

COMUNE DI CASTELLANETA

(Provincia di Taranto)

Realizzazione di un impianto Agrovoltaico della potenza nominale in DC di 26,640 MWp denominato "Colangelo" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) alla Contrada Facce Rosse.

Proponente

colangelo srl

Viale A. Duca D'Aosta, 51 - IT 39100 Bolzano (BZ)
Tel +39 02 454 408 20
colangelo_srl@pec.it

Sviluppatore



GREENERGY SRL
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA),
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168,
P.IVA 02599060734, REA TA-157230,
www.greenergy.it, mail:info@greenergy.it

Geologo

Dott. Geol. Francesco Sozio

Elaborato Relazione Idraulica

Data

29.07.2022

Codice Progetto

GREEN GP - 04

Nome File Relazione idraulica

Codice Elaborato

R - 02 - B

Revisione

00

Foglio

A4

Scala

-

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
00	Relazione idraulica	29.07.2022	Dott. Geol. Francesco Sozio	Ing. Giuseppe Mancini	COLANGELO SRL

SOMMARIO

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	2
2	RILIEVO FOTOGRAFICO	9
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	11
4	DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI	13
5	CALCOLO DELLE PORTATE	16
5.1	CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIANTE VAPI	16
5.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	17
5.3	ANALISI DELLE PIOGGE BREVI E INTENSE	16
5.4	DEFINIZIONE DELLE PORTATE SCOLANTI	19
6	VERIFICA IDRAULICA	22
6.1	DATI DI INPUT	22
6.2	RISULTATI	24
7	CONCLUSIONI	45

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La società Colangelo SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC di 26,640 MW denominato "COLANGELO", in zona agricola ubicata nel comune di Castellaneta (TA) (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1. Localizzazione dell'area oggetto dell'intervento (Fonte ortofoto: World Imagery da <https://www.arcgis.com>).

La Figura 1 indica la posizione a piccola scala dell'area di interesse che riprende anche tutta la zona a nord-ovest di Taranto, mentre la Figura 2 uno zoom sulle opere da realizzare. In esse è riportato il tracciato dell'elettrodotto interrato in media tensione (MT) da realizzare (linea gialla tratteggiata) che collega il campo agrovoltaico (perimetrato in rosso) a una nuova cabina di elevazione MT/AT, a sua volta collegata all'esistente Stazione Elettrica Terna Castellaneta (in blu) localizzata a circa 7 km a nord-ovest dal centro abitato di Castellaneta, mediante un nuovo elettrodotto interrato in AT. L'impianto oggetto della presente relazione è destinato a produrre energia elettrica da fonte rinnovabile e la cessione della stessa alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) avverrà attraverso una connessione in alta tensione (AT) con l'esistente Stazione Elettrica Terna - Castellaneta.

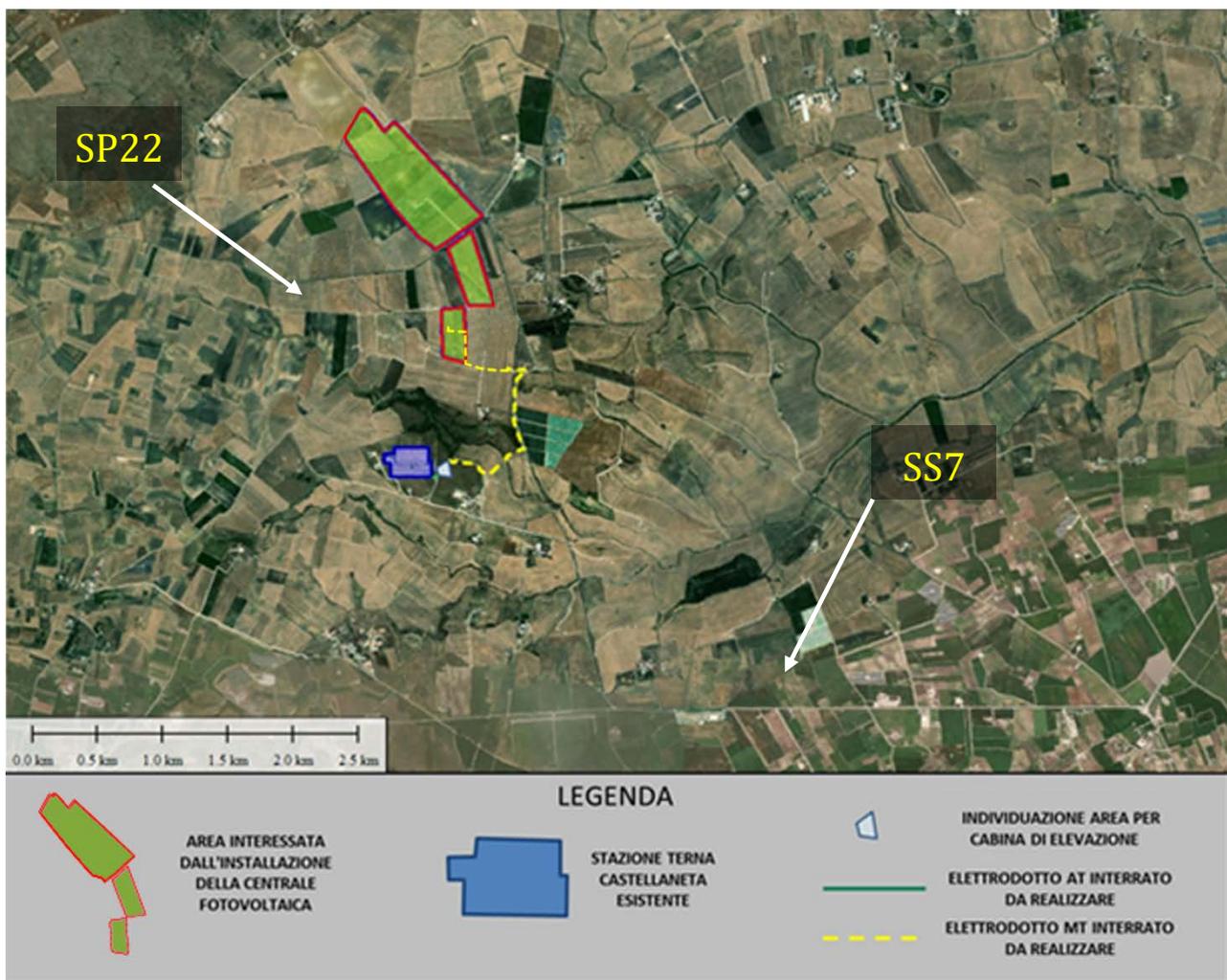


Figura 2. Zoom con legenda sull'area di interesse (Fonte ortofoto: World Imagery da <https://www.arcgis.com>).

La Figura 4 riporta la localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000, mentre la Figura 5 su Carta Tecnica Regionale nella stessa scala.

Le scelte progettuali riguardano la realizzazione di opere architettoniche accessorie, quali recinzioni, impianti di sicurezza e sorveglianza da ubicare all'interno delle particelle interessate. La recinzione è necessaria per delimitare l'area e proteggere l'impianto da furti e atti vandalici. Essa sarà realizzata in assenza di opere di fondazione in cemento con dimensionamento delle maglie tale da garantire un ottimale deflusso delle acque meteoriche sul territorio, oltre che il libero transito delle specie faunistiche e avifaunistiche presenti.

La parte anteriore dell'impianto prevede Pag. 3 a 64 e la realizzazione di un accesso carrabile completo di cancello realizzato con strutture e pannelli in acciaio zincato.

È stata proposta, per esigenze di natura tecnica e per una migliore gestione delle attività di manutenzione e controllo durante tutto il periodo di funzionamento, la realizzazione della cabina di consegna in prossimità dell'accesso all'area e della linea MT esistente.

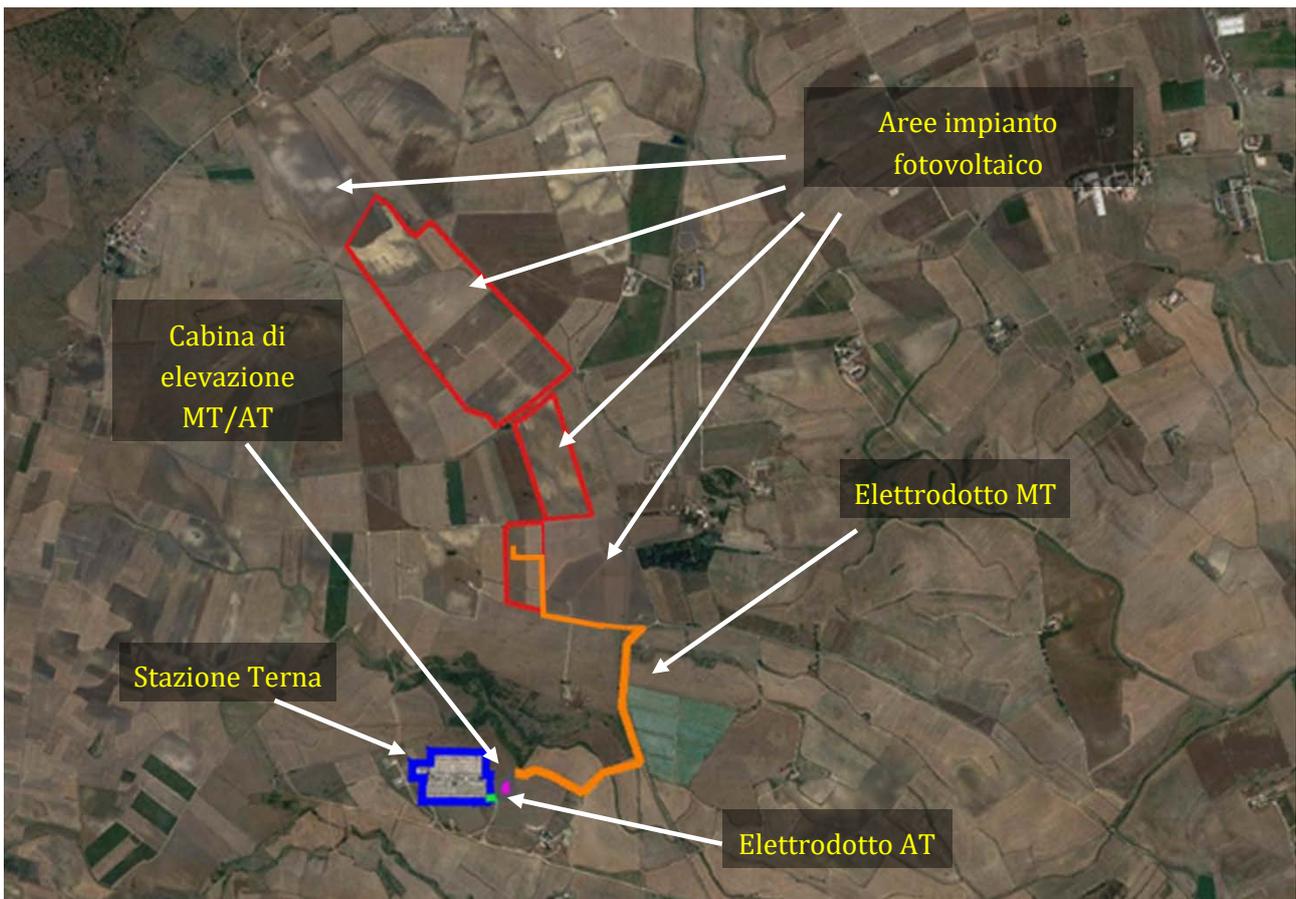


Figura 3. Zoom di maggior dettaglio dell'area degli interventi.

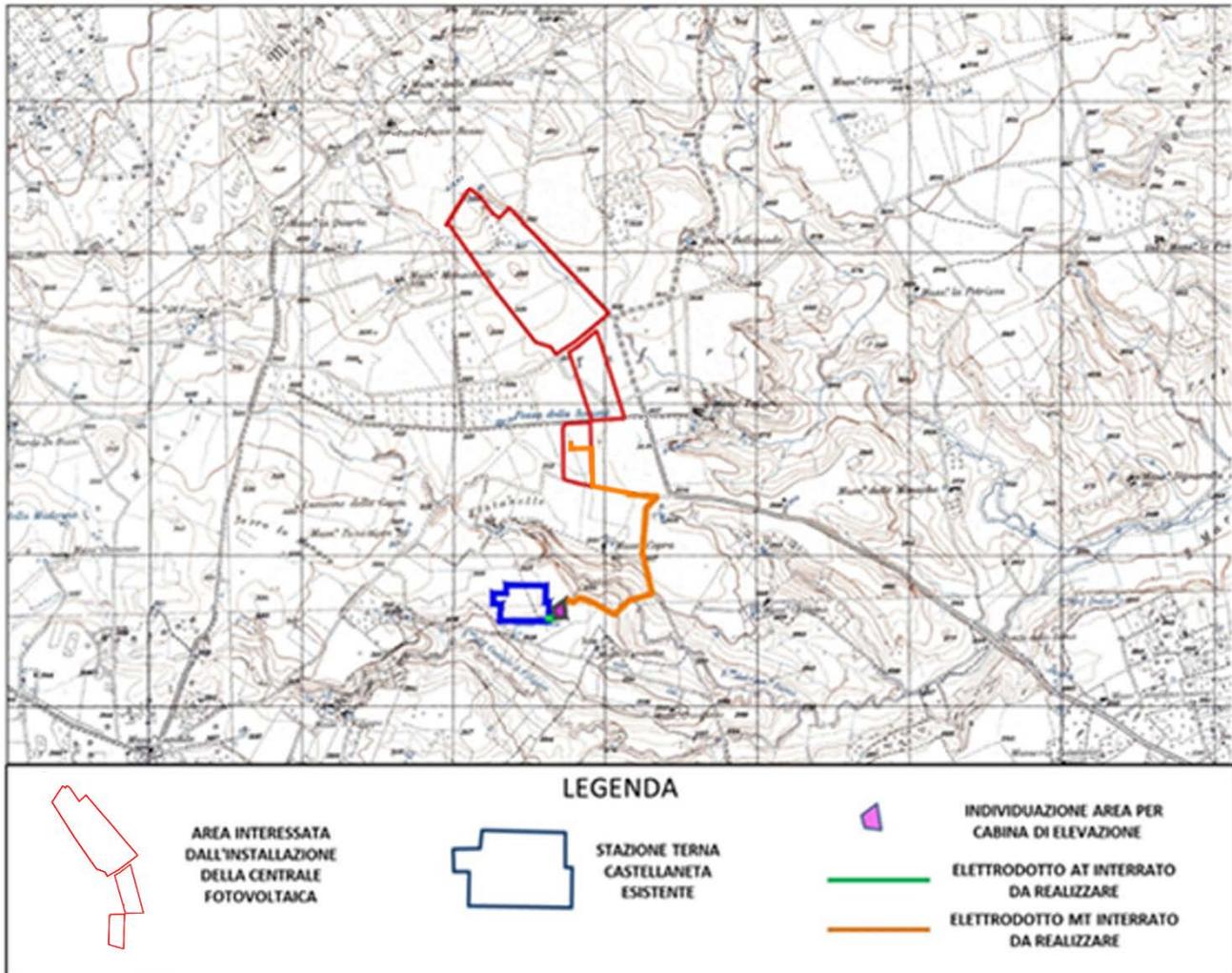
La Figura 4 riporta la localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000, mentre la Figura 5 su Carta Tecnica Regionale nella stessa scala.

Le scelte progettuali riguardano la realizzazione di opere architettoniche accessorie, quali recinzioni, impianti di sicurezza e sorveglianza da ubicare all'interno delle particelle interessate. La recinzione è necessaria per delimitare l'area e proteggere l'impianto da furti e atti vandalici. Essa sarà realizzata in assenza di opere di fondazione in cemento con dimensionamento delle maglie tale da garantire un ottimale deflusso delle acque meteoriche sul territorio, oltre che il libero transito delle specie faunistiche e avifaunistiche presenti.

La parte anteriore dell'impianto prevede la realizzazione di un accesso carrabile completo di cancello realizzato con strutture e pannelli in acciaio zincato.

È stata proposta, per esigenze di natura tecnica e per una migliore gestione delle attività di manutenzione e controllo durante tutto il periodo di funzionamento, la realizzazione della cabina di consegna in prossimità dell'accesso all'area e della linea MT esistente.

Figura 4. Localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000 (fonte carta: http://93.51.158.165/geomorfologica/map_default.phtml).



Il campo agrovoltaiico sar  realizzato mediante inverter e pannelli fotovoltaici con strutture di sostegno in alluminio e in acciaio debitamente zincato a caldo. Le opere di fondazione, a seguito di una dettagliata analisi geotecnica del sito, saranno rappresentate da pali (o micropali) infissi nel terreno, da realizzare in corrispondenza dei montanti delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici.

Per la tipologia dell'impianto non sono richiesti allacciamenti a servizi idrici e/o fognari, mentre per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) si fa riferimento a quanto previsto nella soluzione di connessione prevista da TERNA SPA.

Durante il giorno il campo agrovoltaiico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. La corrente prodotta viene convertita dagli inverter in corrente alternata in media tensione (MT) a 30kV, dagli inverter la corrente in MT sar  poi convogliata nella cabina di consegna generale.

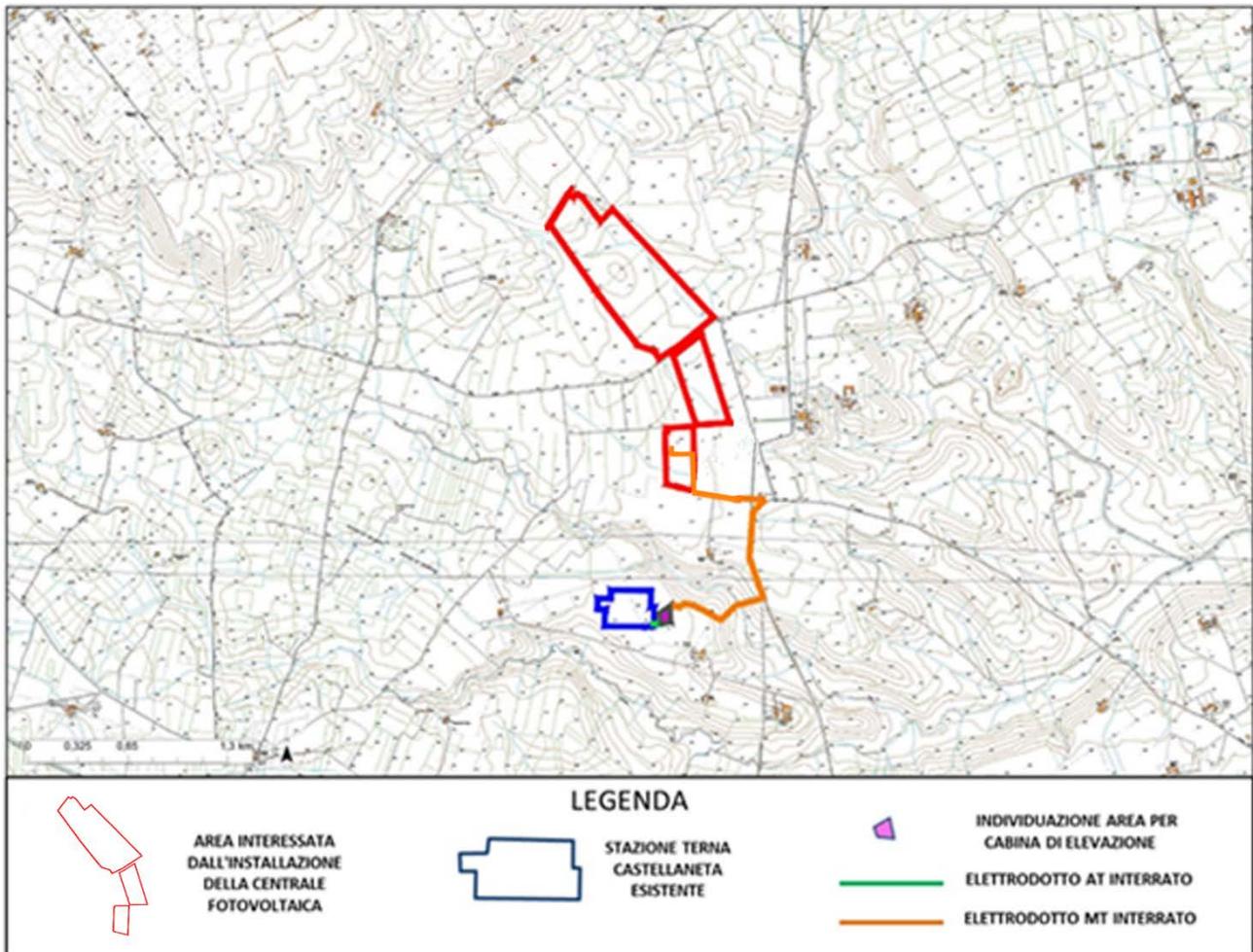


Figura 5. Localizzazione degli interventi su C.T.R. (Carta Tecnica regionale; fonte carta: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tematiche/Download/Cartografie).

L'elettrodotto interrato, collegante la stazione Terna con l'impianto agrovoltaico, sarà realizzato in trincea su strada sterrata o terreno agricolo. La Figura 6 mostra una sezione tipica della trincea indicante i cavi tripolari per il trasporto dell'energia.

Il tracciato dell'elettrodotto è definito:

- in modo tale da arrecare il minor sacrificio possibile alle proprietà private interessate;
- tenendo conto dell'intero sviluppo dell'elettrodotto, in ragione della sua imprescindibile caratteristica tecnica;
- tenendo conto dei vincoli esistenti sul territorio.

La posizione dei cavi è stata singolarmente scelta in modo da realizzare i necessari franchi sui fondi e sulle opere attraversate (strade, autostrade, linee telegrafiche e telefoniche, ferrovie, canali, ecc.) applicando la complessa normativa che regola incroci e parallelismi.

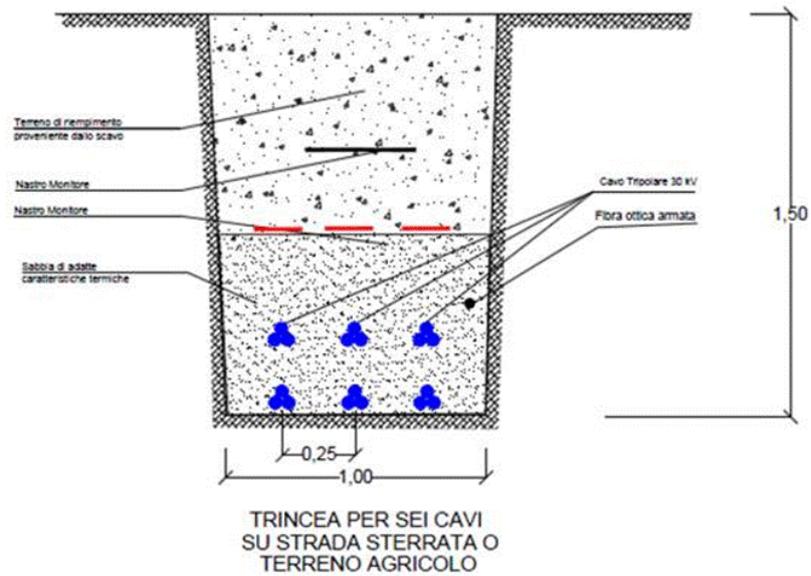


Figura 6. Sezione tipo della linea MT in cavo sotterraneo.

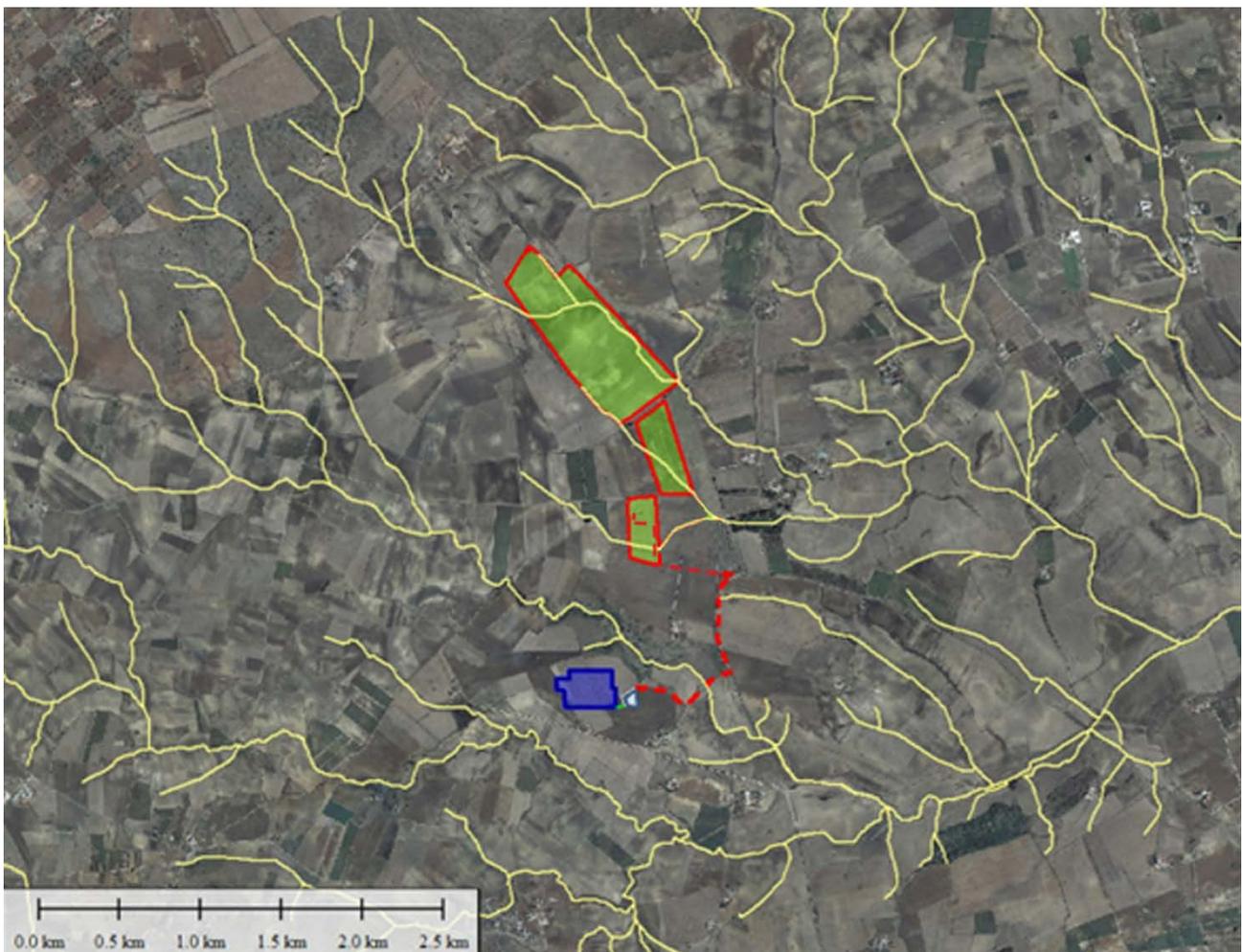


Figura 7. Corsi d'acqua episodici (in giallo) presenti nella zona degli interventi di prossima realizzazione (la rete elettrica interrata è rappresentata mediante linea rossa tratteggiata). Fonte:

<http://www.adb.puglia.it/public/news.php>.

In corrispondenza della zona dell'intervento verrà valutata l'impronta di allagamento, in condizioni di moto permanente, mediante il software HecRas 5.07, causata da una portata di piena calcolata per un tempo di ritorno di 200 anni. A tal fine sono state realizzate due simulazioni, la prima in condizioni ante operam e la seconda in condizioni post operam, in cui l'unico cambiamento è relativo alle sezioni che si sovrappongono all'area dell'impianto agrovoltico, in corrispondenza delle quali la scabrezza è stata modificata abbassandola.

Le opere si sviluppano su un territorio attraversato da una serie di **corsi d'acqua episodici**. L'elettrodo interrato attraversa due di questi corsi d'acqua, mentre il campo agrovoltico (avente estensione complessiva di circa 0.67km²) ricopre un territorio attraversato da alcuni di questi corsi d'acqua episodici.

2 RILIEVO FOTOGRAFICO

La Figura 8 riporta le postazioni da cui vengono riprese le immagini riportate nelle figure seguenti.

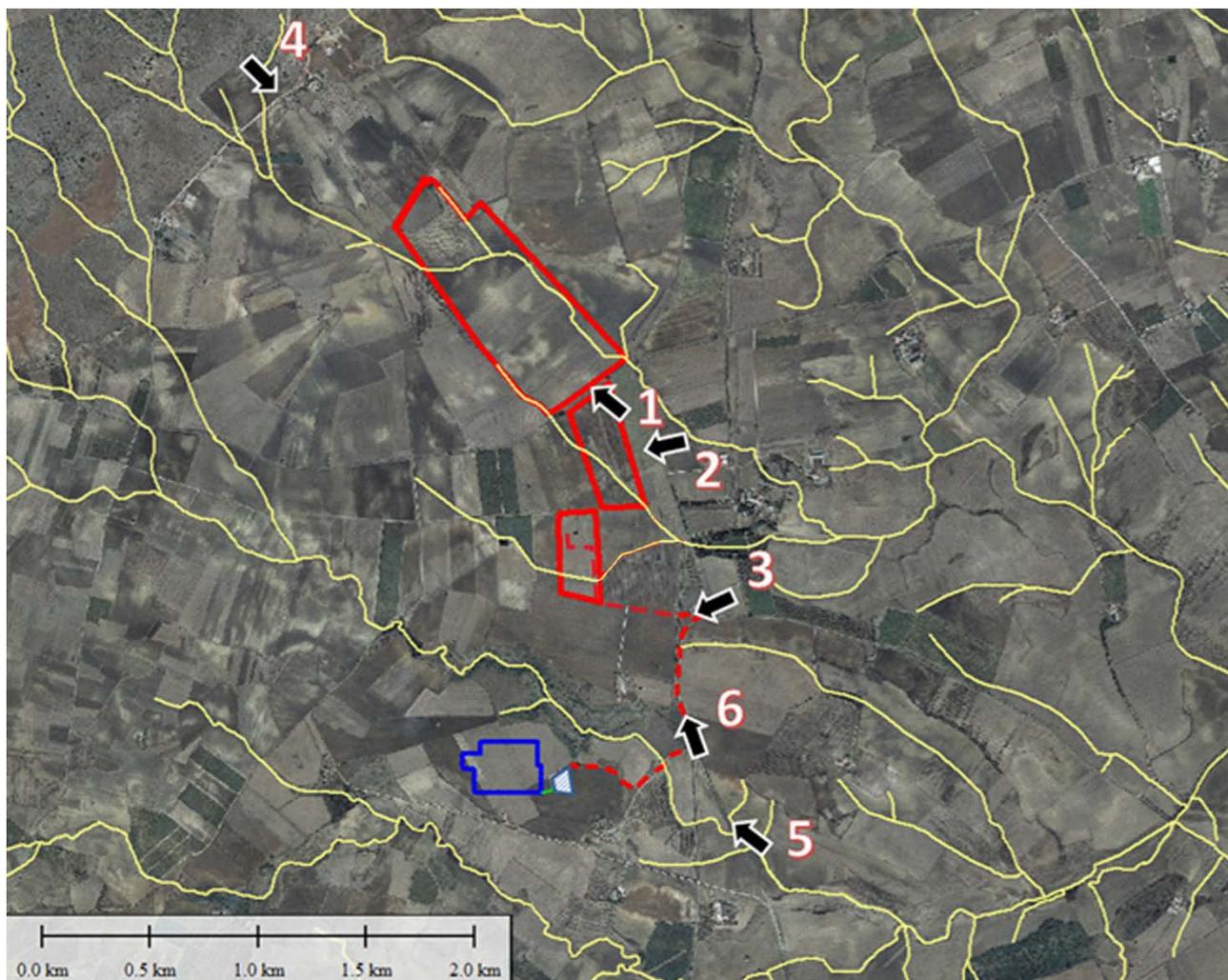


Figura 8. Indicazione dei punti di ripresa delle fotografie.





3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Con delibera n. 39 del 30.11.2005 il Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia, ai sensi e per gli effetti degli artt. 17, 19 e 20 della L. 183/89, ha approvato, in via definitiva, il Piano di Bacino della Puglia, stralcio "assetto idrogeologico" per i bacini regionali e per il bacino interregionale del fiume Ofanto. Il piano ha individuato in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, aree con diversi gradi di pericolosità idraulica.

Gli interventi in oggetto (realizzazione dell'elettrodotto interrato in AT e in MT, di una cabina di elevazione MT/AT e del campo agrovoltaico) *non* ricadono in **aree pericolosità idraulica** e in **aree a rischio idraulico**, come evidenziato dalla Figura 9.



Figura 9. WebGis dell'ADB Puglia - Zone a Pericolosità Idraulica e a Rischio Idraulico.

Non ricadendo l'opera in zone ad alta, media o bassa pericolosità idraulica (articoli 7, 8 e 9 del Piano Di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) bisogna comunque verificare se l'intervento è soggetto agli articoli 6 e 10 dello stesso Piano relativi agli "alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali" e all'interno di "fasce di pertinenza idraulica", ***in quanto l'elettrodotto interrato che collegherà il campo agrovoltaico alla stazione Terna attraverserà (o passerà nelle vicinanze di) corsi d'acqua a carattere episodico e il campo agrovoltaico stesso si sovrapporrà a fasce di pertinenza fluviale e ad aree caratterizzate da modellamento attivo***, come individuate dall'Autorità di Bacino.

L'Articolo 6 del Piano fa riferimento agli ***alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali*** su cui vige il divieto assoluto di edificabilità. In dette aree può essere consentito lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali e un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone, e non possono essere consentiti in ogni caso interventi elencati nel comma 3. ***La realizzazione dell'elettrodotto interrato non rientra in nessuno dei casi indicati nel comma 3.*** Il comma 4 indica che nelle aree fluviali in modellamento attivo e aree

golenali ***può essere consentita la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico***, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

Il comma 7 afferma che per tutti gli interventi consentiti nelle aree di cui al comma 1 (*il PAI individua il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità*), l'Autorità di Bacino richiede la redazione di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui al comma 4. Inoltre, il comma 8 riporta: *Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.*

L'articolo 10 disciplina le ***fasce di pertinenza fluviale***. Secondo il comma 2 dell'articolo 10:

All'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino.

Sicurezza idraulica: *condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

Ne deriva che le simulazioni che verranno discusse, per lo studio in esame, verrà considerato un tempo di ritorno di 200 anni.

Infine, il comma 3 dell'articolo 10 afferma che *quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.* In altre parole, stabilita la fascia di modellamento attivo di 75 m a partire dall'asse del corso d'acqua, secondo comma 8 dell'articolo 6, la fascia di pertinenza fluviale si estende di ulteriori 75m verso l'esterno, portando così a 150m la fascia di buffer associata alla pertinenza idraulica del corso d'acqua.

4 DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI

Mediante cartografia DTM (Digital Terrain Model), in formato ASCII RASTER che si presenta come un grigliato regolare si è ricavata l'estensione dei sottobacini idrografici relativi ai corsi d'acqua episodici presenti nella zona delle operazioni di realizzazione dell'opera, mediante la funzione Watershed implementata nel software Global Mapper, come indicato in Figura 10 e Figura 11. Il reticolo idrografico utilizzato in questo lavoro è stato prelevato dal sito <http://www.sit.puglia.it/>, così come la suddetta cartografia DTM.

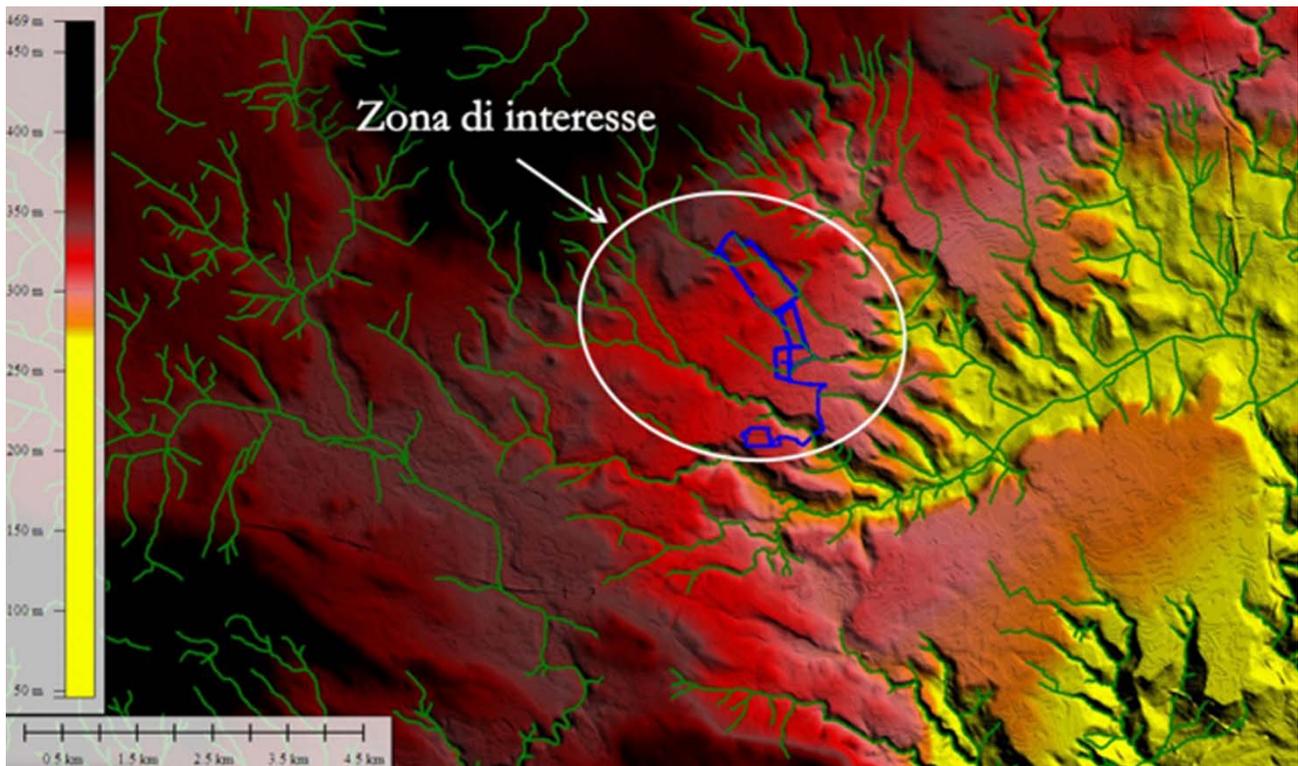


Figura 10. Rappresentazione DTM del territorio nei dintorni dell'area di intervento. (Fonte: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/).

La Figura 12 mostra l'impronta del campo agrovoltaico e il percorso del cavidotto in relazione all'ampiezza del buffer di 75m relativo agli **alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali**, mentre la Figura 13 fornisce la stessa informazione, ma a riguardo del buffer di 150m relativo alle **fasce di pertinenza fluviale**. Le due figure permettono di capire quali sono i tratti dei corsi d'acqua di cui tenere conto per la realizzazione delle simulazioni in ambiente HecRas.

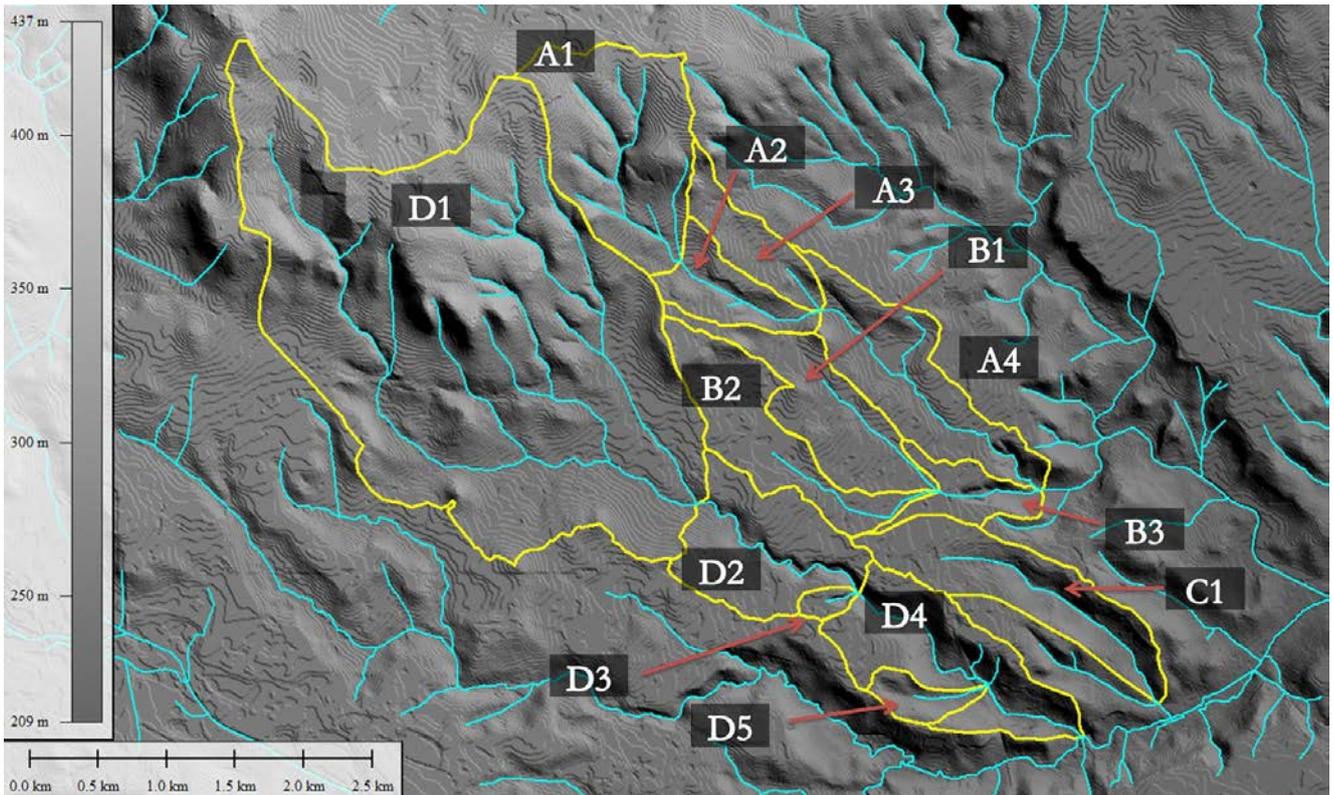


Figura 11. Delimitazione dei sottobacini idrografici.

La Tabella 1 riporta le grandezze principali caratterizzanti i sottobacini.

Tabella 1. Caratteristiche dei sottobacini (vedasi Figura 11).

		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1
Area del bacino	Km ²	1.485	0.4456	0.4232	1.074	0.845	0.898	0.3304	1.023
Quota massima asta	m	389	337	329	318	317	319	308	306
Quota massima bacino	m	402	347	382	332	343	343	312	314
Quota sezione di chiusura	m	337	318	318	275	308	308	276	258
Lunghezza asta	m	1693	1166	396.5	2256	1163	1442	753	2046
Lunghezza asse bacino	m	1660	1104	1260	2079	2389	2600	741	2600
Pendenza media asta	-	0.0307	0.0163	0.0277	0.0191	0.0077	0.0076	0.0425	0.0235
Pendenza media bacino	-	0.0392	0.0263	0.0508	0.0274	0.0147	0.0135	0.0486	0.0215
Quota media	m	369.5	332.5	350.0	303.5	325.5	325.5	294.0	286.0

		D1	D2	D3	D4	D5
Area del bacino	Km ²	7.762	1.022	0.0741	1.117	0.1864
Quota massima asta	m	401	315	313	295	292
Quota massima bacino	m	425	328	314	314	310
Quota sezione di chiusura	m	315	294	295	259	273
Lunghezza asta	m	5047	1745	256	2175	560
Lunghezza asse bacino	m	4250	1367	456	1938	870
Pendenza media asta	-	0.0170	0.0120	0.0703	0.0166	0.0339
Pendenza media bacino	-	0.0259	0.0249	0.0417	0.0284	0.0425
Quota media	m	370.0	311.0	304.5	286.5	291.5

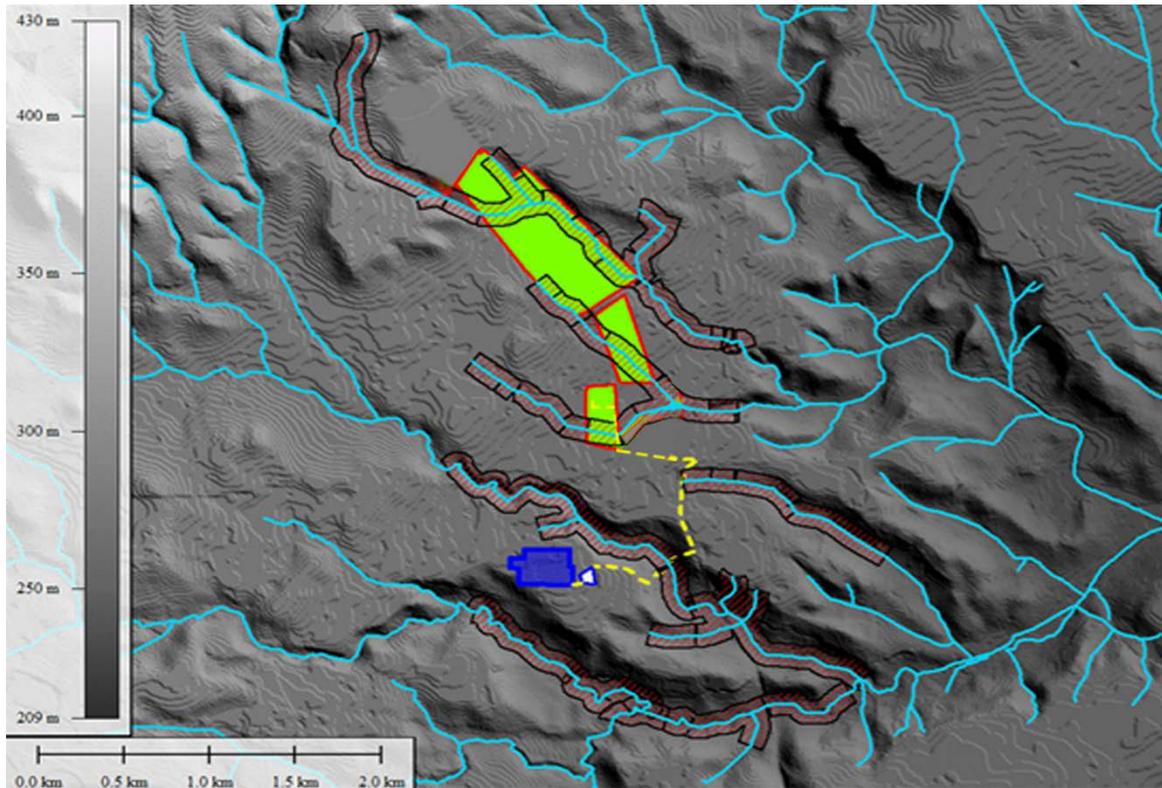


Figura 12. Buffer di 75m per gli alvei in modellamento attivo.

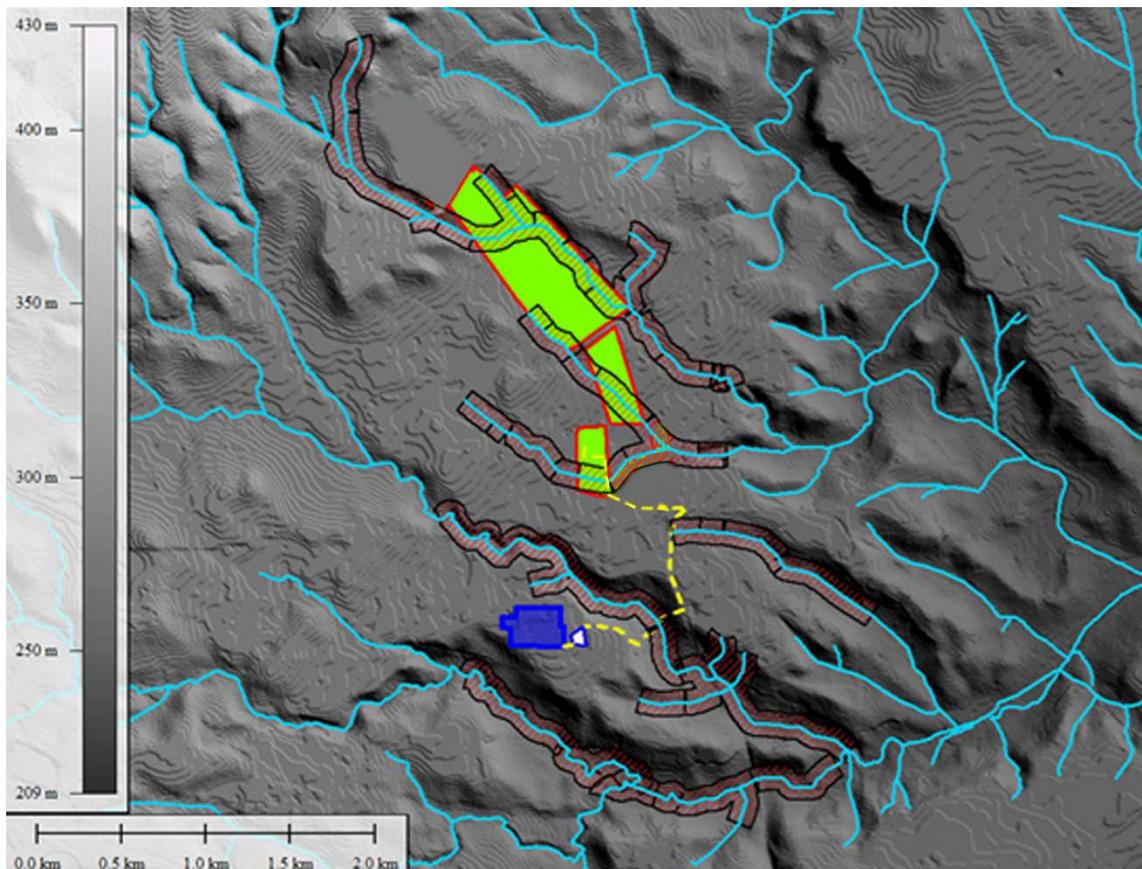


Figura 13. Buffer di 150m per le fasce di pertinenza fluviale.

5 CALCOLO DELLE PORTATE

5.1 CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIANTE VAPI

Si farà riferimento nel seguito ai risultati ed alle metodologie messe a punto nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DELLE PIENE IN ITALIA" denominato progetto VAPI (P. Versace et altri - C.N.R., I.R.P.I. - Cosenza 1989).

La zona considerata (che ricade nel comune di Castellaneta) è la zona omogenea 5, come mostra la Figura 14. L'espressione dell'altezza di pioggia critica per tempo di ritorno di 200anni è stata valutata tramite la formula

$$h = 28.2 t^{[(0.628+0.002z)/3.178]} K_T K_A$$

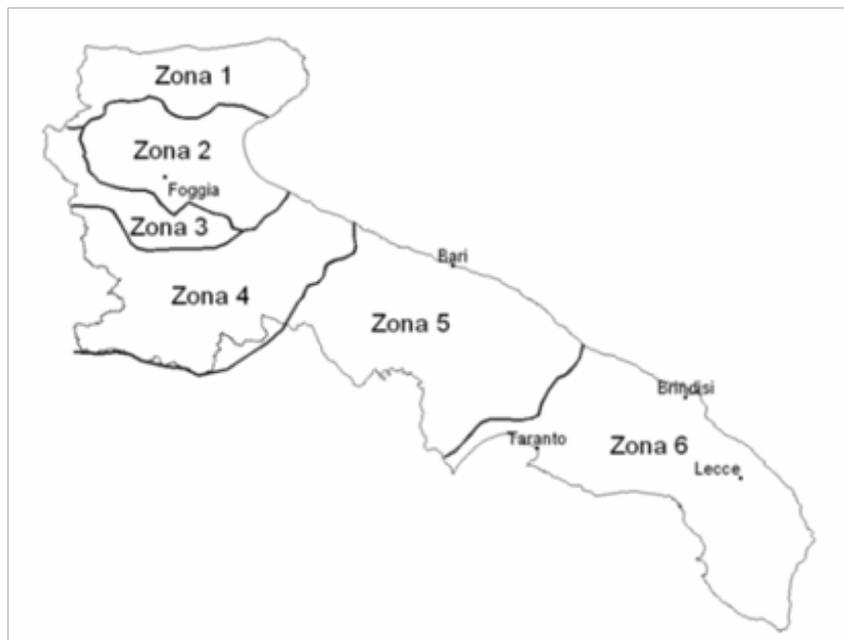


Figura 14. Zone omogenee della Puglia secondo la procedura VAPI.

in cui h è l'altezza di pioggia in millimetri, t il tempo in ore e z un parametro che dipende dalla pendenza media del bacino, mentre:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(T_R)$$

$$K_A = 1 - (1 - \exp(-0.0021S)) \exp(-0.53d^{0.25}) \cong 1$$

in cui T_R è il tempo di ritorno (anni) posto pari a 200a, S la superficie del bacino (chilometri quadrati) e d la durata di pioggia (ore).

Per i singoli sottobacini si ottengono:

A1: $h = 81.5 t^{0.221}$	A2: $h = 81.6 t^{0.219}$	A3: $h = 81.6 t^{0.220}$	A4: $h = 81.6 t^{0.217}$
B1: $h = 81.6 t^{0.218}$	B2: $h = 81.6 t^{0.218}$	B3: $h = 81.7 t^{0.216}$	C1: $h = 81.6 t^{0.216}$
D1: $h = 80.8 t^{0.221}$	D2: $h = 81.6 t^{0.217}$	D3: $h = 81.7 t^{0.217}$	D4: $h = 81.6 t^{0.216}$
D5: $h = 81.7 t^{0.216}$			

5.2 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

La durata della precipitazione che è critica per il bacino, ovvero che mette in crisi la rete idrografica perché per essa si raggiunge il valore più elevato di portata, dipende dall'estensione del bacino stesso. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere nella sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare. Tra i tempi caratteristici degli eventi di piena i più usati sono quello di corrivazione (T_c) e quello di ritardo (T_r). Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato. Diversi autori hanno cercato di dare una definizione più dettagliata possibile del tempo di ritardo, cercando di individuare i legami con i diversi parametri morfologici e climatici del bacino, giungendo a relazioni funzionali tra il tempo di ritardo, la superficie del bacino, l'altitudine media, la lunghezza dell'asta principale, etc. Il tempo di ritardo, generalmente viene definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluviogramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) ha dedotto, empiricamente, che il rapporto T_r/T_c è pari a 0.6.

Per bacini di grande estensione esiste in letteratura una serie di formulazioni in grado di stimare *il tempo di corrivazione*. L'utilizzo del tempo di corrivazione presuppone lo studio del bacino in quanto ogni formulazione presente in bibliografia è specifica per un determinato tipo di bacino.

Generalmente le formulazioni che valutano il tempo di corrivazione, fanno riferimento a bacini di estensione molto superiore a quella dell'area in oggetto e caratteristiche morfologiche molto variabili (es. ogni formulazione contiene implicitamente informazioni sulla della scabrezza del terreno, che influisce sul movimento delle acque sullo stesso).

In genere gli autori consigliano di applicare dette formulazioni a bacini che siano quanto più simili a quelli oggetto del loro studio, mentre altri ricercatori hanno apportato modifiche in alcuni parametri per poterle applicare a bacini con caratteristiche diverse (ad esempio, per estensioni inferiori o copertura superficiale diversa).

Dette formulazioni fanno riferimento a *bacini idrogeologici*, per i quali è possibile individuare con una certa accuratezza un'area di raccolta delle acque meteoriche che confluiscono, a causa delle pendenze in gioco, verso una zona di uscita dal bacino detta *sezione di chiusura*.

Le formulazioni definite di seguito permesso di valutare i tempi di corrivazione per i sottobacini.

Successivamente verranno riportati i risultati dei calcoli dei tempi di corrivazione e delle portate.

Utilizzando un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, la portata viene calcolata con la formula:

$$Q = \frac{G a t_c^{n-1} S}{3600}$$

in cui G è il coefficiente di afflusso, assunto pari a 0.6, a ed n i parametri della curva di possibilità pluviometrica utilizzabile, e t_c il tempo di corrivazione in ore, valutato come sopra nei vari casi. Il fattore $1/3600$ serve per esprimere la portata in l/s .

La formula derivata da **Kirpich**, è relativa allo studio di sei bacini di piccole dimensioni con area compresa tra 0.0051km^2 (5100m^2) e 0.433km^2 . Kirpich rilevò una correlazione tra i dati diagrammati, e successivamente **Rowe e Thomas**, sulla base di proprie misure e quelle del Kirpich, proposero la seguente formulazione in onore di quest'ultimo:

$$t_c = 0.000325 L^{0.77} i^{-0.385}$$

in cui L è la lunghezza dell'asta del bacino, espressa in metri, mentre i la sua pendenza ed il tempo di corrivazione è espresso in ore.

Pezzoli ha proposto la seguente formulazione (piccoli bacini piemontesi):

$$t_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

in cui L è la lunghezza dell'asta in km, i la sua pendenza e il tempo di corrivazione è espresso in ore.

Watt e Chow hanno fornito una formulazione per il calcolo del cosiddetto *tempo di ritardo*, utilizzando 44 bacini americani e canadesi di area di almeno 0.01km^2 , con pendenza di almeno 0.00121:

$$t_L = a \left(\frac{L}{i^{0.5}} \right)^b$$

in cui a e b sono due parametri aventi valori pari a 0.000326 e 0.79, rispettivamente, L è espresso in metri, ed i è la pendenza, variabile tra 0.00121 e 0.0978.

Sempre **Chow** ha proposto una formulazione simile (20 piccoli bacini americani di dimensioni simili), riconoscendo la validità della precedente, per $a=0.00116$ e $b=0.64$.

Il *tempo di ritardo* si stabilisce essere pari a $0.6t_c$.

La formulazione di **Giandotti**, molto utilizzata in Italia, prevede una superficie scolante molto più grande di quella in oggetto, ovvero di almeno 170km^2 :

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{media} - h_0}}$$

in cui $h_{media}-h_0$ rappresenta la quota media del bacino rispetto la quota della sua sezione di chiusura (in metri).

La formula di **Pasini** è:

$$t_c = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i^{0.5}}$$

Puglisi ha proposto, sulla base di indagini su bacini dell'Appennino Dauno con superficie minima di 43km²:

$$t_c = C \frac{L^{2/3}}{d^{1/3}}$$

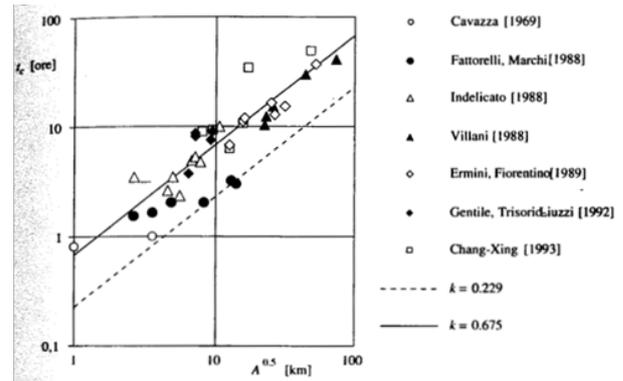
in cui C è pari a 6, L la lunghezza dell'asta in chilometri e d il dislivello dell'asta principale, riferita alla sezione di chiusura.

Fattorelli e Marchi hanno adattato la precedente formulazione a 6 bacini alpini con superficie minima di 6km², utilizzando la costante C pari a 5.13.

Agnese e D'Asaro, per un bacino idrografico di caratteristiche morfologiche medie, cioè frequenti in natura, utilizzando la teoria dell'IUH geomorfologico applicata ad una rete idrografica. Senza entrare nei dettagli della sua derivazione, il tempo di corrivazione si esprime nella forma:

$$t_c = k \sqrt{S}$$

in cui k è un coefficiente che assume valori compresi tra 0.19 e 0.29, ed è legato ai valori di velocità di trasferimento di un'onda di piena sul bacino (usualmente 1-1.5m/s). Confronti con *misure di campo* su bacini di almeno 1km² hanno mostrato che valori di k teorici in quel range sottostimano il tempo di corrivazione, e che un adattamento migliore è ponendo $k=0.675$:



Turazza l'ha ulteriormente adattata a bacini italiani, utilizzando $k=0.185$.

Ongaro ha proposto (aree inferiori a 1km²):

$$t_c = 4.32 \sqrt{SL}$$

Sulla base dei tempi di corrivazione qui indicati si riportano di seguito i risultati ottenuti.

Altre formulazioni qui considerate sono le seguenti.

Formulazione di **Ventura**:

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

in cui S è l'area del bacino in chilometri quadrati ed i la pendenza dell'asta.

Formulazione di **Tournon**:

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

in cui i_v è la pendenza media del versante.

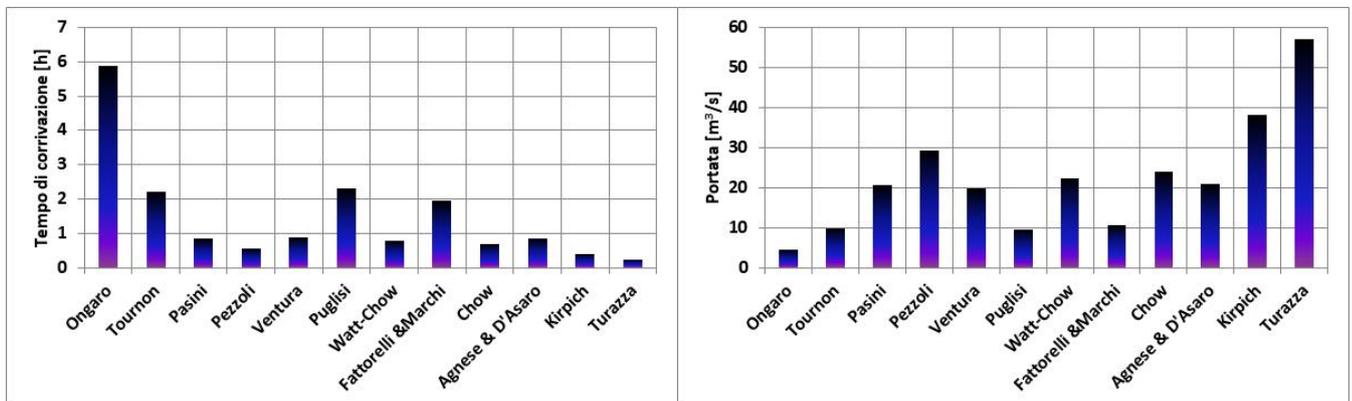
SOTTOBACINO A1

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	37.36	2241.49	1.06
Ongaro	5.87	352.45	4.50
Tournon	2.18	130.99	9.73
Pasini	0.84	50.28	20.51
Pezzoli	0.53	31.88	29.26
Ventura	0.88	52.98	19.69
Puglisi	2.28	137.01	9.39
Watt-Chow	0.76	45.85	22.04
Fattorelli&Marchi	1.95	117.14	10.61
Chow	0.69	41.20	23.96
Agnese & D'Asaro	0.82	49.35	20.81
Kirpich	0.38	22.83	37.95
Turazza	0.23	13.53	57.06

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.45 h.

La portata media è di 22.13m³/s.



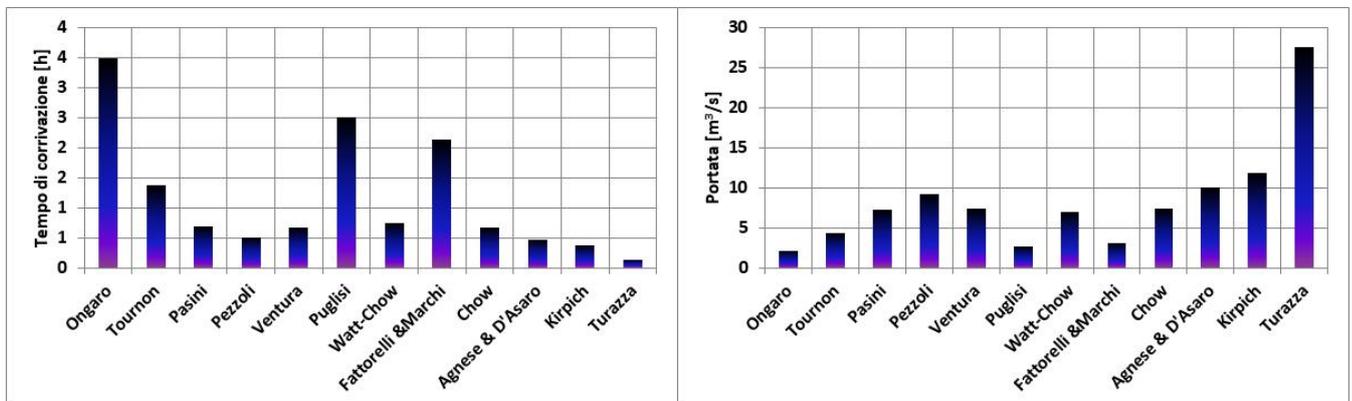
SOTTOBACINO A2

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione		Portata
	[h]	[min]	[m ³ /s]
Giandotti	14.87	892.42	0.65
Ongaro	3.47	208.38	2.03
Tournon	1.36	81.86	4.21
Pasini	0.68	40.81	7.25
Pezzoli	0.50	30.14	9.19
Ventura	0.66	39.85	7.39
Puglisi	2.49	149.46	2.63
Watt-Chow	0.73	43.87	6.85
Fattorelli&Marchi	2.13	127.79	2.97
Chow	0.66	39.75	7.40
Agnese & D'Asaro	0.45	27.04	10.00
Kirpich	0.36	21.87	11.81
Turazza	0.12	7.41	27.50

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.14 h.

La portata media è di 8.27m³/s.



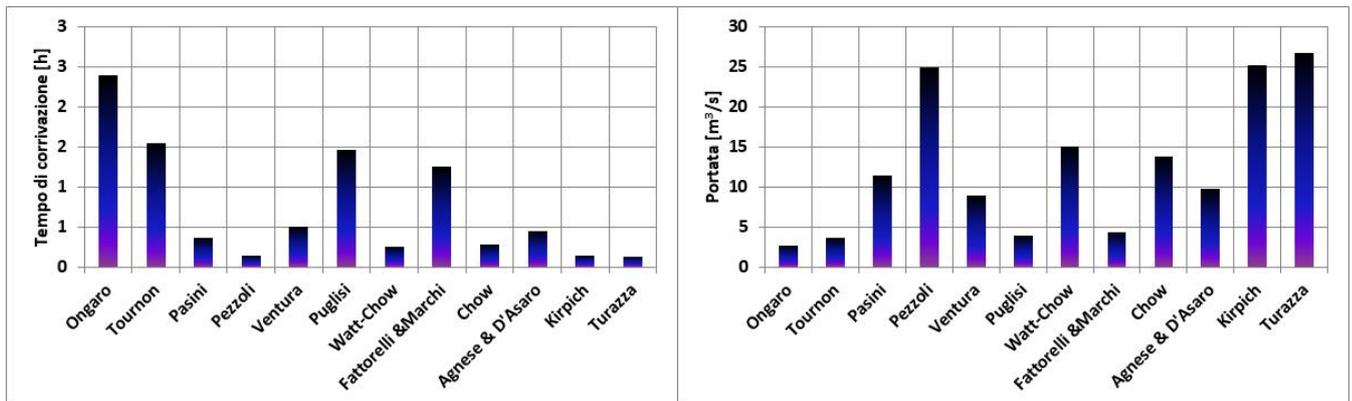
SOTTOBACINO A3

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione		Portata
	[h]	[min]	[m ³ /s]
Giandotti	15.98	959.07	0.59
Ongaro	2.38	142.97	2.59
Tournon	1.55	92.81	3.63
Pasini	0.36	21.46	11.38
Pezzoli	0.13	7.86	24.92
Ventura	0.50	29.76	8.81
Puglisi	1.46	87.36	3.80
Watt-Chow	0.25	15.16	14.92
Fattorelli&Marchi	1.24	74.70	4.30
Chow	0.28	16.81	13.77
Agnese & D'Asaro	0.44	26.35	9.69
Kirpich	0.13	7.76	25.15
Turazza	0.12	7.22	26.62

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 0.74 h.

La portata media è di 12.47m³/s.



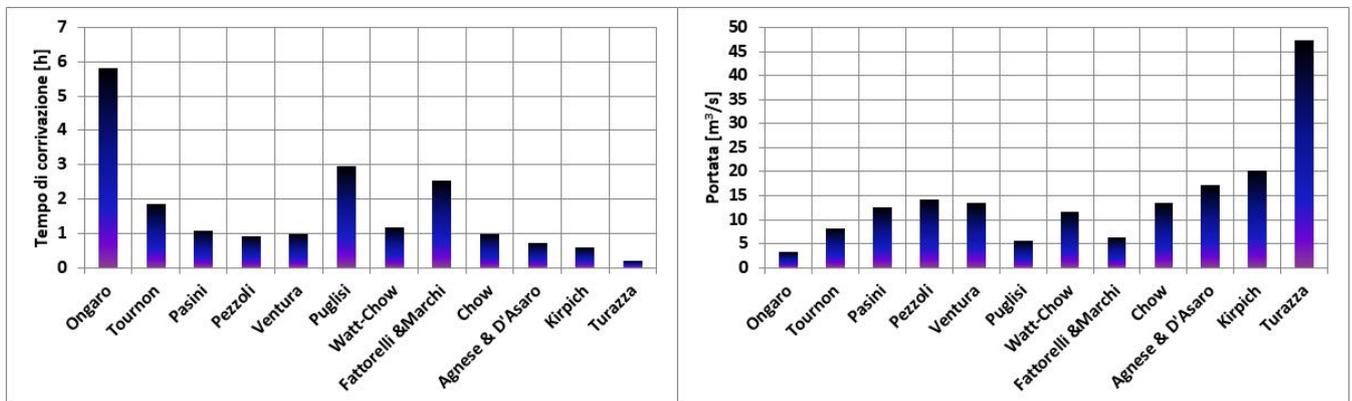
SOTTOBACINO A4

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	35.53	2131.70	0.79
Ongaro	5.80	348.14	3.26
Tournon	1.85	111.12	7.97
Pasini	1.05	63.04	12.43
Pezzoli	0.90	53.92	14.05
Ventura	0.95	57.20	13.41
Puglisi	2.95	176.76	5.54
Watt-Chow	1.16	69.46	11.52
Fattorelli&Marchi	2.52	151.13	6.27
Chow	0.96	57.67	13.33
Agnese & D'Asaro	0.70	41.97	17.09
Kirpich	0.57	34.22	20.06
Turazza	0.19	11.50	47.12

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.63 h.

La portata media è di 14.34m³/s.



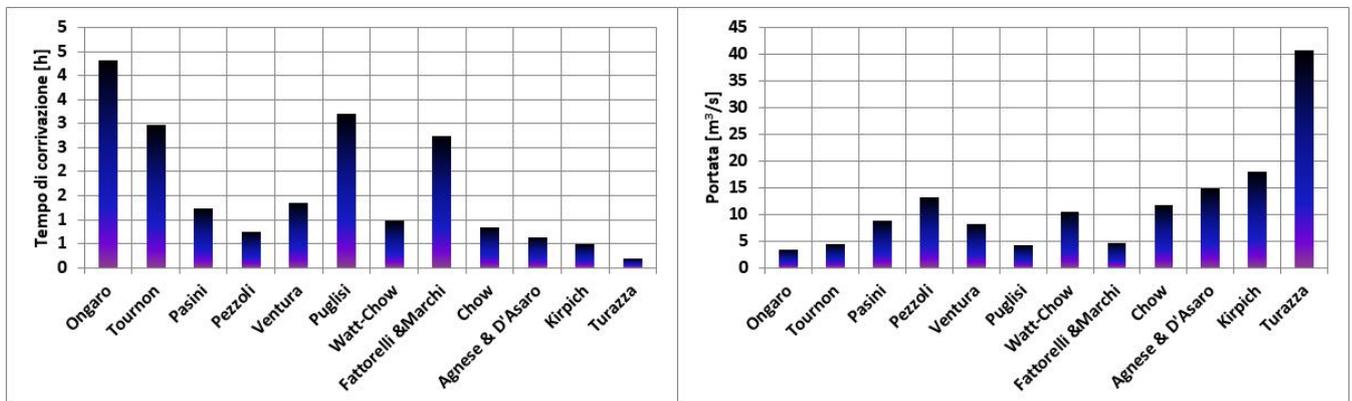
SOTTOBACINO B1

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	20.05	1202.77	0.97
Ongaro	4.29	257.70	3.25
Tournon	2.97	177.91	4.34
Pasini	1.22	73.24	8.69
Pezzoli	0.73	43.63	13.03
Ventura	1.33	79.63	8.14
Puglisi	3.19	191.40	4.10
Watt-Chow	0.98	58.75	10.33
Fattorelli&Marchi	2.73	163.65	4.64
Chow	0.84	50.36	11.65
Agnese & D'Asaro	0.62	37.23	14.75
Kirpich	0.48	29.07	17.90
Turazza	0.17	10.20	40.59

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.63 h.

La portata media è di circa 11.78/s.



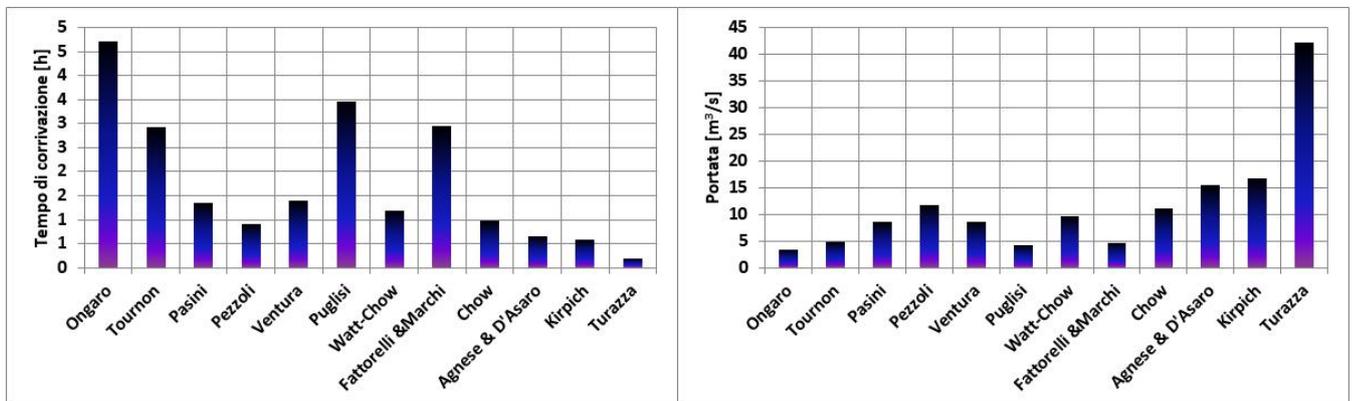
SOTTOBACINO B2

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	22.01	1320.80	0.96
Ongaro	4.71	282.52	3.21
Tournon	2.91	174.68	4.68
Pasini	1.35	80.87	8.55
Pezzoli	0.91	54.48	11.64
Ventura	1.38	82.68	8.40
Puglisi	3.44	206.61	4.11
Watt-Chow	1.17	70.02	9.57
Fattorelli&Marchi	2.94	176.65	4.64
Chow	0.97	58.05	11.08
Agnese & D'Asaro	0.64	38.38	15.31
Kirpich	0.57	34.49	16.64
Turazza	0.18	10.52	42.12

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.76 h.

La portata media è di 11.66m³/s.



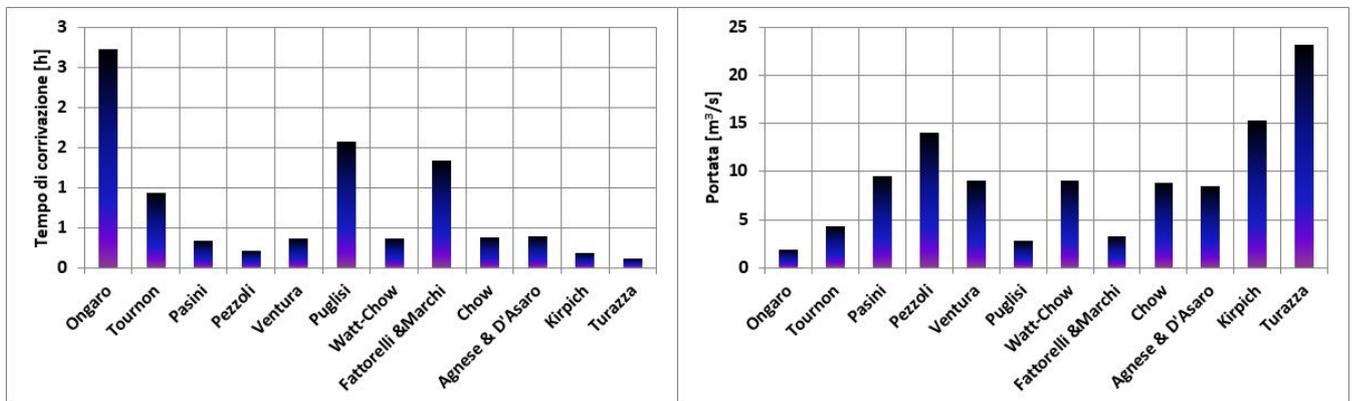
SOTTOBACINO B3

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	12.86	771.46	0.54
Ongaro	2.72	163.02	1.82
Tournon	0.93	56.06	4.21
Pasini	0.33	19.77	9.52
Pezzoli	0.20	12.05	14.03
Ventura	0.35	21.25	9.00
Puglisi	1.56	93.85	2.81
Watt-Chow	0.35	21.27	8.99
Fattorelli&Marchi	1.34	80.24	3.18
Chow	0.37	22.11	8.72
Agnese & D'Asaro	0.39	23.28	8.38
Kirpich	0.18	10.80	15.30
Turazza	0.11	6.38	23.11

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 0.74 h.

La portata media è di 9.09m³/s.



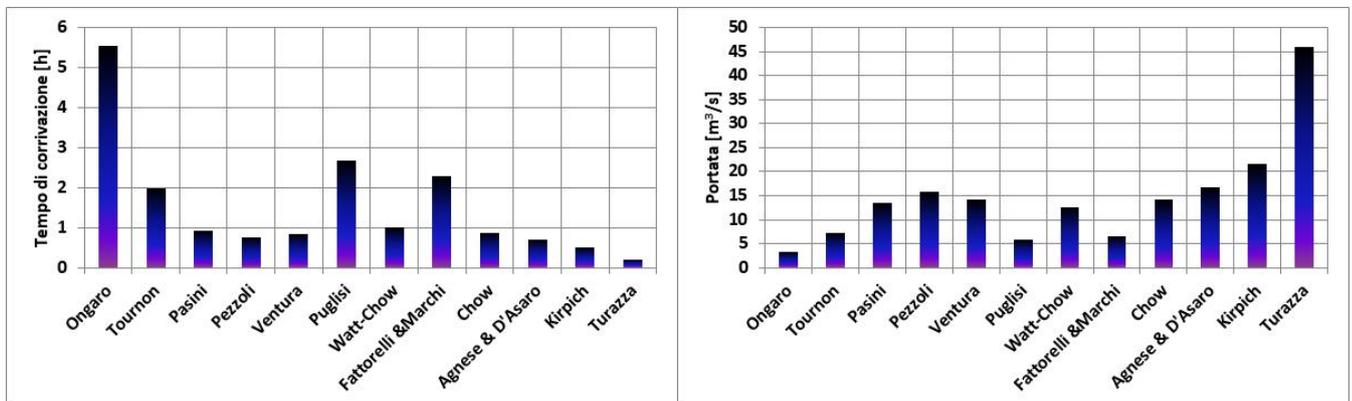
SOTTOBACINO C1

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	33.28	1996.57	0.79
Ongaro	5.53	331.56	3.22
Tournon	1.98	118.67	7.21
Pasini	0.90	54.12	13.35
Pezzoli	0.73	44.08	15.68
Ventura	0.84	50.32	14.14
Puglisi	2.66	159.65	5.71
Watt-Chow	0.99	59.23	12.44
Fattorelli&Marchi	2.27	136.50	6.46
Chow	0.84	50.69	14.05
Agnese & D'Asaro	0.68	40.96	16.61
Kirpich	0.49	29.30	21.60
Turazza	0.19	11.23	45.85

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.51 h.

La portata media è di 14.69m³/s.



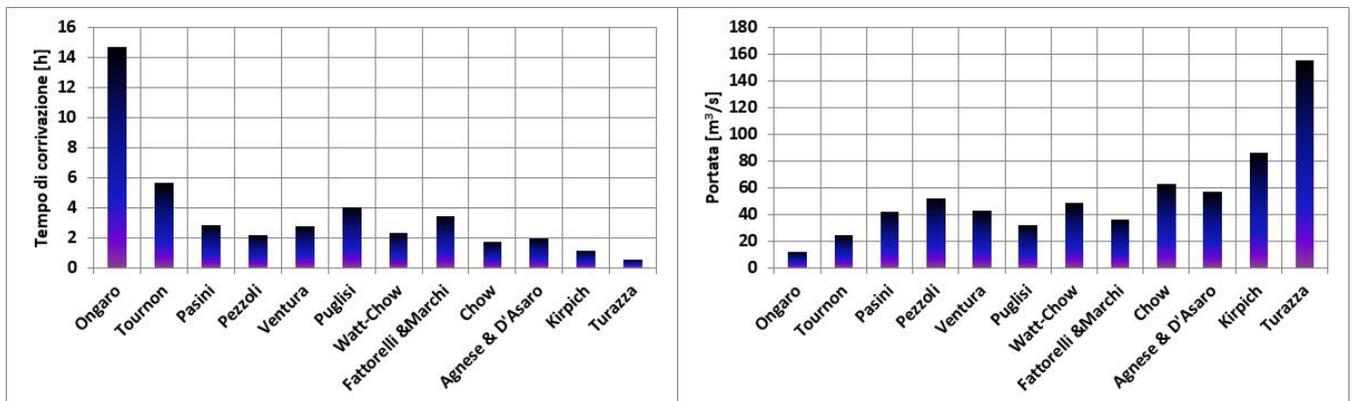
SOTTOBACINO D1

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	122.68	7360.53	2.18
Ongaro	14.67	880.31	11.41
Tournon	5.60	335.90	24.16
Pasini	2.81	168.60	41.34
Pezzoli	2.13	127.59	51.37
Ventura	2.71	162.63	42.52
Puglisi	4.00	239.97	31.40
Watt-Chow	2.29	137.15	48.56
Fattorelli&Marchi	3.42	205.18	35.48
Chow	1.67	100.08	62.07
Agnese & D'Asaro	1.88	112.83	56.53
Kirpich	1.11	66.41	85.43
Turazza	0.52	30.93	154.97

Media tempo di corrivazione= 3.57 h (escluso Giandotti).

La portata media è di 53.77m³/s.



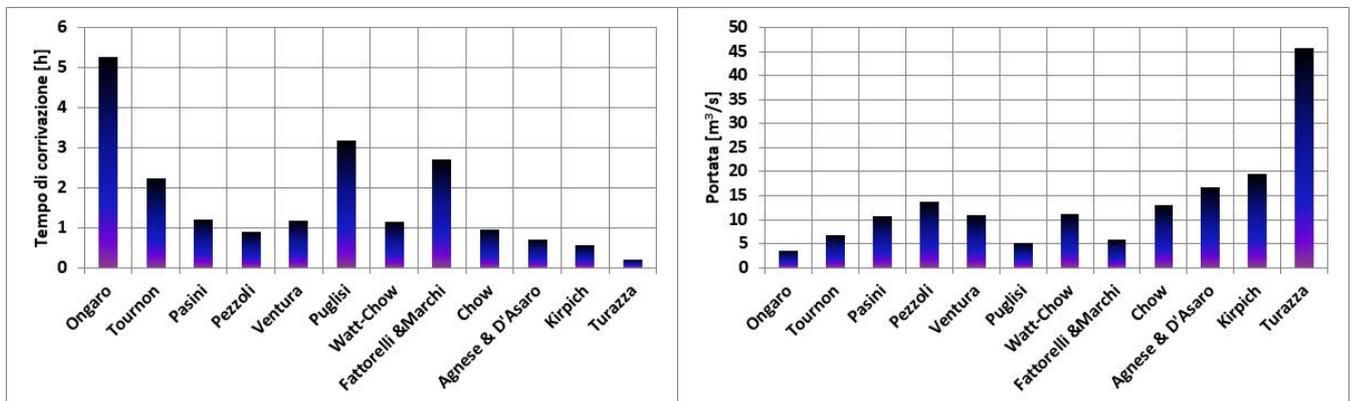
SOTTOBACINO D2

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	24.28	1456.56	1.01
Ongaro	5.24	314.33	3.36
Tournon	2.21	132.60	6.61
Pasini	1.19	71.63	10.70
Pezzoli	0.87	52.49	13.64
Ventura	1.17	70.22	10.86
Puglisi	3.15	189.13	5.00
Watt-Chow	1.13	67.99	11.14
Fattorelli&Marchi	2.70	161.71	5.65
Chow	0.94	56.69	12.85
Agnese & D'Asaro	0.68	40.94	16.57
Kirpich	0.56	33.52	19.38
Turazza	0.19	11.22	45.65

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.67 h.

La portata media è di 13.45m³/s.



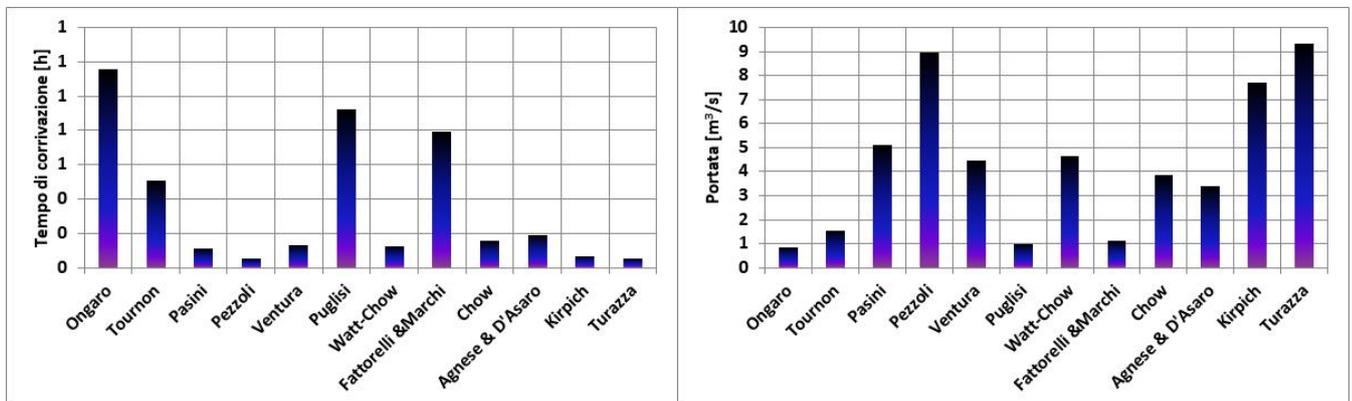
SOTTOBACINO D3

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	4.01	240.75	0.30
Ongaro	1.15	69.13	0.80
Tournon	0.50	30.25	1.53
Pasini	0.11	6.52	5.10
Pezzoli	0.05	3.19	8.94
Ventura	0.13	7.82	4.42
Puglisi	0.92	55.38	0.96
Watt-Chow	0.12	7.43	4.60
Fattorelli&Marchi	0.79	47.35	1.08
Chow	0.16	9.43	3.82
Agnese & D'Asaro	0.18	11.02	3.38
Kirpich	0.06	3.88	7.67
Turazza	0.05	3.02	9.32

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 0.35 h.

La portata media è di 4.30m³/s.



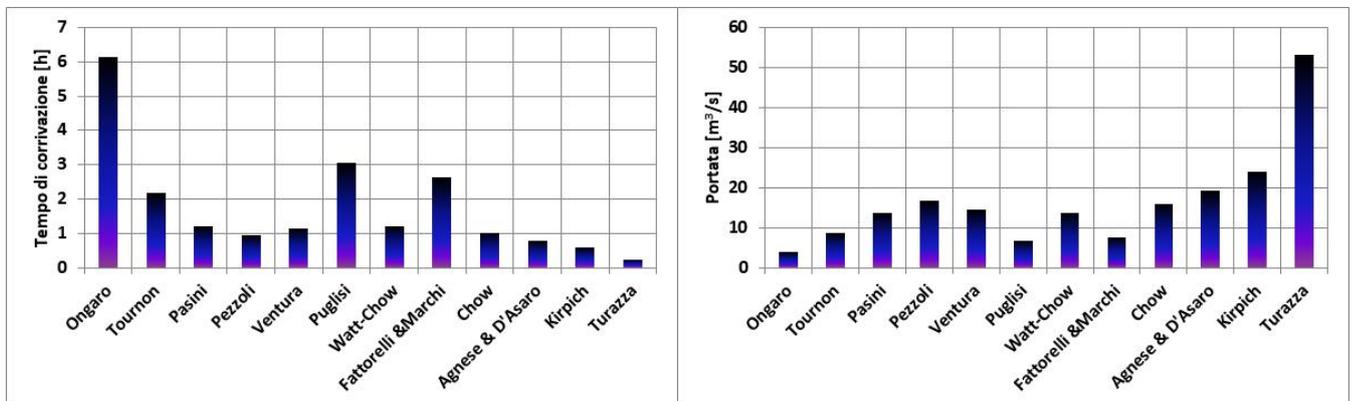
SOTTOBACINO D4

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	34.71	2082.82	0.83
Ongaro	5.81	348.41	3.38
Tournon	1.95	116.98	7.95
Pasini	1.13	67.70	12.22
Pezzoli	0.93	55.79	14.22
Ventura	1.04	62.59	12.99
Puglisi	3.05	183.02	5.60
Watt-Chow	1.19	71.35	11.72
Fattorelli&Marchi	2.61	156.49	6.33
Chow	0.98	58.94	13.62
Agnese & D'Asaro	0.71	42.80	17.50
Kirpich	0.59	35.13	20.44
Turazza	0.20	11.73	48.31

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.68 h.

La portata media è di 14.52m³/s.



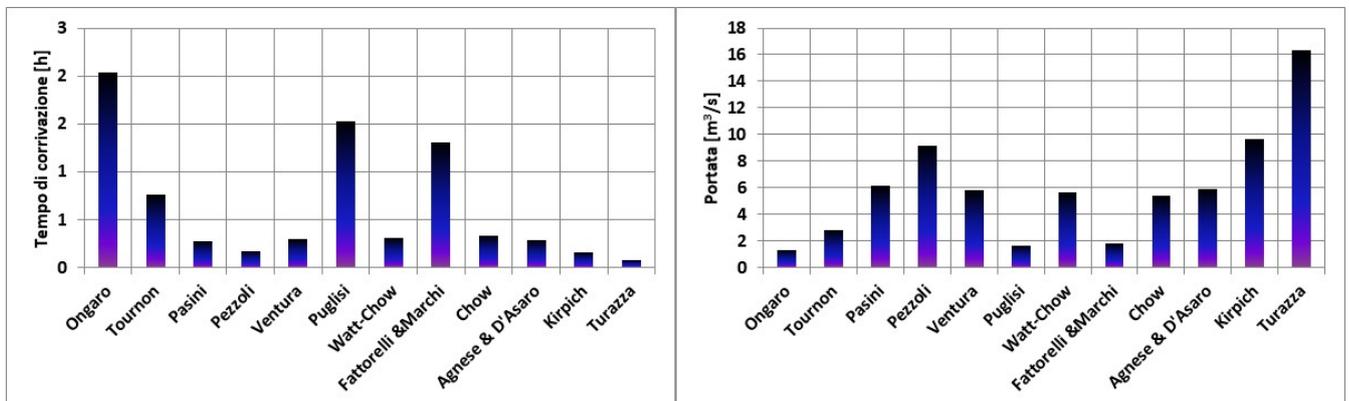
SOTTOBACINO D5

I valori ottenuti per i tempi di corrivazione e le portate sono:

	Tempo di corrivazione [h]	Tempo di corrivazione [min]	Portata [m ³ /s]
Giandotti	9.76	585.53	0.38
Ongaro	2.03	122.04	1.29
Tournon	0.76	45.79	2.78
Pasini	0.28	16.56	6.17
Pezzoli	0.17	10.03	9.14
Ventura	0.30	17.86	5.81
Puglisi	1.53	91.66	1.61
Watt-Chow	0.31	18.40	5.68
Fattorelli&Marchi	1.31	78.37	1.82
Chow	0.33	19.66	5.39
Agnese & D'Asaro	0.29	17.49	5.91
Kirpich	0.16	9.37	9.64
Turazza	0.08	4.79	16.31

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 0.63 h.

La portata media è di 5.96m³/s.



5.3 ANALISI DELLE PIOGGE BREVI E INTENSE

L'analisi delle piogge brevi ed intense inferiori ad 1h è penalizzata dai pochi dati a disposizione per le durate di 5, 10, 15, 30, 40 minuti.

L'analisi fornisce un'alta dispersione dei dati.

Per questo motivo si riporta qui un confronto con l'andamento di curve pluviometriche per piogge inferiori ad 1h, ottenute mediante estrapolazione, come segue. E' dimostrato che per eventi di pioggia intensi ed inferiori ad 1h, il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$, con t minore di 60minuti (T è il tempo di ritorno), e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata 60min, è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

La curva di possibilità climatica ottenuta per le durate di pioggia uguali e superiori ad 1h non è, *in genere*, estrapolabile per le piogge di intensità inferiori ad 1h, in quanto *in genere* sovrastimano i valori di pioggia che possono effettivamente verificarsi. Ne deriva la necessità di effettuare una analisi indirizzata a questo tipo di eventi. Bell (*"Generalized rainfall frequency relationship"*, *Journal of the Hydraulics Division, Ed. ASCE, New York, 1969*), studiando bacini statunitensi, australiani ed africani ha proposto una formulazione che consente di stimare le altezze di pioggia massime di durata d inferiore a 60min, di dato tempo di ritorno:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 t^{0.25} - 0.5$$

Vari studi hanno mostrato che il legame funzionale tra le due altezze di pioggia può essere scritto nella semplice forma monomia:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

in cui s assume il valore 0.227 per la Puglia.

Per un tempo di ritorno di 200 anni i risultati ottenuti per i 10 sottobacini A_i per le piogge inferiori a 1h sono riportati in Tabella 3, Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6. Con sfondo grigio e in grassetto sono indicate le righe relative ai 15min di pioggia.

Tabella 2. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A1 e A2.

A1							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.1	74.4	137.7	139.8
10	0.17	37.5	54.3	54.9	55.7	80.6	81.5
15	0.25	45.9	59.5	60.0	45.4	58.9	59.4
20	0.33	52.3	63.5	63.9	38.8	47.2	47.5
25	0.42	57.7	66.8	67.2	34.2	39.7	39.9
30	0.50	62.2	69.6	69.9	30.8	34.5	34.6
35	0.58	66.3	72.1	72.3	28.1	30.6	30.7
40	0.67	69.9	74.3	74.5	26.0	27.6	27.7
45	0.75	73.2	76.3	76.5	24.2	25.2	25.2
50	0.83	76.3	78.2	78.3	22.7	23.2	23.2
55	0.92	79.1	79.9	79.9	21.4	21.6	21.6
60	1.00	81.7	81.5	81.5	20.2	20.2	20.2

A2							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.3	22.4	41.4	42.2
10	0.17	37.5	54.3	55.1	16.7	24.2	24.6
15	0.25	45.9	59.6	60.2	13.6	17.7	17.9
20	0.33	52.4	63.6	64.1	11.7	14.2	14.3
25	0.42	57.7	66.9	67.3	10.3	11.9	12.0
30	0.50	62.3	69.7	70.1	9.3	10.4	10.4
35	0.58	66.4	72.2	72.5	8.4	9.2	9.2
40	0.67	70.0	74.4	74.6	7.8	8.3	8.3
45	0.75	73.3	76.4	76.6	7.3	7.6	7.6
50	0.83	76.3	78.3	78.4	6.8	7.0	7.0
55	0.92	79.2	80.0	80.0	6.4	6.5	6.5
60	1.00	81.8	81.6	81.6	6.1	6.1	6.1

Tabella 3. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini B1 e B2.

B1							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.5	42.4	78.5	80.2
10	0.17	37.6	54.3	55.2	31.7	45.9	46.7
15	0.25	45.9	59.6	60.3	25.9	33.6	34.0
20	0.33	52.4	63.6	64.2	22.1	26.9	27.1
25	0.42	57.7	66.9	67.4	19.5	22.6	22.8
30	0.50	62.3	69.7	70.2	17.6	19.6	19.8
35	0.58	66.4	72.2	72.6	16.0	17.4	17.5
40	0.67	70.0	74.4	74.7	14.8	15.7	15.8
45	0.75	73.3	76.4	76.6	13.8	14.4	14.4
50	0.83	76.4	78.3	78.4	12.9	13.2	13.3
55	0.92	79.2	80.0	80.1	12.2	12.3	12.3
60	1.00	81.8	81.6	81.6	11.5	11.5	11.5

B2							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.5	45.1	83.4	85.3
10	0.17	37.6	54.3	55.2	33.7	48.8	49.6
15	0.25	45.9	59.6	60.3	27.5	35.7	36.1
20	0.33	52.4	63.6	64.2	23.5	28.6	28.8
25	0.42	57.7	66.9	67.4	20.7	24.0	24.2
30	0.50	62.3	69.7	70.2	18.7	20.9	21.0
35	0.58	66.4	72.2	72.6	17.0	18.5	18.6
40	0.67	70.0	74.4	74.7	15.7	16.7	16.8
45	0.75	73.3	76.4	76.6	14.6	15.3	15.3
50	0.83	76.4	78.3	78.4	13.7	14.1	14.1
55	0.92	79.2	80.0	80.1	12.9	13.1	13.1
60	1.00	81.8	81.6	81.6	12.2	12.2	12.2

Tabella 4. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini B3 e C1.

B3							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.5	47.8	16.6	30.7	31.6
10	0.17	37.6	54.4	55.5	12.4	18.0	18.3
15	0.25	46.0	59.6	60.6	10.1	13.1	13.3
20	0.33	52.4	63.7	64.4	8.7	10.5	10.6
25	0.42	57.8	67.0	67.6	7.6	8.9	8.9
30	0.50	62.4	69.8	70.3	6.9	7.7	7.7
35	0.58	66.5	72.3	72.7	6.3	6.8	6.9
40	0.67	70.1	74.5	74.8	5.8	6.2	6.2
45	0.75	73.4	76.5	76.8	5.4	5.6	5.6
50	0.83	76.5	78.4	78.5	5.1	5.2	5.2
55	0.92	79.3	80.1	80.2	4.8	4.8	4.8
60	1.00	81.9	81.7	81.7	4.5	4.5	4.5

C1							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.7	51.3	95.0	97.6
10	0.17	37.6	54.3	55.4	38.4	55.6	56.7
15	0.25	45.9	59.6	60.5	31.3	40.6	41.3
20	0.33	52.4	63.6	64.4	26.8	32.5	32.9
25	0.42	57.7	66.9	67.5	23.6	27.4	27.6
30	0.50	62.3	69.7	70.3	21.3	23.8	24.0
35	0.58	66.4	72.2	72.6	19.4	21.1	21.2
40	0.67	70.0	74.4	74.8	17.9	19.0	19.1
45	0.75	73.3	76.4	76.7	16.7	17.4	17.4
50	0.83	76.4	78.3	78.4	15.6	16.0	16.1
55	0.92	79.2	80.0	80.1	14.7	14.9	14.9
60	1.00	81.8	81.6	81.6	14.0	13.9	13.9

Tabella 5. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini D1 e D2.

D1							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	24.8	46.0	46.7	385.7	713.6	724.3
10	0.17	37.2	53.8	54.4	288.7	417.6	422.1
15	0.25	45.5	59.0	59.5	235.3	305.2	307.8
20	0.33	51.9	63.0	63.4	201.3	244.4	246.0
25	0.42	57.2	66.2	66.6	177.5	205.7	206.7
30	0.50	61.7	69.0	69.3	159.7	178.6	179.4
35	0.58	65.7	71.5	71.7	145.8	158.6	159.1
40	0.67	69.3	73.7	73.9	134.5	143.0	143.4
45	0.75	72.6	75.7	75.8	125.2	130.6	130.8
50	0.83	75.6	77.5	77.6	117.4	120.3	120.5
55	0.92	78.4	79.2	79.3	110.7	111.8	111.9
60	1.00	81.0	80.8	80.8	104.8	104.5	104.5

D2							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.6	51.3	94.9	97.3
10	0.17	37.6	54.3	55.3	38.4	55.5	56.5
15	0.25	45.9	59.6	60.4	31.3	40.6	41.2
20	0.33	52.4	63.6	64.3	26.8	32.5	32.9
25	0.42	57.7	66.9	67.5	23.6	27.3	27.6
30	0.50	62.3	69.7	70.2	21.2	23.8	23.9
35	0.58	66.4	72.2	72.6	19.4	21.1	21.2
40	0.67	70.0	74.4	74.7	17.9	19.0	19.1
45	0.75	73.3	76.4	76.7	16.7	17.4	17.4
50	0.83	76.4	78.3	78.4	15.6	16.0	16.0
55	0.92	79.2	80.0	80.1	14.7	14.9	14.9
60	1.00	81.8	81.6	81.6	13.9	13.9	13.9

Tabella 6. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini D3 e D4.

D3							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.5	47.6	3.7	6.9	7.1
10	0.17	37.6	54.4	55.4	2.8	4.0	4.1
15	0.25	46.0	59.6	60.5	2.3	2.9	3.0
20	0.33	52.4	63.7	64.4	1.9	2.4	2.4
25	0.42	57.8	67.0	67.6	1.7	2.0	2.0
30	0.50	62.4	69.8	70.3	1.5	1.7	1.7
35	0.58	66.5	72.3	72.7	1.4	1.5	1.5
40	0.67	70.1	74.5	74.8	1.3	1.4	1.4
45	0.75	73.4	76.5	76.8	1.2	1.3	1.3
50	0.83	76.5	78.4	78.5	1.1	1.2	1.2
55	0.92	79.3	80.1	80.2	1.1	1.1	1.1
60	1.00	81.9	81.7	81.7	1.0	1.0	1.0

D4							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.6	56.0	103.5	106.4
10	0.17	37.5	54.3	55.3	41.9	60.6	61.8
15	0.25	45.9	59.5	60.4	34.1	44.3	45.0
20	0.33	52.3	63.5	64.3	29.2	35.5	35.9
25	0.42	57.7	66.8	67.5	25.8	29.8	30.1
30	0.50	62.2	69.6	70.2	23.2	25.9	26.1
35	0.58	66.3	72.1	72.5	21.2	23.0	23.1
40	0.67	69.9	74.3	74.7	19.5	20.8	20.8
45	0.75	73.2	76.3	76.6	18.2	18.9	19.0
50	0.83	76.3	78.2	78.4	17.0	17.5	17.5
55	0.92	79.1	79.9	80.0	16.1	16.2	16.2
60	1.00	81.7	81.5	81.5	15.2	15.2	15.2

Tabella 7. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacino D5.

D5							
		Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	25.1	46.4	47.7	9.4	17.3	17.8
10	0.17	37.6	54.3	55.4	7.0	10.1	10.3
15	0.25	45.9	59.6	60.5	5.7	7.4	7.5
20	0.33	52.4	63.6	64.4	4.9	5.9	6.0
25	0.42	57.7	66.9	67.5	4.3	5.0	5.0
30	0.50	62.3	69.7	70.3	3.9	4.3	4.4
35	0.58	66.4	72.2	72.6	3.5	3.8	3.9
40	0.67	70.0	74.4	74.8	3.3	3.5	3.5
45	0.75	73.3	76.4	76.7	3.0	3.2	3.2
50	0.83	76.4	78.3	78.4	2.8	2.9	2.9
55	0.92	79.2	80.0	80.1	2.7	2.7	2.7
60	1.00	81.8	81.6	81.6	2.5	2.5	2.5

Graficamente, le curve di possibilità climatica per piogge inferiori ad 1h, per un tempo di ritorno pari a 200a hanno un andamento simile (Figura 15).

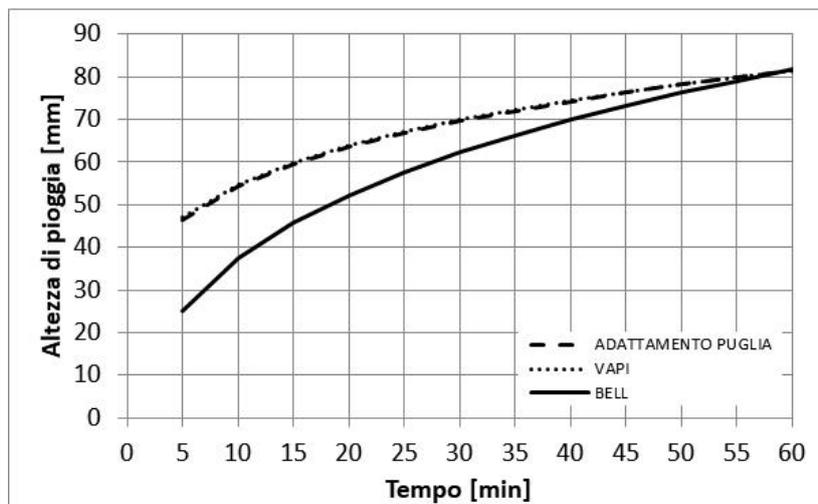


Figura 15. Confronto tra le curve di calcolo per le altezze di pioggia brevi ed intense (esempio sottobacino A1).

La curva VAPI sovrastimale altezze di pioggia brevi e intense, in riferimento alla formulazione di adattamento alla Puglia, la quale a sua volta fornisce risultati maggiori della formulazione di Bell.

Tabella 8. Portate ottenute mediante la formula di adattamento per la Puglia e Bell dopo un tempo di pioggia di 15min. Sono confrontate con le portate valutate mediante i tempi di corrivazione (tempo di ritorno=200anni).

Sottobacino	Area [km ²]	Portata BELL 0.25h [m ³ /s]	Portata Puglia 0.25h [m ³ /s]	Tempo di corrivazione [h]	Portata corrivazione (VAPI) [m ³ /s]
A1	1.485	45.4	58.9	1.45	22.1
A2	0.446	13.6	17.7	1.14	8.3
A3	0.423	13.0	16.8	0.74	12.5
A4	1.074	32.9	32.9	1.63	14.3
B1	0.845	25.9	33.6	1.63	11.8
B2	0.898	27.5	35.7	1.76	11.7
B3	0.330	10.1	13.1	0.74	9.1
C1	1.023	31.3	40.6	1.51	14.7
D1	7.762	235.3	305.2	3.57	53.8
D2	1.022	31.3	40.6	1.67	13.5
D3	0.074	2.3	2.9	0.35	4.3
D4	1.303	39.8	51.7	1.68	14.5
D5	0.1864	5.7	7.4	0.63	5.96

La Tabella 8 mostra i valori delle portate ottenute considerando le piogge intense fornite dalla formula di adattamento per la Puglia e dalla formula di Bell per tempi di 15min (0.25h). Essi sono confrontati con i valori di portata ottenuti dalle formule dei tempi di corrivazione, anch'essi riportati. La tabella mostra anche la dimensione areale dei singoli sottobacini. Per i sottobacini con tempi di corrivazione superiori a 1h sono state considerate le portate calcolate con VAPI, altrimenti la portata più elevata che in genere è fornita dall'adattamento della formula monomia per la Puglia.

5.4 DEFINIZIONE DELLE PORTATE SCOLANTI

Le analisi precedenti mostrano che la situazione da considerare per le portate di tratto, con un tempo di ritorno di 200anni, è quella proposta in Tabella 9.

Per le simulazioni in moto permanente con HecRas si è deciso di considerare detti valori. Esse sono solo portate di tratto, per cui per ogni tratto bisogna valutare la somma tra la sua portata di tratto e la portata che affluisce da monte da eventuali altri tratti ad esso collegati. La Figura 16 indica l'assegnazione delle portate ai singoli tratti del reticolo.

Tabella 9. Portata di calcolo.

Sottobacino	Portata [m ³ /s]
A1	22.1
A2	8.3
A3	16.8
A4	14.34
B1	11.78
B2	11.66
B3	13.14
C1	14.69
D1	53.77
D2	13.45
D3	4.30
D4	14.50
D5	7.40

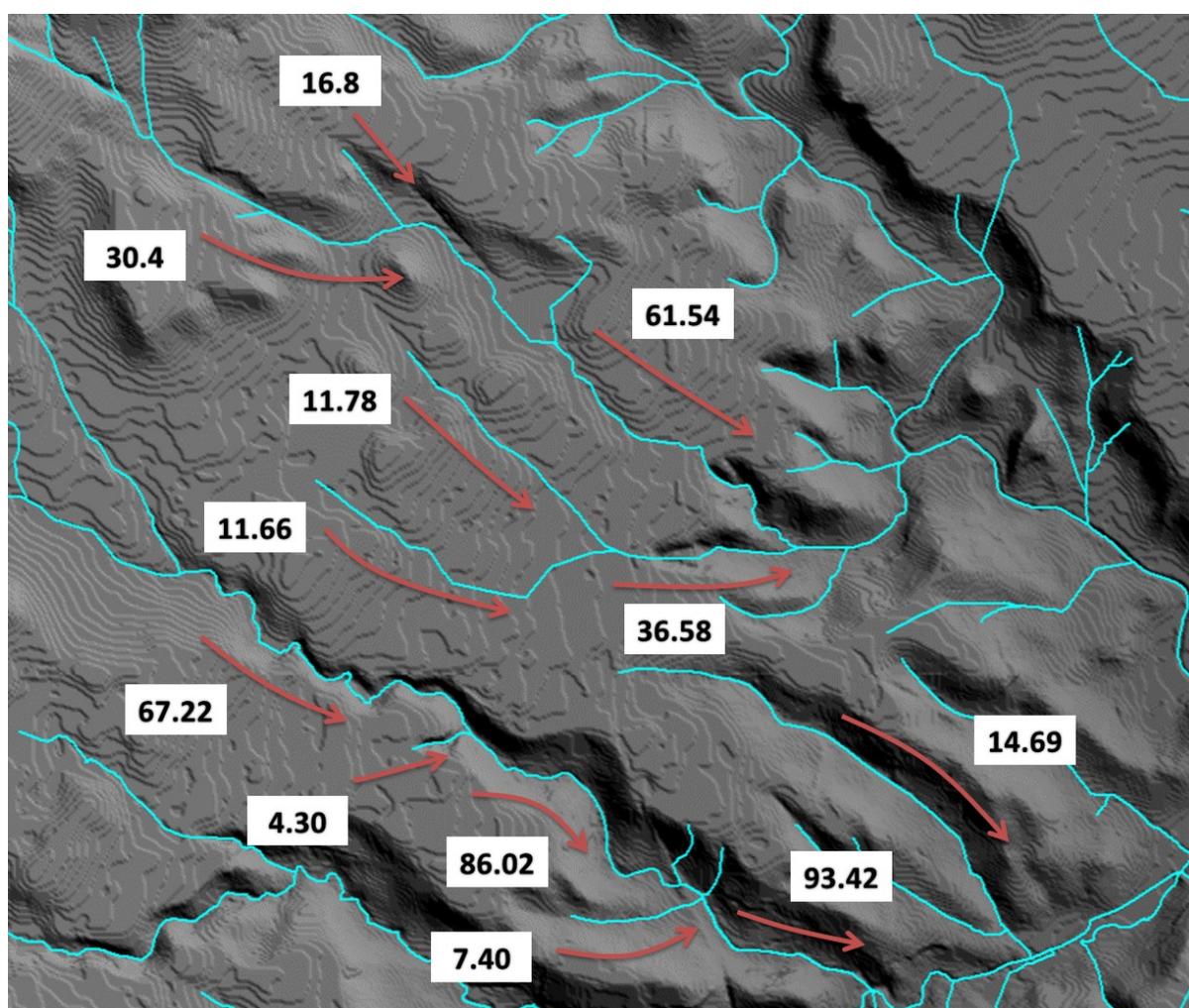


Figura 16. Valori di portata, in m³/s, assegnati alla rete idrica per tempo di ritorno di 200a.

Le portate ottenute e utilizzate sono in linea o leggermente superiori con quelle ottenibili utilizzando il metodo SCS-CN. Una valutazione con un CNIII pari a 87.73 fornisce i risultati riportati nella seguente Tabella 9 da cui si evincono relativamente piccoli scostamenti. Le differenze sono causate naturalmente dalle scelte fatte (ad esempio le formule di corrivazione

utilizzate e l'associazione dei CN alle singole sotto-aree per l'utilizzo del suolo a cui si accompagnano anche le ipotesi sulla questione della permeabilità del suolo).

Tabella 10. Confronto tra le portate (esprese in m³/s) calcolate con il metodo SCS-CN e con VAPI.

Bacino	Metodo	
	SCS-CN	VAPI
A1	18.4	22.1
A2	6.8	8.3
A3	12.1	12.5
A4	11.4	14.3
B1	12.8	11.8
B2	12.1	11.7
B3	6.4	9.1
C1	11.4	14.7
D1	52.4	53.8
D2	12.4	13.5
D3	2.5	4.3
D4	12.1	14.5
D5	4.2	6.0

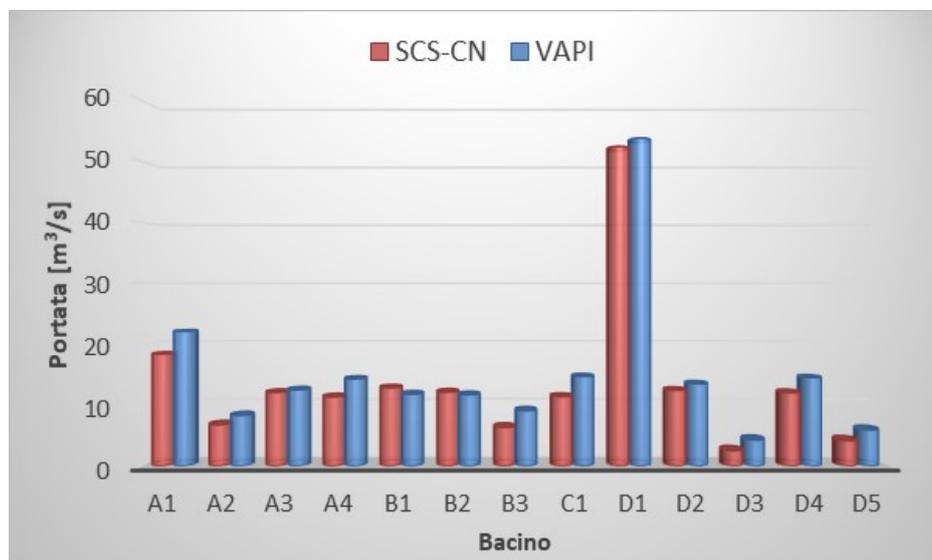


Figura 17. Rappresentazione grafica dei dati di Tabella 10.

6 VERIFICA IDRAULICA

6.1 DATI DI INPUT

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova cabina di elevazione collegata alla Stazione Elettrica Terna Castellaneta esistente attraverso un nuovo elettrodotto interrato in AT e la realizzazione di un elettrodotto interrato in MT che dalla nuova cabina di elevazione arriverà fino al campo agrovoltaiico di prossima realizzazione a circa 7 km a nord-ovest dal centro abitato di Castellaneta (TA).

L'elettrodotto interrato in MT che collegherà il campo agrovoltaiico alla nuova cabina di elevazione attraverserà (o passerà nelle vicinanze di) corsi d'acqua a carattere episodico e il campo agrovoltaiico stesso si sovrapporrà a fasce di pertinenza fluviale e ad aree caratterizzate da modellamento attivo

Sono stati valutati la curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 200 anni, le portate di piena e l'impronta di allagamento a seguito di simulazioni in moto permanente, sulla base delle portate di cui sopra e come condizioni al contorno le altezze critiche a valle e a monte.

La realizzazione della rete è stata eseguita mediante QGis, mentre i calcoli idraulici mediante HecRas 5.0.7, nel quale sono state importate le aste di interesse con le necessarie sezioni di calcolo. Le impronte di allagamento finali sono state ottenute mediante il modulo Ras Mapper di HecRas. Per le simulazioni non sono state considerate le estensioni longitudinali di tutte le aste fino alle sezioni iniziali di monte, comunque le sezioni di calcolo più a monte si dovevano trovare a non meno di 300 m dai luoghi interessati dal posizionamento delle opere.

La prima simulazione è in condizioni ante-operam e la seconda in condizioni post-operam. La differenza tra le due situazioni è la scabrezza utilizzata sui terreni che prevedono la realizzazione del campo agrovoltaiico. Per quanto riguarda quest'ultima, i numeri di Manning utilizzati fanno riferimento alla Tabella 11 e sono stati imposti tenuto conto della Figura 18 che riporta la carta dell'uso del suolo per l'area di interesse, insieme al tracciato dell'elettrodotto (linea nera tratteggiata) e al campo agrovoltaiico (perimetrato in nero). La Figura 18 riporta una legenda che mostra la tipologia di uso del suolo a ridosso dei corsi d'acqua episodici passanti per la zona. In particolare la quasi totalità dei terreni è costituita da seminativi semplici in aree non irrigue.

Per la parte centrale dei corsi d'acqua e per i terreni adiacenti si è considerata una condizione con numero di Manning pari a $0.040 \text{ m}^{1/6}$ in presenza di seminativi.

Per quanto riguarda le condizioni post-operam, la scabrezza è stata modificata in corrispondenza delle sezioni di calcolo occupate dal terreno in cui è prevista la realizzazione del campo agrovoltaiico, abbassandola ad un valore pari a $0.030 \text{ m}^{1/6}$.

La Figura 19 riporta le sezioni di calcolo per ogni tratto della rete considerato per le simulazioni.

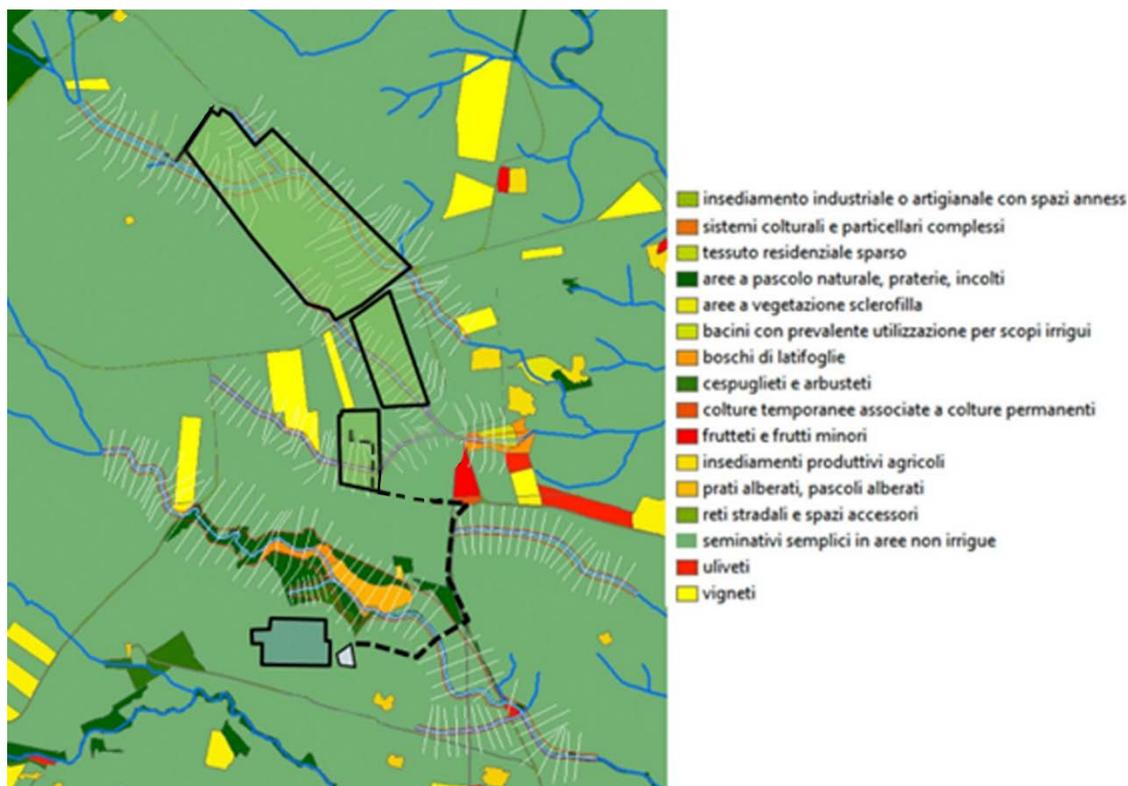


Figura 18. Carta dell'uso del suolo per l'area di interesse (elettrodotto, linea nera tratteggiata, campo agrovoltaiico, centrale Terna e cabina di elevazione MT/AT con stazione di smistamento perimetrati in nero). Fonte carta: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/Download/Cartografie.

Tabella 11. Alcuni valori del numero di Manning (fonte: Hec-Ras Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, January 2010).

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200

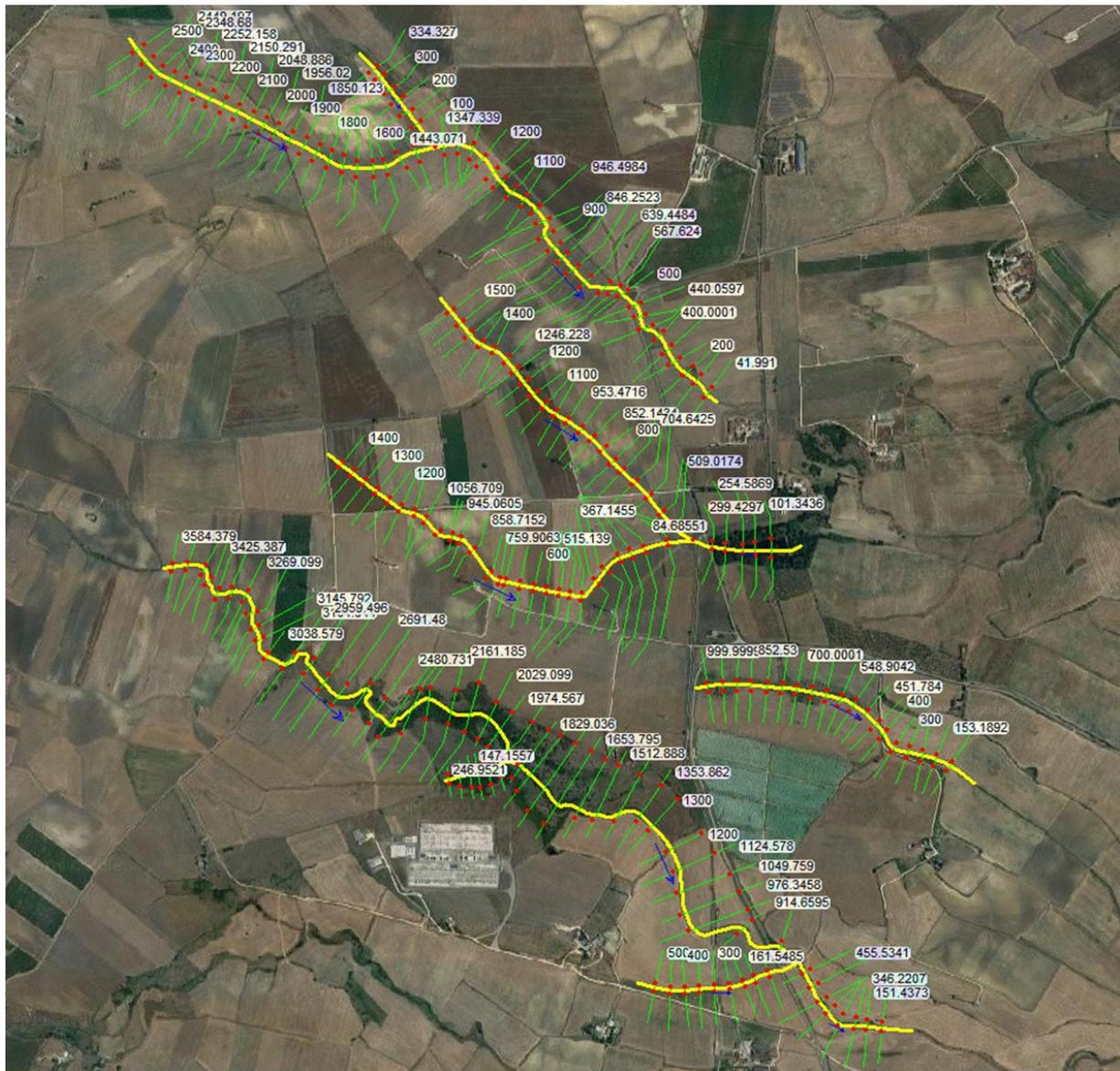


Figura 19. Sezioni di calcolo per i corsi d'acqua episodici della zona. Le sezioni sono perpendicolari alla direzione del flusso delle acque sul territorio. Esse sono sovrapposte alle ortofoto importate in HecRas da Google Maps.

6.2 RISULTATI

La Figura 20 mostra l'output 3D dell'HecRas al termine di una simulazione (in condizioni ante operam in questo caso: nelle condizioni post operam il risultato qui è praticamente indistinguibile). Si vuole ricordare che la differenza tra la condizione ante operam e la condizione post operam è una diminuzione di scabrezza da $0.040 \text{ m}^{1/6}$ a $0.030 \text{ m}^{1/6}$ in corrispondenza delle sezioni interessate dalla copertura dell'impianto agrovoltico (la copertura originale del terreno verrà rimossa).

La Figura 21 riporta la visuale generale sulle impronte di allagamento su tutta la zona di interesse, sovrapposte a ortofoto. La figura individua l'attraversamento del canale da parte

dell'elettrodotto interrato in MT (circonferenza C1) e la posizione della stazione Terna esistente (circonferenza C2), oltre che il campo agrovoltaico più a nord (area verde perimetrata in rosso).

La Figura 22 è uno zoom in corrispondenza dell'esistente centrale Terna nelle cui immediate vicinanze è prevista la cabina di elevazione MT/AT e verso cui è diretto l'elettrodotto interrato MT di prossima realizzazione. L'immagine mostra che l'elettrodotto interrato MT attraversa un corso d'acqua episodico risalendo verso nord in direzione del campo agrovoltaico, non incontrando situazioni di allagamento.

La Figura 23 riporta l'intera rete di calcolo con tutte le sezioni e i nominativi delle aste. Lo scopo della figura risulta utile per la consultazione delle tabelle dalla Tabella 12 alla Tabella 23. Le tabelle riportano i calcoli restituiti dall'output dell'HecRas sia nelle condizioni ante operam che in quelle post operam, per tutti i tratti indicati, appunto, in Figura 23. Alcune tabelle (Tabella 14, Tabella 17, Tabella 20) riportano, inoltre, per i tratti indicati come River 1, 2, 3 e 4 anche le differenze tra le varie grandezze idrauliche per evidenziare meglio i cambiamenti tra la situazione ante e post operam (per gli altri tratti non avvengono modifiche). Si nota che in genere le velocità medie tendono a ridursi (a causa dell'abbassamento di scabrezza) ma le variazioni sono sempre contenute nell'ordine dei centimetri al secondo, tranne che in un paio di sezioni in cui si supera il metro al secondo, con il fenomeno quindi estremamente localizzato. Anche la variazione dell'altezza della superficie dell'acqua rimane contenuta, con abbassamenti di non più di 2cm per tutta la rete.

In particolare tutte le tabelle riportano in successione lungo le colonne, il nome dell'asta simulata (ad es. River 1), il nome di tratto (alcune aste sono considerate continue dopo una intersezione per cui continuano verso valle lungo un ulteriore tratto, come indicato dalle frecce di Figura 23), il nominativo della stazione o sezione trasversale (che rappresenta la sua distanza in metri dalla sezione di chiusura), il nome del profilo (in questo caso è 200 anni, ovvero il tempo di ritorno utilizzato), la portata di tratto (in m^3/s), la quota minima del fondo della sezione (in metri rispetto il livello medio mare), la quota della superficie dell'acqua (in metri rispetto il livello medio mare), l'altezza della linea dell'energia in metri (in metri rispetto il livello medio mare), la velocità media nella sezione in m/s , l'area della sezione bagnata sulla sezione (in m^2), l'ampiezza trasversale del pelo libero in metri e il numero di Froude nella sezione, adimensionale.

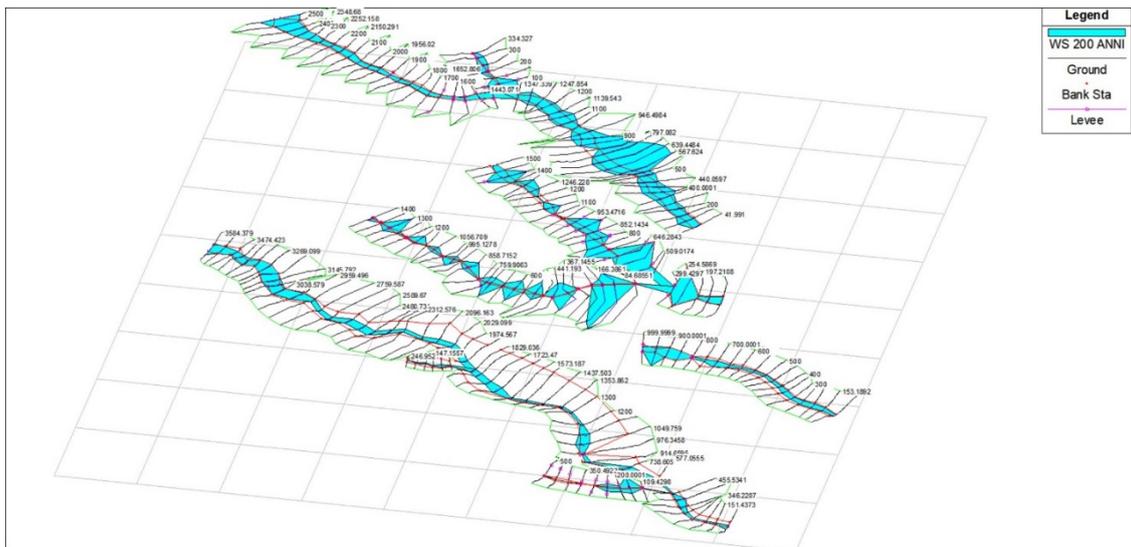


Figura 20. Output 3D dell’HecRas per i corsi d’acqua episodici a est (HecRas interpola i valori di riempimento tra due sezioni successive, indipendentemente dallo sviluppo reale del terreno).

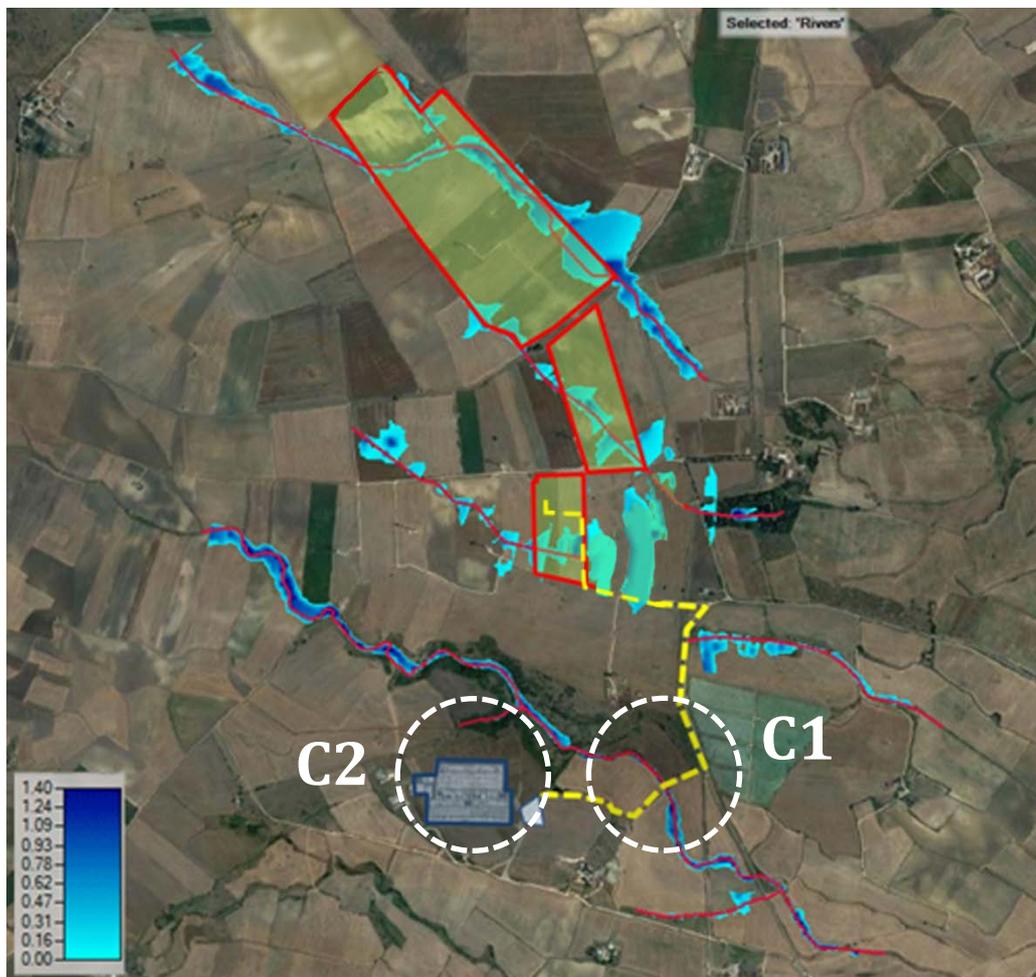


Figura 21. Vista generale del floodplain su ortofoto, con indicazione dell’attraversamento dell’elettrodotto (in giallo tratteggiato) in corrispondenza del corso d’acqua (circonferenza C1) e della stazione Terna (circonferenza C2, con al fianco il sito su cui andrà realizzata la cabina di sollevamento MT/AT con stazione di smistamento), insieme al campo agrovoltaico (aree in verde perimetrato in rosso). La legenda in basso a sinistra riporta l’altezza del tirante idrico rispetto al suolo, espressa in metri.



Figura 22. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettodotto (linea gialla tratteggiata), della stazione Terna e della cabina di elevazione con stazione di smistamento.

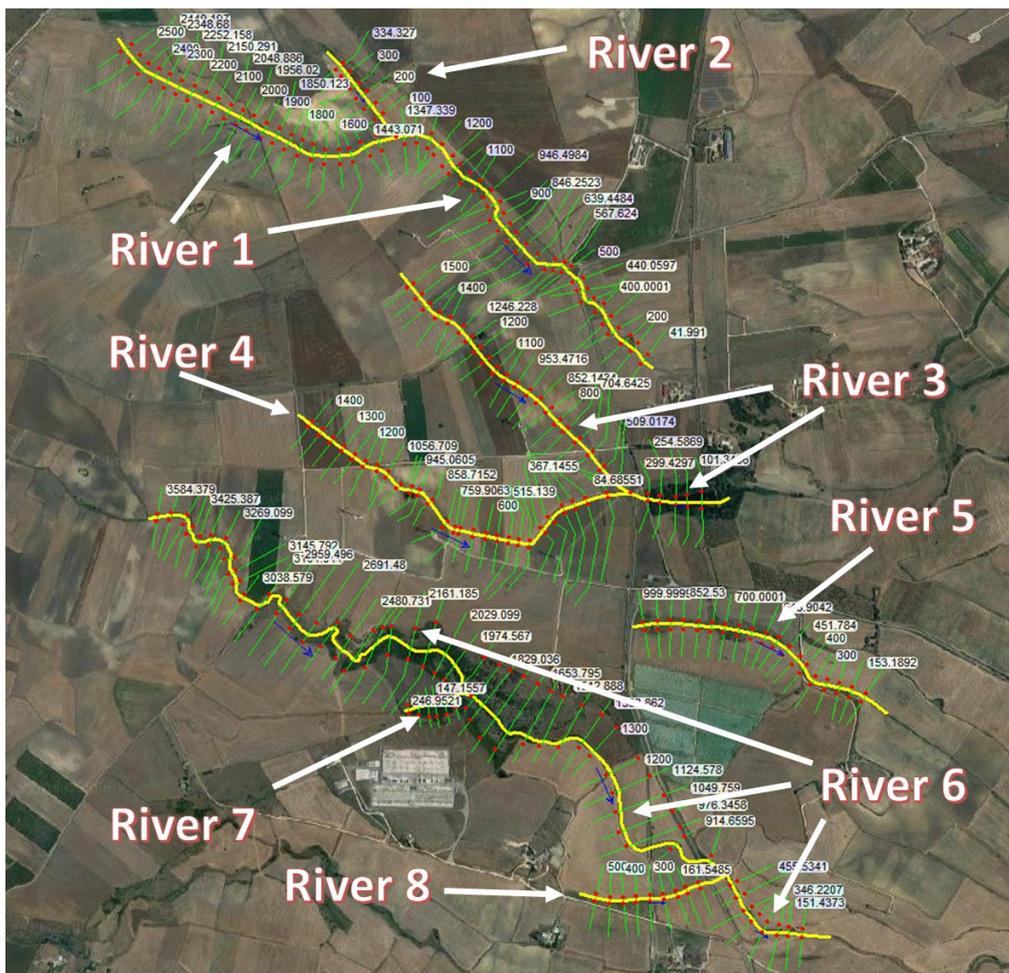


Figura 23. Rappresentazione completa della rete di calcolo, con tutte le sezioni (in verde), l'asse dei corsi d'acqua (in giallo), le bank station (in rosso) e i nominativi delle aste, utili per la consultazione delle tabelle seguenti.

Tabella 12. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 1. Ante operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 1	1.00	2500.00	200 ANNI	30.40	336.67	337.15	337.22	1.54	28.13	167.92	0.88
River 1	1.00	2449.20	200 ANNI	30.40	336.00	336.26	336.33	1.21	25.23	102.70	0.78
River 1	1.00	2400.00	200 ANNI	30.40	335.00	335.25	335.37	1.55	19.57	80.84	1.01
River 1	1.00	2348.68	200 ANNI	30.40	334.00	335.00	335.01	0.54	56.68	69.58	0.19
River 1	1.00	2300.00	200 ANNI	30.40	334.00	334.94	334.97	0.74	41.35	52.63	0.26
River 1	1.00	2252.16	200 ANNI	30.40	334.00	334.67	334.83	1.76	17.29	31.53	0.76
River 1	1.00	2200.00	200 ANNI	30.40	333.00	333.81	334.06	2.21	13.78	28.22	1.01
River 1	1.00	2150.29	200 ANNI	30.40	331.66	332.29	332.62	2.57	11.85	34.66	1.40
River 1	1.00	2100.00	200 ANNI	30.40	330.92	331.38	331.56	1.87	16.22	45.84	1.01
River 1	1.00	2048.89	200 ANNI	30.40	329.00	329.48	329.92	2.97	10.24	25.42	1.49
River 1	1.00	2000.00	200 ANNI	30.40	328.00	328.59	328.83	2.19	13.88	28.71	1.01
River 1	1.00	1956.02	200 ANNI	30.40	327.00	327.51	327.79	2.35	12.91	30.48	1.16
River 1	1.00	1900.00	200 ANNI	30.40	324.12	325.42	325.90	3.06	9.93	19.57	1.37
River 1	1.00	1850.12	200 ANNI	30.40	323.08	324.58	324.73	1.76	17.24	27.87	0.72
River 1	1.00	1800.00	200 ANNI	30.40	322.10	323.74	324.01	2.31	13.16	25.53	1.03
River 1	1.00	1752.38	200 ANNI	30.40	320.74	322.27	322.66	2.75	11.06	26.38	1.36
River 1	1.00	1700.00	200 ANNI	30.40	319.54	321.52	321.65	1.58	19.30	32.88	0.66
River 1	1.00	1652.81	200 ANNI	30.40	319.04	320.71	321.03	2.49	12.19	19.47	1.01
River 1	1.00	1600.00	200 ANNI	30.40	317.01	319.93	320.07	1.65	18.37	22.66	0.59
River 1	1.00	1557.34	200 ANNI	30.40	317.50	319.67	319.79	1.51	20.17	28.25	0.57
River 1	1.00	1500.00	200 ANNI	30.40	317.31	318.88	319.19	2.44	12.47	20.34	0.99
River 1	1.00	1443.07	200 ANNI	30.40	316.45	318.54	318.60	1.11	27.43	48.44	0.47
River 1	2.00	1347.34	200 ANNI	61.54	316.32	317.68	317.86	2.39	32.57	52.20	0.75
River 1	2.00	1300.00	200 ANNI	61.54	316.00	317.19	317.38	2.08	37.28	102.62	0.75
River 1	2.00	1247.85	200 ANNI	61.54	316.00	316.86	316.94	1.26	48.66	64.14	0.46
River 1	2.00	1200.00	200 ANNI	61.54	316.00	316.41	316.58	1.86	33.03	84.49	0.95
River 1	2.00	1139.54	200 ANNI	61.54	315.00	315.64	315.78	1.67	36.83	64.84	0.71
River 1	2.00	1100.00	200 ANNI	61.54	314.00	315.24	315.41	2.07	40.33	108.46	0.74
River 1	2.00	1048.61	200 ANNI	61.54	314.00	314.61	314.70	1.27	48.38	85.36	0.54
River 1	2.00	1000.00	200 ANNI	61.54	313.00	313.88	314.23	2.60	23.71	34.95	1.01
River 1	2.00	946.50	200 ANNI	61.54	313.00	313.66	313.71	1.00	61.68	99.26	0.40
River 1	2.00	900.00	200 ANNI	61.54	313.00	313.56	313.59	0.75	81.88	153.70	0.33
River 1	2.00	846.25	200 ANNI	61.54	312.95	313.21	313.31	1.43	43.12	211.90	1.01
River 1	2.00	797.08	200 ANNI	61.54	312.00	312.56	312.61	0.95	64.95	121.12	0.41
River 1	2.00	751.49	200 ANNI	61.54	312.00	312.49	312.51	0.58	106.09	222.42	0.27
River 1	2.00	698.18	200 ANNI	61.54	312.00	312.42	312.43	0.50	122.95	298.44	0.25
River 1	2.00	639.45	200 ANNI	61.54	312.00	312.21	312.26	0.92	66.64	314.80	0.64
River 1	2.00	567.62	200 ANNI	61.54	311.00	312.08	312.10	0.70	99.26	269.90	0.23
River 1	2.00	526.77	200 ANNI	61.54	311.00	311.98	312.04	1.09	56.43	68.96	0.39
River 1	2.00	500.00	200 ANNI	61.54	311.00	311.92	311.98	1.06	58.12	73.44	0.38
River 1	2.00	440.06	200 ANNI	61.54	311.00	311.75	311.81	1.10	55.95	81.36	0.42
River 1	2.00	400.00	200 ANNI	61.54	311.00	311.36	311.53	1.83	33.60	99.16	1.00
River 1	2.00	356.19	200 ANNI	61.54	310.00	310.97	311.06	1.36	45.40	62.53	0.51
River 1	2.00	300.00	200 ANNI	61.54	310.00	310.39	310.58	1.91	32.22	86.77	1.00
River 1	2.00	245.17	200 ANNI	61.54	309.00	309.66	309.80	1.68	36.54	62.29	0.70
River 1	2.00	200.00	200 ANNI	61.54	308.00	309.26	309.44	2.00	36.90	70.32	0.66
River 1	2.00	143.56	200 ANNI	61.54	307.87	308.88	309.03	1.73	35.48	48.21	0.65
River 1	2.00	100.00	200 ANNI	61.54	308.00	308.63	308.72	1.37	44.81	76.93	0.57
River 1	2.00	41.99	200 ANNI	61.54	307.00	307.80	308.12	2.50	24.65	39.36	1.01

Tabella 13. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 1. Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 1	1.00	2500.00	200 ANNI	30.40	336.67	337.15	337.22	1.54	28.13	167.92	0.88
River 1	1.00	2449.20	200 ANNI	30.40	336.00	336.26	336.33	1.21	25.23	102.70	0.78
River 1	1.00	2400.00	200 ANNI	30.40	335.00	335.25	335.37	1.55	19.57	80.84	1.01
River 1	1.00	2348.68	200 ANNI	30.40	334.00	335.00	335.01	0.54	56.68	69.58	0.19
River 1	1.00	2300.00	200 ANNI	30.40	334.00	334.94	334.97	0.74	41.35	52.63	0.26
River 1	1.00	2252.16	200 ANNI	30.40	334.00	334.67	334.83	1.76	17.29	31.53	0.76
River 1	1.00	2200.00	200 ANNI	30.40	333.00	333.81	334.06	2.21	13.78	28.22	1.01
River 1	1.00	2150.29	200 ANNI	30.40	331.66	332.29	332.62	2.57	11.85	34.66	1.40
River 1	1.00	2100.00	200 ANNI	30.40	330.92	331.38	331.56	1.87	16.22	45.84	1.01
River 1	1.00	2048.89	200 ANNI	30.40	329.00	329.48	329.92	2.97	10.24	25.42	1.49
River 1	1.00	2000.00	200 ANNI	30.40	328.00	328.59	328.83	2.19	13.88	28.71	1.01
River 1	1.00	1956.02	200 ANNI	30.40	327.00	327.51	327.79	2.35	12.91	30.48	1.16
River 1	1.00	1900.00	200 ANNI	30.40	324.12	325.42	325.90	3.06	9.93	19.57	1.37
River 1	1.00	1850.12	200 ANNI	30.40	323.08	324.58	324.73	1.76	17.24	27.87	0.72
River 1	1.00	1800.00	200 ANNI	30.40	322.10	323.74	324.01	2.31	13.16	25.53	1.03
River 1	1.00	1752.38	200 ANNI	30.40	320.74	322.27	322.66	2.75	11.06	26.38	1.36
River 1	1.00	1700.00	200 ANNI	30.40	319.54	321.45	321.61	1.79	17.01	31.72	0.78
River 1	1.00	1652.81	200 ANNI	30.40	319.04	320.71	321.03	2.49	12.19	19.47	1.01
River 1	1.00	1600.00	200 ANNI	30.40	317.01	319.33	320.05	3.75	8.10	12.41	1.48
River 1	1.00	1557.34	200 ANNI	30.40	317.50	319.50	319.70	1.94	15.69	25.39	0.79
River 1	1.00	1500.00	200 ANNI	30.40	317.31	318.88	319.19	2.44	12.47	20.34	0.99
River 1	1.00	1443.07	200 ANNI	30.40	316.45	318.46	318.55	1.28	23.78	47.02	0.57
River 1	2.00	1347.34	200 ANNI	61.54	316.32	317.64	317.85	2.32	30.54	51.54	0.75
River 1	2.00	1300.00	200 ANNI	61.54	316.00	317.19	317.37	2.05	36.93	102.44	0.74
River 1	2.00	1247.85	200 ANNI	61.54	316.00	316.85	316.93	1.27	48.44	64.08	0.47
River 1	2.00	1200.00	200 ANNI	61.54	316.00	316.41	316.59	1.83	33.60	84.59	0.93
River 1	2.00	1139.54	200 ANNI	61.54	315.00	315.63	315.77	1.70	36.11	64.60	0.73
River 1	2.00	1100.00	200 ANNI	61.54	314.00	315.23	315.40	2.04	39.52	108.31	0.73
River 1	2.00	1048.61	200 ANNI	61.54	314.00	314.61	314.70	1.27	48.38	85.36	0.54
River 1	2.00	1000.00	200 ANNI	61.54	313.00	313.88	314.23	2.60	23.71	34.95	1.01
River 1	2.00	946.50	200 ANNI	61.54	313.00	313.66	313.71	1.00	61.68	99.26	0.40
River 1	2.00	900.00	200 ANNI	61.54	313.00	313.56	313.59	0.75	81.88	153.70	0.33
River 1	2.00	846.25	200 ANNI	61.54	312.95	313.21	313.31	1.43	43.12	211.90	1.01
River 1	2.00	797.08	200 ANNI	61.54	312.00	312.56	312.61	0.95	64.95	121.12	0.41
River 1	2.00	751.49	200 ANNI	61.54	312.00	312.49	312.51	0.58	106.10	222.42	0.27
River 1	2.00	698.18	200 ANNI	61.54	312.00	312.42	312.43	0.50	122.97	298.44	0.25
River 1	2.00	639.45	200 ANNI	61.54	312.00	312.21	312.26	0.93	66.43	314.78	0.64
River 1	2.00	567.62	200 ANNI	61.54	311.00	312.08	312.10	0.69	99.26	269.90	0.23
River 1	2.00	526.77	200 ANNI	61.54	311.00	311.98	312.04	1.09	56.43	68.96	0.39
River 1	2.00	500.00	200 ANNI	61.54	311.00	311.92	311.98	1.06	58.12	73.44	0.38
River 1	2.00	440.06	200 ANNI	61.54	311.00	311.75	311.81	1.10	55.95	81.36	0.42
River 1	2.00	400.00	200 ANNI	61.54	311.00	311.36	311.53	1.83	33.60	99.16	1.00
River 1	2.00	356.19	200 ANNI	61.54	310.00	310.97	311.06	1.36	45.40	62.53	0.51
River 1	2.00	300.00	200 ANNI	61.54	310.00	310.39	310.58	1.91	32.22	86.77	1.00
River 1	2.00	245.17	200 ANNI	61.54	309.00	309.66	309.80	1.68	36.54	62.29	0.70
River 1	2.00	200.00	200 ANNI	61.54	308.00	309.26	309.44	2.00	36.90	70.32	0.66
River 1	2.00	143.56	200 ANNI	61.54	307.87	308.88	309.03	1.73	35.48	48.21	0.65
River 1	2.00	100.00	200 ANNI	61.54	308.00	308.63	308.72	1.37	44.81	76.93	0.57
River 1	2.00	41.99	200 ANNI	61.54	307.00	307.80	308.12	2.50	24.65	39.36	1.01

Tabella 14. Differenze tra le grandezze idrauliche tra l'ante e il post operam. River 1.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		
River 1	1.00	2500.00	200 ANNI	30.40	336.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2449.20	200 ANNI	30.40	336.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2400.00	200 ANNI	30.40	335.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2348.68	200 ANNI	30.40	334.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2300.00	200 ANNI	30.40	334.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2252.16	200 ANNI	30.40	334.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2200.00	200 ANNI	30.40	333.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2150.29	200 ANNI	30.40	331.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2100.00	200 ANNI	30.40	330.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2048.89	200 ANNI	30.40	329.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	2000.00	200 ANNI	30.40	328.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1956.02	200 ANNI	30.40	327.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1900.00	200 ANNI	30.40	324.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1850.12	200 ANNI	30.40	323.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1800.00	200 ANNI	30.40	322.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1752.38	200 ANNI	30.40	320.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1700.00	200 ANNI	30.40	319.54	0.07	0.04	-0.21	2.29	1.16	-0.12	
River 1	1.00	1652.81	200 ANNI	30.40	319.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1600.00	200 ANNI	30.40	317.01	0.60	0.02	-2.10	10.27	10.25	-0.89	
River 1	1.00	1557.34	200 ANNI	30.40	317.50	0.17	0.09	-0.43	4.48	2.86	-0.22	
River 1	1.00	1500.00	200 ANNI	30.40	317.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	1.00	1443.07	200 ANNI	30.40	316.45	0.08	0.05	-0.17	3.65	1.42	-0.10	
River 1	2.00	1347.34	200 ANNI	61.54	316.32	0.04	0.01	0.07	2.03	0.66	0.00	
River 1	2.00	1300.00	200 ANNI	61.54	316.00	0.00	0.01	0.03	0.35	0.18	0.01	
River 1	2.00	1247.85	200 ANNI	61.54	316.00	0.01	0.01	-0.01	0.22	0.06	-0.01	
River 1	2.00	1200.00	200 ANNI	61.54	316.00	0.00	-0.01	0.03	-0.57	-0.10	0.02	
River 1	2.00	1139.54	200 ANNI	61.54	315.00	0.01	0.01	-0.03	0.72	0.24	-0.02	
River 1	2.00	1100.00	200 ANNI	61.54	314.00	0.01	0.01	0.03	0.81	0.15	0.01	
River 1	2.00	1048.61	200 ANNI	61.54	314.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	1000.00	200 ANNI	61.54	313.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	946.50	200 ANNI	61.54	313.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	900.00	200 ANNI	61.54	313.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	846.25	200 ANNI	61.54	312.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	797.08	200 ANNI	61.54	312.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	751.49	200 ANNI	61.54	312.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	
River 1	2.00	698.18	200 ANNI	61.54	312.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	
River 1	2.00	639.45	200 ANNI	61.54	312.00	0.00	0.00	-0.01	0.21	0.02	0.00	
River 1	2.00	567.62	200 ANNI	61.54	311.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	526.77	200 ANNI	61.54	311.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	500.00	200 ANNI	61.54	311.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	440.06	200 ANNI	61.54	311.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	400.00	200 ANNI	61.54	311.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	356.19	200 ANNI	61.54	310.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	300.00	200 ANNI	61.54	310.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	245.17	200 ANNI	61.54	309.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	200.00	200 ANNI	61.54	308.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	143.56	200 ANNI	61.54	307.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	100.00	200 ANNI	61.54	308.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
River 1	2.00	41.99	200 ANNI	61.54	307.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tabella 15. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per i tratti River 2 e River 3. Ante operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 2	1.00	334.33	200 ANNI	16.80	325.77	326.82	327.05	2.49	8.28	17.30	0.90
River 2	1.00	300.00	200 ANNI	16.80	324.43	325.41	325.52	1.82	11.99	29.89	0.68
River 2	1.00	245.01	200 ANNI	16.80	322.26	323.29	323.40	1.95	13.28	44.97	0.71
River 2	1.00	200.00	200 ANNI	16.80	320.40	321.43	321.47	1.24	19.74	58.15	0.45
River 2	1.00	149.71	200 ANNI	16.80	318.76	319.96	320.80	4.05	4.14	8.28	1.83
River 2	1.00	100.00	200 ANNI	16.80	318.05	319.12	319.23	2.16	17.41	129.08	0.80

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 3	1.00	1500.00	200 ANNI	11.78	315.54	316.59	316.65	1.12	10.51	23.46	0.53
River 3	1.00	1449.04	200 ANNI	11.78	315.11	316.26	316.30	0.97	12.14	39.85	0.56
River 3	1.00	1400.00	200 ANNI	11.78	314.71	316.21	316.21	0.37	43.37	182.95	0.18
River 3	1.00	1348.46	200 ANNI	11.78	314.27	315.72	316.07	2.64	4.47	6.38	1.01
River 3	1.00	1300.00	200 ANNI	11.78	313.86	315.40	315.41	0.48	27.63	70.26	0.22
River 3	1.00	1246.23	200 ANNI	11.78	313.42	315.31	315.33	0.66	19.05	50.01	0.32
River 3	1.00	1200.00	200 ANNI	11.78	313.04	314.88	315.12	2.18	5.41	3.88	0.59
River 3	1.00	1150.05	200 ANNI	11.78	312.62	314.26	314.58	2.50	4.70	3.75	0.71
River 3	1.00	1100.00	200 ANNI	11.78	312.21	314.22	314.24	0.64	20.77	71.75	0.33
River 3	1.00	1047.97	200 ANNI	11.78	311.77	313.77	314.00	2.12	5.54	3.64	0.55
River 3	1.00	1000.00	200 ANNI	11.78	311.36	312.76	313.30	3.26	3.61	3.38	1.01
River 3	1.00	953.47	200 ANNI	11.78	310.98	312.30	312.32	0.55	23.66	71.69	0.28
River 3	1.00	900.00	200 ANNI	11.78	310.53	312.08	312.12	1.06	15.43	131.42	0.67
River 3	1.00	852.14	200 ANNI	11.78	310.14	311.35	311.37	0.62	20.51	54.60	0.30
River 3	1.00	800.00	200 ANNI	11.78	309.71	311.09	311.14	1.17	12.69	102.83	0.82
River 3	1.00	748.50	200 ANNI	11.78	309.28	310.53	310.54	0.43	35.39	71.65	0.14
River 3	1.00	704.64	200 ANNI	11.78	308.92	310.02	310.43	3.07	9.03	275.39	1.08
River 3	1.00	646.28	200 ANNI	11.78	308.43	309.08	309.15	1.90	15.68	175.68	0.85
River 3	1.00	579.31	200 ANNI	11.78	308.50	308.62	308.62	0.38	31.24	267.50	0.35
River 3	1.00	509.02	200 ANNI	11.78	308.00	308.19	308.22	0.76	15.48	84.68	0.57
River 3	1.00	457.42	200 ANNI	11.78	307.01	307.62	307.63	0.53	22.13	59.10	0.28
River 3	2.00	299.43	200 ANNI	36.58	307.00	307.10	309.11	6.28	5.82	58.31	6.35
River 3	2.00	254.59	200 ANNI	36.58	306.89	307.10	307.16	1.05	34.84	326.18	1.03
River 3	2.00	197.21	200 ANNI	36.58	300.39	300.81	302.62	5.97	6.13	20.11	3.45
River 3	2.00	154.30	200 ANNI	36.58	298.00	299.02	299.07	0.95	38.40	48.23	0.34
River 3	2.00	101.34	200 ANNI	36.58	298.00	298.59	298.81	2.06	17.79	41.85	1.01

Tabella 16. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per i tratti River 2 e River 3. Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 2	1.00	334.33	200 ANNI	16.80	325.77	326.82	327.05	2.49	8.28	17.30	0.90
River 2	1.00	300.00	200 ANNI	16.80	324.43	325.41	325.52	1.82	11.99	29.89	0.68
River 2	1.00	245.01	200 ANNI	16.80	322.26	323.29	323.39	1.73	13.27	44.97	0.63
River 2	1.00	200.00	200 ANNI	16.80	320.40	321.43	321.47	1.24	19.74	58.15	0.45
River 2	1.00	149.71	200 ANNI	16.80	318.76	319.88	321.02	4.72	3.56	6.21	1.99
River 2	1.00	100.00	200 ANNI	16.80	318.05	319.08	319.38	3.14	12.23	128.14	1.19

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 3	1.00	1500.00	200 ANNI	11.78	315.54	316.59	316.66	1.11	10.64	23.57	0.53
River 3	1.00	1449.04	200 ANNI	11.78	315.11	316.25	316.30	1.01	11.67	39.58	0.59
River 3	1.00	1400.00	200 ANNI	11.78	314.71	316.20	316.20	0.36	42.07	182.59	0.17
River 3	1.00	1348.46	200 ANNI	11.78	314.27	315.71	316.07	2.64	4.46	6.37	1.01
River 3	1.00	1300.00	200 ANNI	11.78	313.86	315.40	315.41	0.48	27.64	70.26	0.22
River 3	1.00	1246.23	200 ANNI	11.78	313.42	315.31	315.33	0.66	19.06	50.01	0.32
River 3	1.00	1200.00	200 ANNI	11.78	313.04	314.88	315.12	2.18	5.41	3.88	0.59
River 3	1.00	1150.05	200 ANNI	11.78	312.62	314.26	314.58	2.51	4.69	3.75	0.72
River 3	1.00	1100.00	200 ANNI	11.78	312.21	314.22	314.24	0.63	20.63	71.71	0.33
River 3	1.00	1047.97	200 ANNI	11.78	311.77	313.77	314.00	2.13	5.54	3.63	0.55
River 3	1.00	1000.00	200 ANNI	11.78	311.36	312.77	313.30	3.25	3.63	3.39	1.00
River 3	1.00	953.47	200 ANNI	11.78	310.98	312.28	312.29	0.52	21.80	71.20	0.27
River 3	1.00	900.00	200 ANNI	11.78	310.53	312.08	312.11	0.95	15.43	131.42	0.60
River 3	1.00	852.14	200 ANNI	11.78	310.14	311.34	311.36	0.59	19.59	54.25	0.29
River 3	1.00	800.00	200 ANNI	11.78	309.71	311.08	311.13	1.11	12.06	102.69	0.79
River 3	1.00	748.50	200 ANNI	11.78	309.28	310.53	310.54	0.33	35.39	71.65	0.11
River 3	1.00	704.64	200 ANNI	11.78	308.92	310.02	310.45	3.14	7.73	274.31	1.11
River 3	1.00	646.28	200 ANNI	11.78	308.43	309.07	309.14	1.87	13.59	175.42	0.85
River 3	1.00	579.31	200 ANNI	11.78	308.50	308.62	308.62	0.38	31.24	267.50	0.35
River 3	1.00	509.02	200 ANNI	11.78	308.00	308.19	308.22	0.76	15.48	84.68	0.57
River 3	1.00	457.42	200 ANNI	11.78	307.01	307.62	307.63	0.53	22.13	59.10	0.28
River 3	2.00	299.43	200 ANNI	36.58	307.00	307.10	309.11	6.28	5.82	58.31	6.35
River 3	2.00	254.59	200 ANNI	36.58	306.89	307.10	307.16	1.05	34.84	326.18	1.03
River 3	2.00	197.21	200 ANNI	36.58	300.39	300.81	302.62	5.97	6.13	20.11	3.45
River 3	2.00	154.30	200 ANNI	36.58	298.00	299.02	299.07	0.95	38.40	48.23	0.34
River 3	2.00	101.34	200 ANNI	36.58	298.00	298.59	298.81	2.06	17.79	41.85	1.01

Tabella 17. Differenze tra le grandezze idrauliche tra l'ante e il post operam. River 2 e River 3.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 2	1.00	334.33	200 ANNI	16.80	325.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 2	1.00	300.00	200 ANNI	16.80	324.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 2	1.00	245.01	200 ANNI	16.80	322.26	0.00	0.01	0.22	0.01	0.00	0.08
River 2	1.00	200.00	200 ANNI	16.80	320.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 2	1.00	149.71	200 ANNI	16.80	318.76	0.08	-0.22	-0.67	0.58	2.07	-0.16
River 2	1.00	100.00	200 ANNI	16.80	318.05	0.04	-0.15	-0.98	5.18	0.94	-0.39

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 3	1.00	1500.00	200 ANNI	11.78	315.54	0.00	-0.01	0.01	-0.13	-0.11	0.00
River 3	1.00	1449.04	200 ANNI	11.78	315.11	0.01	0.00	-0.04	0.47	0.27	-0.03
River 3	1.00	1400.00	200 ANNI	11.78	314.71	0.01	0.01	0.01	1.30	0.36	0.01
River 3	1.00	1348.46	200 ANNI	11.78	314.27	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
River 3	1.00	1300.00	200 ANNI	11.78	313.86	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
River 3	1.00	1246.23	200 ANNI	11.78	313.42	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
River 3	1.00	1200.00	200 ANNI	11.78	313.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	1.00	1150.05	200 ANNI	11.78	312.62	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.01
River 3	1.00	1100.00	200 ANNI	11.78	312.21	0.00	0.00	0.01	0.14	0.04	0.00
River 3	1.00	1047.97	200 ANNI	11.78	311.77	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00
River 3	1.00	1000.00	200 ANNI	11.78	311.36	-0.01	0.00	0.01	-0.02	-0.01	0.01
River 3	1.00	953.47	200 ANNI	11.78	310.98	0.02	0.03	0.03	1.86	0.49	0.01
River 3	1.00	900.00	200 ANNI	11.78	310.53	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.07
River 3	1.00	852.14	200 ANNI	11.78	310.14	0.01	0.01	0.03	0.92	0.35	0.01
River 3	1.00	800.00	200 ANNI	11.78	309.71	0.01	0.01	0.06	0.63	0.14	0.03
River 3	1.00	748.50	200 ANNI	11.78	309.28	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.03
River 3	1.00	704.64	200 ANNI	11.78	308.92	0.00	-0.02	-0.07	1.30	1.08	-0.03
River 3	1.00	646.28	200 ANNI	11.78	308.43	0.01	0.01	0.03	2.09	0.26	0.00
River 3	1.00	579.31	200 ANNI	11.78	308.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	1.00	509.02	200 ANNI	11.78	308.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	1.00	457.42	200 ANNI	11.78	307.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	2.00	299.43	200 ANNI	36.58	307.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	2.00	254.59	200 ANNI	36.58	306.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	2.00	197.21	200 ANNI	36.58	300.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	2.00	154.30	200 ANNI	36.58	298.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 3	2.00	101.34	200 ANNI	36.58	298.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 18. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 4. Ante operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 4	1.00	1400.00	200 ANNI	11.66	317.13	318.74	318.76	0.66	22.01	37.73	0.19
River 4	1.00	1351.09	200 ANNI	11.66	316.76	318.07	318.59	3.18	3.66	3.60	1.01
River 4	1.00	1300.00	200 ANNI	11.66	316.38	318.17	318.17	0.32	58.66	148.58	0.09
River 4	1.00	1248.63	200 ANNI	11.66	315.99	317.98	318.13	1.67	6.99	10.75	0.66
River 4	1.00	1200.00	200 ANNI	11.66	315.62	317.26	317.57	2.45	4.75	3.79	0.70
River 4	1.00	1150.55	200 ANNI	11.66	315.24	317.15	317.22	1.37	14.97	67.23	0.36
River 4	1.00	1100.00	200 ANNI	11.66	314.85	316.24	316.80	3.32	3.51	3.14	1.00
River 4	1.00	1056.71	200 ANNI	11.66	314.52	316.25	316.30	1.24	15.38	45.75	0.34
River 4	1.00	995.13	200 ANNI	11.66	314.06	315.38	315.90	3.20	3.64	3.47	1.00
River 4	1.00	945.06	200 ANNI	11.66	313.67	315.45	315.46	0.46	41.58	89.39	0.12
River 4	1.00	916.58	200 ANNI	11.66	313.46	314.84	315.38	3.24	3.60	3.41	1.01
River 4	1.00	858.72	200 ANNI	11.66	313.02	314.11	314.25	2.09	11.37	82.63	0.74
River 4	1.00	759.91	200 ANNI	11.66	312.27	313.39	313.40	0.67	25.23	68.07	0.23
River 4	1.00	720.00	200 ANNI	11.66	311.96	313.20	313.24	1.20	18.72	79.31	0.39
River 4	1.00	700.00	200 ANNI	11.66	311.81	313.10	313.15	1.29	17.88	153.79	0.56
River 4	1.00	650.45	200 ANNI	11.66	311.43	312.59	312.70	1.64	8.90	30.39	0.74
River 4	1.00	600.00	200 ANNI	11.66	311.05	312.20	312.21	0.52	39.21	175.37	0.21
River 4	1.00	558.81	200 ANNI	11.66	310.74	311.82	312.08	2.25	5.17	10.00	1.00
River 4	1.00	515.14	200 ANNI	11.66	310.41	311.09	311.14	1.54	14.29	149.70	0.89
River 4	1.00	479.87	200 ANNI	11.66	310.14	310.83	310.83	0.16	55.21	80.10	0.07
River 4	1.00	441.19	200 ANNI	11.66	309.85	310.70	310.70	0.13	76.00	117.24	0.05
River 4	1.00	367.15	200 ANNI	11.66	309.28	310.03	310.62	4.08	8.25	251.59	1.74
River 4	1.00	315.25	200 ANNI	11.66	308.89	310.00	310.01	0.65	41.98	428.67	0.23
River 4	1.00	254.94	200 ANNI	11.66	308.43	310.00	310.00	0.04	201.99	503.61	0.02
River 4	1.00	212.96	200 ANNI	11.66	308.11	309.33	309.33	0.14	116.70	356.00	0.05
River 4	1.00	166.39	200 ANNI	11.66	307.76	309.33	309.33	0.12	164.58	498.93	0.03
River 4	1.00	84.69	200 ANNI	11.66	307.14	308.68	309.26	3.38	3.45	2.96	1.00

Tabella 19. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 4. Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 4	1.00	1400.00	200 ANNI	11.66	317.13	318.74	318.76	0.66	22.01	37.73	0.19
River 4	1.00	1351.09	200 ANNI	11.66	316.76	318.07	318.59	3.18	3.66	3.60	1.01
River 4	1.00	1300.00	200 ANNI	11.66	316.38	318.17	318.17	0.32	58.66	148.58	0.09
River 4	1.00	1248.63	200 ANNI	11.66	315.99	317.98	318.13	1.67	6.99	10.75	0.66
River 4	1.00	1200.00	200 ANNI	11.66	315.62	317.26	317.57	2.45	4.75	3.79	0.70
River 4	1.00	1150.55	200 ANNI	11.66	315.24	317.15	317.22	1.37	14.97	67.23	0.36
River 4	1.00	1100.00	200 ANNI	11.66	314.85	316.24	316.80	3.32	3.51	3.14	1.00
River 4	1.00	1056.71	200 ANNI	11.66	314.52	316.25	316.30	1.24	15.38	45.75	0.34
River 4	1.00	995.13	200 ANNI	11.66	314.06	315.38	315.90	3.20	3.64	3.47	1.00
River 4	1.00	945.06	200 ANNI	11.66	313.67	315.45	315.46	0.46	41.58	89.39	0.12
River 4	1.00	916.58	200 ANNI	11.66	313.46	314.84	315.38	3.24	3.60	3.41	1.01
River 4	1.00	858.72	200 ANNI	11.66	313.02	314.11	314.25	2.09	11.37	82.63	0.74
River 4	1.00	759.91	200 ANNI	11.66	312.27	313.39	313.40	0.67	25.23	68.07	0.23
River 4	1.00	720.00	200 ANNI	11.66	311.96	313.21	313.24	1.18	18.97	79.36	0.38
River 4	1.00	700.00	200 ANNI	11.66	311.81	313.09	313.15	1.34	17.31	153.33	0.59
River 4	1.00	650.45	200 ANNI	11.66	311.43	312.59	312.70	1.64	8.90	30.39	0.74
River 4	1.00	600.00	200 ANNI	11.66	311.05	312.18	312.19	0.61	34.64	174.87	0.26
River 4	1.00	558.81	200 ANNI	11.66	310.74	311.82	312.08	2.25	5.17	10.00	1.00
River 4	1.00	515.14	200 ANNI	11.66	310.41	311.05	311.23	2.57	9.28	148.68	1.59
River 4	1.00	479.87	200 ANNI	11.66	310.14	310.83	310.83	0.16	55.21	80.10	0.07
River 4	1.00	441.19	200 ANNI	11.66	309.85	310.70	310.70	0.13	76.00	117.24	0.05
River 4	1.00	367.15	200 ANNI	11.66	309.28	310.02	310.63	4.11	7.47	251.34	1.76
River 4	1.00	315.25	200 ANNI	11.66	308.89	310.00	310.00	0.51	41.98	428.67	0.18
River 4	1.00	254.94	200 ANNI	11.66	308.43	310.00	310.00	0.03	201.99	503.61	0.01
River 4	1.00	212.96	200 ANNI	11.66	308.11	309.33	309.33	0.11	115.14	355.89	0.04
River 4	1.00	166.39	200 ANNI	11.66	307.76	309.32	309.32	0.10	162.79	498.87	0.03
River 4	1.00	84.69	200 ANNI	11.66	307.14	308.68	309.26	3.38	3.45	2.96	1.00

Tabella 20. Differenze tra le grandezze idrauliche tra l'ante e il post operam. River 4.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 4	1.00	1400.00	200 ANNI	11.66	317.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1351.09	200 ANNI	11.66	316.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1300.00	200 ANNI	11.66	316.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1248.63	200 ANNI	11.66	315.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1200.00	200 ANNI	11.66	315.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1150.55	200 ANNI	11.66	315.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1100.00	200 ANNI	11.66	314.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	1056.71	200 ANNI	11.66	314.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	995.13	200 ANNI	11.66	314.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	945.06	200 ANNI	11.66	313.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	916.58	200 ANNI	11.66	313.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	858.72	200 ANNI	11.66	313.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	759.91	200 ANNI	11.66	312.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	720.00	200 ANNI	11.66	311.96	-0.01	0.00	0.02	-0.25	-0.05	0.01
River 4	1.00	700.00	200 ANNI	11.66	311.81	0.01	0.00	-0.05	0.57	0.46	-0.03
River 4	1.00	650.45	200 ANNI	11.66	311.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	600.00	200 ANNI	11.66	311.05	0.02	0.02	-0.09	4.57	0.50	-0.05
River 4	1.00	558.81	200 ANNI	11.66	310.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	515.14	200 ANNI	11.66	310.41	0.04	-0.09	-1.03	5.01	1.02	-0.70
River 4	1.00	479.87	200 ANNI	11.66	310.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	441.19	200 ANNI	11.66	309.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 4	1.00	367.15	200 ANNI	11.66	309.28	0.01	-0.01	-0.03	0.78	0.25	-0.02
River 4	1.00	315.25	200 ANNI	11.66	308.89	0.00	0.01	0.14	0.00	0.00	0.05
River 4	1.00	254.94	200 ANNI	11.66	308.43	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
River 4	1.00	212.96	200 ANNI	11.66	308.11	0.00	0.00	0.03	1.56	0.11	0.01
River 4	1.00	166.39	200 ANNI	11.66	307.76	0.01	0.01	0.02	1.79	0.06	0.00
River 4	1.00	84.69	200 ANNI	11.66	307.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 21. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 5. Ante operam ≡ Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 5	1.00	1000.00	200 ANNI	14.69	305.20	305.70	305.83	1.60	9.21	35.44	1.00
River 5	1.00	900.00	200 ANNI	14.69	303.00	303.17	303.23	1.07	13.78	83.67	0.84
River 5	1.00	852.53	200 ANNI	14.69	302.00	302.18	302.24	1.13	12.97	75.36	0.87
River 5	1.00	800.00	200 ANNI	14.69	300.00	300.89	301.13	2.16	6.79	14.30	1.00
River 5	1.00	748.12	200 ANNI	14.69	298.28	298.84	299.22	2.70	5.43	23.58	1.80
River 5	1.00	700.00	200 ANNI	14.69	297.64	298.12	298.22	1.40	10.46	50.63	0.99
River 5	1.00	648.42	200 ANNI	14.69	296.00	296.30	296.51	2.04	7.18	29.02	1.31
River 5	1.00	600.00	200 ANNI	14.69	294.00	294.92	295.15	2.13	6.91	15.08	1.00
River 5	1.00	548.90	200 ANNI	14.69	293.00	293.41	293.69	2.35	6.26	20.07	1.34
River 5	1.00	500.00	200 ANNI	14.69	290.94	291.52	291.81	2.42	6.08	16.35	1.27
River 5	1.00	451.78	200 ANNI	14.69	290.00	290.53	290.72	1.93	7.61	18.42	0.96
River 5	1.00	400.00	200 ANNI	14.69	289.00	289.94	290.05	1.50	9.78	18.80	0.66
River 5	1.00	357.77	200 ANNI	14.69	289.00	289.33	289.47	1.68	8.74	30.51	1.00
River 5	1.00	300.00	200 ANNI	14.69	287.00	287.40	287.67	2.31	6.35	20.48	1.33
River 5	1.00	249.41	200 ANNI	14.69	286.00	286.36	286.48	1.57	9.33	29.91	0.90
River 5	1.00	200.00	200 ANNI	14.69	285.00	285.29	285.42	1.60	9.20	35.72	1.01
River 5	1.00	153.19	200 ANNI	14.69	283.20	284.05	284.22	1.81	8.10	26.98	1.06
River 5	1.00	100.00	200 ANNI	14.69	279.94	280.35	281.26	4.24	3.47	13.09	2.63

Tabella 22. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per il tratto River 6. Ante operam \equiv Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
River 6	1.00	3584.38	200 ANNI	67.22	315.00	316.01	316.10	1.37	49.52	89.63	0.47
River 6	1.00	3534.49	200 ANNI	67.22	315.00	315.69	315.84	1.67	40.16	64.24	0.68
River 6	1.00	3474.42	200 ANNI	67.22	314.00	314.78	315.10	2.53	26.58	40.94	1.00
River 6	1.00	3425.39	200 ANNI	67.22	313.00	314.35	314.50	1.78	39.75	49.43	0.57
River 6	1.00	3370.40	200 ANNI	67.22	312.08	314.15	314.26	1.50	47.09	61.94	0.47
River 6	1.00	3320.28	200 ANNI	67.22	313.00	313.97	314.07	1.43	47.09	56.59	0.50
River 6	1.00	3269.10	200 ANNI	67.22	312.00	313.88	313.92	0.95	70.90	81.81	0.32
River 6	1.00	3202.24	200 ANNI	67.22	312.58	313.53	313.68	1.68	39.96	77.21	0.75
River 6	1.00	3145.79	200 ANNI	67.22	312.00	313.35	313.41	1.07	63.03	74.63	0.37
River 6	1.00	3104.94	200 ANNI	67.22	311.89	313.19	313.30	1.44	49.60	70.56	0.46
River 6	1.00	3038.58	200 ANNI	67.22	312.00	312.97	313.06	1.30	51.85	64.07	0.46
River 6	1.00	2959.50	200 ANNI	67.22	311.03	312.75	312.81	1.11	60.46	74.60	0.39
River 6	1.00	2833.87	200 ANNI	67.22	310.06	311.65	312.10	2.98	22.59	25.10	1.00
River 6	1.00	2759.59	200 ANNI	67.22	308.87	310.12	310.68	3.32	20.23	23.47	1.14
River 6	1.00	2691.48	200 ANNI	67.22	306.70	308.52	308.73	2.04	32.88	28.99	0.61
River 6	1.00	2589.67	200 ANNI	67.22	306.78	307.89	308.06	1.83	36.69	46.20	0.66
River 6	1.00	2480.73	200 ANNI	67.22	306.00	307.12	307.29	1.80	37.40	46.03	0.64
River 6	1.00	2424.66	200 ANNI	67.22	305.00	306.59	306.81	2.09	32.19	43.66	0.78
River 6	1.00	2312.58	200 ANNI	67.22	304.00	305.31	305.56	2.21	30.48	41.58	0.82
River 6	1.00	2249.15	200 ANNI	67.22	303.00	304.23	304.66	2.90	23.18	27.04	1.00
River 6	1.00	2161.19	200 ANNI	67.22	301.00	302.41	302.96	3.29	20.46	24.62	1.15
River 6	1.00	2096.16	200 ANNI	67.22	299.90	301.28	301.64	2.65	25.32	35.52	1.00
River 6	1.00	2029.10	200 ANNI	67.22	299.00	300.06	300.47	2.83	23.76	30.43	1.02
River 6	1.00	1974.57	200 ANNI	67.22	298.00	299.01	299.42	2.82	23.83	34.17	1.08
River 6	1.00	1902.19	200 ANNI	67.22	295.98	296.78	297.42	3.53	19.02	30.47	1.43
River 6	2.00	1829.04	200 ANNI	86.02	293.00	294.53	295.18	3.57	24.09	28.93	1.25
River 6	2.00	1789.75	200 ANNI	86.02	293.00	294.05	294.48	2.91	29.56	34.71	1.01
River 6	2.00	1723.47	200 ANNI	86.02	291.00	292.60	293.17	3.33	25.80	30.90	1.17
River 6	2.00	1653.80	200 ANNI	86.02	290.00	291.36	291.68	2.53	33.94	52.99	1.01
River 6	2.00	1573.19	200 ANNI	86.02	286.11	287.89	289.47	5.57	15.44	11.11	1.51
River 6	2.00	1512.89	200 ANNI	86.02	285.15	287.37	288.23	4.10	21.00	12.30	1.00
River 6	2.00	1437.50	200 ANNI	86.02	284.07	286.30	287.07	3.89	22.09	12.74	0.94
River 6	2.00	1353.86	200 ANNI	86.02	282.84	285.15	285.93	3.90	22.04	11.86	0.91
River 6	2.00	1300.00	200 ANNI	86.02	282.05	284.26	285.13	4.12	20.87	12.10	1.00
River 6	2.00	1200.00	200 ANNI	86.02	280.58	283.16	283.78	3.51	24.52	12.17	0.79
River 6	2.00	1124.58	200 ANNI	86.02	279.46	282.35	282.74	2.77	31.51	42.21	0.98
River 6	2.00	1049.76	200 ANNI	86.02	278.35	281.36	281.54	1.99	46.05	57.41	0.66
River 6	2.00	976.35	200 ANNI	86.02	277.26	279.69	280.68	4.39	19.59	9.96	1.00
River 6	2.00	914.66	200 ANNI	86.02	276.34	277.80	279.01	4.87	17.65	20.68	1.68
River 6	2.00	738.61	200 ANNI	86.02	273.76	276.21	276.53	2.49	35.69	45.84	0.82
River 6	2.00	577.06	200 ANNI	86.02	271.36	273.55	274.27	3.75	22.91	12.06	0.87
River 6	3.00	455.53	200 ANNI	93.42	269.55	270.65	277.34	11.46	8.15	8.80	3.80
River 6	3.00	402.42	200 ANNI	93.42	268.76	271.23	271.87	3.59	27.29	41.66	1.28
River 6	3.00	346.22	200 ANNI	93.42	267.93	270.54	270.90	2.64	35.42	26.63	0.73
River 6	3.00	300.59	200 ANNI	93.42	267.25	269.58	270.32	3.82	24.44	16.45	1.00
River 6	3.00	245.86	200 ANNI	93.42	266.44	268.85	269.52	3.62	25.80	12.24	0.80
River 6	3.00	191.70	200 ANNI	93.42	265.65	267.83	268.79	4.34	21.52	11.22	1.00
River 6	3.00	151.44	200 ANNI	93.42	265.05	267.08	268.08	4.43	21.11	12.12	1.07
River 6	3.00	100.00	200 ANNI	93.42	264.29	266.25	267.07	4.10	25.51	33.34	1.07

Tabella 23. River 7 e 8. Grandezze idrauliche sulle stazioni di calcolo per i tratti River 7 e River 8. Ante operam ≡ Post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 7	1.00	246.95	200 ANNI	4.30	312.00	312.50	312.62	1.57	2.74	11.31	1.02
River 7	1.00	208.10	200 ANNI	4.30	306.95	307.28	309.51	6.62	0.65	4.00	5.24
River 7	1.00	173.97	200 ANNI	4.30	306.00	306.29	306.41	1.56	2.75	11.15	1.00
River 7	1.00	147.16	200 ANNI	4.30	304.33	304.53	304.95	2.87	1.50	10.44	2.42
River 7	1.00	113.72	200 ANNI	4.30	304.00	304.19	304.27	1.31	3.29	19.06	1.00
River 7	1.00	77.75	200 ANNI	4.30	301.00	301.28	301.93	3.59	1.20	7.75	2.91

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 8	1.00	500.00	200 ANNI	7.40	289.53	290.47	290.88	2.83	2.62	3.39	1.00
River 8	1.00	449.17	200 ANNI	7.40	287.64	288.36	289.03	3.62	2.04	3.30	1.47
River 8	1.00	400.00	200 ANNI	7.40	285.81	286.77	287.19	2.87	2.57	3.15	1.01
River 8	1.00	350.49	200 ANNI	7.40	283.98	284.97	285.40	2.91	2.54	2.94	1.00
River 8	1.00	300.00	200 ANNI	7.40	282.10	282.84	283.52	3.65	2.04	3.85	1.47
River 8	1.00	248.87	200 ANNI	7.40	280.22	281.02	281.27	2.26	4.26	62.34	1.20
River 8	1.00	200.00	200 ANNI	7.40	278.41	279.09	279.42	3.06	4.28	37.69	1.28
River 8	1.00	161.55	200 ANNI	7.40	276.98	278.04	278.04	0.18	43.52	135.13	0.07
River 8	1.00	109.43	200 ANNI	7.40	275.04	275.55	277.79	6.62	1.12	2.39	3.09

La Figura 24 riporta nuovamente la planimetria della rete su ortofoto su cui sono evidenziate alcune sezioni trasversali di calcolo per HecRas, in corrispondenza dell'area occupata dal campo agrovoltaiico indicate con A, B, C, D, E.

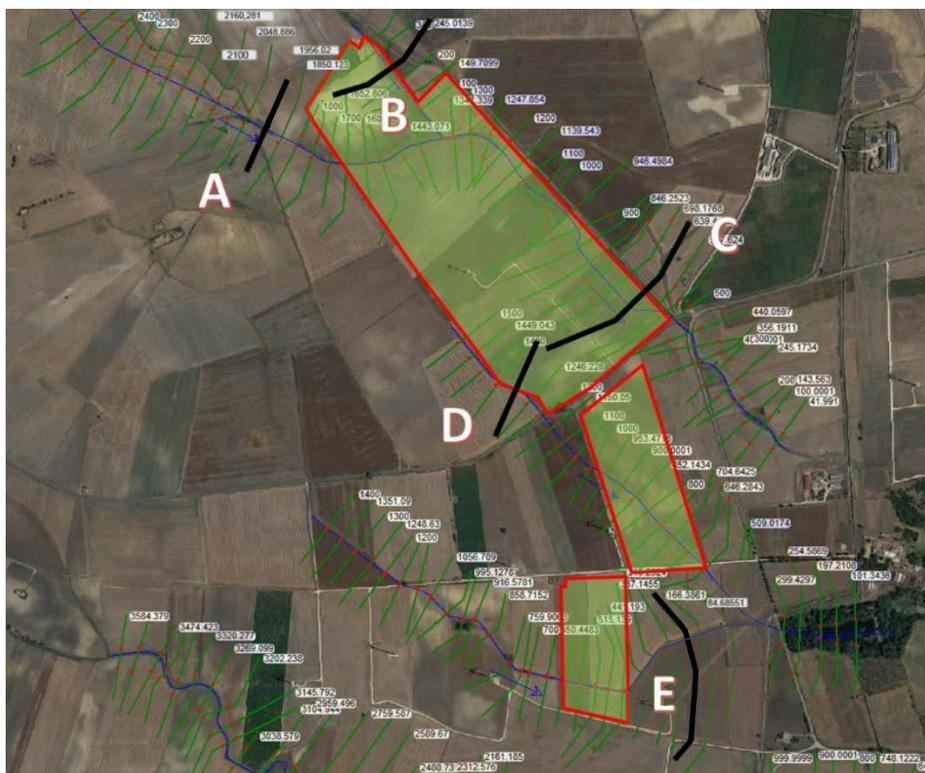


Figura 24. Sezioni di calcolo (segmenti neri continui) per le quali sono riportati i profili trasversali.

Le figure dalla Figura 25 alla Figura 29 riportano un confronto tra le sezioni di calcolo A, B, C, D ed E in condizioni ante e post operam. Come si può osservare le variazioni sono del tutto minime se non nulle.

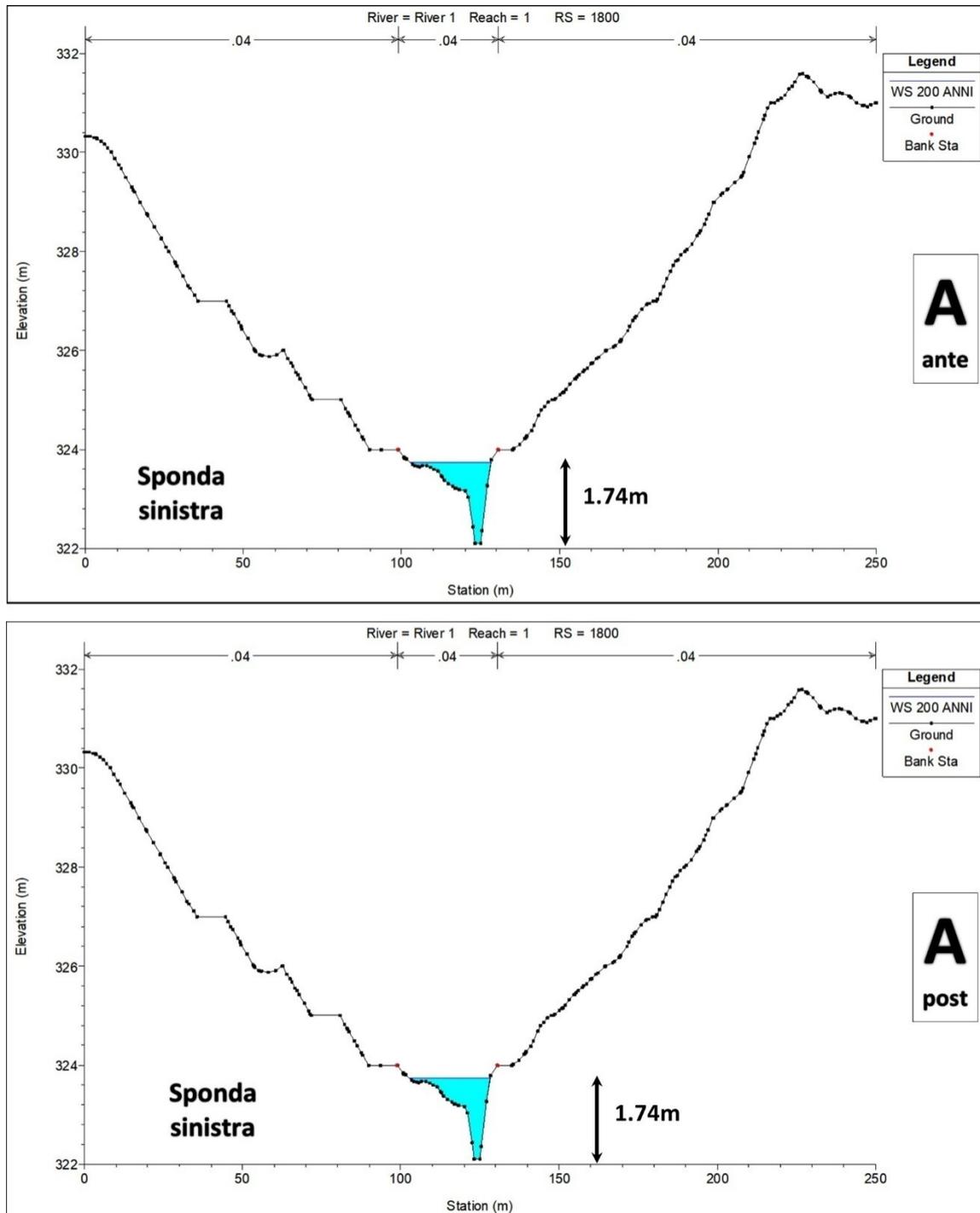


Figura 25. Sezione di calcolo A restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: ante operam 2.31m/s, post operam 2.31m/s.

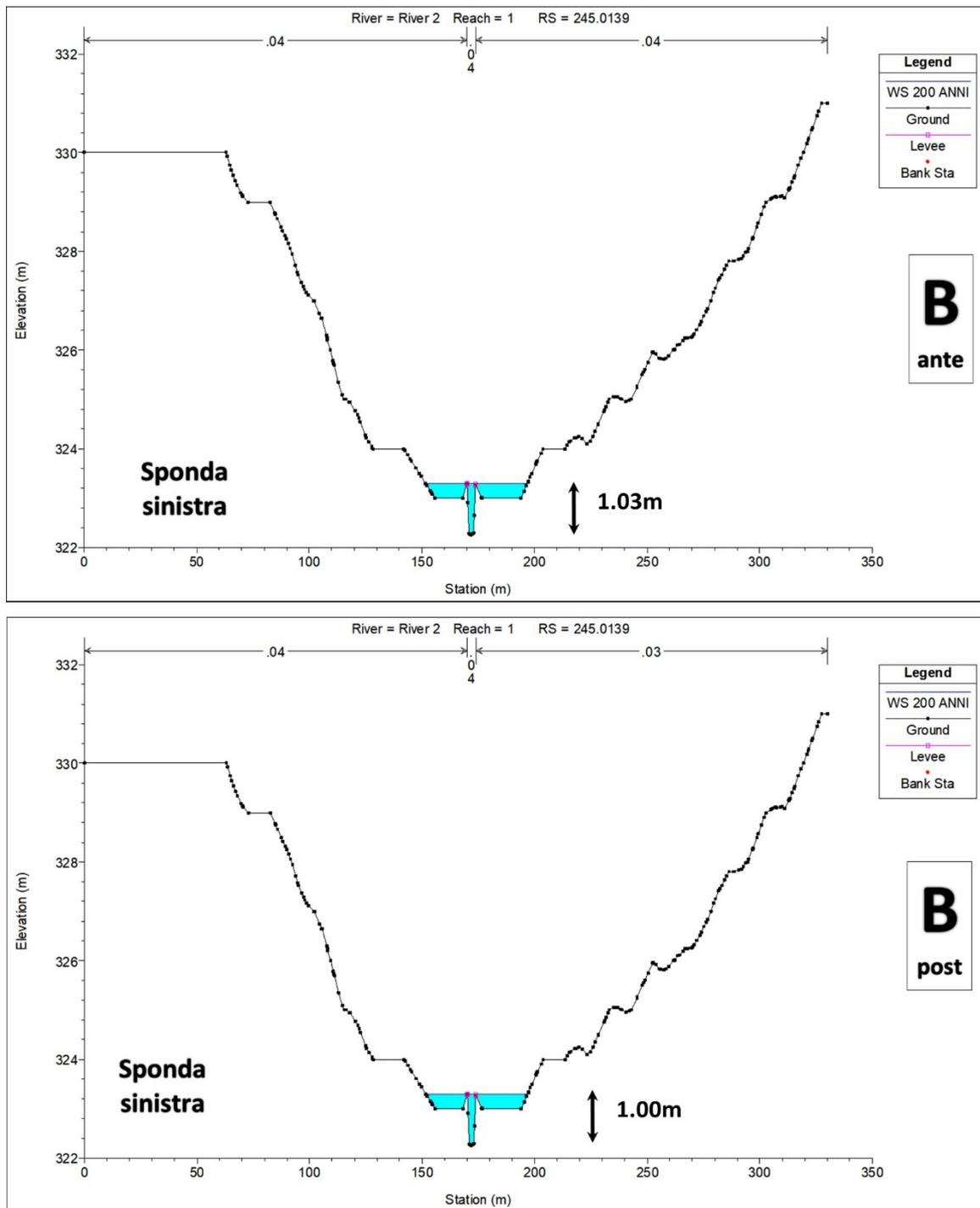


Figura 26. Sezione di calcolo B restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: ante operam 1.95m/s, post operam 1.73m/s.

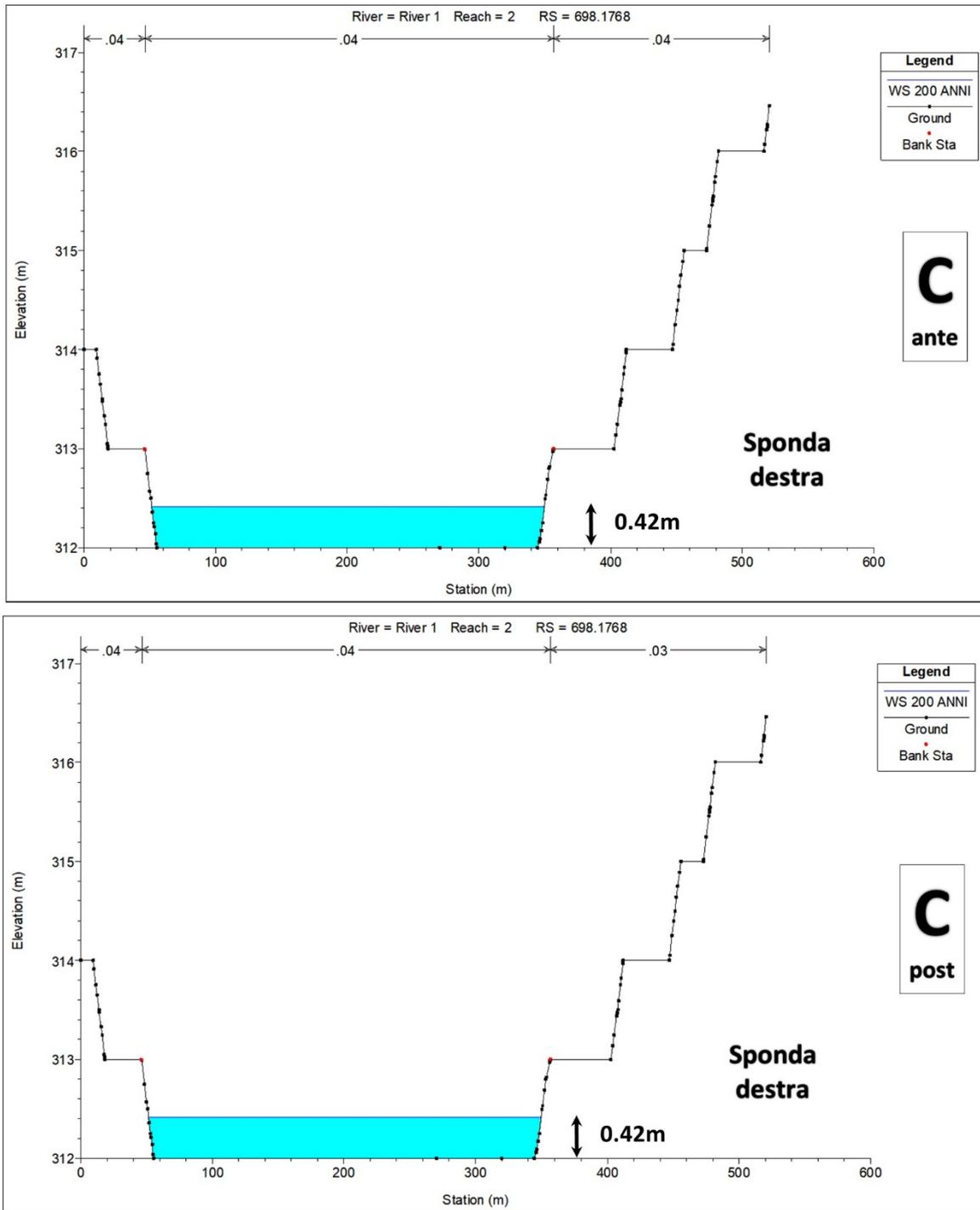


Figura 27. Sezione di calcolo C restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: ante operam 0.5m/s, post operam 0.5m/s.

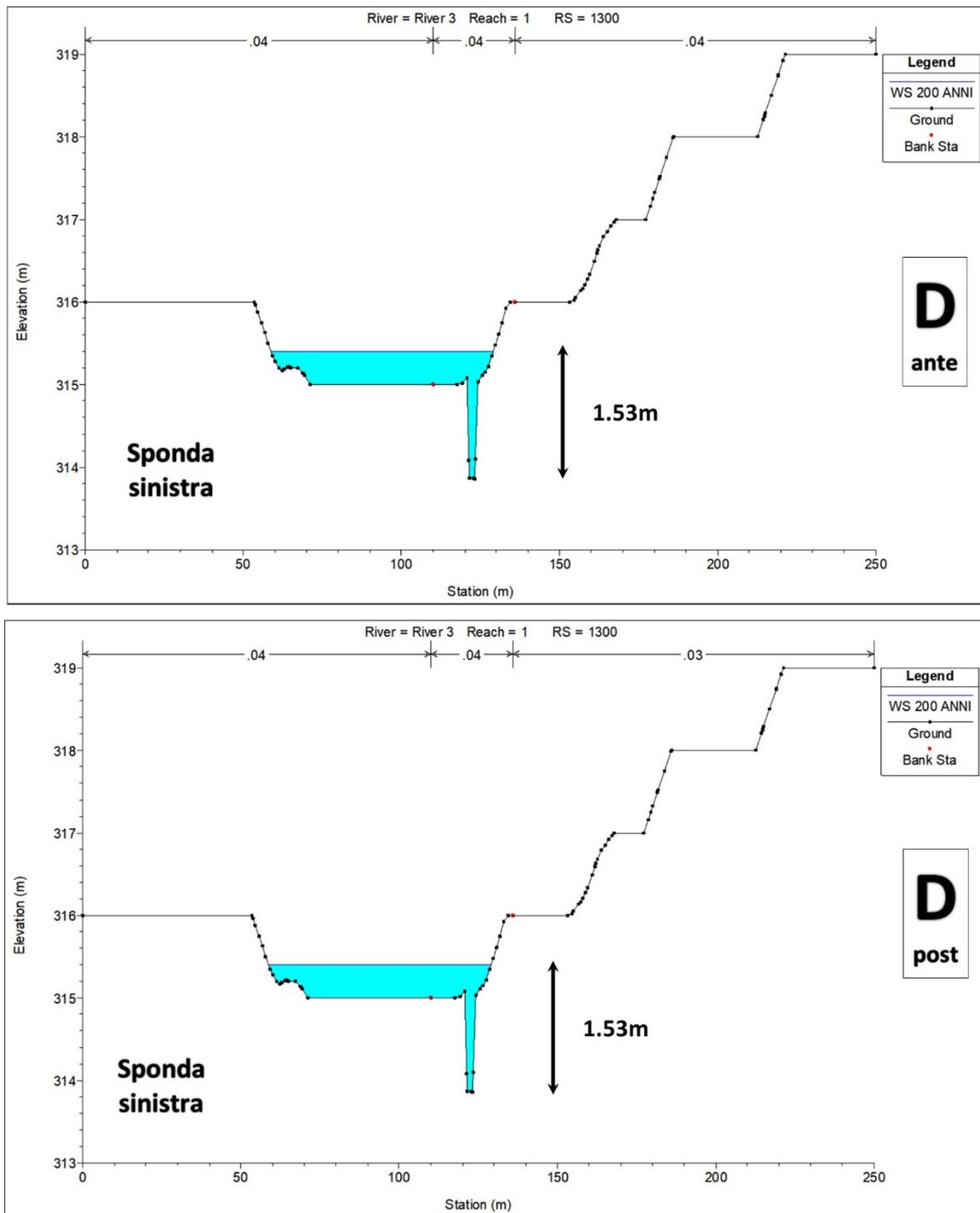


Figura 28. Sezione di calcolo D restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: ante operam 0.48 m/s, post operam 0.48m/s.

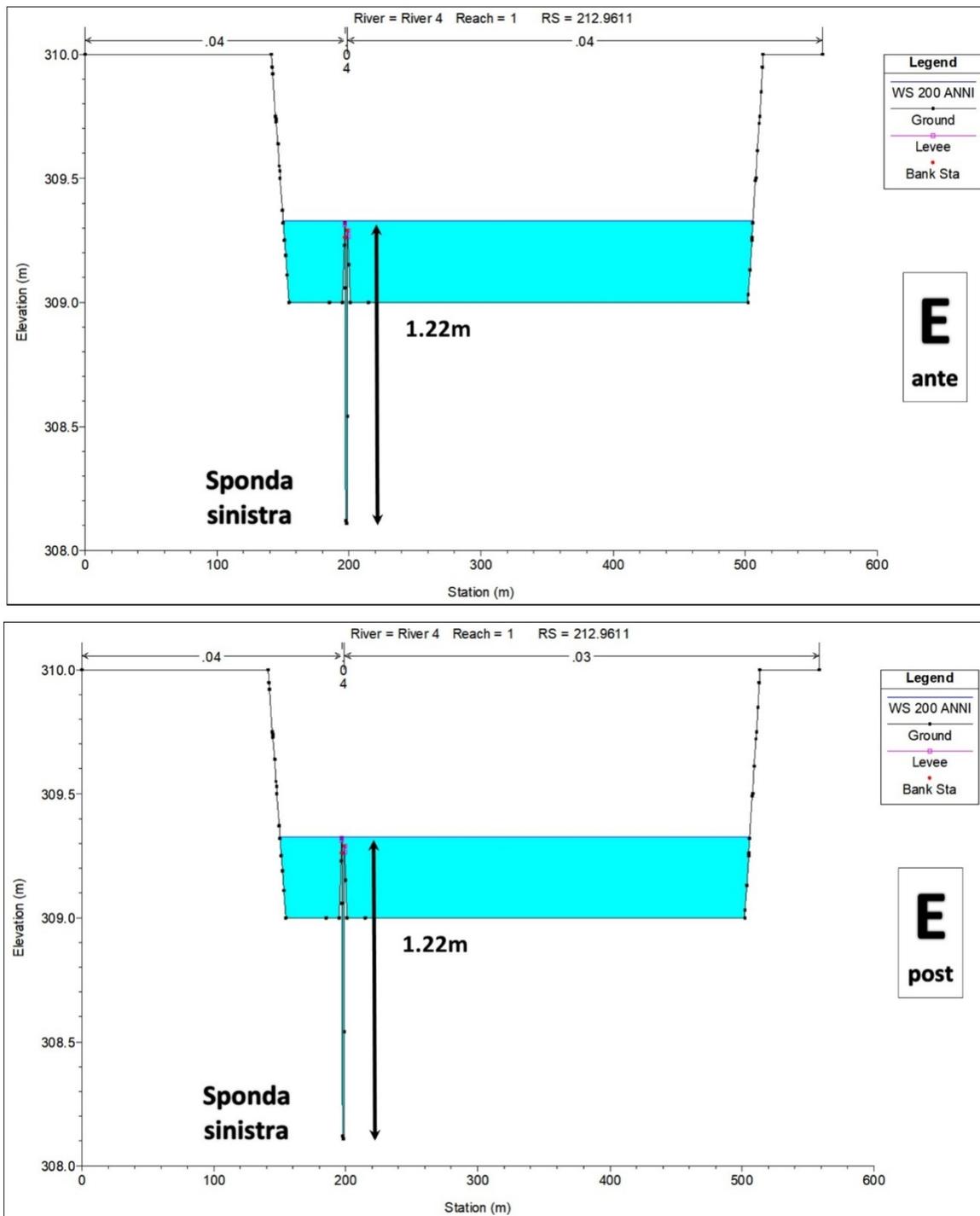


Figura 29. Sezione di calcolo E restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: ante operam 0.14m/s, post operam 0.11m/s.

Infine, la Figura 30 riporta un solo esempio di raffronto tra i profili longitudinali, in questo caso per quanto riguarda l'asta River 1 (vedasi la Figura 23): si nota come la differenza tra i profili ante e post operam sia davvero minima. Lo stesso vale anche per tutte le altre case. I dati sono comunque ottenibili dalle tabelle precedenti.

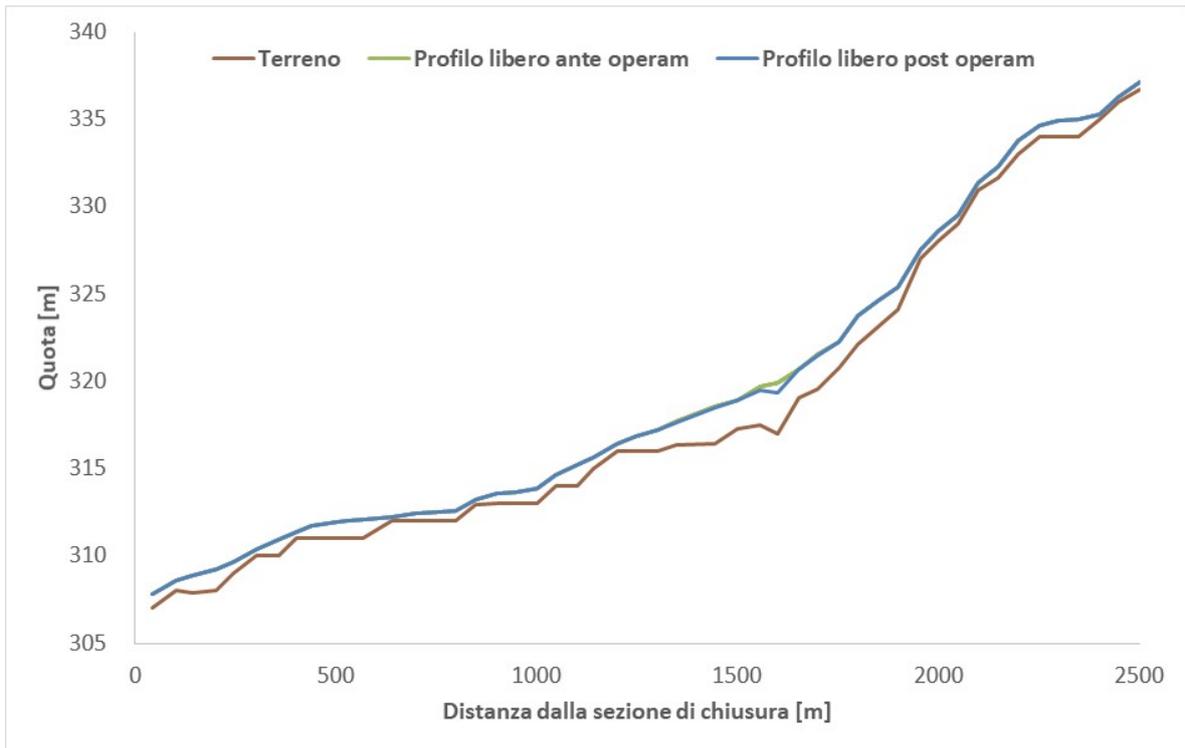


Figura 30. Profili longitudinali del pelo libero lungo l'asta River 1: ante e post operam.

7 CONCLUSIONI

La società Colangelo SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC di 26.640 MW denominato "COLANGELO", in zona agricola nel comune di nel Castellaneta (TA).

L'impianto oggetto della presente relazione è destinato a produrre energia elettrica da fonte rinnovabile e la cessione della stessa alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) avverrà attraverso una connessione in alta tensione (AT) con l'esistente Stazione Elettrica Terna Castellaneta localizzata a circa 7 km a nord-ovest dal centro abitato di Castellaneta.

Gli interventi prevedono la realizzazione di un impianto agrovoltaico, di un elettrodotto interrato in Media Tensione per la consegna alla Stazione Elettrica Terna Castellaneta attraverso una nuova cabina di elevazione MT/AT.

Scopo del presente lavoro è stato quello di ***valutare l'eventuale riposizionamento dell'impianto agrovoltaico e dell'elettrodotto, e verificare l'influenza sul deflusso superficiale delle acque causata dalla presenza dell'impianto stesso***, in concomitanza di portate calcolate per un tempo di ritorno pari a 200 anni. A tal fine sono state realizzate due simulazioni, la prima in condizioni ante operam e la seconda in condizioni post operam, la quale ultima tiene conto della modifica della scabrezza superficiale dei terreni a causa della presenza del campo agrovoltaico al posto dei terreni agricoli attualmente presenti sul territorio.

Le elaborazioni sono state eseguite mediante fogli di calcolo Excel, QGis, HecRas 5.0.7, nel quale sono state importate le aste di interesse e le sezioni di calcolo ed è stato utilizzato il modulo RAS Mapper di HecRas per l'ottenimento delle mappe di esondazione a valle di simulazioni in moto permanente.

Le simulazioni mostrano che:

- la centrale fotovoltaica non viene interessata da impronte di allagamento, come si evince da planimetria allagata:

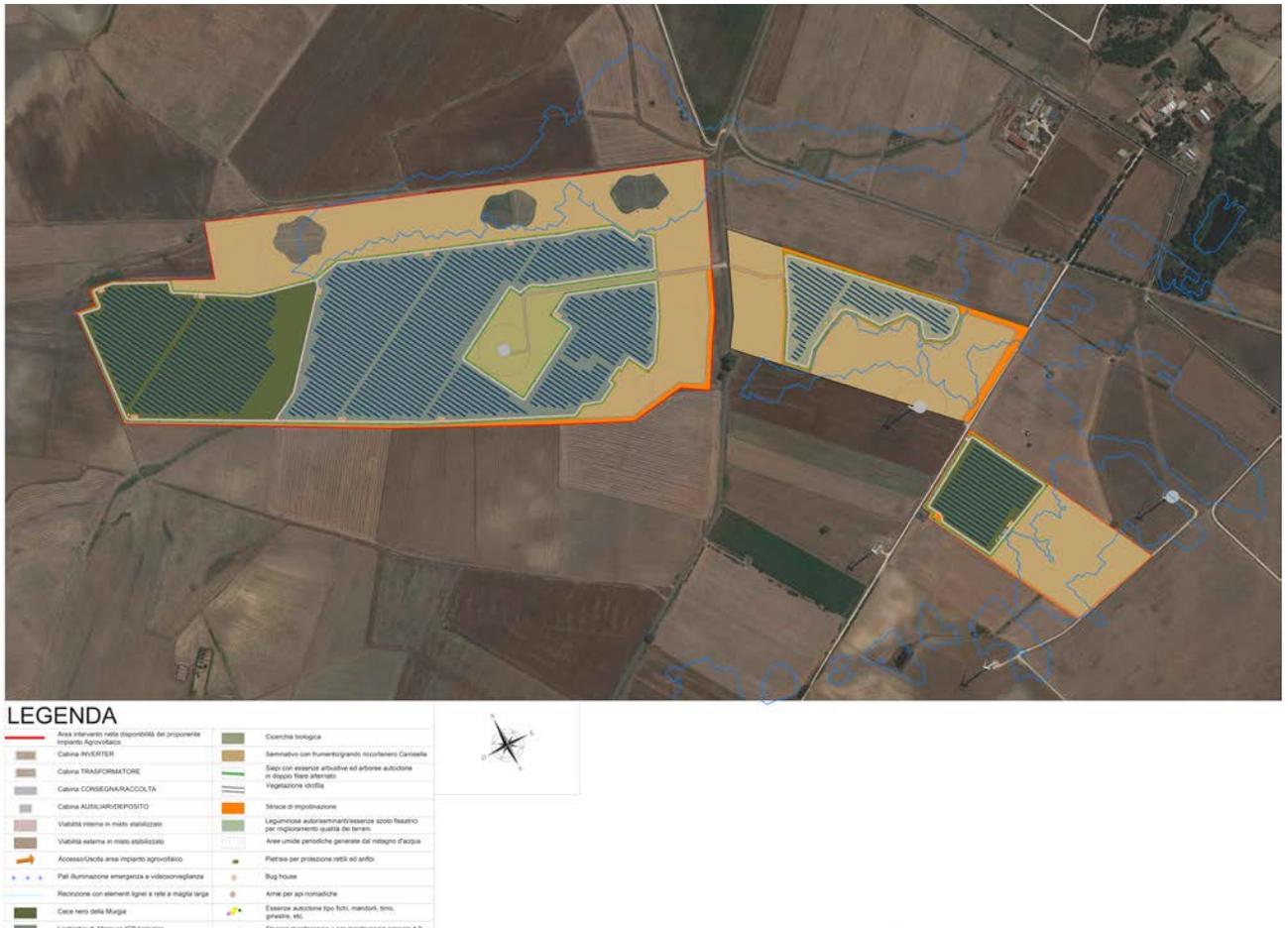


Figura 31. Planimetria individuazione impianto agrovoltaco con interferenza delle aree allagabili

- l'area su cui andrà realizzata la cabina di elevazione MT/AT è esterna alle impronte di allagamento della rete nella zona;
- l'elettrodotto attraversa nel suo percorso un corso d'acqua in posizione non soggetta a particolari fenomeni di allagamento superficiale.

Ginosa, Luglio 2022

Dott. Geol. Francesco SOZIO



