo sabbioso sovrastante il terreno naturale, non cementate con posa degli elementi con fuga permeabile, oltre a quelle che impiegano materiali idonei a garantire il passaggio dell'acqua almeno per il 50 % della superficie.

Mentre, sono considerate *superfici impermeabili* le superfici con caratteristiche diverse da quanto indicato precedentemente, per le quali vanno comunque previsti e realizzati opportuni sistemi di smaltimento o convogliamento delle acque meteoriche che evitino azioni di dilavamento e ruscellamento.

Alla luce della distinzione tra superfici permeabili e superfici impermeabili sembra abbastanza intuitivo il fatto che il deflusso, per come è definito, assuma valori maggiori per superfici "impermeabili" e valori minori per superfici "permeabili" in cui una parte della precipitazione può infiltrarsi nel terreno e disperdersi senza arrivare alla sezione di chiusura fissata.

Il valore del coefficiente di deflusso cui fare riferimento è riportato di seguito:

Tipi di superficie scolante	ϕ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70÷0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30÷0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80
Massicciata in strade ordinarie	0,40÷0,80
Strade in terra	0,40÷0,60
Zone con ghiaia non compressa	0,15÷0,25
Boschi	0,10÷0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70÷0,90
Quartieri urbani con pochi spazi liberi	0,50÷0,70
Quartieri urbani con fabbricati radi	0,25÷0,50
Tratti scoperti	0,10÷0,30
Giardini e cimiteri	0,00÷0,25
Terreni coltivati	0,20÷0,60

Tabella 6: valori del coefficiente di deflusso ["Fognature" Da Deppo e Datei - Cortina (Padova), 2005]

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Se una superficie S è composta da aree S_i caratterizzate da diversi coefficienti di deflusso φ_i , si calcola il coefficiente medio ponderale tramite la relazione:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

In realtà, il coefficiente di deflusso varia con la durata della precipitazione in quanto varia la risposta del terreno soggetto alla precipitazione.

Si evidenzia che all'interno del campo agrivoltaico non vi saranno superfici impermeabili, se non le coperture delle cabine e i relativi battuti su cui poggeranno.

La verifica delle superfici impermeabili e conseguentemente dei coefficienti di deflusso è stata effettuata per ciascun bacino idrografico individuato dall'analisi idrologica, tenendo conto anche della configurazione con cui si presentano i pannelli fotovoltaici:

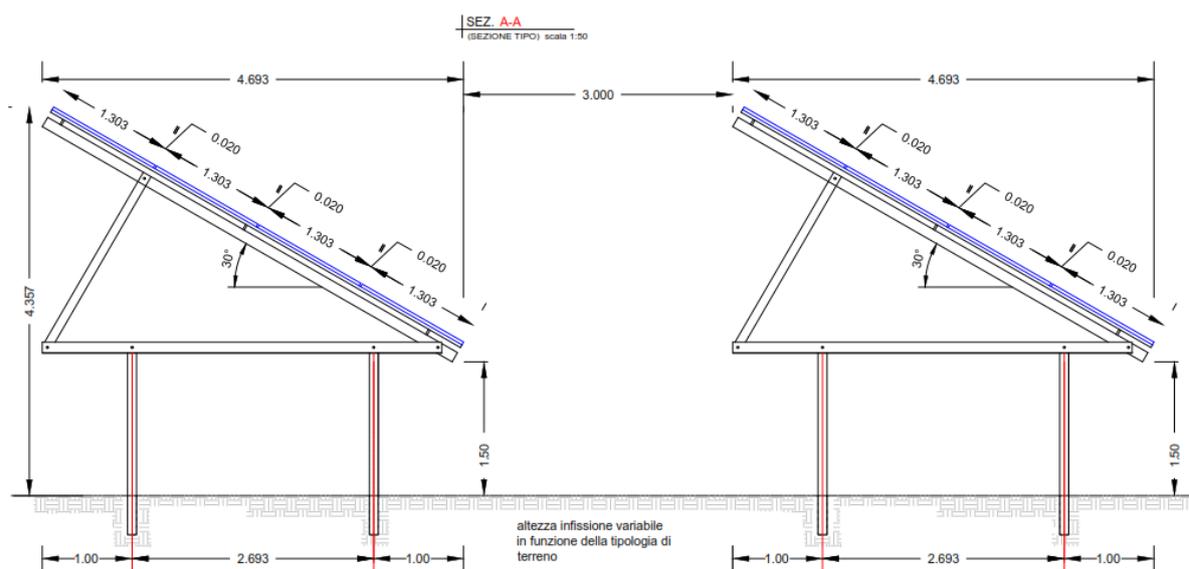


Figura 17: Configurazione dei pannelli fotovoltaici

Effettuando un primo confronto in termini di superficie impermeabile, sono stati calcolati i seguenti valori:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

	Num Pannelli	Superficie Ante Operam	Superficie Impermeabile (Pannellata)	Confronto con Area di progetto
	-	mq	mq	%
<i>Bacino_A1_1</i>	2688	91982	8359.68	9.09
<i>Bacino_A1_2</i>	6160	31920	19157.6	60.00
<i>Bacino_A1_3</i>	1792	14145	5573.12	39.40
<i>Bacino_A2_1</i>	7280	60822	22640.8	37.33
<i>Bacino_A2_2</i>	4144	30066	12887.84	42.87
<i>Bacino_A2_3</i>	3640	59076	11320.4	19.56
<i>Bacino_A2_4</i>	4648	22977.6	14455.28	63.00
<i>Bacino_A2_5</i>	5460	103696.9	16980.6	16.38
<i>Bacino_A2_6</i>	1932	7729.6	6008.52	77.74
<i>Bacino_A2_7</i>	812	6669.6	2525.32	37.86
<i>Bacino_A2_8</i>	3920	73276.8	12191.20	16.64
<i>Bacino_A2_9</i>	1428	11981.7	4441.08	37.07
<i>Bacino_A2_10</i>	1652	18949	5137.72	27.11
<i>Bacino_A3_1</i>	1568	22696	4876.48	21.49
<i>Bacino_A3_2</i>	1512	27260	4702.32	17.25
<i>Bacino_A3_3</i>	2716	23268	8446.76	36.30
TOTALE	51352	606516.2	155704.72	25.67

Dai risultati mostrati nelle tabelle precedenti, si evince che **la superficie impermeabile che si concretizza nella post-realizzazione dell'impianto agrivoltaico risulta irrisoria rispetto alla superficie complessiva interessata dal progetto.** Difatti i tracker, sebbene si presentino come strutture impermeabili, non tratterranno e non altereranno il percorso delle acque meteoriche, poiché trattandosi di superfici pressoché lisce ne consentiranno lo spandimento regolare.

Dopo aver stimato le superfici impermeabili, sono stati definiti i coefficienti di deflusso ante operam e post operam per ogni singolo bacino idrografico individuato e per ciascuna configurazione dei pannelli.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

	Supef. Imperm.	Sup. Ante Operam	Coeff Deflusso Ante Operam	Coeff Deflusso Post Operam
Bacino_A1_1	8359.68	91982	0.2	0.26
Bacino_A1_2	19157.60	31920	0.2	0.62
Bacino_A1_3	5573.12	14145	0.2	0.48
Bacino_A2_1	22640.80	60822	0.2	0.46
Bacino_A2_2	12887.84	30066	0.2	0.50
Bacino_A2_3	11320.40	59076	0.2	0.33
Bacino_A2_4	14455.28	22977.6	0.2	0.64
Bacino_A2_5	16980.60	103696.9	0.2	0.31
Bacino_A2_6	6008.52	7729.6	0.2	0.74
Bacino_A2_7	2525.32	6669.6	0.2	0.47
Bacino_A2_8	12191.20	73276.80	0.2	0.31
Bacino_A2_9	4441.08	11981.70	0.2	0.46
Bacino_A2_10	5137.72	18949	0.2	0.39
Bacino_A3_1	4876.48	22696	0.2	0.35
Bacino_A3_2	4702.32	27260	0.2	0.32
Bacino_A3_3	8446.76	23268	0.2	0.45
		MEDIA	0.2	0.44

Tabella 7: Risultati di calcolo dei coefficienti di deflusso ante operam e post operam

Osservando i coefficienti di deflusso calcolati, si appura che non vi è una importante variazione, difatti il coefficiente rientra sempre nel range di valori caratteristici dei terreni coltivati come previsto dalla Tabella 6 indicata nel capitolo precedente.

7.2 Verifica dei valori di portata ante e post operam

Per ulteriore conferma della bontà dei risultati ottenuti in termini di coefficiente di deflusso e di superfici impermeabili, mediante l'analisi idrologica, sono stati calcolati i valori di portata di ciascun bacino idrografico sia allo stato di fatto e sia nella fase post realizzazione del parco agrivoltaico.

Tali valori di portata sono stati calcolati sfruttando le curve di possibilità pluviometrica tracciate secondo il metodo razionale del VAPI Campania e massimizzandole, in termini di portate al colmo, attraverso il metodo SCS (Soil Conservation Service) con cui si tiene conto anche della destinazione d'uso del suolo sottoposto all'analisi.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 42 di 79
---	--	--

I risultati ottenuti sono riportati di seguito:

	AREA STATO DI FATTO	PORTATA STATO DI FATTO (m ³ /s)		AREA STATO DI PROGETTO	PORTATA STATO DI PROGETTO (m ³ /s)	
	(m ²)	TR		(m ²)	TR	
		30 anni	200 anni		30 anni	200 anni
BACINO A1_1	91982	0.21	0.56	83622.32	0.26	0.65
BACINO A1_2	31920	0.04	0.14	12762.40	0.24	0.49
BACINO A1_3	14145	0.01	0.05	8571.88	0.13	0.31
BACINO A2_1	60822	0.12	0.34	38181.20	0.31	0.67
BACINO A2_2	30066	0.12	0.34	17178.16	0.35	0.73
BACINO A2_3	59076	0.10	0.31	47755.60	0.17	0.45
BACINO A2_4	22977.6	0.02	0.08	8522.32	0.17	0.35
BACINO A2_5	103696.9	0.21	0.55	86716.30	0.31	0.74
BACINO A2_6	7729.6	0.0001	0.01	1721.08	0.06	0.13
BACINO A2_7	6669.6	0.001	0.002	4144.28	0.003	0.02
BACINO A2_8	73276.80	0.16	0.44	61085.60	0.25	0.58
BACINO A2_9	11981.70	0.001	0.02	7540.62	0.02	0.07
BACINO A2_10	18949	0.002	0.04	13811.28	0.02	0.09
BACINO A3_1	22696	0.02	0.09	17819.52	0.05	0.15
BACINO A3_2	27260	0.05	0.15	22557.68	0.08	0.21
BACINO A3_3	23268	0.001	0.03	14821.24	0.03	0.12
	TOTALE	1.065	3.152		2.453	5.760

Tabella 8: calcolo portate stato di fatto e di progetto

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

	CONFRONTO TRA VALORI DI PORTATA	
	PORTATA STATO DI FATTO (m³/s) - PORTATA STATO DI PROGETTO (m³/s)	
	30 anni	200 anni
BACINO A1_1	-0.05	-0.09
BACINO A1_2	-0.2	-0.35
BACINO A1_3	-0.12	-0.26
BACINO A2_1	-0.19	-0.33
BACINO A2_2	-0.23	-0.39
BACINO A2_3	-0.07	-0.14
BACINO A2_4	-0.15	-0.27
BACINO A2_5	-0.1	-0.19
BACINO A2_6	-0.06	-0.12
BACINO A2_7	-0.002	-0.02
BACINO A2_8	-0.09	-0.14
BACINO A2_9	-0.019	-0.05
BACINO A2_10	-0.018	-0.05
BACINO A3_1	-0.03	-0.06
BACINO A3_2	-0.03	-0.06
BACINO A3_3	-0.029	-0.09

Tabella 9: confronto portate tra stato di fatto e di progetto

I valori di portata calcolati allo stato di progetto (fase post operam) non presentano notevoli differenze con i valori dedotti nella fase ante operam, a dimostrazione del fatto che l'occupazione del suolo da parte dei moduli fotovoltaici non influenza la capacità di infiltrazione del terreno interessato.

La presenza dei pannelli influisce sulla velocità di caduta al suolo delle portate meteoriche in quanto la pioggia battente sul pannello "scivola" lungo il piano inclinato del pannello impattando al suolo con un getto concentrato.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 44 di 79
---	---	---

Questo potrebbe innescare fenomeni di erosione diffusa e localizzata soprattutto nel caso di suolo privo di vegetazione.

Per prevenire questo fenomeno si prevede la realizzazione di canalette drenanti e disperdenti superficiali che, con la presenza di pietrame di riempimento garantiscono l'assenza di asportazione delle particelle di suolo e, contemporaneamente la dispersione delle portate fluide.

7.3 Dimensionamento delle canalette drenanti superficiali.

La realizzazione di canalette disperdenti è stata prevista per ovviare alla possibilità di formazione di depressioni del terreno concentrate al di sotto dei pannelli fotovoltaici, a causa del percolamento delle acque piovane sulla superficie dei moduli.

In generale, le acque meteoriche che interesseranno l'area di impianto, sono definibili di ruscellamento superficiale, ai sensi dell'art. 4.1 del regolamento n° 6 del 24.09.2013 della Giunta Regionale della Campania, di conseguenza non sono categorizzate come acque reflue.

Di seguito si riporta il dimensionamento e la verifica dei tratti di canaletta superficiale che rappresenta il caso più critico, con i maggiori valori di pendenza trasversale e di portata, ubicato nel bacino 1.

- *Trincea drenante (B_A1_1)*

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$Cd \text{ (coef. di deflusso)} = 0.26$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 8359.68$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Qp = Cd \cdot S \cdot a \cdot tp^{n-1}$$

essendo tp la durata della precipitazione.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 180.000

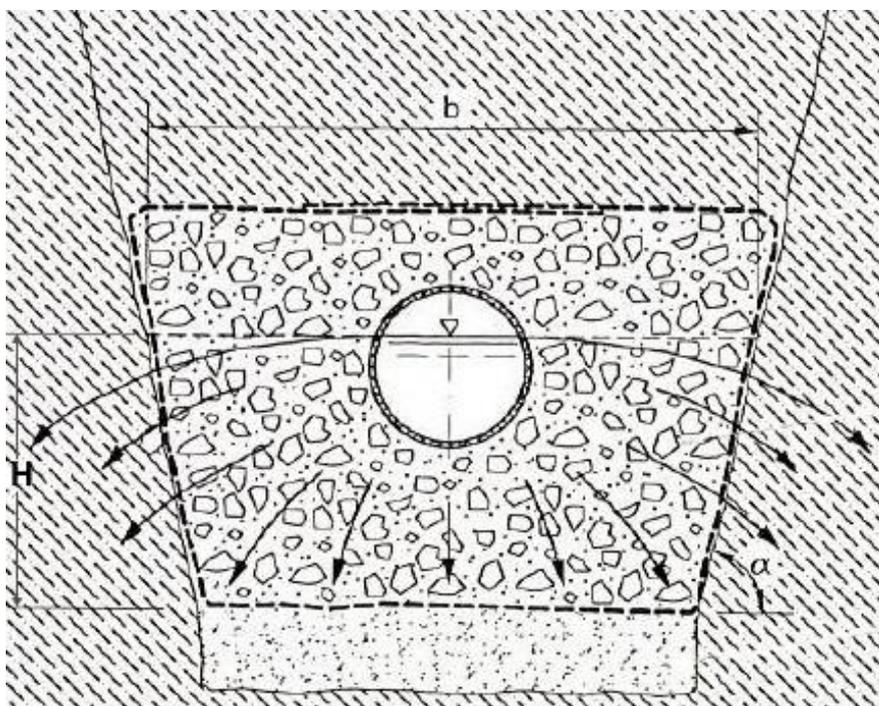
H (altezza riferita a "b") [m] = 1.00

b (larghezza liquida) [m] = 2.00

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.000001

Ac (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

$$A_f [mq] = \text{superficie netta di infiltrazione} = (b + 2H) \cdot L$$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	116.37	0.72	69.820	0.432	120.600	-51.212	OK	167.500	OK
15	89.12	0.72	80.209	0.648	120.600	-41.039	OK	167.500	OK
20	73.75	0.72	88.504	0.864	120.600	-32.960	OK	167.500	OK
30	56.49	0.72	101.673	1.296	120.600	-20.223	OK	167.500	OK
45	43.26	0.72	116.801	1.944	120.600	-5.743	OK	167.500	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 210.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 200.000

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

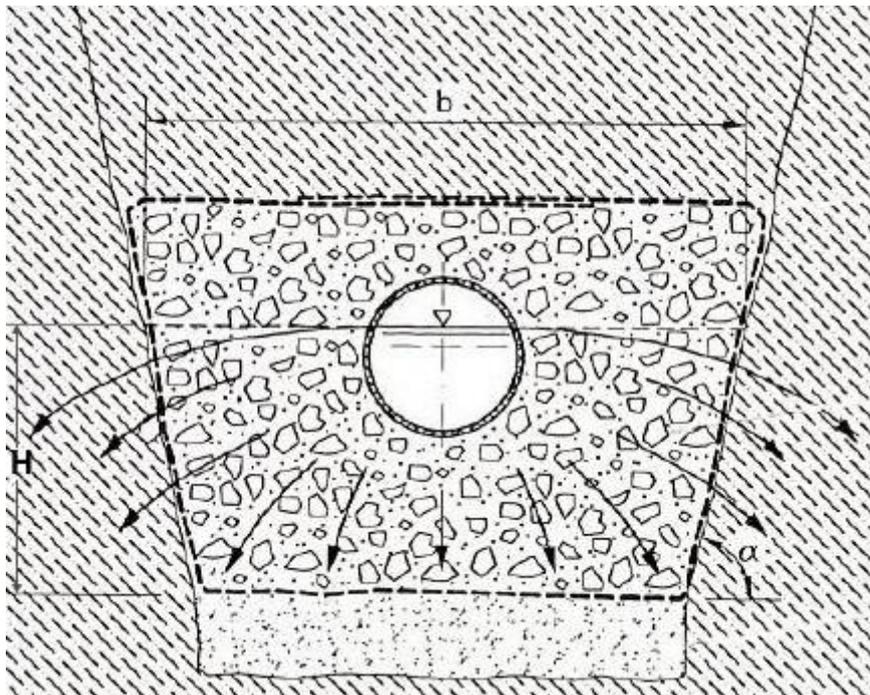
H (altezza riferita a "b") [m] = 1.00

b (larghezza liquida) [m] = 2.00

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.000001

Ac (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	210.00	0.80	126.000	0.480	134.000	-8.48	OK	167.500	OK

- **Trincea drenante (B_A1_2)**

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a [\text{mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d (\text{coef. di deflusso}) = 0.62$$

$$S (\text{superficie scolante}) [mq] = 19157.60$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L (\text{lunghezza}) [m] = 200.000$$

$$H (\text{altezza riferita a "b"}) [m] = 1.00$$

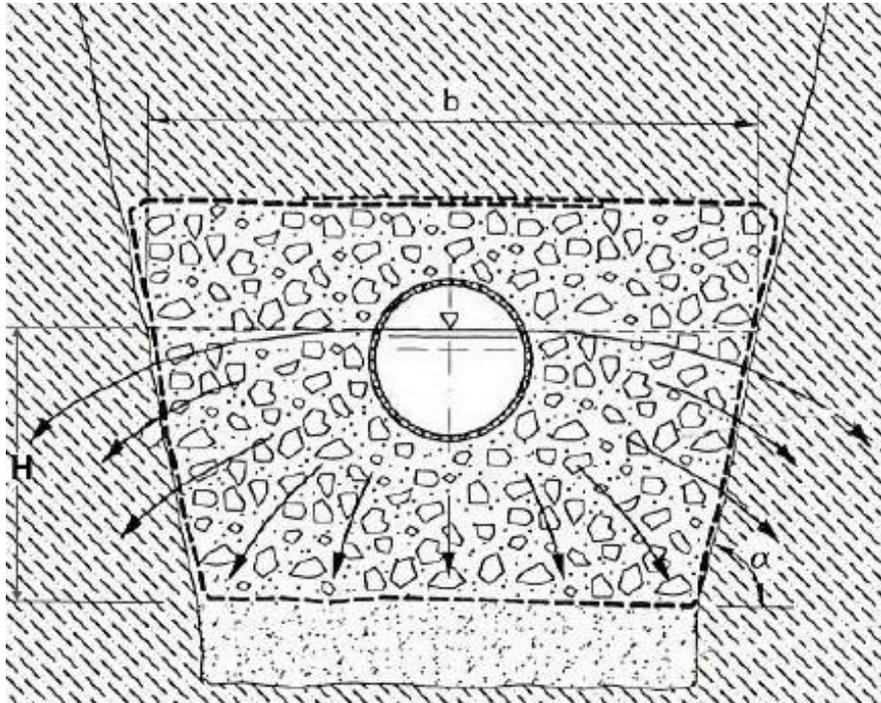
$$b (\text{larghezza liquida}) [m] = 2.00$$

$$K (\text{permeabilità del terreno}) [m/s] = 0.001000$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

Ac (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 50 di 79</p>
---	---	---

inferiore alla capacità Wpt di immagazzinamento della trincea.

Detta At l'area trasversale della trincea, Wpt viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$Wpt [mc] = [At \cdot n + Ac \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$Tsv = Wtp \cdot 1000.0 / Qf < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Qp [l/s]	Qf [l/s]	Wp [mc]	Wf [mc]	Wpt [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	Tsv [sec]	Verifica Tsv
10	635.92	520	381.551	312.000	87.100	-17.549	OK	168	OK
15	487.02	520	438.322	468.000	87.100	-116.778	OK	168	OK
20	403.05	520	483.654	624.000	87.100	-227.446	OK	168	OK
30	308.68	520	555.617	936.000	87.100	-467.483	OK	168	OK
45	236.40	520	638.288	1.404.000	87.100	-852.812	OK	168	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Qp (portata meteorica) [l/s] = 40.0

tp (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 130.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.00

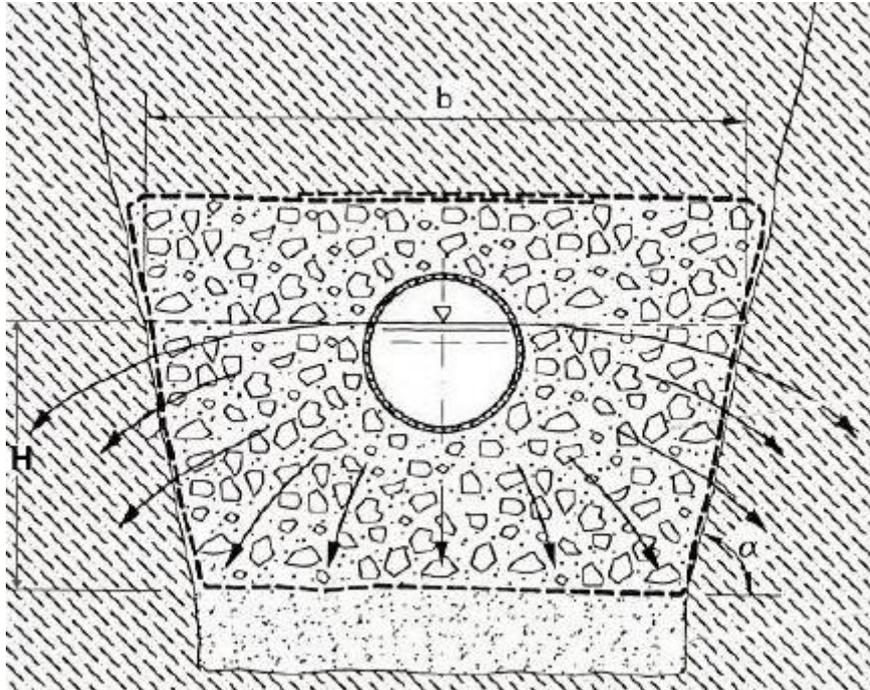
b (larghezza liquida) [m] = 2.00

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.001000

Ac (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	40.00	520.00	24.000	312.000	87.100	-375.100	OK	168	OK

- **Trincea drenante (B_A2_1)**

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.46$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 22640.80$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 150.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.00$$

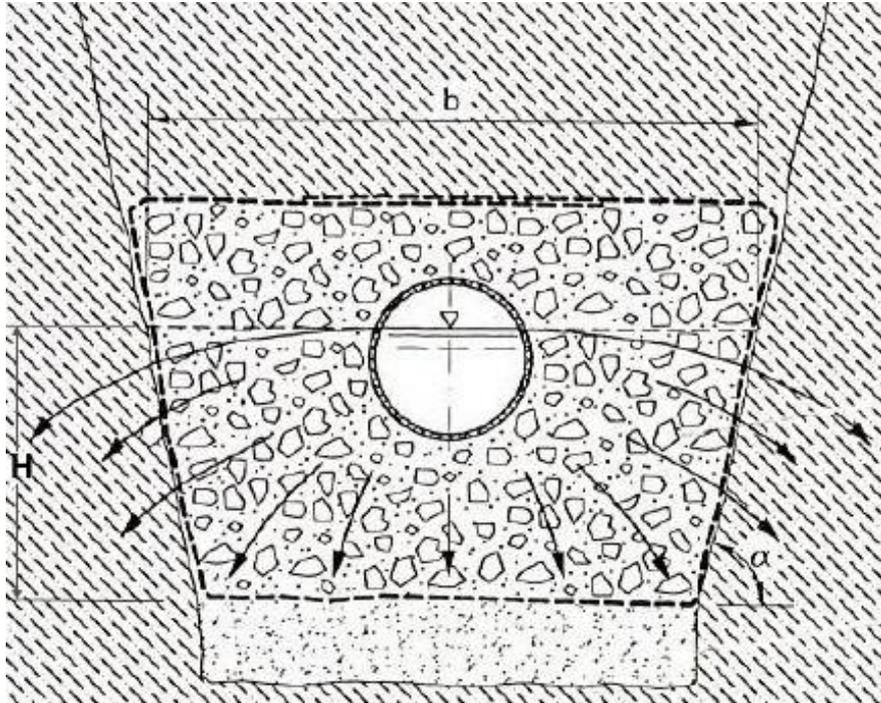
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.00$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.001000$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica a ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	557.59	600	334.556	240.000	100.500	-125.944	OK	168	OK
15	427.04	600	384.335	540.000	100.500	-256.165	OK	168	OK
20	353.40	600	424.084	720.000	100.500	-396.416	OK	168	OK
30	270.66	600	487.184	1.080.000	100.500	-693.316	OK	168	OK
45	207.29	600	559.672	1.620.000	100.500	-1.160.828	OK	168	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 120.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 150.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.00

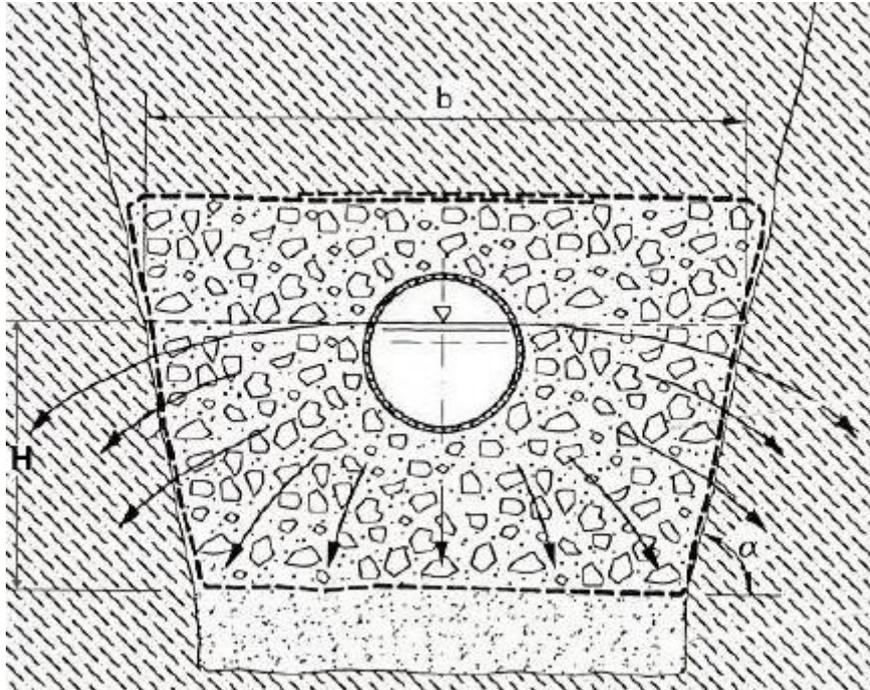
b (larghezza liquida) [m] = 2.00

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	120.00	600.00	72.000	360.000	100.500	-388.500	OK	168	OK

- **Trincea drenante (B_A2_2)**

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.50$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 12887.84$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 120.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 0.500$$

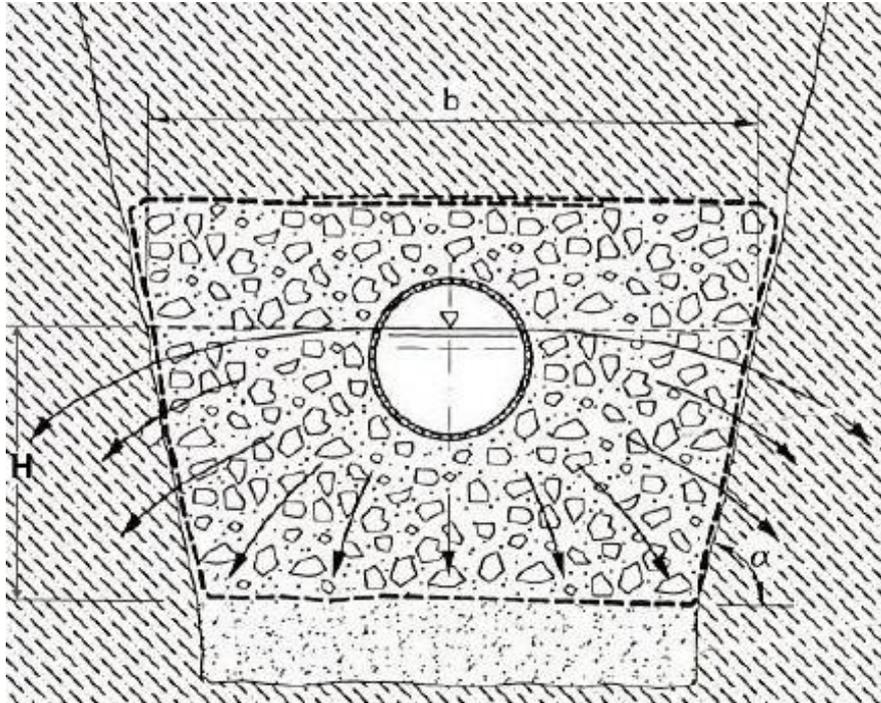
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.00$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.001000$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	345.00	360	207.000	216.000	44.400	-53.400	OK	123	OK
15	264.22	360	237.799	324.000	44.400	-130.601	OK	123	OK
20	218.66	360	262.393	432.000	44.400	-214.007	OK	123	OK
30	167.46	360	301.435	648.000	44.400	-390.965	OK	123	OK
45	128.25	360	346.285	972.000	44.400	-670.115	OK	123	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 120.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 120.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 0.500

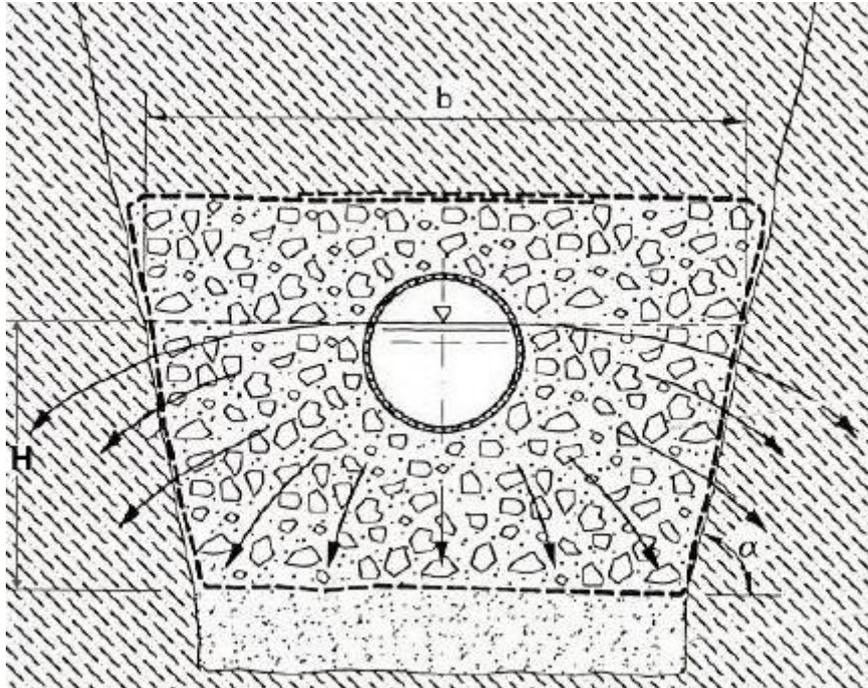
b (larghezza liquida) [m] = 2.00

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 60 di 79
---	---	--

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	120.00	360.00	72.000	216.000	44.400	-188.400	OK	123	OK

- **Trincea drenante (B_A2_4)**

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.64$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 14455.28$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 130.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.000$$

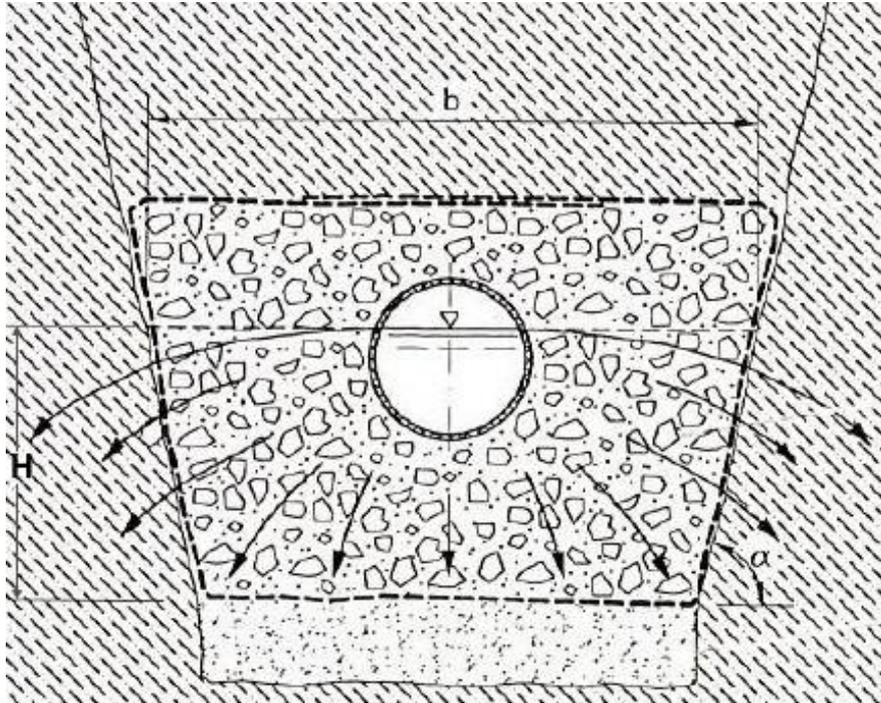
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.000$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.001000$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	495.31	520	297.185	312.000	87.100	-101.915	OK	168	OK
15	379.34	520	341.403	468.000	87.100	-213.697	OK	168	OK
20	313.93	520	376.711	624.000	87.100	-334.389	OK	168	OK
30	240.42	520	432.762	936.000	87.100	-590.338	OK	168	OK
45	184.13	520	497.153	1.404.000	87.100	-993.947	OK	168	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 20.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 130.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.000

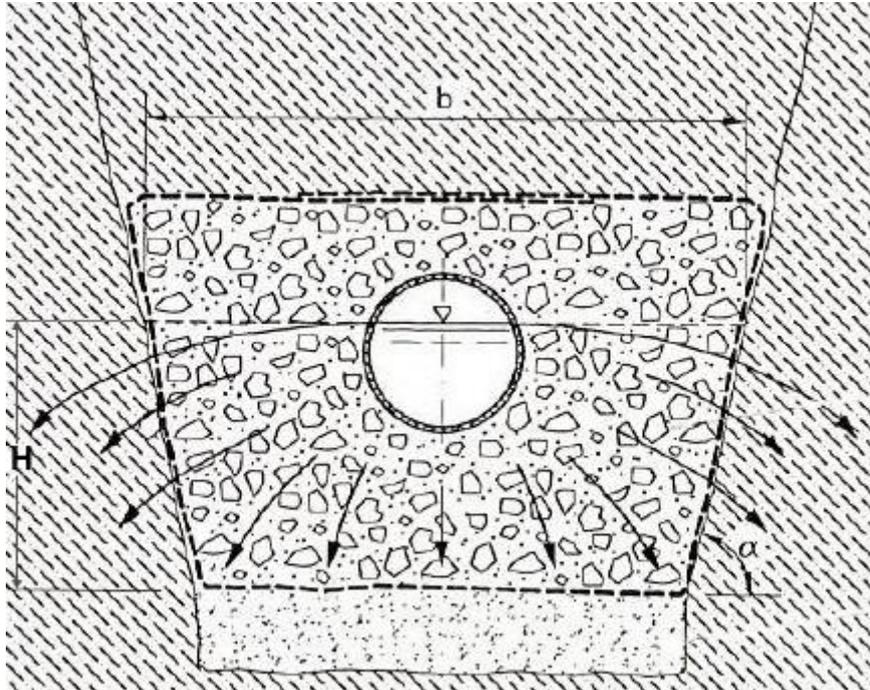
b (larghezza liquida) [m] = 2.000

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	20.00	520.00	12.000	312.000	87.100	-387.100	OK	168	OK

- *Trincea drenante (B_A2_5)*

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.31$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 16980.60$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 200.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.000$$

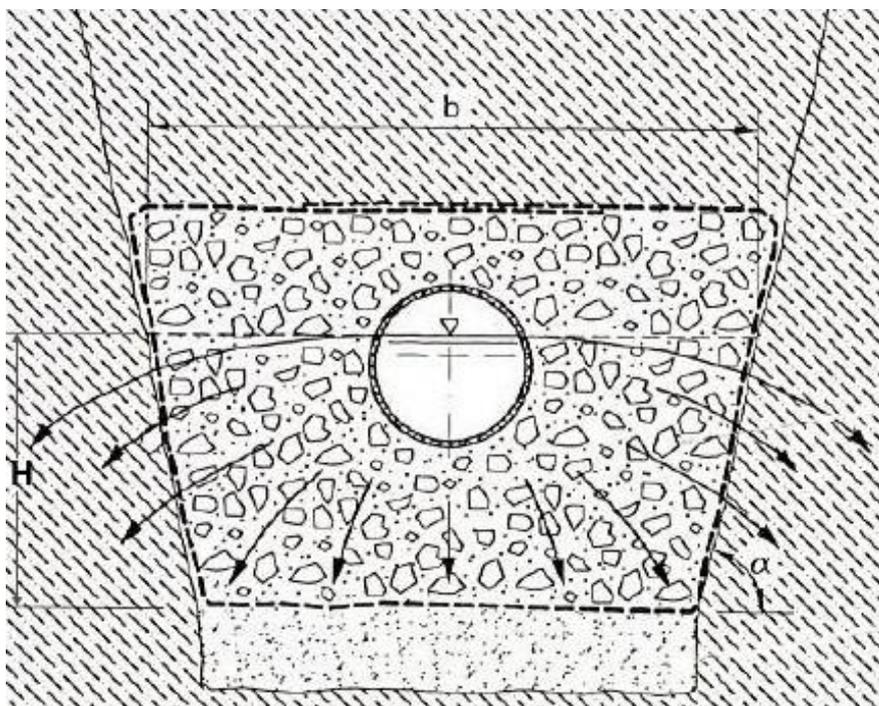
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.000$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.001000$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	281.83	80	169.096	48.000	134.000	-12.904	OK	1.68	OK
15	215.84	80	194.256	72.000	134.000	-11.744	OK	1.68	OK
20	178.62	80	214.347	96.000	134.000	-15.653	OK	1.68	OK
30	136.80	80	246.240	144.000	134.000	-31.760	OK	1.68	OK
45	104.77	80	282.878	216.000	134.000	-67.122	OK	1.68	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 210.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 200.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.000

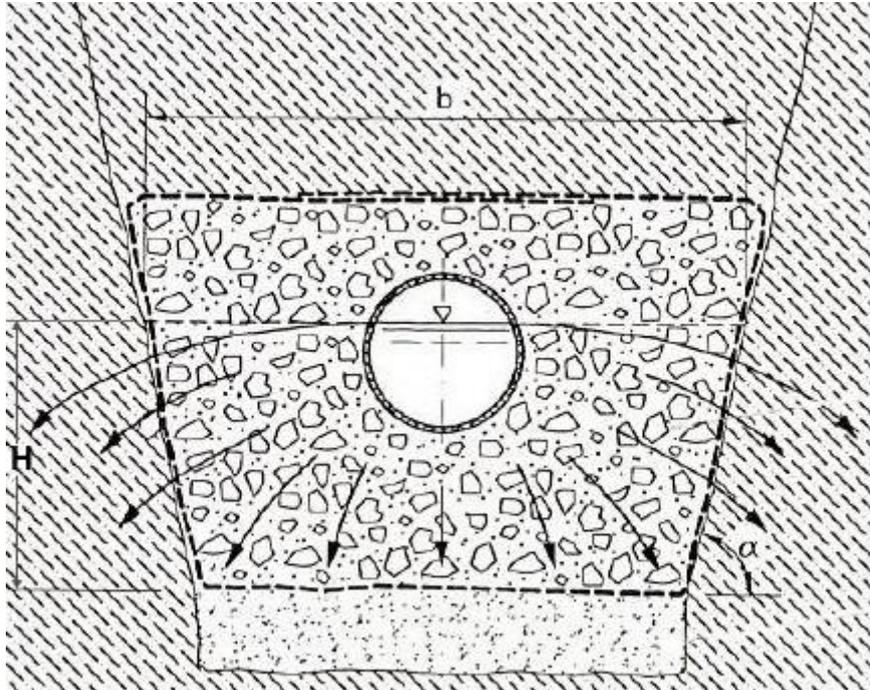
b (larghezza liquida) [m] = 2.000

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.0001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	210.00	80.00	126.000	48.000	134.000	-56.000	OK	1.68	OK

- **Trincea drenante (B_A3_2)**

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.32$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 4702.2$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 120.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.000$$

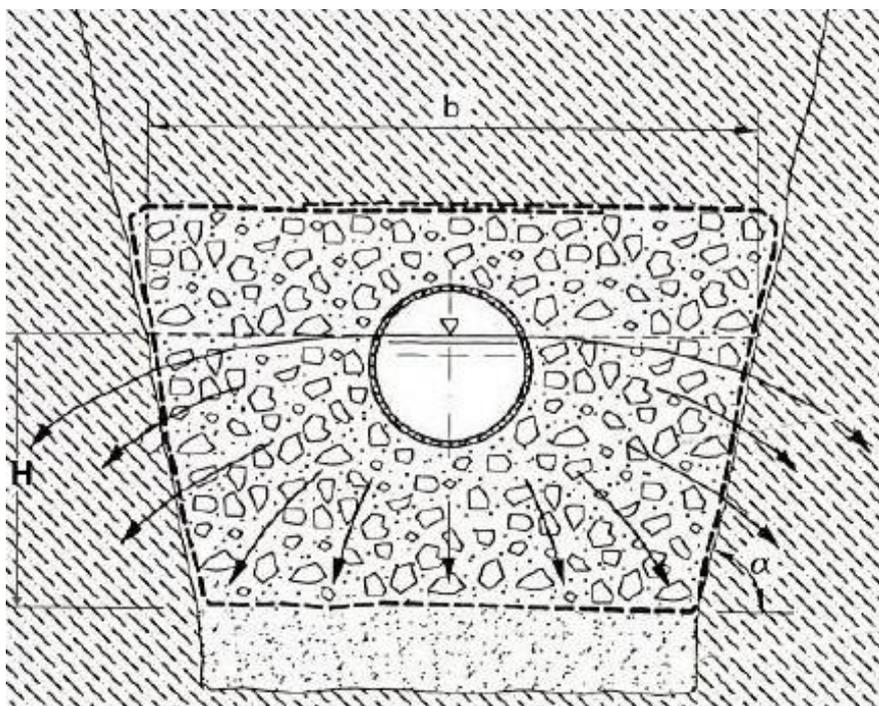
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.000$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.00001$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	80.56	4.80	48.336	2.880	80.400	-34.944	OK	16.75	OK
15	61.0	4.80	55.528	4.320	80.400	-29.192	OK	16.75	OK
20	51.06	4.80	61.271	5.760	80.400	-24.889	OK	16.75	OK
30	39.10	4.80	70.387	8.640	80.400	-18.653	OK	16.75	OK
45	29.95	4.80	80.860	12.960	80.400	-12.500	OK	16.75	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 50.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 120.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.000

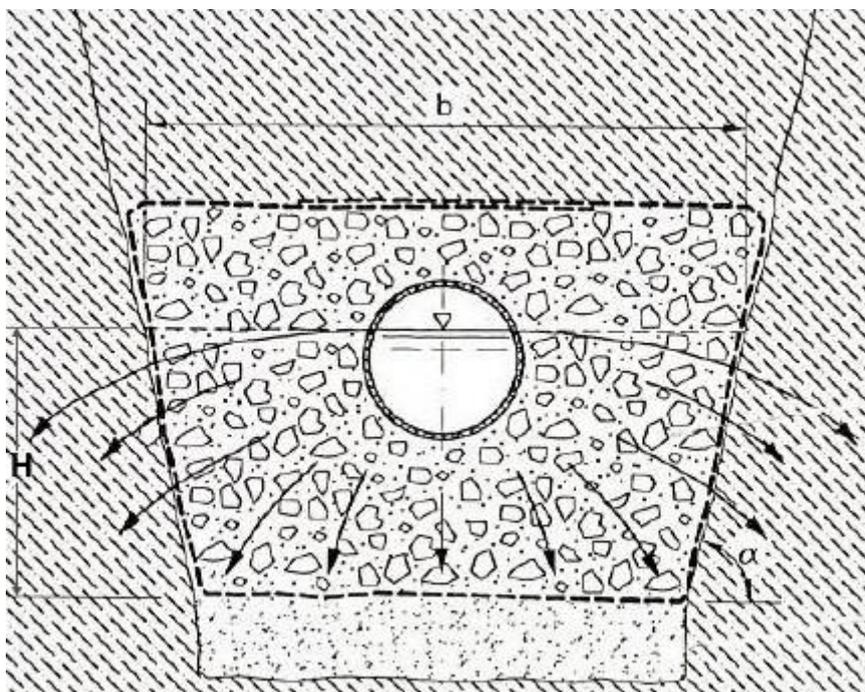
b (larghezza liquida) [m] = 2.000

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.00001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 72 di 79</p>
---	---	---

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	50.00	4.80	30.000	2.880	80.400	-53.280	OK	16.75	OK

- *Trincea drenante (B_A3_3)*

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$$a \text{ [mm/ora}^n] = 59.296$$

$$n = 0.3421$$

$$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.45$$

$$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 8446.76$$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Q_p = C_d \cdot S \cdot a \cdot t_p^{n-1}$$

essendo t_p la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$$L \text{ (lunghezza) [m]} = 150.000$$

$$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.000$$

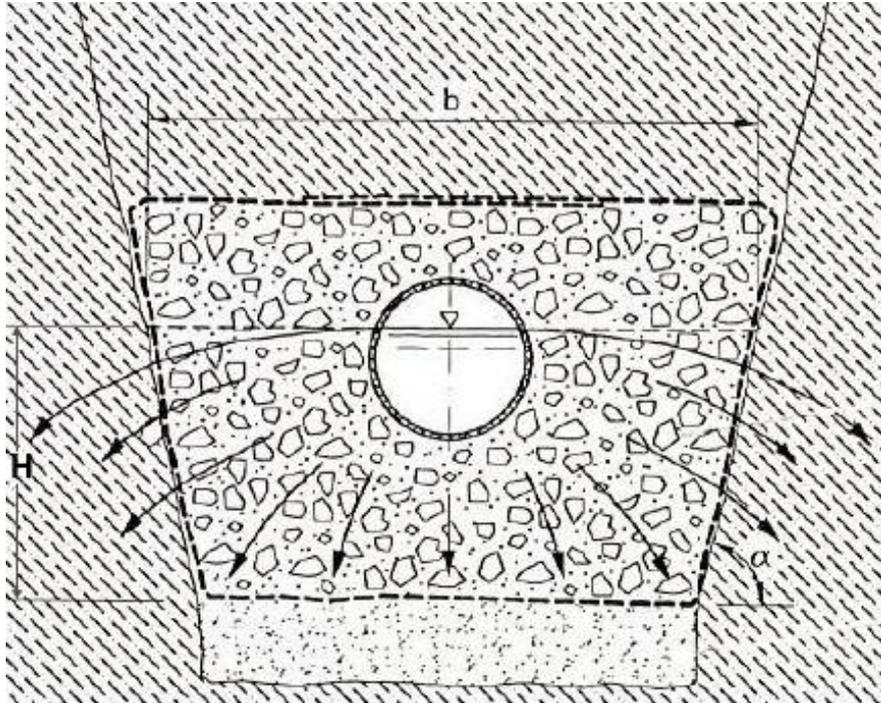
$$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.000$$

$$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.0001000$$

$$A_c \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.100$$

$$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.300$$

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	203.50	60.00	122.102	36.000	100.500	-14.398	OK	1.68	OK
15	155.86	60.00	140.270	54.000	100.500	-14.230	OK	1.68	OK
20	128.98	60.00	154.776	72.000	100.500	-17.724	OK	1.68	OK
30	98.78	60.00	177.806	108.000	100.500	-30.694	OK	1.68	OK
45	75.65	60.00	204.262	162.000	100.500	-58.238	OK	1.68	OK

Verifica con metodo della portata

Dati portata meteorica

Q_p (portata meteorica) [l/s] = 10.0

t_p (tempo di pioggia) [min] = 10.0

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

L (lunghezza) [m] = 150.000

H (altezza riferita a "b") [m] = 1.000

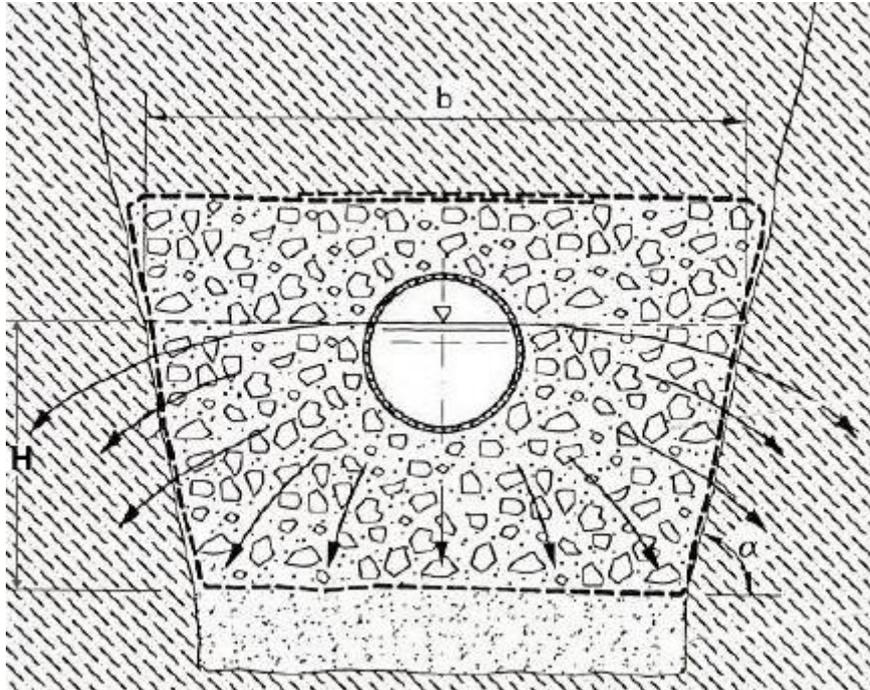
b (larghezza liquida) [m] = 2.000

K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.0001000

A_c (area invasabile dal tubo drenante) [mq] = 0.100

n (porosità del materiale di riempimento della trincea) = 0.300

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento trincea drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 76 di 79</p>
---	---	---

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	10.00	60.00	6.000	36.000	100.500	-130.500	OK	1.68	OK

Le verifiche eseguite hanno permesso di appurare che l'impianto agrivoltaico non provoca una trasformazione del suolo tale da poter determinare una impermeabilizzazione del sito, in quanto essendo sollevato da terra consente alle acque piovane di potersi infiltrare nel terreno.

Si evidenzia che il principio dell'invarianza idraulica è rispettato.

Tuttavia, affinché non si generino fenomeni depressivi sottostanti ai moduli fotovoltaici, a causa del percolamento delle acque meteoriche, è stata prevista la realizzazione di canalette drenanti.

	Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV) RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA	DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 77 di 79
---	--	--

8 METODOLOGIA DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE CON I CORPI IDRICI PER GLI ATTRAVERSAMENTI ESISTENTI

8.1 Attraversamento mediante Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C.)

Il progetto prevede, in corrispondenza dell'**interferenza 10** (con corpo idrico soggetto a vincolo paesaggistico DLgs 42/04 art 142), di superare tale criticità mediante la tecnica delle Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C), che consente di superare le aree tutelate e a pericolosità idrogeologica attraverso l'immissione dei cavi con metodologia "noding" (senza scavo). Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa secondo lo schema riportato in Figura 17.

Tale metodologia presenta due tipologie di vulnerabilità: la prima è relativa all'interferenza possibile tra le opere in "aggetto" dal piano campagna come i pozzetti di estremità la seconda è legata ai fenomeni di evoluzione degli alvei naturali che possono presentare escavazioni al fondo, localizzate o diffuse.

La suddetta tecnica di installazione sarà anche adottata per la risoluzione dell'interferenza del cavidotto con l'areale "PG3-Pericolosità Geomorfologica Moderata" del PAI come citato al paragrafo 3.1.1 della presente relazione.

Infatti, una volta realizzato l'attraversamento, questo viene completato con due pozzetti in calcestruzzo armato, uno di monte e l'altro di valle, in corrispondenza delle estremità del contro tubo. La verifica alla vulnerabilità è soddisfatta posizionando tali pozzetti al di fuori delle fasce del rischio individuate in corrispondenza di un periodo di ritorno di 200 anni e comunque esternamente alla fascia di rispetto individuata dal P.A.I. agli artt. 6 e 10 di 75 m in destra idraulica e 75 m in sinistra idraulica. Il superamento della vulnerabilità legata all'erosioni in corrispondenza della tubazione è ottenuto posizionando la profondità di posa a quota maggiore delle massime escavazioni previste in fase delle piene, dette di modellamento, dell'alveo.

In tali sezioni la profondità di posa della TOC è di circa 20 m, in funzione della profondità della frana, o del complesso di frane, che ivi si realizzano.

Tali profondità sono sicuramente tali da non essere raggiunte da erosioni d'alveo localizzate o diffuse che possono verificarsi in corrispondenza di dinamiche d'alveo.

Pertanto appare superfluo condurre un'analisi di stabilità morfologica d'alveo.

RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA



Figura 18: Schema delle fasi operative per la realizzazione della tubazione tramite T.O.C.

	<p align="center">Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV LACEDONIA", di potenza pari a 34,406 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Lacedonia (AV) e Bisaccia (AV)</p> <p align="center">RELAZIONE IDRAULICA E IDROLOGICA</p>	<p align="center">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 79 di 79</p>
---	---	--

9 CONCLUSIONI

Nello studio su esposto e negli elaborati allegati, Appendice A e Appendice B, si è proceduto alla verifica di dettaglio dello stato di fatto valutando per ogni asta fluviale le aree di pericolosità definite come alta, elevata e media.

Dallo studio condotto si conclude precisando che:

- L'area del parco agrivoltaico si sviluppa nelle aree limitrofe a zone mappate a potenziale rischio alluvione e, pertanto, è stata condotta l'analisi mediante modellazione idraulica con software Hec-Ras. Dall'analisi idraulica, condotta a mezzo software per i periodi di ritorno considerati di 30 e 200 anni, l'area del parco risulta non soggetta a rischio idraulico.
- Per quanto riguarda il cavidotto saranno adottate tutte le cautele nello scavo e nel ripristino con la chiusura dello scavo, durante la fase di realizzazione, immediata dopo la posa del cavo. Nel tratto di interferenza con gli attraversamenti la cui soluzione progettuale prevista è a mezzo T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) pertanto anche nelle condizioni peggiori, collegate a tempi di ritorno pari a duecento anni, gli effetti a cui sono soggetti i corsi d'acqua, che interferiscono con il cavidotto, non avranno ripercussioni sugli elementi di progetto interferenti.