

REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Agrigento

COMUNE DI CAMMARATA



01	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	30/06/2023	NASTASI M.	BELFIORE G.	DENARO D.
00	EMISSIONE PER COMMENTI	16/06/2023	NASTASI M.	BELFIORE G.	DENARO D.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

DS ITALIA 12 S.r.l.

DSIT12
DS ITALIA 12 SRL

Via del Plebiscito, 112, 00186 ROMA (RM)
Partiva I.V.A. 16380551008 – P.E.C.: dsitalia12srl@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 AGRIVOLTAICO "CAMMARATA"

Progettista/Resp. Tecnico:

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

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Geologo:

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

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C22016S05-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.....	5
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO.....	7
6. CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E IDROLOGICHE.....	8
6.1 Metodo di studio.....	10
6.2 Studio idraulico.....	15
Bacino 1:.....	18
Bacino 2:.....	21
Bacino 3:.....	24
7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI.....	30
8. POSA DEL CAVIDOTTO.....	30
9. OPERE IDRAULICHE.....	31
CONCLUSIONI.....	34

Indice delle figure

Figura 1- Stralcio cartografico IGM 1:25000.....	5
Figura 2 - area di progetto su aerofotogrammetria.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 3 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti.....	9
Figura 4 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale.....	18
Figura 5 – impluvi individuati con le relative altezze del tirante idraulico con TR100.....	17
Figura 6 – sezione di chiusura impluvio 1.....	19
Figura 7 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale.....	21
Figura 8 – sezione di chiusura impluvio 2.....	22
Figura 9 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale.....	24
Figura 8 – sezione di chiusura impluvio 3.....	25

Allegati alla relazione:

All. 1 - Corografia, scala 1:25000;

All. 2 - Carta delle aree allagabili, 1:10000.

1. PREMESSA

Per conto della società proponente, DS Italia 12 S.r.l., la società Antex Group S.r.l. ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato Impianto Agrivoltaico "Cammarata" da realizzarsi nel territorio del Comune di Cammarata, appartenente al Libero Consorzio Comunale di Agrigento. Il progetto prevede l'installazione di n. 56.430 moduli fotovoltaici da 700 Wp ciascuno, su strutture fisse, per una potenza complessiva pari a 39.501 kWp. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta 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, e da ricollegare alla linea 150 kV compresa tra le stazioni RTN di Ciminna e Cammarata.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl. Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata e pone 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. FASIDILAVORO

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.);*

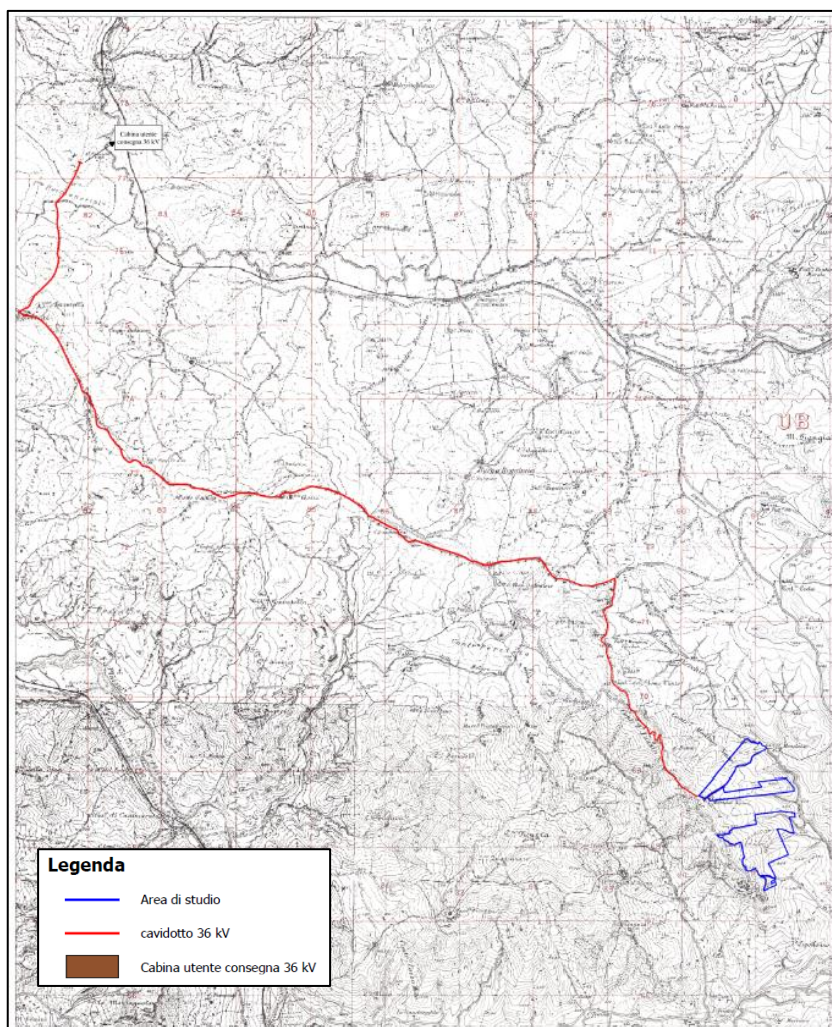
- Norme di Attuazione del P.A.I. (Aggiornate con Delibera G.R. n. 17/14 del 26 aprile 2006).

3. ASPETTI GEOGRAFICI E MORFOLOGICI

L'area sulla quale è in progetto l'impianto fotovoltaico ricade nel Foglio 267-I-NO Pizzo Ficuzza e Foglio 259-II-SO Valledolmo.

Le quote relative all'impianto vanno dai 590 ai 440 m.s.l.m. e si trova al centro tra gli abitati di Cammarata, Vallelunga e Mussomeli a nord della SP26.

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Sicilia in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 621140,621130,621100,621090 all'interno del territorio di territorio comunale di Cammarata, mentre la connessione sarà ubicata nel comune di Castronovo di Sicilia.



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.: C22-016-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



Figura 1- Stralcio cartografico IGM 1:25000

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 da colline leggermente arrotondate, di natura per lo più argillosa, con diversi impluvi che attraversano i versanti dai quali scorrono le acque piovane che vanno poi a finire nei torrenti vicini.

L'area è situata perlopiù su un versante digradante verso E con una pendenza media intorno al 10-15%. I fenomeni che possono generarsi sono quelli di erosione di tipo interrill che viene identificata come quella forma di erosione che offre il maggior contributo al processo di degradazione del suolo.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio della Provincia di Agrigento, compreso nell'ambito 10, 5 e 6 si può suddividere, in modo schematico, in tre grandi fasce morfologiche ad andamento pressappoco est-ovest che sono il riflesso della costituzione geologica.

A nord si sviluppa la fascia montana, rappresentata dai monti Sicani con il rilievo più elevato di Monte Cammarata (1578 m).

I Monti Sicani hanno una costituzione prevalentemente calcarea e costituiscono una porzione della catena Appenninico-Maghrebide che si è originata a partire dall'Oligocene superiore e che ha visto le fasi principali di corrugamento, in quest'area, dal Miocene superiore al Pliocene inferiore.

La seconda fascia, intermedia, ha una morfologia collinare ed è formata da terreni prevalentemente argillosi oligo-miocenici, da calcari e gessi della Serie Gessoso-Solfifera e dai Trubi, marne bianche del Pliocene inferiore.

Questo complesso di terreni, anch'esso intensamente deformato a causa del corrugamento della catena siciliana, viene indicato in letteratura come Falda di Gela e costituisce l'elemento tettonico dominante di gran parte del territorio agrigentino.

La Falda di Gela si estende anche nell'offshore da Sciacca a Gela ed il limite attuale, nel Canale di Sicilia, è stato individuato in base a sezioni sismiche a riflessione e pozzi per la ricerca petrolifera.

Nella terza fascia, costiera, sono principalmente rappresentati i terreni più giovani (argille e calcareniti del Plio-Pleistocene ed i terrazzi marini ed alluvionali che si sviluppano al di sopra dei terreni della Falda di Gela.

Lungo la costa tuttavia, in diverse zone, i terreni Plio-Pleistocenici non sono presenti e quindi affiorano direttamente termini della "Serie Gessoso Solfifera" ricoperti delle classiche marne a globigerine note come Trubi (es. Scala dei Turchi, Eraclea) e modellati dalle superfici di abrasione marina del Pleistocene.

Nella zona dell'area di studio sono presenti per lo più le argille brecciate della formazione Terravecchia.

Formazione Terravecchia

Si tratta di depositi deltizi e torbiditici costituiti da argille brune con tenori variabili di sabbia e intercalazioni alternate di conglomerati poligenici ed orizzonti arenacei spessi anche centinaia di metri. Lateralmente nel settore orientale del territorio provinciale questi depositi passano a depositi pelitici con tenori variabili di sabbie e livelli di laminiti, ma privi di intercalazioni conglomeratiche e di banchi arenitici.

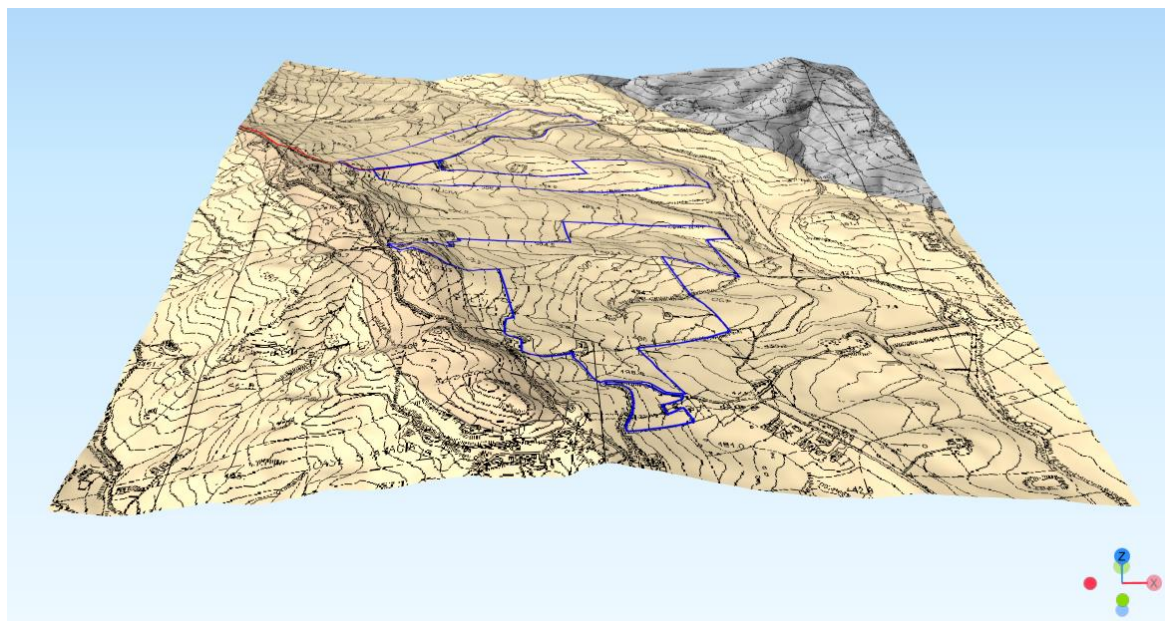
Quest'ultimi depositi costituiscono la Formazione Licata, una formazione eteropica della Formazione Terravecchia. *Età Tortoniano superiore- Messiniano inferiore.*

A luoghi la successione sedimentaria dei depositi alto miocenici è interrotta da lembi di argille caotiche più antiche (Argille Brecciate I e II di Ogniben, 1966)

Argille sabbiose

Alla base affiorano depositi prevalentemente pelitici, costituiti da argille ed argille sabbiose che contengono olistoliti di dimensioni da qualche metro ad alcune centinaia di metri di calcari mesozoici. Famosi quelli di Contrada Burgilamuni a Favara, nei quali Gemmellaro descrisse, alla fine dell'800 una successione di calcilutiti giurassiche ad ammoniti che, in seguito all'espansione urbana del comune non è stato più possibile ritrovare.

I terreni argillosi che inglobano gli olistoliti calcarei vengono qui indicati informalmente come complesso argilloso basale. *L'età è Miocene medio-superiore.*



Legenda

- Area di studio
- cavidotto 36 kV
- Flysch numidico: Argille e argille sabbiose
- Formazione terravecchia: Argille brecciate

Figura 2 - Modello 3d dell'area con litologia e area d'impianto in evidenza

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni; queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa.

Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione, ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica, (Civita, 1973; Bureau of Reclamation, 1985; Celico, 1988). Oltre alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi risultano di grande interesse idrogeologico anche le strutture e le geometrie superficiali e sepolte.

Dal punto di vista idrografico sono stati individuati, oltre agli impluvi presenti sul geoportale e sulla CTR, altri impluvi osservati sia in campo che da DTM a 2m della Regione Sicilia dai quali è stato eseguito uno studio idraulico descritto nella relazione idrologica e idraulica.

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 classi:

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

L'impianto sorgerà su terreni per lo più argillosi, per cui la si può dire che i terreni sono impermeabili.

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.

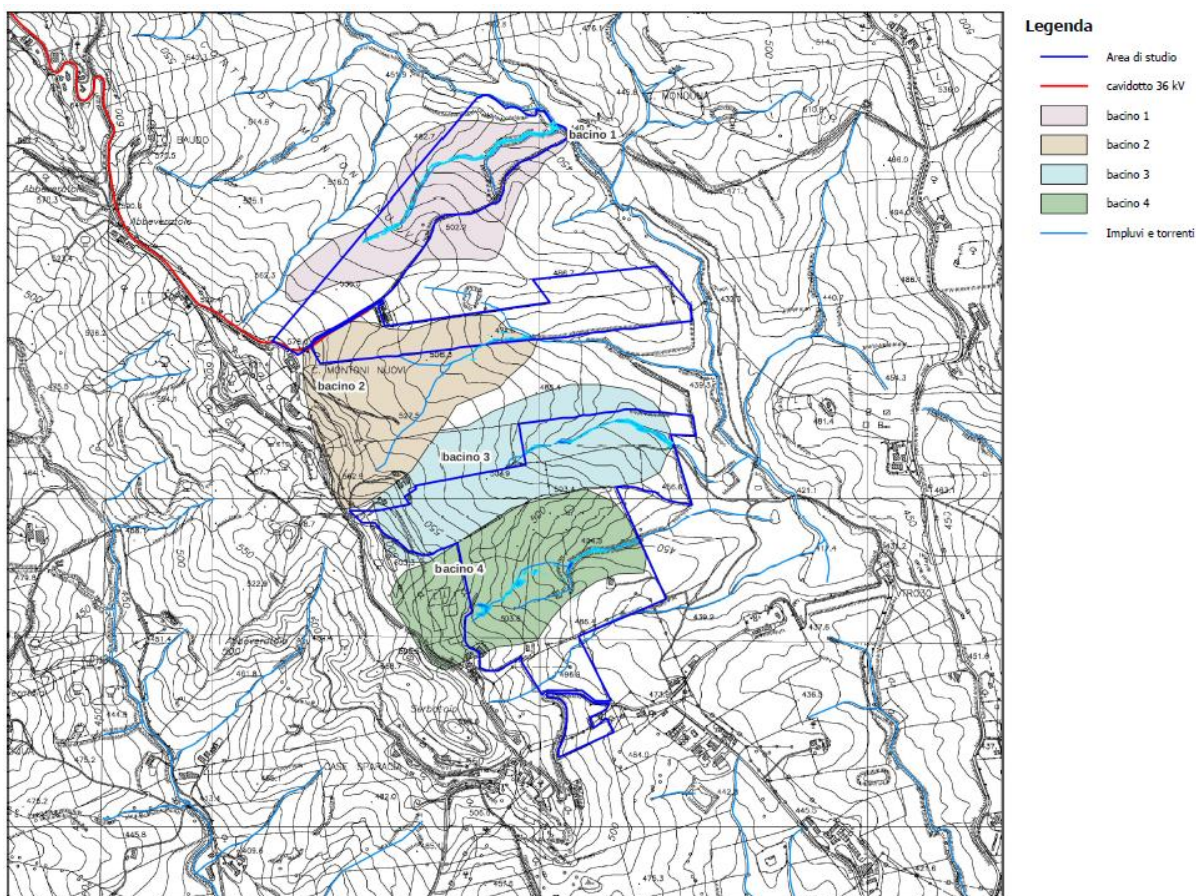


Figura 3 - Ubicazione dell'area rispetto agli impluvi presenti

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

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 ε 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 ε varia al variare di k (intensità di funzione) e sviluppando in serie di Taylor la funzione $\Phi(z)$ in prossimità di ε 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 ε ed α sono legati alla media η e allo scarto quadratico medio σ 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

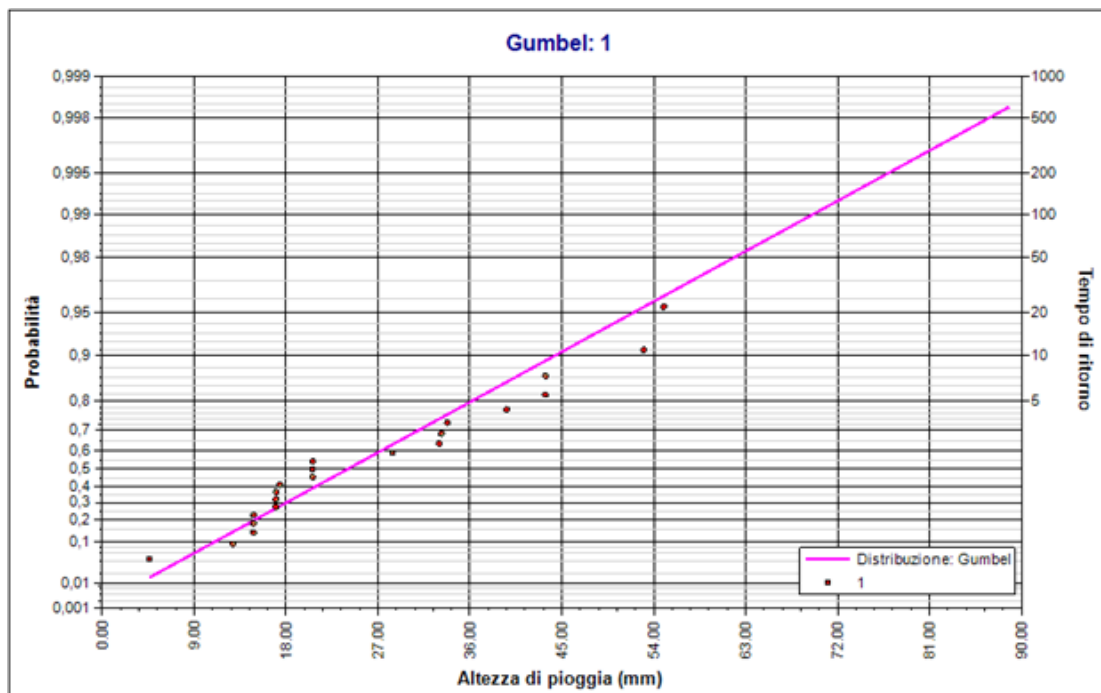
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Epsilon	20.061	28.082	34.165	36.901	40.075

Espressioni delle CDF della distribuzione

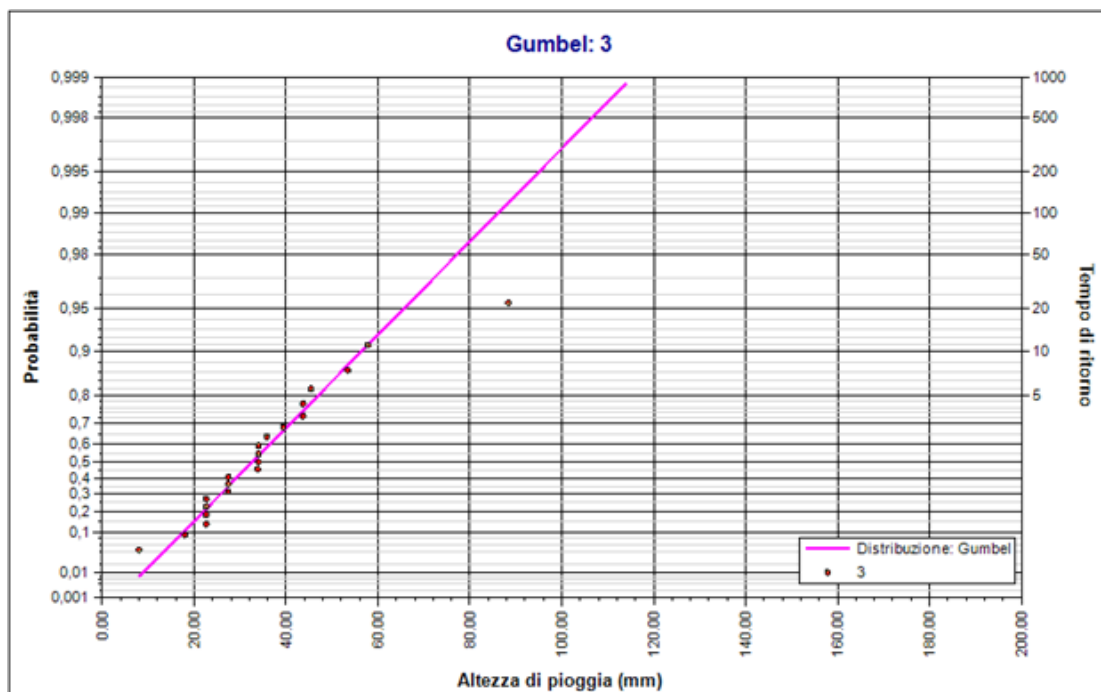
Gumbel: 1	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,099 (x - 23,386) \right) \right]$
Gumbel: 3	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,083 (x - 30,824) \right) \right]$
Gumbel: 6	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,077 (x - 34,313) \right) \right]$
Gumbel: 12	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,071 (x - 38,527)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



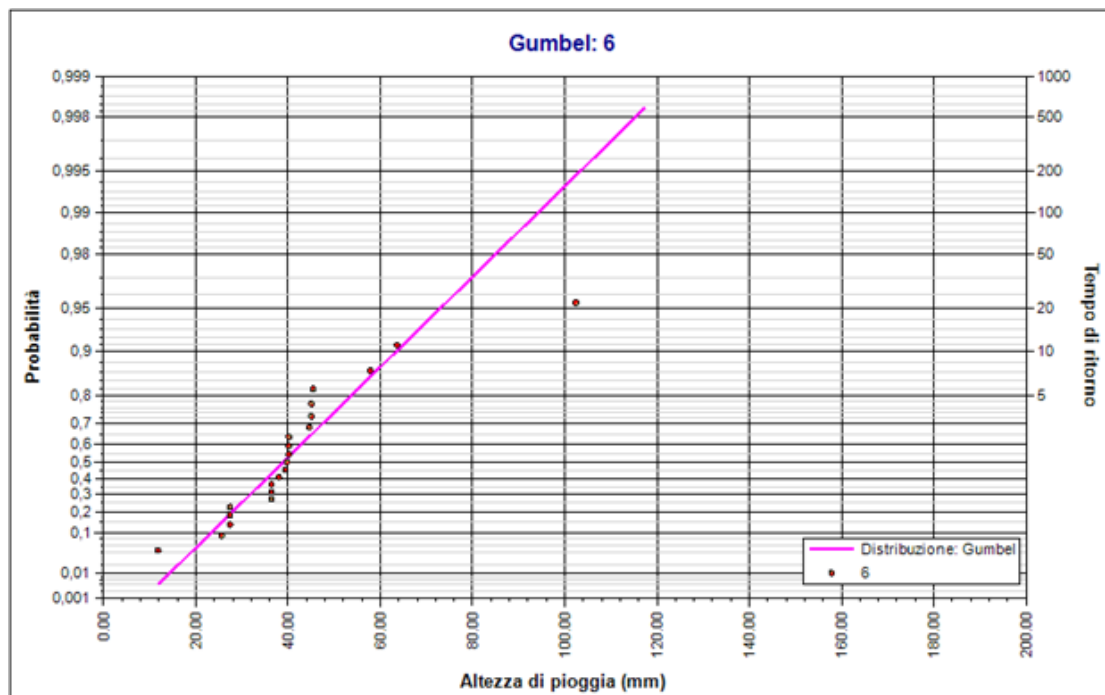
Elaborazione Gumbel. Durata 3 ore

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.

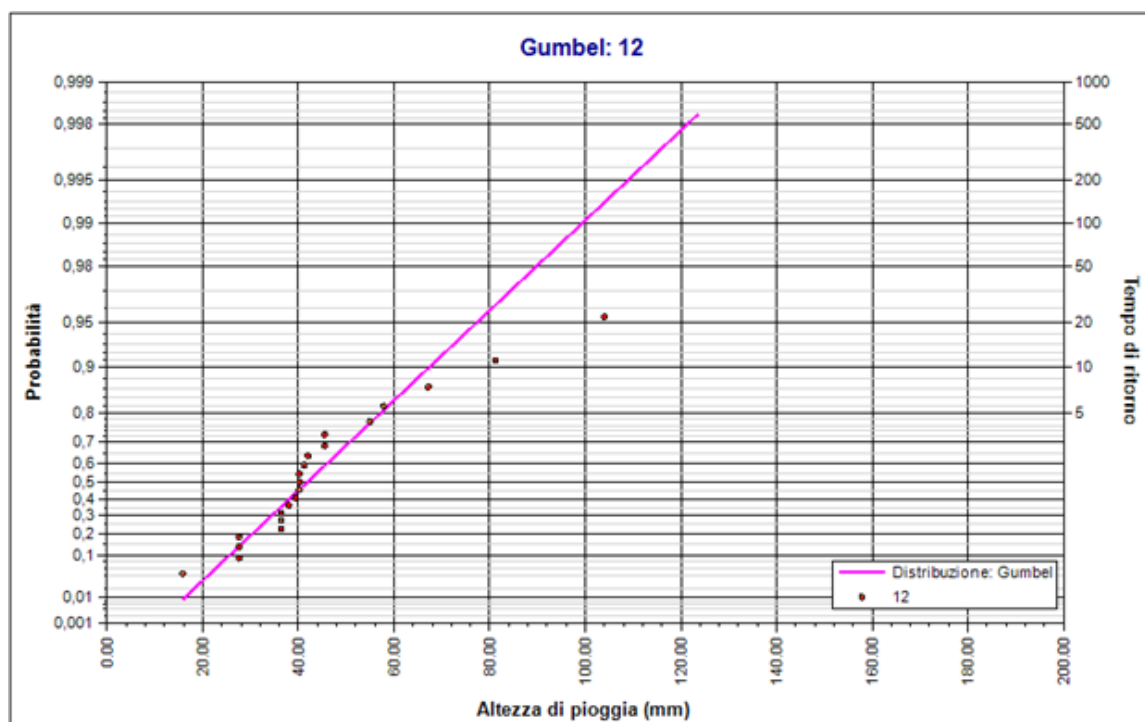
Comm.: C22-016-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification





Elaborazione Gumbel. Durata 6 ore



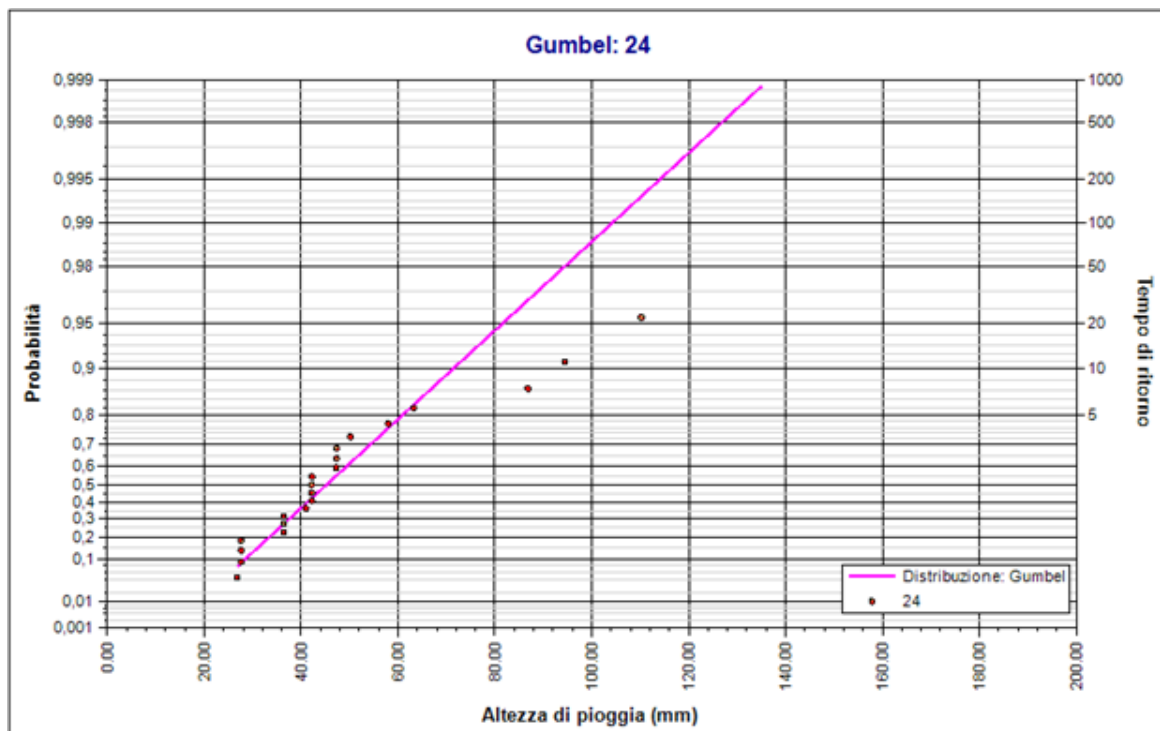
Elaborazione Gumbel. Durata 12 ore

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.: C22-016-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification





Elaborazione Gumbel. Durata 24 ore

6.2 Studio idraulico

Sugli impluvi individuati sono stati eseguiti gli studi idraulici considerando un TR di 50,100 e 200 anni, considerando che si sta progettando un fotovoltaico viene considerato il Tr 50 quello più ad alta probabilità e pericolosità.

Attraverso la formula razionale, conosciuta anche come metodo razionale o metodo delle sole piogge, 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 te 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 m³ ed esprimendo l'area A in km², la precipitazione P in mm e i tempi t in ore. La portata al picco Q_p viene ovviamente espressa in m³s⁻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 – t_c 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 t_c è espresso in ore.

Formula di Giandotti
 A > 170 km²

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

Formula di Tournon
 30 < A < 170 km²

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

Formula di Pezzoli
 bacini piccoli

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

L'area del bacino è inferiore a 30 km² e si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

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 50,100 e 200 anni.

Dopo aver individuato gli impluvi vengono create le sezioni trasversali e dopo aver inserito le condizioni al contorno del modello viene lanciata l'elaborazione ottenendo, come esempio, la seguente simulazione

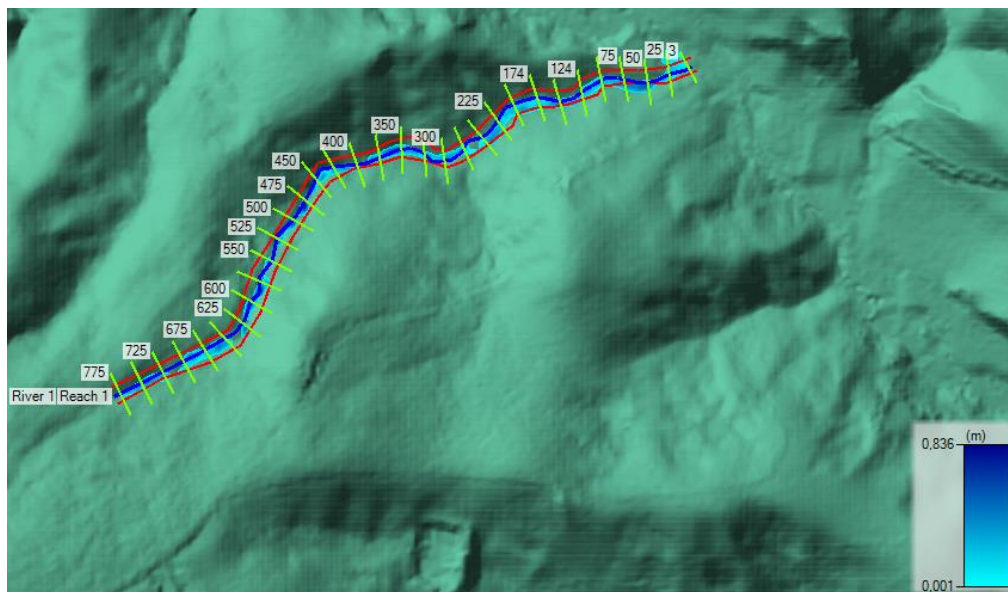


Figura 4 – simulazione idraulica ottenuta dal software HEC-RAS

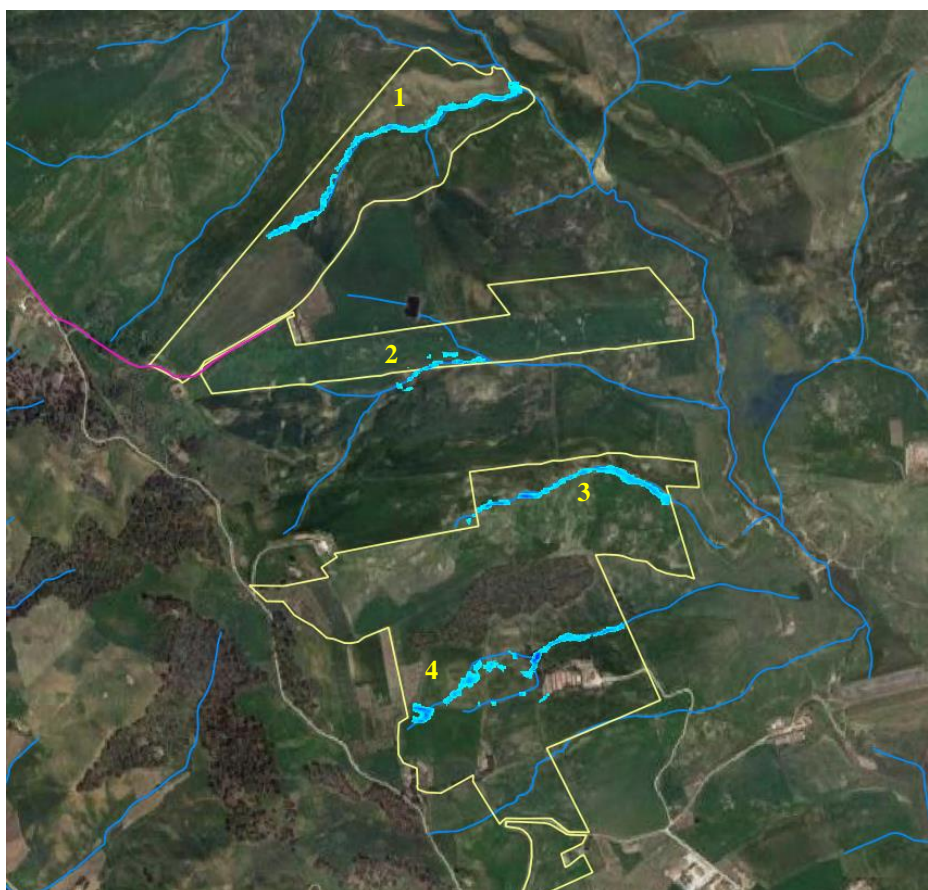


Figura 5 – immagine generale degli impluvi studiati con le aree inondabili

*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.: C22-016-S05

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



BACINO 1:

Il bacino oggetto di studio si trova in prossimità della SP4 ed ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Superficie del Bacino	S =	0,21	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,78	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	510,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	443,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,01	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	554,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H0 =	443,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	Hm =	498,50	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	55,50	m

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA		TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)																			
Superficie del Bacino	S = 0,21 Km ²	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Giandotti} \Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m - H_0}} = \\ \text{Pezzoli} \Rightarrow t_c = 0,02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0,8} = \mathbf{0,51} \\ \text{Touman} \Rightarrow T_c = \frac{0,396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0,72} = \end{array} \right.$																			
Lunghezza percorso idraulico principale	L = 0,78 Km																				
Altitudine max percorso idraulico	Hmax = 510,00 m (s.l.m.)																				
Altitudine min percorso idraulico	H0 = 443,00 m (s.l.m.)																				
Pendenza media percorso idraulico	Pi = 0,01 (m/m)																				
Altitudine max bacino	Hmax = 554,00 m (s.l.m.)																				
Altitudine sezione considerata	H0 = 443,00 m (s.l.m.)																				
Altitudine media bacino	Hm = 498,50 m (s.l.m.)																				
Dislivello medio bacino	Hm - H0 = 55,50 m																				
Pendenza media bacino	Pb = #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)																					
$Q_{max} = \frac{c h_{c(T)} \tau S}{3,6 t_c}$ <p> c = coefficiente di deflusso $h_{c(T)}$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) S = superficie del bacino (km²) t_c = tempo di corivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m³/sec </p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <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 c =	0,40	S (km ²) = 0,21 t_c (ore) = 0,51																			
T_r (anni)	a	n	t_c (ore)	$h_{c(T)}$ (mm)	Q_{max} (m ³ /sec)																
10	46,0885	0,1742	0,51	40,95	1,88																
30	58,5655	0,1673	0,51	52,30	2,41																
50	64,2894	0,1650	0,51	57,48	2,64																
100	71,9824	0,1625	0,51	64,46	2,97																
200	79,6466	0,1604	0,51	71,43	3,29																

Figura 6 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

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.: C22-016-S05

ISO 9001
 BUREAU VERITAS
 Certification



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 93 cm nelle aree più depresse lungo l'impluvio, nel resto delle aree si aggira attorno ai 20-30 cm.

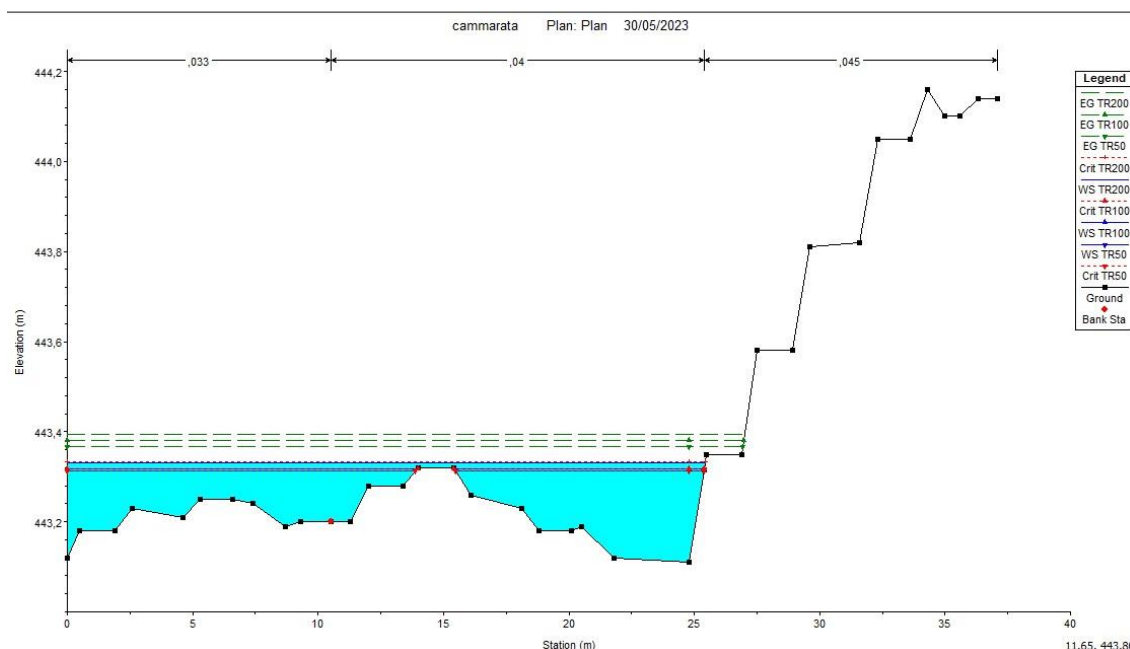


Figura 7 – sezione di chiusura impluvio 1

HEC-RAS Plan: fluper River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200												
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
Reach 1	775	TR200	3,29	511,21	511,70	511,70	511,82	0,026457	1,57	2,10	8,60	1,01
Reach 1	750	TR200	3,29	508,83	509,27	509,27	509,37	0,028119	1,39	2,37	12,32	1,01
Reach 1	725	TR200	3,29	506,14	506,51	506,51	506,62	0,026233	1,48	2,31	11,20	1,00
Reach 1	700	TR200	3,29	503,18	503,52	503,52	503,60	0,027668	1,27	2,58	15,25	0,98
Reach 1	675	TR200	3,29	500,37	500,77	500,77	500,88	0,027274	1,45	2,27	10,79	1,01
Reach 1	650	TR200	3,29	497,73	498,05	498,05	498,16	0,025944	1,43	2,31	10,87	0,99
Reach 1	625	TR200	3,29	495,09	495,55	495,55	495,65	0,028215	1,39	2,37	12,26	1,01
Reach 1	600	TR200	3,29	491,16	491,58	491,58	491,70	0,026476	1,51	2,18	9,50	1,01
Reach 1	575	TR200	3,29	488,18	488,58	488,58	488,70	0,025446	1,54	2,14	8,80	0,99
Reach 1	550	TR200	3,29	484,90	485,46	485,46	485,61	0,025120	1,70	1,93	6,61	1,01
Reach 1	525	TR200	3,29	480,79	481,29	481,29	481,48	0,023779	1,90	1,73	4,66	1,00
Reach 1	500	TR200	3,29	476,13	476,57	476,60	476,74	0,023803	1,83	1,80	5,30	1,00
Reach 1	475	TR200	3,29	471,66	472,12	472,12	472,25	0,026085	1,59	2,07	8,17	1,01
Reach 1	450	TR200	3,29	468,74	469,05	469,19	469,60	0,191343	3,28	1,00	5,98	2,56
Reach 1	425	TR200	3,29	466,60	467,05	467,05	467,16	0,027372	1,48	2,22	10,18	1,01
Reach 1	400	TR200	3,29	463,97	464,53	464,53	464,68	0,024159	1,74	1,96	6,91	1,01
Reach 1	375	TR200	3,29	461,82	462,16	462,16	462,26	0,027560	1,41	2,33	11,67	1,01
Reach 1	350	TR200	3,29	459,51	459,78	459,78	459,88	0,027501	1,40	2,35	11,95	1,01
Reach 1	324	TR200	3,29	457,96	458,32	458,32	458,43	0,026850	1,49	2,21	9,97	1,01
Reach 1	300	TR200	3,29	456,53	456,90	456,90	457,02	0,026659	1,51	2,18	9,60	1,01
Reach 1	275	TR200	3,29	454,74	455,12	455,12	455,22	0,027760	1,40	2,34	11,91	1,01
Reach 1	249	TR200	3,29	453,23	453,61	453,60	453,69	0,026925	1,34	2,52	14,10	0,99
Reach 1	225	TR200	3,29	452,01	452,31	452,31	452,41	0,026495	1,41	2,34	11,43	0,99
Reach 1	200	TR200	3,29	450,41	450,70	450,70	450,79	0,027299	1,34	2,51	14,40	0,99
Reach 1	174	TR200	3,29	449,29	449,55	449,55	449,64	0,027479	1,33	2,50	14,42	0,99
Reach 1	150	TR200	3,29	447,64	448,03	448,03	448,16	0,023926	1,58	2,14	8,89	0,98
Reach 1	124	TR200	3,29	446,53	446,82	446,82	446,93	0,026683	1,44	2,29	11,14	1,00
Reach 1	100	TR200	3,29	445,41	445,71	445,71	445,81	0,027735	1,40	2,35	11,99	1,01
Reach 1	75	TR200	3,29	444,62	444,98	444,98	445,09	0,027028	1,56	2,27	11,04	1,03
Reach 1	50	TR200	3,29	443,63	444,14	444,16	444,30	0,024834	1,83	1,96	7,71	1,02
Reach 1	25	TR200	3,29	443,39	443,63	443,63	443,70	0,023410	1,20	2,97	21,87	0,91
Reach 1	3	TR200	3,29	443,11	443,33	443,33	443,39	0,027314	1,00	3,04	25,45	0,92

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

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 =	0,24	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,55	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	550,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H₀ =	460,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,02	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	550,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H₀ =	460,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	H_m =	505,00	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	H_m - H₀ =	45,00	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km² 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 =	0,24	Km ²	Giandotti ⇒ $t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$ Pezzoli ⇒ $t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0.8} = 0,30$ Tournon ⇒ $T_c = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72}$	0,30	
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,55	Km			
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	550,00	m (s.l.m.)			
Altitudine min percorso idraulico	H₀ =	460,00	m (s.l.m.)			
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,02	(m/m)			
Altitudine max bacino	Hmax =	550,00	m (s.l.m.)			
Altitudine sezione considerata	H₀ =	460,00	m (s.l.m.)			
Altitudine media bacino	H_m =	505,00	m (s.l.m.)			
Dislivello medio bacino	H_m - H₀ =	45,00	m			
Pendenza media bacino	Pb =	#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)						
$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)} S}{3.6t_c}$		c = coefficiente di deflusso h _(t,T) = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) S = superficie del bacino (km ²) t _c = tempo di corrivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m ³ /sec				
RISULTATI						
Deflusso c =		0,40	S (km²) =	0,24	t_c (ore) =	0,30
T_r (anni)	a	n	t_c (ore)	h_(t,T) (mm)	Q_{max} (m³/sec)	
10	46,0885	0,1742	0,30	37,34	3,33	
30	58,5855	0,1673	0,30	47,86	4,27	
50	64,2694	0,1650	0,30	52,67	4,70	
100	71,9824	0,1625	0,30	59,15	5,28	
200	79,6466	0,1604	0,30	65,61	5,86	

Figura 8 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

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.: C22-016-S05

ISO 9001
 BUREAU VERITAS
 Certification



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 agli 120 cm nella zona più profonda dell'incisione, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 20-40 cm.

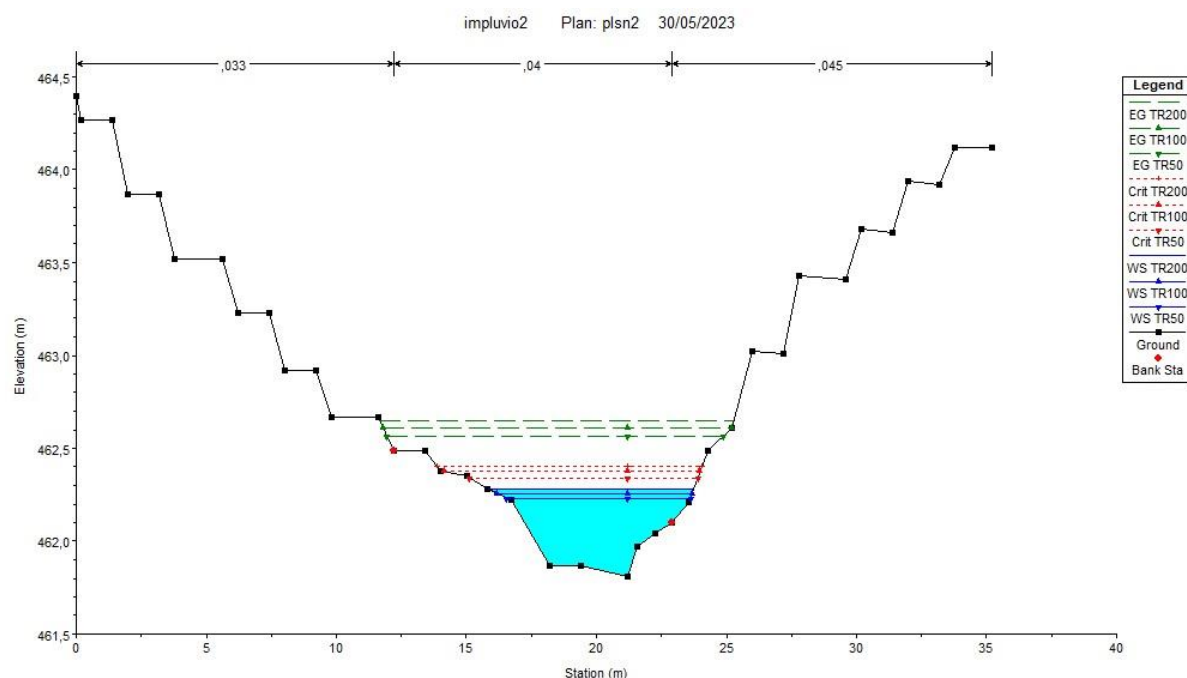


Figura 9 – sezione di chiusura impluvio 2

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper2 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200												
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
Reach 1	267	TR200	5,86	493,97	494,55	494,55	494,72	0,025750	1,85	3,17	9,92	1,04
Reach 1	237	TR200	5,86	490,39	490,76	491,02	492,50	0,452044	6,49	1,13	6,85	4,08
Reach 1	206	TR200	5,86	484,48	485,27	485,49	485,97	0,115342	3,71	1,58	4,99	2,10
Reach 1	181	TR200	5,86	480,38	480,94	481,23	482,09	0,219629	4,76	1,23	4,45	2,89
Reach 1	164	TR200	5,86	477,66	478,12	478,32	478,93	0,144011	3,99	1,48	6,81	2,41
Reach 1	146	TR200	5,86	473,69	474,12	474,43	475,46	0,283140	5,13	1,14	4,60	3,29
Reach 1	129	TR200	5,86	473,35	472,31	472,48	472,88	0,076165		1,75	6,62	0,00
Reach 1	107	TR200	5,86	469,75	470,15	470,29	470,66	0,136054	3,24	1,86	9,80	2,26
Reach 1	92	TR200	5,86	467,51	468,01	468,26	468,79	0,111347	3,91	1,50	4,41	2,15
Reach 1	79	TR200	5,86	466,38	466,86	467,06	467,47	0,094313	3,47	1,69	5,35	1,97
Reach 1	60	TR200	5,86	463,52	463,84	464,03	464,62	0,266465	3,92	1,50	8,88	3,05
Reach 1	43	TR200	5,86	461,81	462,28	462,40	462,65	0,059980	2,72	2,20	7,91	1,59

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	S =	0,25	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,27	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	499,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	438,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,02	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	602,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H0 =	438,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	Hm =	520,00	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	82,00	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km² ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

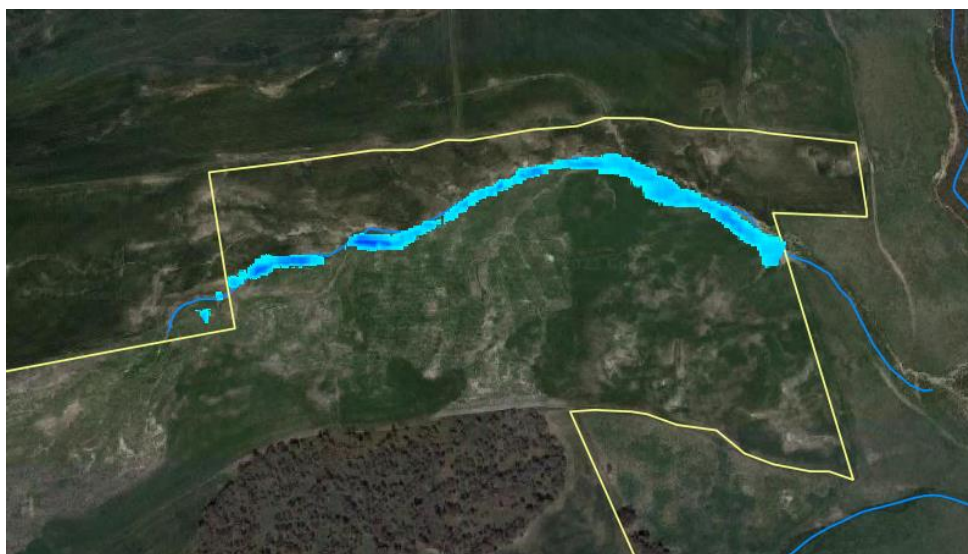
DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA				TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c (ore)																																					
Superficie del Bacino	S =	0,25	Km ²	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$ Pezzoli $\Rightarrow t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0.8} =$ 0,15 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	L =	0,27	Km																																						
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	499,00	m (s.l.m.)																																						
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	438,00	m (s.l.m.)																																						
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,02	(m/m)																																						
Altitudine max bacino	Hmax =	602,00	m (s.l.m.)																																						
Altitudine sezione considerata	H0 =	438,00	m (s.l.m.)																																						
Altitudine media bacino	Hm =	520,00	m (s.l.m.)																																						
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	82,00	m																																						
Pendenza media bacino	Pb =	#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 ²) t_c = tempo di corrivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permette di ottenere la Qmax in m ³ /sec																																									
<table border="1" style="width: 100%;"> <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" style="width: 100%;"> <tr> <td>Deflusso c =</td> <td>0,40</td> <td>S (km²) =</td> <td>0,25</td> <td>t_c (ore) =</td> <td>0,15</td> </tr> </table>						Deflusso c =	0,40	S (km²) =	0,25	t_c (ore) =	0,15																														
Deflusso c =	0,40	S (km²) =	0,25	t_c (ore) =	0,15																																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Tr (anni)</th> <th>a</th> <th>n</th> <th>t_c (ore)</th> <th>$h_{(L,T)}$ (mm)</th> <th>Qmax (m³/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>46,0885</td> <td>0,1742</td> <td>0,15</td> <td>33,06</td> <td>6,18</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>58,5855</td> <td>0,1673</td> <td>0,15</td> <td>42,59</td> <td>7,96</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>64,2894</td> <td>0,1650</td> <td>0,15</td> <td>46,94</td> <td>8,78</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>71,9824</td> <td>0,1625</td> <td>0,15</td> <td>52,81</td> <td>9,87</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>79,6466</td> <td>0,1604</td> <td>0,15</td> <td>58,66</td> <td>10,97</td> </tr> </tbody> </table>						Tr (anni)	a	n	t_c (ore)	$h_{(L,T)}$ (mm)	Qmax (m ³ /sec)	10	46,0885	0,1742	0,15	33,06	6,18	30	58,5855	0,1673	0,15	42,59	7,96	50	64,2894	0,1650	0,15	46,94	8,78	100	71,9824	0,1625	0,15	52,81	9,87	200	79,6466	0,1604	0,15	58,66	10,97
Tr (anni)	a	n	t_c (ore)	$h_{(L,T)}$ (mm)	Qmax (m ³ /sec)																																				
10	46,0885	0,1742	0,15	33,06	6,18																																				
30	58,5855	0,1673	0,15	42,59	7,96																																				
50	64,2894	0,1650	0,15	46,94	8,78																																				
100	71,9824	0,1625	0,15	52,81	9,87																																				
200	79,6466	0,1604	0,15	58,66	10,97																																				

Figura 10 – 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 138 cm nella zona più profonda dell'incisione, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 20-40 cm.



impluvio3 Plan: plan3 30/05/2023

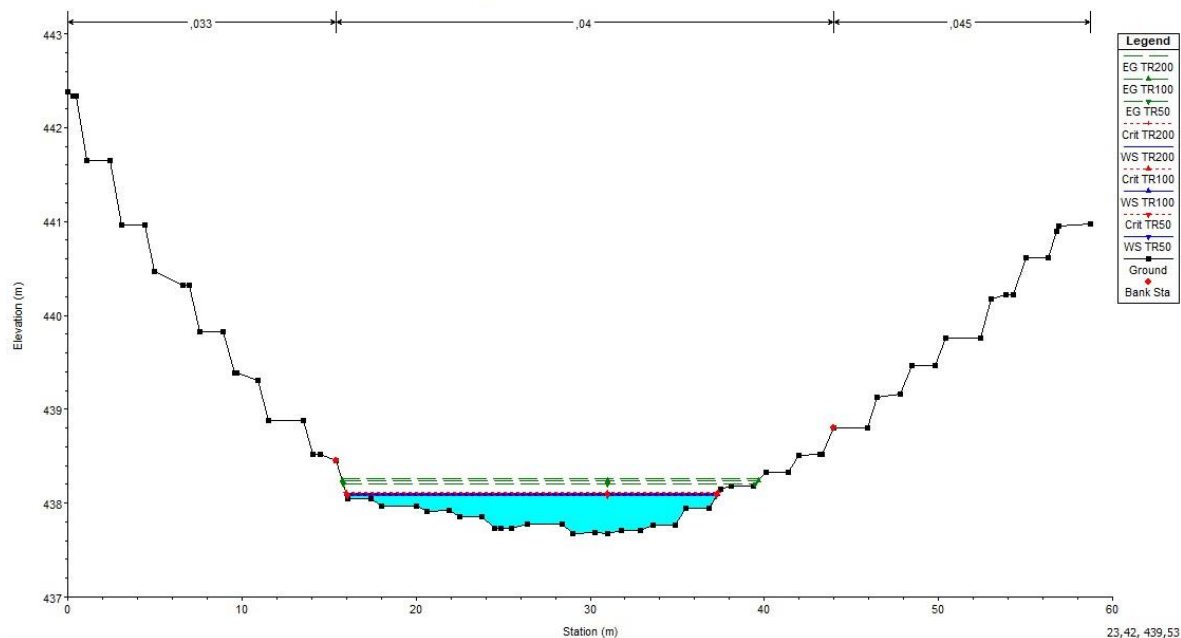


Figura 11 – sezione di chiusura impluvio 3

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper3 River: River 3 Reach: Reach 1 Profile: TR200												
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
Reach 1	550	TR200	10,00	493,52	494,16	494,16	494,35	0,022276	1,92	5,22	14,00	1,00
Reach 1	512	TR200	10,00	486,14	486,54	486,93	491,11	2,410210	9,46	1,06	8,47	8,55
Reach 1	474	TR200	10,00	477,85	478,47	478,69	479,21	0,101678	3,82	2,62	7,70	2,09
Reach 1	438	TR200	10,00	470,90	471,36	471,74	473,26	0,307706	6,10	1,64	5,50	3,57
Reach 1	407	TR200	10,00	465,78	466,32	466,59	467,28	0,121477	4,34	2,30	6,40	2,31
Reach 1	371	TR200	10,00	462,09	462,67	462,87	463,36	0,096295	3,69	2,71	8,12	2,04
Reach 1	337	TR200	10,00	459,34	459,97	460,17	460,60	0,067046	3,50	2,86	7,00	1,75
Reach 1	303	TR200	10,00	455,85	456,52	456,81	457,45	0,129366	4,27	2,34	6,89	2,33
Reach 1	269	TR200	10,00	452,80	453,51	453,71	454,14	0,071418	3,51	2,85	7,20	1,78
Reach 1	232	TR200	10,00	449,48	450,00	450,27	450,94	0,106971	4,28	2,33	5,89	2,17
Reach 1	198	TR200	10,00	446,97	447,53	447,70	448,05	0,064576	3,17	3,16	8,82	1,69
Reach 1	170	TR200	10,00	444,86	445,26	445,42	445,74	0,105710	3,06	3,26	14,02	2,03
Reach 1	140	TR200	10,00	443,22	443,75	443,79	443,95	0,034888	2,00	5,00	17,68	1,20
Reach 1	103	TR200	10,00	441,56	441,99	442,08	442,32	0,055651	2,54	3,93	13,74	1,52
Reach 1	72	TR200	10,00	440,34	440,92	440,96	441,16	0,025734	2,19	4,56	11,08	1,09
Reach 1	35	TR200	10,00	438,73	439,16	439,30	439,59	0,082361	2,90	3,44	13,28	1,82
Reach 1	8	TR200	10,00	437,67	438,11	438,12	438,26	0,028765	1,75	5,70	21,34	1,08

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	S =	0,24	Km ²
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,63	Km
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	528,00	m (s.l.m.)
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	446,00	m (s.l.m.)
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,01	(m/m)
Altitudine max bacino	Hmax =	590,00	m (s.l.m.)
Altitudine sezione considerata	H0 =	446,00	m (s.l.m.)
Altitudine media bacino	Hm =	518,00	m (s.l.m.)
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	72,00	m

L'area del bacino è inferiore a 30 km² ma si è deciso di utilizzare la formula di Pezzoli.

DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA				TEMPO DI CORRIVAZIONE tc (ore)	
Superficie del Bacino	S =	0,24	Km ²	Giandotti $\Rightarrow tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} =$ Pezzoli $\Rightarrow tc = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{P_i}} \right)^{0.8} =$ 0,37 Toumon $\Rightarrow Tc = \frac{0.396L}{\sqrt{P_i}} \left(\frac{S}{L^2 \sqrt{P_b}} \right)^{0.72} =$	
Lunghezza percorso idraulico principale	L =	0,63	Km		
Altitudine max percorso idraulico	Hmax =	528,00	m (s.l.m.)		
Altitudine min percorso idraulico	H0 =	446,00	m (s.l.m.)		
Pendenza media percorso idraulico	Pi =	0,01	(m/m)		
Altitudine max bacino	Hmax =	590,00	m (s.l.m.)		
Altitudine sezione considerata	H0 =	446,00	m (s.l.m.)		
Altitudine media bacino	Hm =	518,00	m (s.l.m.)		
Dislivello medio bacino	Hm - H0 =	72,00	m		
Pendenza media bacino	Pb =	#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)																						
$Q_{max} = \frac{c h_{(t,T)} S}{3.6 t_c}$		c = coefficiente di deflusso h_(t,T) = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm) S = superficie del bacino (km ²) t_c = tempo di corrivazione (ore) 3,6 = fattore di conversione che permetta di ottenere la Qmax in m ³ /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
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 =		0,40	S (km²) =	0,24	t_c (ore) =	0,37																
Tr (anni)	a	n	t_c (ore)	h_(t,T) (mm)	Q_{max} (m³/sec)																	
10	46,0885	0,1742	0,37	38,72	2,81																	
30	58,5855	0,1673	0,37	49,56	3,59																	
50	64,2894	0,1650	0,37	54,50	3,95																	
100	71,9824	0,1625	0,37	61,18	4,44																	
200	79,6466	0,1604	0,37	67,83	4,92																	

Figura 12 – risultati calcolo delle portate massime con metodo razionale

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 138 cm nella zona più profonda dell'incisione, mentre per tutto il resto del percorso idraulico le altezze vanno dai 20-40 cm.

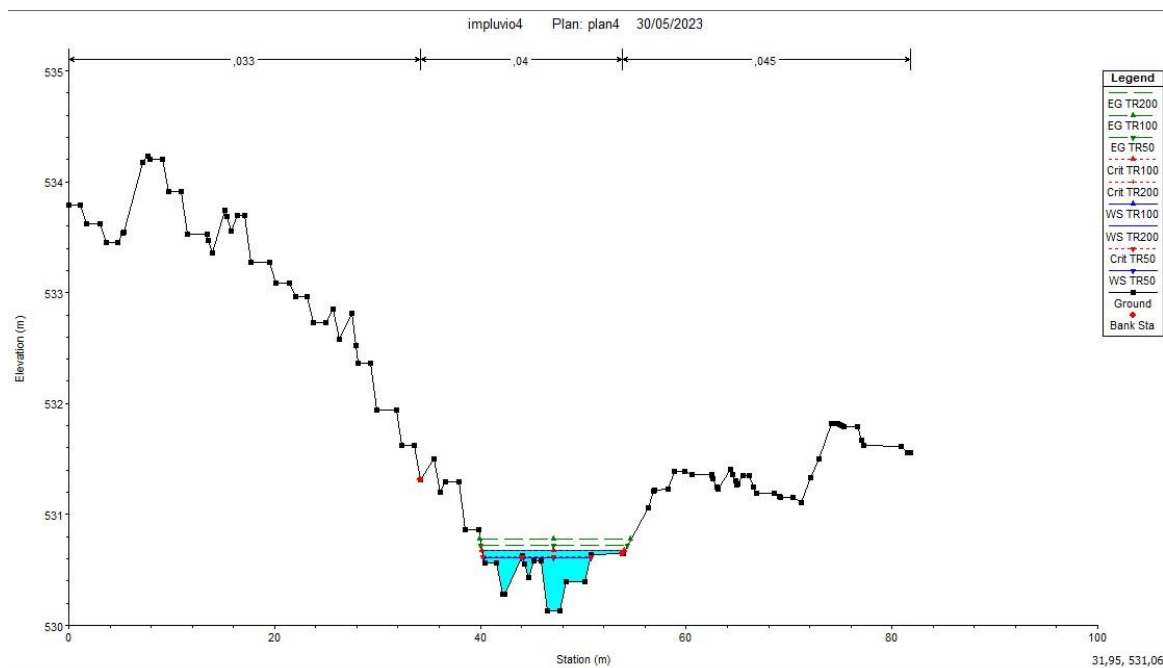


Figura 13 – sezione di chiusura impluvio 3

Di seguito il riepilogo dei dati ottenuti dalla simulazione:

HEC-RAS Plan: fluper4.1 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: TR200												
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
Reach 1	611	TR200	4,92	530,13	530,70	530,70	530,82	0,027719	1,54	3,20	14,09	1,02
Reach 1	572	TR200	4,92	519,04	519,49	519,49	519,60	0,025246	1,57	3,48	14,57	0,92
Reach 1	533	TR200	4,92	510,15	509,25	509,25	509,36	0,033615		3,28	14,61	0,00
Reach 1	483	TR200	4,92	502,93	501,80	501,80	501,92	0,016510		3,30	14,64	0,00
Reach 1	441	TR200	4,92	498,94	498,86	498,86	498,93	0,019811		3,99	25,10	0,00
Reach 1	383	TR200	4,92	492,56	491,02	491,02	491,13	0,026096		3,30	14,76	0,00
Reach 1	343	TR200	4,92	487,25	488,10	488,10	488,19	0,025913	1,46	3,84	20,32	0,87
Reach 1	305	TR200	4,92	482,45	481,20	481,20	481,30	0,035854		3,59	19,69	0,00
Reach 1	258	TR200	4,92	469,94	470,60	470,60	470,81	0,023674	2,01	2,45	6,01	1,01
Reach 1	218	TR200	4,92	464,70	465,19	465,19	465,35	0,023831	1,77	2,78	8,79	1,01
Reach 1	179	TR200	4,92	460,08	460,58	460,58	460,77	0,023218	1,93	2,55	6,83	1,01
Reach 1	118	TR200	4,92	456,04	456,55	456,55	456,68	0,026572	1,63	3,09	12,05	1,03
Reach 1	65	TR200	4,92	451,22	451,99	451,99	452,20	0,019252	2,08	2,49	5,99	0,92
Reach 1	11	TR200	4,92	447,60	448,18	448,18	448,31	0,025817	1,61	3,07	12,29	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

7. CONSIDERAZIONI SULLA CARTOGRAFIA PAI

Per quanto riguarda la cartografia PAI, l'area ricade all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Platani (063).

Come si può vedere dalla cartografia allegata alla relazione geologica C22016S05-PD-RT-03-01-RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA, l'area dove sorgerà l'impianto risulta sgombra se non per due aree a pericolosità geomorfologica P2 e P3, mentre dal punto di vista idraulico non vi è nessuna interferenza con aree vincolate.

8. POSA DEL CAVIDOTTO

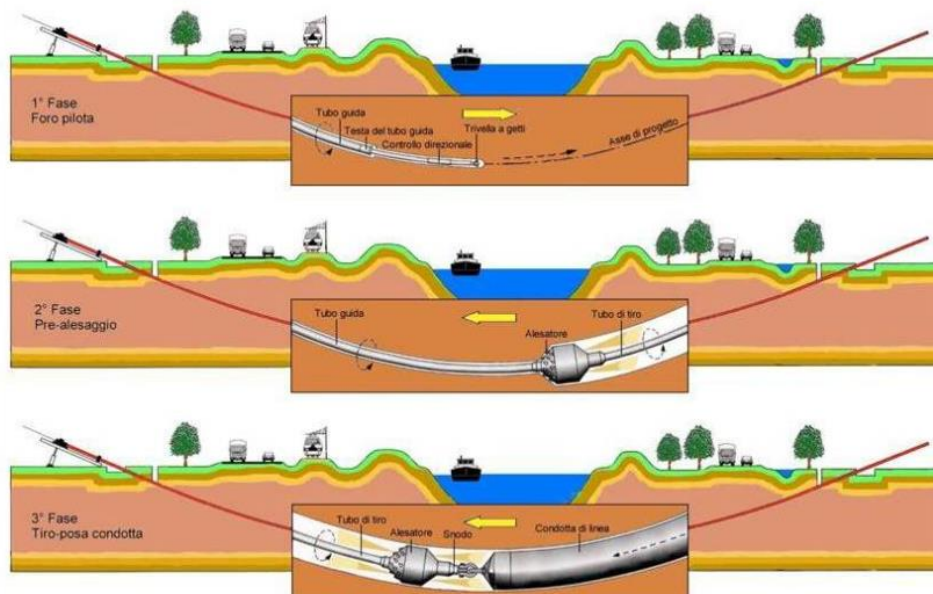
Come già spiegato nei paragrafi precedenti, il tracciato del cavidotto di collegamento con la sottostazione elettrica, interseca in diversi punti il reticolo idrografico riportato nell'allegato 2. L'attraversamento può avvenire, superando una infrastruttura idraulica (tombino, ponte ecc..) oppure "a 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, oltre alla possibilità di staffare il cavidotto sui ponti o di interrare il cavidotto lungo la viabilità o su terreno, ove necessario si ricorrerà alla 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.

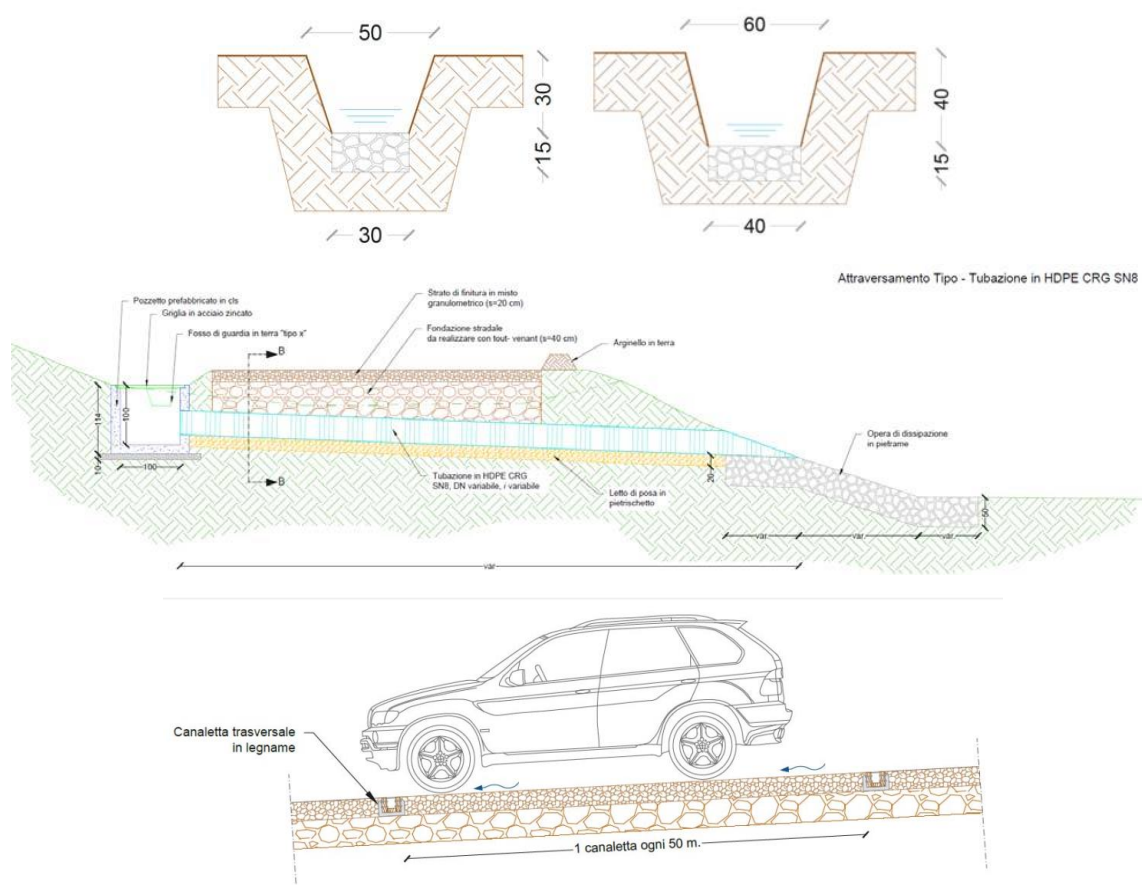
La profondità di 1,50 - 2 m ci mette in sicurezza anche per quanto riguarda l'erosione del letto fluviale, in quanto l'erosione è molto lenta a causa degli apporti sedimentari durante eventi di piena e soprattutto per la natura litologica dei terreni in loco.

9. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico 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 progetto esecutivo, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



Vie preferenziali di drenaggio:

Le litologie presenti hanno una permeabilità medio bassa e le acque che ruscellano si incanalano nelle incisioni presenti permettendo così un buon deflusso delle acque, generando fenomeni di erosione incanalata, soprattutto quando si verificano piogge di una certa intensità.

Per garantire l'invarianza idraulica e un deflusso più regolare delle acque una volta costruito l'impianto. È consigliabile costruire dei canali di scolo per allontanare le acque più velocemente lungo gli impluvi presenti.

In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata. Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello (splash erosion) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (sheet erosion). Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

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 1,60 m sopra il p.c., queste aree sono perlopiù delle depressioni all'interno delle incisioni, per il resto sono altezze intorno ai 30-50 cm.

È comunque consigliabile mantenersi fuori dalle aree che risultano allagate, anche se i moduli potrebbero essere installati ad un'altezza superiori all'altezza massima del tirante idraulico.

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.

In merito all'invarianza idraulica è importante sottolineare che, nel progetto in oggetto si prevede di impermeabilizzare solo ed esclusivamente le aree di sedime delle opere di fondazione delle apparecchiature elettromeccaniche e le aree riservate ai locali dalle opere di connessione alla rete; inoltre va sottolineato che la viabilità interna all'impianto non verrà asfaltata o comunque impermeabilizzata.

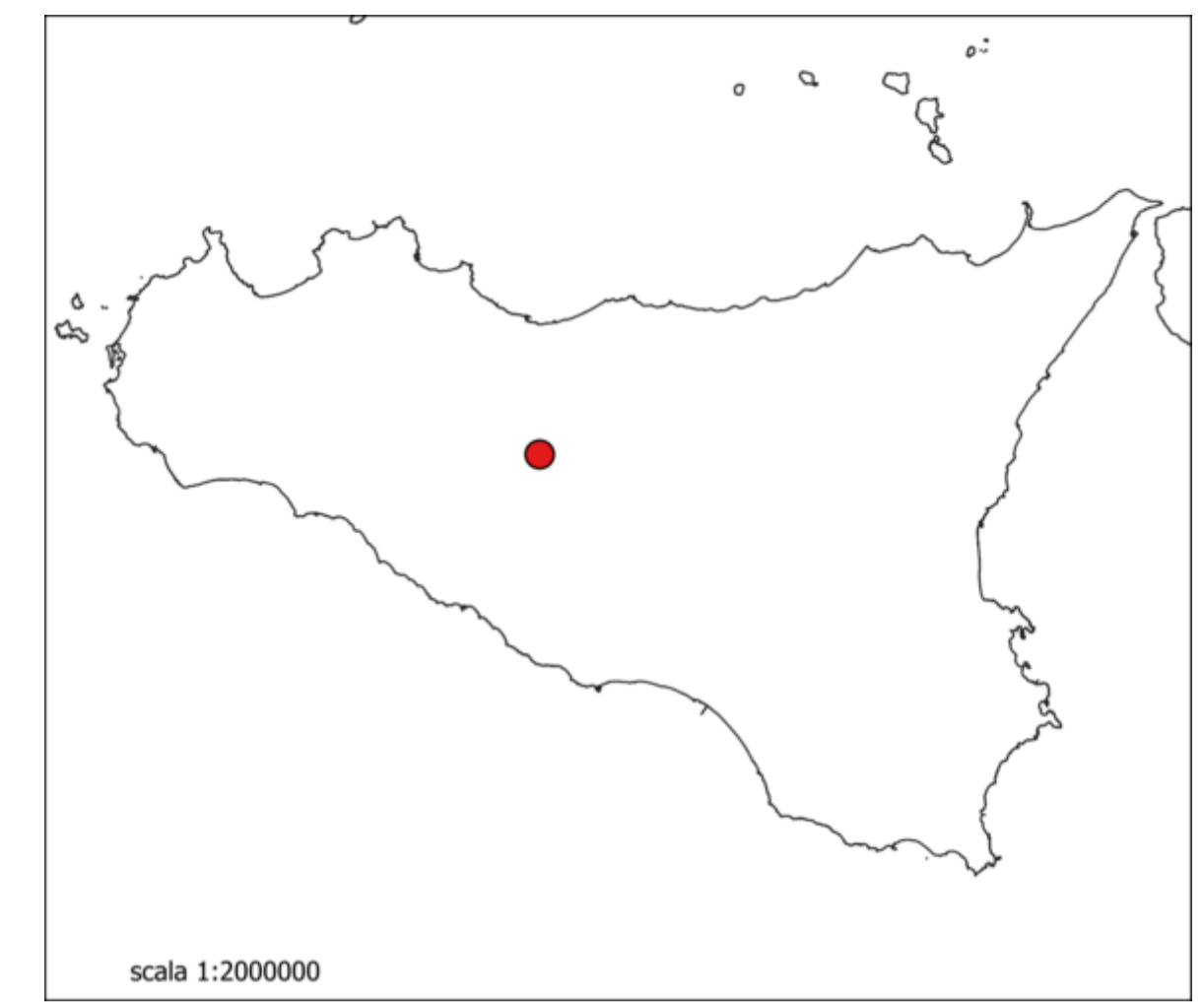
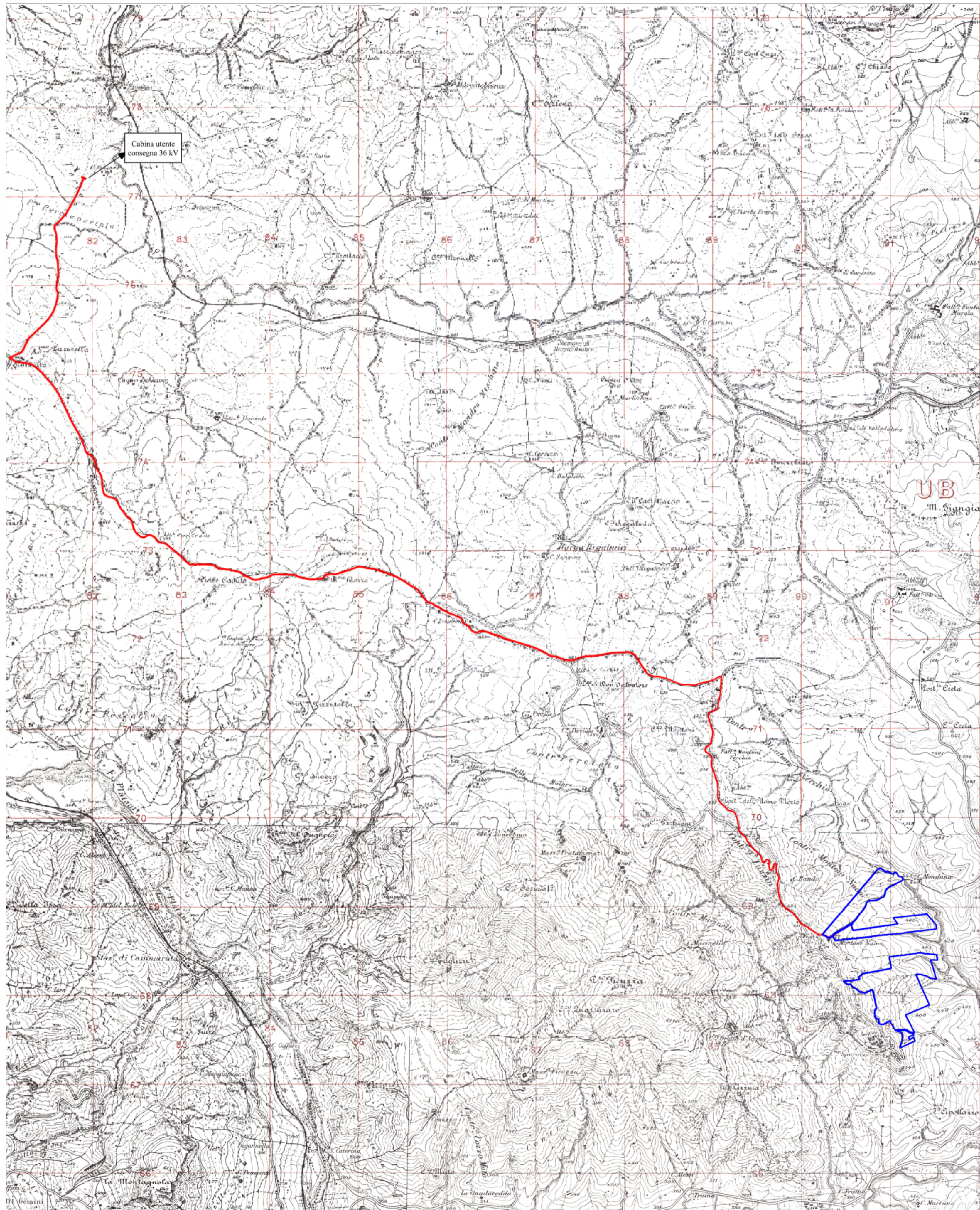
Inoltre è previsto l'inerbimento tra i filari costituiti dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, che consentirà di mantenere inalterate le caratteristiche di permeabilità del terreno; quindi l'inerbimento e la manutenzione della superficie di impatto dell'acqua nonché la limitazione della superficie captante e dell'accelerazione delle particelle d'acqua, consentirà di arginare sia il fenomeno dello splash erosion che quello dello sheet erosion connessi alla installazione dei pannelli fotovoltaici.

Dalle considerazioni sin qui esposte, i previsti lavori per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

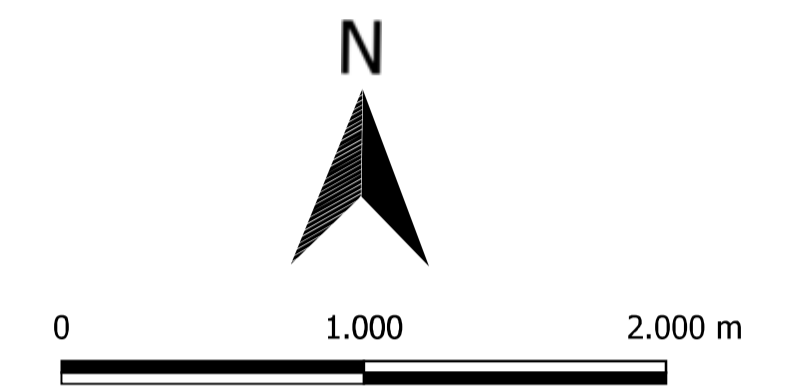
Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto.

Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

IL GEOLOGO***Dott. Milko Nastasi***



scala 1:2000000



Sistema di riferimento
"ETRS89 / UTM zone 33N"

Foglio 259 III SE Lercara Friddi
Foglio 259 II SO Valledolmo
Foglio 267 I NO Pizzo Ficuzza
Foglio 267 IV NE Cammarata

Legenda

- Area di studio
- cavidotto 36 kV
- Cabina utente consegna 36 kV

REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Agrigento

COMUNE DI CAMMARATA



committente:

DS ITALIA 12 SRL

Via del Placido, 112 - 00146 ROMA (RM)
Partita I.V.A. 16300551008 - P.E.C.: dsitalia12sr1@legadmail.it

Società di Progettazione:



DS ITALIA 12 SRL

Ingegneria & Innovazione

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

Progetto:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "CAMMARATA"

Livello:

DEFINITIVO

Elaborato:

COROGRAFIA

Il geologo

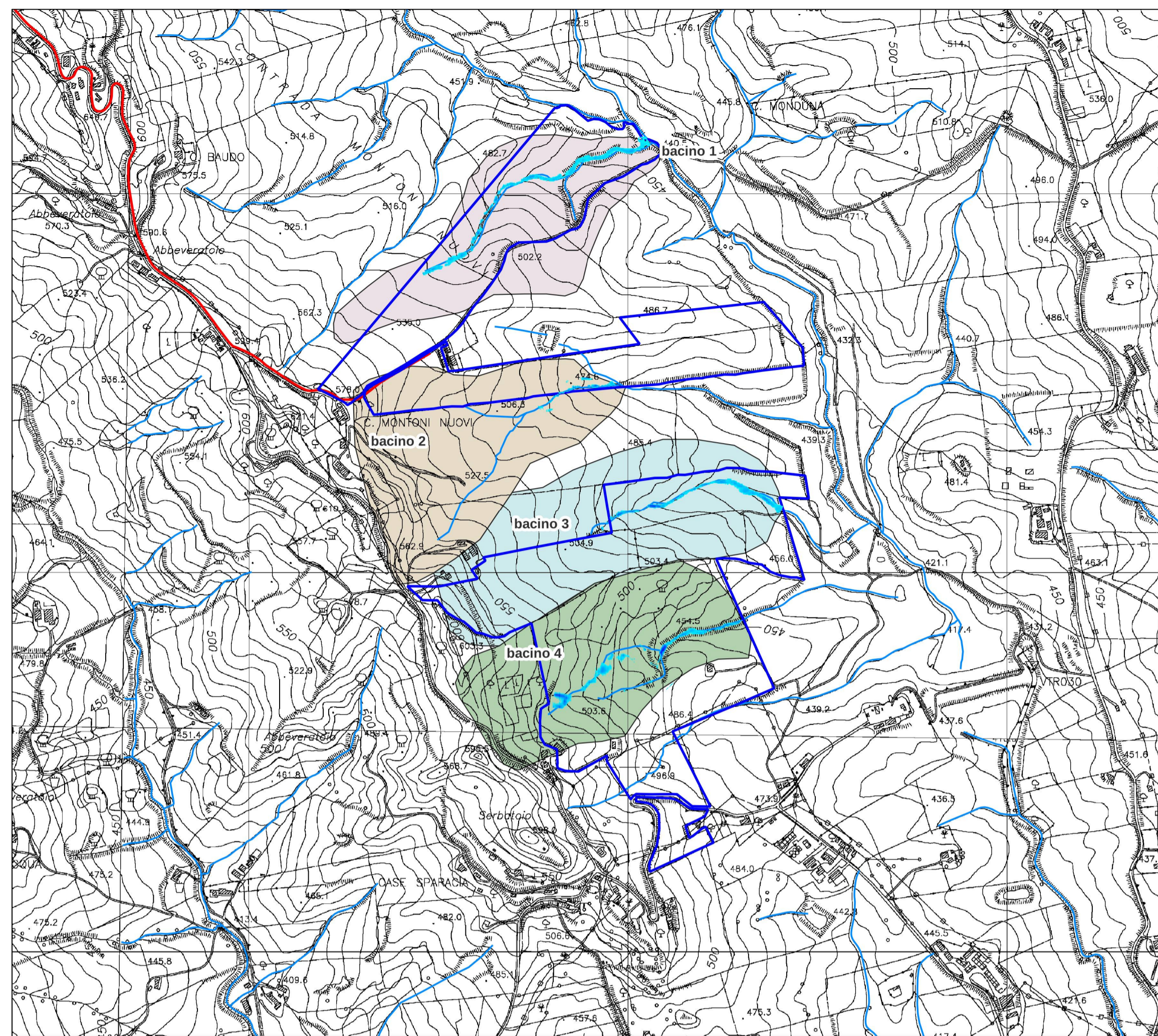


Scala:
1:25000

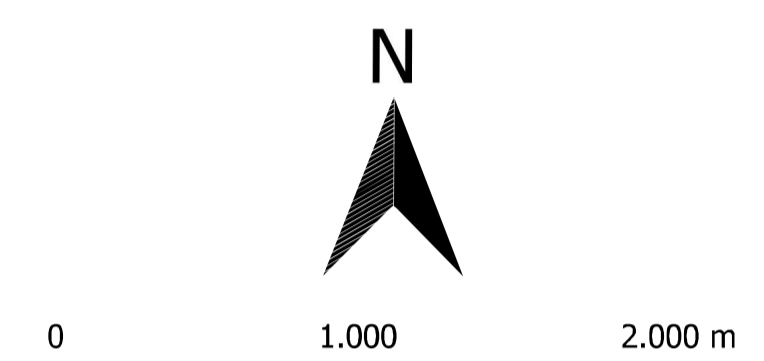
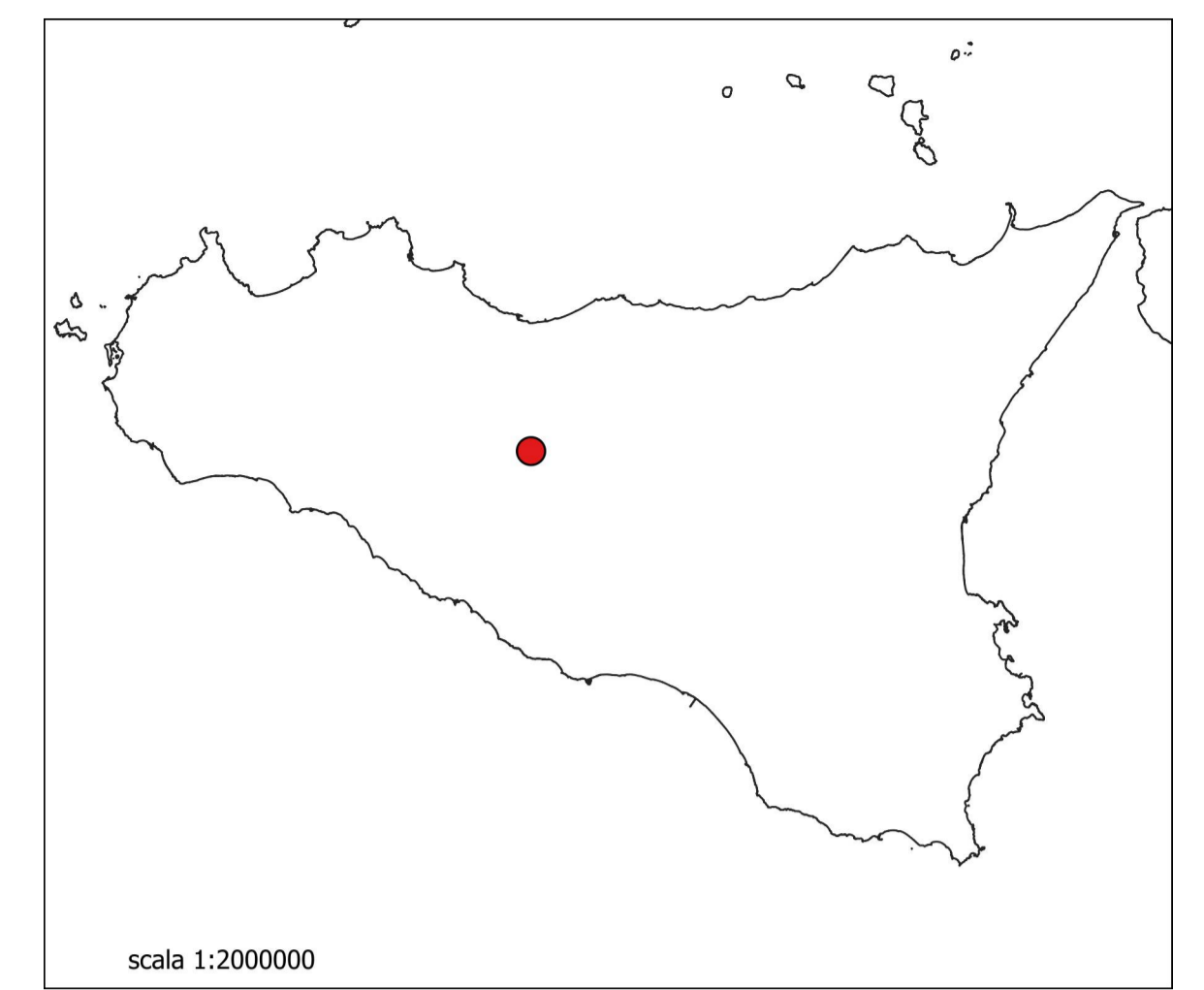
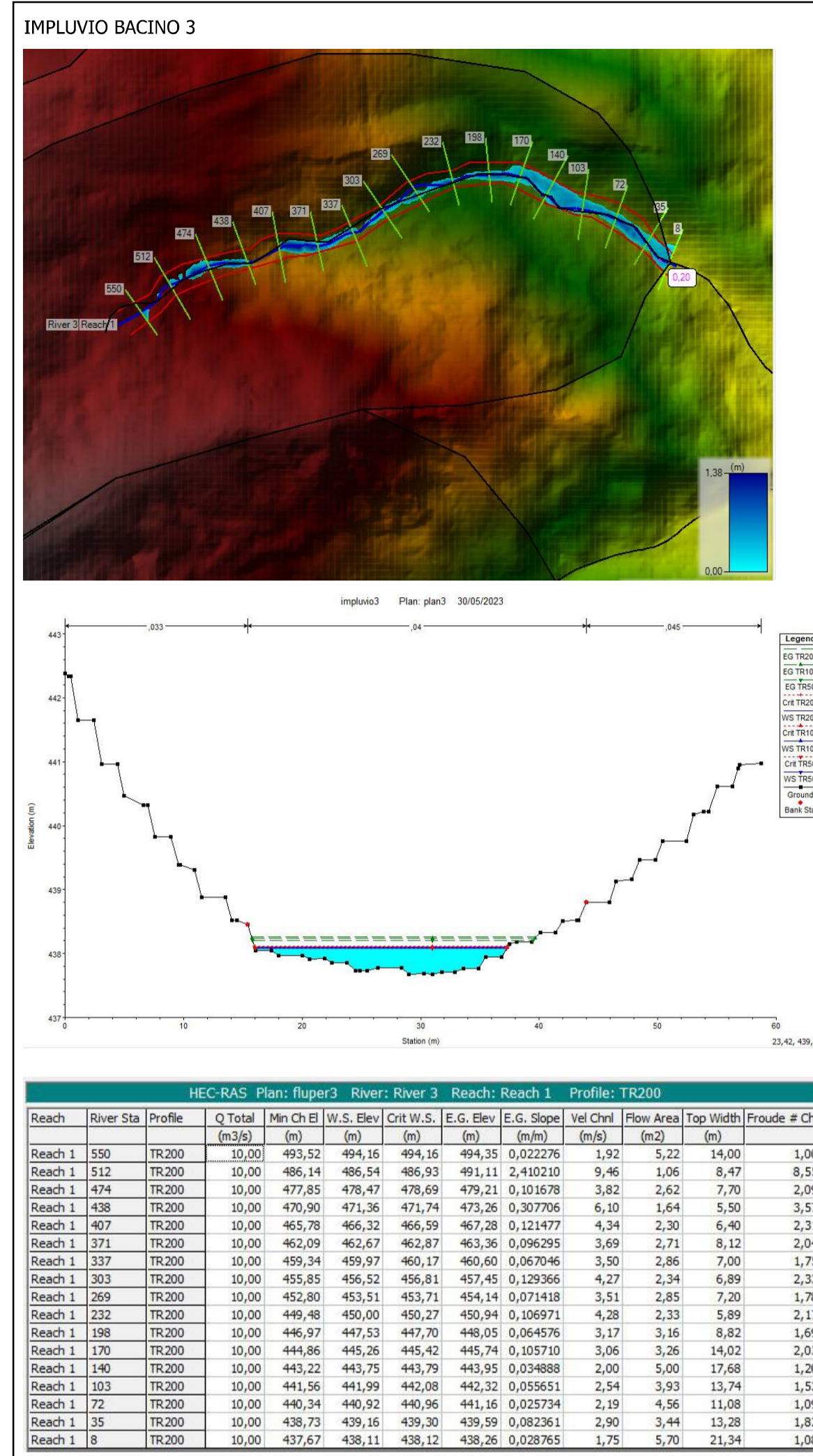
Nome
DIS/FILE:

Allegato:
1

F.to:
A1



- Legenda**
- Area di studio
 - caviddotto 36 kV
 - bacino 1
 - bacino 2
 - bacino 3
 - bacino 4
 - Impluvi e torrenti



Sistema di riferimento
"ETRS89 / UTM zone 33N"

CTR 621140 - 621130 - 621100 - 621090

