

Provincia di ENNA - Comune di ENNA



OGGETTO REVISIONE

Committente:

X-ELIO

X-ELIO ENNA 2 S.r.l.

Corso Vittorio Emanuele, 349

00186 Roma

P.IVA.: 17129771006

www.x-elio.com

Sviluppo e Progettazione esecutiva:



GEOSTUDIOGROUP S.T.P. - S.R.L.

GEOSTUDIOGROUP STP S.r.l.

Via Dott. Lino Blundo n.3

97100 Ragusa (RG)

P.IVA.:01635940883

www.geostudiogroup.net

OPERA:

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "ENNA 2" della potenza di 42 MW in A.C. e 50 MWp in D.C. con sistema di accumulo integrato da 21 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Enna (EN).

UBICAZIONE IMPIANTO

**Contrada Salsello
Enna (EN)**

DATA:

08/08/2023

SCALA:

-

TITOLO: **Relazione invarianza idraulica**

Progettista

Ing. Salvatore Camillieri

ANALISI GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA E VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA DELL'AREA SU CUI INSISTE L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN PROGETTO, DENOMINATO "ENNA 2", DA INSTALLARE IN CONTRADA SALSELLO DEL COMUNE DI ENNA (EN)

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Premessa..... | 2 |
| 2 | Inquadramento territoriale e descrizione sintetica del progetto..... | 2 |
| 3 | Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico del settore indagato..... | 5 |
| 3.1 | Inquadramento geologico | 5 |
| 3.2 | Inquadramento geomorfologico | 9 |
| 3.3 | Inquadramento idrogeologico..... | 14 |
| 4 | VERIFICA DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA..... | 17 |
| 4.1 | Premessa e stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam | 17 |
| 4.2 | Valutazione dell'invarianza idrologico-idraulica delle aree oggetto di intervento (in accordo ai par. A2 e A4 della D.D.G. 102/2021)..... | 20 |
| 5 | CONCLUSIONI | 47 |

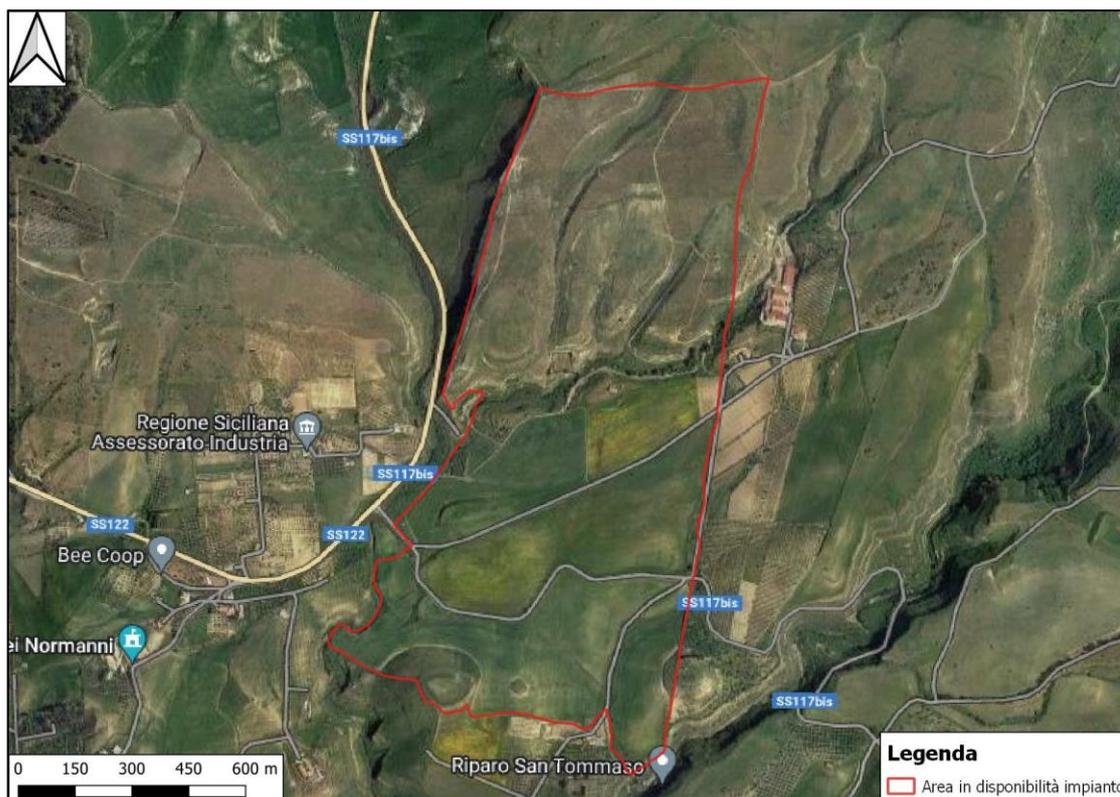


Figura 2 Ubicazione impianto – Inquadramento territoriale su scala ristretta da Google Earth

Nel suo complesso, il campo fotovoltaico sarà costituito dai seguenti componenti principali:

1. Fascia arborea con coltivazioni endemiche per il mascheramento visivo;
2. Recinzione metallica e cancello d'ingresso;
3. Viabilità interna;
4. Cabine di raccolta;
5. Cabine trasformatore;
6. Cabine inverter;
7. Cabine batteria;
8. Cabine utente;
9. Cabine di consegna;
10. Strutture fisse;
11. Trackers monoassiali;

Si riporta di seguito un'immagine estratta dagli elaborati progettuali esemplificativa dello schema di impianto in progetto.

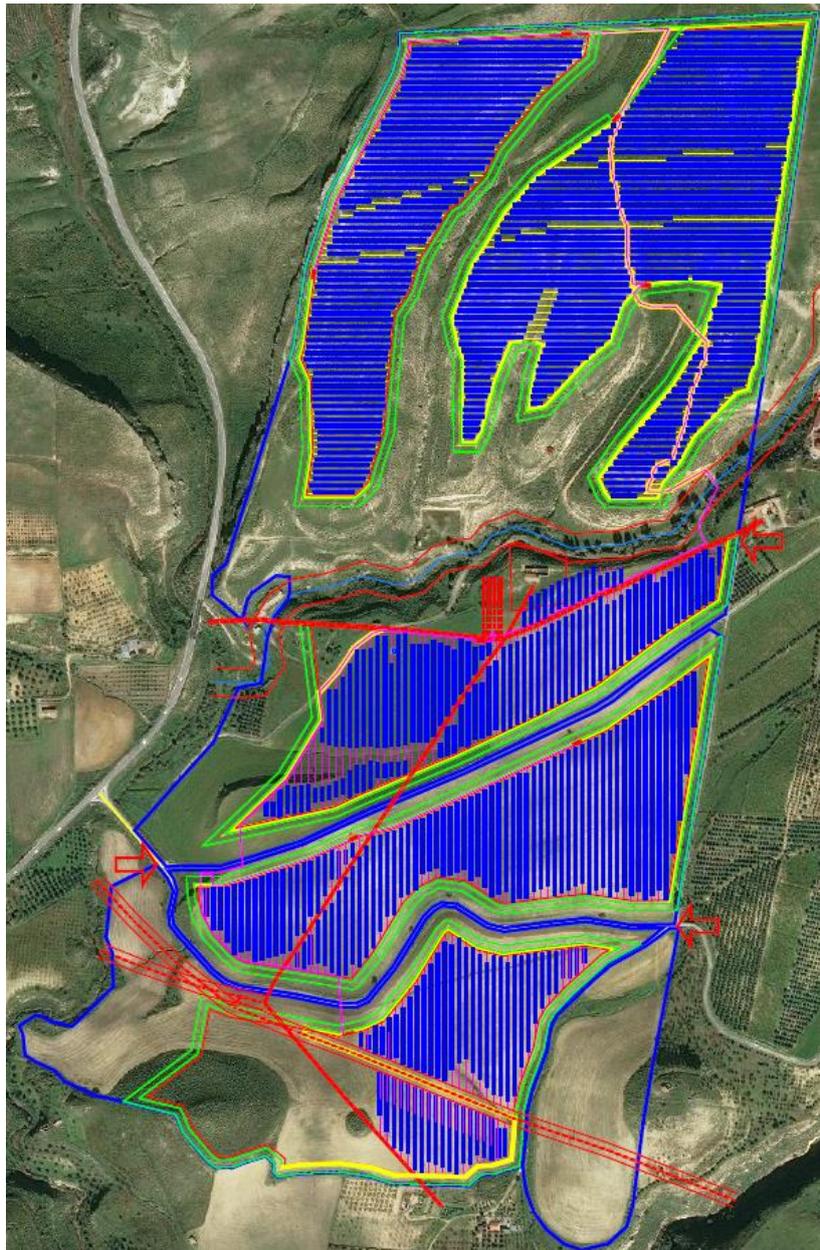


Figura 3 Componenti dell'impianto – Estratto dall'elaborato progettuale "Layout impianto"

3 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico del settore indagato.

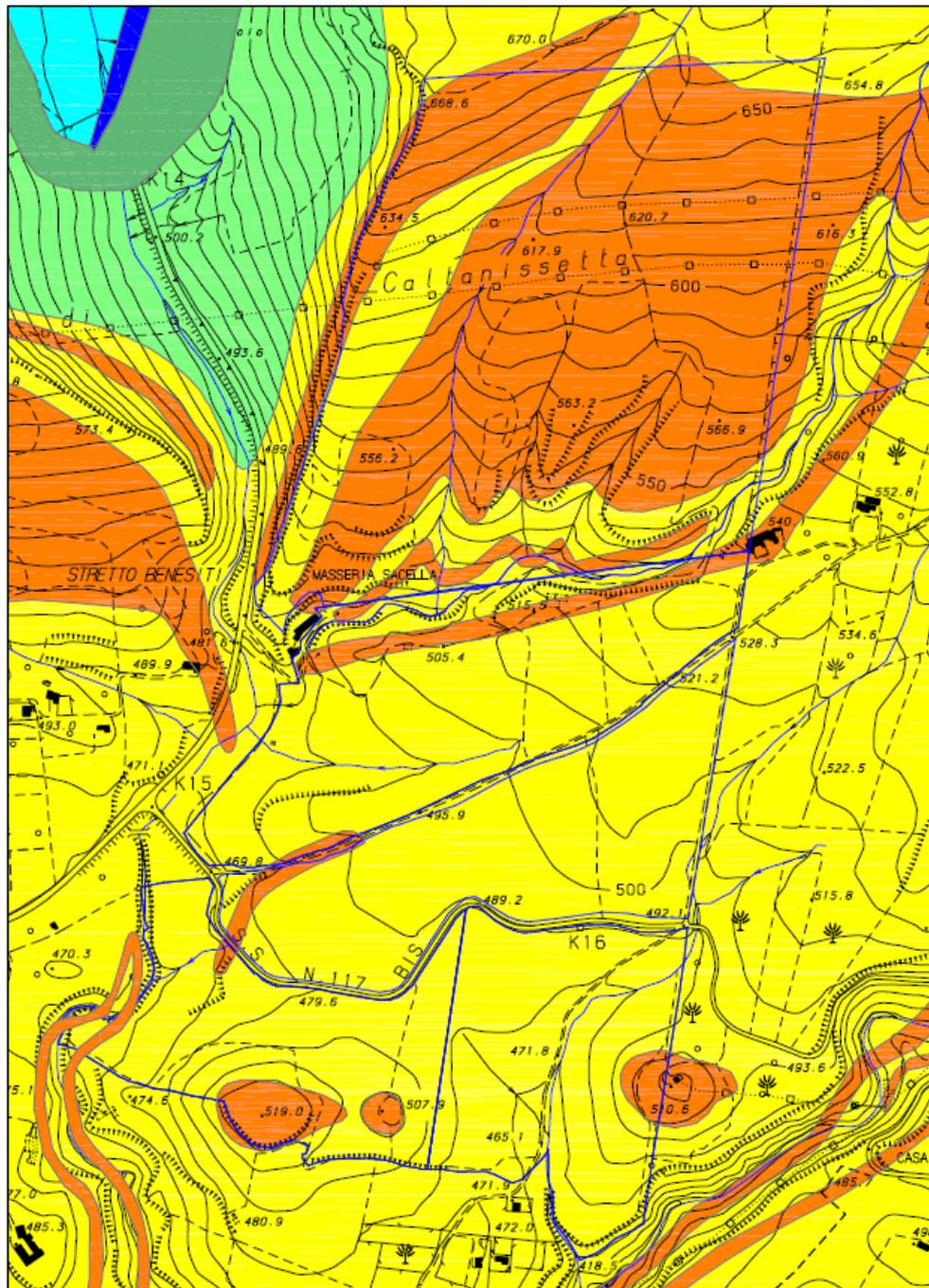
3.1 Inquadramento geologico

La geologia della provincia di Enna è essenzialmente rappresentata da una serie di termini litostratigrafici ascrivibili ad un intervallo di tempo che va dal Cretaceo superiore al Pleistocene. In particolare, nell'intorno dell'area in esame si riscontrano la formazione delle argille scagliose del Cretaceo, i terreni argillo-sabbiosi tortoniani, i termini della serie "Gessoso-Solfifera", ed i depositi pliocenici e pleistocenici trasgressivi.

Si osservano, infine, vaste coperture recenti costituite da depositi detritici, da terrazzi alluvionali ed infine da discariche di origine antropica (rosticci di antiche miniere di zolfo).

I terreni affioranti nell'area di c.da Salsello sono essenzialmente riconducibili alle Calcareniti e sabbie di Capodarso (Ps). Tale formazione è costituita da una serie di lenti calcarenitiche, separate da strati di sabbie e argille sabbiose, sovrapposte e sfalsate a guisa di "tegole". Le singole lenti di colore giallastro, mostrano stratificazione incrociata, passaggio graduale a sabbia e sabbia siltosa verso il basso e passaggio brusco ad argille siltose verso l'alto.

Si riportano di seguito degli stralci dalle carte geologica e pedologica di progetto



| | |
|---|---|
|  | Alluvioni terrazzate (pleistocene sup.) |
|  | Calcareniti e sabbie di Capodarso (Pliocene sup.) |
|  | Marne di Enna (Pliocene med.) |
|  | Trubi (Pliocene inf.) |
|  | Gessi (Messiniano) |

Figura 4 Estratto dalla "Carta geologica" di progetto

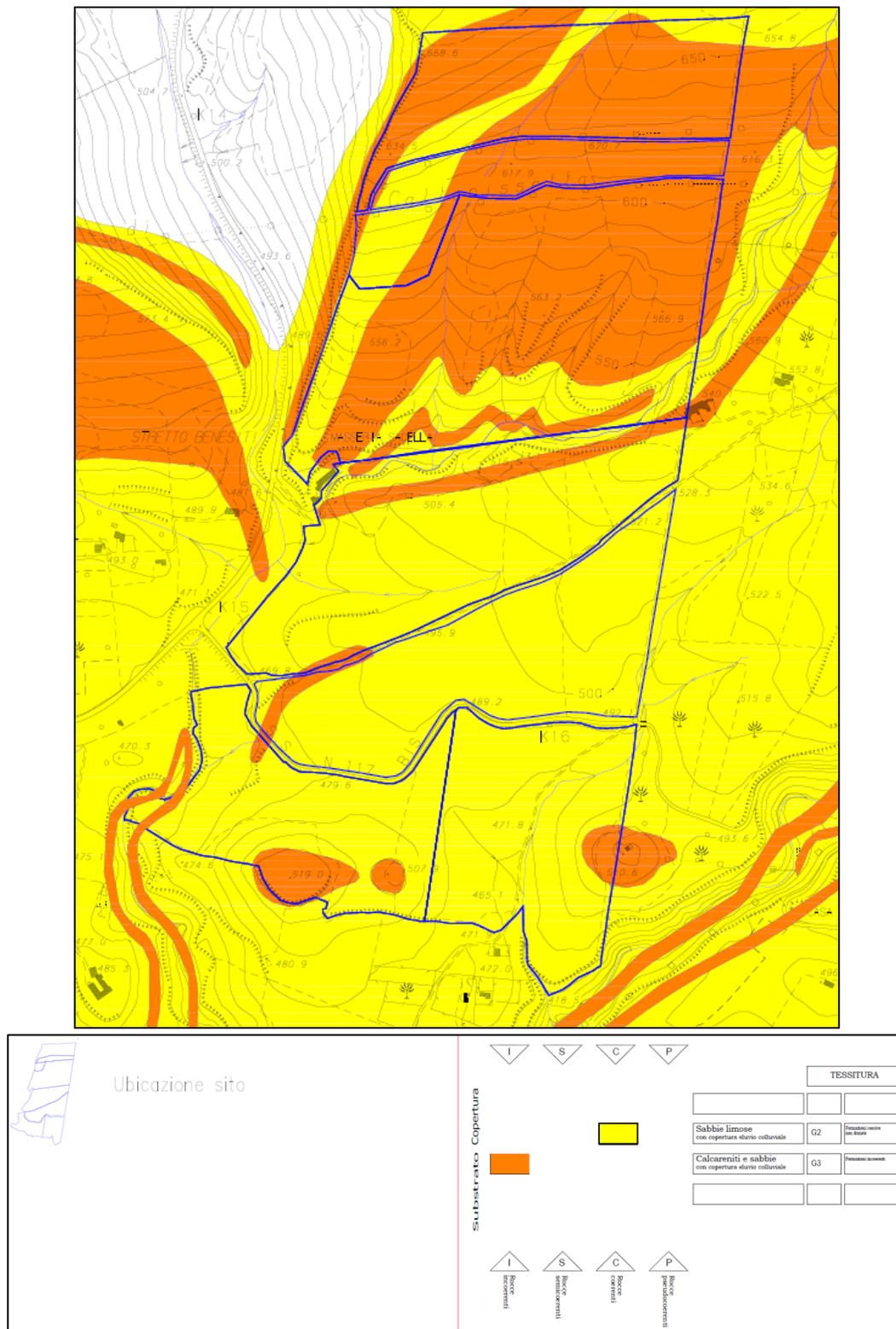


Figura 5 Estratto dalla "Carta pedologica" di progetto

Anche dall'effettuazione dei sondaggi, la varietà delle stratificazioni e delle tessiture interne alla Formazione di Capodarso vengono sicuramente evidenziate e confermate.

Da un punto di vista strutturale le formazioni affioranti nell'area in studio sono state interessate da una serie di fasi compressive che ha riguardato tutta la Sicilia centro orientale dal Miocene medio fino al Pliocene inferiore, causando ricoprimenti tettonici e numerose faglie inverse che meglio si

evidenziano nelle formazioni rocciose; in particolare in corrispondenza della zona oggetto di studio non si evidenziano strutture di tipo tettonico.

Sono stati effettuati n.20 sondaggi, la cui ubicazione è indicata nell'immagine seguente (perforazioni dalla n.1 alla n.14 in Area Sud tutti profondi 10,0 m dal p.c. e dalla n.15 alla n.20 in Area Nord, tutti approfonditi fino a 5,0 m dal p.c.).

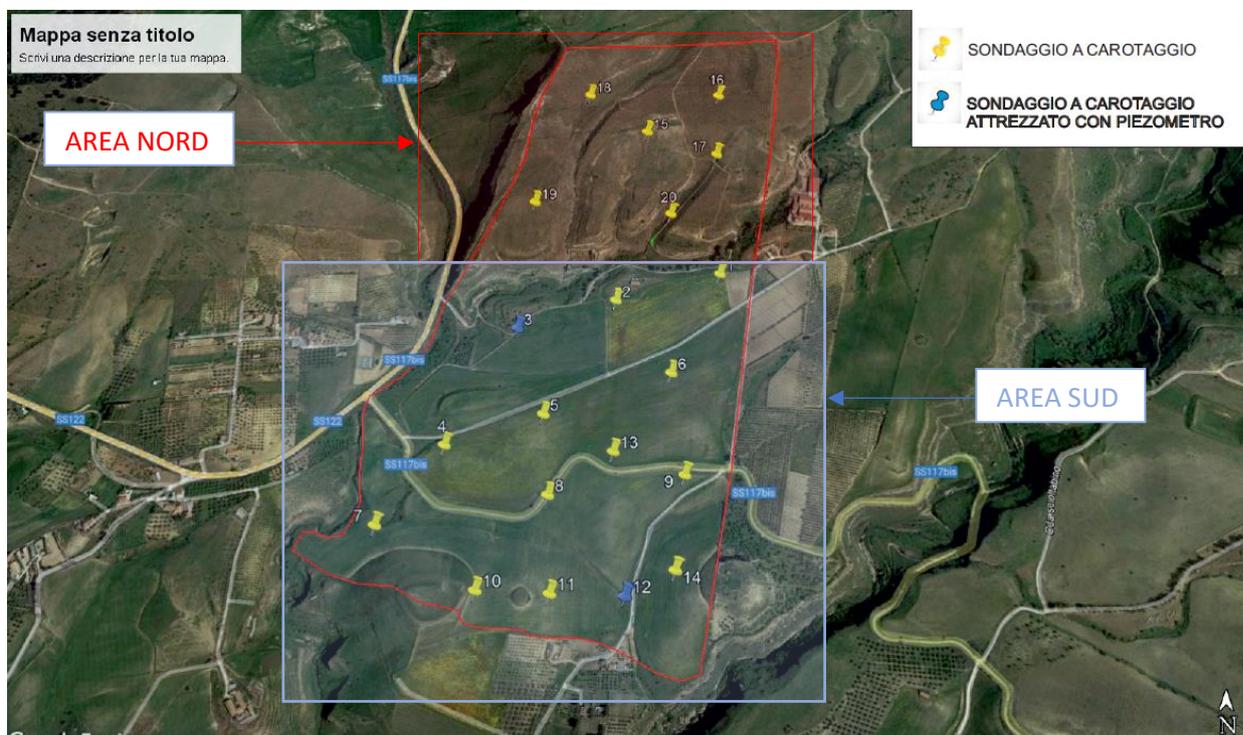


Figura 6 Ubicazione sondaggi diretti – In rosso "Area Nord", in azzurro "Area Sud"

Si fa distinzione tra Area Nord ed Area Sud in quanto la stratigrafia e, quindi, le caratteristiche geologico tecniche che ne derivano hanno caratteristiche diverse ed il loro comportamento meccanico e fisico varia anche sulla base delle condizioni geomorfologiche ed idrografiche/idrogeologiche presenti.

Si riportano di seguito le caratteristiche geologico tecniche fondamentali per ciascuna delle due aree.

Area Nord

La colonna stratigrafica di dettaglio (dal sondaggio n. 15 al n. 20, tutte spinte a profondità di 5,0 m) presente nell'Area Nord è la seguente:

- Suolo agrario o terreno superficiale (contrassegnate con Ts) a granulometria sabbioso-limoso avente spessore da 0,4 m (sondaggio n. 15 e n. 16) a spessore esigui o addirittura mancante nel sondaggio n. 20;
- Calcareniti di colore giallastro (contrassegnate con Cl), a volte passanti al colore grigio, con decementificazione variabile sia nei differenti sondaggi che a profondità differenti; lo spessore è variabile i 0,4 m del sondaggio n. 15, fino ai 4,6 m o i 3,0 m rispettivamente del sondaggio n. 19 e n. 20;

- Sabbie limose di colore bruno giallastro (contrassegnate con SI) avente spessore di circa 1,5 m presenti solo nel sondaggio n. 15;
- Sabbie di colore giallastro (contrassegnate con S) con intercalazioni decimetriche di calcarenitidi colore giallastro o bruno giallastro avente spessore variabile da 2,4 m nel sondaggio n. 15 e variabili intorno al metro o poco più nei sondaggi n. 16, 18 e 20, con totale mancanza nel sondaggio 17 e 19;
- Calcareniti di colore grigio giallastro (contrassegnate con CI) con orizzonti decimetrici di calcareniti decementate di colore giallastro deposto in continuità con il termine simile descritto precedentemente oppure a chiusura delle perforazioni.

Area Sud

La colonna stratigrafica di dettaglio (dal sondaggio n. 1 al n. 14, tutti spinti a profondità di 10,0 m) presente nell'Area Sud è la seguente:

- Suolo agrario o terreno superficiale (contrassegnate con Ts) a granulometria sabbioso-limosa avente spessore da 0,8 m (sondaggio n. 1 e n. 2) a spessore esigui o addirittura mancante come nel sondaggio n. 7;
- Sabbie limose, di colore da giallo a beige, e limi sabbiosi passanti a sabbie limose - il cui contenuto è variabile nei vari carotaggi - di colore bruno, bruno giallastro e, ancora, bruno marrone (contrassegnate con Ss, Ls-SI, Ls, L-Ls, SI, SII) a volte contenenti orizzonti calcarei (sondaggio n. 3) concrezioni carbonatiche (sondaggio n. 5) o litici centimetrici (sondaggi n. 7, n. 9 e n. 12); lo spessore complessivo è variabile da 2,5 m, nei sondaggi n. 3 e n. 4, 3,5 m/5,0 m nei sondaggi n. 9, n. 5, n. 6, n. 11, n. 12 e n. 14, da 5,5 m/6,5 m nel sondaggio n. 1, n. 2, n. 8, n.10 e n. 13, mentre nel sondaggio n. 7 lo spessore è di 10 m;
- Calcareniti organogene di colore grigiastro e nel sondaggio n. 4 anche bruno giallastre, spesso con fratturazione variabile, (contrassegnate con CI), con decementificazione variabile sia nei differenti sondaggi che a profondità differenti; lo spessore, quando presente, è variabile intorno ad 1,0 m del sondaggio n. 12 e n. 3, da 2,5 m a 4,5 m rispettivamente nel sondaggio n. 2 e n. 9, fino ai 7,0 m del sondaggio n. 7;
- Argille sabbiose di colore grigio o debolmente marnose (contrassegnate con As o Am) di colore giallastro con orizzonti di argille sabbiose dello stesso colore e di color grigio e con possibilità di orizzonti centimetrici e/o decimetrici di sabbia; la loro presenza è sempre a fondo foro e lo spessore, quando presente, varia da 1,5 m/3,0 m nel sondaggio n. 2, n. 8 e n.10 a 4,5 m nel sondaggio n. 11;

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il settore analizzato presenta orografia collinare, con inclinazione molto dolce nella porzione a sud (pendenze comprese tra 0° e 4°), ad esclusione di n.3 rilievi isolati, e inclinazioni leggermente più severe nella porzione nord (pendenze che superano i 30° in corrispondenza delle scarpate dei rilievi presenti). La quota dell'impianto si attesta tra i 460 e i 660 m s.l.m..

Si riportano di seguito n.2 immagini elaborate in ambiente GIS che rappresentano la carta dell'elevazione e delle pendenze, da cui sono facilmente individuabili le incisioni fluviali presenti.

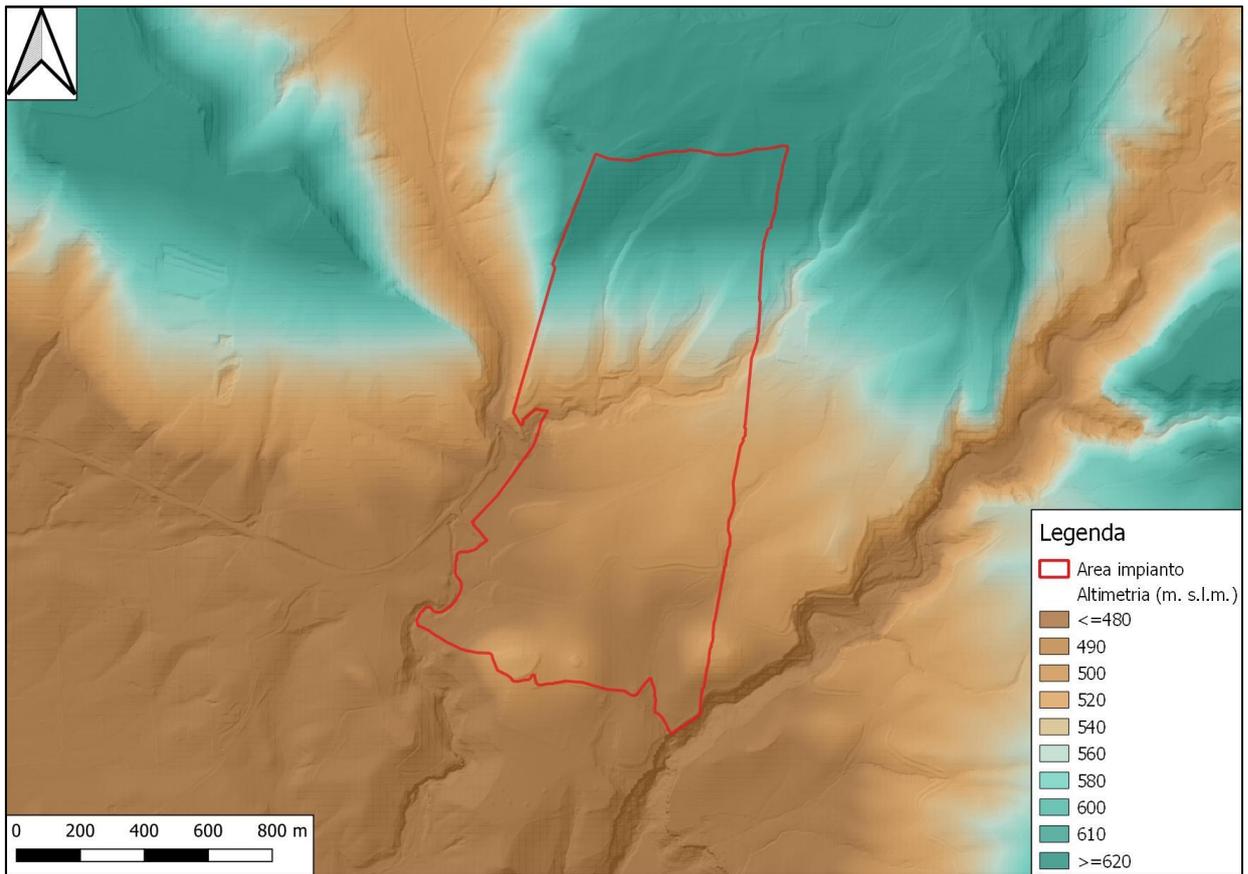


Figura 7 Carta dell'elevazione

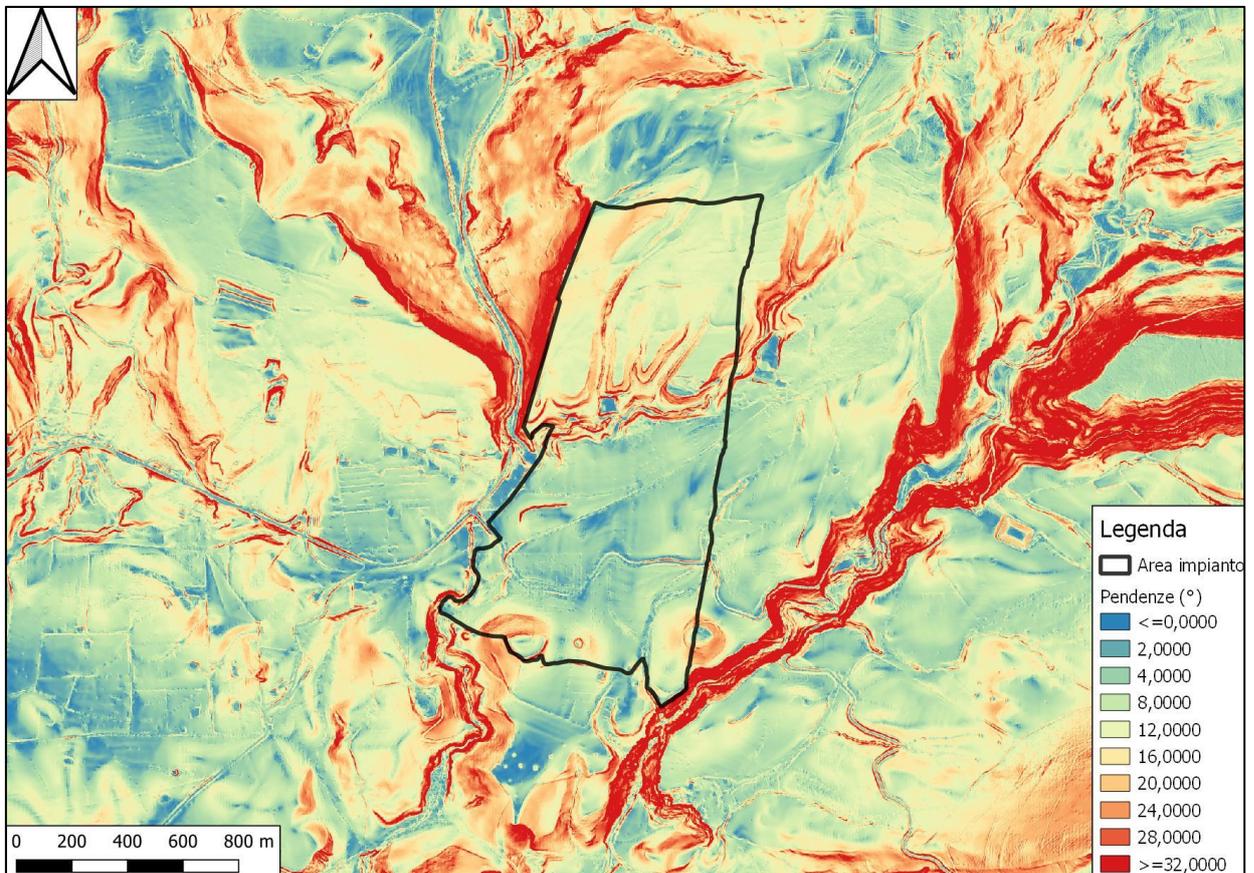


Figura 8 Carta delle pendenze

L'area in esame drena verso sud, in direzione del Vallone Cateratta, immissario del Torrente o Fiume Torcicoda. L'intera area fa parte del bacino idrografico ed idrogeologico del Fiume Salso.

Le formazioni affioranti nelle particelle sito dell'intervento possono essere divise in base al grado di coerenza in:

- rocce coerenti, che presentano un buon grado di compattezza e rigidità (calcareniti)
- rocce incoerenti, che sono sciolte e con coesione assente o residua (sabbie).

Nella zona in esame, per quanto attiene le forme più diffuse di degradazione del reticolo idrografico più o meno superficiale ed i rispettivi processi generatori, distinguiamo, essenzialmente, i fossi di ruscellamento concentrato ed impluvi con ruscellamento diffuso.

I fossi corrispondono ad impluvi del reticolo idrografico lungo i quali confluiscono le acque di un bacino montano, che attivano una forma di erosione lineare concentrata che incide con maggiore intensità le rocce molto erodibili (rocce lapidee disgregate/alterate, rocce marnoso-argillose, le coperture detritiche).

In caso di pioggia battente e/o critica, in considerazione del fatto che hanno aste di lunghezza limitata, che si sviluppano lungo linee di massima pendenza con marcato dislivello, manifestano tempi di corrivazione pressoché istantanei e bassa capacità di erosione e di trasporto solido.

Il processo di ruscellamento diffuso è attivo in condizioni di piogge battenti, ossia quando il coefficiente di deflusso istantaneo è molto maggiore del coefficiente di infiltrazione. È favorito dall'estensione, dall'acclività e dalla morfologia del versante, che presenta superfici topografiche spoglie di vegetazione ed in stato di degrado e di abbandono antropico.

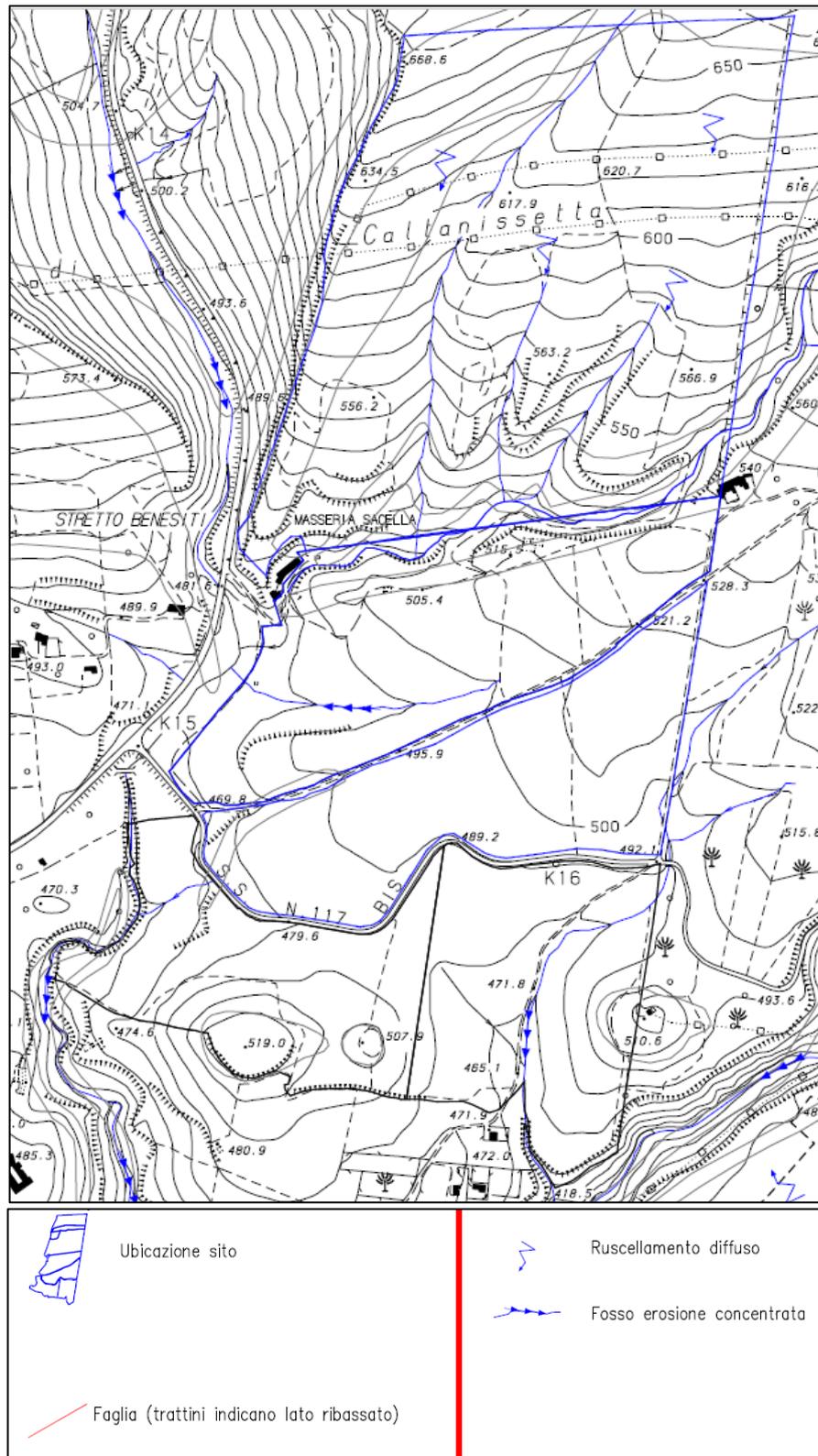


Figura 9 Estratto dalla "Carta geomorfologica" di progetto

Dal punto di vista della pericolosità geomorfologica, l'impianto risulta ricadere in un'area con "grado di pericolosità basso".

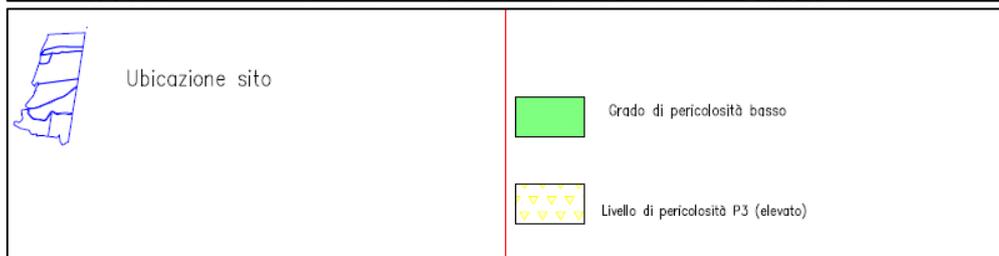
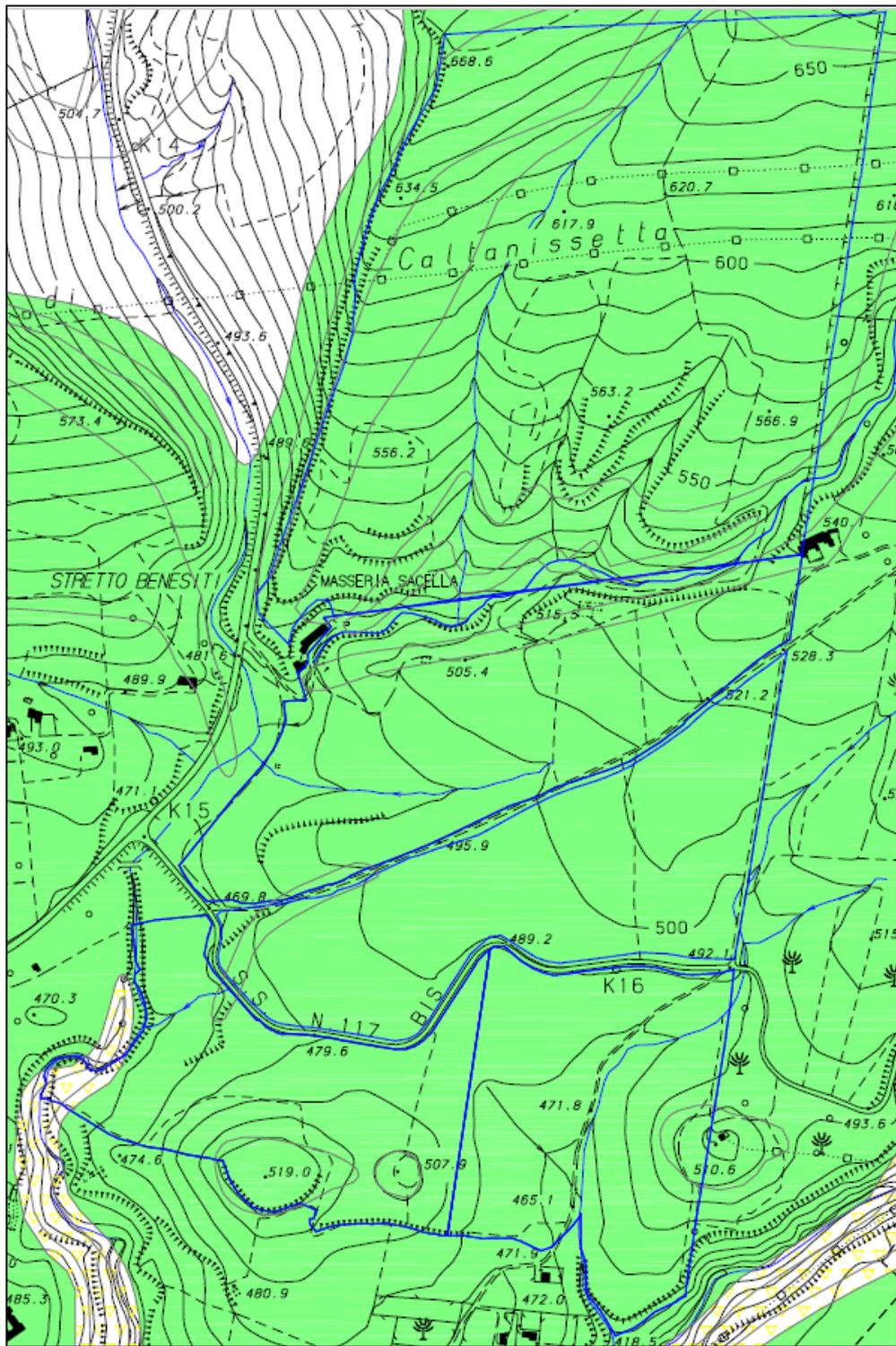


Figura 10 Estratto dalla "Carta di pericolosità geomorfologica" di progetto

3.3 Inquadramento idrogeologico

L'area in esame fa parte del bacino idrogeologico del Fiume Salso. L'assetto idrogeologico della zona esaminata è costituito essenzialmente dai terreni permeabili per porosità rappresentati dalle sabbie di Capodarso e da terreni permeabili per fessurazione rappresentati dalle calcareniti della stessa Formazione. Alle sabbie possono associarsi valori di permeabilità media, a secondo della percentuale di elementi limosi contenuti e del grado di cementazione.

I terreni permeabili per fessurazione generalmente elevata sono rappresentati dalle calcareniti; questi terreni sono permeabili principalmente per fessurazione e subordinatamente, in alcuni casi, per porosità. Nel caso delle calcareniti è legata, anche, alla frequenza estensione dei sistemi di fratture che generalmente interessano i singoli banchi e livelli calcarei.

L'acquifero del fiume Torcicoda presenta delle risorse idriche alquanto ridotte a causa dell'esiguo spessore dei sedimenti. La scarsa presenza di copertura alluvionale lungo l'alveo indica la prevalente azione erosiva e di trasporto esercitata dalle acque che vi scorrono.

Per quanto riguarda la presenza di acqua nell'area in progetto, due sondaggi sono stati armati con piezometro: il n. 12 ed il n.3. Il sondaggio n.3, spinto fino alla profondità di 10 m, non ha presentato alcun rinvenimento di acque; l'assenza di eventuali acque sembra, altresì, confermata dalle risultanze delle tomografie elettriche che mostrano resistività via via crescenti in profondità.

Nel sondaggio 12 è stata rinvenuta la presenza di falda a circa 4,0 m dal p.c., all'interno delle Calcareniti di colore giallastro fratturati associati ad orizzonti decimetrici di sabbie debolmente limose dello stesso colore (Sigla di rif: Cl); tale stratigrafia si rinviene anche nel sondaggio n. 9.

Pertanto, queste condizioni locali, unitamente alla vicinanza del torrente di appartenenza, fanno pensare alla presenza di una falda superficiale intorno ai 4,00 m dal p.c. Dopo quest'analisi si può affermare che l'assetto idrogeologico dell'area in esame è tale da consentire, al suo interno, il reperimento di risorse idriche sfruttabili sia per uso potabili che irriguo.

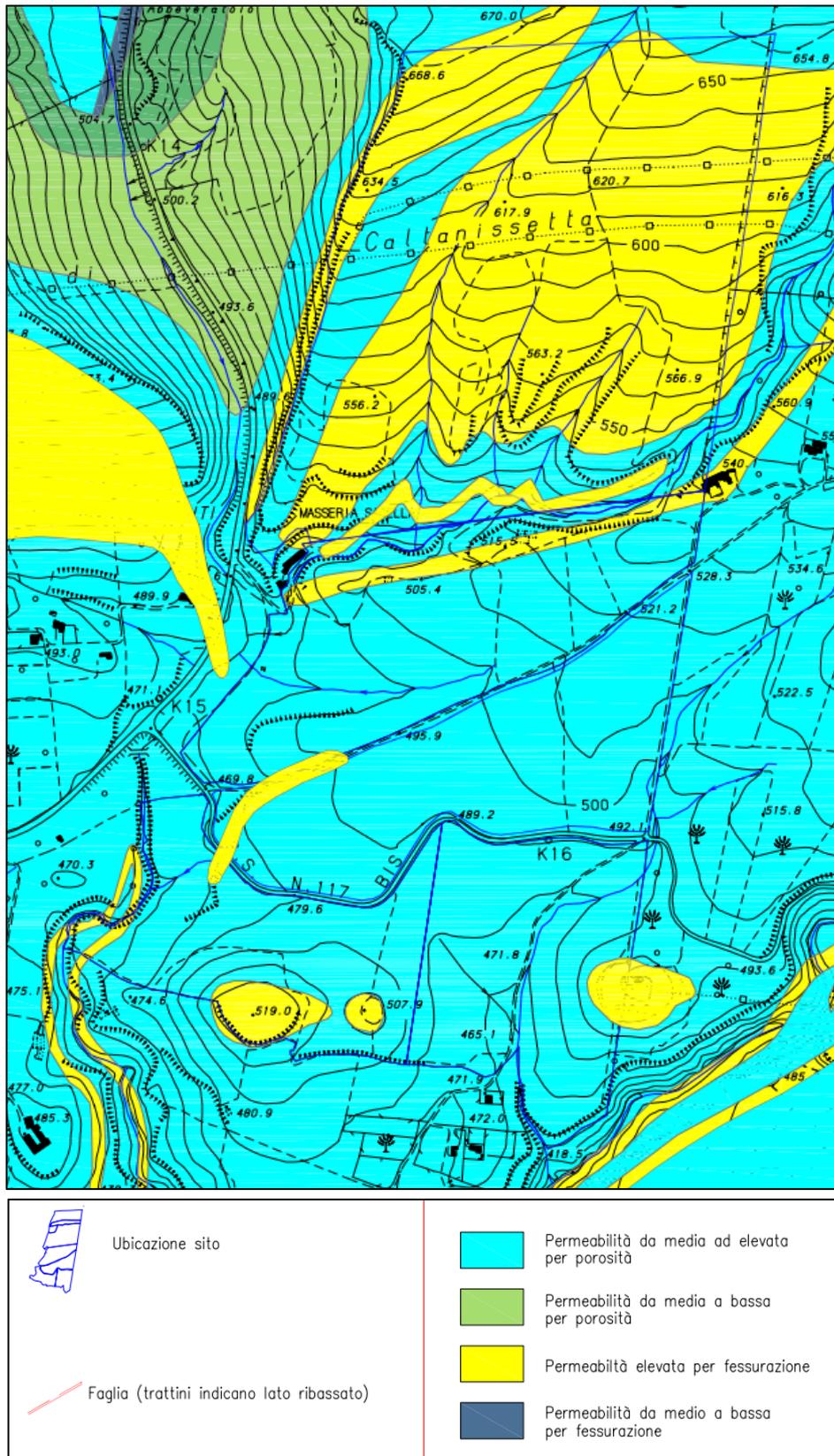
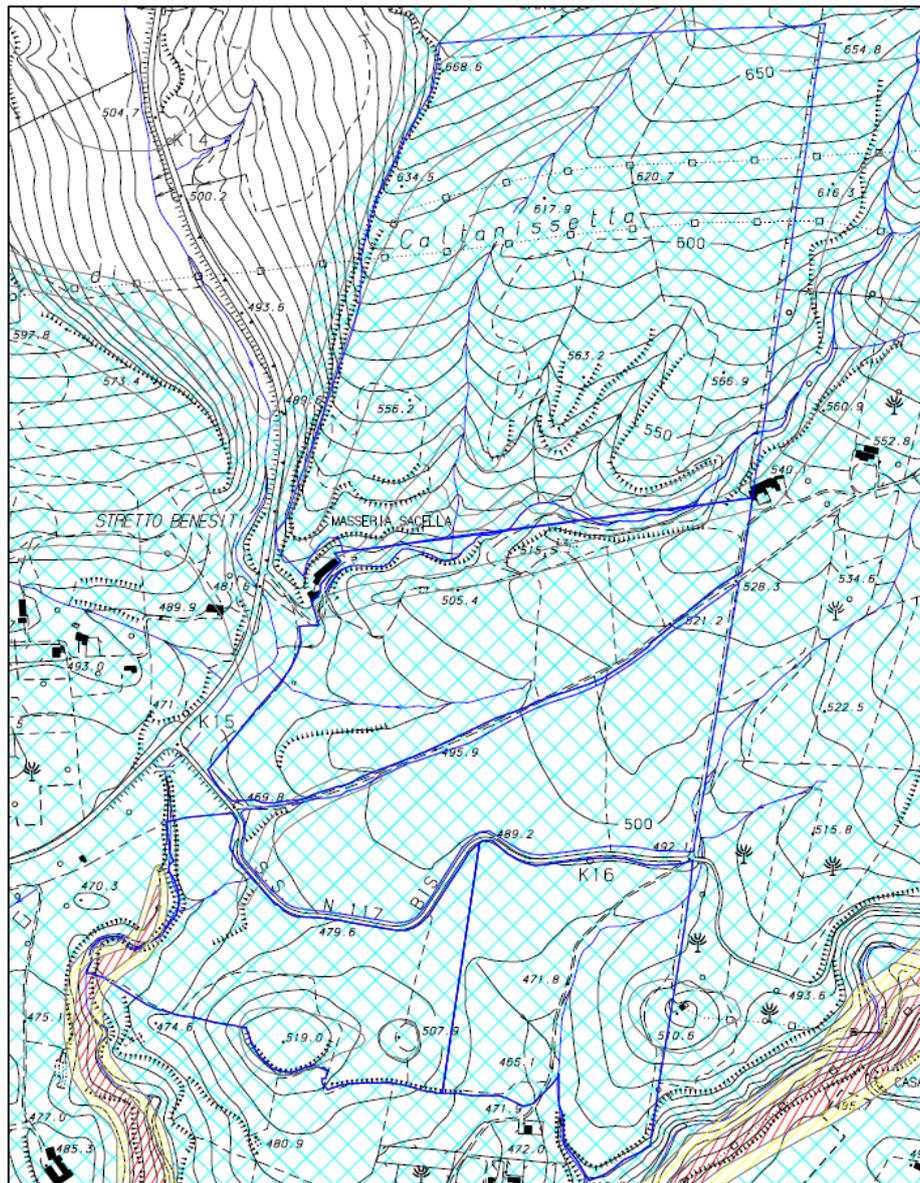


Figura 11 Estratto dalla "Carta idrogeologica" di progetto

Si riporta di seguito un estratto dalla carta di sintesi pianificazione, da cui si evince che l'intera area d'impianto ricado all'interno delle aree in Classe 1 – suscettività d'uso non condizionata – Aree stabili a normale evoluzione geomorfologica, idonee a insediamenti antropici.



| | |
|---|---|
|  | <p>Classe 1 – suscettività d'uso non condizionata</p> <p>Aree stabili a normale evoluzione geomorfologica, idonee a insediamenti antropici.</p> |
|  | <p>Classe 2 – suscettività d'uso condizionata</p> <p>Aree instabili interessate da fenomeni di soliflusso, colamento, esondazione e crolli, non idonee a insediamenti antropici. Per queste bisognerà prevedere interventi di miglioramento delle condizioni geomorfologiche e idrauliche</p> |
|  | <p>Classe 3 – suscettività totalmente limitata</p> <p>Aree sulle quali approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche. Gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate ed approfondite indagini.</p> |

Figura 12 Carta sintesi pianificazione

Per quanto attiene la pericolosità e il rischio idrogeologico PAI – Piano Assetto Idrogeologico- il sito in oggetto non ricade all'interno delle aree perimetrate.

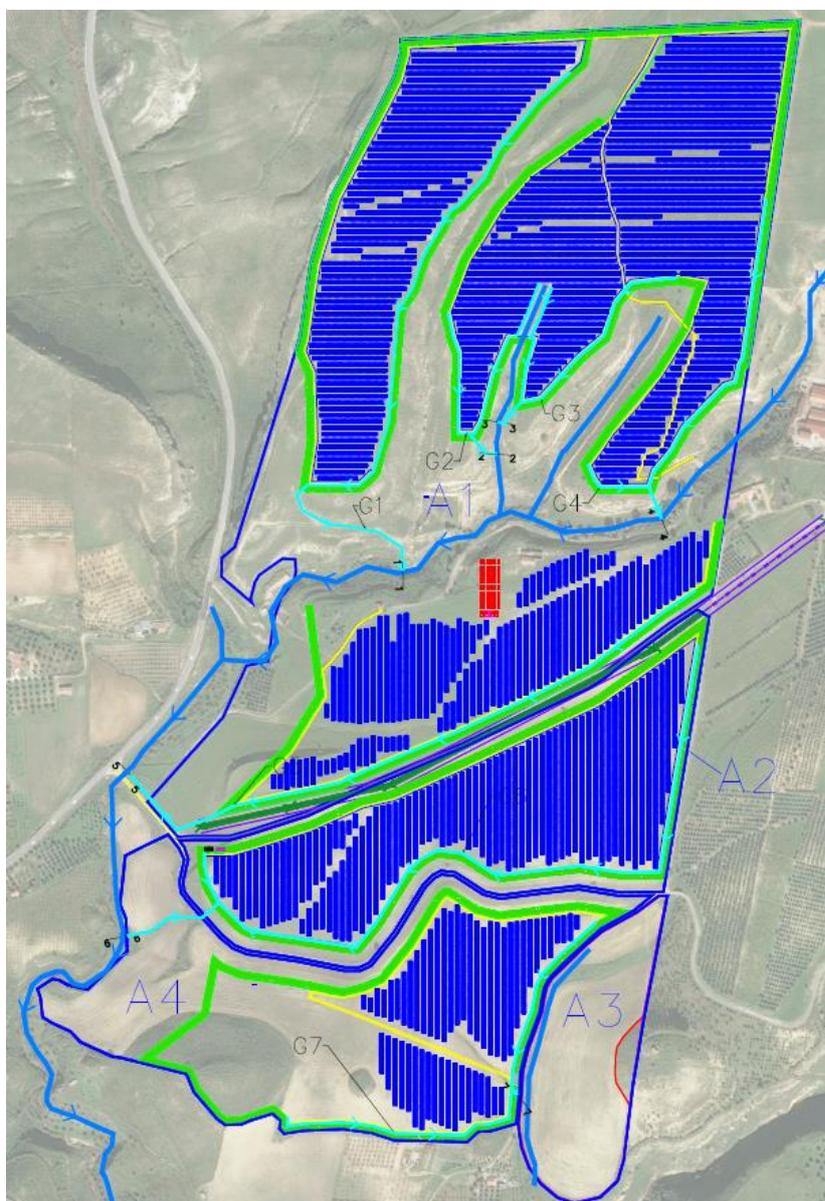
4 VERIFICA DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

4.1 Premessa e stima del coefficiente di deflusso medio ponderato ante e post-operam

In accordo alle disposizioni e agli approcci specificati nella D.D.G. 102 del 23/06/2021, il progetto d'impianto prevede delle opere di regimentazione e drenaggio delle acque meteoriche, finalizzato a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrogeologica del sito.

Come si vedrà più approfonditamente nel seguito, per lo studio di invarianza idrologico-idraulica, secondo la D.D.G. 102 del 23/06/2021, è necessario definire il coefficiente di deflusso (Ψ), definito come il rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso o, più semplicemente, come rapporto tra la porzione impermeabile dell'area d'interesse e la superficie complessiva.

L'intero impianto è stato suddiviso in n.4 Aree distinte, come raffigurato nell'immagine seguente (A1, A2, A3, A4):



Per la stima del coefficiente di deflusso, ogni area occupata dall'impianto fotovoltaico "Enna 2" è stata a sua volta suddivisa in quattro distinte porzioni in funzione dell'utilizzo post operam delle stesse, in accordo alla seguente tabella:

Tabella 1. Superfici dell'area interessata dall'impianto Enna 2 suddivise per destinazione d'uso post-operam

| ENNA2 - AREA 1 | mq |
|--|-----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 733.557 |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 447.574 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 4.910 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 165 |
| Superficie S4 (invariata) | 280.908 |

| ENNA2 - AREA 2 | mq |
|--|-----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 184.546 |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 149.431 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 4.370 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 55 |
| Superficie S4 (invariata) | 30.690 |

| ENNA2 - AREA 3 | mq |
|--|-----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 62.303 |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 0 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 0 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 0 |
| Superficie S4 (invariata) | 62.303 |

| ENNA2 - AREA 4 | mq |
|--|-----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 210.552 |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 86620 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 3750 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 55 |
| Superficie S4 (invariata) | 120.127 |

Ad ognuna delle quattro tipologie di aree è stato quindi attribuito un valore del *coefficiente di deflusso ante e post-operam*, alla luce della conoscenza delle caratteristiche del territorio e delle opere in progetto. Si riporta di seguito un estratto dalla D.D.G. 102 del 23/06/2021, dove sono indicati i coefficienti di deflusso da utilizzare per le varie tipologie di suolo:

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

- *Superfici Impermeabili 1,0*
- *Pavimentazioni Drenanti o Semipermeabili 0,7*
- *Aree permeabili 0,3*
- *Incolto e Uso Agricolo 0,0*”

A vantaggio di sicurezza, in particolare, si è considerato un valore ante-operam pari a 0 per l'intera area oggetto d'intervento e i valori post-operam indicati nella seguente tabella:

Tabella 2. Coefficienti di deflusso per tipologia di area, nelle condizioni pre e post operam

| ENNA2 - AREA 1 | mq | φ | φ |
|--|-----------|-------------|----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 733.557 | PRE | POST |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 447.574 | 0 | 0,3 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 4.910 | 0 | 0,7 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 165 | 0 | 1,0 |
| Superficie S4 (invariata) | 280.908 | 0 | 0,1 |
| | | | |
| Area copertura totale m ² | 733.557 | 0,00 | 0,23 |
| Area copertura totale km ² | 0,734 | Δφ | |
| | | 0,23 | |

| ENNA2 - AREA 2 | mq | φ | φ |
|--|-----------|-------------|----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 184.546 | PRE | POST |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 149.431 | 0 | 0,3 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 4.370 | 0 | 0,7 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 55 | 0 | 1,0 |
| Superficie S4 (invariata) | 30.690 | 0 | 0,1 |
| | | | |
| Area copertura totale m ² | 184546 | 0,00 | 0,28 |
| Area copertura totale km ² | 0,185 | Δφ | |
| | | 0,28 | |

| ENNA2 - AREA 4 | mq | φ | φ |
|--|-----------|----------|----------|
| Superficie totale di impianto (dal perimetro esterno della fascia arborea) | 210.552 | PRE | POST |
| Superficie S1 (Area sotto pannelli e fascia arborea) | 86.620 | 0 | 0,3 |
| Superficie S2 (da coltivo/incolto a strade servizio) | 3.750 | 0 | 0,7 |
| Superficie S3 (da coltivo/incolto a cabine trasformazione e consegna) | 55 | 0 | 1,0 |
| Superficie S4 (invariata) | 120.127 | 0 | 0,1 |
| | | | |
| Area copertura totale m ² | 210.552 | 0,00 | 0,19 |

| | | |
|---------------------------------------|-------|--------------|
| Area copertura totale km ² | 0,211 | $\Delta\phi$ |
| | | 0,19 |

N.B. L'assunzione di un coefficiente di deflusso pre-intervento pari a 0 è fortemente cautelativa. Ancora a favore di sicurezza è stato assunto per la "Superficie invariata" un coefficiente di deflusso pari a 0,1, per tenere conto di eventuali movimenti terra e compattazioni dovuti al passaggio di cavidotti sotterranei e altro.

Il valore pari a 0,3 attribuito alle aree occupate dai pannelli e dalla fascia arborea, tipico per aree permeabili, è stato assunto considerando l'uso agricolo/pascolo che verrà garantito a tali aree nelle fasi post-operam.

Risulta un coefficiente di deflusso medio ponderato pari a 0,23 per l'Area 1, 0,28 per l'Area 2 e 0,19 per l'Area 4.

L'Area 3 non sarà oggetto di interventi che comportano impermeabilizzazione di superfici.

4.2 Valutazione dell'invarianza idrologico-idraulica delle aree oggetto di intervento (in accordo ai par. A2 e A4 della D.D.G. 102/2021)

La D.D.G. 102/2021 prevede, per gli interventi con superficie maggiore di 10.000 m², la redazione di uno studio di invarianza idraulica e idrologica, con l'adozione dei metodi di trasformazione afflussi-deflussi per i casi di trasformazione del suolo con basso coefficiente di deflusso post-operam ($\phi \leq 0,50$), come nel caso in esame essendo il valore medio ponderato sopra individuato pari a 0,23 in Area 1, 0,28 in Area 2 e 0,19 in Area 3, per la valutazione delle portate idrologiche. Il periodo di ritorno delle piogge da adoperare nel calcolo dei volumi di laminazione/infiltrazione, per garantire la necessaria invarianza, è pari a 30 anni, con l'adozione di un periodo di 50 anni per la verifica delle opere in condizioni limite. Per i calcoli idraulici, lo studio dei corpi idrici superficiali e il dimensionamento dei canali di drenaggio potrà essere sviluppato in via semplificata adottando il moto uniforme nei casi più elementari, ovvero in presenza di coefficiente di deflusso minore di 0,5.

La stessa norma citata fornisce inoltre la seguente indicazione circa le soluzioni progettuali da perseguire: *"per l'applicazione del principio di invarianza idrologica e/o idraulica potranno essere progettate soluzioni di infiltrazione e/o laminazione dei deflussi meteorici e delle relative portate allo scarico"*. Nel caso in esame, fra i vari schemi progettuali consigliati dalla D.D.G 102/2021 ai fini dell'invarianza idraulica (cfr., sezione C della norma) si è optato per l'adozione di un sistema di drenaggio con invarianza garantita dal sovradimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche.

Un siffatto sistema, descritto più dettagliatamente nel seguito, è stato selezionato in luogo di un sistema di infiltrazione (quali fasce filtranti, pozzi perdenti, trincee di infiltrazione etc.), principalmente per garantire la migliore e più efficace manutenibilità delle opere stesse, in quanto appare evidente che in occasione anche di eventi di piena (con conseguente esondazione) di modesta importanza, le eventuali opere destinate a garantire la suddetta invarianza mediante processi d'infiltrazione rischierebbero di vedere compromessa la relativa capacità filtrante, a causa dell'intasamento dei vuoti del materiale drenante con i limi trasportati, in grandi quantità, dagli eventi di piena. Inoltre, all'interno e nelle immediate vicinanze dell'impianto, sono presenti più corpi idrici ricettori esclusi dalle perimetrazioni P.A.I. di pericolosità e rischio idraulico.

Entrando maggiormente nel merito del sistema di drenaggio e di laminazione, si garantirà il deflusso delle acque meteoriche dall'area dell'impianto Enna 2 verso i corpi idrici ricettori (CIR) più vicini, sfruttando un sistema composto da una serie di canali di gronda che corrono in trincea lungo i lati più depressi del perimetro di ogni blocco di stringhe, allo scopo di regimare e laminare le acque meteoriche prima dell'immissione ai CIR ricettori. Nell'immagine seguente vengono raffigurati in ciano i canali di laminazione.

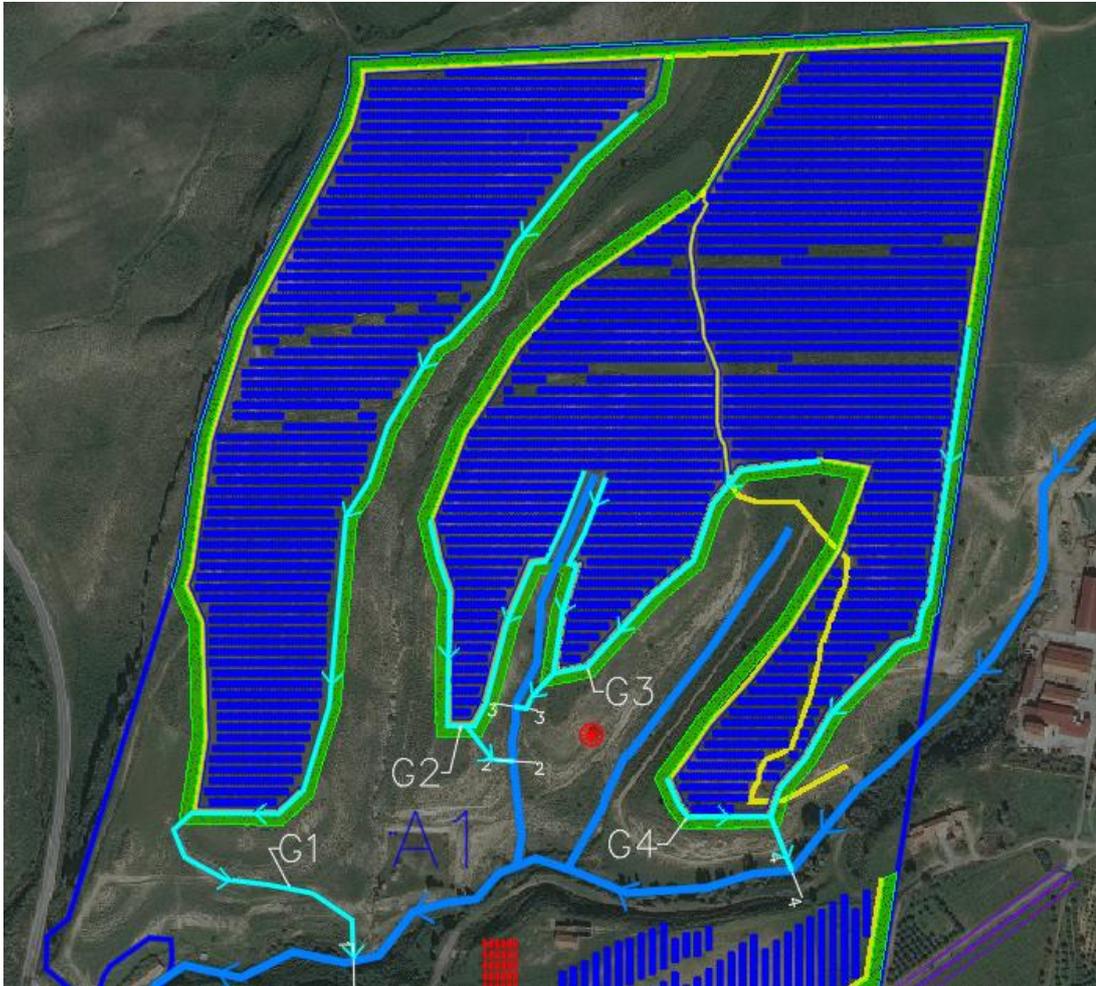


Figura 13 Layout su CTR – Canali di gronda per laminazione G1-G2-G3-G4

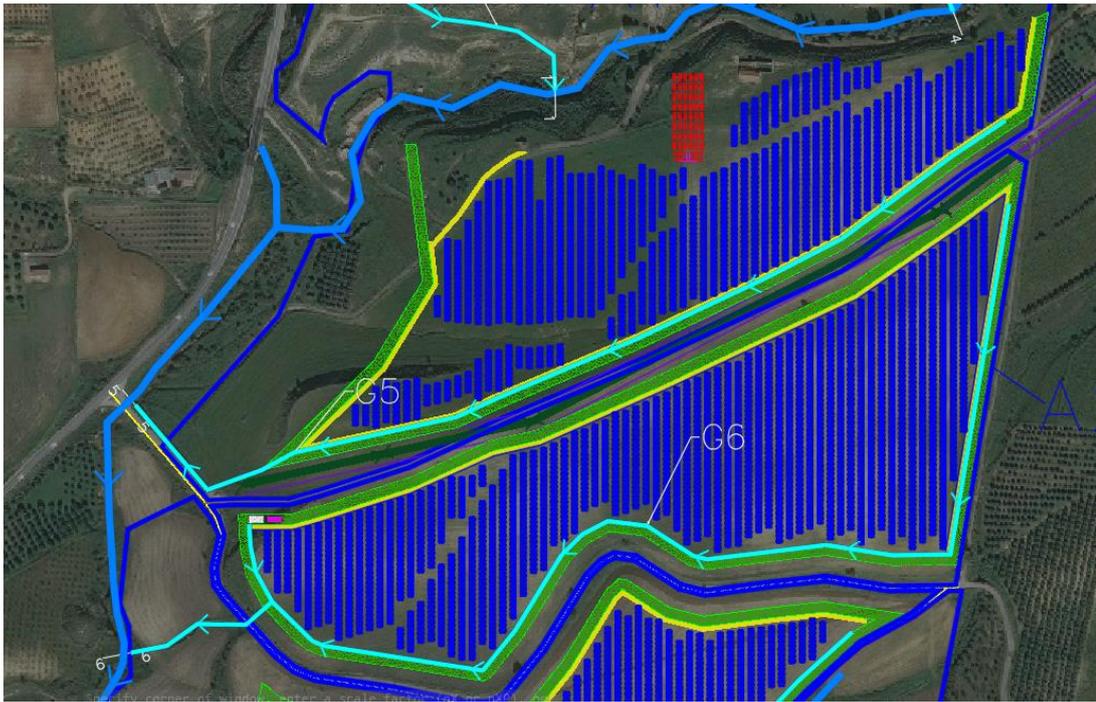


Figura 14 Layout su CTR – Canali di gronda per laminazione G5-G6

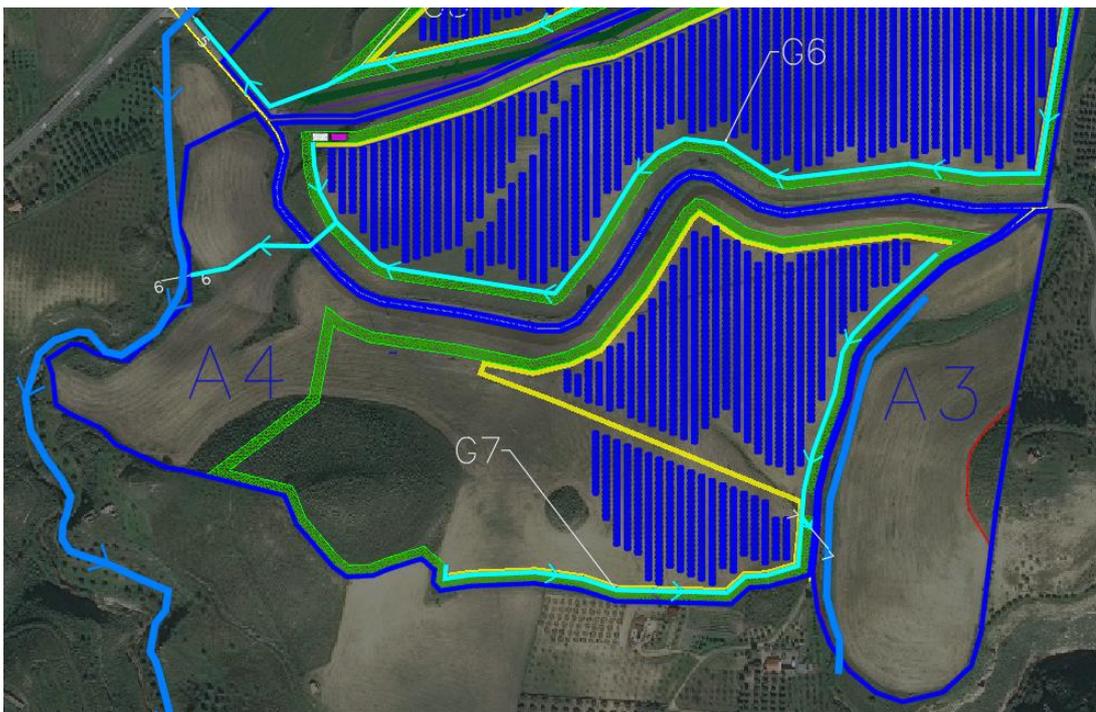


Figura 15 Layout su CTR – Canali di gronda per laminazione G6-G7

I suddetti canali saranno sovra-dimensionati per garantire la laminazione delle portate meteoriche in accordo a quanto richiesto all'Appendice C della D.D.G. 102/2021, in particolare in accordo allo schema riportato nella seguente immagine, fornito dalla normativa medesima nell'Appendice sopra indicata.

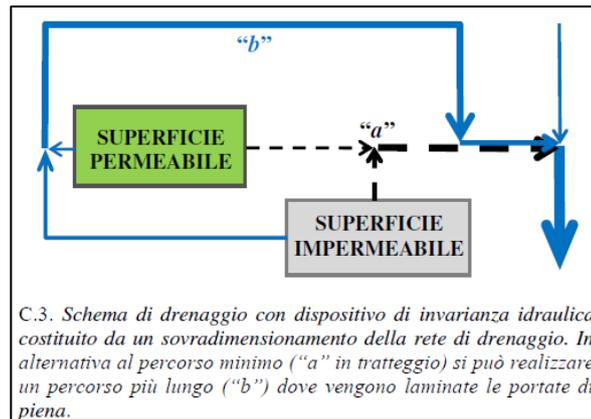


Figura 16. Schema di laminazione adottato in condizioni post-operam (da Appendice C della D.D.G. 102/2021)

Secondo il par. A.4 della D.D.G. 102/2021, il calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche può essere sviluppato in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale (<50%) adottando il *metodo semplificato delle piogge*, secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla relazione proposta nel seguito, in cui V_{max} è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (espresso in m^3), S la superficie (in m^2) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione, ϕ il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante (nel caso in esame sono stati considerati n.3 diversi coefficienti in funzione della diversa impostazione delle varie aree del campo fotovoltaico in termini di impermeabilizzazione delle superfici), a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica e Q_{IMP} portata limite ammessa allo scarico (in m^3/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione:

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

Alla luce di quanto premesso, si determinerà, dunque, il volume del sistema di laminazione in progetto sopra descritto (canali di gronda perimetrali).

L'analisi regionale delle precipitazioni intense in Sicilia ha prodotto una base dati omogenea nel tempo e nello spazio, finalizzata alla stima delle precipitazioni di progetto. A partire da tale base dati è possibile, in funzione della durata di precipitazione q e del periodo di ritorno T dell'evento, determinare l'altezza di pioggia h [mm] e l'intensità di precipitazione i [mm/h] con la classica formulazione monomia:

$$h = a * t(h)^n$$

$$i = a * t(h)^{n-1}$$

Dove a ed n sono i coefficienti di Gumbel associati all'area in esame, a espresso in mm/h^n e n adimensionale.

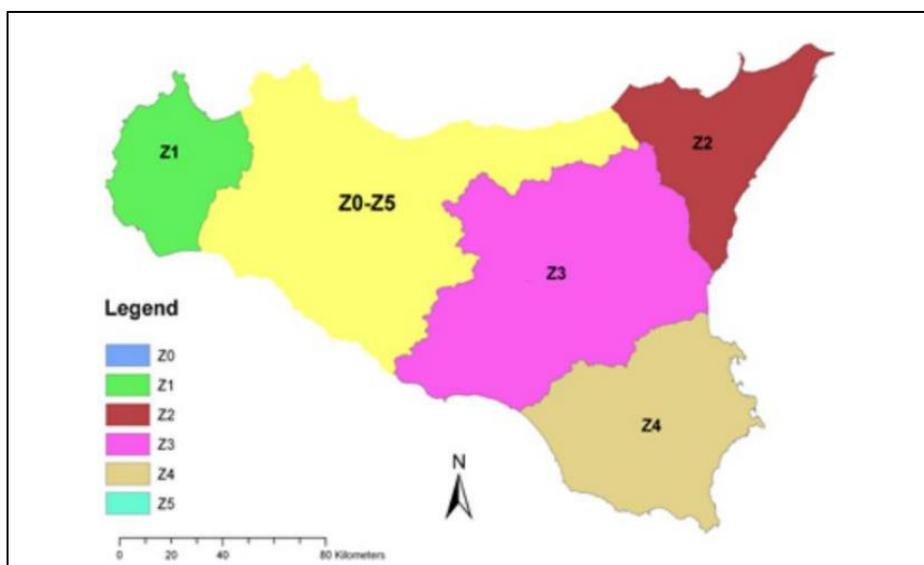
Si riporta di seguito uno stralcio dalla tabella "Valore delle costanti a ed n per le stazioni pluviografiche siciliane", con evidenziati i valori della stazione di Enna.

| Cod. | Stazione | Bacino di appartenenza | a | n |
|------|--------------------------|------------------------|------|--------|
| 98 | Petralia Sottana | Imera Meridionale | 23,6 | 0,3674 |
| 99 | Capodarso | Imera Meridionale | 32,2 | 0,1771 |
| 100 | Enna | Imera Meridionale | 30,6 | 0,4012 |
| 101 | Villadoro | Imera Meridionale | 25,9 | 0,3146 |
| 102 | Villarosa | Imera Meridionale | 26,6 | 0,2875 |
| 103 | Caltanissetta (G.Civile) | Imera Meridionale | 28,1 | 0,2588 |
| 104 | Pietraperzia | Imera Meridionale | 33,4 | 0,2100 |
| 105 | Sommatino | Imera Meridionale | 26,2 | 0,3021 |
| 106 | Riesi | Imera Meridionale | 28,4 | 0,2395 |
| 107 | Ravanusa | Imera Meridionale | 36,0 | 0,2050 |
| 108 | Mangiaricotta | Imera Meridionale | 25,4 | 0,2356 |
| 109 | Deliella | Imera Meridionale | 36,5 | 0,2210 |
| 110 | Desusino | Imera Meridionale | 31,9 | 0,2573 |
| 111 | Mazzarino | Imera Meridionale | 25,9 | 0,3054 |

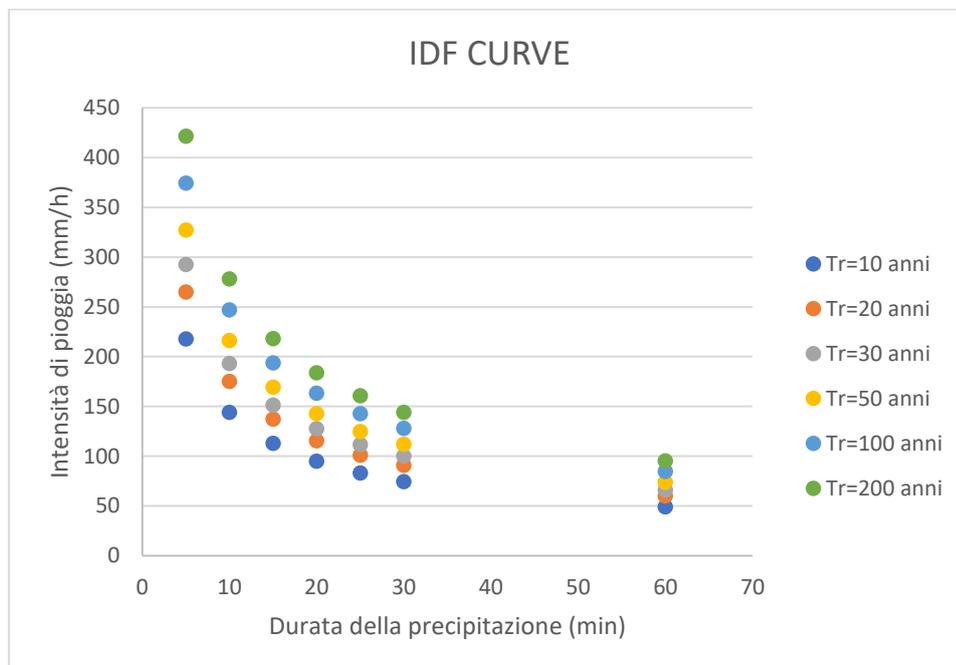
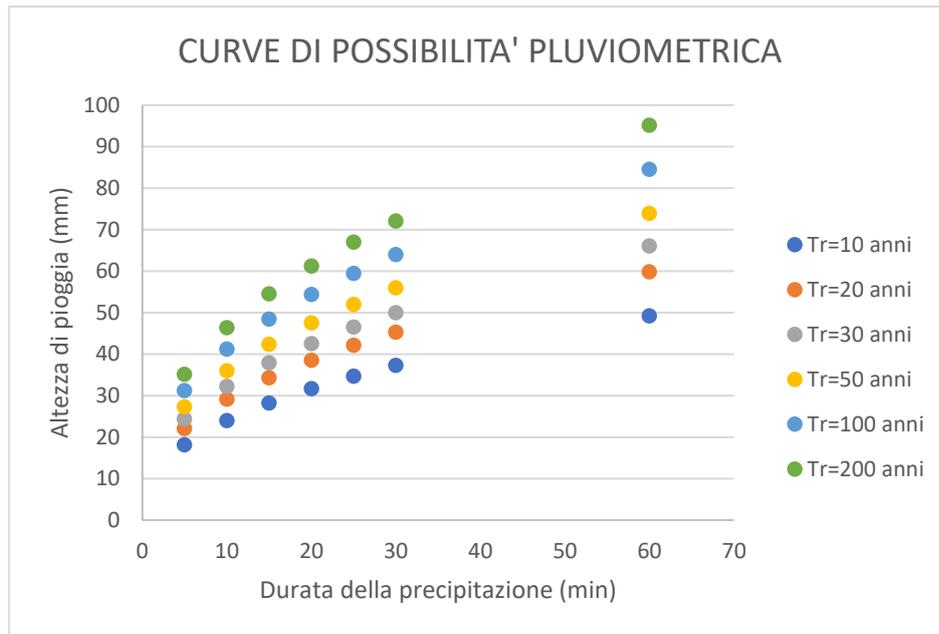
Il bacino oggetto del presente studio si trova nella sottozona pluviometrica omogenea Z3: il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti a e b (in base ai valori della tabella sottostante):

$$k_T = 0.5011 \cdot \ln(T) + 0.4545$$

| <i>Sottozona Parametro</i> | $Z_0 - Z_5$ | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| a | 0.4485 | 0.4695 | 0.4799 | 0.5011 | 0.4946 |
| b | 0.5117 | 0.4889 | 0.4776 | 0.4545 | 0.4616 |



| T (anni) | Kt | a |
|----------|-------------|-------------|
| 10 | 1.60832539 | 49.21475694 |
| 20 | 1.955661442 | 59.84324013 |
| 30 | 2.158840008 | 66.06050424 |
| 50 | 2.414814728 | 73.89333068 |
| 100 | 2.76215078 | 84.52181387 |
| 200 | 3.109486832 | 95.15029707 |



Di seguito, si riporta la tabella di sintesi con l'esito del calcolo del volume di laminazione necessario per ogni area di impianto, in accordo alla suddetta formulazione, che in totale risulta pari a circa **9.131 m³**:

Tabella 3 Calcolo Portata massima in uscita e Volume di laminazione necessario - Area impianto A1

| AREA IMPIANTO A1 | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------|--------|--------------------------------|----------|--------|----------|------------------|
| aT=30 anni | n | A1 | ϕ | QIMP | QIMP | QIMP | QIMP | V _{max} |
| (m/h ⁿ) | (-) | (mq) | (-) | (l/s per ettaro di superficie) | (l/s) | (mc/s) | (mc/h) | (m3) |
| 0,06606 | 0,4012 | 733.557 | 0,23 | 20 | 1467.114 | 1,47 | 5.281,61 | 5.808 |

Tabella 4 Calcolo Portata massima in uscita e Volume di laminazione necessario - Area impianto A2

| AREA IMPIANTO A2 | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------|--------|--------------------------------|---------|--------|----------|------------------|
| aT=30 anni | n | A1 | ϕ | QIMP | QIMP | QIMP | QIMP | V _{max} |
| (m/h ⁿ) | (-) | (mq) | (-) | (l/s per ettaro di superficie) | (l/s) | (mc/s) | (mc/h) | (m3) |
| 0,06606 | 0,4012 | 184.546 | 0,28 | 20 | 369.092 | 0,37 | 1.328,73 | 2.042 |

4

Tabella 5 Calcolo Portata massima in uscita e Volume di laminazione necessario - Area impianto A4

| AREA IMPIANTO A4 | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------|--------|--------------------------------|---------|--------|----------|------------------|
| aT=30 anni | n | A1 | ϕ | QIMP | QIMP | QIMP | QIMP | V _{max} |
| (m/h ⁿ) | (-) | (mq) | (-) | (l/s per ettaro di superficie) | (l/s) | (mc/s) | (mc/h) | (m3) |
| 0,06606 | 0,4012 | 210.552 | 0,19 | 20 | 421.104 | 0,42 | 1.515,97 | 1.281 |

Tale volume, come sopra anticipato, sarà garantito sfruttando le caratteristiche dimensionali dei canali di gronda in progetto, in cui le acque meteoriche saranno convogliate dalle naturali pendenze che caratterizzano la superficie topografica del sito. Nella seguente immagine, si evidenziano in colore ciano i canali di gronda e in blu i corpi idrici ricettore (CIR).

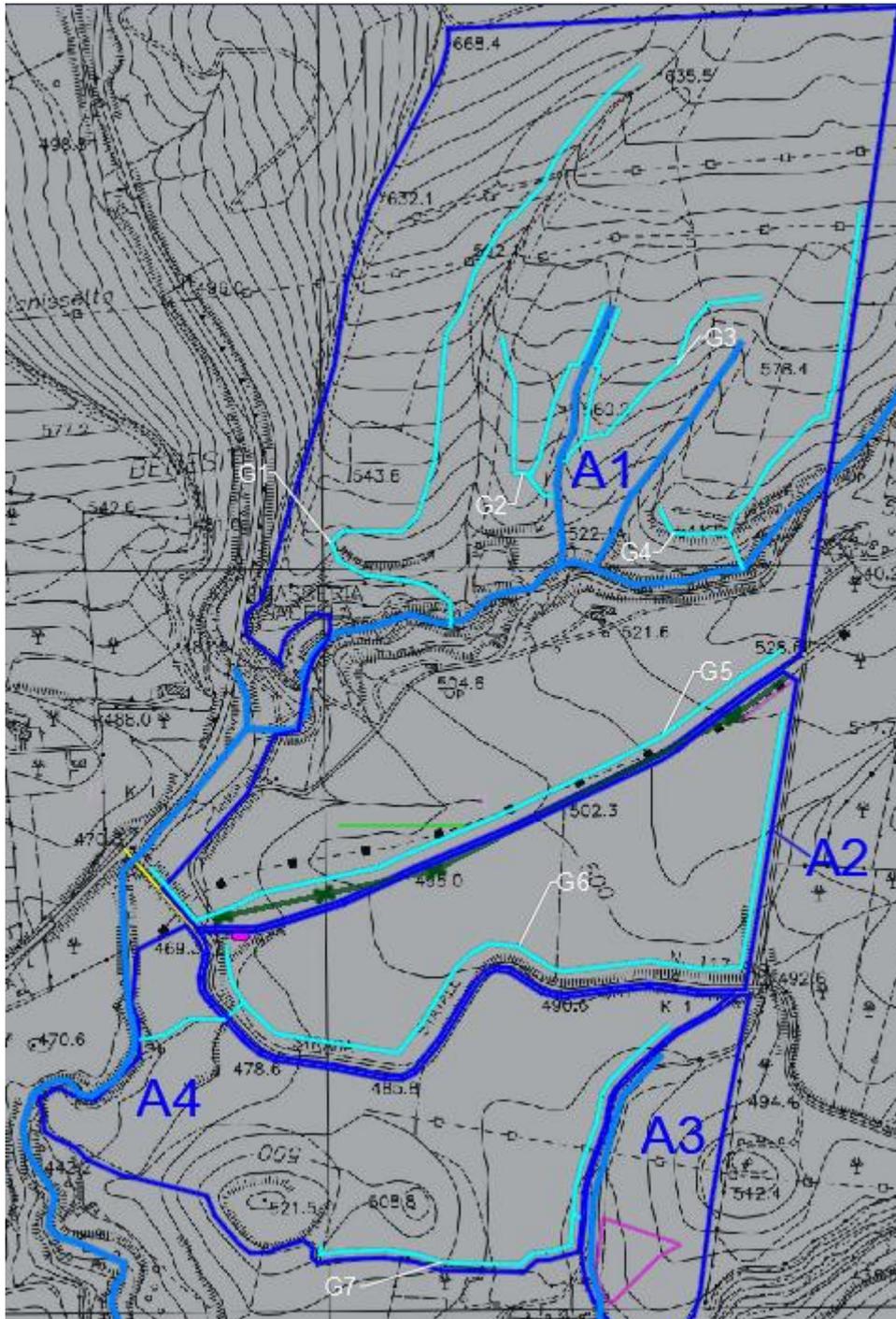


Figura 17. Schematizzazione sistema di drenaggio, con evidenziati in ciano i tratti del canale di gronda con funzione di laminazione, in blu il corpo idrico ricettore (CIR)

La volumetria indicata può essere ottenuta mediante diverse combinazioni delle caratteristiche dimensionali dei canali di gronda. La configurazione definitiva sarà individuata in sede di progettazione esecutiva, tuttavia in questa fase si procederà con l'individuazione di uno schema tipologico che, una volta valutata la relativa realizzabilità mediante rilievo di dettaglio, potrà essere implementato e ingegnerizzato anche in occasione della successiva fase progettuale.

I canali di gronda sono stati concepiti a sezione trapezia, così come di seguito specificato:

Tabella 6 Caratteristiche dimensionali canali di gronda

| AREA | L | b | B | h | α | σ | V_{canale} |
|------|-------|------|------|------|----------|-------------------|---------------------|
| [mq] | [m] | [m] | [m] | [m] | [°] | [m ²] | [m ³] |
| A1 | 3.743 | 0,80 | 2 | 1,20 | 63° | 1,68 | 6.288 |
| A2 | 1.386 | 0,80 | 2 | 1,20 | 63° | 1,68 | 2.258 |
| A4 | 720 | 0,80 | 2,30 | 1,20 | 58° | 1,86 | 1.313 |

Il volume del sistema di drenaggio totale così ottenuto, pari a **9.859 m³**, risulta evidentemente superiore ai 9.131 m³ ottenuti con l'applicazione del metodo descritto al par. A.4 della D.D.G. 102/2021, in accordo alla formulazione sopra indicata, necessari per limitare la portata in uscita ai valori calcolati in Tab.3-4-5.:

- Area Impianto A1: Q_{max} in uscita = 1,47 mc/s;
- Area Impianto A2: Q_{max} in uscita = 0,37 mc/s;
- Area Impianto A3: Q_{max} in uscita = 0,42 mc/s;

A seguire le due sezioni tipologiche dei canali di gronda in progetto:

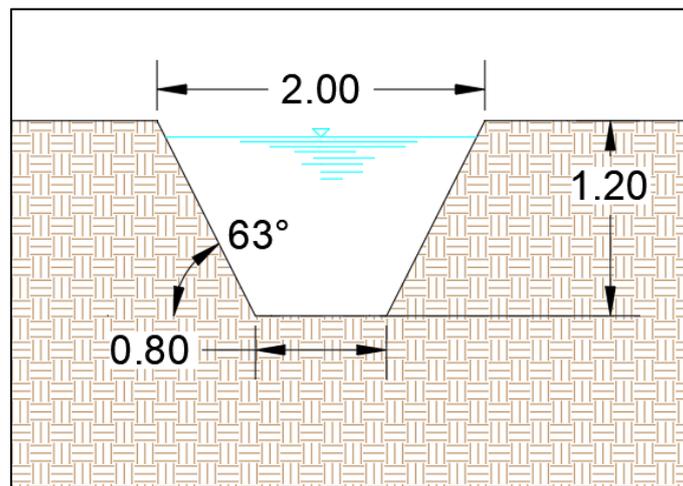


Figura 18 Sezione tipologica canali di gronda G1, G2, G3, G4, G5, G6

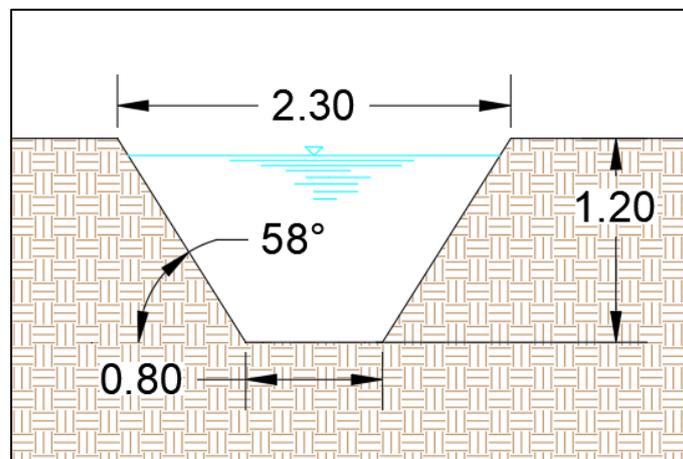


Figura 19 Sezione tipologica canale di gronda G7

N.B. Si valuterà in fase di progettazione esecutiva e cantierizzazione, in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno interessato, la necessità di prevedere delle opere di rinforzo delle pareti di scavo dei canali, quali ad esempio inserimento di talee o specie simili con buon apparato radicale, biostuoie o biotessili. In alternativa si potrebbe ridurre l'inclinazione delle pareti di scavo, fermo restando la superficie della sezione necessaria a garantire il volume di laminazione richiesto.

Le verifiche idrauliche delle opere di gronda, sono state eseguite considerando un periodo di ritorno della forzante idrologica pari a 50 anni, come richiesto al par. A.2 della D.D.G. 102/2021 per la valutazione delle condizioni limite.

Nella seguente tabella si forniscono i valori per il calcolo delle portate massime affluenti così calcolate e adottate per la verifica idraulica dei canali con periodo di ritorno indicato e durata critica dell'evento meteorico assunta pari a 5 minuti nelle aree nord a forte pendenza e 15 minuti nelle aree sub-pianeggianti a sud:

Tabella 7 Calcolo delle portate massime defluenti ai canali di gronda per $T_r = 50$ anni

| GRONDA G1 | | | | | | |
|----------------------|--------|---------|-----------------|-------------------|-----------|---------------------|
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,083 | 327,20 | 132.639 | 0,30 | 3,62 |
| GRONDA G2 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,083 | 327,20 | 47.802 | 0,30 | 1,30 |
| GRONDA G3 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,083 | 327,20 | 94.866 | 0,30 | 2,59 |
| GRONDA G4 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,083 | 327,20 | 72.756 | 0,30 | 1,98 |
| GRONDA G5 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,25 | 169,48 | 112.547 | 0,30 | 1,59 |
| GRONDA G6 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,25 | 169,48 | 184.546 | 0,28 | 2,40 |
| GRONDA G7 | | | | | | |
| $a_{T=50}$ | n | $d=t_c$ | $i(t_c)_{T=50}$ | S | φ | Q_{50} |
| [mm/h ⁿ] | [-] | [h] | [mm/h] | [m ²] | [-] | [m ³ /s] |
| 73,89 | 0,4012 | 0,25 | 169,48 | 210.552 | 0,19 | 1,92 |

N.B. Vista la conformazione e il posizionamento dei canali, per il calcolo delle portate defluenti alle gronde G1, G2, G3, G4, G5 è stata considerata la sola superficie occupata dai pannelli e dalla fascia arborea di mitigazione, motivo per cui si è utilizzato un coefficiente di deflusso pari a 0,30. Nel calcolo delle portate defluenti alle gronde G6 e A7 invece, è stata utilizzata la superficie dell'intero lotto afferente, motivo per cui è stato utilizzato il coefficiente di deflusso relativo all'intero lotto.

Costruendo la scala di deflusso del canale (si veda l'immagine seguente), per esempio adottando la ben nota formula di Chezy valida per canali a pelo libero in moto uniforme considerando un valore del coefficiente di Chezy-Bazin pari a 1,20 (adottato in genere per canali in terra in discrete condizioni manutentive) è possibile verificare in via speditiva l'adeguatezza delle dimensioni del canale di gronda in progetto anche in presenza di eventi meteorici di breve durata e alta intensità, per periodo di ritorno cinquantennale. Nei seguenti grafici vengono rappresentati:

1. In blu la scala di deflusso delle portate di ogni canale di gronda progettato, calcolata come appena descritto in funzione delle caratteristiche dimensionali della sezione del canale e della pendenza media dello stesso;
2. In arancione la verifica dell'adeguatezza della sezione in funzione della portata calcolata per periodo di ritorno 50 anni, considerando un tempo di corrivazione pari a 5 minuti nella zona Nord di maggiore pendenza e di 15 minuti nella zona sud sub-pianeggiante.

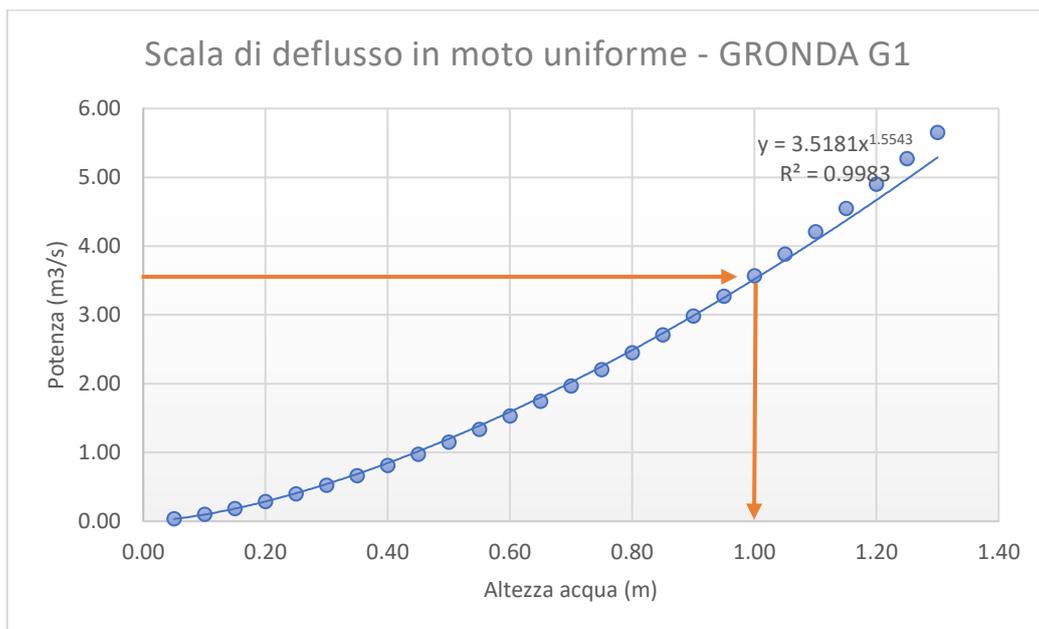


Figura 20 Canale di gronda A1P1: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 12°

GRONDA G1 → Tirante idrico per portata di circa $3,62 \text{ m}^3/\text{s} = 1,00 \text{ m}$ → Franco idraulico nel canale di 0,20 m;

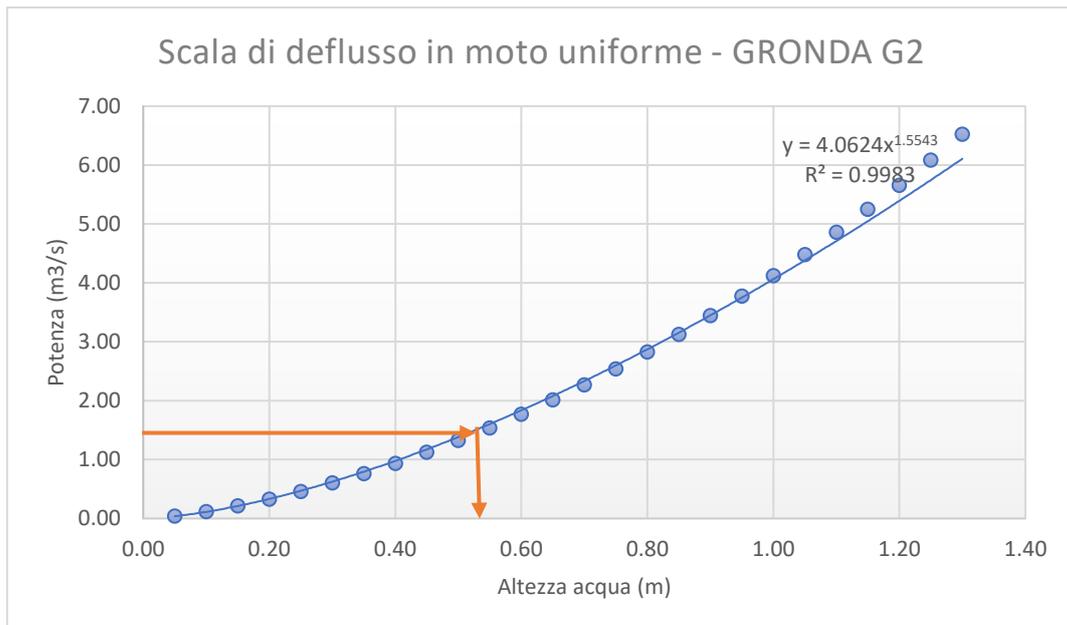


Figura 21 Canale di gronda A1P2-1: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 16°

GRONDA G2 → Tirante idrico per portata di circa 1,30 m³/s = 0,55 m → Franco idraulico nel canale di 0,65 m;

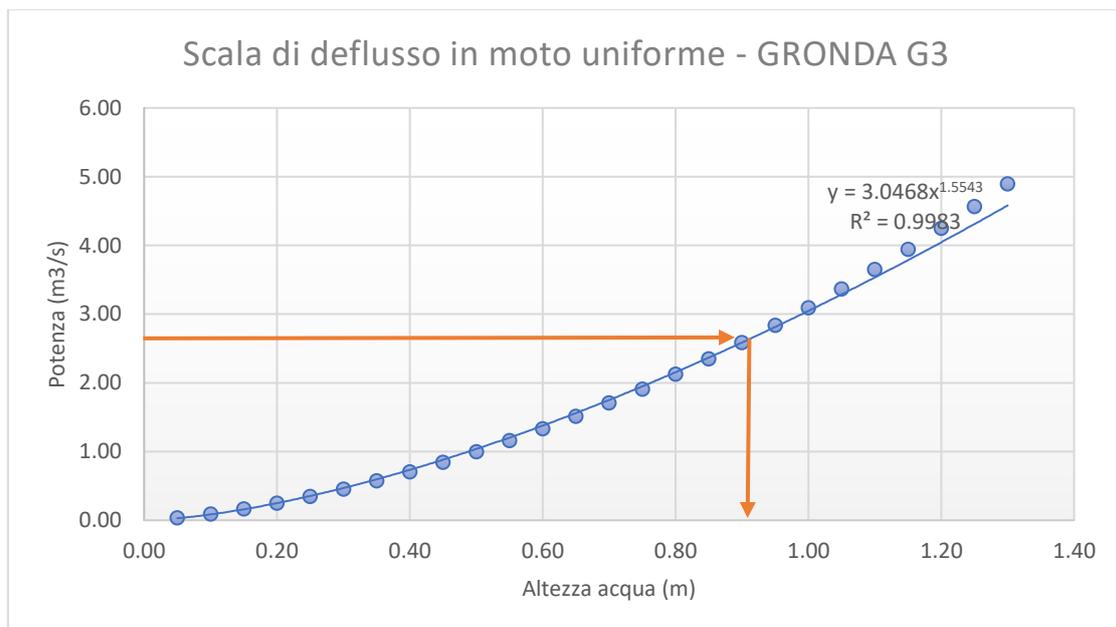


Figura 22 Canale di gronda A1P2-2: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 9°

GRONDA G3 → Tirante idrico per portata di circa 2,59 m³/s = 0,90 m → Franco idraulico nel canale di 0,30 m;

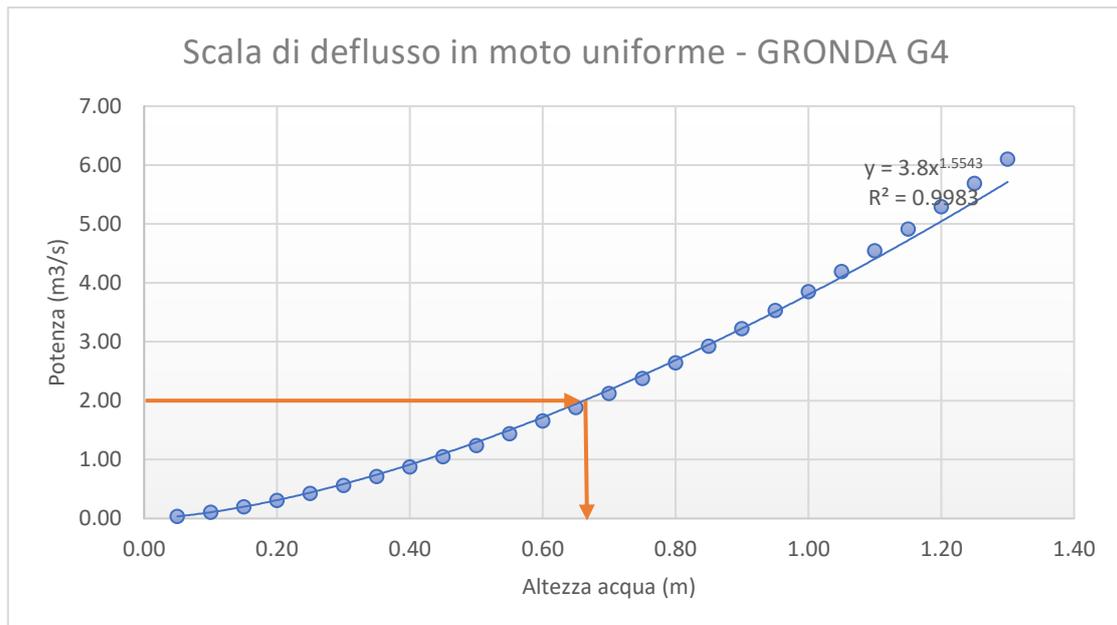


Figura 23 Canale di gronda A1P2-3: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 14°

GRONDA G4 → Tirante idrico per portata di circa 1,98 m³/s = 0,65 m → Franco idraulico nel canale di 0,55 m;

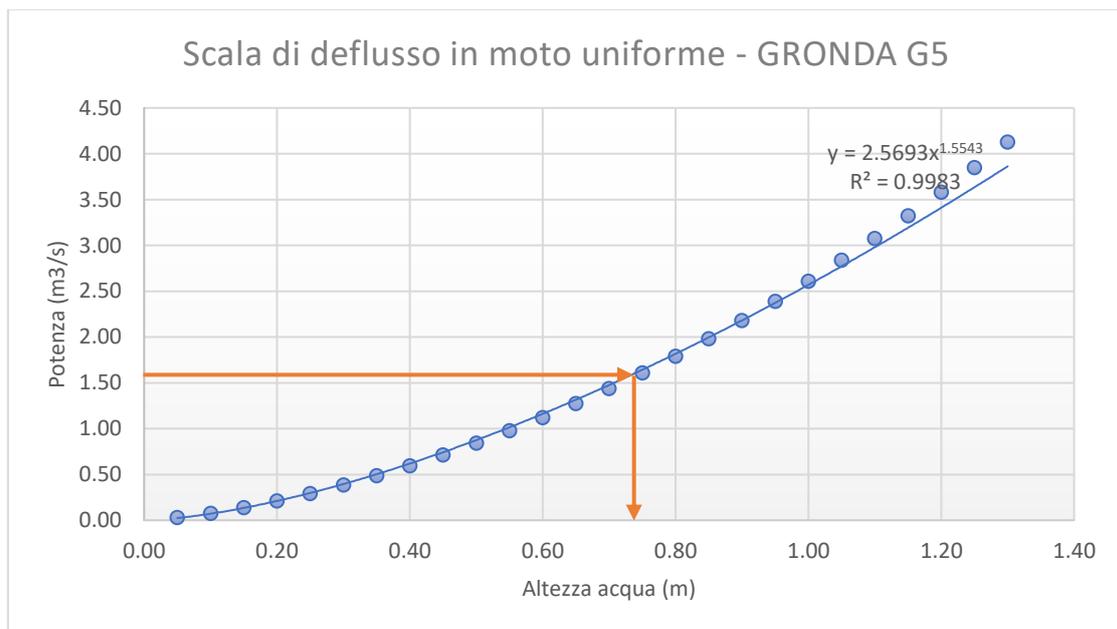


Figura 24 Canale di gronda A1P3: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 6,4°

GRONDA G5 → Tirante idrico per portata di circa 1,59 m³/s = 0,75 m → Franco idraulico nel canale di 0,45 m;

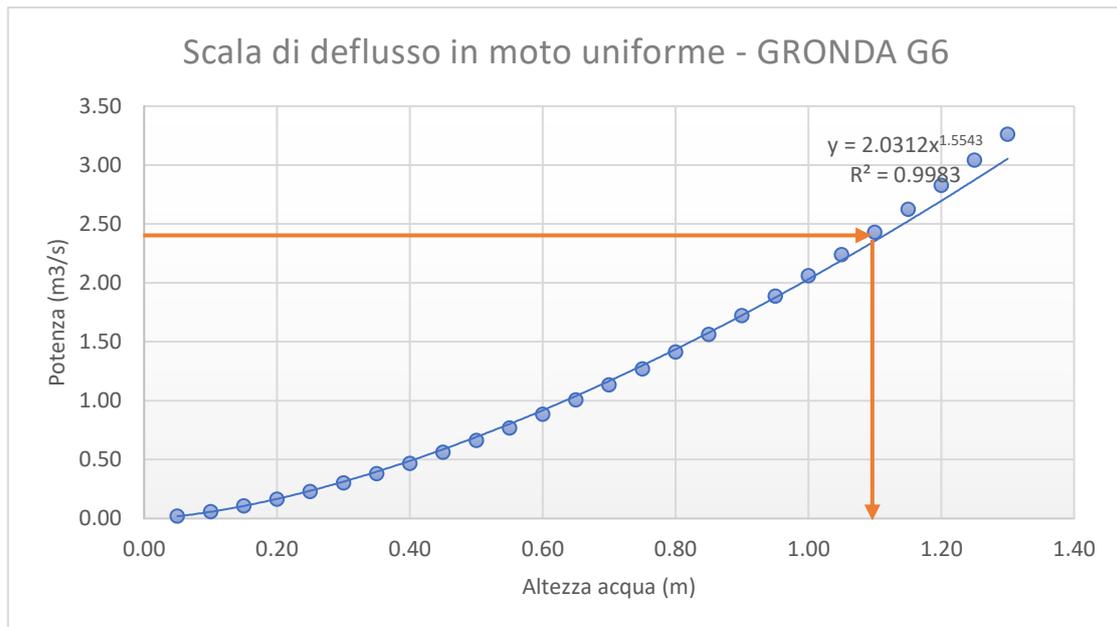


Figura 25 Canale di gronda A2: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 4°

GRONDA G6 → Tirante idrico per portata di circa 2,40 m³/s = 1,10 m → Franco idraulico nel canale di 0,10 m;

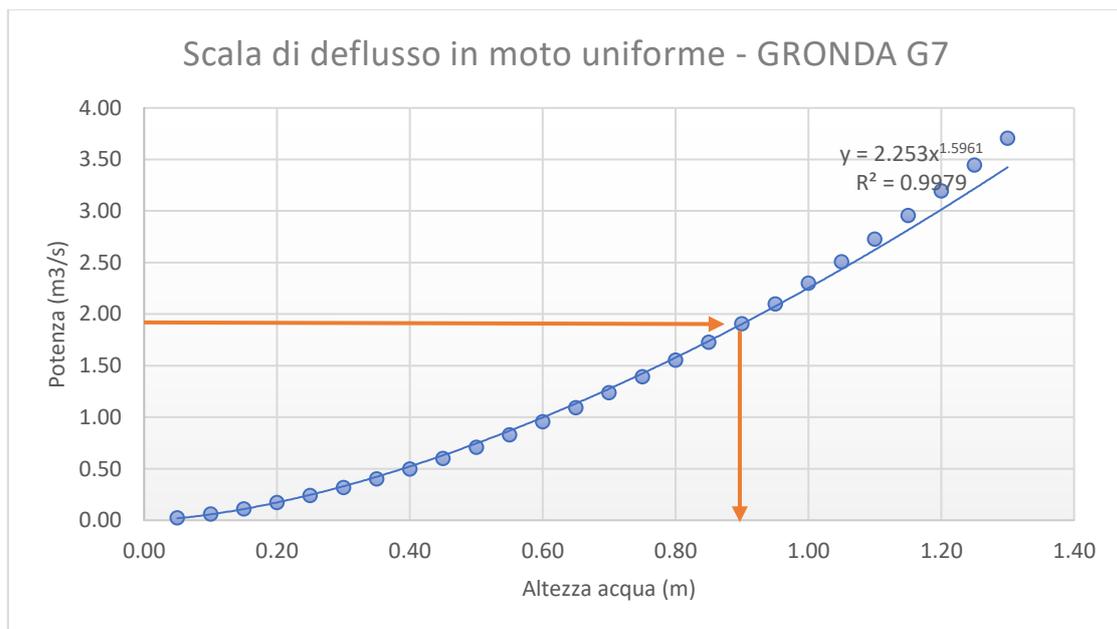


Figura 26 Canale di gronda A4: scala di deflusso in moto uniforme per sezione trapezia - Pendenza media 4°

GRONDA G7 → Tirante idrico per portata di circa 1,92 m³/s = 0,90 m → Franco idraulico nel canale di 0,30 m.

Infine, si fornisce l'esito dell'ultima verifica idraulica richiesta al par. A.4 della D.D.G. 102/2021, che cita testualmente: "... per qualsiasi valore del coefficiente di deflusso medio dell'area trasformata, dovrà essere altresì verificato che la portata scaricata dalla vasca o sistema di laminazione nel corpo idrico ricettore o nel collettore fognario, non ne pregiudichi la capacità di trasporto idraulico causandone l'esondazione (valutata per portate con tempo di ritorno di 50 anni), nel primo caso, o l'entrata in pressione nel secondo".

Il valore di portata con cui eseguire le valutazioni per il CIR individuato è proprio il valore atteso in uscita dal sistema di laminazione che, in accordo alla formulazione del metodo semplificato delle piogge, è fornito in Tabella 7.

A tale scopo, vale la pena sottolineare che, per garantire l'immissione all'interno del CIR della portata Q_{IMP} (Tab-3-4-5), sarà necessario provvedere, nell'ambito della successiva fase progettuale, allo specifico dimensionamento del sistema di regolazione dei deflussi e raccordo idraulico in corrispondenza della confluenza del tratto terminale di ogni canale del sistema di laminazione nel corpo idrico ricettore, anche a seguito della disponibilità di idonei rilievi di dettaglio.

In particolare, tale elemento di raccordo dovrà essere opportunamente dimensionato in modo da garantire la limitazione della portata di efflusso dal sistema di drenaggio al valore massimo pari proprio alla corrispondente portata Q_{IMP} . In tal modo, infatti, sarà possibile sfruttare l'intero volume di laminazione offerto dai canali in progetto, consentendo l'invaso dei volumi ai fini dell'invarianza idrologica-idraulica.

Per fini puramente esemplificativi, ma assolutamente non esaustivi né vincolanti rispetto alla successiva fase progettuale, il raccordo idraulico fra sistema di laminazione e CIR potrebbe prevedersi mediante la predisposizione di un pozzetto interrato (preferibilmente prefabbricato in calcestruzzo o in materiale sintetico), che fungerebbe da nodo terminale del sistema di drenaggio/laminazione, collegato al CIR per mezzo di una tubazione (in calcestruzzo o in materiale sintetico) dimensionata in maniera tale da limitare il valore di portata in efflusso alla Q_{IMP} sopracitata (il tutto in accordo allo schema tipo 1 proposto nella seguente immagine).

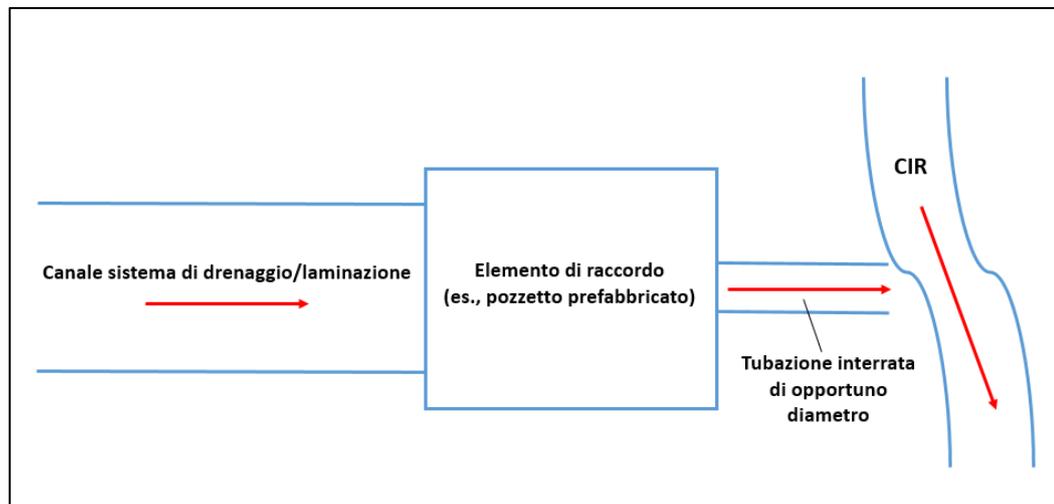


Figura 27. Collegamento fra sistema di drenaggio/laminazione e CIR – schema esemplificativo tipo 1 (vista planimetrica)

A monte del pozzetto si prevede la posa in opera di una griglia a maglia larga, allo scopo di rimuovere il trasporto solido proveniente dai canali prima dell'immissione nel pozzetto e successivamente nel CIR. Si riporta di seguito un modello 3D esemplificativo di griglia a maglia larga.

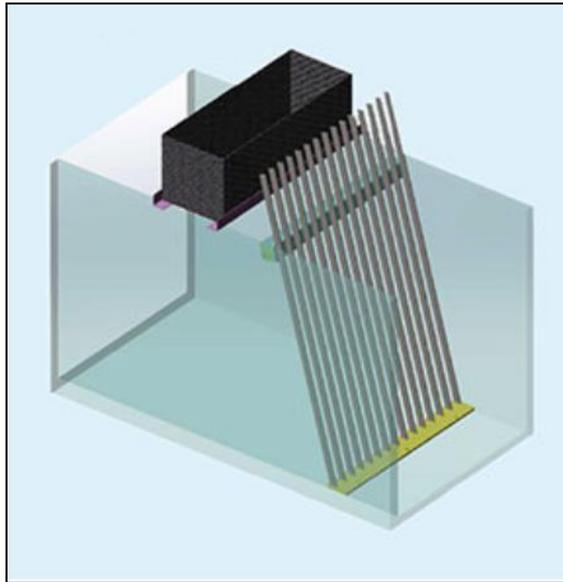


Figura 28 Modello di griglia a maglia larga prevista a monte del pozzetto di raccordo

A seguire degli estratti dalla tavola progettuale del sistema di drenaggio, esemplificativi dello schema di immissione nel CIR delle portate laminate dai canali di gronda. Le sezioni riportate sono state ottenute grazie a rilievo topografico eseguito in sito.

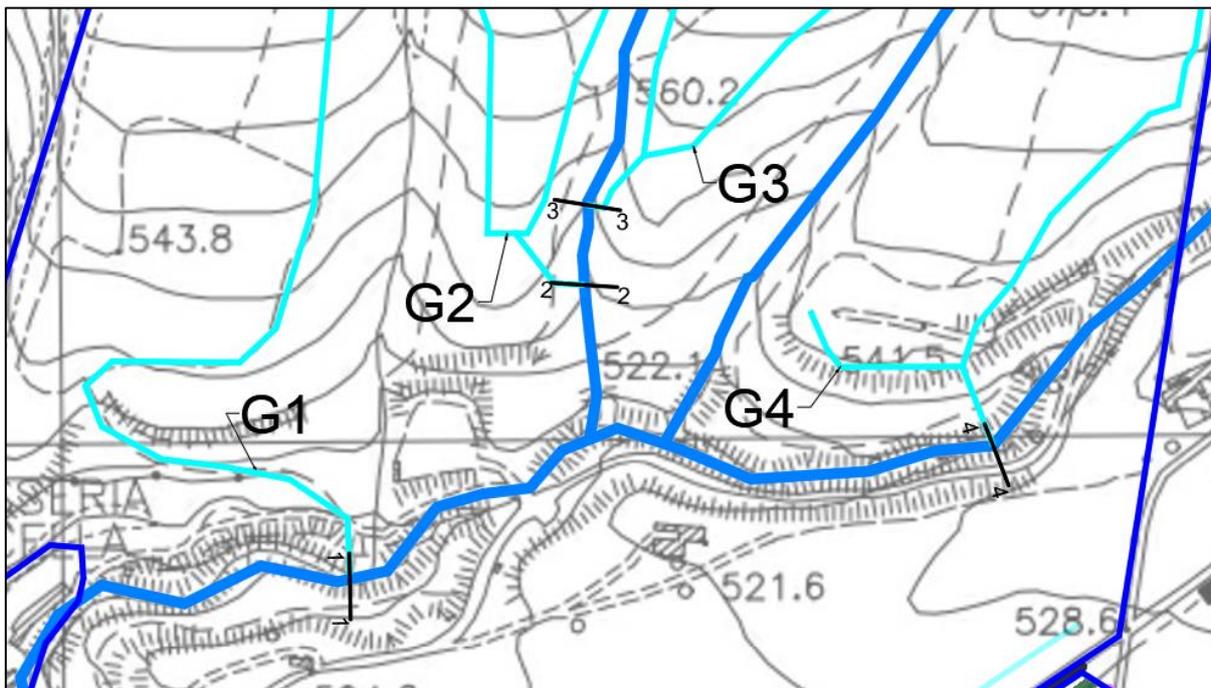


Figura 29 Estratto dalla tavola progettuale del sistema di drenaggio – Scarico canali di laminazione G1, G2, G3, G4

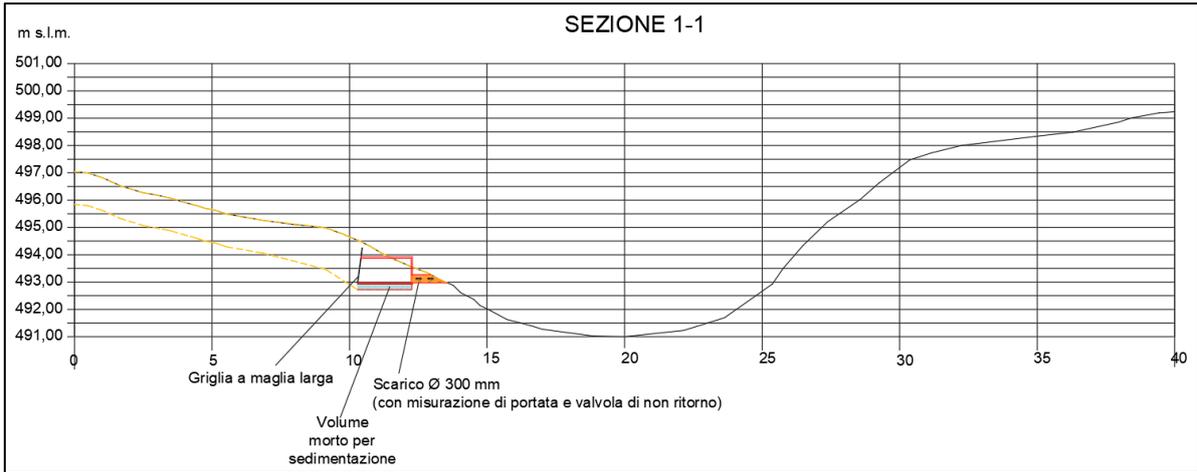


Figura 30 Sezione 1-1 – Scarico canale G1

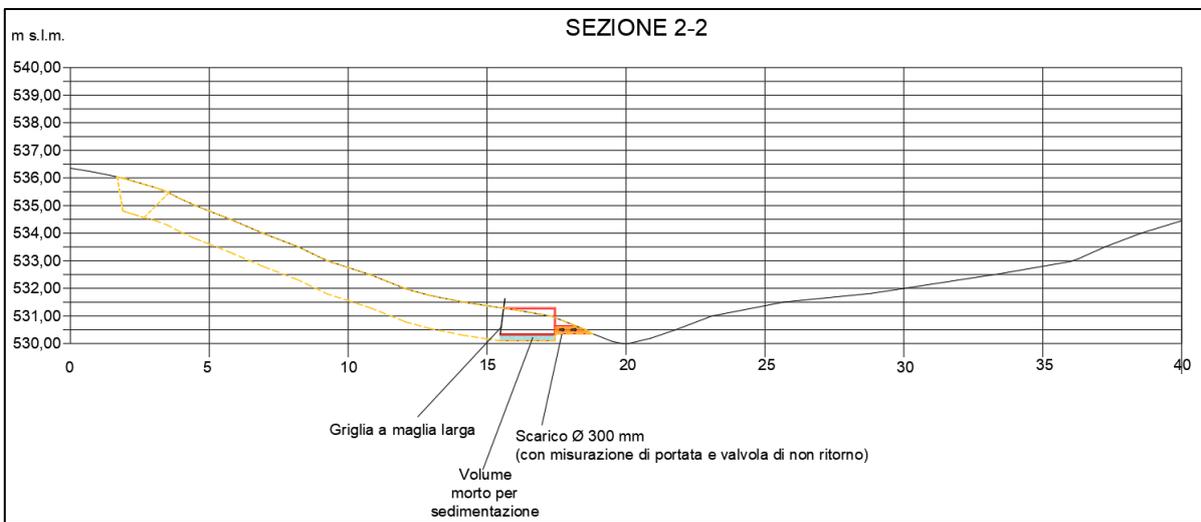


Figura 31 Sezione 2-2 – Scarico canale G2

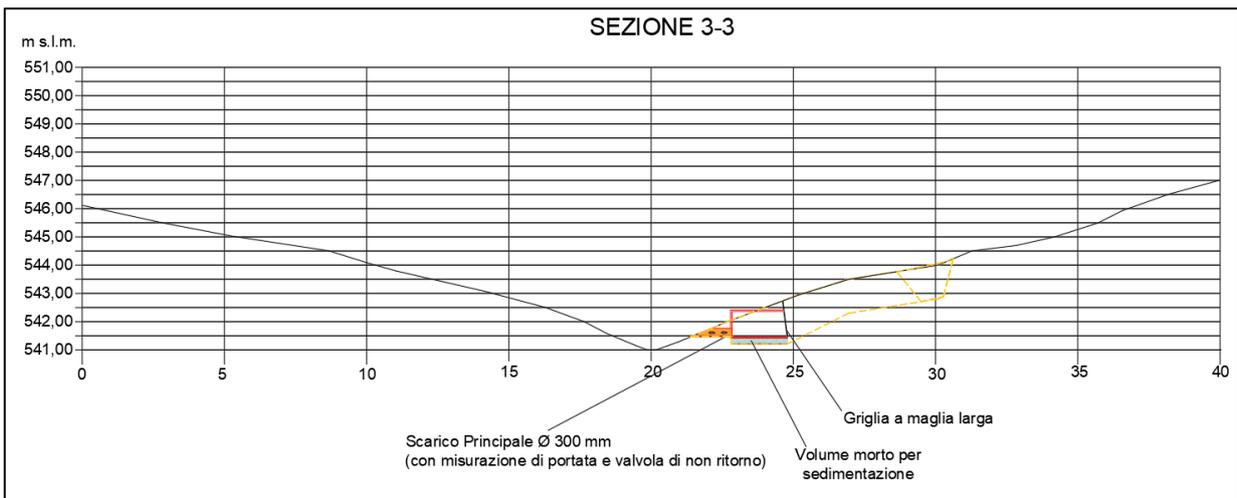


Figura 32 Sezione 3-3 – Scarico canale G3

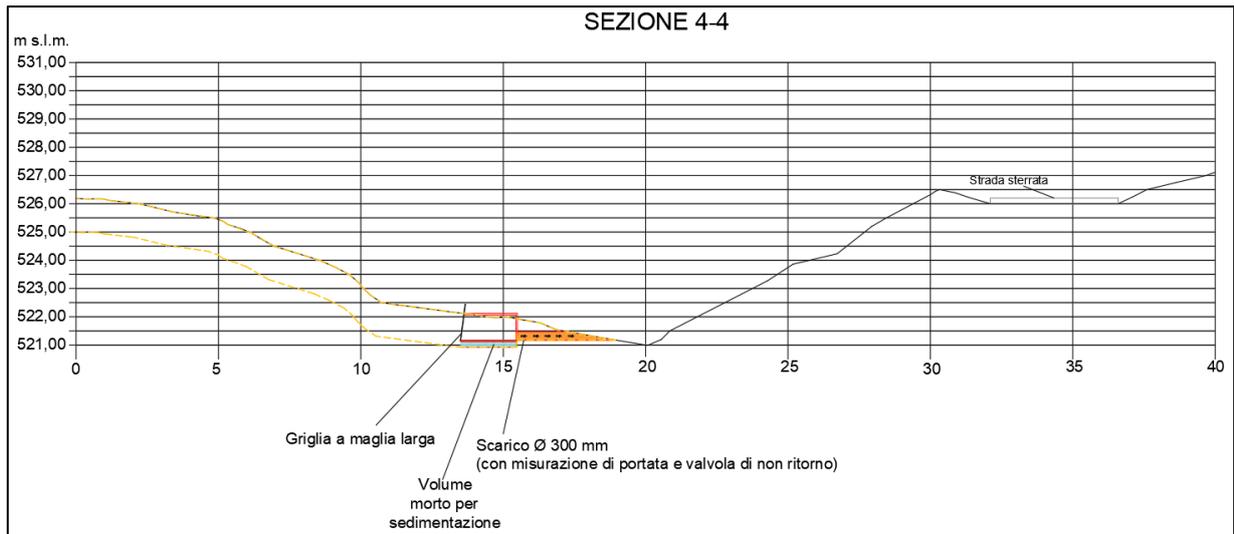


Figura 33 Sezione 4-4 – Scarico canale G4

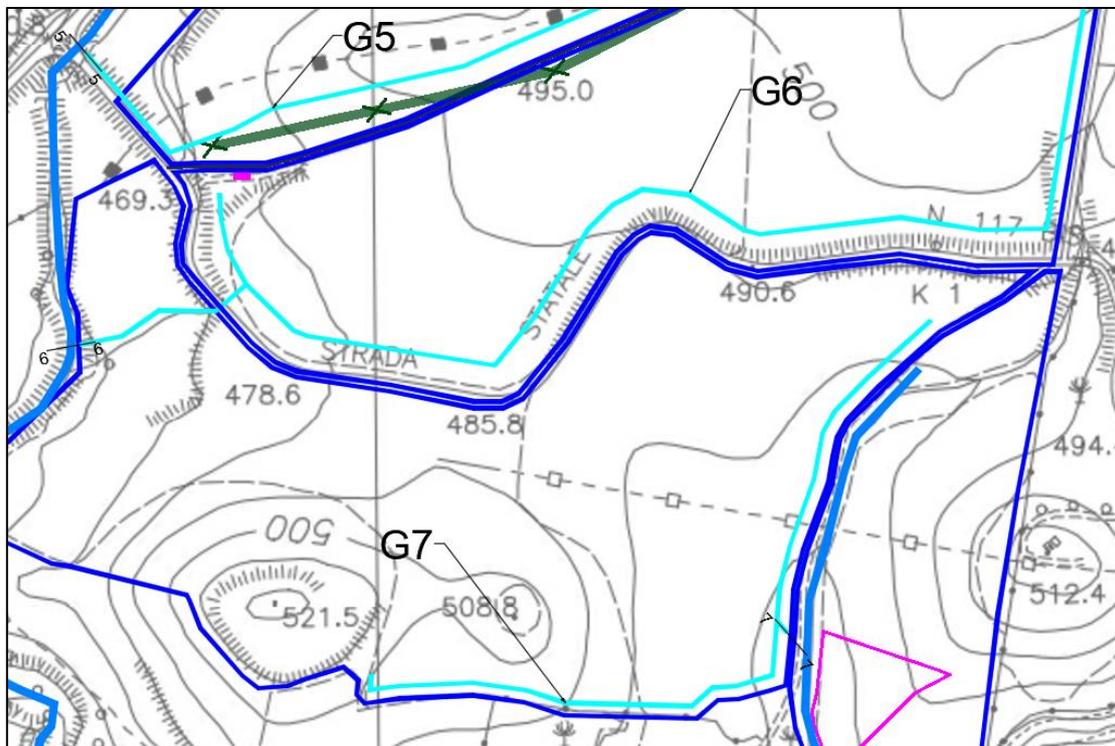


Figura 34 Estratto dalla tavola progettuale del sistema di drenaggio – Scarico canali di laminazione G5, G6, G7

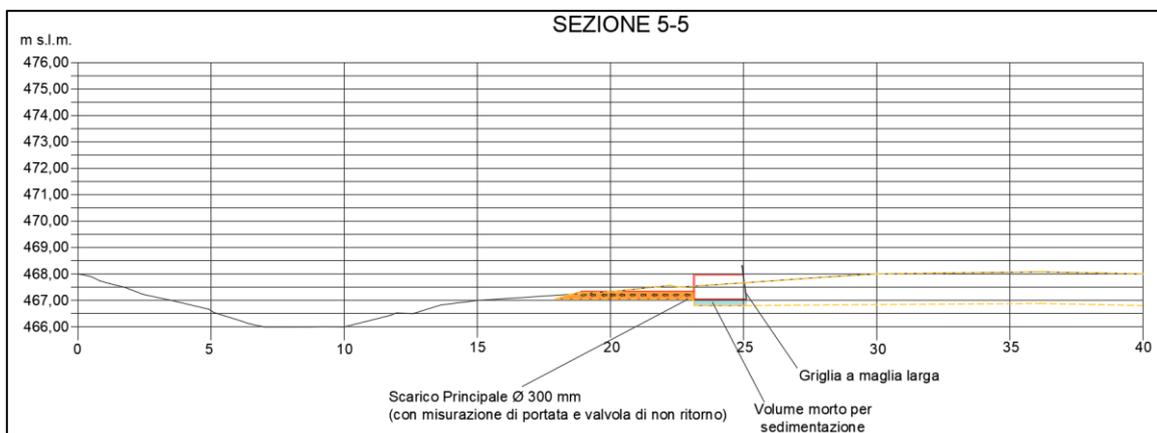


Figura 35 Sezione 5-5 – Scarico canale G5



Figura 36 Foto attraversamento canale

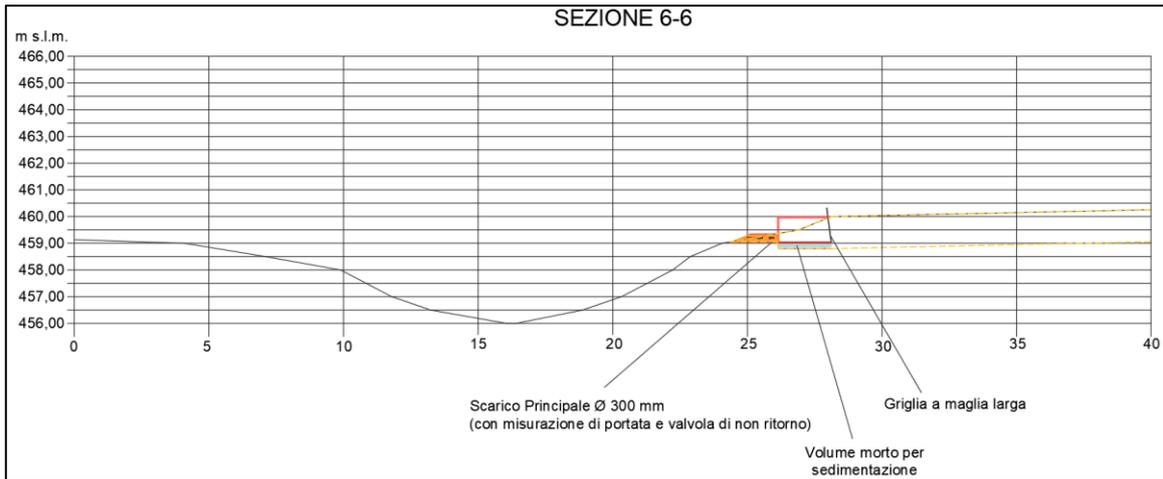


Figura 37 Sezione 6-6 – Scarico canale G6



Figura 38 Foto attraversamento canale esistente – Cono fotografico 2

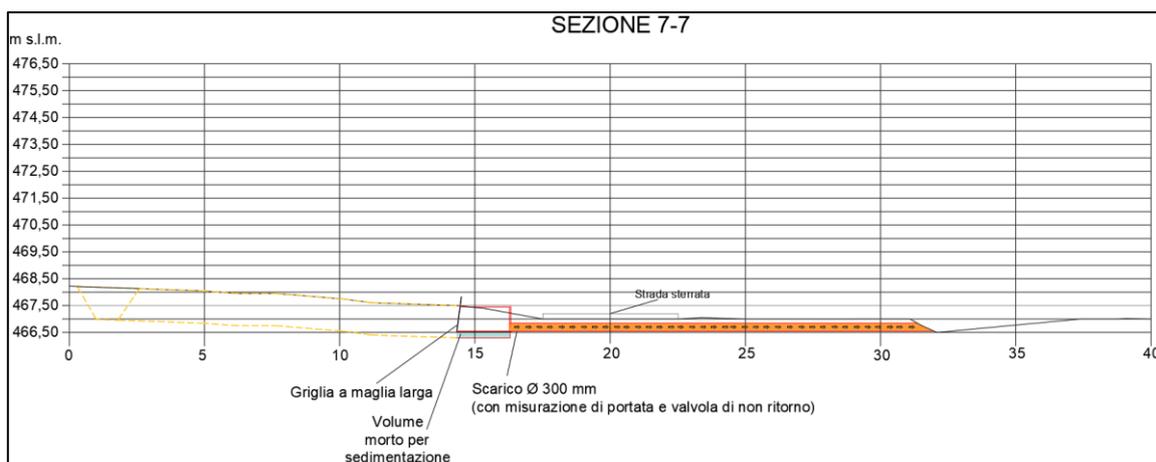


Figura 39 Sezione 7-7 – Scarico canale G7



Figura 40 Foto attraversamento canale esistente – Cono fotografico 3

Da un'analisi delle sezioni dei CIR e visti gli esigui valori di portata Q_{IMP} in uscita dal sistema di laminazione in progetto, risulta evidente come tale portata non possa in alcun modo pregiudicare il trasporto idraulica causandone l'esonazione. Per completezza si riportano di seguito le verifiche eseguite.

Il valore di portata con cui eseguire le valutazioni è proprio il valore atteso in uscita dal sistema di laminazione che, in accordo alla formulazione del metodo semplificato delle piogge, risulta pari a:

Area A1 \rightarrow 1,47 m^3/s , così suddivisi:

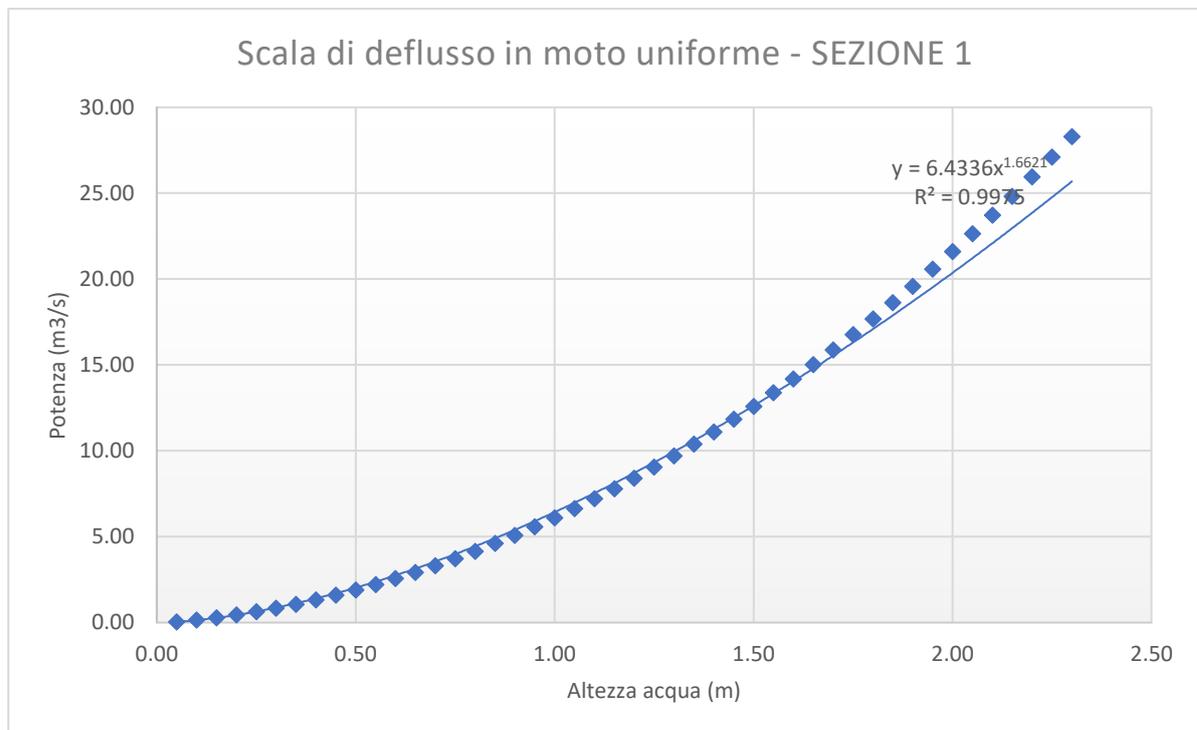
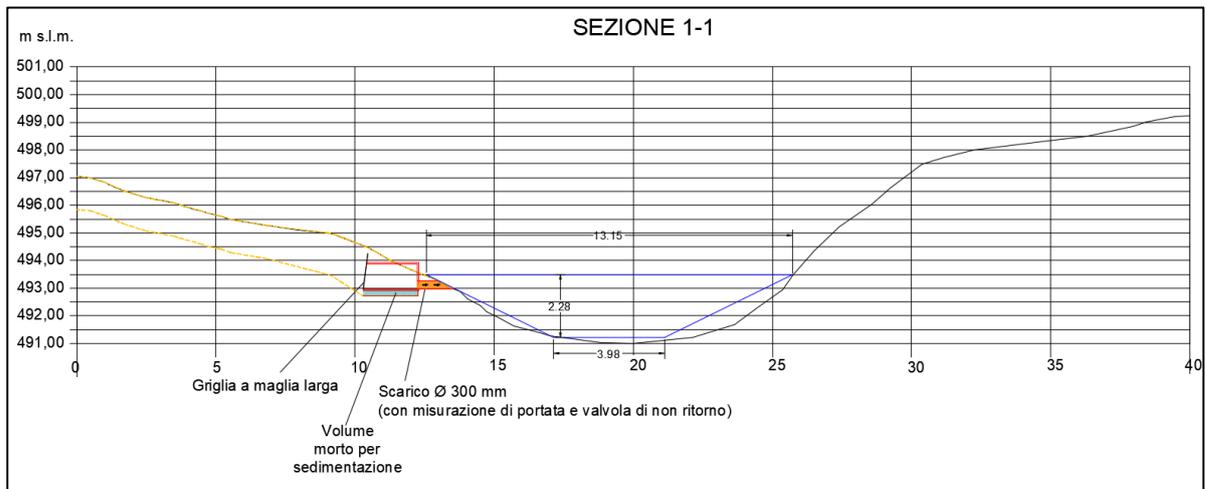
G1= 0,38 m^3/s , G2= 0,21 m^3/s , G3= 0,30 m^3/s , G4= 0,27 m^3/s , G5= 0,34 m^3/s .

Area A2 (G6) \rightarrow 0,37 m^3/s ;

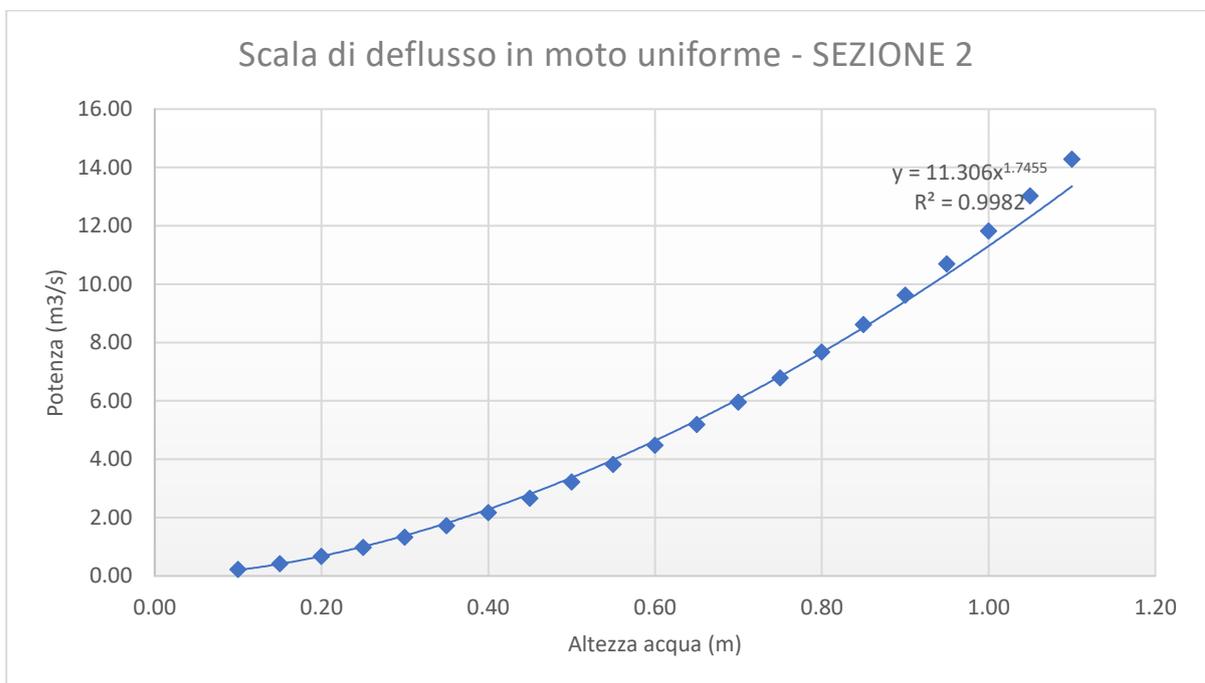
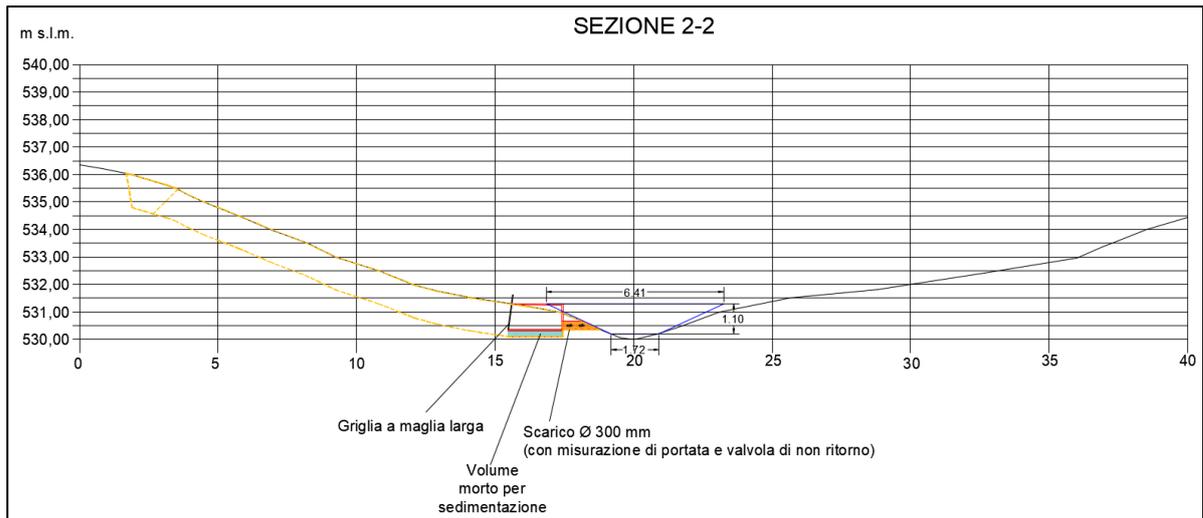
Area A4 (G7) \rightarrow 0,42 m^3/s .

Costruendo la scala di deflusso dei CIR in corrispondenza delle sezioni di scarico dei canali di laminazione, è possibile verificarne la capacità di trasporto idraulico.

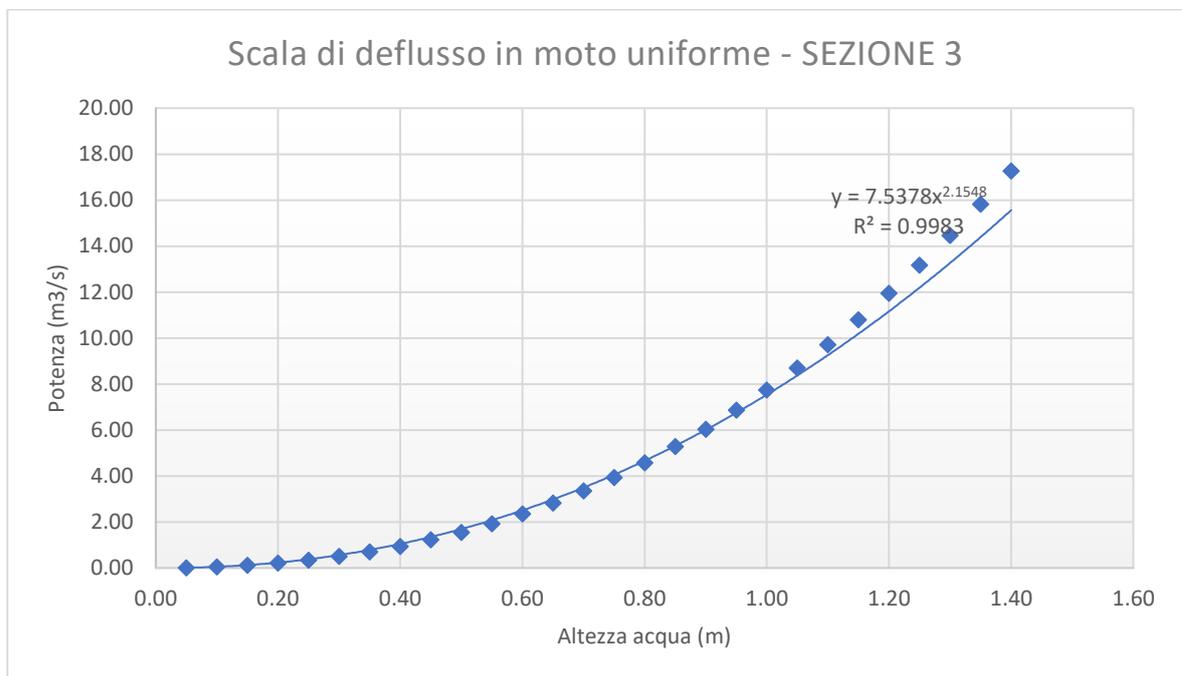
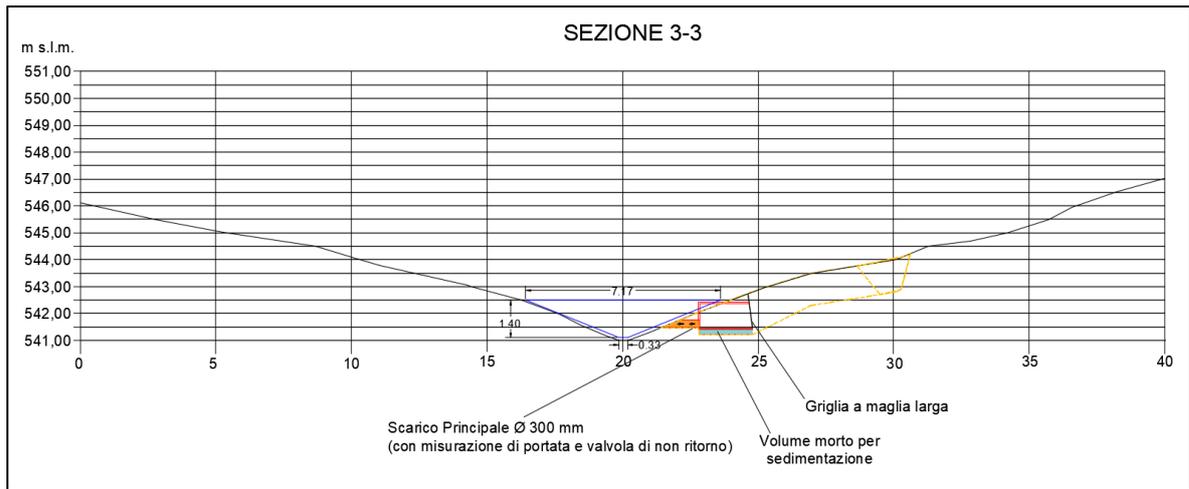
La verifica è stata fatta in regime di moto uniforme, approssimando a vantaggio di sicurezza le sezioni dei CIR a dei trapezi inscritti. Anche in questo caso è stata adottata la formula di Chezy, considerando un valore del coefficiente di Chezy-Bazin pari a 1,20.



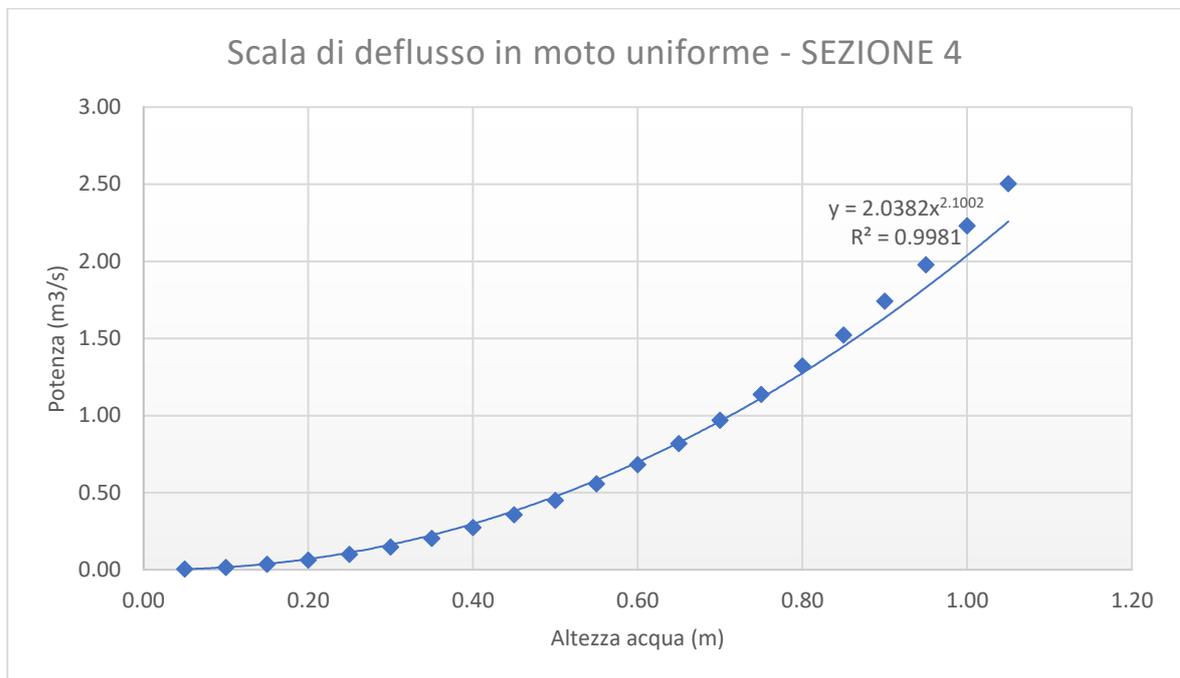
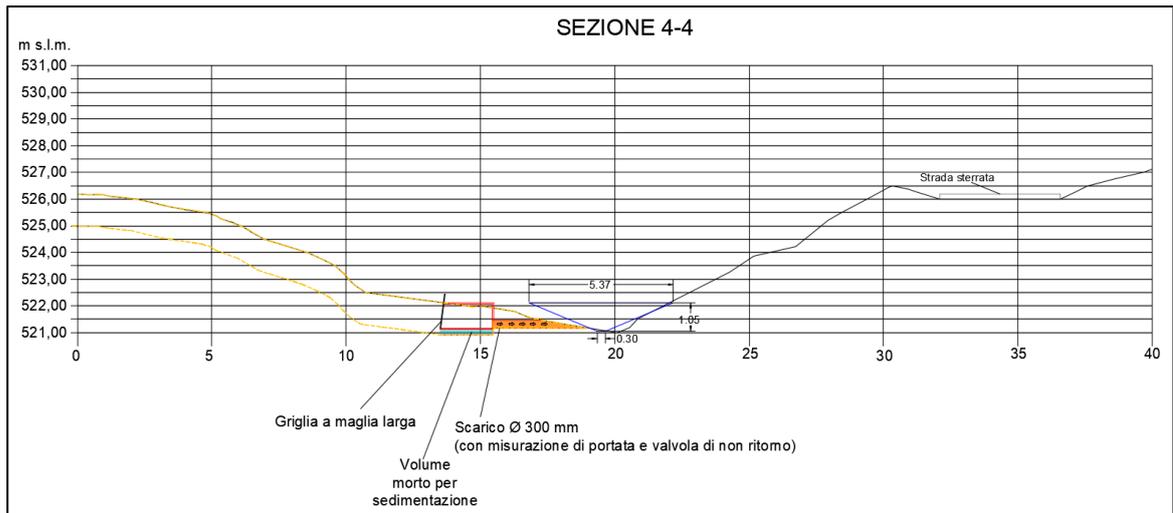
SEZIONE 1-1 | GRONDA G1 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 28 m³, circa 74 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



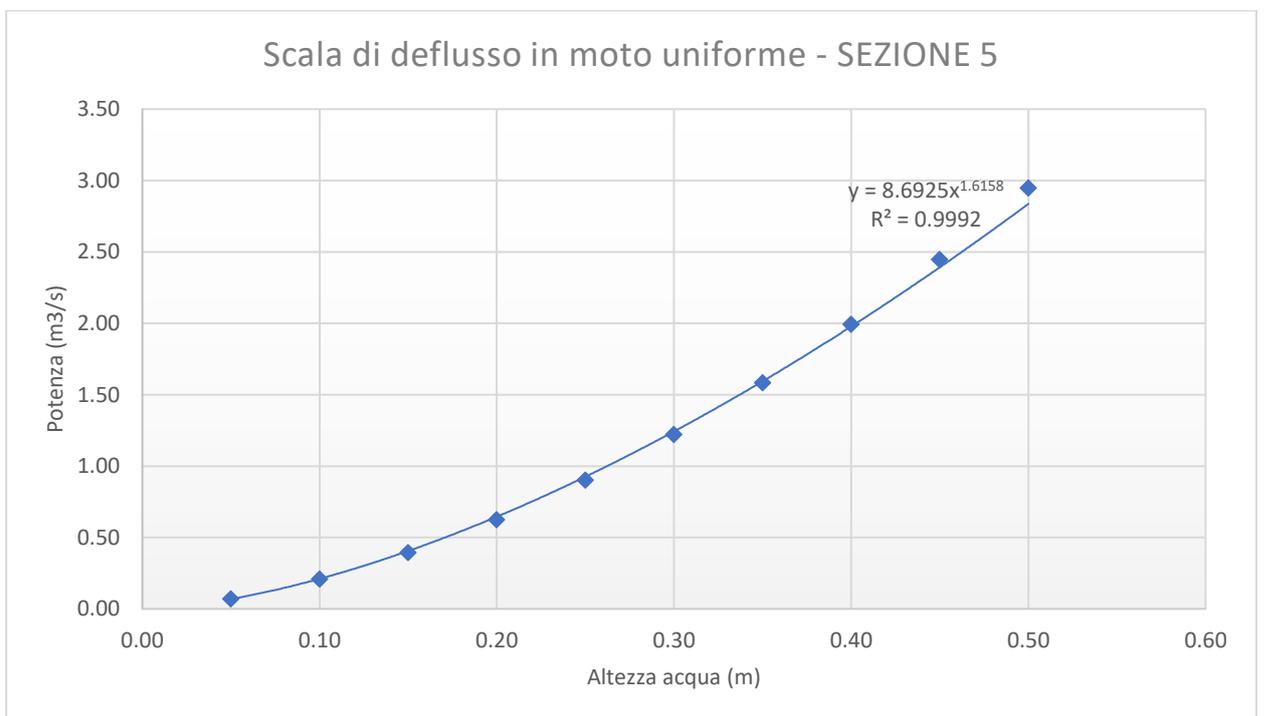
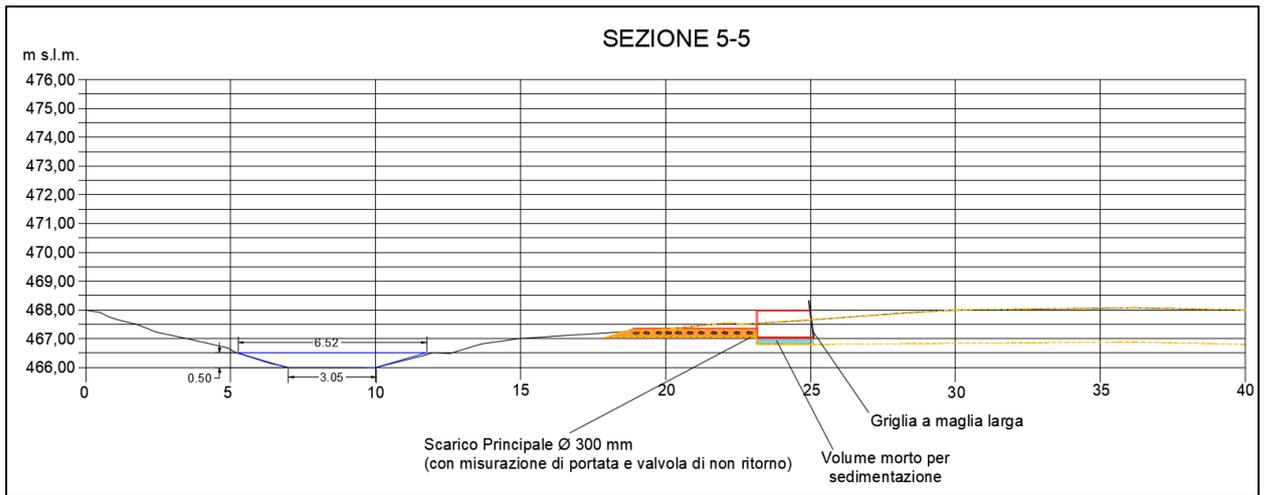
SEZIONE 2-2 | GRONDA G2 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 14 m³, circa 66 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



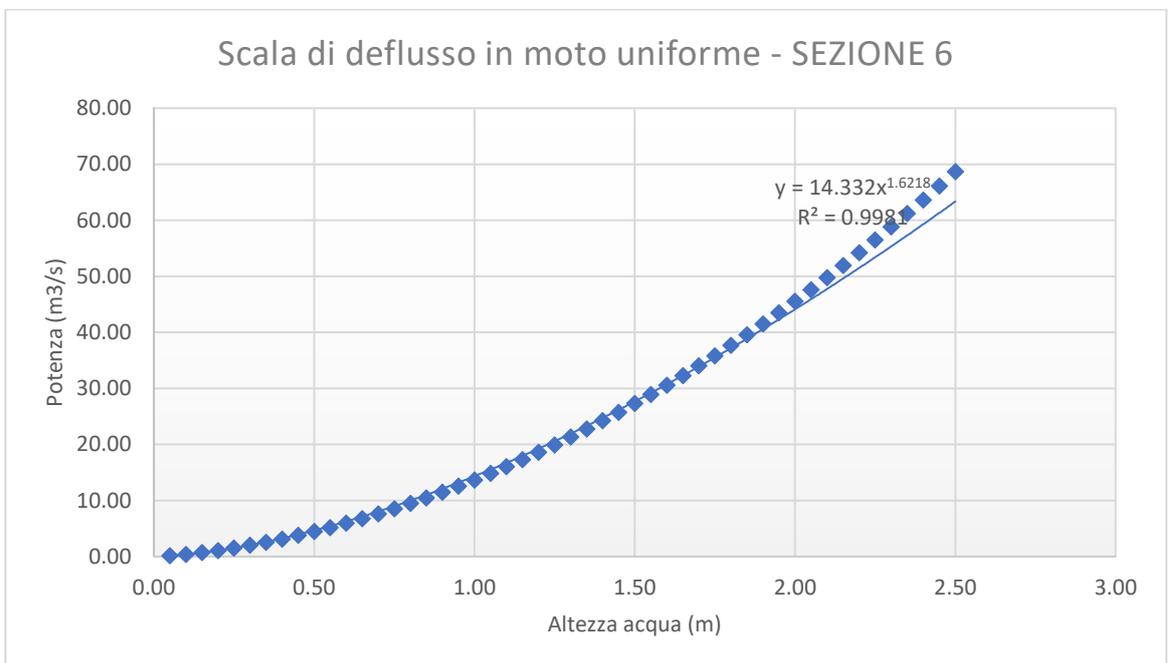
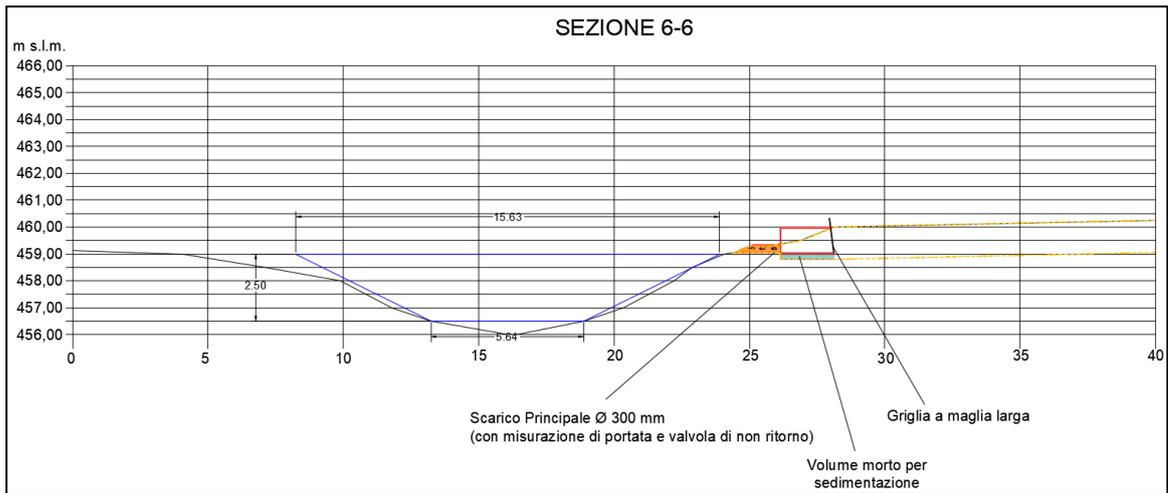
SEZIONE 3-3 | GRONDA G3 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 17 m³, circa 57 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



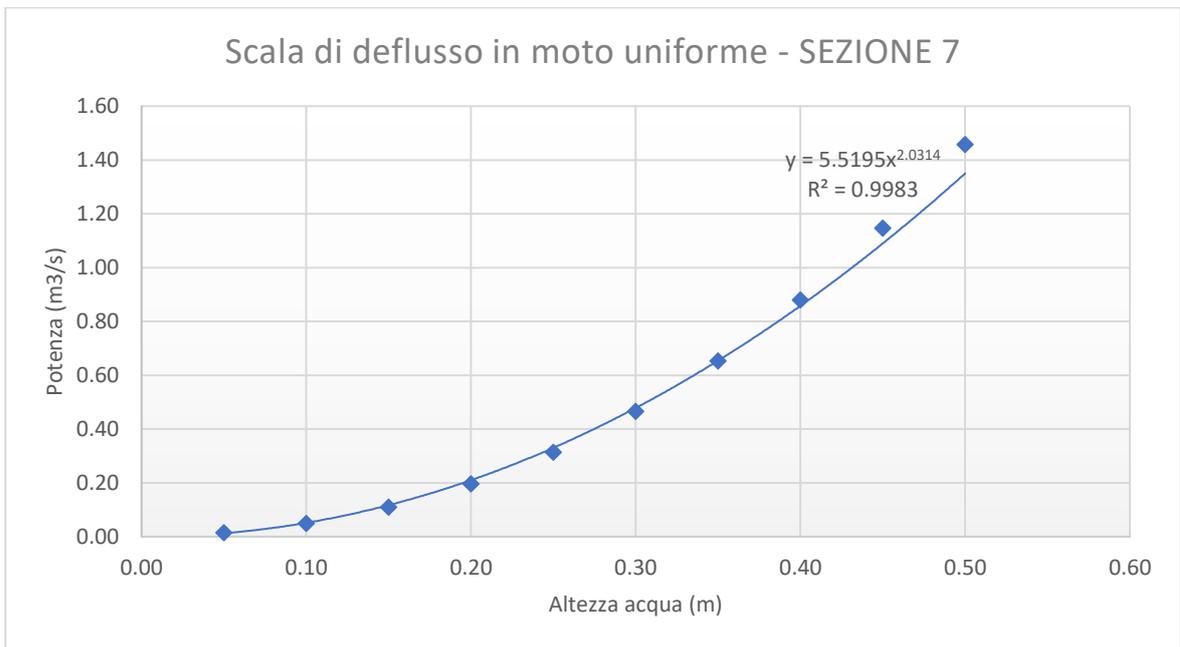
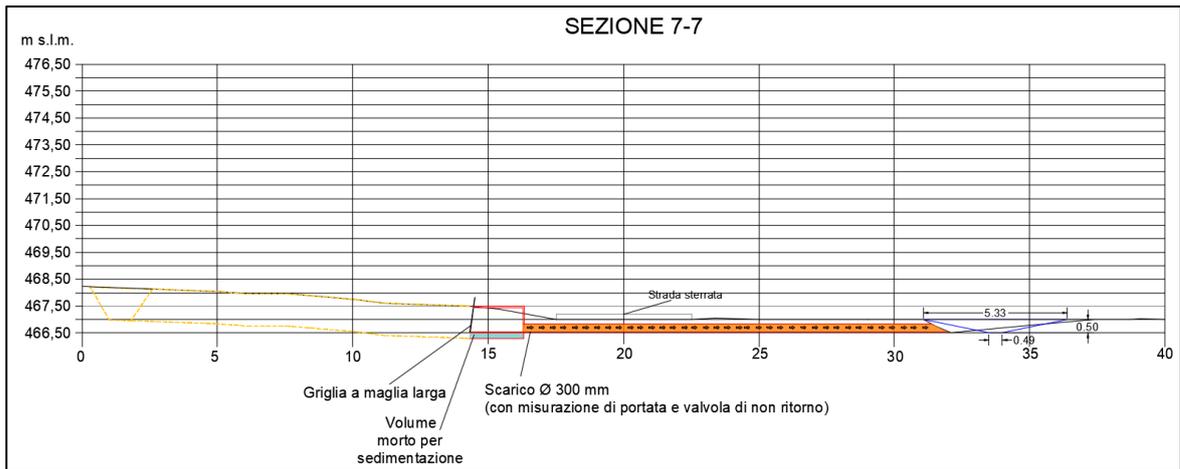
SEZIONE 4-4 | GRONDA G4 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 2.50 m³, circa 9 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



SEZIONE 5-5 | GRONDA G5 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 2.95 m³, circa 8 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



SEZIONE 6-6 | GRONDA G6 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 68.50 m³, circa 185 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.



SEZIONE 7-7 | GRONDA G7 → Portata idraulica contenibile senza esondazioni: 1.46 m³, circa 3.5 volte maggiore della portata in uscita dal sistema di laminazione in progetto.

Considerate le valutazioni sopra esposte, risulta evidente come la portata drenata complessiva non possa alterare in modo significativo la capacità di trasporto del corpo idrico ricettore.

5 CONCLUSIONI

La società X-ELIO ENNA 2 S.r.l., con sede in Corso Vittorio Emanuele II, 349, 00186 - Roma, intende realizzare un impianto agrivoltaico della potenza totale di 50 MWp, sito in c/da Salsello del Comune di Enna (EN), Regione Sicilia.

Il progetto ha la finalità di realizzare un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica attraverso l'installazione di moduli fotovoltaici in grado di convertire in energia elettrica la radiazione solare incidente sulla loro superficie ed immetterla nella rete elettrica nazionale.

La presente relazione, nell'ambito del progetto di impianto fotovoltaico della potenza totale di 50,076 MWp, sito in c/da Salsello del Comune di Enna (EN), Regione Sicilia, fornisce una breve analisi geologica, geomorfologica e idrogeologica del settore indagato, finalizzata alla verifica dell'invarianza idraulica del settore analizzato in accordo alla D.D.G. 102 del 23/6/2021. Sono state inoltre illustrate le soluzioni progettuali previste per il rispetto del principio di invarianza idraulica e del mantenimento dell'equilibrio idrogeologico dell'area oggetto di intervento. In particolare, è stata applicata la procedura descritta all'Allegato 2 "*Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica*" della norma sopra individuata.

Il sito in esame non presenta criticità di carattere geomorfologico e idrogeologico. Dalla casìarta di sintesi pianificazione si evince che l'intera area d'impianto ricade all'interno delle aree in *Classe 1 – suscettività d'uso non condizionata – Aree stabili a normale evoluzione geomorfologica, idonee a insediamenti antropici*.

Le aree non ricadono all'interno delle aree di pericolosità e rischio idraulico P.A.I..

Le valutazioni idrologico-idrauliche eseguite hanno consentito di individuare il volume di laminazione necessario per l'invarianza idraulica dell'area che sarà occupata dai pannelli fotovoltaici, pari a circa 9.130 m³, che sarà ottenuto dimensionando opportunamente i canali di gronda in progetto a valle delle principali aree di impianto, che raccolgono le acque di ruscellamento per convogliarle agli impluvi esistenti previa opportuna laminazione e sedimentazione.

In ordine a quando previsto e descritto nella presente relazione, è possibile affermare che:

- l'intervento in oggetto rispetta il principio dell'invarianza idrologica e idraulica;

- tale intervento, vista la natura delle opere in progetto e l'entità delle lavorazioni connesse alla loro realizzazione, si inserisce perfettamente nel contesto geomorfologico e idrogeologico del settore interessato, non modificando l'equilibrio idraulico del territorio in esame e consentendo il corretto smaltimento delle acque meteoriche.