

# REGIONE SICILIA

Città Metropolitana di Palermo (PA)

## COMUNE DI CASTELLANA SICULA



01	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	25/11/22	NASTASI M.	LOMBARDO A.	BERTOLOTTO E.
00	EMISSIONE PER COMMENTI	02/11/22	NASTASI M.	LOMBARDO A.	BERTOLOTTO E.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**GREENERGY RINNOVABILI 5 S.R.L.**



Sede legale in Via Borgonuovo 9, CAP 20121 Milano (MI)  
Partita I.V.A. 11892540961 – PEC: grr5srl@legalmail.it

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO GR CASTELLANA**

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Antonino Signorello  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6105 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA  
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Geologo:

Dott. Geol. Milko Nastasi  
Ordine Regionale  
dei Geologi di Sicilia  
n° 3139 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C22037S05-PD-RT-02-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

**DEFINITIVO**

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



## Indice

1. PREMESSA .....	3
2. FASI DI LAVORO .....	3
3. ASPETTI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI .....	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	6
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO.....	6
6. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE .....	7
6.1 Metodo di studio.....	9
6.2 Studio idraulico.....	15
Bacino 1: .....	15
Bacino 2: .....	20
Bacino 3: .....	24
Bacino 4: .....	27
Bacino 5: .....	30
7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI.....	33
8. POSA DEL CAVIDOTTO.....	33
9. OPERE IDRAULICHE.....	34
CONCLUSIONI .....	36

## Indice delle figure

Figura 1- Stralcio cartografico IGM 1:25000.....	4
Figura 2 - area di progetto su aerofotogrammetria .....	5
Figura 3 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti .....	8
Figura 4 – impluvi individuati con le relative altezze del tirante idraulico con TR100 .....	18
Figura 5 – sezione di chiusura impluvio 1.....	19
Figura 6 – sezione di chiusura impluvio 2.....	22
Figura 7 – sezione di chiusura impluvio 3.....	26
Figura 8 – sezione di chiusura impluvio 4.....	28
Figura 9 – sezione di chiusura impluvio 5.....	31

## Allegati alla relazione:

- All. 1 - Corografia, scala 1:25000;
- All. 2 - Carta Geologica e idrografica, scala 1:10000;
- All. 3 - Carta del pericolo geomorfologico, scala 1:10000;
- All. 4 - Carta del pericolo idraulico, scala 1:10000;

## 1. PREMESSA

La Società Greenergy Rinnovabili 5 S.r.l., parte del gruppo Greenergy Renovables SA, attivo nel campo delle energie rinnovabili dallo sviluppo alla costruzione, fino alla gestione degli impianti, ha incaricato la Società Antex Group S.r.l. per la progettazione dell'Impianto fotovoltaico GR Castellana che produrrà energia elettrica da fonte solare.

Il Progetto prevede l'installazione di n. 53.508 moduli fotovoltaici da 670 Wp ciascuno, su strutture fisse, per una potenza complessiva pari a 35,85 MWp, con sistema di accumulo di 10 MW, nel territorio del Comune di Castellana Sicula, appartenente alla Città Metropolitana di Palermo.

L'impianto sarà connesso alla rete elettrica nazionale, tramite la posa di un cavidotto interrato su strade esistenti e la realizzazione di una nuova cabina utente per la consegna collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaromonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta. Le scelte progettuali e le soluzioni tecniche adottate sono frutto di uno studio approfondito che, tiene conto dei fattori ambientali e dei vincoli paesaggistici, analizza l'orografia dei luoghi, l'accessibilità al sito, la vegetazione e tutte le interferenze con il tracciato del cavidotto di connessione.

L'incarico della progettazione è stato affidato alla Società Antex Group S.r.l. per i suoi professionisti selezionati e qualificati che pongono a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

## 2. FASI DI LAVORO

Al fine di verificare le condizioni idrologiche e idrauliche dell'area e degli immediati dintorni, è stato redatto uno studio idrologico e idraulico analizzando i dati degli ultimi 20 anni di annali idrologici della Sicilia.

-Le norme, alla quale si è fatto riferimento sono elencate di seguito:

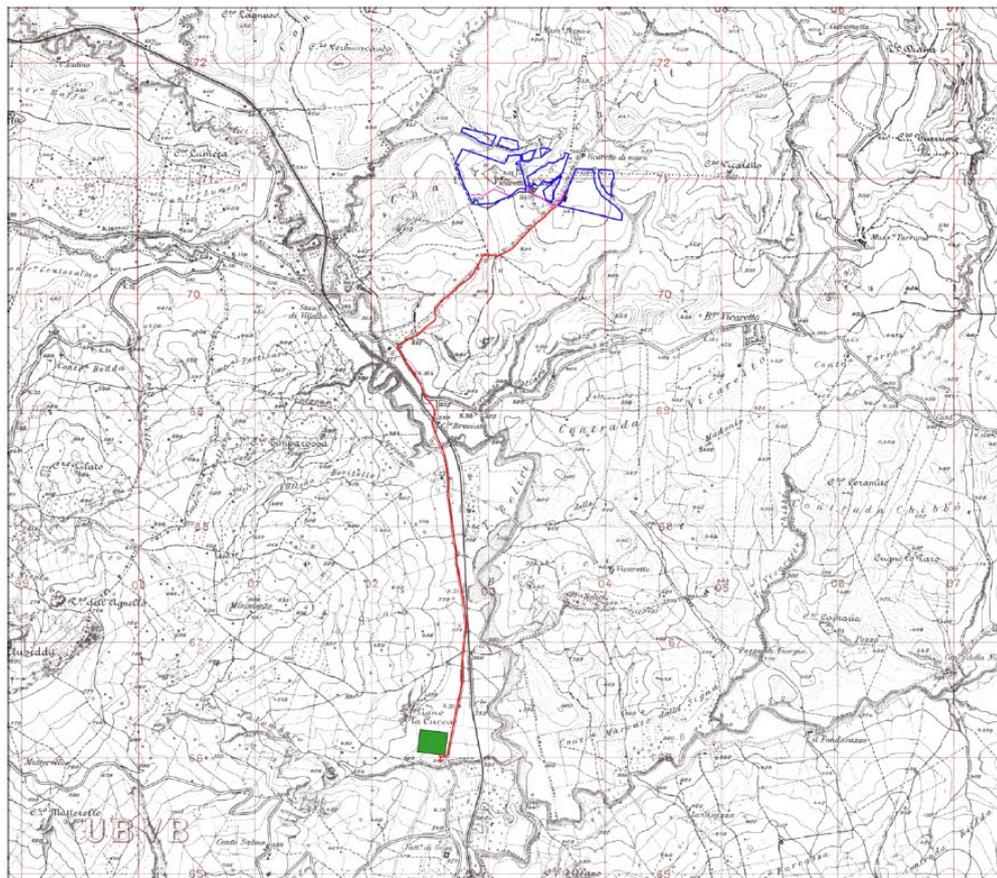
- *Piano di tutela delle acque secondo Ordinanza n. 333 del 24/12/2008;*
- *le linee guida edite dall'A.R.T.A. nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.);*
- *Norme di Attuazione del P.A.I. (Aggiornate con Delibera G.R. n. 17/14 del 26 aprile 2006).*

### 3. ASPETTI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI

L'area sulla quale è in progetto l'impianto fotovoltaico ricade nel Foglio 259-II-SE Vallelunga Pratameno e Foglio 267-I-NE Villalba.

Le quote relative all'impianto vanno dai 430 ai 570 m.s.l.m. e si trova ubicato a Est dell'abitato di Vallelunga Pratameno con accesso all'impianto dalla SS121.

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Sicilia in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 621120 e 621110 all'interno del territorio di Castellana Sicula.



**Legenda**

- cavidotto AT
- cavidotto MT
- recinzione area
- Bess
- cabina di centrale
- cabina utente di consegna
- Futura SE

Foglio 259-II-SE Vallelunga Pratameno  
 Foglio 267-I-NE Villalba

Figura 1- Stralcio cartografico IGM 1:25000

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP S.r.l.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C22-037-S05

ISO 9001  
 BUREAU VERITAS  
 Certification



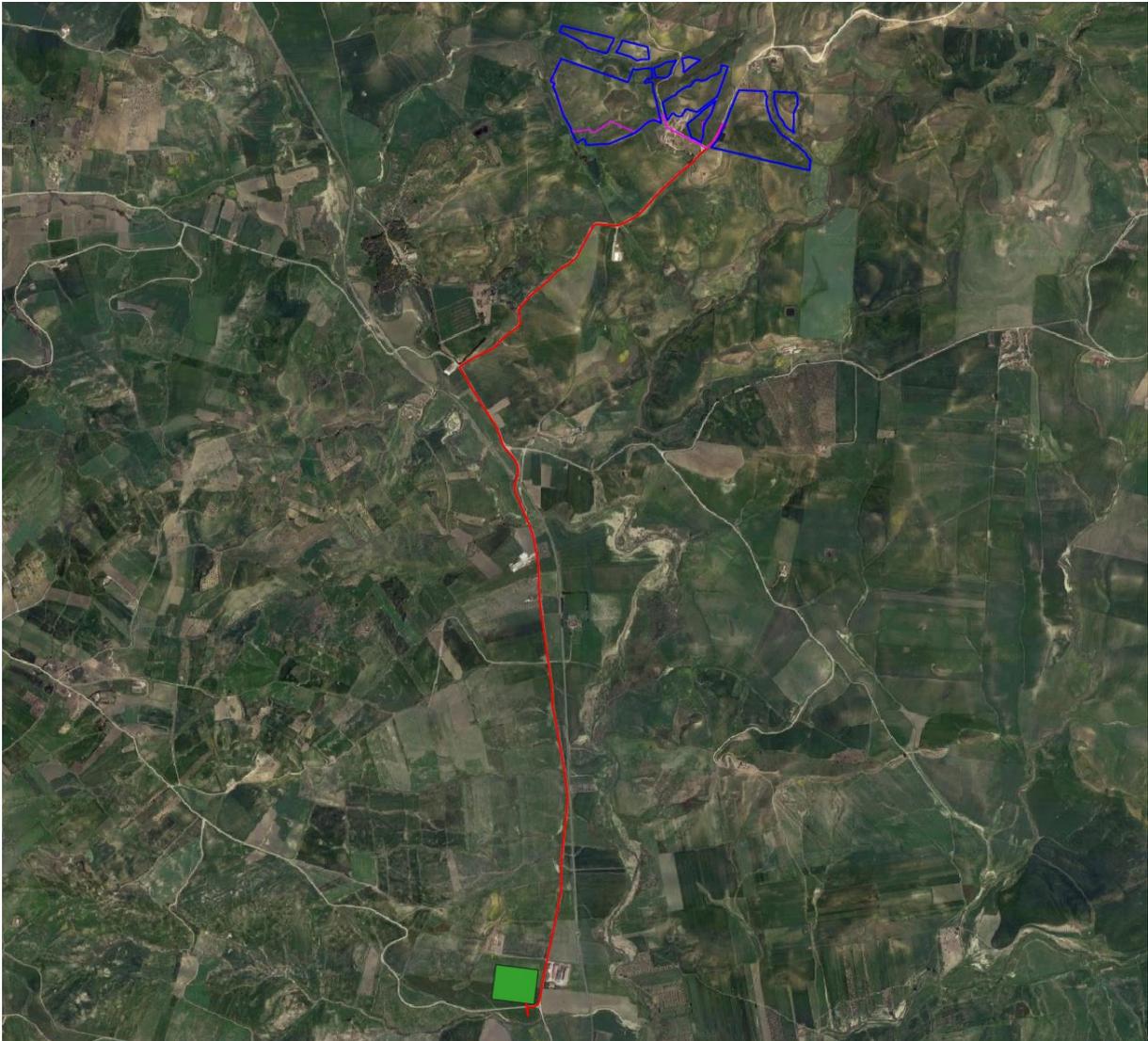


Figura 2 - area di progetto su aerofotogrammetria

La morfologia dell'area in oggetto è in stretta relazione con la natura dei terreni affioranti e con le vicissitudini tettoniche che, nel tempo, l'hanno interessata.

L'area è caratterizzata colline più o meno pronunciate, di natura per lo più sabbiosa, con diversi impluvi che attraversano i versanti dai quali scorrono le acque piovane che vanno poi a finire nei torrenti vicini.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le ricognizioni di campagna e gli affioramenti visibili in questa porzione di territorio, hanno permesso di accertare le formazioni geologiche che affiorano nell'area in studio (vedi relazione geologica), che presenta in affioramento i terreni sabbiosi con componente argillosa in alcune zone, afferenti alla formazione Terravecchia.

##### FORMAZIONE TERRAVECCHIA

La Formazione Terravecchia (SCHMIDT DI FRIEDBERG, 1964), ascrivibile al Tortoniano superiore – Messiniano, è caratterizzata da un'alternanza di argille, argille marnose, marne, sabbie e conglomerati, variamente associati tra di loro con prevalenza a volte della frazione argillosa, a volte di quella arenacea o di quella conglomeratica con graduali passaggi sia laterali che verticali. Questi terreni sono molto diffusi in tutta la Sicilia settentrionale e centrale e sono noti in letteratura con diverse denominazioni (BALDACCI, 1886; CRESCENZI & GAFFURINI, 1955; RIGO DE RIGHI, 1957; OGNIBEN, 1960; MARCHETTI, 1960; BROQUET, 1968; CATALANO & SPROVIERI, 1970; RUGGIERI et alii, 1969; SPROVIERI, 1969; ARUTA & BUCCHERI, 1971; 1978; DI STEFANO & CATALANO, 1978).

La Fm. Terravecchia affiora nel settore meridionale, a Sud di Valledolmo, a Sud di Caltavuturo e lungo un'ampia fascia orientata in senso Est-Ovest, compresa tra l'abitato di Tudia, Vallelunga Pratameno e contrada Marcatobianco, dando luogo ad un sistema di pieghe a largo raggio.

#### 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

Dal punto di vista della "permeabilità", cioè dell'attitudine che hanno le rocce nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace, si possono distinguere vari tipi di rocce:

- rocce impermeabili, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d'acqua per mancanza di meati sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;
- rocce permeabili, nelle quali l'acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i meati esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (permeabilità per porosità e/o primaria), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria).

Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità “mista”, dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

Le formazioni litologiche affioranti nell’area rilevata, in base alle loro caratteristiche strutturali ed al loro rapporto con le acque di precipitazione, sono state classificate in una scala di permeabilità basata sulle seguenti tre classi:

1. rocce a permeabilità media per porosità;
2. rocce impermeabili;

Appartiene alla prima classe il membro sabbioso - argilloso della Formazione Terravecchia. In tali termini la circolazione idrica sotterranea presenta caratteristiche differenti in funzione dei litotipi considerati. Essa è vincolata, infatti, alla granulometria dei depositi che, essendo molto varia, comporta una maggiore facilità o deflusso in corrispondenza delle frazioni più grossolane, mentre, dove i depositi sono di tipo misto, si osservano valori del gradiente idraulico materialmente meno accentuati.

## 6. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE

Nell’area oggetto di studio sono presenti diversi impluvi dai quali scorre acqua durante i periodi di piogge (fig.3), per cui si è proceduto ad individuarli e studiarli dal punto di vista idraulico con software dedicati come Runoff ed Hec-Ras.

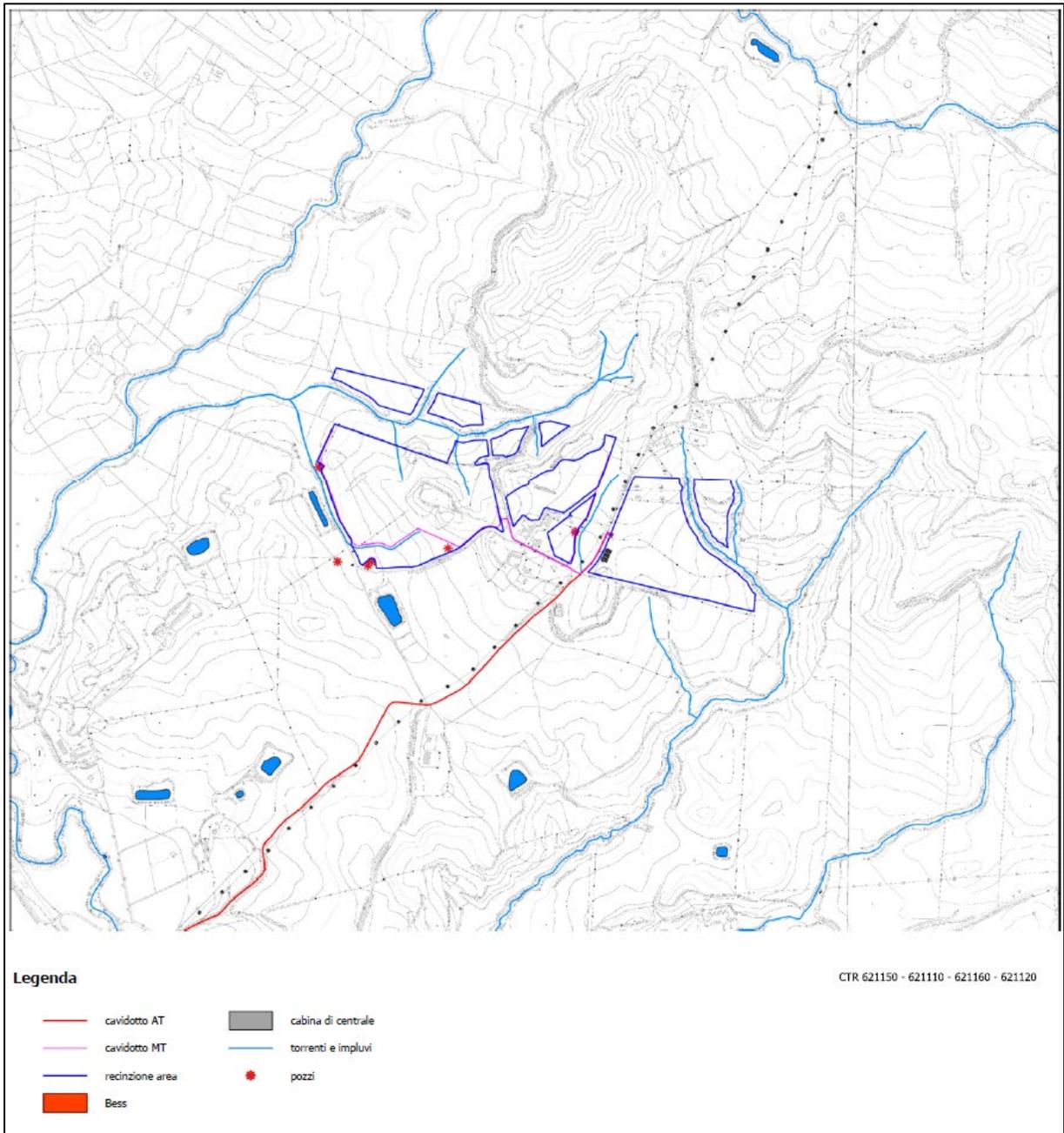


Figura 3 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti

Lo studio è stato svolto partendo dai dati sulla piovosità dell'area ottenuti dagli annali idrologici della regione Sicilia, considerando gli ultimi 20 anni.

Questi dati sono stati usati per eseguire studi probabilistici come Gumbel ed il metodo razionale per ottenere, in base alla geometria dei bacini individuati, le portate critiche e le altezze critiche del tirante idraulico relativo ai vari tempi di ritorno.

## 6.1 Metodo di studio

### Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

## Elaborazione Gumbel

### Modello di Gumbel

L'insieme dei valori  $x$  assunti da una generica grandezza idrologica può essere considerato una variabile casuale  $X$  la cui popolazione è costituita dall'insieme di tutti i valori che la  $x$  ha assunto per il passato o potrà assumere in futuro.

La serie statistica costituita dagli  $n$  valori  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  assunti dalla  $x$  in una determinata stazione di misura, può essere considerato come un campione di dimensione  $n$  tratto a caso dalla popolazione della  $X$ .

Ci si propone di risalire dalla composizione nota del campione a quella incognita della popolazione, tenendo però bene in conto che, per difetto di campionatura, la composizione del primo può scostarsi, più o meno, da quella della seconda.

All'interno di una generica variabile casuale  $Z$ , definita variabile originaria, si considera un campione di dimensione  $k$  di osservazioni tratte a caso dalla popolazione della  $z$  e si assume come variabile il massimo valore  $x=z_k$  assunto da  $z$  fra le osservazioni del campione.

Posto che dalla popolazione della  $z$  possono pensarsi tratti infiniti campioni di dimensione  $k$  e posto che  $z_k$  assume di volta in volta valori diversi, alla distribuzione della variabile originaria  $z$  si può associare quella del valore massimo in un campione di dimensione  $k$ .

Ciò premesso, la funzione di ripartizione  $\Phi(x)$  del massimo valore  $x=z_k$ , raggiunto dalla variabile originaria  $z$  in un campione di dimensione  $k$ , misura la probabilità che  $x$  risulti inferiore o al più eguale a un assegnato valore.

Se fosse nota la funzione di ripartizione  $\Phi(z)$  della  $z$ ,  $\Phi(x)$ , in base al quinto assioma del calcolo delle probabilità, sarebbe definito a mezzo della relazione:

$$\Phi(x = z_k) = [\Phi(z)]^k$$

se le  $k$  osservazioni che costituiscono il campione sono indipendenti una dall'altra.

In effetti la  $\Phi(z)$  raramente è nota. Quando però si considerino campioni di grande dimensione, sicché i valori massimi  $z_k$  risultano spostati nel campo dei valori più grandi della  $x$ , ai fini applicativi è sufficiente conoscere l'andamento della  $\Phi(z)$  in prossimità dei valori massimi e dedurre da questo l'andamento assunto dalla  $\Phi(x)$  per diversi valori di  $k$ , in particolare esaminando se essa tende a una forma asintotica al crescere di  $k$  all'infinito.

Nel campo dell'idrologia la  $\Phi(z)$  risulta generalmente di tipo esponenziale.

Sia  $\varepsilon$  il valore di  $z$  che ci si deve attendere che venga superato una volta su  $k$  (estremo atteso), per cui:

$$k[1 - \Phi(z = \varepsilon)] = 1$$

considerando il parametro  $\alpha = k\Phi(z = \varepsilon)$  che misura la rapidità con cui  $\varepsilon$  varia al variare di  $k$  (intensità di funzione) e sviluppando in serie di Taylor la funzione  $\Phi(z)$  in prossimità di  $\varepsilon$  e si può dimostrare che per grandi valori di  $z$ , quale che sia  $\Phi(z)$ , risulta:

$$\Phi(z) = 1 - \frac{1}{k} e^{-\alpha(x-\varepsilon)}$$
$$\Phi(x) = \left[ 1 - \frac{1}{k} \cdot e^{-\alpha(x-\varepsilon)} \right]^k$$

che tende, per  $k$  tendente ad infinito, alla funzione asintotica:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

che viene perciò definita legge asintotica del massimo valore, o legge doppio esponenziale o legge di Gumbel.

I parametri  $\varepsilon$  ed  $\alpha$  sono legati alla media  $\eta$  e allo scarto quadratico medio  $\sigma$  della  $x$  dalle relazioni:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = \frac{\sigma}{1,28255}$$
$$\varepsilon = \eta - 0,450 \sigma$$

#### Dati Elaborazione:

**Stazione di misura:** Vallelunga

**Distribuzione probabilistica:** Gumbel

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

**Elaborazioni presenti:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

**Elaborazioni valide:** 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

**Stima parametri**

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	21	21	21	21	21
Valore medio	26.42	35.33	41.46	45.01	49.20
Dev. standard	14.03	17.03	17.82	19.63	22.49
Alfa	0.0930	0.0792	0.0766	0.0736	0.0716
Epsilon	20.061	28.082	34.165	36.901	40.075

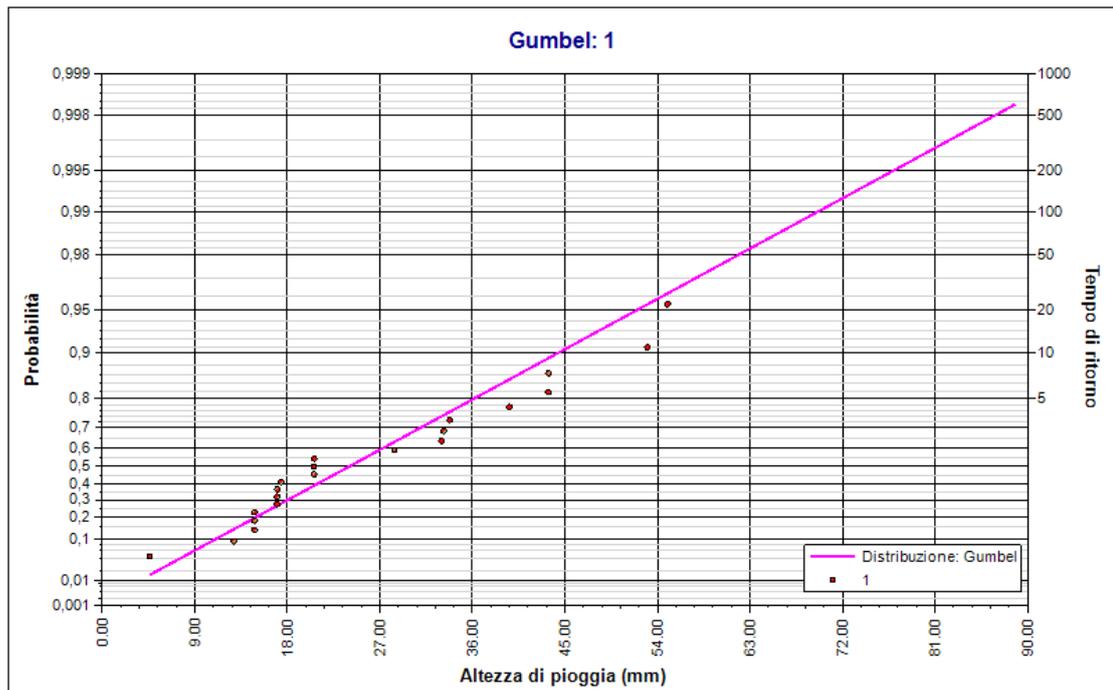
**Espressioni delle CDF della distribuzione**

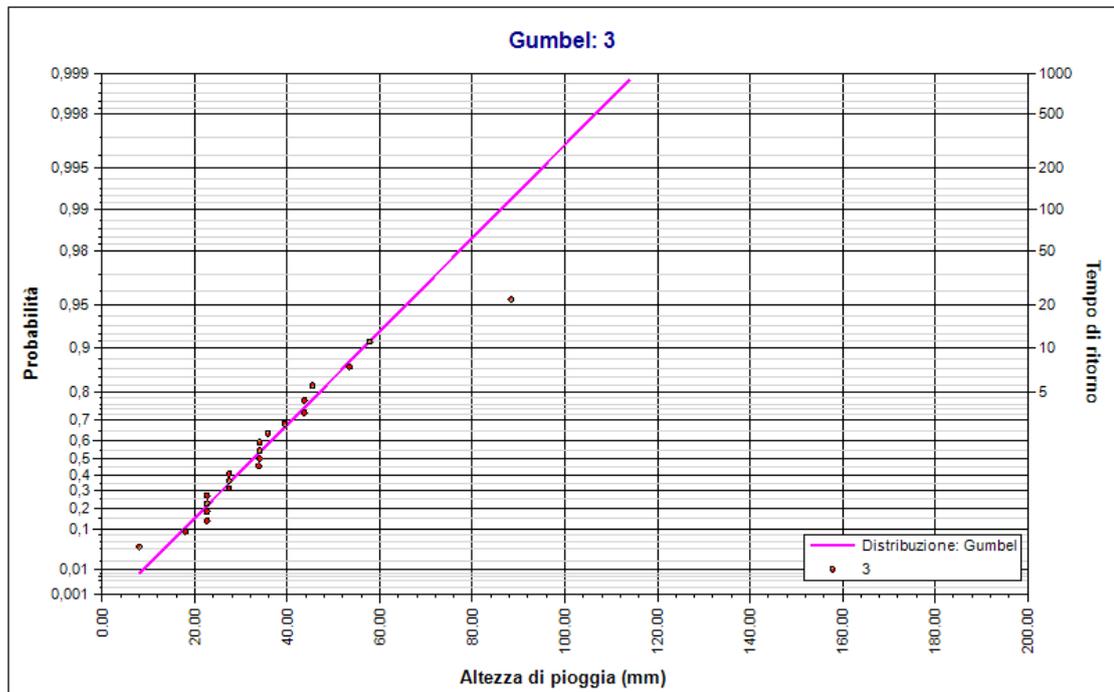
Gumbel: 1	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0,099 (x - 23,386) \right) \right]$
Gumbel: 3	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0,083 (x - 30,824) \right) \right]$
Gumbel: 6	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0,077 (x - 34,313) \right) \right]$
Gumbel: 12	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0,071 (x - 38,527) \right) \right]$
Gumbel: 24	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0,070 (x - 44,977) \right) \right]$

**Altezze critiche del tirante idraulico**

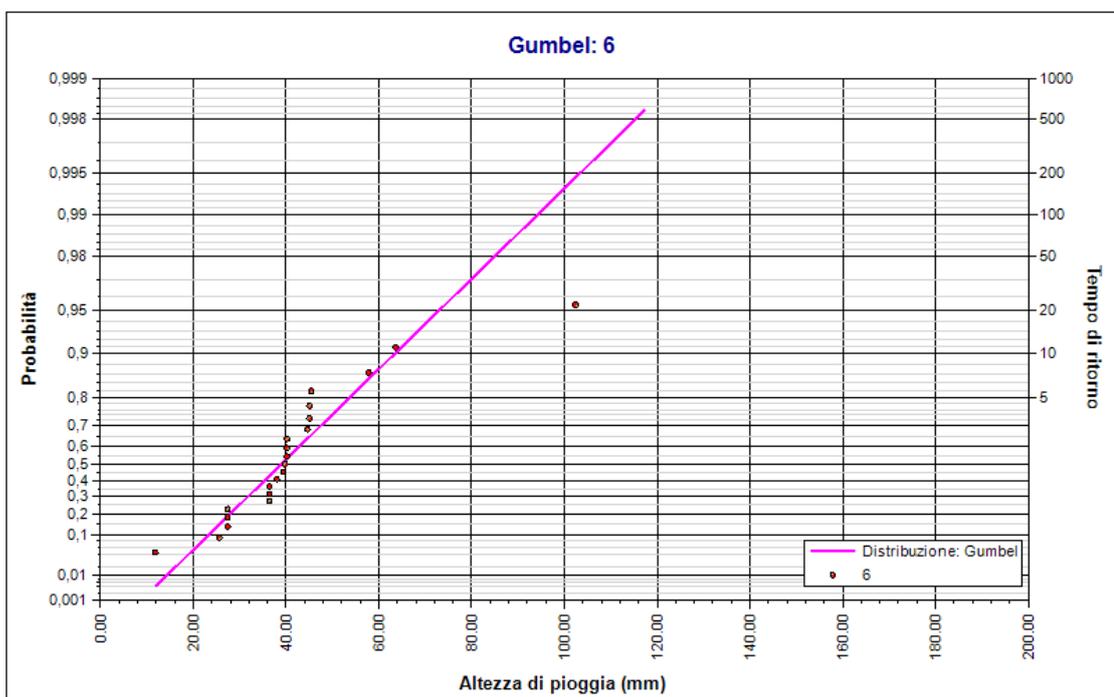
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	24.00	32.71	38.95	41.88	45.19
5 anni	36.19	47.03	53.76	57.29	61.02
10 anni	44.26	56.51	63.56	67.49	71.50
20 anni	52.01	65.61	72.96	77.27	81.55
50 anni	62.03	77.38	85.13	89.94	94.56
100 anni	69.54	86.20	94.25	99.43	104.31

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
200 anni	77.02	94.99	103.34	108.89	114.02
500 anni	86.89	106.59	115.33	121.36	126.83
1000 anni	94.35	115.35	124.39	130.79	136.52

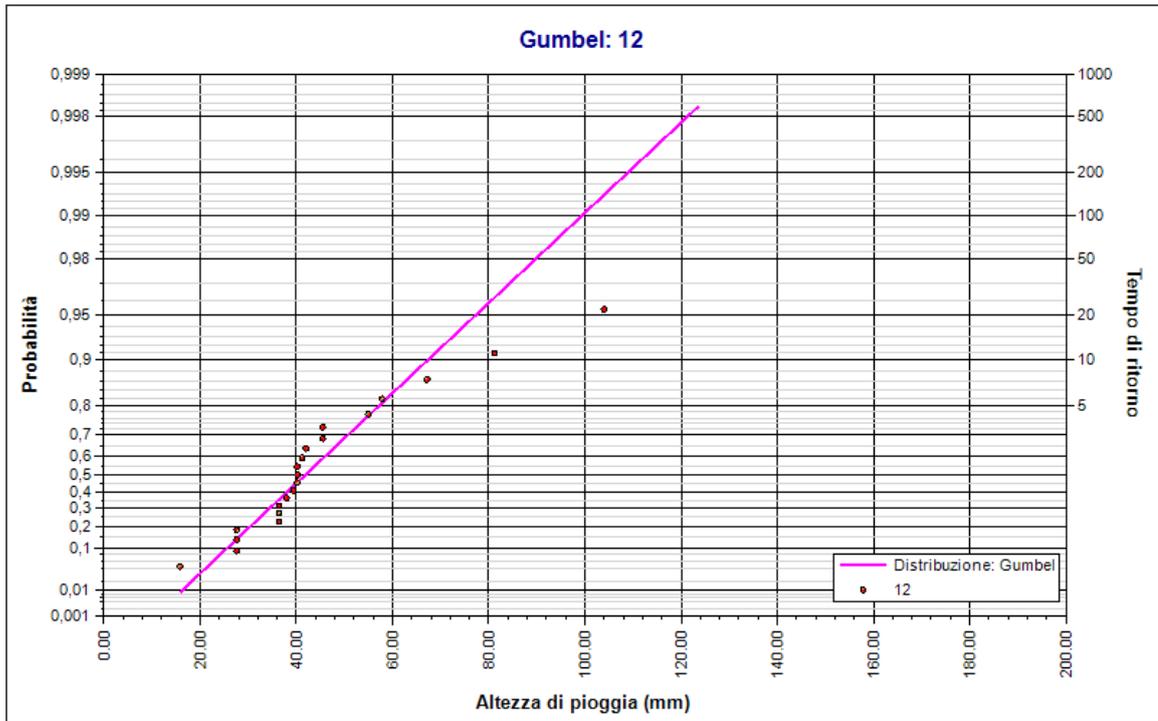




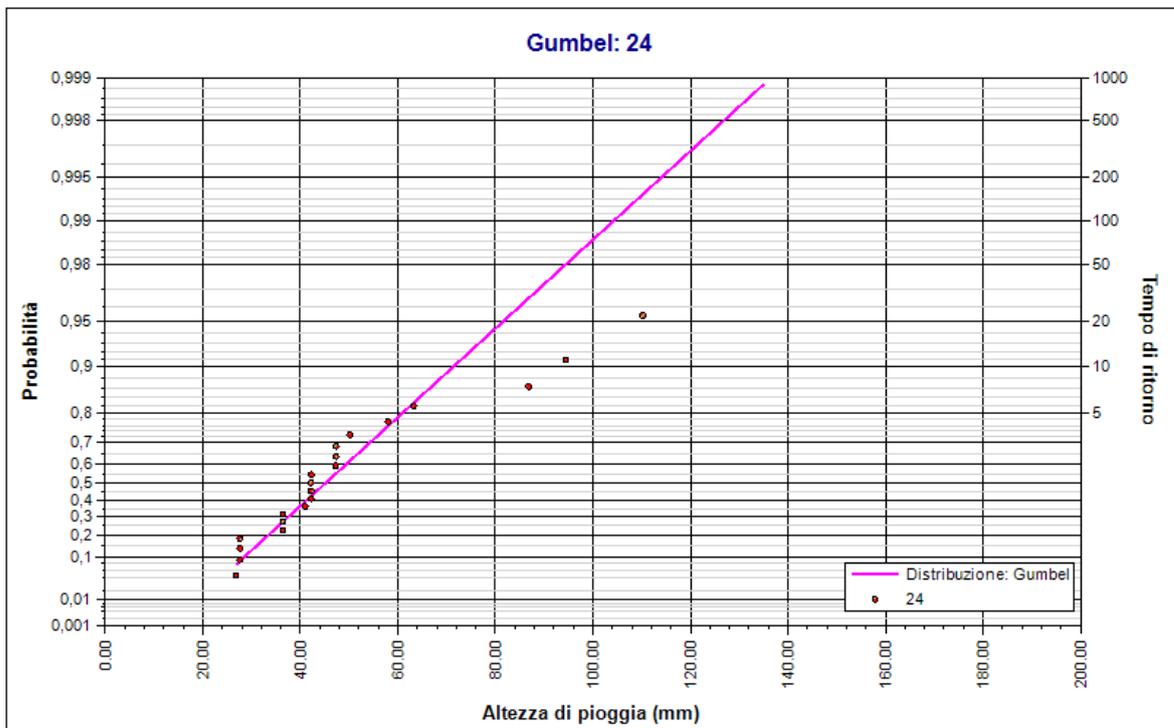
*Elaborazione Gumbel. Durata 3 ore*



*Elaborazione Gumbel. Durata 6 ore*



*Elaborazione Gumbel. Durata 12 ore*



*Elaborazione Gumbel. Durata 24 ore*

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP S.r.l.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C22-037-S05

ISO 9001  
 BUREAU VERITAS  
 Certification



## 6.2 Studio idraulico

Sugli impluvi individuati sono stati eseguiti gli studi idraulici considerando un TR di 100 anni.

### Bacino 1:

Il bacino oggetto di studio si trova lungo la Strada Regionale 5 ed ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,03</b>	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,20</b>	Km
Altitudine max percorso idraulico	<b>H<sub>max</sub> =</b>	<b>486,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	<b>H<sub>0</sub> =</b>	<b>413,00</b>	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,04</b>	(m/m)
Altitudine max bacino	<b>H<sub>max</sub> =</b>	<b>522,97</b>	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	<b>H<sub>0</sub> =</b>	<b>413,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub> =</b>	<b>489,00</b>	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	<b>H<sub>m</sub> - H<sub>0</sub> =</b>	<b>95,00</b>	m

La formula razionale, conosciuta anche come metodo razionale o metodo delle sole piogge, è una formula che, sotto alcune ipotesi, permette la stima della portata al colmo di piena che un evento di pioggia di determinato tempo di ritorno può produrre in una data sezione di chiusura di un bacino idrografico; viene utilizzata nella progettazione dei collettori fognari e dei canali artificiali, oltre che nella verifica della capacità idraulica degli alvei fluviali.

L'idrogramma di piena viene approssimato da un triangolo. Viene inoltre assunta l'ipotesi che la durata  $t_p$  della precipitazione di progetto  $P$  sia pari al tempo di corrivazione  $t_c$ . All'istante  $t_c$ , quando tutta la superficie del bacino concorre alla produzione del deflusso alla sezione di chiusura, la precipitazione cessa e la portata inizia a diminuire. Quindi anche  $t_a$ , (tempo di accumulo o di concentrazione) risulta esattamente uguale a  $t_c$  e  $t_p$ .

La scelta di un idrogramma simmetrico (triangolo isoscele) rende infine la durata della fase di esaurimento  $t_e$  esattamente pari alle altre grandezze.

$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

La soluzione è geometrica, tenendo conto che l'area dell'idrogramma corrisponde al volume di deflusso  $V$  in  $m^3$  ed esprimendo l'area  $A$  in  $km^2$ , la precipitazione  $P$  in  $mm$  e i tempi  $t$  in ore. La portata al picco  $Q_p$  viene ovviamente espressa in  $m^3s^{-1}$  mentre il coefficiente di deflusso  $C$  è adimensionale.

Il concetto di **tempo di corrivazione (Tc)** è stato formulato ben prima dell'avvento delle tecniche di analisi distribuita del DEM con tecniche GIS. Secondo la definizione classica il tempo di corrivazione – tc è il tempo che impiega una “goccia d’acqua” caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per giungere alla sezione di chiusura.

Nelle formule successive tc è espresso in ore.

**Formola di Giandotti**  
A > 170 km<sup>2</sup>

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

**Formola di Tournon**  
30 < A < 170 km<sup>2</sup>

$$t_c = 0.396 \frac{L}{\sqrt{i}} \left( \frac{A}{L^2} \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{Y}} \right)^{0.72}$$

**Formola di Pezzoli**  
bacini piccoli

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

L’area del bacino è inferiore a 30 km<sup>2</sup> ma si è deciso di utilizzare la formola di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTO SO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)																																				
Superficie del Bacino	<b>S</b> = 0,03 Km <sup>2</sup>	$\text{Giandotti} \Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m - H_0}} =$ $\left. \begin{array}{l} \text{Pezzoli} \\ \text{Tournon} \end{array} \right\} \Rightarrow t_c = 0,02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0,6} = 0,10$ $\Rightarrow T_c = \frac{0,396L}{\sqrt{P_i}} \left( \frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0,72}$																																				
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L</b> = 0,20 Km																																					
Altitudine max percorso idraulico	<b>H<sub>max</sub></b> = 486,00 m (s.l.m.)																																					
Altitudine min percorso idraulico	<b>H<sub>0</sub></b> = 413,00 m (s.l.m.)																																					
Pendenza media percorso idraulico	<b>P<sub>i</sub></b> = 0,04 (m/m)																																					
Altitudine max bacino	<b>H<sub>max</sub></b> = 522,97 m (s.l.m.)																																					
Altitudine sezione considerata	<b>H<sub>0</sub></b> = 413,00 m (s.l.m.)																																					
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub></b> = 467,99 m (s.l.m.)																																					
D islivello medio bacino	<b>H<sub>m</sub> - H<sub>0</sub></b> = 54,99 m																																					
Pendenza media bacino	<b>P<sub>b</sub></b> = #DIV/0! (m/m)																																					
Lunghezza da Q <sub>max</sub> bacino - sezione	<b>0</b> m																																					
<b>CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO            (FORMULA del METODO RAZIONALE )</b>																																						
$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3,6t_c}$ <p> <b>c</b> = coefficiente di deflusso  <b>h<sub>(t,T)</sub></b> = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)  <b>S</b> = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)  <b>t<sub>c</sub></b> = tempo di corrivazione (ore)            3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Q<sub>max</sub> in m<sup>3</sup>/sec         </p>																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di suolo	Copertura del bacino			Coltivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																	
Tipo di suolo	Copertura del bacino																																					
	Coltivi	Pascoli	Boschi																																			
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																																			
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																																			
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																																			
<b>RISULTATI</b>																																						
<table border="1"> <tr> <td>Deflusso <b>c</b> =</td> <td><b>0,20</b></td> <td><b>S (km<sup>2</sup>) =</b></td> <td><b>0,03</b></td> <td><b>t<sub>c</sub> (ore) =</b></td> <td><b>0,10</b></td> </tr> </table>			Deflusso <b>c</b> =	<b>0,20</b>	<b>S (km<sup>2</sup>) =</b>	<b>0,03</b>	<b>t<sub>c</sub> (ore) =</b>	<b>0,10</b>																														
Deflusso <b>c</b> =	<b>0,20</b>	<b>S (km<sup>2</sup>) =</b>	<b>0,03</b>	<b>t<sub>c</sub> (ore) =</b>	<b>0,10</b>																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tr (anni)</th> <th>a</th> <th>n</th> <th>t<sub>c</sub> (ore)</th> <th>h<sub>(t,T)</sub> (mm)</th> <th>Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>45,2449</td> <td>0,1851</td> <td>0,10</td> <td>29,35</td> <td><b>0,49</b></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>57,6877</td> <td>0,1783</td> <td>0,10</td> <td>38,02</td> <td><b>0,64</b></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>63,3670</td> <td>0,1761</td> <td>0,10</td> <td>41,98</td> <td><b>0,70</b></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>71,0270</td> <td>0,1736</td> <td>0,10</td> <td>47,32</td> <td><b>0,79</b></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>78,6586</td> <td>0,1716</td> <td>0,10</td> <td>52,65</td> <td><b>0,88</b></td> </tr> </tbody> </table>			Tr (anni)	a	n	t <sub>c</sub> (ore)	h <sub>(t,T)</sub> (mm)	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /sec)	10	45,2449	0,1851	0,10	29,35	<b>0,49</b>	30	57,6877	0,1783	0,10	38,02	<b>0,64</b>	50	63,3670	0,1761	0,10	41,98	<b>0,70</b>	100	71,0270	0,1736	0,10	47,32	<b>0,79</b>	200	78,6586	0,1716	0,10	52,65	<b>0,88</b>
Tr (anni)	a	n	t <sub>c</sub> (ore)	h <sub>(t,T)</sub> (mm)	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /sec)																																	
10	45,2449	0,1851	0,10	29,35	<b>0,49</b>																																	
30	57,6877	0,1783	0,10	38,02	<b>0,64</b>																																	
50	63,3670	0,1761	0,10	41,98	<b>0,70</b>																																	
100	71,0270	0,1736	0,10	47,32	<b>0,79</b>																																	
200	78,6586	0,1716	0,10	52,65	<b>0,88</b>																																	

Figura 4 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

### Studio idraulico:

È stato eseguito uno studio idraulico sugli impluvi presenti all'interno dell'area in progetto, utilizzando il software hec-ras al fine di ottenere le aree inondabili e le velocità di flusso riferite alla  $Q_{max}$  con tempo di ritorno a 100 anni.

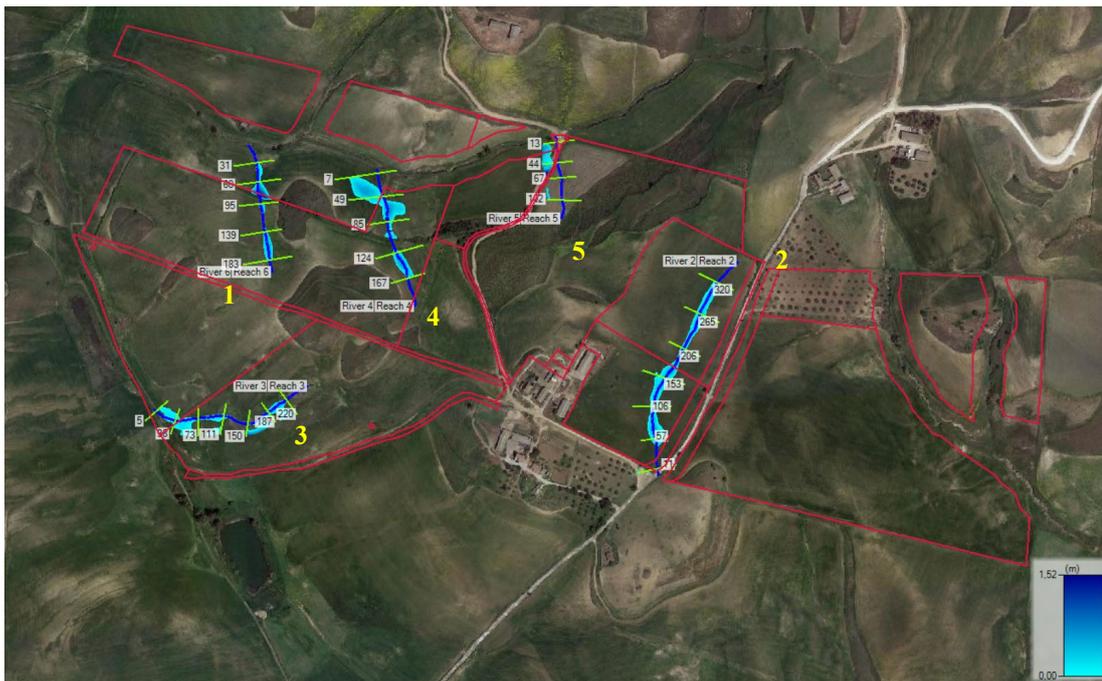


Figura 5 – impluvi individuati con le relative altezze del tirante idraulico con TR100

### Calcolo idraulico torrente 1

È stato individuato l'impluvio e tracciato le sezioni trasversali, dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico.

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è nel punto massimo intorno ai 155 cm e si trova al limite con il confine dell'impianto, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze sono intorno ai 30-40 cm.

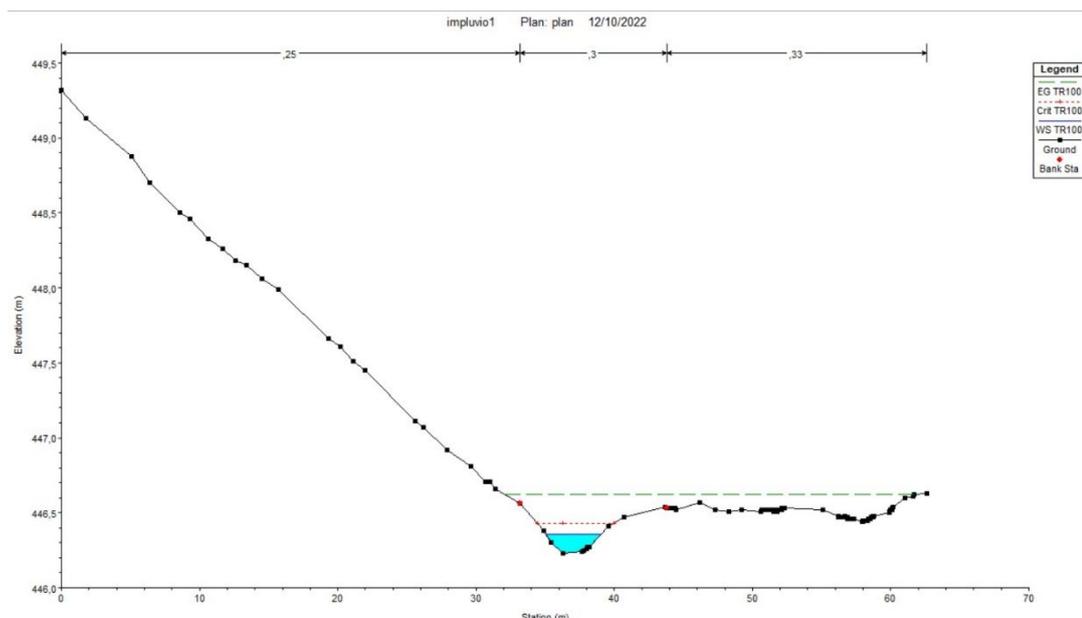
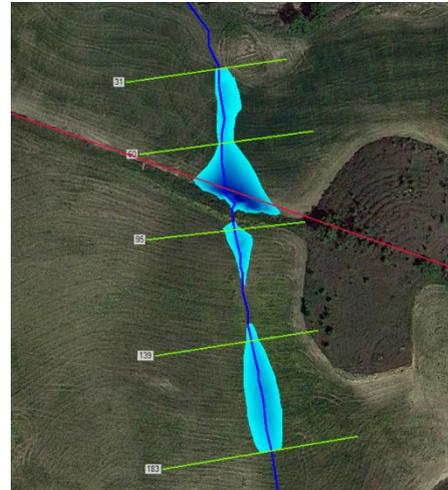


Figura 6 – sezione di chiusura impluvio 1

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	0,039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,85	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

## Bacino 2:

Superficie del Bacino	S =	0,08	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,36	Km
Altitudine max percorso idraulico	H <sub>max</sub> =	553,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H <sub>0</sub> =	522,22	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,01	(m/m)
Altitudine max bacino	H <sub>max</sub> =	571,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H <sub>0</sub> =	522,22	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	H <sub>m</sub> =	546,61	m (s.l.m.)

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP S.r.l.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C22-037-S05

ISO 9001  
 BUREAU VERITAS  
 Certification



Dislivello medio bacino

$H_m - H_0 =$

**24,39**

m

L'area del bacino è inferiore a 30 km<sup>2</sup> ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)																			
Superficie del Bacino	$S = 0,08$ Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$																			
Lunghezza percorso idraulico principale	$L = 0,36$ Km																				
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} = 553,00$ m (s.l.m.)	Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0,02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0,8} = 0,28$																			
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 = 522,22$ m (s.l.m.)																				
Pendenza media percorso idraulico	$P_i = 0,01$ (m/m)	Tournon $\Rightarrow T_c = \frac{0,396L}{\sqrt{P_i}} \left( \frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0,72} =$																			
Altitudine max bacino	$H_{max} = 571,00$ m (s.l.m.)																				
Altitudine sezione considerata	$H_0 = 522,22$ m (s.l.m.)																				
Altitudine media bacino	$H_m = 546,61$ m (s.l.m.)																				
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 = 24,39$ m																				
Pendenza media bacino	$P_b = \#DIV/0!$ (m/m)																				
Lunghezza da Qmax bacino - sezione	0 m																				
CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO ( FORMULA del METODO RAZIONALE )																					
$Q_{max} = \frac{c h_{(L,T)} S}{3,6 t_c}$																					
$c$ = coefficiente di deflusso $h_{(L,T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) $S$ = superficie del bacino (km <sup>2</sup> ) $t_c$ = tempo di corruzione (ore) $3,6$ = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m <sup>3</sup> /sec																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di suolo	Copertura del bacino			Coltivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40
Tipo di suolo	Copertura del bacino																				
	Coltivi	Pascoli	Boschi																		
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																		
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																		
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																		
RISULTATI																					
Deflusso $c = 0,20$ $S$ (km <sup>2</sup> ) = <b>0,08</b> $t_c$ (ore) = <b>0,28</b>																					
$Tr$ (anni)	$a$	$n$	$t_c$ (ore)	$h_{(L,T)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)																
10	45,2449	0,1851	0,28	36,66	<b>0,57</b>																
30	57,6877	0,1783	0,28	46,85	<b>0,74</b>																
50	63,3670	0,1761	0,28	50,51	<b>0,81</b>																
100	71,0270	0,1738	0,28	56,80	<b>0,92</b>																
200	78,6586	0,1716	0,28	63,06	<b>1,02</b>																

Figura 7 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

### Calcolo idraulico torrente 2

È stato individuato l'impluvio e tracciato le sezioni trasversali, dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico.

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è nel punto massimo intorno ai 77 cm, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 20-50 cm.

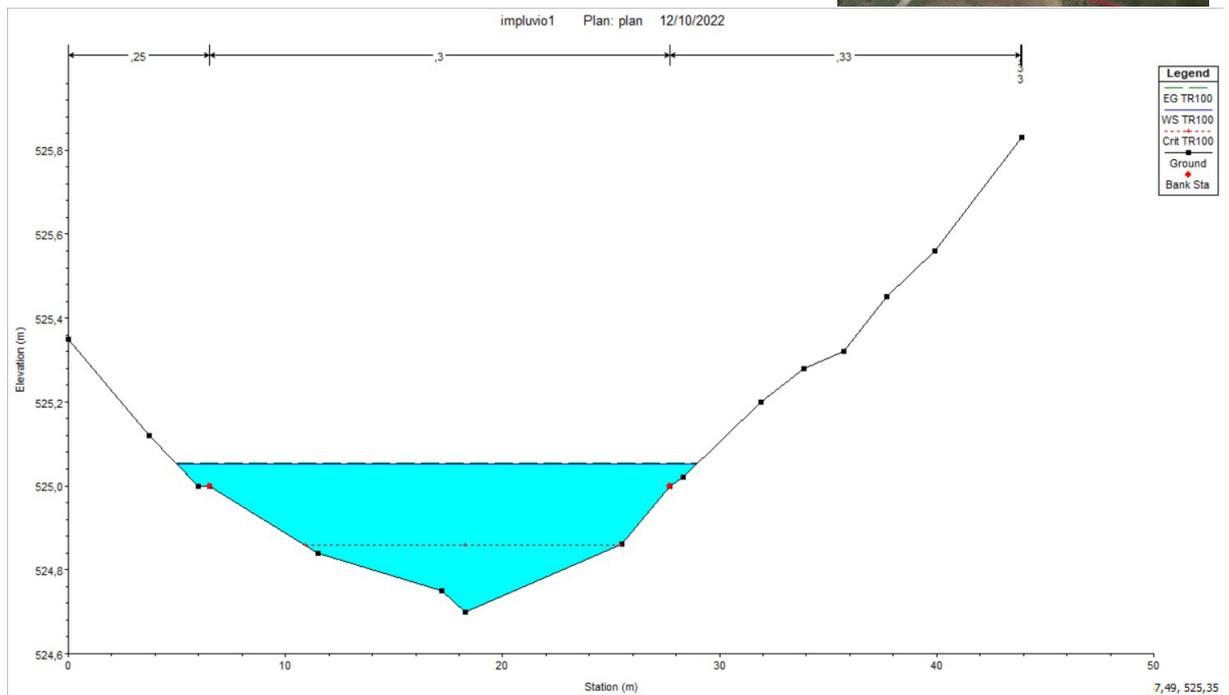


Figura 8 – sezione di chiusura impluvio 2

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	0,039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,85	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

**Bacino 3:**

Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,01</b>	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,26</b>	Km
Altitudine max percorso idraulico	<b>Hmax =</b>	<b>486,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	<b>H0 =</b>	<b>451,00</b>	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,01</b>	(m/m)
Altitudine max bacino	<b>Hmax =</b>	<b>496,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	<b>H0 =</b>	<b>451,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	<b>Hm =</b>	<b>473,50</b>	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	<b>Hm - H0 =</b>	<b>22,50</b>	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km<sup>2</sup> ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA				TEMPO DI CORRVAZIONE $t_c$ (ore)	
Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,01</b>	Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$ Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} =$ <b>0,18</b> Tournon $\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left( \frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72} =$	
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,26</b>	Km		
Altitudine max percorso idraulico	<b>Hmax =</b>	<b>486,00</b>	m (s.l.m.)		
Altitudine min percorso idraulico	<b>H0 =</b>	<b>451,00</b>	m (s.l.m.)		
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,01</b>	(m/m)		
Altitudine max bacino	<b>Hmax =</b>	<b>496,00</b>	m (s.l.m.)		
Altitudine sezione considerata	<b>H0 =</b>	<b>451,00</b>	m (s.l.m.)		
Altitudine media bacino	<b>Hm =</b>	<b>473,50</b>	m (s.l.m.)		
Dislivello medio bacino	<b>Hm - H0 =</b>	<b>22,50</b>	m		
Pendenza media bacino	<b>Pb =</b>	<b>#DIV/0!</b>	(m/m)		
Lunghezza da Qmax bacino - sezione		<b>0</b>	m		

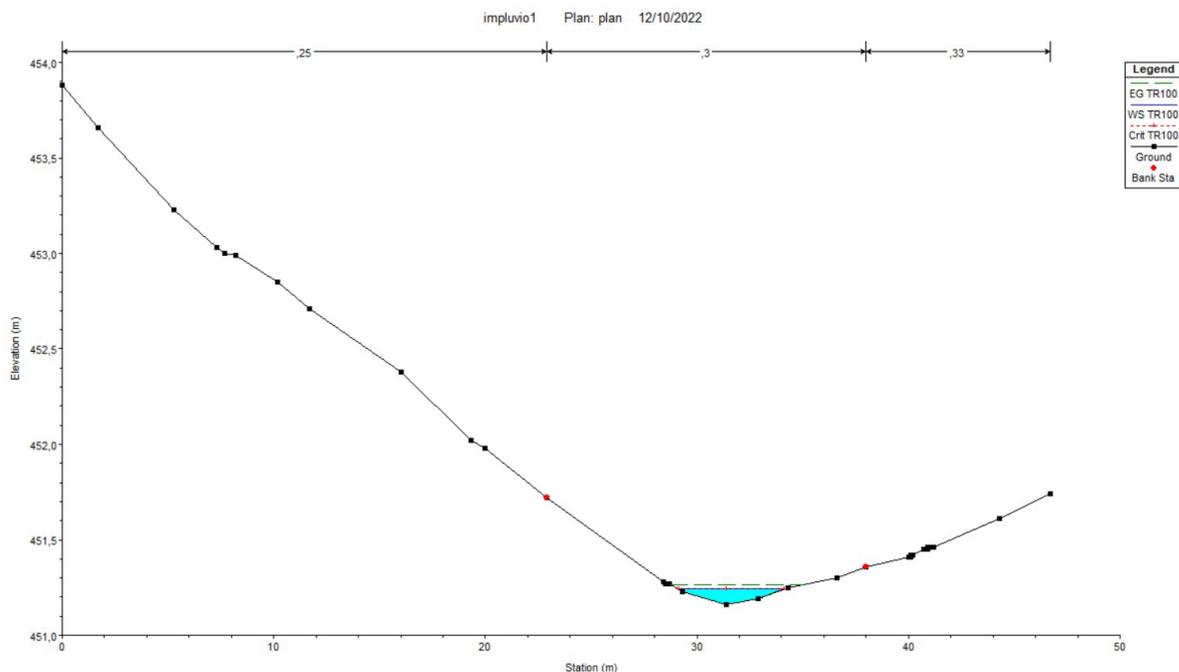
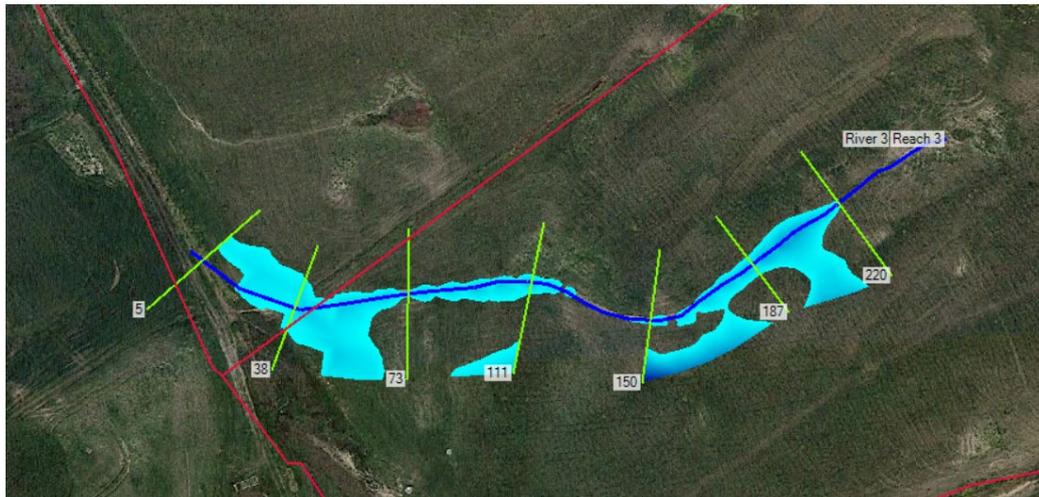
CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE)																																									
$Q_{max} = \frac{ch(t, T)S}{3.6t_c}$																																									
$c$ = coefficiente di deflusso $h_{(LT)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) $S$ = superficie del bacino (km <sup>2</sup> ) $t_c$ = tempo di corrvaizione (ore) $3,6$ = fattore di conversione che permette di ottenere la $Q_{max}$ in m <sup>3</sup> /sec																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo di suolo	Copertura del bacino			Coltivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																	
Tipo di suolo	Copertura del bacino																																								
	Coltivi	Pascoli	Boschi																																						
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																																						
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																																						
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																																						
RISULTATI																																									
<table border="1"> <tr> <td>Deflusso <math>c =</math></td> <td><b>0,20</b></td> <td><math>S</math> (km<sup>2</sup>) =</td> <td><b>0,01</b></td> <td><math>t_c</math> (ore) =</td> <td><b>0,18</b></td> </tr> </table>						Deflusso $c =$	<b>0,20</b>	$S$ (km <sup>2</sup> ) =	<b>0,01</b>	$t_c$ (ore) =	<b>0,18</b>																														
Deflusso $c =$	<b>0,20</b>	$S$ (km <sup>2</sup> ) =	<b>0,01</b>	$t_c$ (ore) =	<b>0,18</b>																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tr (anni)</th> <th>a</th> <th>n</th> <th><math>t_c</math> (ore)</th> <th><math>h_{(LT)}</math> (mm)</th> <th><math>Q_{max}</math> (m<sup>3</sup>/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>45,2449</td> <td>0,1951</td> <td>0,18</td> <td>32,95</td> <td><b>0,10</b></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>57,6877</td> <td>0,1783</td> <td>0,18</td> <td>42,38</td> <td><b>0,13</b></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>63,3670</td> <td>0,1761</td> <td>0,18</td> <td>46,73</td> <td><b>0,15</b></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>71,0270</td> <td>0,1736</td> <td>0,18</td> <td>52,60</td> <td><b>0,16</b></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>78,6586</td> <td>0,1716</td> <td>0,18</td> <td>58,45</td> <td><b>0,18</b></td> </tr> </tbody> </table>						Tr (anni)	a	n	$t_c$ (ore)	$h_{(LT)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)	10	45,2449	0,1951	0,18	32,95	<b>0,10</b>	30	57,6877	0,1783	0,18	42,38	<b>0,13</b>	50	63,3670	0,1761	0,18	46,73	<b>0,15</b>	100	71,0270	0,1736	0,18	52,60	<b>0,16</b>	200	78,6586	0,1716	0,18	58,45	<b>0,18</b>
Tr (anni)	a	n	$t_c$ (ore)	$h_{(LT)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)																																				
10	45,2449	0,1951	0,18	32,95	<b>0,10</b>																																				
30	57,6877	0,1783	0,18	42,38	<b>0,13</b>																																				
50	63,3670	0,1761	0,18	46,73	<b>0,15</b>																																				
100	71,0270	0,1736	0,18	52,60	<b>0,16</b>																																				
200	78,6586	0,1716	0,18	58,45	<b>0,18</b>																																				

Figura 9 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

### Calcolo idraulico torrente 3

È stato individuato l'impluvio e tracciato le sezioni trasversali, dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico.

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è nel punto massimo intorno ai 40 cm, lungo la linea di deflusso, mentre c'è un accumulo maggiore nelle vicinanze, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 10-20 cm.



*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP S.r.l.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C22-037-S05

ISO 9001  
 BUREAU VERITAS  
 Certification



Figura 10 – sezione di chiusura impluvio 3

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit. W. S. (m)	E. G. Elev (m)	E. G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	0,039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,85	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W. S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E. G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E. G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

**Bacino 4:**

Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,03</b>	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,21</b>	Km
Altitudine max percorso idraulico	<b>Hmax =</b>	<b>495,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	<b>H0 =</b>	<b>460,00</b>	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,02</b>	(m/m)
Altitudine max bacino	<b>Hmax =</b>	<b>527,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	<b>H0 =</b>	<b>460,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	<b>Hm =</b>	<b>493,50</b>	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	<b>Hm - H0 =</b>	<b>33,50</b>	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km<sup>2</sup> ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA				TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)	
Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,03</b>	Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$	0,14
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,21</b>	Km		
Altitudine max percorso idraulico	<b>Hmax =</b>	<b>495,00</b>	m (s.l.m.)	Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0.8}$	0,14
Altitudine min percorso idraulico	<b>H0 =</b>	<b>460,00</b>	m (s.l.m.)		
Pendenza media percorsi idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,02</b>	(m/m)	Tournon $\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left( \frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72}$	0,14
Altitudine max bacino	<b>Hmax =</b>	<b>527,00</b>	m (s.l.m.)		
Altitudine sezione considerata	<b>H0 =</b>	<b>460,00</b>	m (s.l.m.)		
Altitudine media bacino	<b>Hm =</b>	<b>493,50</b>	m (s.l.m.)		
Dislivello medio bacino	<b>Hm - H0 =</b>	<b>33,50</b>	m		
Pendenza media bacino	<b>Pb =</b>	<b>#DIV/0!</b>	(m/m)		
Lunghezza da Qmax bacino - sezione		<b>0</b>	m		

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE)																								
$Q_{max} = \frac{c h_{(LT)} S}{3.6 t_c}$		<b>c</b> = coefficiente di deflusso <b>h<sub>(LT)</sub></b> = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) <b>S</b> = superficie del bacino (km <sup>2</sup> ) <b>t<sub>c</sub></b> = tempo di corrvazione (ore) <b>3,6</b> = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m <sup>3</sup> /sec																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Cultivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo di suolo	Copertura del bacino			Cultivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40
Tipo di suolo	Copertura del bacino																							
	Cultivi	Pascoli	Boschi																					
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																					
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																					
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																					
RISULTATI																								
Deflusso <b>c =</b>		<b>0,20</b>	<b>S (km<sup>2</sup>) =</b>	<b>0,03</b>	<b>t<sub>c</sub> (ore) =</b>	<b>0,14</b>																		
<b>Tr (anni)</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> (ore)</b>	<b>h<sub>(LT)</sub> (mm)</b>	<b>Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/sec)</b>																			
10	45,2449	0,1851	0,14	31,32	<b>0,41</b>																			
30	57,6877	0,1783	0,14	40,48	<b>0,52</b>																			
50	63,3670	0,1761	0,14	44,67	<b>0,58</b>																			
100	71,0270	0,1736	0,14	50,31	<b>0,65</b>																			
200	78,6586	0,1716	0,14	55,94	<b>0,72</b>																			

Figura 11 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

**Studio idraulico:**

**Calcolo idraulico torrente 4**

È stato individuato l'impluvio e tracciato le sezioni trasversali, dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico.

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è nel punto massimo intorno ai 90 cm nella parte bassa dell'impluvi, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 20-50 cm.

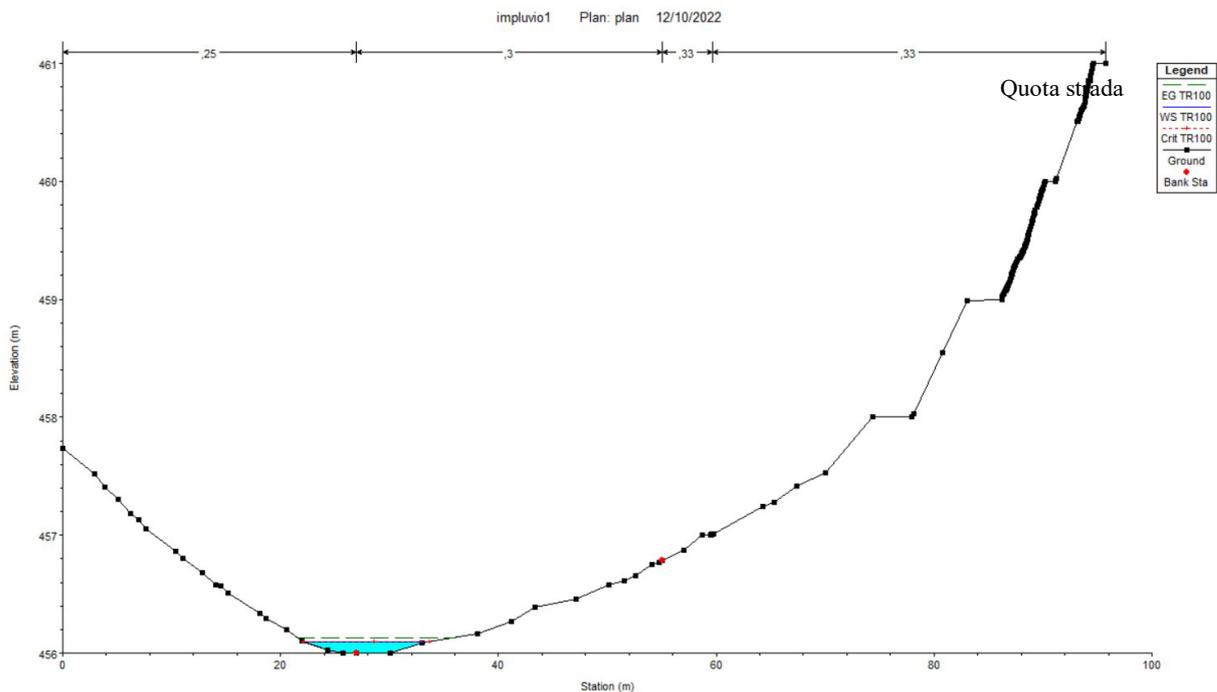
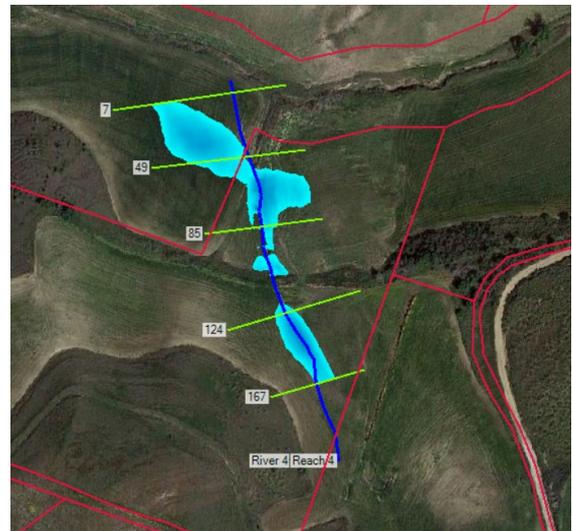


Figura 12 – sezione di chiusura impluvio 4

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	0,039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,85	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G. elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

**Bacino 5:**

Superficie del Bacino	<b>S =</b>	<b>0,03</b>	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L =</b>	<b>0,24</b>	Km
Altitudine max percorso idraulico	<b>H<sub>max</sub> =</b>	<b>553,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	<b>H<sub>0</sub> =</b>	<b>485,00</b>	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi =</b>	<b>0,03</b>	(m/m)
Altitudine max bacino	<b>H<sub>max</sub> =</b>	<b>534,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	<b>H<sub>0</sub> =</b>	<b>485,00</b>	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub> =</b>	<b>509,50</b>	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	<b>H<sub>m</sub> - H<sub>0</sub> =</b>	<b>24,50</b>	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km<sup>2</sup> ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRVAZIONE t <sub>c</sub> (ore)	
Superficie del Bacino	<b>S = 0,03</b> Km <sup>2</sup>	Giandotti	$\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L = 0,24</b> Km	Pezzoli	$\Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} = 0,12$
Altitudine max percorso idraulico	<b>H<sub>max</sub> = 553,00</b> m (s.l.m.)		
Altitudine min percorso idraulico	<b>H<sub>0</sub> = 485,00</b> m (s.l.m.)	Tournon	$\Rightarrow T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left( \frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72} =$
Pendenza media percorso idraulico	<b>Pi = 0,03</b> (m/m)		
Altitudine max bacino	<b>H<sub>max</sub> = 534,00</b> m (s.l.m.)		
Altitudine sezione considerata	<b>H<sub>0</sub> = 485,00</b> m (s.l.m.)		
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub> = 509,50</b> m (s.l.m.)		
Dislivello medio bacino	<b>H<sub>m</sub> - H<sub>0</sub> = 24,50</b> m		
Pendenza media bacino	<b>P<sub>b</sub> = #DIV/0!</b> (m/m)		
Lunghezza da Q <sub>max</sub> bacino - sezione	<b>0</b> m		

CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO (FORMULA del METODO RAZIONALE)																				
$Q_{max} = \frac{c h_{(t)} T S}{3.6 t_c}$	<p><b>c</b> = coefficiente di deflusso</p> <p><b>h<sub>(t)</sub></b> = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)</p> <p><b>S</b> = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)</p> <p><b>t<sub>c</sub></b> = tempo di corrivazione (ore)</p> <p>3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Q<sub>max</sub> in m<sup>3</sup>/sec</p>																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di suolo</th> <th colspan="3">Copertura del bacino</th> </tr> <tr> <th>Coltivi</th> <th>Pascoli</th> <th>Boschi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Molto permeabile sabbioso o ghiaioso</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Mediamente permeabili; medio impasto o simili</td> <td>0,40</td> <td>0,35</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile</td> <td>0,50</td> <td>0,45</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo di suolo	Copertura del bacino			Coltivi	Pascoli	Boschi	Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10	Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30	Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40
Tipo di suolo	Copertura del bacino																			
	Coltivi	Pascoli	Boschi																	
Molto permeabile sabbioso o ghiaioso	0,20	0,15	0,10																	
Mediamente permeabili; medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30																	
Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40																	
RISULTATI																				
Deflusso <b>c =</b>	<b>0,20</b> <b>S (km<sup>2</sup>) =</b> <b>0,03</b> <b>t<sub>c</sub> (ore) =</b> <b>0,12</b>																			
<b>Tr (anni)</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> (ore)</b>	<b>h(LT) (mm)</b>	<b>Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/sec)</b>															
10	45,2449	0,1851	0,12	30,72	<b>0,44</b>															
30	57,6877	0,1783	0,12	39,73	<b>0,57</b>															
50	63,3870	0,1761	0,12	43,85	<b>0,63</b>															
100	71,0270	0,1736	0,12	49,40	<b>0,71</b>															
200	78,6588	0,1716	0,12	54,94	<b>0,79</b>															

Figura 13 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

**Studio idraulico:**

**Calcolo idraulico torrente 4**

È stato individuato l'impluvio e tracciato le sezioni trasversali, dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello è stata lanciata la simulazione ottenendo l'altezza del tirante idraulico.

Dalle simulazioni effettuate, si può notare come l'altezza massima del tirante idraulico è nel punto massimo intorno ai 150 cm nella parte bassa dell'impluvi, mentre per tutto il resto del percorso idraulico chele altezze vanno dai 20-50



cm. E' da notare che lungo l'impluvio tracciato si accumula poca acqua, mentre sembra seguire altre vie allagando, seppur di poco aree più a Ovest.

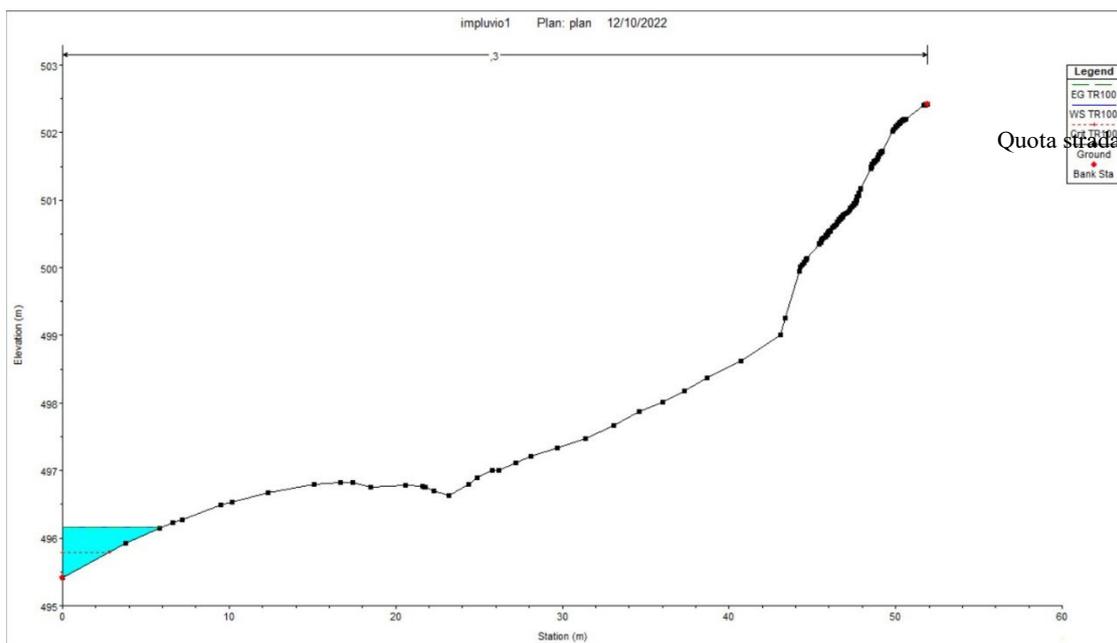


Figura 14 – sezione di chiusura impluvio 5

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit. W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	0,039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,85	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01

Q = total flow in cross section

Min Ch. El. = minimum channel elevation

W. S. Elev. = calculated water surface from energy equation

Crit. W.S. = Critical water surface elevation. (Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve)

E.G., elev. = Energy gradeline for given WSEL

E.G. Slope = Slope of the energy grade line at a cross section

Vel chnl = Average velocity of flow in main channel

Flow area = total area of cross section active flow

Top Width = top width of the wetted cross section

Dalle analisi eseguite si può vedere che ci sono aree dove il battente idraulico arriva fino a 1,50 m sopra il p.c., queste aree sono perlopiù fuori dai confine dell'area di studio.

È comunque consigliabile mantenersi fuori dalle aree che risultano allagate, anche se i moduli potrebbero essere installati ad un'altezza intorno ai 90 cm dal terreno in quelle zone dove il battente arriva fino a 50-60 cm.

## 7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI

Per quanto riguarda la cartografia PAI, l'area ricade all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Platani. Come si può vedere dalla cartografia allegata alla relazione geologica, l'area risulta sgombra da qualsiasi vincolo idraulico e geomorfologico.

## 8. POSA DEL CAVIDOTTO

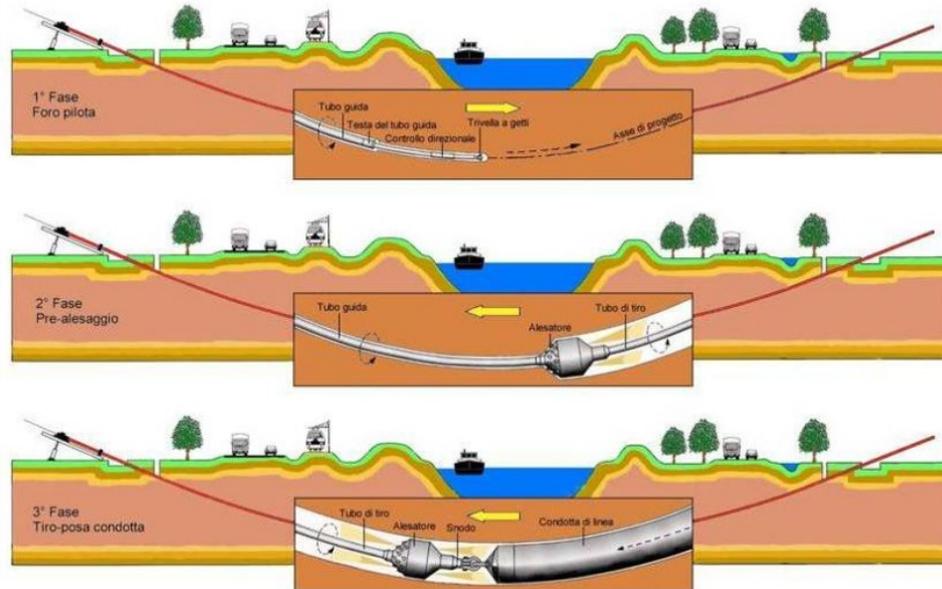
Come già spiegato nei paragrafi precedenti, il tracciato del cavidotto di collegamento con la sottostazione elettrica, interseca in diversi punti il reticolo idrografico riportato nell'allegato 2. L'attraversamento può avvenire, superando una infrastruttura idraulica (tombino, ponte ecc..) oppure "a raso" dove esiste un leggero avvallamento lungo la strada di servizio.

Per tutti gli attraversamenti vale il comune denominatore: tutela delle infrastrutture idrauliche esistenti senza alterare la morfologia del reticolo attuale.

Per questo motivo, si anticipa che:

- il cavidotto viene normalmente interrato lungo la viabilità di servizio ad una profondità di circa 0.90 – 1 m utilizzando lo stesso materiale di scavo per il rinterro (verificando la trincea alle forze di erosione massime);
- nel caso di attraversamento di infrastruttura idraulica, sarà posato al di sotto della stessa, utilizzando la tecnologia NO DIG (TOC o con spingitubo) garantendo un franco di sicurezza di circa 20 – 30 cm dalla fondazione del tombino;

Principali fasi di perforazione



- oppure discostandosi dalla sede stradale verso valle del tombino e attraversare il reticolo con spingitubo ad una profondità di -1,50 - 2 m garantendo la resistenza del rinterro alle azioni di trascinamento delle piene (che saranno verificate in seguito). Una volta attraversato il reticolo il cavo sarà posato in sede stradale sempre alla profondità di -1,50 - 2 m.

La verifica dell'erosione della trincea di rinterro viene effettuata in base alle forze di trascinamento generate dalla piena nel caso più gravoso. Una volta verificato il rinterro della trincea descritto in progetto nelle condizioni peggiorative, questo viene steso, a vantaggio di sicurezza, a tutti gli attraversamenti.

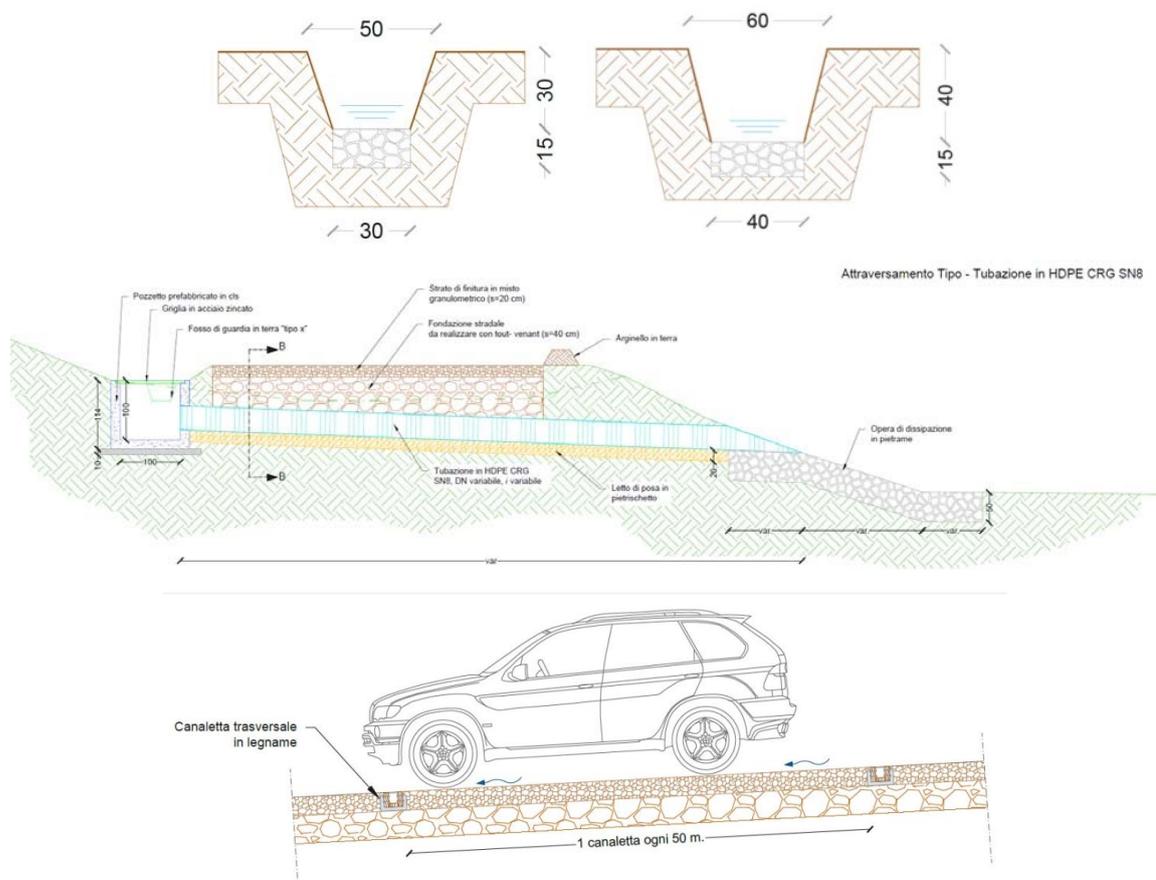
La profondità di 1,50 - 2 m ci mette in sicurezza anche per quanto riguarda l'erosione del letto fluviale, in quanto l'erosione è molto lenta a causa degli apporti sedimentari durante eventi di piena e soprattutto per la natura litologica dei terreni in loco.

## 9. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade dell'impianto fotovoltaico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



## CONCLUSIONI

Lo studio idraulico è stato redatto ai fini di individuare eventuali zone di allagamento, dovuto a forti piogge, che possano recare danni all'impianto in progetto.

Dal punto di vista idrologico sono presenti delle incisioni all'interno dell'area di progetto, dai quali è stato fatto lo studio idraulico con software hec-ras per conoscere le altezze del tirante idraulico e sapere se in quelle aree è possibile installare dei moduli come descritto al (par. 6.2).

Dalle analisi eseguite si può vedere che ci sono aree dove il battente idraulico arriva fino a 1,50 m sopra il p.c., queste aree sono perlopiù fuori dai confine dell'area di studio, per cui non influiscono sulla posizione dei moduli.

È comunque consigliabile mantenersi fuori dalle aree che risultano allagate, anche se i moduli potrebbero essere installati ad un'altezza intorno ai 90 cm dal terreno in quelle zone dove il battente arriva fino a 50-60 cm.

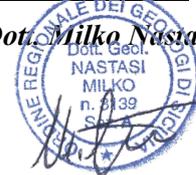
I dati utilizzati per i calcoli sono stati ottenuti dal calcolo delle portate di massima piena per assegnati tempi di ritorno con il metodo razionale (cap.6.1).

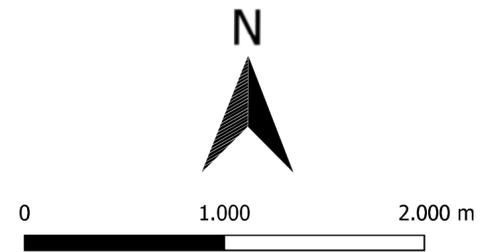
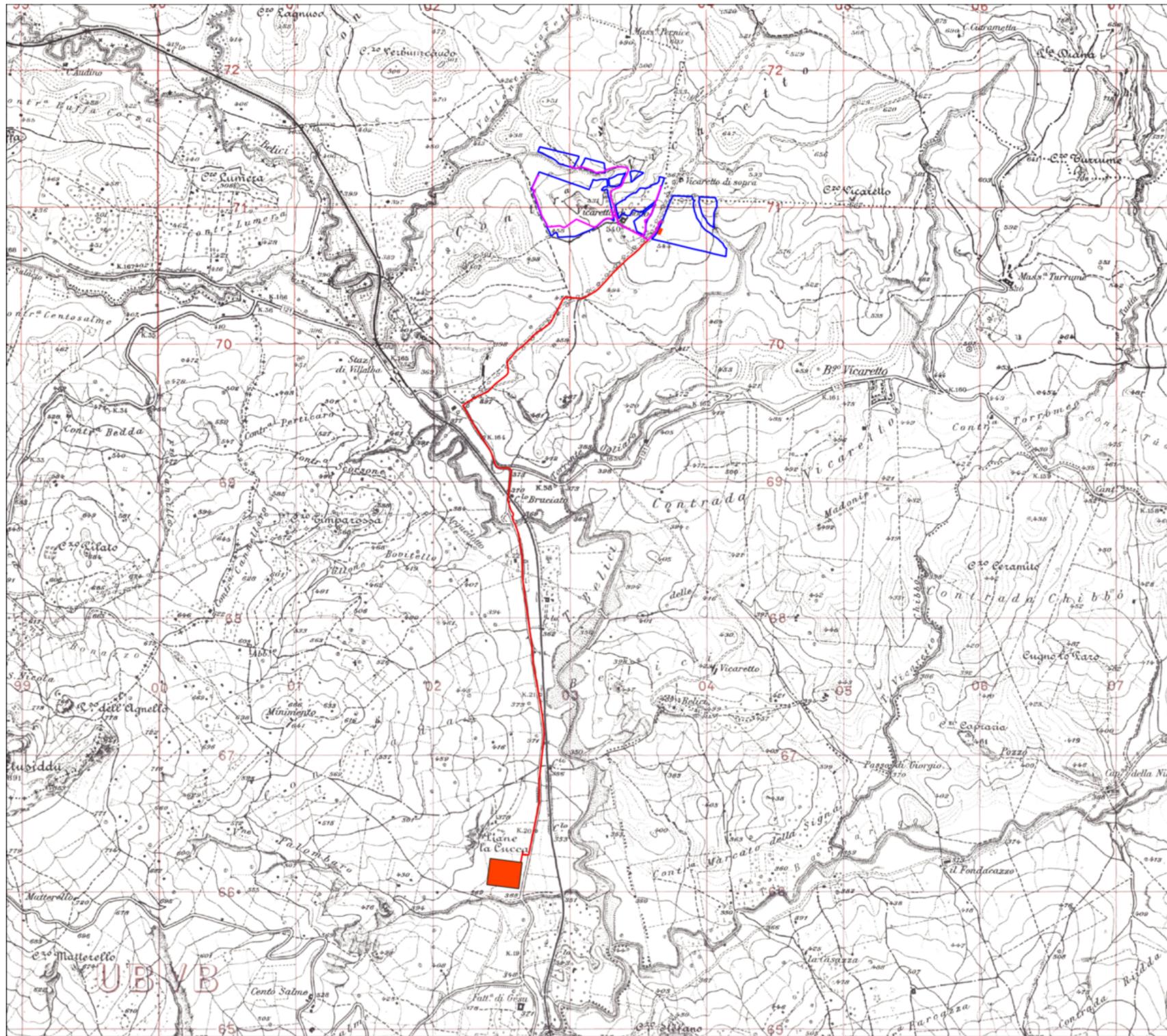
$$Q_p = \frac{CPA}{3.6t_c}$$

Dal punto di vista della pericolosità idraulica non sono presenti aree perimetrate e anche dal punto di vista dell'invarianza idraulica l'installazione dei moduli non ostacola il normale deflusso delle acque ma è comunque consigliabile progettare dei canali di scolo capaci di indirizzare le acque più velocemente verso i torrenti più rilevanti.

### IL GEOLOGO

*Dot. Milko Nastasi*





Sistema di riferimento  
"ETRS89 / UTM zone 33N"

**REGIONE SICILIA**  
Città Metropolitana di Palermo  
**COMUNE DI CASTELLANA SICULA**



- Legenda**
- area impianto
  - cavidotto interno MT
  - cavidotto AT
  - cabine di centrale
  - area BESS
  - cabina utente
  - futura SE

Foglio 259-II-SE Vallelunga Pratameno  
Foglio 267-I-NE Villalba

committente:

**GREENERGY RINNOVABILI 5 S.r.l.**



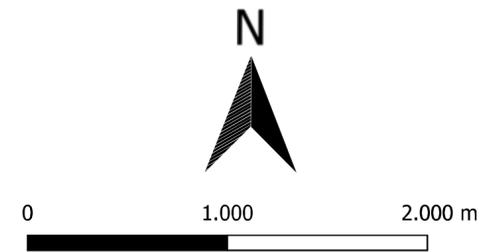
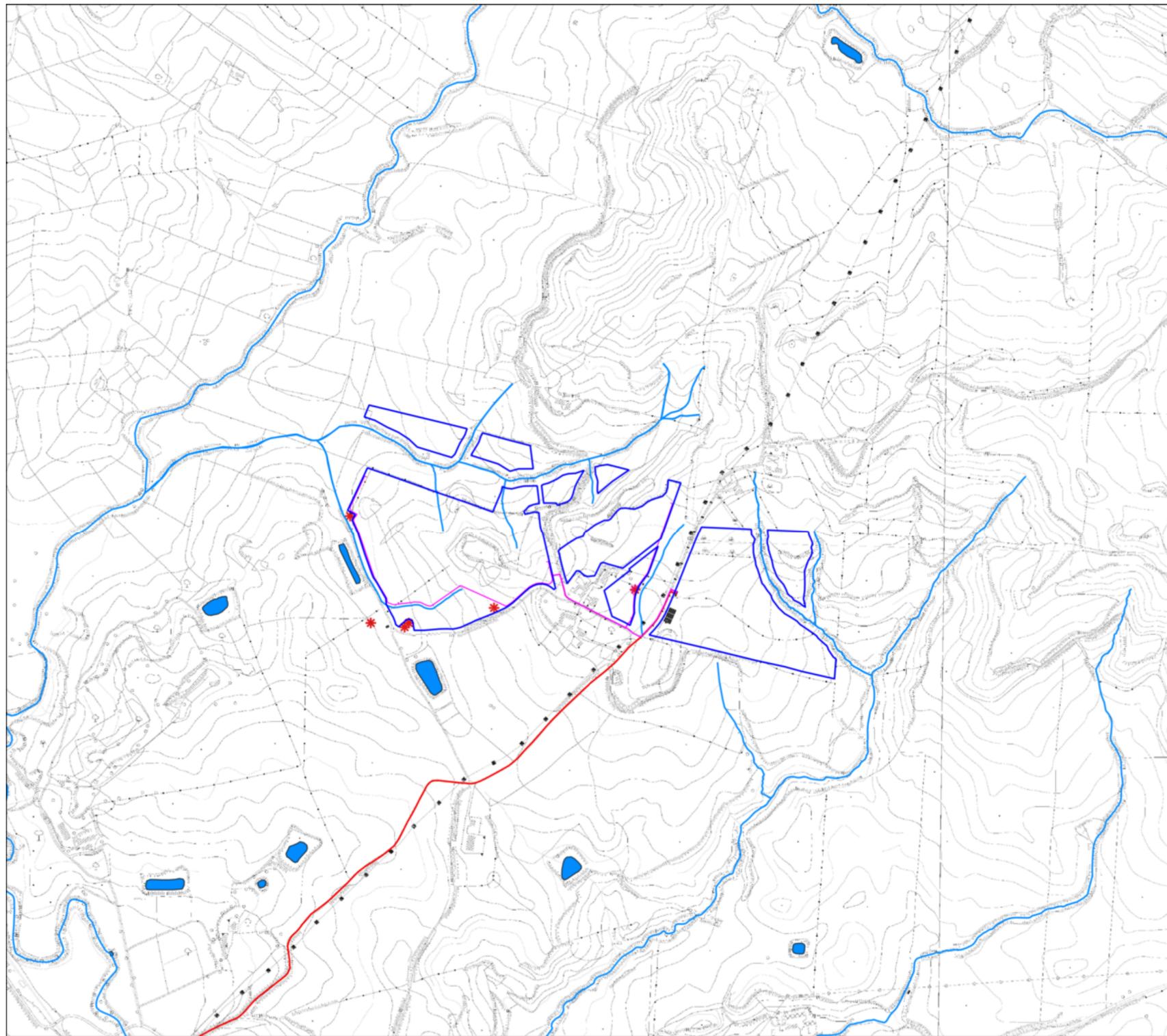
Sede legale in Via Borgonuovo 9, Milano (MI)  
Partita I.V.A. 11892540961 - PEC: gr5sr1@legalmail.it

Società di Progettazione:



**Ingegneria & Innovazione**  
Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel.  
0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.IT

Progetto:		Livello:	
<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO GR CASTELLANA</b>		<b>DEFINITIVO</b>	
Elaborato:		Il geologo:	
<b>COROGRAFIA</b>			
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:
1:25000		1	A2



Sistema di riferimento  
"ETRS89 / UTM zone 33N"

# REGIONE SICILIA

Città Metropolitana di Palermo

COMUNE DI CASTELLANA SICULA



## Legenda

- cavidotto AT
- cavidotto MT
- recinzione area
- Bess
- cabina di centrale
- torrenti e impluvi
- \* pozzi

CTR 621150 - 621110 - 621160 - 621120

committente:

**GREENERGY RINNOVABILI 5 S.r.l.**



Sede legale in Via Borgonuovo 9, Milano (MI)  
Partita I.V.A. 11892540961 - PEC: gr5sr1@legalmail.it

Società di Progettazione:

**Ingegneria & Innovazione**



Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.IT

Progetto:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO GR CASTELLANA**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

**CARTA IDROGRAFICA**

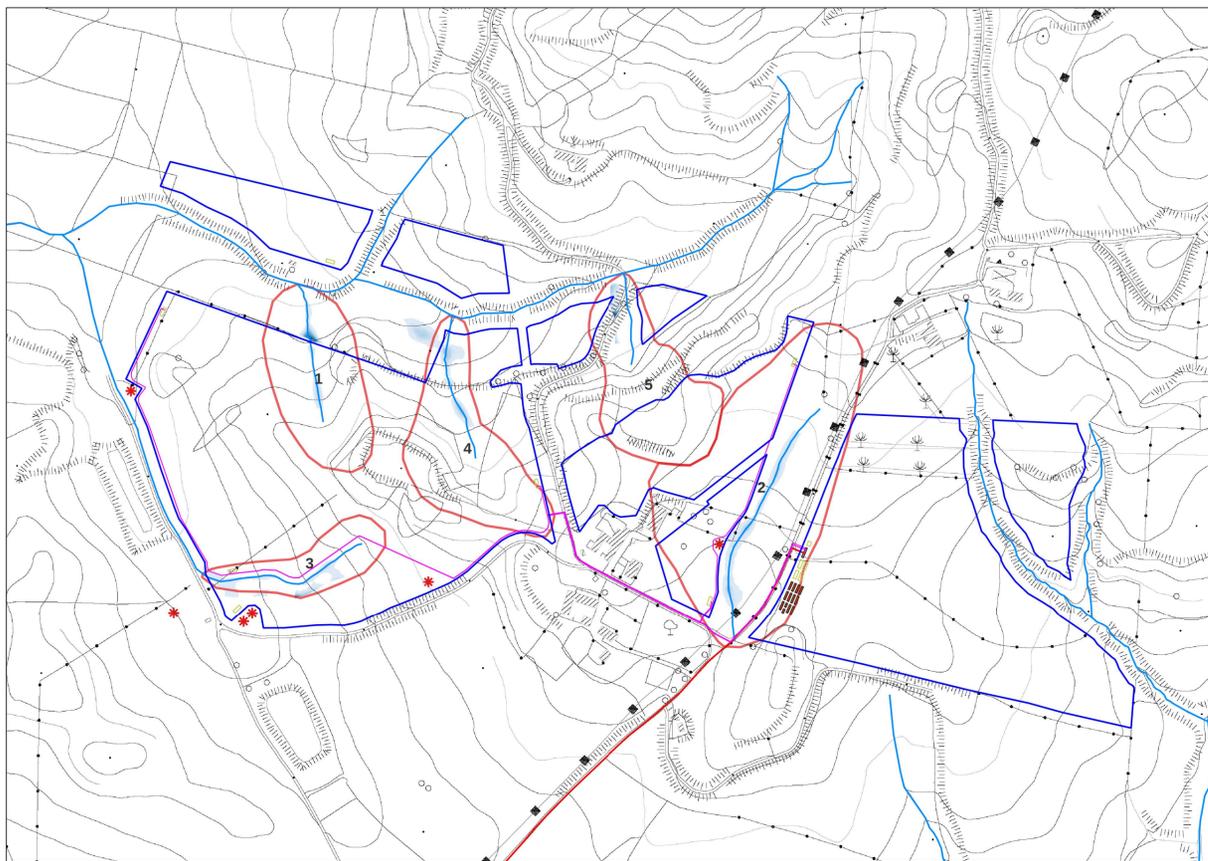


Scala:  
1:10000

Nome  
DIS/FILE:

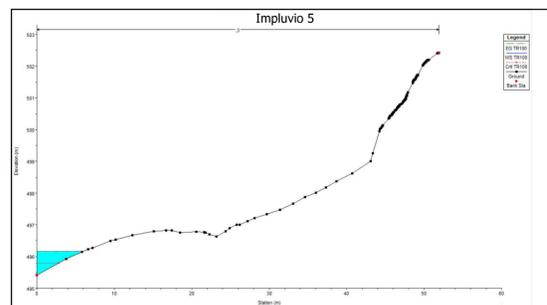
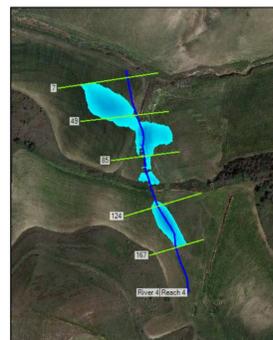
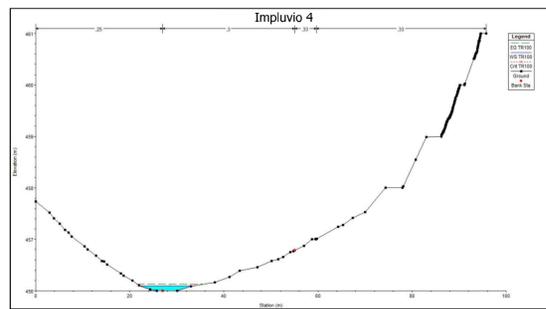
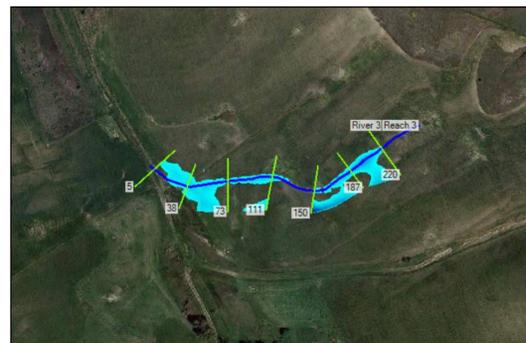
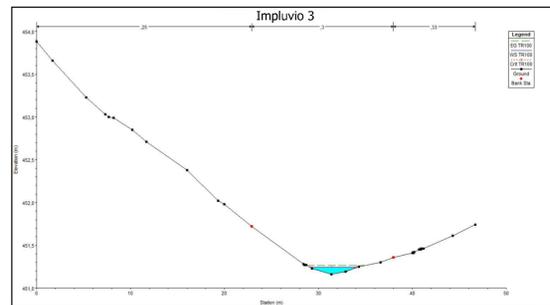
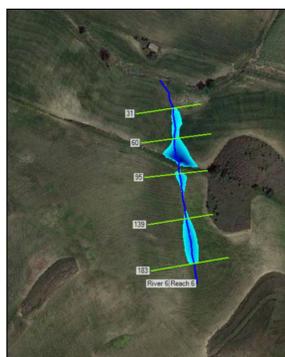
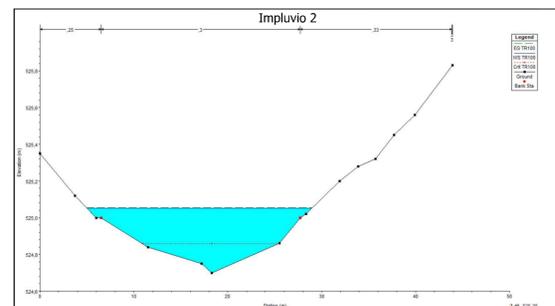
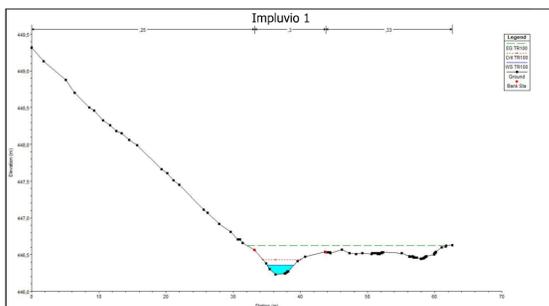
Allegato:  
2

F.to:  
A2

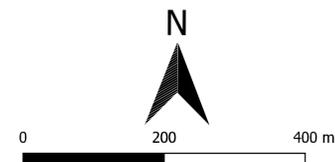


**Legenda**

- cavidotto AT
- cavidotto MT
- recinzione area
- Bess
- cabina di centrale
- cabina utente di consegna
- Futura SE
- torrenti e impluvi
- ★ pozzi



HEC-RAS Plan: fluper Profile: TR100													
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # CH
River 1	Reach 6	183	TR100	0,79	480,64	480,79	480,79	480,84	1,898575	1,02	0,78	7,43	1,01
River 1	Reach 6	139	TR100	0,79	469,36	469,57	469,61	469,70	4,231882	1,62	0,49	4,14	1,51
River 1	Reach 6	95	TR100	0,79	458,98	459,26	459,23	459,30	1,059032	0,89	0,88	6,58	0,78
River 1	Reach 6	60	TR100	0,79	450,74	450,98	450,98	451,05	1,819786	1,13	0,70	5,54	1,01
River 1	Reach 6	31	TR100	0,79	446,23	446,36	446,43	446,62	12,507850	2,29	0,34	4,00	2,50
River 5	Reach 5	102	TR100	0,71	495,41	496,16	495,78	496,16	0,046540	0,33	2,12	5,88	0,18
River 5	Reach 5	67	TR100	0,71	491,00	491,30	491,30	491,40	1,630645	1,41	0,50	2,54	1,01
River 5	Reach 5	44	TR100	0,71	486,68	487,09	486,87	487,09	0,040654	0,22	3,27	17,42	0,16
River 5	Reach 5	13	TR100	0,71	483,00	483,10	483,10	483,15	1,971784	0,99	0,71	7,17	1,01
River 4	Reach 4	167	TR100	0,65	486,92	487,07	487,04	487,09	0,957632	0,67	0,96	10,23	0,70
River 4	Reach 4	124	TR100	0,65	478,00	478,29	478,14	478,30	0,085873	0,32	2,00	10,40	0,24
River 4	Reach 4	85	TR100	0,65	468,81	469,07	469,07	469,11	1,852025	0,82	0,80	11,60	0,94
River 4	Reach 4	49	TR100	0,65	460,91	460,79	460,67	460,79	0,036254		3,21	23,36	0,00
River 4	Reach 4	7	TR100	0,65	456,00	456,10	456,10	456,13	1,884481	0,78	0,79	11,61	0,94
River 3	Reach 3	220	TR100	0,16	476,18	476,30	476,30	476,34	2,176672	0,86	0,19	2,50	1,01
River 3	Reach 3	187	TR100	0,16	470,73	470,93	470,81	470,93	0,044473	0,18	0,88	6,69	0,16
River 3	Reach 3	150	TR100	0,16	465,69	465,90	465,90	465,96	2,025697	1,04	0,15	1,39	1,00
River 3	Reach 3	111	TR100	0,16	460,16	460,54	460,38	460,54	2,0039177	0,19	0,84	5,39	0,15
River 3	Reach 3	73	TR100	0,16	455,65	455,85	455,90	455,90	2,003753	1,03	0,16	1,48	1,01
River 3	Reach 3	38	TR100	0,16	453,00	453,13	453,03	453,13	0,017585	0,10	1,61	15,11	0,10
River 3	Reach 3	5	TR100	0,16	451,16	451,24	451,24	451,27	2,420511	0,68	0,24	5,03	0,99
River 2	Reach 2	320	TR100	0,92	547,95	548,18	548,10	548,19	0,377189	0,56	1,64	11,50	0,47
River 2	Reach 2	265	TR100	0,92	541,72	542,15	541,91	542,15	0,051318	0,28	3,29	14,56	0,19
River 2	Reach 2	206	TR100	0,92	535,35	535,73	535,64	535,75	0,372793	0,60	1,53	9,40	0,48
River 2	Reach 2	153	TR100	0,92	530,35	530,87	530,61	530,87	0,040236	0,22	4,13	21,39	0,16
River 2	Reach 2	106	TR100	0,92	527,15	527,54	527,40	527,55	0,154622	0,43	2,12	11,09	0,32
River 2	Reach 2	57	TR100	0,92	524,70	525,05	524,86	525,05	0,025050	0,19	4,81	23,95	0,13
River 2	Reach 2	11	TR100	0,92	521,05	521,28	521,28	521,35	1,881637	1,14	0,80	6,17	1,01



Sistema di riferimento "ETRS89 / UTM zone 33N"

**REGIONE SICILIA**

Città Metropolitana di Palermo

COMUNE DI CASTELLANA SICULA



committente:

**GREENERGY RINNOVABILI 5 S.r.l.**



Sede legale in Via Dorgonovo 9, Milano (MI)  
Partita I.V.A. 11092540961 - PEC: gr\_r5r10@legalmail.it

Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Ionica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO GR CASTELLANA**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

**CARTA DEGLI STUDI IDRAULICI**

Il geologo



Scala:

1:5000

Nome DIS/FILE:

Allegato: 3

F.to: A1