



COMUNE DI BRINDISI



Realizzazione di un impianto Agrovoltaico della potenza in DC di 14,989 MW e AC di 12,48 MW, denominato "DEPALMA", in località Casignano nel comune di Brindisi e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN), nell'ambito del procedimento P.U.A. ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

ELABORATO: Studio idraulico NOME DOCUMENTO: DEP_38_Studio idraulico	Studio idraulico sulle aree interessate dalle opere in progetto	DATA: Agosto 2021
		POTENZA DC 14,989 MW POTENZA AC 12,480 MW
		SCALA :

TIMBRO E FIRMA 	TECNICO: Dr. Geol. Francesco Sozio	SVILUPPATORE  enne.pi.studio s.r.l. 70132 Bari - Lungomare IX Maggio, 38 Tel. + 39.080.5346068 e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it
---	---------------------------------------	--

02					
01					
00		Prima emissione	Dr. Geol. Francesco Sozio	Dr. Geol. Francesco Sozio	DEPALMA SRL
N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO



DEPALMA SRL

PEC: depalma.srl@pec.it T: +39 02 45440820

R E G I O N E P U G L I A

C O M U N E D I B R I N D I S I

(Provincia di Brindisi)

PROGETTO

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLA POTENZA IN DC DI
14,989 MW E AC DI 12.48 MW, DENOMINATO "Depalma" IN LOCALITA'
CASIGNANO NEL COMUNE DI BRINDISI E DELLE RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA
NAZIONALE (RTN) NELL'AMBITO DEL PROCEDIMENTO P.U.A., ai sensi dell'art.27
del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

COMMITTENTE

DEPALMA SRL
Galleria Vintler n.17
39100 - Bolzano (BZ)
Tel.: +390245440820
depalma.srl@pec.it

TITOLO ELABORATO	ELAB. N.
<i>STUDIO IDRAULICO</i>	

DATA	REVISIONE	SCALA
30 Luglio 2021	0	

IL TECNICO

Dr. Geol. Francesco SOZIO



SOMMARIO

1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	3
2	RILIEVO FOTOGRAFICO	10
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	12
4	DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI	15
5	CALCOLO DELLE PORTATE	19
5.1	CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIANTE VAPI	19
5.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	20
5.3	ANALISI DELLE PIOGGE BREVI E INTENSE	26
5.4	DEFINIZIONE DELLE PORTATE SCOLANTI	29
6	VERIFICA IDRAULICA	30
6.1	DATI DI INPUT	30
6.2	RISULTATI	33
7	CONCLUSIONI	46

1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La Depalma SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico da 14.989MW¹ in DC e da 12.480MW in AC presso un terreno agricolo ubicato nel comune di Brindisi (BR) in località Casignano, censito al catasto del comune di Brindisi al Foglio 99, Particelle n. 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 64, 66 (Figura 2).

La Figura 1 indica la posizione dell'area di interesse. In essa è riportato il tracciato dell'elettrodotto interrato in media tensione (MT) da realizzare (linea rossa), le aree interessate dalla realizzazione di nuova stazione di elevazione MT/AT 30/150kV e nuova stazione di smistamento 150kV in area limitrofa alla Stazione Elettrica Terna esistente e la posizione dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto agrovoltaico sul terreno agricolo suddetto.

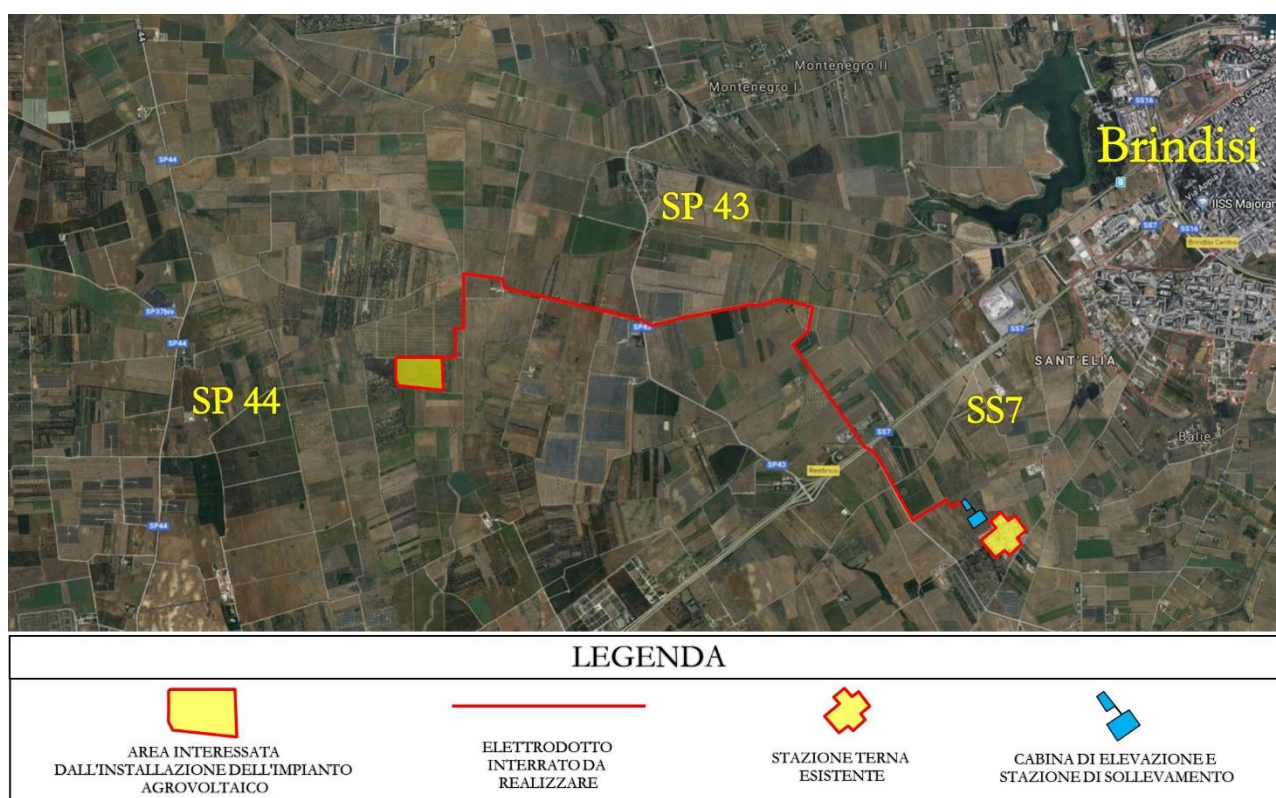


Figura 1. Localizzazione dell'area oggetto dell'intervento (Fonte: Google, immagine satellitare acquisita nel 2019).

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 - Brindisi Pignicelle.

¹ Nel presente documento verrà utilizzato il punto come separatore decimale.

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.

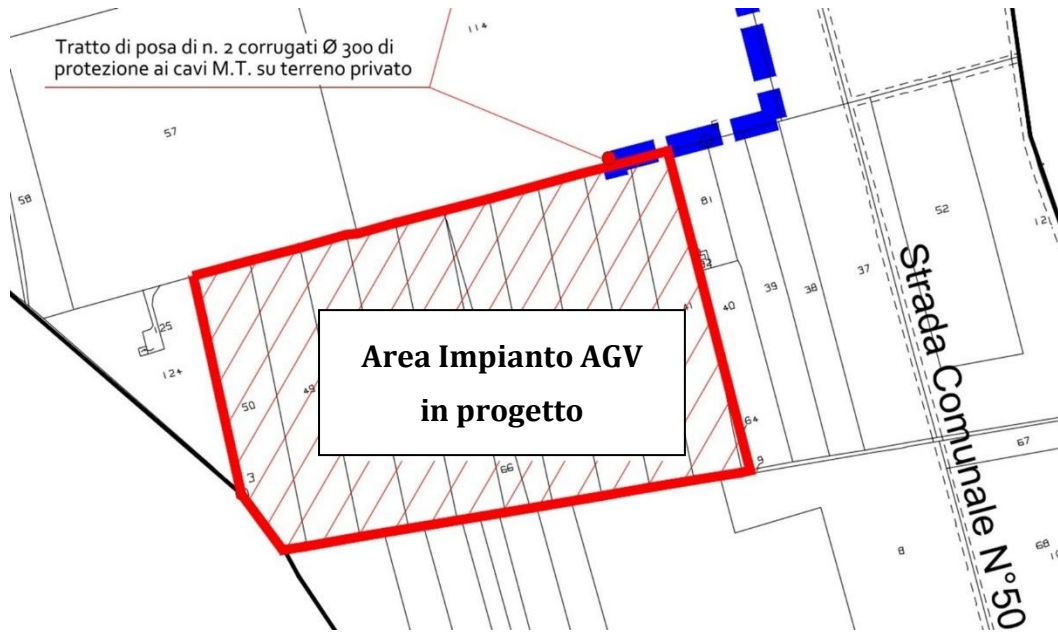


Figura 2. Stralcio catastale con individuazione dei fogli e delle particelle interessanti il campo agrovoltaiico.

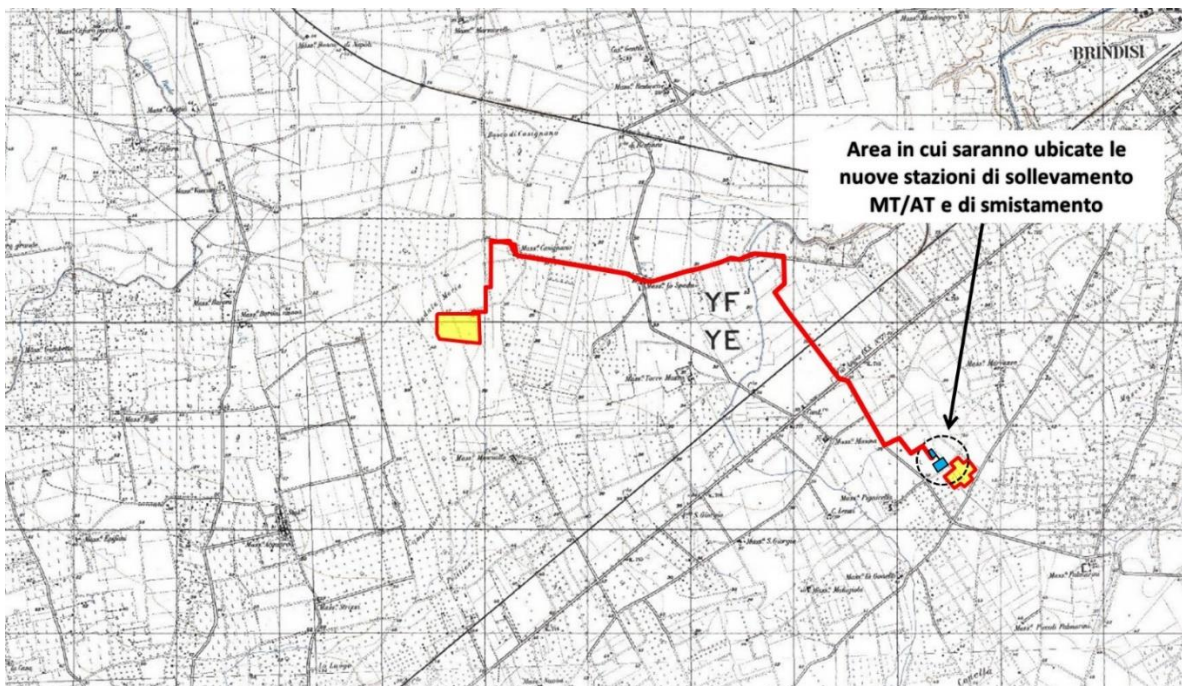


Figura 3. Localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000 (si veda la Figura 1 per la legenda, in azzurro le nuove stazioni da realizzare; fonte carta: http://93.51.158.165/geomorfologica/map_default.phtml).

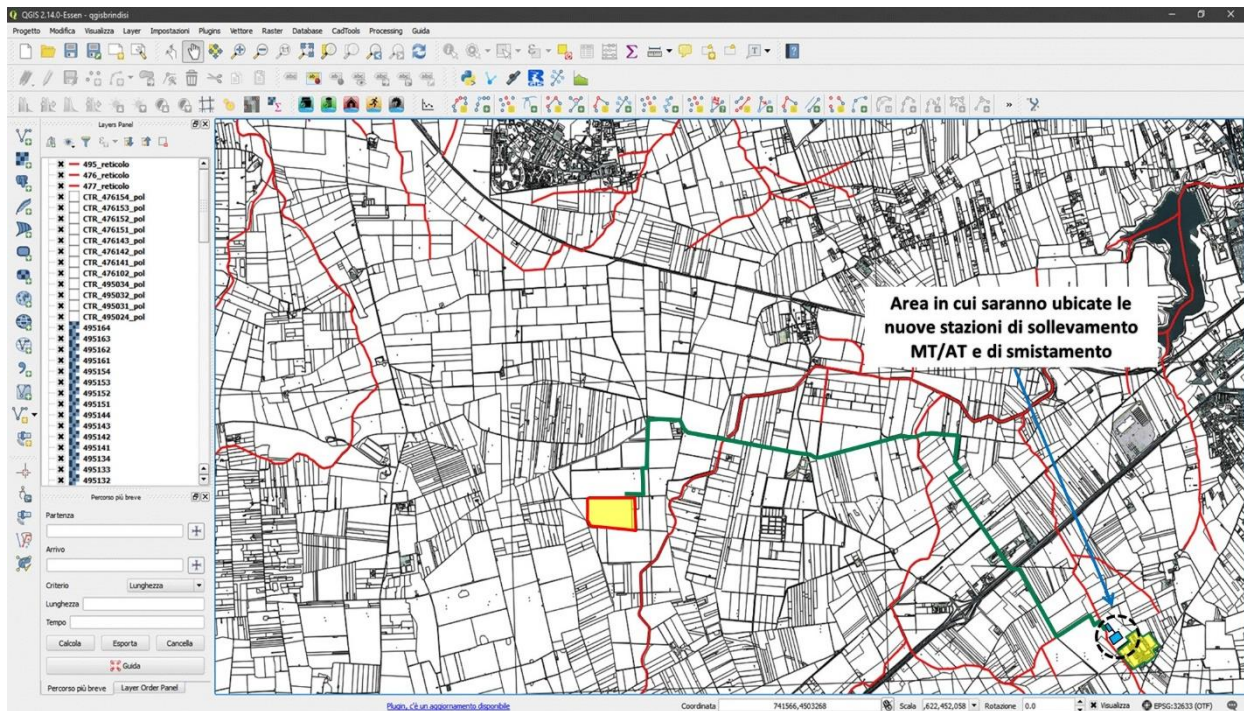


Figura 4. Localizzazione degli interventi su C.T.R. (Carta Tecnica regionale, si veda la Figura 1 per la legenda, in azzurro le nuove stazioni da realizzare; fonte carta: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/Download/Cartografie).

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.

Il campo agrovoltaico sarà 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 agrovoltaico 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 sarà poi convogliata nella cabina di consegna generale.

L'elettrodotta interrato di collegamento tra l'impianto agrovoltaico e le nuove stazioni a farsi e la esistente SE Terna, sarà realizzato in trincea su strada sterrata o terreno agricolo. La

Figura 5 mostra una sezione tipica della trincea indicante i cavi tripolari per il trasporto dell'energia.

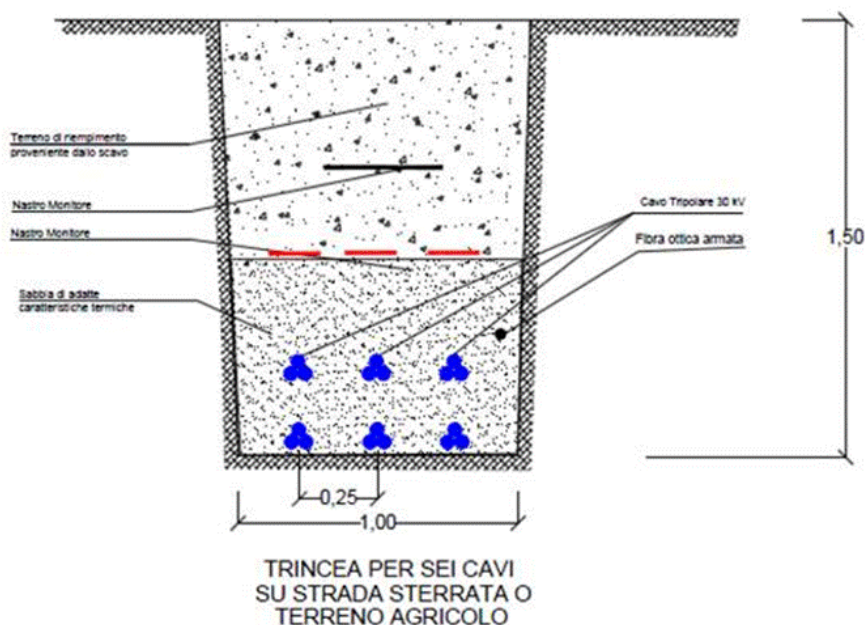


Figura 5. Sezione tipo della linea MT in cavo sotterraneo.

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.

In concomitanza con la realizzazione dell'impianto agrovoltaiico sono previste, come già detto, una nuova stazione di elevazione (o trasformazione) MT/AT 30/150kV e una nuova stazione di smistamento 150kV in prossimità della stazione Terna esistente. La Figura 6 riporta uno zoom, su Carta Tecnica Regionale, della stazione Terna. L'elettrodotto sotterraneo in MT da realizzare è indicato mediante linea verde tratteggiata in alto a sinistra ed esso fuoriesce dalla stazione di elevazione MT/AT (a nord-ovest della stazione), anch'essa da realizzare. È inoltre indicata la nuova stazione di smistamento.

In corrispondenza dell'attraversamento dei due corsi d'acqua Id 19725 e Id 19734 (vedasi Figura 8 e Figura 9) l'elettrodotto verrà posato mediante tecnica No-Dig teleguidata.

La Figura 7 riporta una descrizione particolareggiata sulla posa dei cavidotti in MT e AT in vicinanza della stazione Terna.

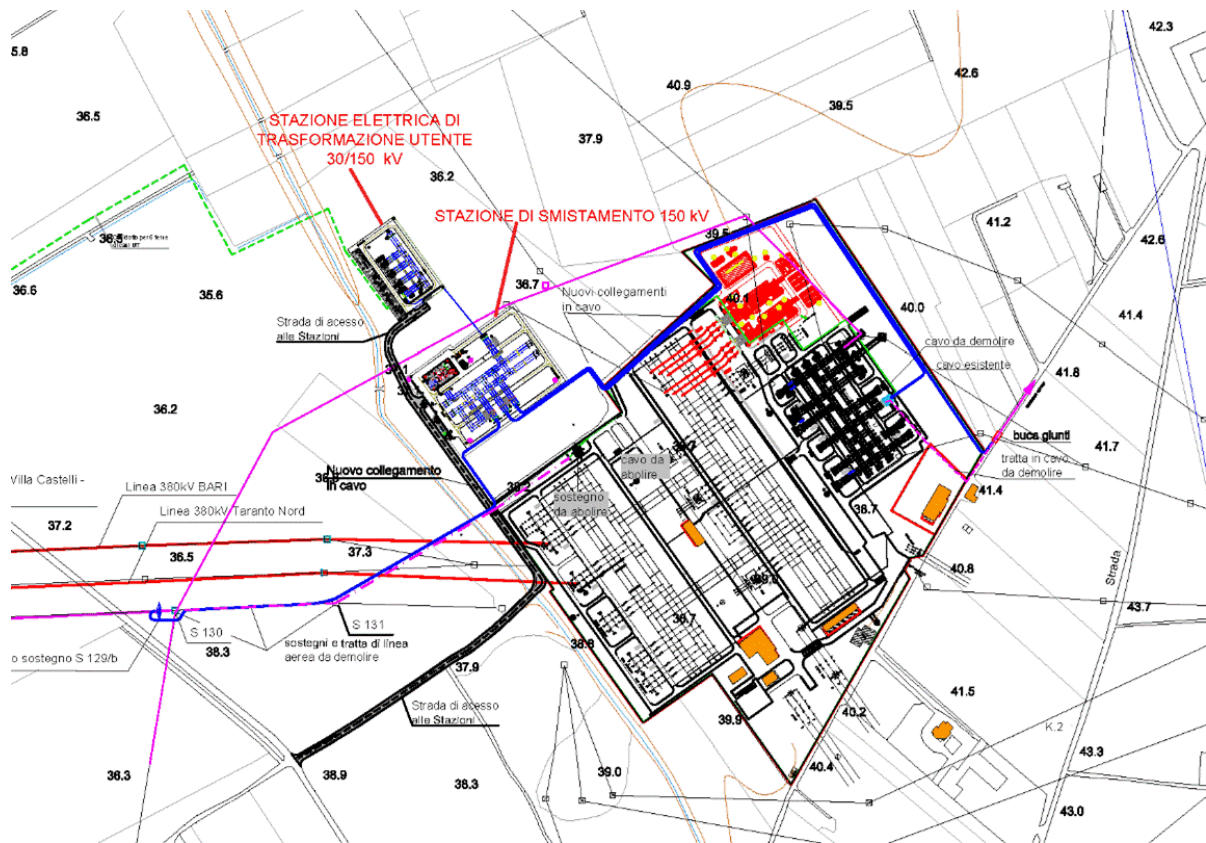


Figura 6. Stazione di elevazione MT/AT (a nord-ovest della stazione Terna), stazione di smistamento ed elettrodotto in MT da realizzare (linea verde tratteggiata) uscente dalla stazione di elevazione.

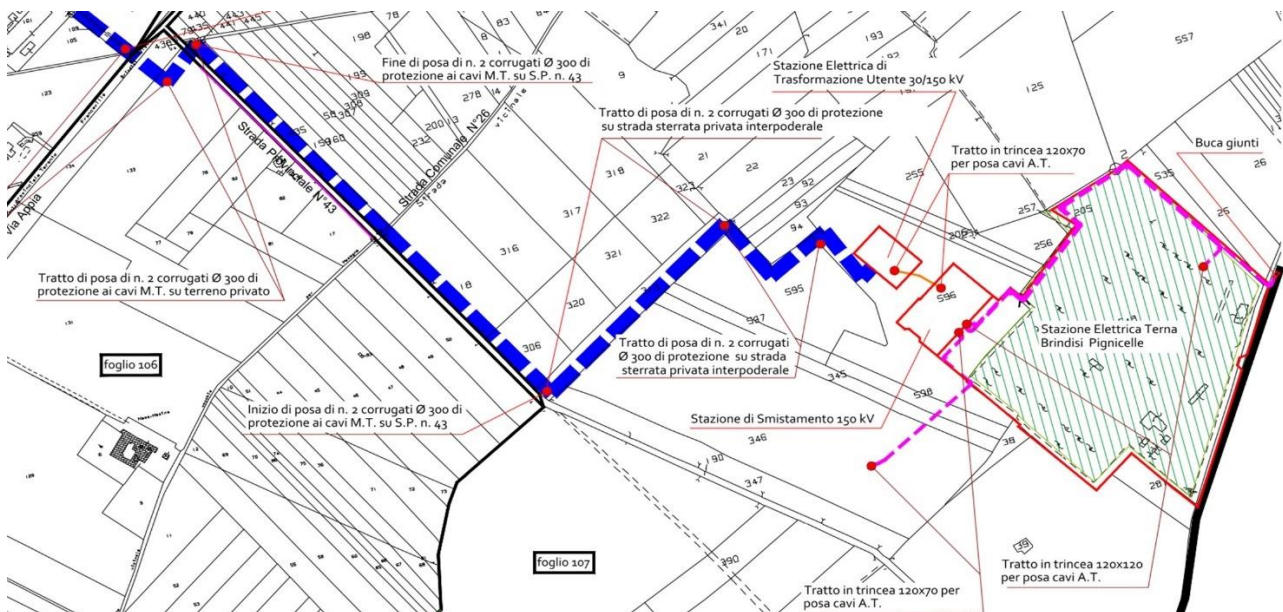


Figura 7. Descrizione particolareggiata dei cavidotti di connessione nei pressi della stazione Terna. In viola l'elettrodotto in AT da realizzarsi e in blu quello in MT che collega la stazione Terna al campo agrovoltaico.

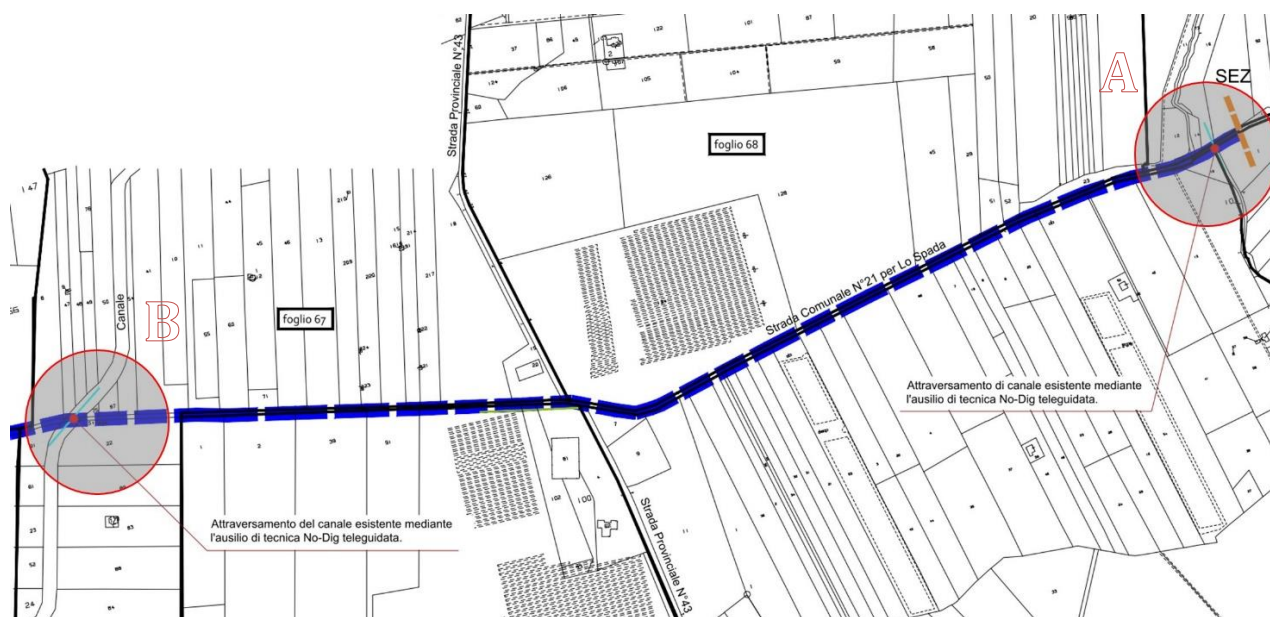


Figura 8. Descrizione particolareggiata del cavidotto di connessione in corrispondenza dell'attraversamento dei due canali esistenti, indicati in Figura 9 come Id 19725 (A) e Id 19734 (B). In blu l'elettrodotto in MT che collega la stazione Terna al campo agrovoltaiico.

In corrispondenza della zona dell'intervento verrà valutata l'impronta di allagamento, in condizioni di moto permanente, mediante il software HecRas 5.03, causata da una portata di piena calcolata per un tempo di ritorno di 200 anni, *al fine di suggerire un eventuale riposizionamento dell'impianto agrovoltaiico e dell'elettrodotto, e verificare l'influenza sul deflusso superficiale delle acque causata all'estensione della stazione Terna.* A tal fine sono state realizzate due simulazioni, la prima in condizioni ante operam e la seconda in condizioni post operam, la quale tiene conto dell'ampliamento della stazione Terna che influirebbe sull'eventuale deflusso superficiale mediante l'aggiunta di un ulteriore muro perimetrale. Essendo l'area dell'impianto agrovoltaiico esterna al buffer di pertinenza fluviale del Canale Reale (si veda più avanti), nelle condizioni post operam non viene modificata la scabrezza.

Le opere si collocano a sud-ovest del centro abitato di Brindisi e si sviluppano su un territorio attraversato da una serie di **corsi d'acqua episodici**, per alcuni dei quali gli Id per l'identificazione sono riportati in Figura 9, così come individuati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia. In particolare, l'elettrodotto attraversa i corsi d'acqua episodici Id 19262, Id 19315, Id 19725 e Id 19734. La stazione Terna (già presente sul territorio) è nelle immediate vicinanze del corso Id 19262 (circa 10m dal perimetro dell'area della stazione) e il campo agrovoltaiico è in vicinanza del corso Id 19734 (distanza di circa 350m). Alcuni dei corsi d'acqua suddetti si sviluppano all'interno di canali in calcestruzzo a sezione trapezia ma per tratti di lunghezza limitata, tranne il corso Id 19734, completamente in calcestruzzo e sezione trapezia per una distanza di circa 9km verso monte fino alla SS7 a sud-ovest a partire dall'attraversamento dell'elettrodotto previsto (Figura 10, punti di ripresa 5 e 6).

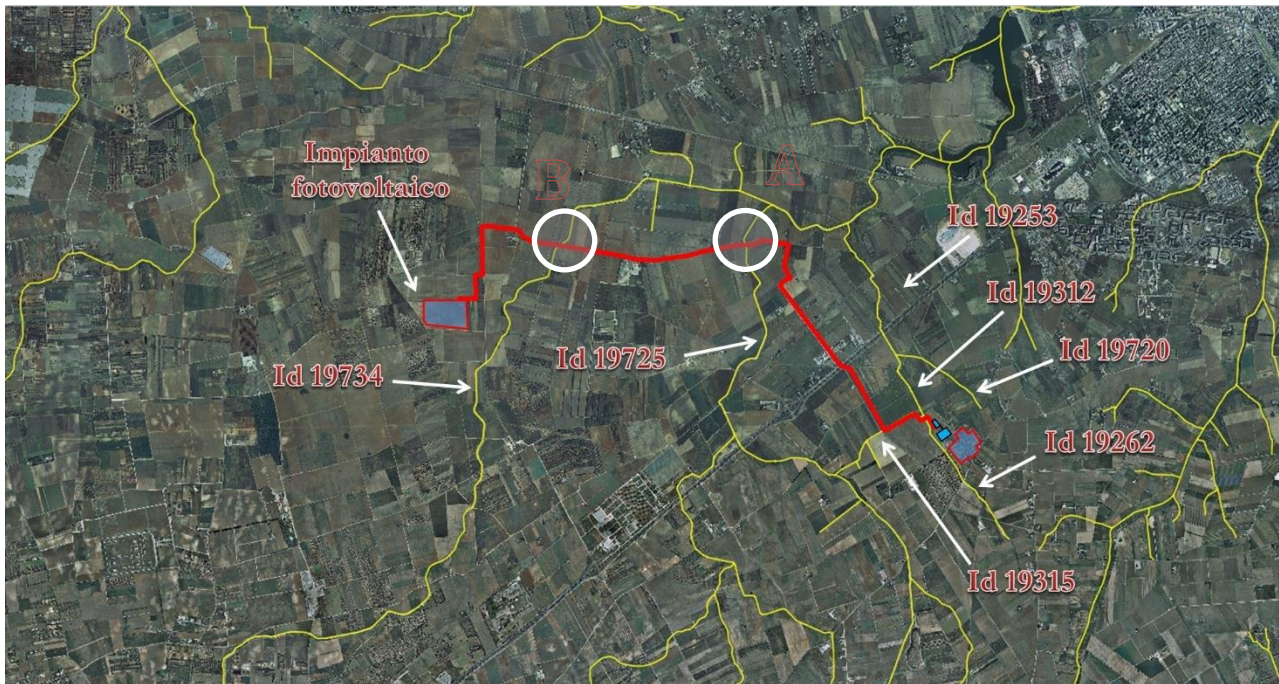


Figura 9. Corsi d'acqua episodici (in giallo) e codici identificativi nella zona degli interventi di prossima realizzazione (la linea elettrica interrata è rappresentata mediante linea rossa). A e B fanno riferimento alle zone di attraversamento dei corsi d'acqua 19734 e 19725 da parte dell'elettrodotto in MT (vedasi anche Figura 8) Fonte: http://93.51.158.165/geomorfologica/map_default.phtml.

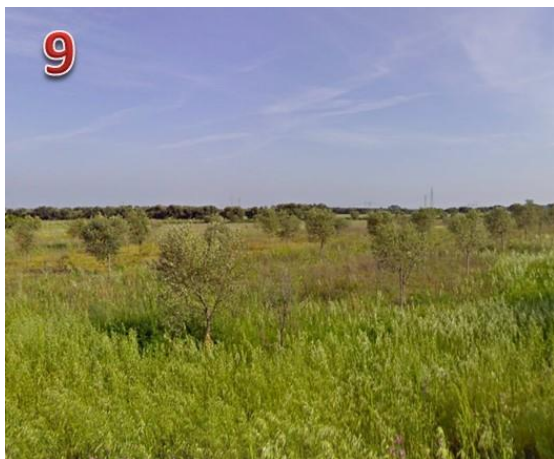
2 RILIEVO FOTOGRAFICO

La Figura 10 riporta le postazioni in cui sono state effettuate le fotografie di alcuni luoghi. Le fotografie sono riportate nelle figure seguenti.



Figura 10. 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 e del campo agrovoltaico) *non* ricadono in **aree pericolosità idraulica** e in **aree a rischio idraulico**, come evidenziato dalla Figura 11.

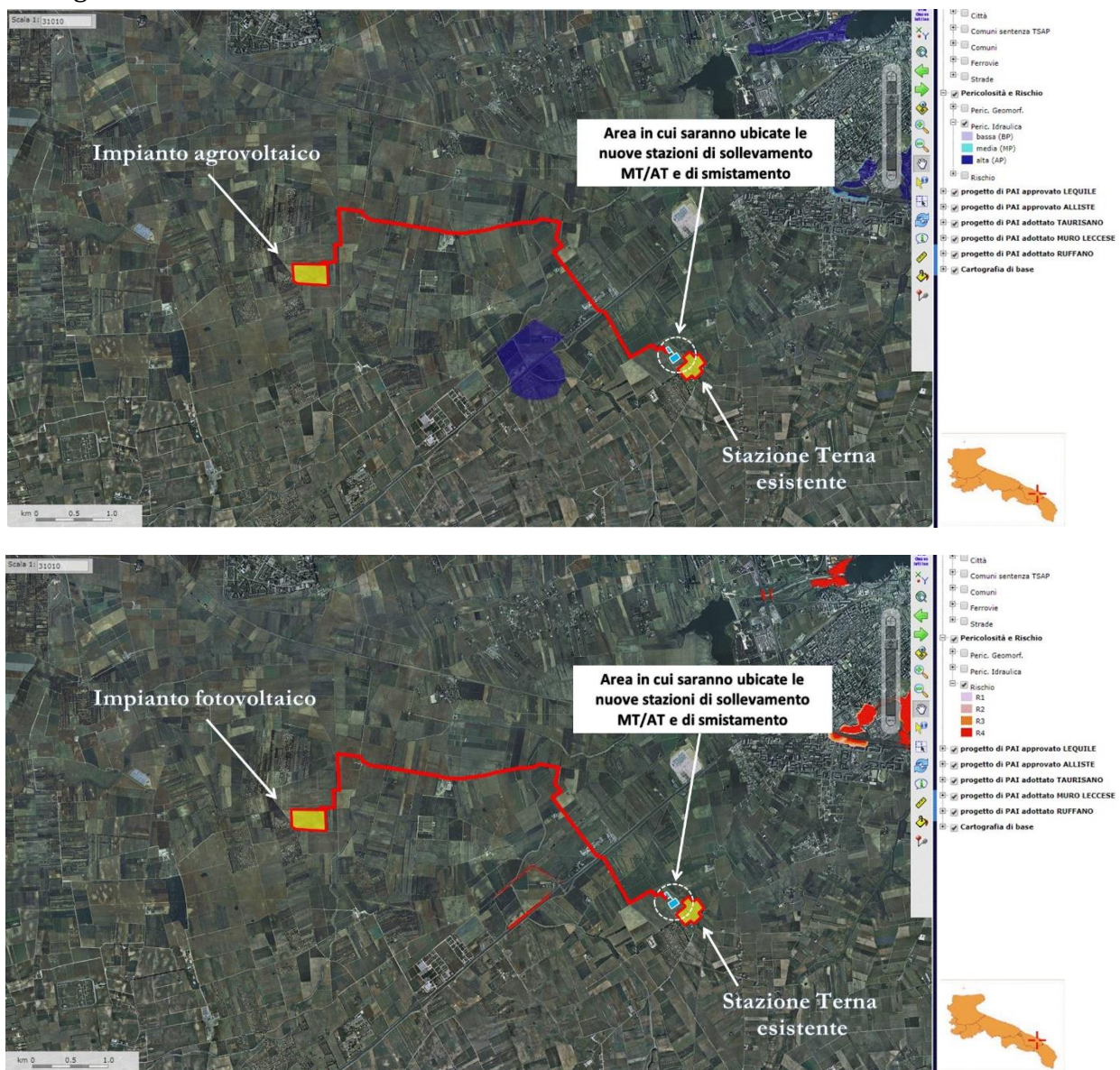


Figura 11. WebGis dell'ADB Puglia - Zone a Pericolosità Idraulica e a Rischio Idraulico (la linea elettrica interrata è rappresentata mediante linea rossa).

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) si deve fare riferimento comunque agli articoli 6 e 10 dello stesso, ***in quanto l'elettrodotto interrato che collegherà il campo agrovoltaiico alla stazione Terna attraverserà quattro corsi d'acqua a carattere episodico***, come individuati 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 ed 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. ***Copia del progetto preliminare viene allegato con il presente lavoro.***

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 (passo di griglia di 8 metri) si è ricavata l'estensione dei sottobacini idrografici A_i 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 12 e Figura 13. Il reticolo idrografico utilizzato in questo lavoro è stato prelevato dal sito <http://www.sit.puglia.it/>, così come la suddetta cartografia DTM.

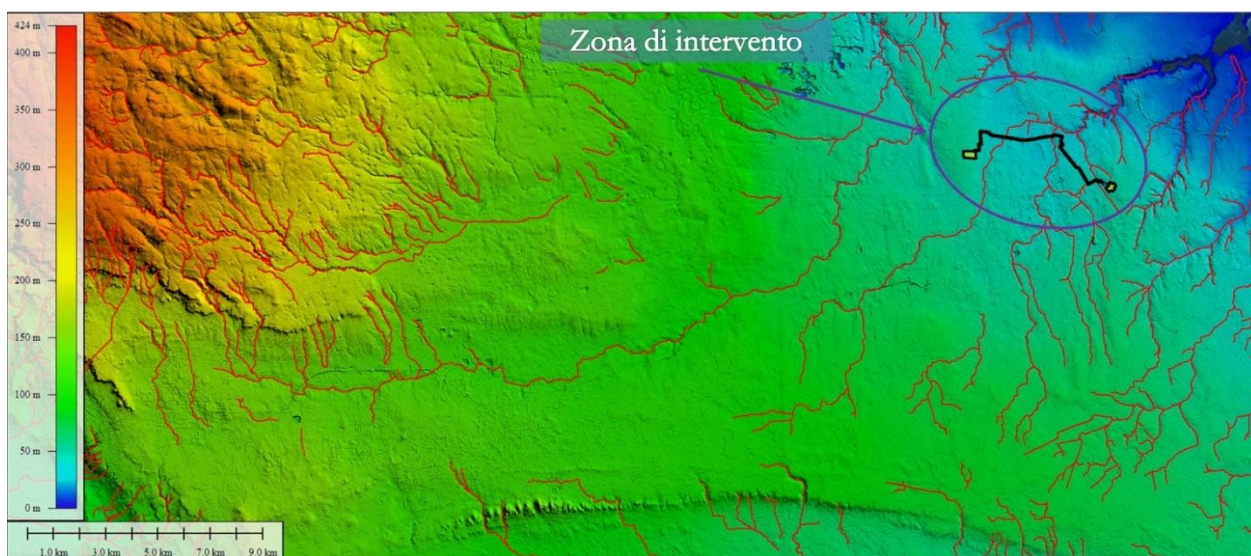


Figura 12. Rappresentazione DTM del territorio nei dintorni dell'area di intervento. In alto a destra è rappresentata la planimetria della linea elettrica di realizzazione (linea nera) che unisce la stazione Terna al campo agrolvoltaico. In rosso il reticolo idrografico (Fonte: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/).

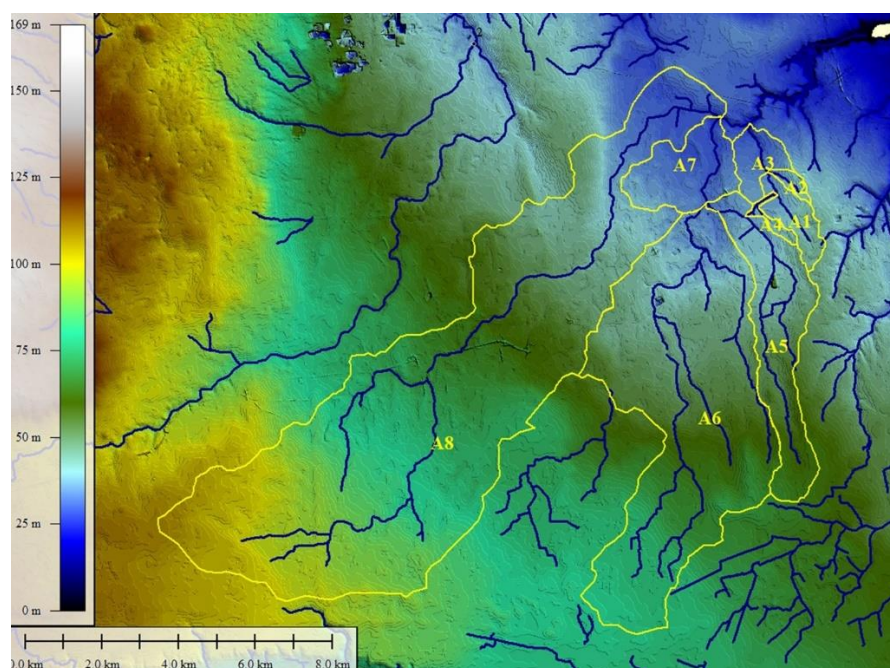


Figura 13. Delimitazione dei sottobacini idrografici A_i .

La Tabella 1 riporta le grandezze principali caratterizzanti i sottobacini A_i .

Tabella 1. Caratteristiche dei sottobacini A_i (vedasi Figura 13).

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Area del bacino	Km ²	0.731	0.402	1.797	0.42	9.096	33.164	4.805	51.101
Quota massima asta	m	43	39	32	37	60	76	30	100
Quota massima bacino	m	47	43	39	45	67	76	42	110
Quota sezione di chiusura	m	32	32	19	35	30	30	24	24
Lunghezza asta	m	2133	1016	1449	1138	8170	11990	2547	20449
Lunghezza asse bacino	m	2537	1319	1337	1518	8600	10733	2525	17258
Pendenza media asta	-	0.0052	0.0069	0.0090	0.0018	0.0037	0.0038	0.0024	0.0037
Pendenza media bacino	-	0.0059	0.0083	0.0150	0.0066	0.0043	0.0043	0.0071	0.0050

Il campo agrovoltaico si trova subito a ovest del corso d'acqua identificato come Id 19734. La Figura 14 mostra la sua posizione rispetto al buffer di 75m relativo agli *alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali*, mentre la Figura 15 la sua posizione rispetto al buffer di 150m relativo alla *fascia di pertinenza fluviale* (distanza di circa 260m).

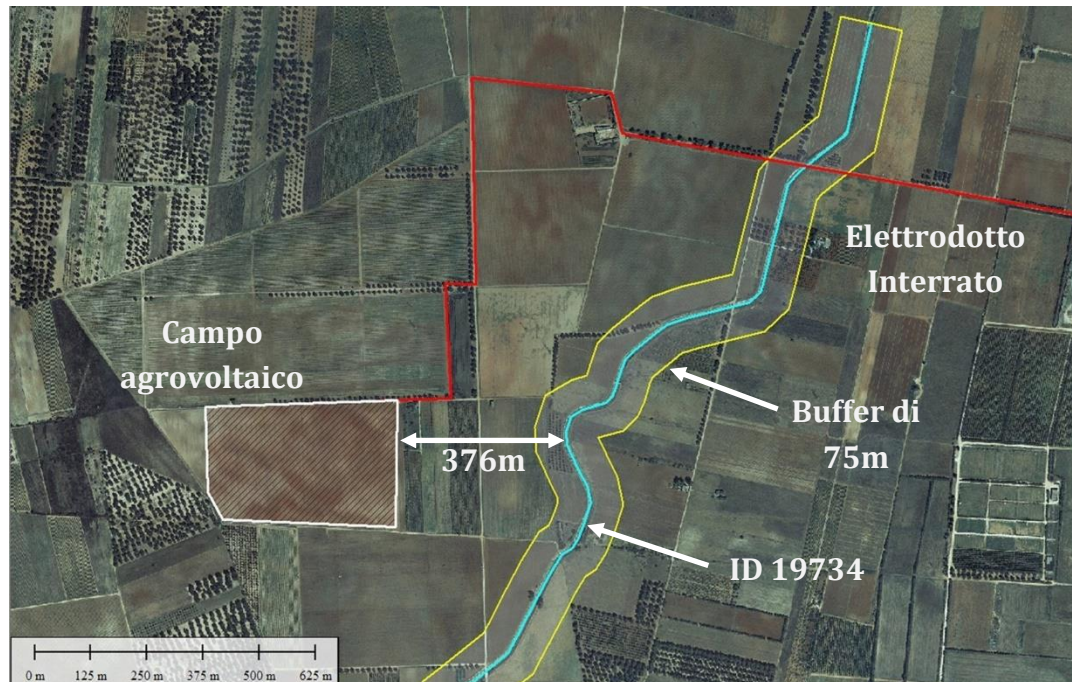


Figura 14. Posizione relativa tra campo agrovoltaico e buffer di 75m per alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali.

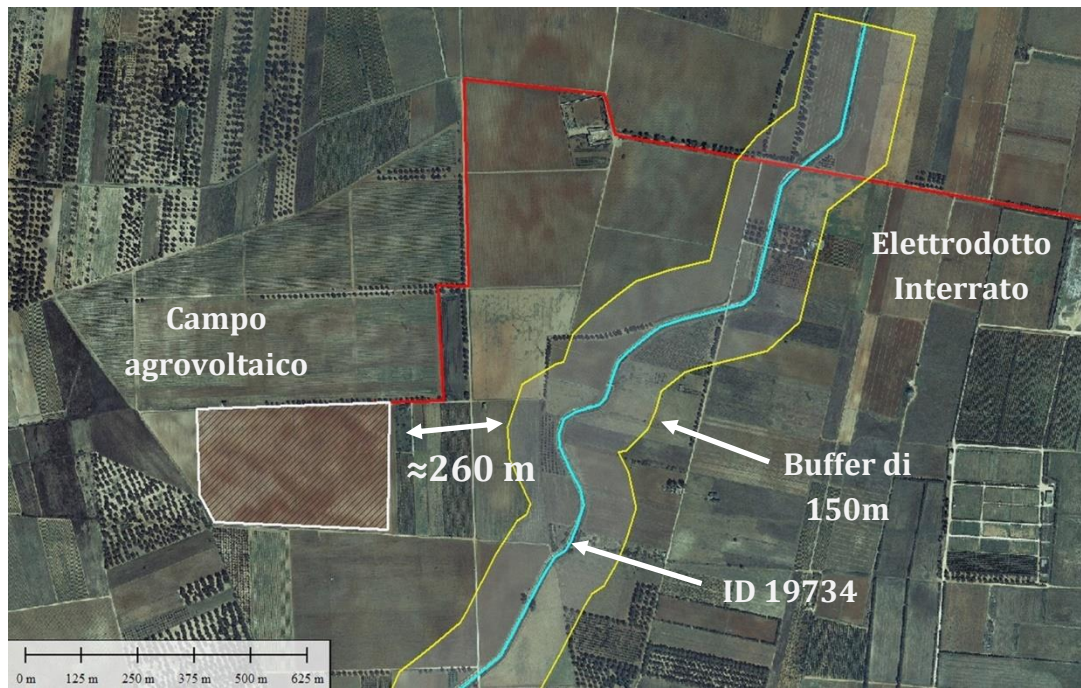


Figura 15. Posizione relativa tra campo agrovoltaico e buffer di 150m per fascia di pertinenza fluviale.

La Figura 16 mostra le stesse informazioni per la stazione Terna nelle cui immediate vicinanze, a nord-ovest, sono previste le due nuove stazioni di sollevamento e di smistamento, le cui impronte sono indicate in azzurro. Le nuove stazioni sono completamente esterne alla fascia di pertinenza fluviale dell'Id 19720, ma interne alla fascia dell'Id 19262 che perimetra la stazione Terna a ovest.



Figura 16. Distanza della Stazione Terna dal buffer del corso d'acqua episodico Id 19720 a nord (il buffer è ampio 150 m dall'asse del corso d'acqua e rappresenta l'unione delle aree di pertinenza fluviale e di modellamento attivo). Si evidenzia in azzurro l'impronta delle nuove cabine di elevazione MT/AT e di smistamento, interne alla fascia di pertinenza fluviale dell'ID 19262.

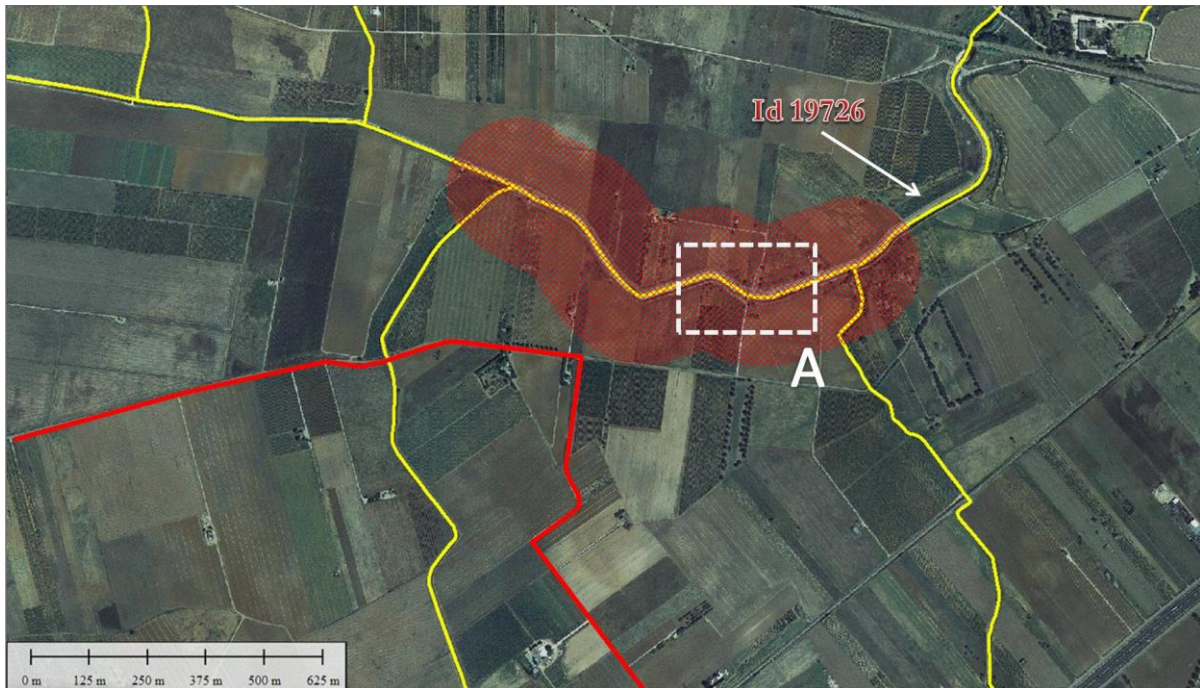


Figura 17. Buffer del tratto Id 19726. L'elettrodotto si mantiene esterno a esso ad una distanza di circa 180m dall'asse del corso d'acqua (il buffer è ampio 150 m dall'asse del corso d'acqua e rappresenta l'unione delle aree di pertinenza fluviale e di modellamento attivo).

Infine, si consideri il tratto identificato come Id 19726, come riportato in Figura 17. La figura riporta anche il buffer di 150 m, il quale non raggiunge l'asse del tracciato dell'elettrodotto sotterraneo. Per questa ragione, nella simulazione in moto permanente questo tratto non viene considerato, anche tenuto conto del fatto che il canale in questione è in sezione trapezia e calcestruzzo, quindi ben identificabile sul terreno (Figura 18 che rappresenta il riquadro A in Figura 17).



Figura 18. Riquadro A indicato in Figura 17 (immagine ottenuta da Google Earth).

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 Brindisi) è la zona omogenea 6, come mostra la Figura 19. L'espressione dell'altezza di pioggia critica per tempo di ritorno di 200anni è stata valutata tramite la formula

$$h = 33.7 t^{[(0.488+0.0022z)/3.178]} K_T K_A$$



Figura 19. 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: $h = 97.5 t^{0.156}$	A2: $h = 97.6 t^{0.156}$	A3: $h = 97.4 t^{0.155}$	A4: $h = 97.6 t^{0.156}$
A5: $h = 96.4 t^{0.156}$	A6: $h = 93.1 t^{0.157}$	A7: $h = 97.0 t^{0.155}$	A8: $h = 90.8 t^{0.157}$

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 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 43km^2 :

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

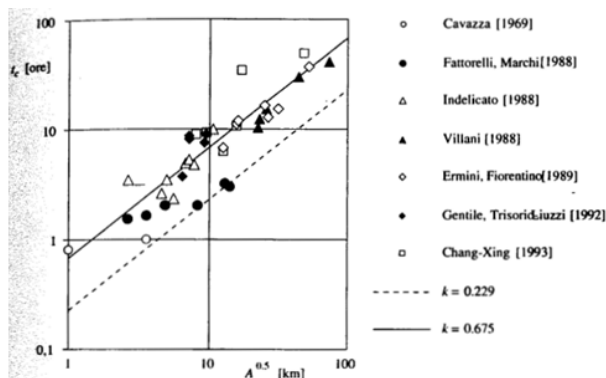
in cui C è pari a 6, L la lunghezza dell'asta in chilometri e d il dislivello dell'asta principale, riferita alla sezione di chiusura.

Fattorelli e Marchi hanno adattato la precedente formulazione a 6 bacini alpini con superficie minima di 6km^2 , 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 corrvazione, 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 corrvazione 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 corrvazione e le portate sono:

	Tempo di corrvazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	16.02	961.39	1.01
Ongaro	5.01	300.56	2.69
Tournon	3.00	180.11	4.15
Pasini	1.74	104.63	6.57
Pezzoli	1.63	98.02	6.94
Ventura	1.51	90.72	7.41
Puglisi	4.47	268.22	2.97
Watt-Chow	1.86	111.36	6.23
Fattorelli & Marchi	3.82	229.33	3.39
Chow	1.41	84.54	7.86
Agnese & D'Asaro	0.58	34.63	16.70
Kirpich	0.90	54.21	11.44
Turazza	0.16	9.49	49.78

Media tempo di corrvazione (escluso Giandotti) = 2.72 h.

La portata media è di circa 5.36m³/s.

SOTTOBACINO A2

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	9.83	589.68	0.84
Ongaro	3.21	192.31	2.16
Tournon	2.29	137.69	2.87
Pasini	0.97	57.92	5.95
Pezzoli	0.67	40.39	8.07
Ventura	0.97	58.21	5.93
Puglisi	3.17	190.19	2.18
Watt-Chow	0.92	55.28	6.19
Fattorelli & Marchi	2.71	162.62	2.49
Chow	0.80	47.93	6.99
Agnese & D'Asaro	0.43	25.68	11.83
Kirpich	0.46	27.39	11.20
Turazza	0.12	7.04	35.27

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 1.75 h.

La portata media è di circa 4.76m³/s.

SOTTOBACINO A3

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	30.16	1809.42	1.45
Ongaro	5.94	356.59	5.72
Tournon	4.51	270.32	7.23
Pasini	1.57	94.12	17.63
Pezzoli	0.84	50.48	29.84
Ventura	1.80	107.84	15.71
Puglisi	3.27	196.05	9.48
Watt-Chow	1.10	65.93	23.82
Fattorelli & Marchi	2.79	167.62	10.82
Chow	0.92	55.29	27.64
Agnese & D'Asaro	0.90	54.29	28.06
Kirpich	0.54	32.52	43.27
Turazza	0.25	14.88	83.78

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 2.53 h.

La portata media è di circa 16.23m³/s.

SOTTOBACINO A4

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	8.06	483.67	1.04
Ongaro	3.38	202.66	2.16
Tournon	2.97	178.18	2.41
Pasini	2.01	120.85	3.34
Pezzoli	1.49	89.58	4.30
Ventura	1.96	117.80	3.42
Puglisi	5.19	311.45	1.50
Watt-Chow	1.73	103.71	3.80
Fattorelli & Marchi	4.44	266.29	1.72
Chow	1.33	79.80	4.74
Agnese & D'Asaro	0.44	26.25	12.13
Kirpich	0.84	50.58	6.97
Turazza	0.12	7.19	36.16

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 2.72 h.

La portata media è di circa 3.04m³/s.

SOTTOBACINO A5

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	66.25	3975.12	3.75
Ongaro	18.16	1089.75	11.18
Tournon	12.01	720.48	15.85
Pasini	7.49	449.59	23.60
Pezzoli	7.42	444.92	23.80
Ventura	6.32	379.25	27.24
Puglisi	7.83	469.98	22.73
Watt-Chow	6.13	367.91	27.95
Fattorelli & Marchi	6.70	401.83	25.94
Chow	3.71	222.59	42.71
Agnese & D'Asaro	2.04	122.15	70.87
Kirpich	2.90	173.76	52.64
Turazza	0.56	33.48	211.31

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 8.42 h.

La portata media è di circa 24.55m³/s.

SOTTOBACINO A6

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	111.75	6705.12	8.53
Ongaro	31.77	1906.03	24.64
Tournon	25.62	1537.31	29.53
Pasini	12.82	769.31	52.94
Pezzoli	10.65	638.80	61.92
Ventura	11.81	708.47	56.74
Puglisi	8.77	526.34	72.90
Watt-Chow	8.16	489.59	77.48
Fattorelli & Marchi	7.50	450.02	83.19
Chow	4.68	280.57	123.89
Agnese & D'Asaro	3.89	233.23	144.77
Kirpich	3.83	229.57	146.72
Turazza	1.07	63.92	431.08

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 13.53 h.

La portata media è di circa 64.80m³/s.

SOTTOBACINO A7

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	43.81	2628.39	2.81
Ongaro	9.96	597.32	9.84
Tournon	11.24	674.27	8.89
Pasini	5.13	307.67	17.24
Pezzoli	2.89	173.17	28.03
Ventura	5.74	344.14	15.69
Puglisi	6.16	369.49	14.77
Watt-Chow	2.91	174.58	27.83
Fattorelli & Marchi	5.27	315.92	16.86
Chow	2.03	121.69	37.76
Agnese & D'Asaro	1.48	88.78	49.29
Kirpich	1.40	84.03	51.64
Turazza	0.41	24.33	147.15

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 5.70 h.

La portata media è di circa 19.66m³/s.

SOTTOBACINO A8

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	206.24	12374.53	7.65
Ongaro	43.84	2630.28	28.22
Tournon	26.31	1578.69	43.40
Pasini	17.98	1078.63	59.83
Pezzoli	18.45	1106.92	58.54
Ventura	14.89	893.51	70.12
Puglisi	10.59	635.54	93.45
Watt-Chow	12.60	755.86	80.74
Fattorelli & Marchi	9.06	543.39	106.64
Chow	6.65	398.88	138.39
Agnese & D'Asaro	4.83	289.51	181.32
Kirpich	5.84	350.55	154.31
Turazza	1.32	79.35	539.90

Media tempo di corrivazione (escluso Giandotti) = 17.82 h.

La portata media è di circa 75.48m³/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 60 minuti (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.

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		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	30.0	55.5	66.2	43.8	81.1	96.7
10	0.17	44.9	64.9	73.7	32.8	47.5	53.9
15	0.25	54.9	71.2	78.5	26.7	34.7	38.3
20	0.33	62.6	76.0	82.1	22.9	27.8	30.0
25	0.42	69.0	79.9	85.1	20.2	23.4	24.9
30	0.50	74.5	83.3	87.5	18.1	20.3	21.3
35	0.58	79.3	86.3	89.6	16.6	18.0	18.7
40	0.67	83.7	88.9	91.5	15.3	16.3	16.7
45	0.75	87.6	91.3	93.2	14.2	14.8	15.1
50	0.83	91.3	93.5	94.8	13.3	13.7	13.9
55	0.92	94.6	95.6	96.2	12.6	12.7	12.8
60	1.00	97.8	97.5	97.5	11.9	11.9	11.9

		A2					
		Altezza pioggia			Portata		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	30.0	55.5	66.2	24.1	44.6	53.3
10	0.17	44.9	65.0	73.8	18.1	26.1	29.7
15	0.25	54.9	71.2	78.6	14.7	19.1	21.1
20	0.33	62.7	76.1	82.2	12.6	15.3	16.5
25	0.42	69.0	80.0	85.1	11.1	12.9	13.7
30	0.50	74.5	83.4	87.6	10.0	11.2	11.7
35	0.58	79.4	86.4	89.7	9.1	9.9	10.3
40	0.67	83.7	89.0	91.6	8.4	8.9	9.2
45	0.75	87.7	91.4	93.3	7.8	8.2	8.3
50	0.83	91.3	93.6	94.9	7.3	7.5	7.6
55	0.92	94.7	95.7	96.3	6.9	7.0	7.0
60	1.00	97.9	97.6	97.6	6.6	6.5	6.5

Tabella 3. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A3 e A4.

		A3					
		Altezza pioggia			Portata		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	29.9	55.4	66.3	107.6	199.1	238.2
10	0.17	44.8	64.9	73.8	80.6	116.5	132.6
15	0.25	54.8	71.1	78.6	65.7	85.2	94.1
20	0.33	62.5	75.9	82.1	56.2	68.2	73.8
25	0.42	68.9	79.8	85.0	49.5	57.4	61.1
30	0.50	74.4	83.2	87.5	44.6	49.8	52.4
35	0.58	79.2	86.2	89.6	40.7	44.2	46.0
40	0.67	83.6	88.8	91.5	37.5	39.9	41.1
45	0.75	87.5	91.2	93.2	35.0	36.4	37.2
50	0.83	91.2	93.5	94.7	32.8	33.6	34.0
55	0.92	94.5	95.5	96.1	30.9	31.2	31.4
60	1.00	97.7	97.4	97.4	29.3	29.2	29.2

		A4					
		Altezza pioggia			Portata		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	30.0	55.5	66.2	25.2	46.6	55.6
10	0.17	44.9	65.0	73.8	18.9	27.3	31.0
15	0.25	54.9	71.2	78.6	15.4	19.9	22.0
20	0.33	62.7	76.1	82.2	13.2	16.0	17.3
25	0.42	69.0	80.0	85.1	11.6	13.4	14.3
30	0.50	74.5	83.4	87.6	10.4	11.7	12.3
35	0.58	79.4	86.4	89.7	9.5	10.4	10.8
40	0.67	83.7	89.0	91.6	8.8	9.3	9.6
45	0.75	87.7	91.4	93.3	8.2	8.5	8.7
50	0.83	91.3	93.6	94.9	7.7	7.9	8.0
55	0.92	94.7	95.7	96.3	7.2	7.3	7.4
60	1.00	97.9	97.6	97.6	6.9	6.8	6.8

Tabella 4. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A5 e A6.

		A5					
		Altezza pioggia			Portata		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	29.6	54.8	65.4	539.2	997.7	1190.2
10	0.17	44.4	64.2	72.9	403.6	583.8	663.0
15	0.25	54.2	70.4	77.7	328.9	426.7	470.9
20	0.33	61.9	75.1	81.2	281.5	341.7	369.4
25	0.42	68.2	79.0	84.1	248.1	287.5	306.0
30	0.50	73.6	82.4	86.5	223.2	249.7	262.3
35	0.58	78.4	85.3	88.6	203.8	221.7	230.3
40	0.67	82.7	87.9	90.5	188.1	199.9	205.8
45	0.75	86.6	90.3	92.2	175.1	182.5	186.3
50	0.83	90.2	92.5	93.7	164.1	168.3	170.5
55	0.92	93.6	94.5	95.1	154.7	156.3	157.3
60	1.00	96.7	96.4	96.4	146.6	146.1	146.1

		A6					
		Altezza pioggia			Portata		
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
[min]	[h]	h _{t,T}	h _{t,T}	h _{t,T}	Q	Q	Q
5	0.08	28.6	53.0	63.0	1898.8	3513.0	4180.4
10	0.17	42.9	62.0	70.3	1421.1	2055.8	2330.5
15	0.25	52.4	68.0	74.9	1158.3	1502.6	1655.8
20	0.33	59.8	72.6	78.4	991.0	1203.0	1299.2
25	0.42	65.9	76.3	81.1	873.8	1012.4	1076.4
30	0.50	71.1	79.5	83.5	786.1	879.3	923.1
35	0.58	75.7	82.4	85.5	717.6	780.6	810.6
40	0.67	79.9	84.9	87.4	662.3	704.0	724.3
45	0.75	83.7	87.2	89.0	616.6	642.8	655.8
50	0.83	87.1	89.3	90.5	578.0	592.5	600.1
55	0.92	90.4	91.3	91.8	544.9	550.4	553.8
60	1.00	93.4	93.1	93.1	516.1	514.6	514.6

Tabella 5. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A7 e A8.

A7								A8							
		Altezza pioggia			Portata					Altezza pioggia			Portata		
		BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI			BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI
t	t	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q	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]	[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5	0.08	29.8	55.2	66.0	286.6	530.3	634.2	5	0.08	27.9	51.7	61.5	2853.5	5279.2	6282.2
10	0.17	44.6	64.6	73.5	214.5	310.3	353.1	10	0.17	41.8	60.5	68.5	2135.6	3089.4	3502.2
15	0.25	54.6	70.8	78.2	174.8	226.8	250.6	15	0.25	51.1	66.3	73.0	1740.7	2258.2	2488.3
20	0.33	62.3	75.6	81.8	149.6	181.6	196.6	20	0.33	58.3	70.8	76.4	1489.3	1807.9	1952.4
25	0.42	68.6	79.5	84.7	131.9	152.8	162.8	25	0.42	64.2	74.4	79.1	1313.1	1521.5	1617.6
30	0.50	74.1	82.9	87.1	118.7	132.7	139.5	30	0.50	69.4	77.6	81.4	1181.3	1321.5	1387.2
35	0.58	78.9	85.8	89.2	108.3	117.8	122.5	35	0.58	73.9	80.3	83.4	1078.4	1173.0	1218.1
40	0.67	83.2	88.5	91.1	100.0	106.3	109.4	40	0.67	77.9	82.8	85.2	995.3	1058.0	1088.5
45	0.75	87.2	90.9	92.8	93.1	97.0	99.1	45	0.75	81.6	85.1	86.8	926.6	965.9	985.6
50	0.83	90.8	93.1	94.3	87.2	89.4	90.6	50	0.83	85.0	87.1	88.2	868.5	890.4	901.8
55	0.92	94.1	95.1	95.7	82.2	83.1	83.6	55	0.92	88.1	89.0	89.6	818.8	827.1	832.2
60	1.00	97.3	97.0	97.0	77.9	77.7	77.7	60	1.00	91.1	90.8	90.8	775.6	773.3	773.3

Graficamente, le curve di possibilità climatica per piogge inferiori ad 1h, per un tempo di ritorno pari a 200a hanno un andamento simile:

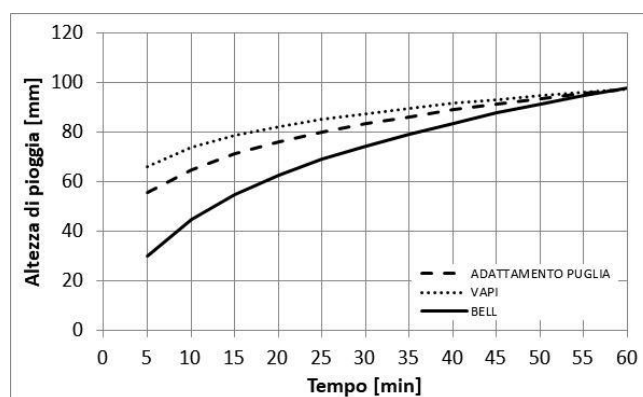


Figura 20. Confronto tra le curve di calcolo per le altezze di pioggia brevi ed intense (esempio sottobacino A1).

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

Tabella 6. 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).

	Area	Portata BELL 0.25h	Portata Puglia 0.25h	Tempo di corrivazione	Portata corrivazione (VAPI)
Sottobacino	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[h]	[m ³ /s]
A1	0.731	26.7	34.7	2.17	5.36
A2	0.402	14.7	19.1	1.75	4.76
A3	1.797	65.7	85.2	2.53	16.23
A4	0.420	15.4	19.9	2.72	3.04
A5	9.096	328.9	426.7	8.42	24.55
A6	33.164	1158.3	1502.6	13.53	64.80
A7	4.805	174.8	226.8	5.70	19.66
A8	51.101	1740.7	2258.2	17.82	75.48

La Tabella 6 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.

Tenuto conto che si tratta essenzialmente di bacini con tempi di deflusso di molto maggiori a 15minuti, per questo lavoro verranno considerate le sole portate ottenute ai tempi di corrivazione calcolati.

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 7.

Tabella 7. Portata di calcolo.

Sottobacino	Portata [m ³ /s]
A1	5.36
A2	4.76
A3	16.23
A4	3.04
A5	24.55
A6	64.80
A7	19.66
A8	75.48

Per le simulazioni in moto permanente con HecRas si è deciso di considerare detti valore. 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 21 indica l'assegnazione delle portate ai singoli tratti del reticolo.

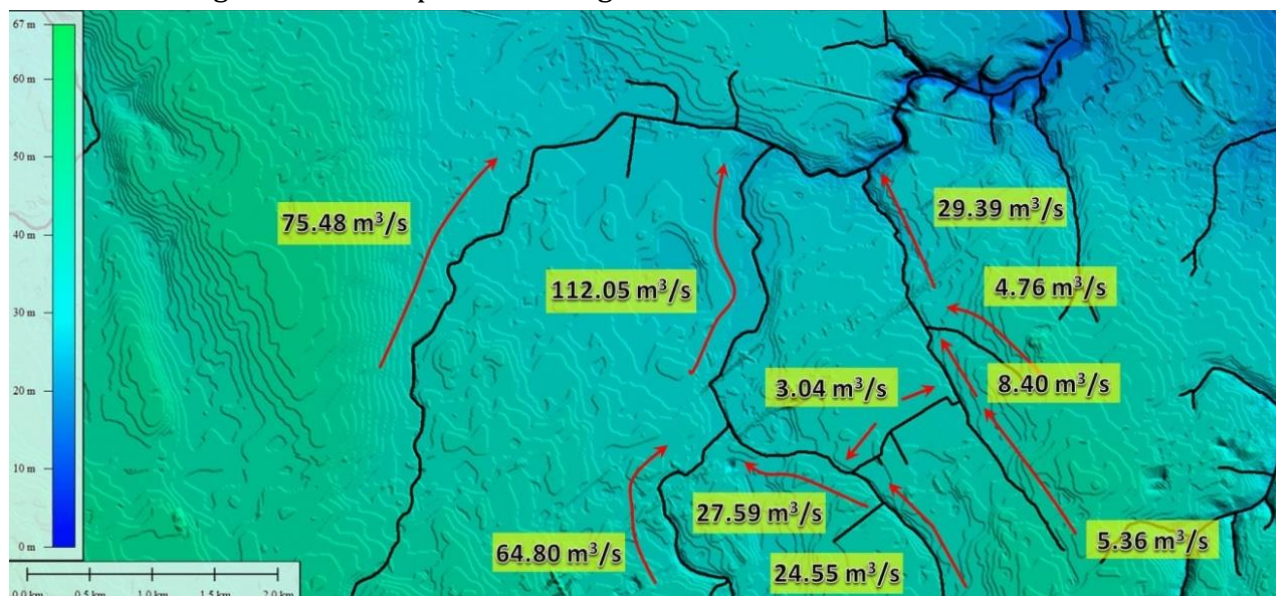


Figura 21. Valori di portata assegnati alla rete idrica per tempo di ritorno di 200a.

6 VERIFICA IDRAULICA

6.1 DATI DI INPUT

L'intervento prevede la realizzazione di due nuove stazioni elettriche collegate alla stazione elettrica Terna esistente e la realizzazione di un elettrodotto sotterraneo fino a un campo agrovoltaiico di prossima realizzazione a circa 6 km a ovest del centro abitato di Brindisi, in Contrada Casignano (BR).

Le aree di posizionamento delle due nuove stazioni elettriche si trovano all'interno del buffer del corso d'acqua episodico 19262 e il campo agrovoltaiico si trova al di fuori del buffer di pertinenza fluviale del corso d'acqua episodico 19734, a una distanza di circa 260m dall'asse dello stesso (Figura 15). L'elettrodotto interrato, viceversa, attraversa l'asse dei seguenti corsi d'acqua episodici (Figura 9): Id19262, Id 19315, Id 19725, Id 19734.

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.

L'elaborazione è stata eseguita mediante QGis ed HecRas 5.0.3, nei quali sono state importate le aste di interesse con alcune sezioni di calcolo. Per le simulazioni non sono state considerate le estensioni longitudinali di tutte le aste fino alle sezioni iniziali di monte. Per i corsi d'acqua che si estendono molto a monte rispetto le zone di interesse, ci si è spinti nella simulazione a valutare il comportamento del flusso idrico a non più di 3-4 km verso monte.

In ambiente HecRas, le simulazioni sono state effettuate in condizioni di moto permanente, imponendo a monte la portata calcolata con tempo di ritorno di 200 anni e come condizioni al contorno le altezze critiche a valle e a monte.

La prima simulazione è in condizioni ante-operam e la seconda in condizioni post-operam, le quali tengono conto della presenza delle due nuovi stazioni elettriche, collegate alla stazione elettrica Terna esistente, che potrebbero influire sull'eventuale deflusso superficiale mediante l'aggiunta di un ulteriore muro perimetrale.

Per quanto riguarda la scabrezza, i numeri di Manning utilizzati fanno riferimento alla Tabella 8 e sono stati imposti tenuto conto della Figura 22 che riporta la carta dell'uso del suolo nei territori a ovest del centro abitato di Brindisi, insieme al tracciato dell'elettrodotto, al campo agrovoltaiico fino alle aree di collegamento con la stazione elettrica Terna. La Figura 22 riporta una legenda che mostra la tipologia di suolo più frequente a ridosso dei corsi d'acqua episodici passanti per la zona.

Per la parte centrale dei corsi d'acqua si è considerata una condizione con numero di Manning pari a $0.070 \text{ m}^{1/6}$ (alcuni tratti dei corsi d'acqua sono in calcestruzzo a sezione trapezia con fondo ricoperto di vegetazione, Figura 23), mentre per i terreni adiacenti un valore del numero di Manning pari a $0.060 \text{ m}^{1/6}$ in presenza di seminativi (Figura 24), dei vigneti (Figura 25) e in presenza di uliveti (Figura 26). Si è preferito usare valori relativamente alti e cautelativi.

Per quanto riguarda le condizioni post-operam, la scabrezza non è stata modificata, in quanto l'area del campo agrovoltaico non si sovrappone all'area di pertinenza fluviale del corso d'acqua 19734.

La Figura 27 riporta le sezioni di calcolo per le simulazioni per ogni tratto della rete considerato.

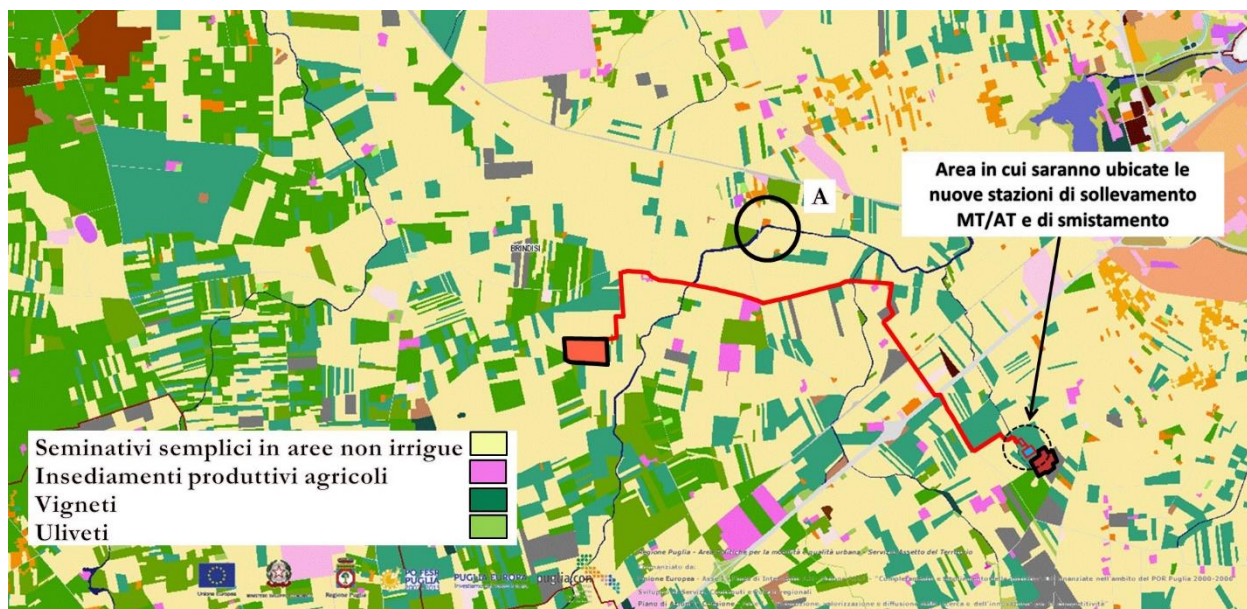


Figura 22. Carta dell'uso del suolo per i territori a ovest del centro abitato di Brindisi. La legenda indica i tipi di suolo più frequenti in zona. Sono mostrate anche le zone interessate dalle prossime attività oggetto di questa relazione (elettrodotto, linea rossa, campo agrovoltaico, a sinistra, e centrale Terna, a destra). Fonte carta:

<http://webapps.sit.puglia.it/freewebapps/UDS2011/index.html>



Figura 23. Immagine di un tratto di canale a sezione trapezia ricoperto di vegetazione. La foto è stata presa in corrispondenza del punto A indicato in Figura 22.



Figura 24. Immagine tipica delle zone a seminativi.



Figura 25. Immagine tipica delle zone con vigneti.



Figura 26. Immagine tipica delle zone a uliveti.

Tabella 8. 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			
b. Same as above, but more stones and weeds	0.025	0.030	0.033
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.030	0.035	0.040
d. Same as above, but some weeds and stones	0.033	0.040	0.045
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.035	0.045	0.050
f. Same as "d" but more stones	0.040	0.048	0.055
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.045	0.050	0.060
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.050	0.070	0.080
	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

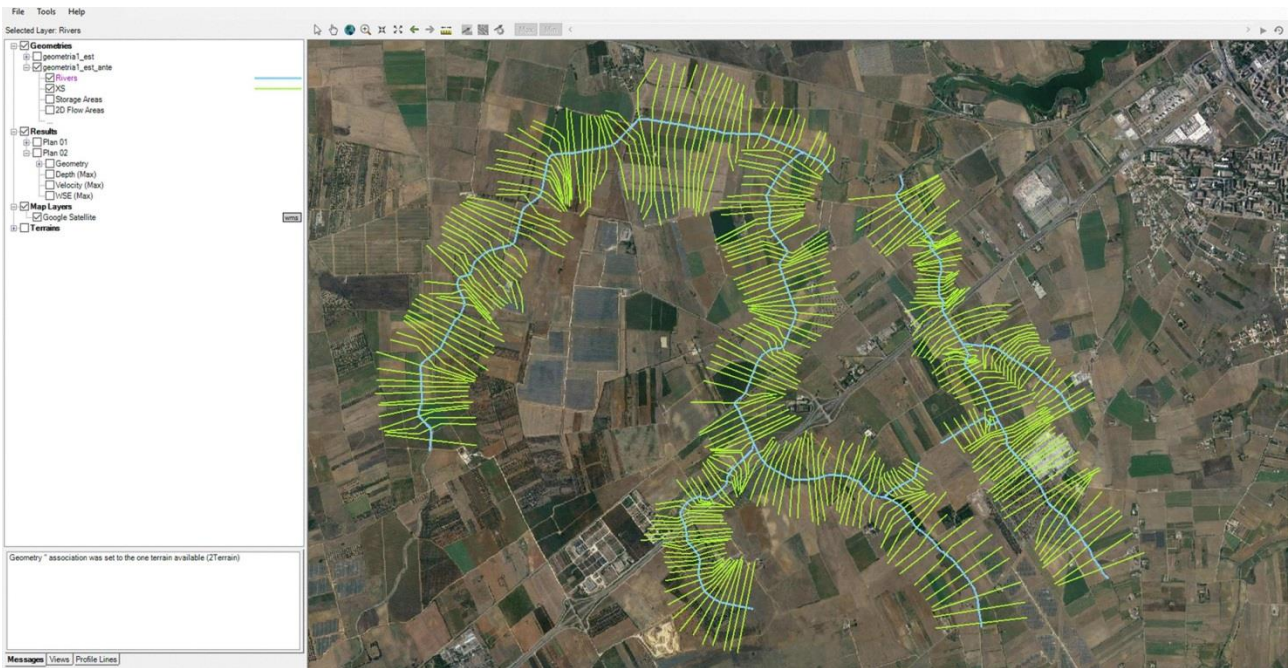


Figura 27. Sezioni di calcolo. Esse sono perpendicolari all'asse del corso d'acqua nelle sue vicinanze e qui sono sovrapposte alle ortofoto prese da Google Maps, su RAS Mapper.

6.2 RISULTATI

La Figura 28 mostra l'output 3D dell'HecRas al termine di una simulazione (in condizioni ante operam in questo caso: nelle condizioni post operam il risultato è analogo tranne una piccola variazione dovuta alla presenza del muro perimetrale della stazione di smistamento).

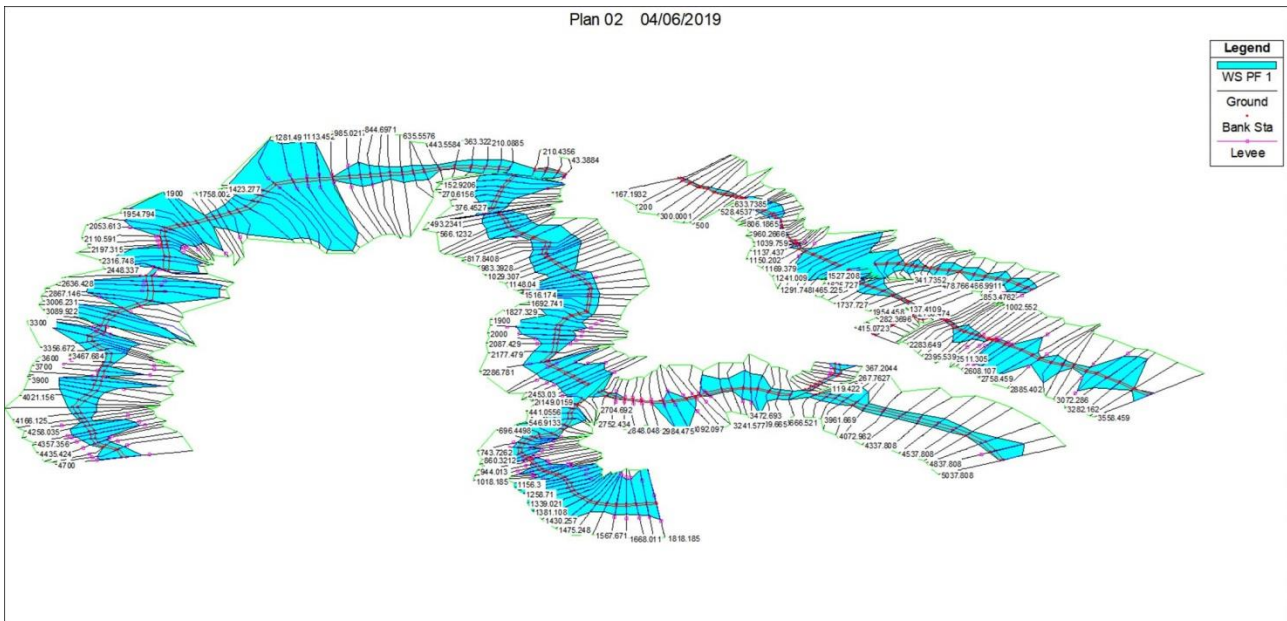


Figura 28. Output 3D dell'HecRas per i corsi d'acqua episodici (HecRas interpola i valori di riempimento tra due sezioni successive, indipendentemente dallo sviluppo reale del terreno).

La Figura 29 riporta la visuale generale sulle impronte di allagamento per i corsi d'acqua di interesse, sovrapposte a ortofoto. La figura individua gli attraversamenti dei canali da parte
 Pag. 33 a 47

dell'elettrodotto (circonferenze 1, 2), la posizione della stazione Terna (circonferenza 3) e quella dell'impianto agrovoltaico (indicata in figura a sinistra).

L'impianto agrovoltaico ricade in area totalmente esterna all'impronta di allagamento relativa al corso d'acqua episodico Id 19734.

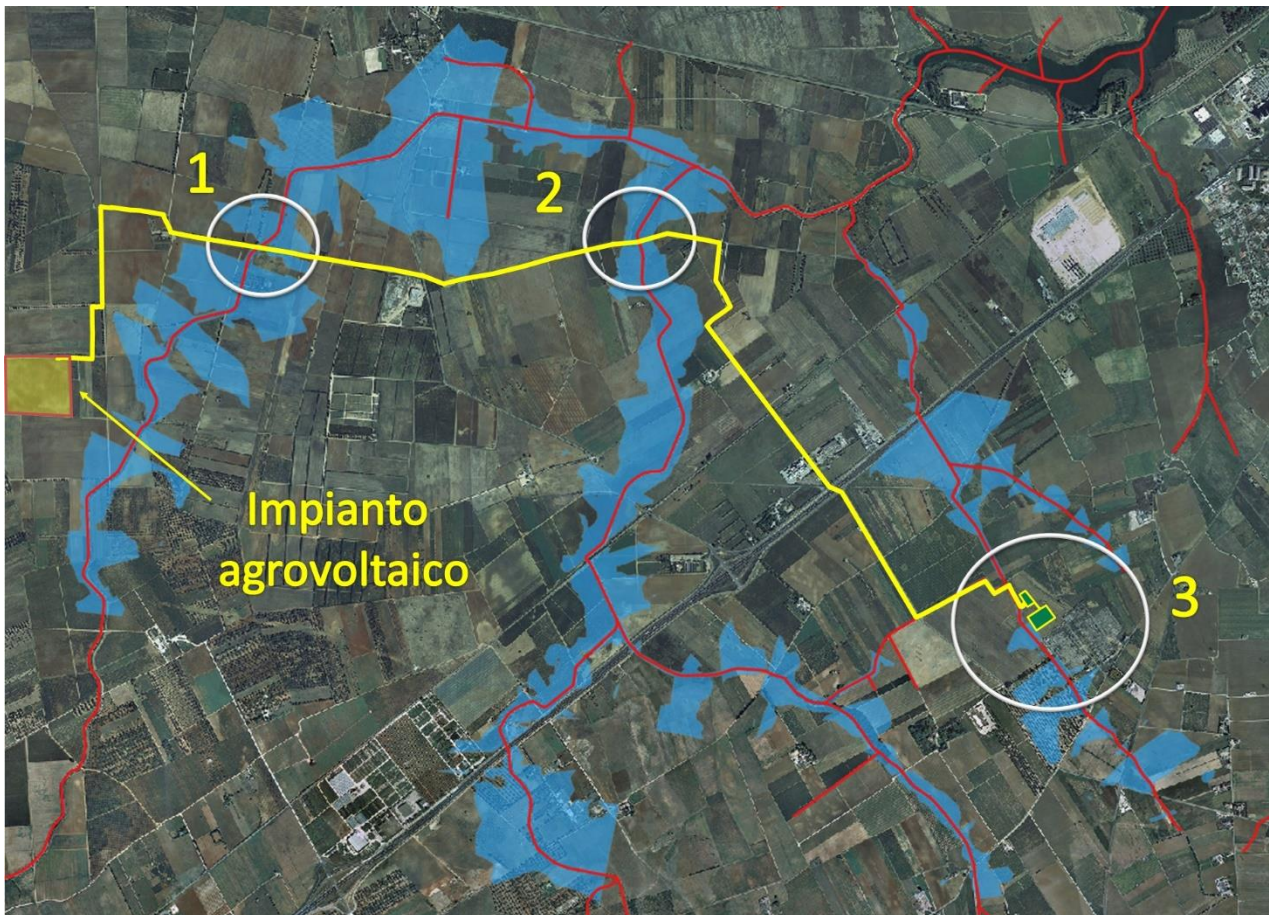


Figura 29. Vista generale del floodplain a est su ortofoto, con indicazione degli attraversamenti dell'elettrodotto (in giallo) in corrispondenza dei corsi d'acqua, della stazione Terna, questa sita in basso a destra nella circonferenza 3, insieme alle due nuove stazioni di sollevamento e di smistamento (aree in verde) e dell'impianto agrovoltaico, rappresentato mediante area gialla a sinistra.

La Figura 30 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 1 in Figura 29, su Carta Tecnica Regionale a cui è sovrapposta l'impronta di allagamento. Essa mostra l'attraversamento dell'elettrodotto in corrispondenza del corso d'acqua Id 19734 (laddove passa un ponte come si evince dalla Figura 10, punti di ripresa 5 e 6) ed evidenzia una sezione di calcolo (che qui viene chiamata A). La Figura 31 è simile, ma riporta il floodplain su ortofoto in aggiunta ad una seconda sezione A1 in corrispondenza di una zona di allagamento più a valle. La Figura 32 riporta l'altezza di riempimento della sezione A calcolata da HecRas con la portata di input, mentre la Figura 33 l'altezza di riempimento della sezione A1, entrambe con l'indicazione dell'altezza del tirante idrico rispetto alla base del corso d'acqua e la velocità media sulla sezione.

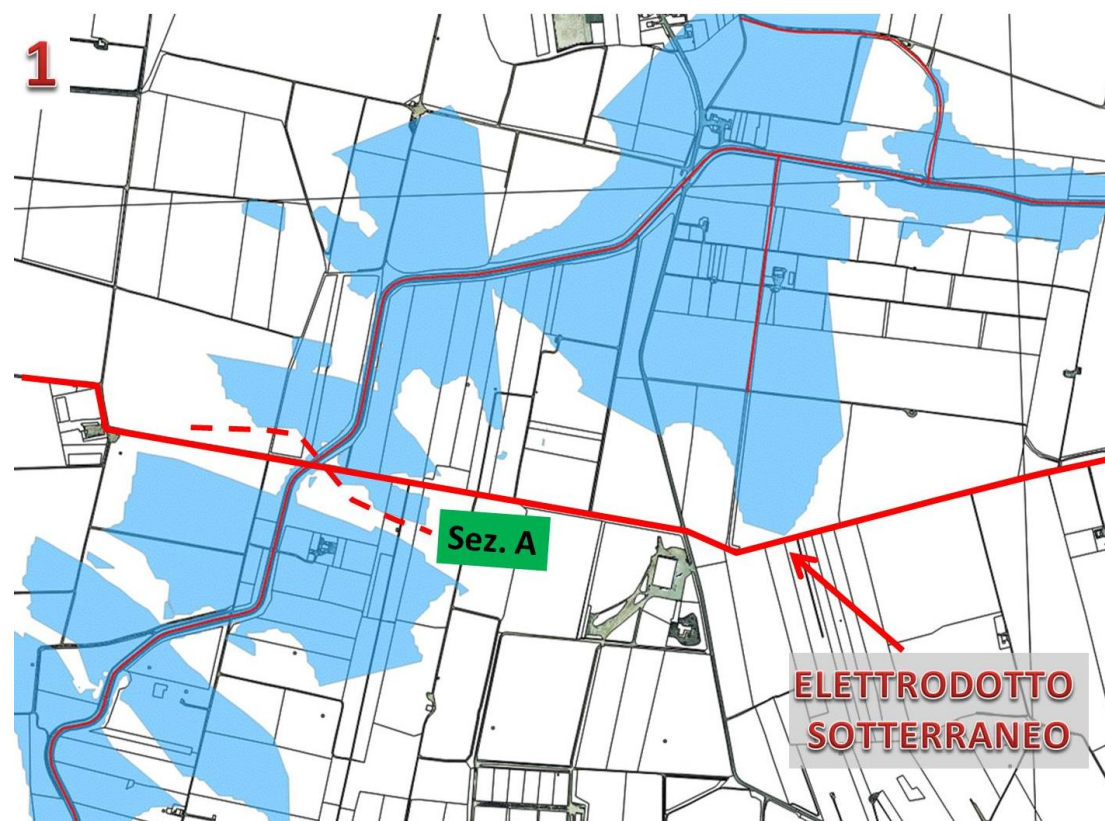


Figura 30. Impronta di allagamento su CTR con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. A).

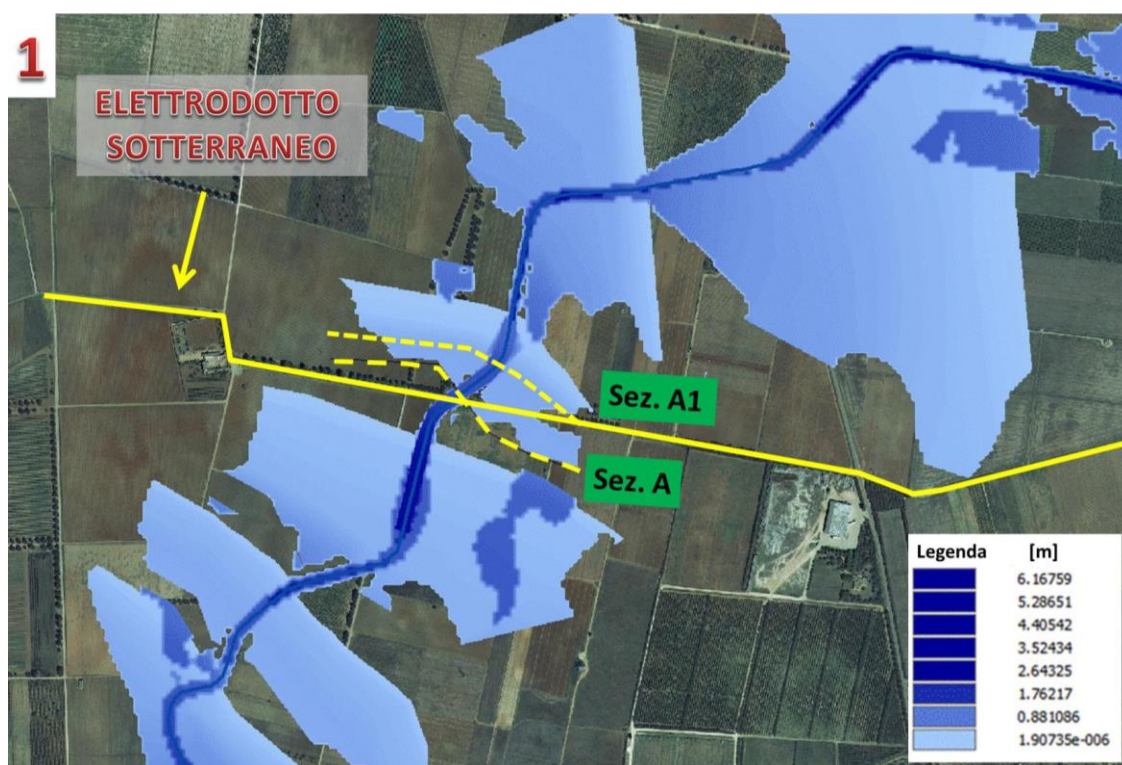


Figura 31. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto e di due sezioni di calcolo (Sez. A e Sez. A1). La legenda indica i l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo.

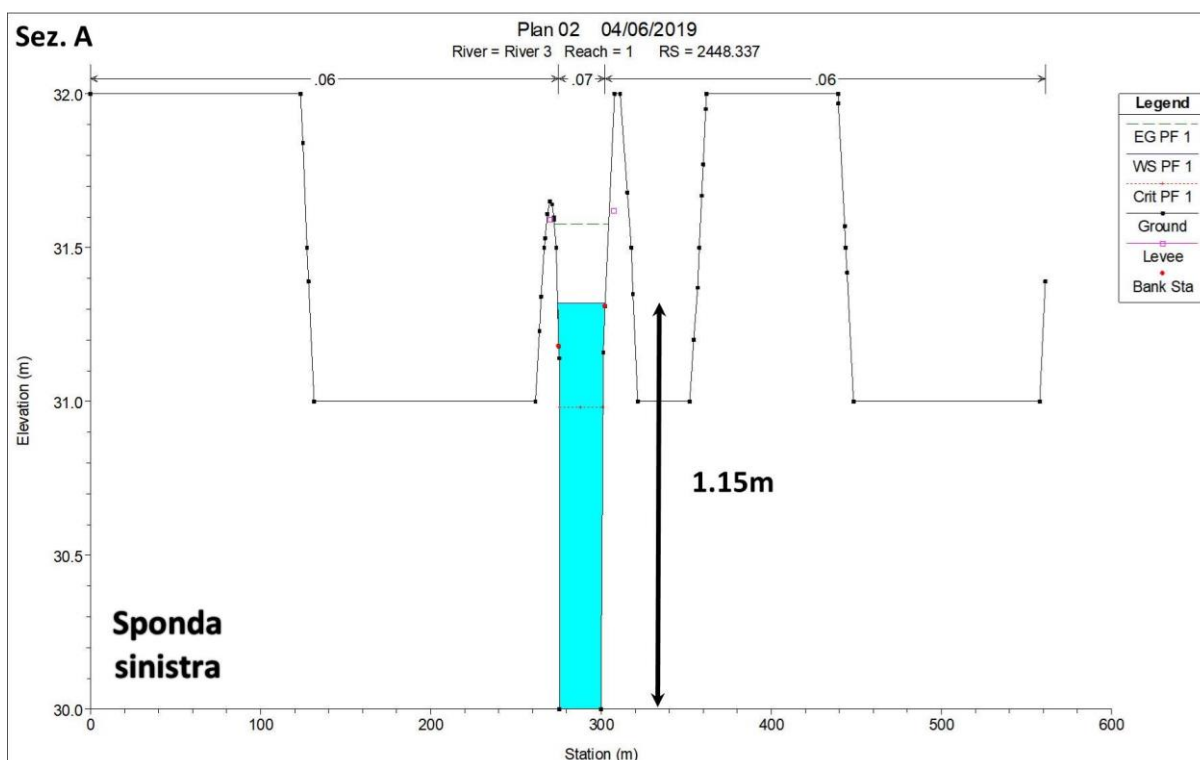


Figura 32. Sezione di calcolo A restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 2.21m/s.

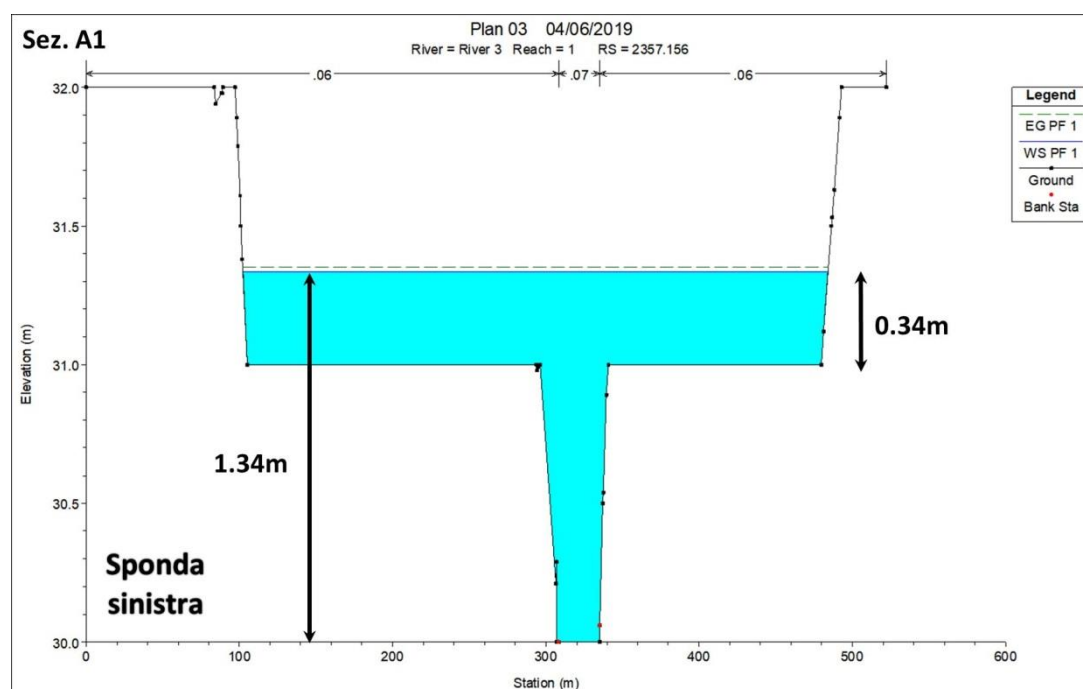


Figura 33. Sezione di calcolo A1 restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.78m/s.

La Figura 34 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 2 in Figura 29, su Carta Tecnica Regionale a cui è sovrapposta l'impronta di allagamento. Essa mostra l'attraversamento dell'elettrodotto in corrispondenza del corso d'acqua Id 19725 (laddove passa un ponte come si evince dalla Figura 10, punti di ripresa 11 e 12) ed evidenzia una sezione di calcolo (che qui viene chiamata B). La Figura 35 è simile, ma riporta il floodplain su

ortofoto. La Figura 36 riporta l'altezza di riempimento della sezione B calcolata da HecRas con la portata di input con l'indicazione dell'altezza del tirante idrico rispetto alla base del corso d'acqua e la velocità media sulla sezione.

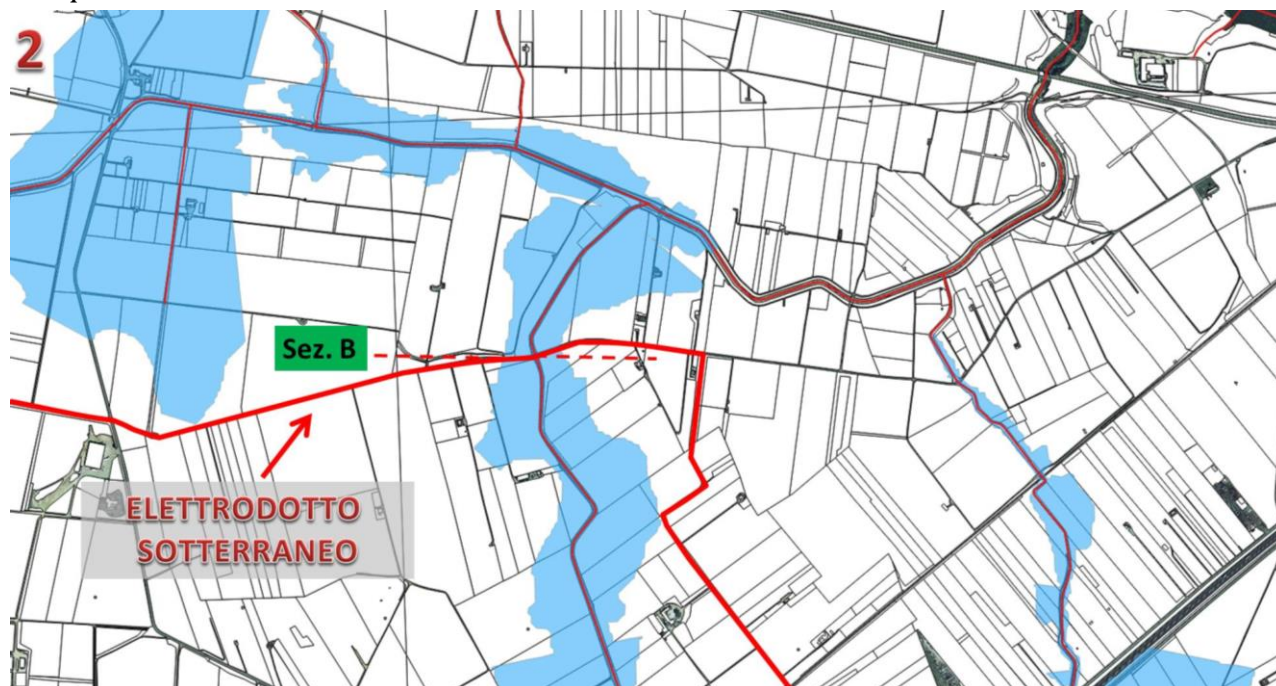


Figura 34. Impronta di allagamento su CTR con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. B).

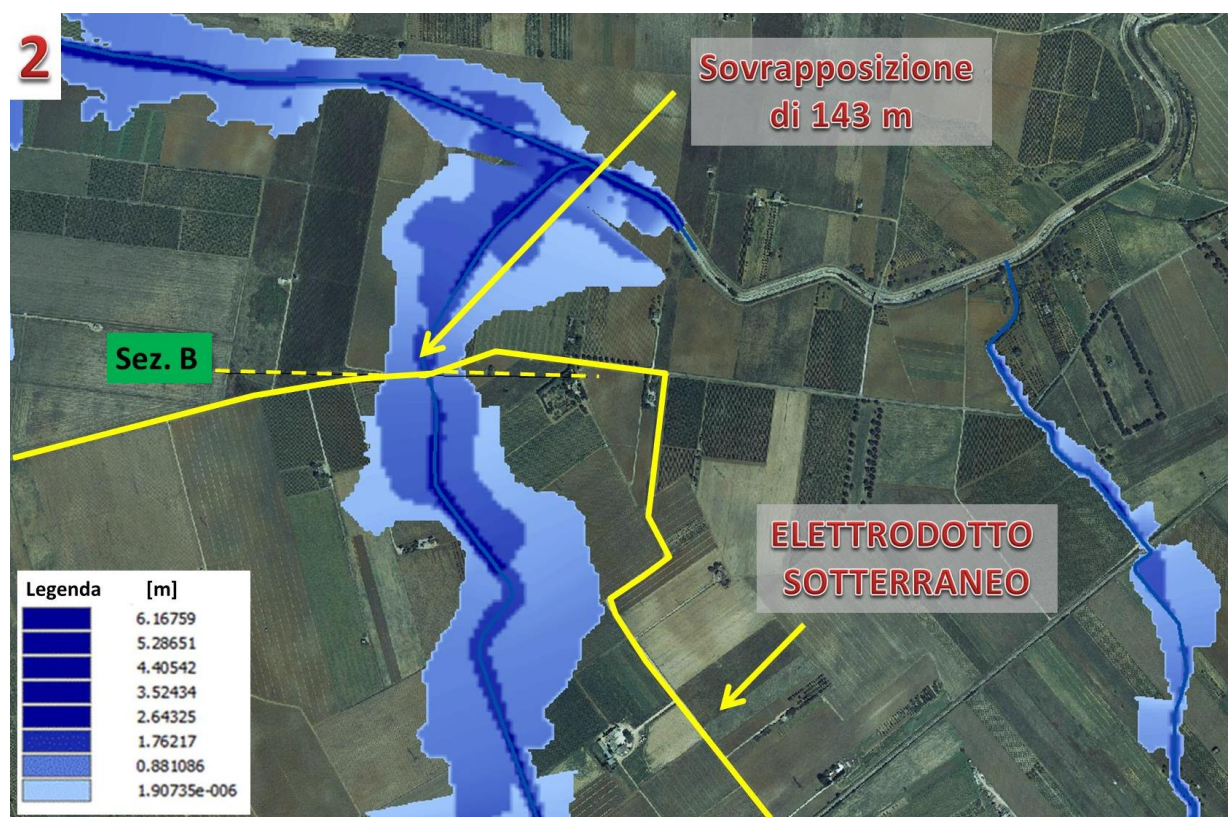


Figura 35. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. B). La legenda indica l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo.

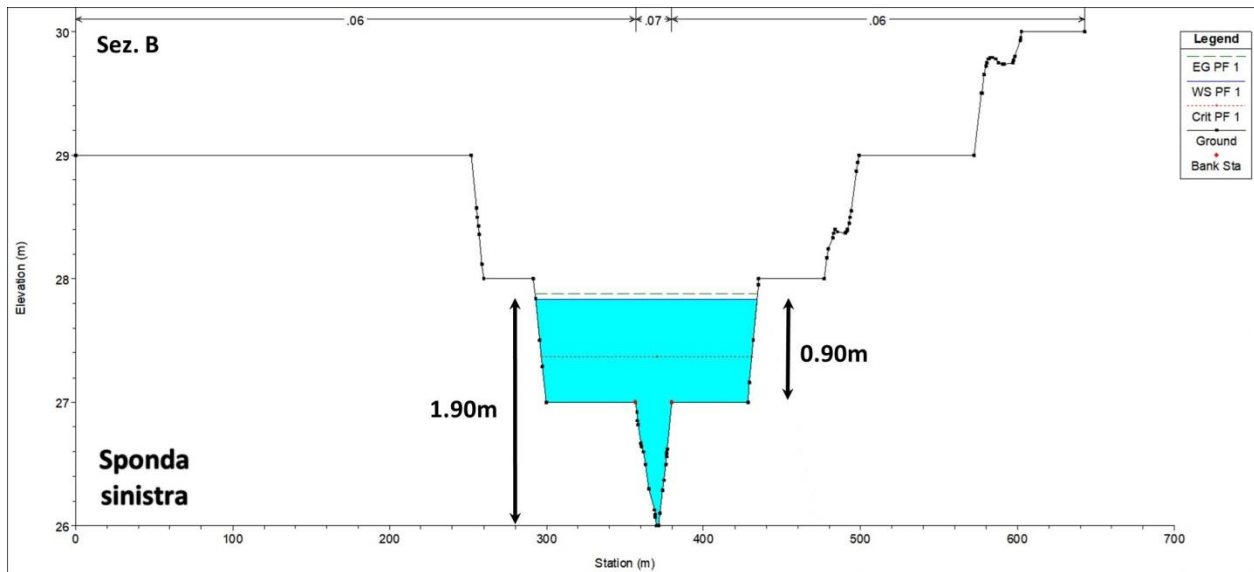


Figura 36. Sezione di calcolo B restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.96m/s.

La Figura 37 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 3 in Figura 29, su Carta Tecnica Regionale a cui è sovrapposta l'impronta di allagamento. **Questa è la condizione ante operam, ovvero in assenza dell'ampliamento della stazione Terna.** Essa mostra posizione della stazione Terna ed evidenzia quattro sezioni di calcolo (chiamate C, D, E ed F). La Figura 38 è simile, ma riporta il floodplain su ortofoto. La Figura 39 riporta l'altezza di riempimento della sezione C, la Figura 40 l'altezza di riempimento della sezione D, la Figura 41 l'altezza di riempimento della sezione E, mentre la Figura 42 l'altezza di riempimento della sezione F. In ogni caso vengono anche indicate le altezze dei tiranti idrici e le velocità media nella sezione bagnata.

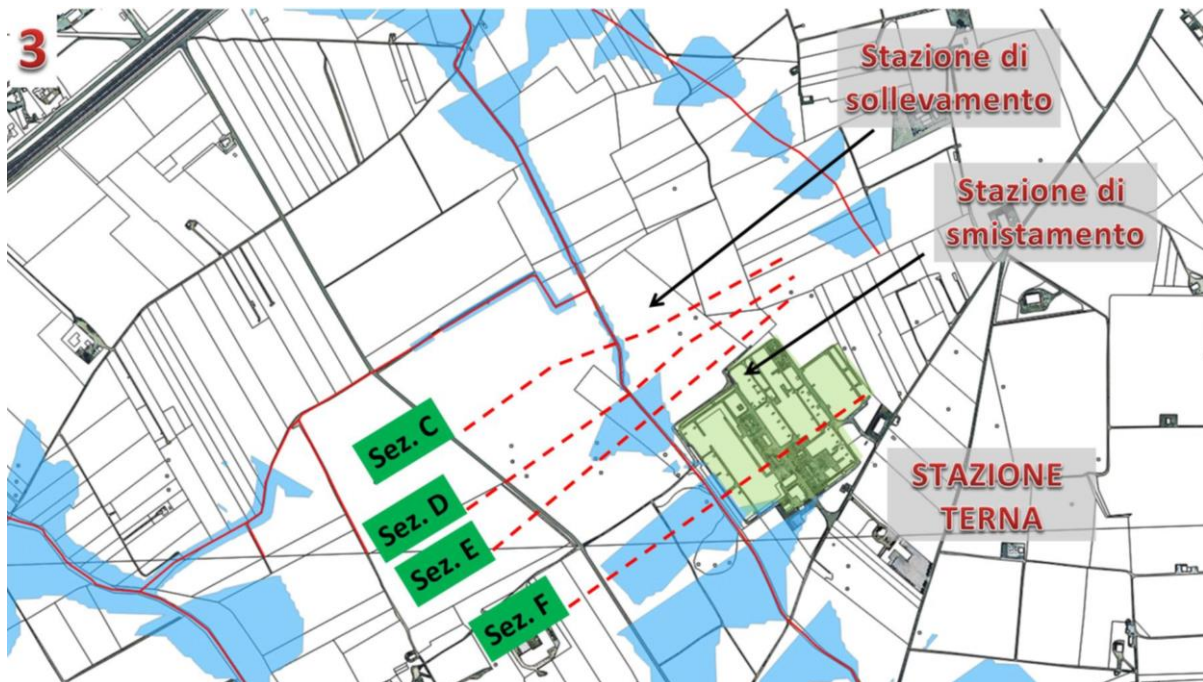


Figura 37. Impronta di allagamento su CTR con indicazione della stazione Terna e di quattro sezioni di calcolo (Sez. C, Sez. D, Sez. E, Sez.F). Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.



Figura 38. Floodplain su ortofoto con indicazione della stazione Terna e di quattro sezioni di calcolo (Sez. C, Sez. D, Sez. E, Sez. F). La legenda indica l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo. *Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

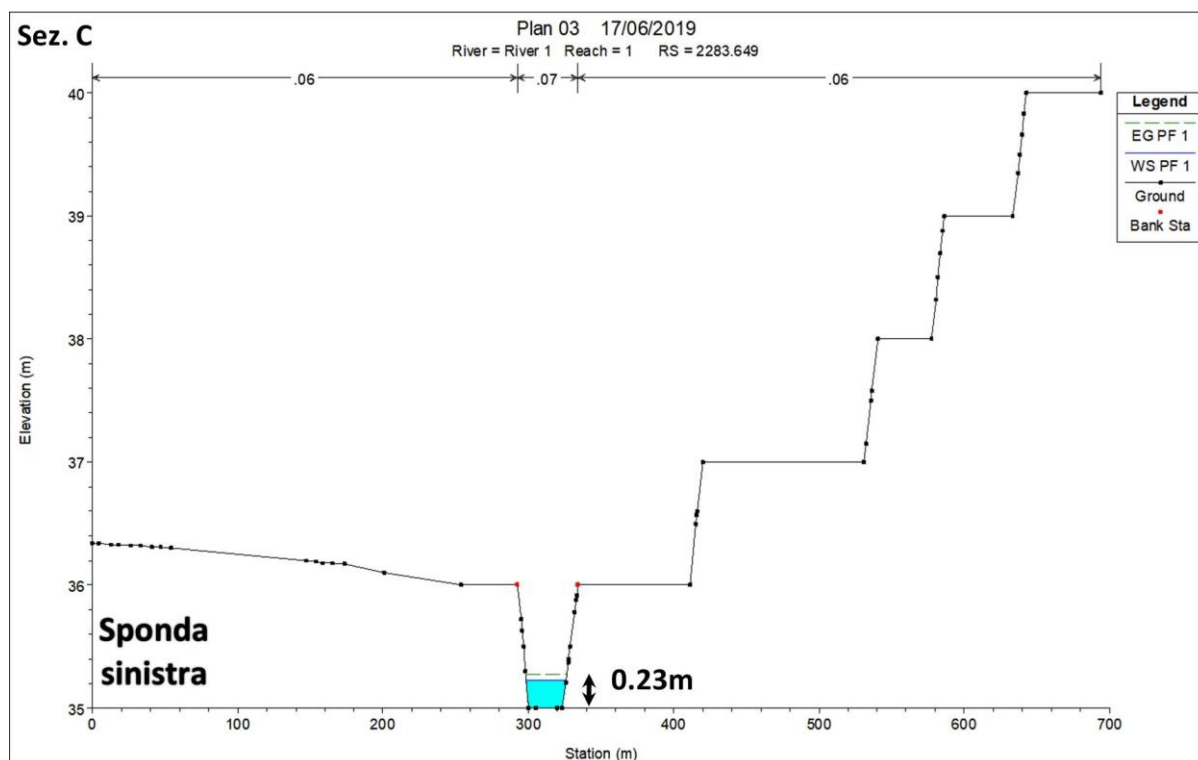


Figura 39. Sezione di calcolo C restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.89m/s. *Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

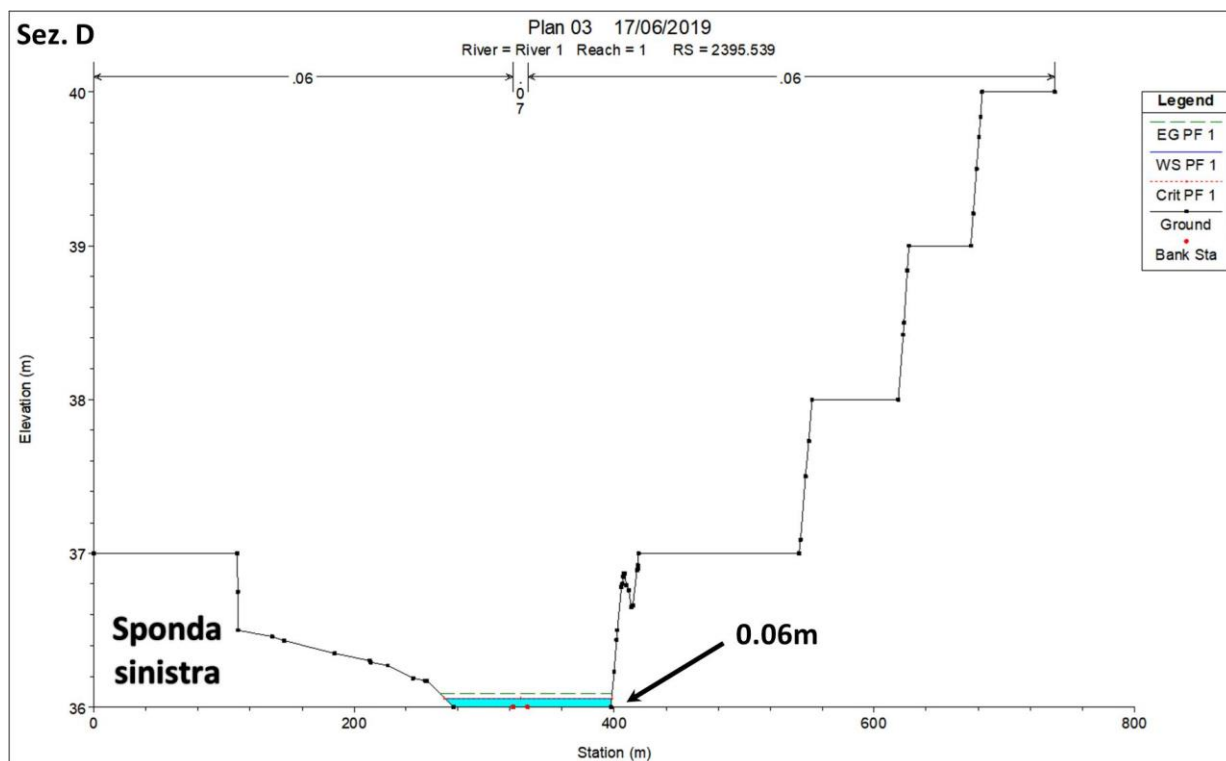


Figura 40. Sezione di calcolo D restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.66m/s. *Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

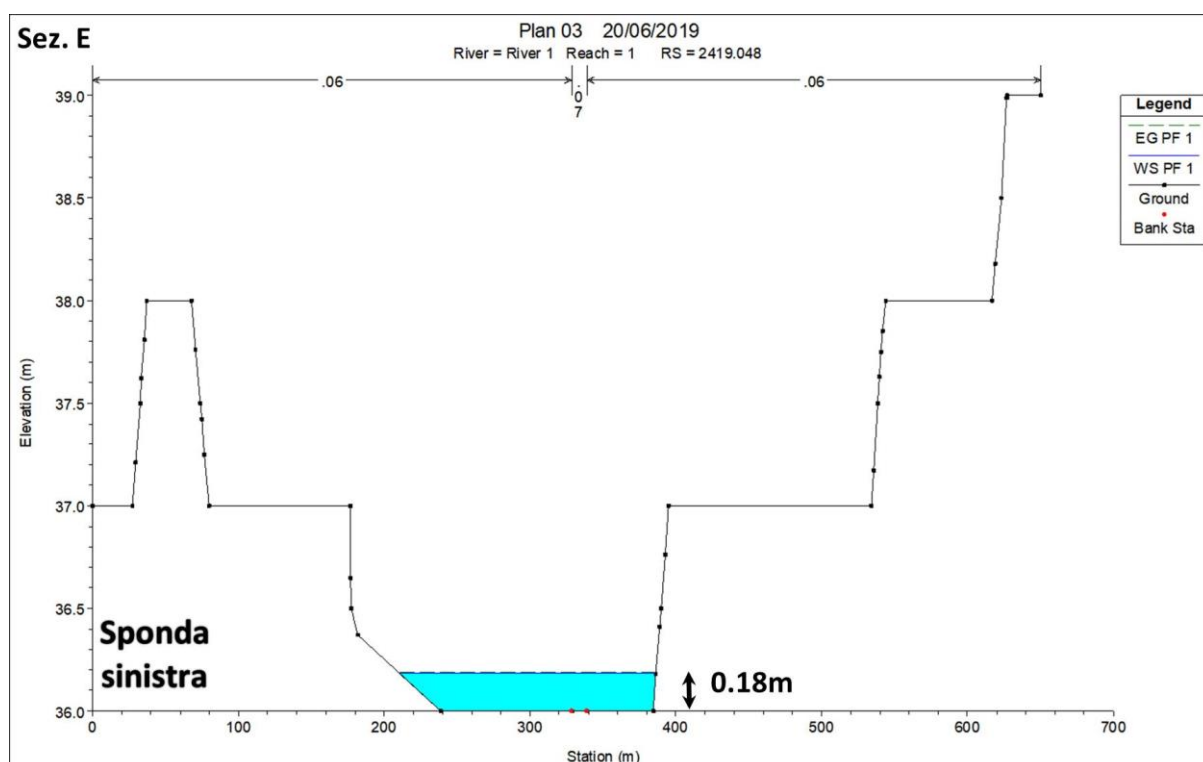


Figura 41. Sezione di calcolo E restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.17m/s. *Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

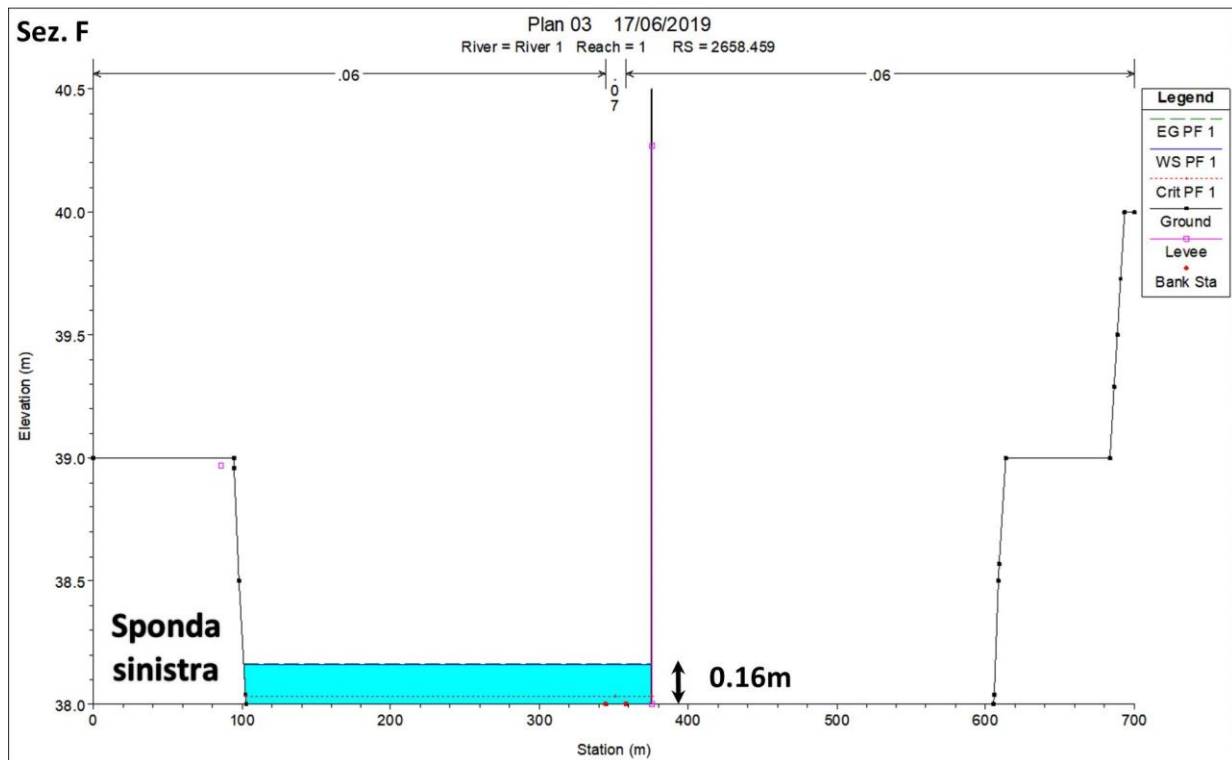


Figura 42. Sezione di calcolo F restituita da HecRas. La linea verticale rappresenta il muro perimetrale occidentale della stazione Terna. Velocità media nella sezione bagnata: 0.11m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

La Figura 43 riporta il floodplain su ortofoto nelle vicinanze della stazione Terna in **condizioni post operam, ovvero in presenza delle due stazioni elettriche previste, ovvero la stazione di sollevamento MT/AT e la stazione di smistamento**; quest' ultima influisce sull'impronta di allagamento del corso d'acqua episodico che la perimetra a ovest, rispetto alla condizione ante operam. La stazione di sollevamento si verrà a trovare esterna all'impronta di allagamento. La stazione di sollevamento, più a nord, rimane esterna all'impronta. Si riportano di seguito le due sezioni D_post e E_post in corrispondenza del nuovo muro perimetrale previsto con anche indicate le altezze dei tiranti idrici e le velocità media nella sezione bagnata (Figura 44 e Figura 45). Rispetto alla condizione ante operam, in post operam si osservano leggerissime variazioni del tirante idrico con conseguenti variazioni della velocità media.

In particolare, la sezione D_post presenta un tirante di 0.07m e una velocità media di 0.75m/s, laddove l'omologa sezione D (ante operam) presenta un tirante di 0.06m e una velocità media di 0.66m/s.

La sezione E_post presenta un tirante di 0.18m e una velocità media di 0.17m/s, laddove l'omologa sezione E (ante operam) presenta un tirante di 0.20m e una velocità media di 0.17m/s.

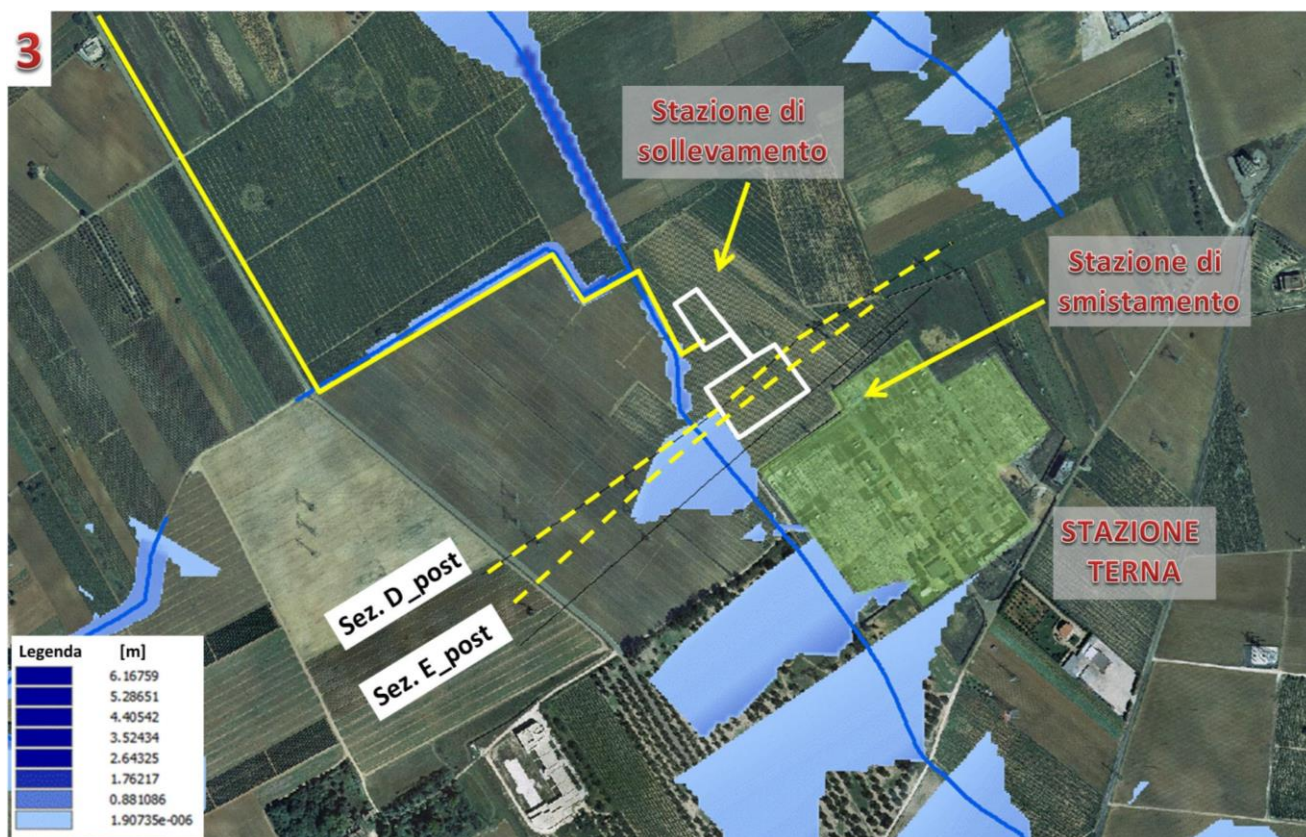


Figura 43. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto, della stazione di sollevamento, della stazione di smistamento, della stazione Terna e di due sezioni di calcolo (Sez. D_post, Sez. E_post). La legenda indica l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo. *Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

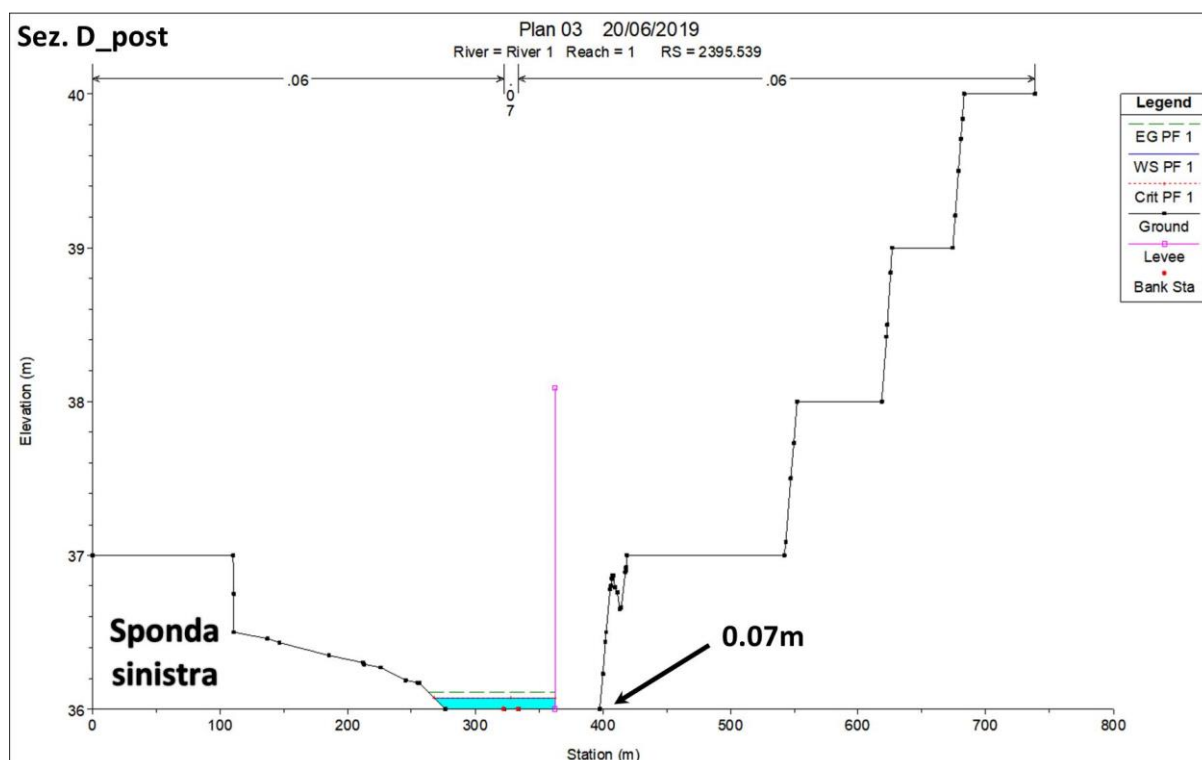


Figura 44. Sezione di calcolo D_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.75m/s. *Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

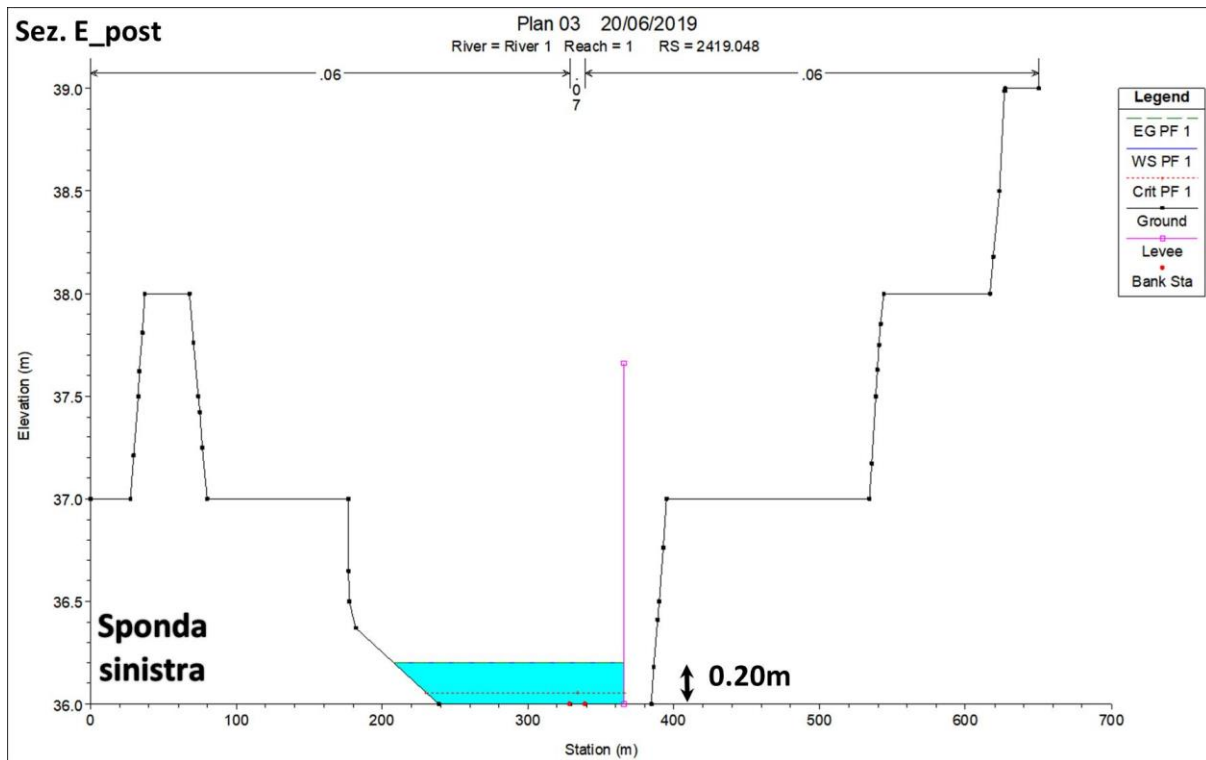


Figura 45. Sezione di calcolo E_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.17m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

La Figura 46 indica tutte le sezioni di calcolo a ridosso della stazione Terna, con evidenziate le sezioni C, D, E e F.

A seguire sono riportate due tabelle. La prima (Tabella 9), riporta le caratteristiche idrauliche delle sezioni di Figura 46 in condizioni ante operam. La seconda (Tabella 10) indica le condizioni post operam, a seguito dell'ampliamento della stazione Terna. In grigio vengono indicate le sezioni C, D, E, F, D_post e E_post.

In particolare, esse riportano in successione lungo le colonne, il nominativo della stazione (che rappresenta la sua distanza in metri dalla sezione di chiusura del corso d'acqua), la portata di tratto (in m^3/s), l'altezza della superficie dell'acqua in metri (rispetto quota 0m), l'altezza della linea dell'energia in metri (rispetto quota 0m), 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.

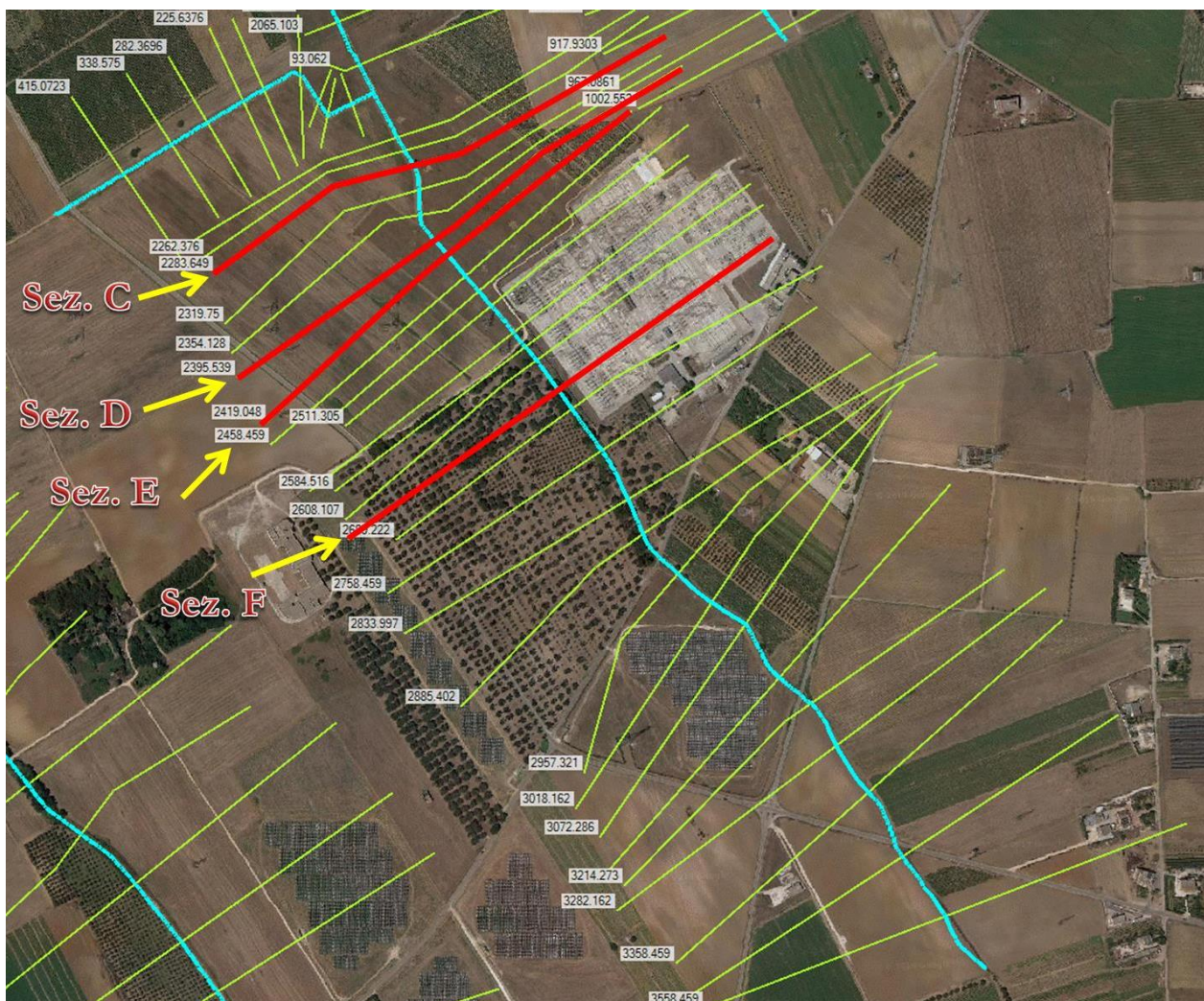


Figura 46. Sezioni di calcolo lungo il corso d'acqua ID 19262 che perimetra a ovest la stazione Terna. Sono sottolineate le sezioni C, D, E, F.

Tabella 9. Caratteristiche idrauliche delle sezioni lungo il corso d'acqua ID 19262. Condizioni ante operam.

Indicatore stazione	Portata	Elevazione superficie acqua	Elevazione linea energia	Velocità	Area sezione bagnata	Larghezza pelo libero	Numero di Froude	
[-]	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m/s]	[m ²]	[m]	[-]	
3558.46	5.36	43.16	43.16	0.23	20.88	131.21	0.18	
3458.46	5.36	42.26	42.38	1.38	3.62	16.12	0.93	
3358.46	5.36	42.08	42.08	0.01	115.21	355.00	0.02	
3282.16	5.36	42.08	42.08	0.02	87.97	389.87	0.03	
3214.27	5.36	42.06	42.06	0.18	25.36	423.59	0.24	
3158.46	5.36	41.08	41.12	0.79	6.03	76.25	0.89	
3072.29	5.36	40.33	40.34	0.38	13.39	43.49	0.21	
3018.16	5.36	40.25	40.25	0.17	28.24	122.37	0.11	
2957.32	5.36	40.03	40.05	0.51	9.14	293.11	0.92	
2885.40	5.36	39.21	39.21	0.31	15.95	82.54	0.21	
2834.00	5.36	39.16	39.16	0.09	51.44	325.44	0.07	
2758.46	5.36	39.02	39.04	0.43	10.71	470.38	0.91	
2689.22	5.36	38.18	38.18	0.10	47.62	268.95	0.07	
Sez. F	2658.46	5.36	38.16	38.16	0.11	43.89	273.63	0.08
	2608.11	5.36	38.10	38.11	0.16	29.09	280.62	0.16
	2584.52	5.36	37.75	37.92	1.81	2.96	8.90	1.00
	2558.46	5.36	37.29	37.39	1.45	3.69	17.06	1.00
	2511.31	5.36	36.33	36.34	0.46	10.99	43.45	0.27
	2485.80	5.36	36.26	36.27	0.23	20.55	80.51	0.15
	2458.46	5.36	36.23	36.23	0.18	27.05	123.48	0.12
Sez. E	2419.05	5.36	36.18	36.19	0.17	29.71	175.92	0.12
Sez. D	2395.54	5.36	36.06	36.09	0.66	7.23	128.30	0.87
	2354.13	5.36	35.57	35.58	0.46	11.91	25.64	0.20
	2319.75	5.36	35.49	35.50	0.44	12.82	32.50	0.20
Sez. C	2283.65	5.36	35.24	35.28	0.89	5.99	27.64	0.61
	2262.38	5.36	34.75	34.80	1.06	5.13	12.89	0.52
	2240.91	5.36	34.57	34.59	0.66	8.31	19.98	0.31

Tabella 10. Caratteristiche idrauliche delle sezioni lungo il corso d'acqua ID 19262. Condizioni post operam.

Indicatore stazione	Portata	Elevazione superficie acqua	Elevazione linea energia	Velocità	Area sezione bagnata	Larghezza pelo libero	Numero di Froude	
[-]	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m/s]	[m ²]	[m]	[-]	
3558.46	5.36	43.16	43.16	0.23	20.88	131.21	0.18	
3458.46	5.36	42.26	42.38	1.38	3.62	16.12	0.93	
3358.46	5.36	42.08	42.08	0.01	115.21	355.00	0.02	
3282.16	5.36	42.08	42.08	0.02	87.97	389.87	0.03	
3214.27	5.36	42.06	42.06	0.18	25.36	423.59	0.24	
3158.46	5.36	41.08	41.12	0.79	6.03	76.25	0.89	
3072.29	5.36	40.33	40.34	0.38	13.39	43.49	0.21	
3018.16	5.36	40.25	40.25	0.17	28.24	122.37	0.11	
2957.32	5.36	40.03	40.05	0.51	9.14	293.11	0.92	
2885.40	5.36	39.21	39.21	0.31	15.95	82.54	0.21	
2834.00	5.36	39.16	39.16	0.09	51.44	325.44	0.07	
2758.46	5.36	39.02	39.04	0.43	10.71	470.38	0.91	
2689.22	5.36	38.18	38.18	0.10	47.62	268.95	0.07	
2658.46	5.36	38.16	38.16	0.11	43.89	273.63	0.08	
2608.11	5.36	38.10	38.11	0.16	29.09	280.62	0.16	
2584.52	5.36	37.75	37.92	1.81	2.96	8.90	1.00	
2558.46	5.36	37.29	37.39	1.45	3.69	17.06	1.00	
2511.31	5.36	36.33	36.34	0.46	11.12	43.63	0.27	
2485.80	5.36	36.27	36.28	0.23	21.19	80.68	0.14	
2458.46	5.36	36.24	36.24	0.17	28.24	121.26	0.11	
Sez. E_post	2419.05	5.36	36.20	36.20	0.17	28.81	158.23	0.12
Sez. D_post	2395.54	5.36	36.07	36.11	0.75	6.47	94.39	0.89
	2354.13	5.36	35.57	35.58	0.44	12.05	25.74	0.21
	2319.75	5.36	35.49	35.49	0.44	12.79	32.49	0.20
	2283.65	5.36	35.23	35.27	0.92	5.76	27.51	0.61
	2262.38	5.36	34.75	34.80	1.06	5.13	12.89	0.52
	2240.91	5.36	34.57	34.59	0.66	8.31	19.98	0.31

7 CONCLUSIONI

La Depalma SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico da 14.989MW in DC e da 12.480MW in AC presso un terreno agricolo ubicato nel comune di Brindisi (BR) in località Contrada Casignano.

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 - Brindisi Pignicelle.

Gli interventi non attraversano aree a pericolosità e rischio idraulico, ma interessano zone a pertinenza fluviale. Le opere si collocano a sud-ovest del centro abitato di Brindisi e si sviluppano su un territorio attraversato da una serie di corsi d'acqua episodici. Il campo agrovoltaico è esterno al buffer di 150m (articolo 6, comma 8 e articolo 10, comma 3 del Piano Di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) di un corso d'acqua episodico che dista circa 380m verso est, mentre l'elettrodotto li attraversa.

Scopo del presente lavoro è quello di **valutare l'eventuale riposizionamento dell'impianto agrovoltaico e dell'elettrodotto, e verificare l'influenza sul deflusso superficiale delle acque causata all'estensione della stazione Terna**, in presenza di portate calcolate per tempi di ritorno di 200anni. A tal fine sono state realizzate due simulazioni, la prima in condizioni ante operam e la seconda in condizioni post operam, la quale tiene conto dell'ampliamento della stazione Terna che influirebbe sull'eventuale deflusso superficiale mediante l'aggiunta di un ulteriore muro perimetrale. Essendo l'area dell'impianto agrovoltaico esterna al buffer di pertinenza fluviale del Canale Reale, nelle condizioni post operam non viene modificata la scabrezza.

Le elaborazioni sono state eseguite mediante fogli di calcolo Excel, QGis ed HecRas 5.0.3, nel quale sono state importate le aste di interesse e sezioni di calcolo. Mediante HecRas si è proceduto a simulazioni in moto permanente.

Le simulazioni mostrano che:

- **la centrale fotovoltaica non viene interessata da impronte di allagamento;**
- **l'ampliamento della centrale elettrica Terna determina una diminuzione dell'impronta di allagamento nella zona perimetrale occidentale della centrale stessa, che non influisce particolarmente sull'altezza del tirante idrico se non sull'incremento della velocità delle acque superficiali al massimo nell'ordine di 10 cm/s;**
- **in concomitanza dei due attraversamenti stradali principali (ID 19725 e ID 19734), l'elettrodotto attraversa zone di allagamento. In quei punti si è valutato di effettuare un attraversamento mediante tecnologia NO-DIG o trenchless. In particolare, per l'attraversamento dell'ID 19725 si consiglia di realizzarlo per**

una lunghezza di almeno 140m, mentre per l'attraversamento dell'ID 19734 per una lunghezza sufficiente ad attraversare il corso d'acqua stesso.

Ginosa, agosto 2021

Dr. Geol. Francesco SOZIO

