

COMUNE DI BRINDISI

(Provincia di Brindisi)

Realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC di 30,073 MW e potenza in AC di 40 MW denominato "Vecchi Baroni" in agro di Brindisi in località C.da Baroni e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) nell'ambito del procedimento di P.U.A. ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Codifica elaborato
P_o8_C

Relazione di compatibilità idraulica

Proponente



baroni s.r.l.

Tel +39 02 454 408 20

baroni-srl@pec.it

BARONI S.R.L.
Galleria Vintler, 17
I-39100 Bolzano
P.IVA 03043330210

Sviluppatore



Greenergy

GREENERGY IMPIANTI S.R.L.

Via Sacro Cuore snc - IT 74011 Castellaneta (TA)

Tel +39 0998441860 Fax +39 0998445168

info@greenergyimpianti.it www.greenergyimpianti.it

REVISIONI

N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
00	03.08.2021	PRIMA EMISSIONE	GEOL. FRANCESCO SOZIO	GEOL. FRANCESCO SOZIO	BARONI S.R.L.

TIPOLOGIA DELL'ELABORATO

FORMATO

SCALA

FOGLIO

RELAZIONE

A4

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	4
3	RILIEVO FOTOGRAFICO	10
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	13
5	DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI	16
6	CALCOLO DELLE PORTATE	22
6.1	CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIANTE VAPI	22
6.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	23
6.3	ANALISI DELLE PIOGGE BREVI E INTENSE	32
6.4	DEFINIZIONE DELLE PORTATE SCOLANTI	35
7	VERIFICA IDRAULICA	37
7.1	DATI DI INPUT	37
7.2	RISULTATI	41
8	CONCLUSIONI	66

1 INTRODUZIONE

Il presente lavoro è in risposta alle osservazioni e alle richieste dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Sede Puglia contenute nel documento DAM Puglia – Registro Protocollo 2019 N. 0013686 – U 26/11/2019, a riguardo della Relazione di compatibilità idraulica, Elaborato n. P_08_B, presentata allo Sportello Telematico della Provincia di Brindisi.

In estrema sintesi, l'Autorità di Bacino Distrettuale rilevava che:

1. i tempi di corrivazione stimati per i nove bacini idrografici analizzati apparivano sensibilmente inferiore a quelli attesi. In particolare viene sottolineato il valore atteso della portata per il Canale Reale superiore a quello riportato nello studio;
2. il valore del coefficiente di deflusso utilizzato non era stato presentato come stimato sulla base di una valutazione analitica;
3. le portate al colmo di piena apparivano poco cautelative, in particolare per il Canale Reale, per il tempo di ritorno di 200 anni utilizzato;
4. non era precisata la fonte delle cartografie utilizzate su cui sono state tracciate le sezioni di calcolo. In particolare, le sezioni stesse presentavano andamenti del terreno netti e regolari e quindi poco realistici;
5. i risultati della modellazione mostravano chiari segni di discontinuità longitudinale.

L'Autorità di Bacino, a seguito di queste osservazioni, dichiarava che la compatibilità del progetto alle Norme Tecniche di Attuazione del PAI può essere assentita solo a seguito di una "Relazione di compatibilità idrologica e idraulica" integrativa che risolva le criticità precedentemente evidenziate.

Inoltre l'Autorità di Bacino richiedeva in allegato:

- la documentazione cartografica utilizzata per la realizzazione del modello alla base della simulazione idraulica, specificandone la fonte;
- il file sorgente del codice di calcolo HecRas, con riferimento allo stato di fatto e allo stato di progetto, comprensivo dei risultati in termine di aree inondabili, tiranti e velocità, in formato shapefile/raster;
- planimetrie a scala di dettaglio in cui dovranno essere riportati il perimetro delle aree inondabili, le tracce delle sezioni di calcolo e le opere oggetto dell'intervento.

Nella presente relazione, in risposta alle richieste di cui sopra, si sono dunque ricalcolati i parametri idraulici per il Canale Reale (sottobacino 9)..

Per facilità di lettura si è ritenuto ripresentare in toto l'intera relazione integrata con l'approfondimento richiesto relativamente al Canale Reale.

A seguito della prima relazione consegnata all'Autorità di Bacino, il committente ha provveduto a modificare la posizione dei pannelli fotovoltaici più prossimi al Canale Reale, allontanandoli verso sud dall'asse dello stesso.

2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La Baroni SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC 30,073 MW e potenza nominale in AC 40,0 in AC, denominato "Vecchi Baroni", presso un terreno agricolo non coltivato, di tipologia "seminativo", ubicato nel comune di Brindisi (BR) in località Contrada Baroni.

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 della centrale fotovoltaica sul terreno agricolo suddetto.



Figura 1. Localizzazione dell'area oggetto dell'intervento (Fonte: Google, immagine satellitare acquisita nel 2019). In azzurro le nuove stazioni da realizzare, a nord-ovest della centrale Terna.

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

Pag. 4 a 67

attraverso una connessione in alta tensione (AT) con l'esistente Stazione Elettrica Terna – Brindisi Pignicelle.

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.

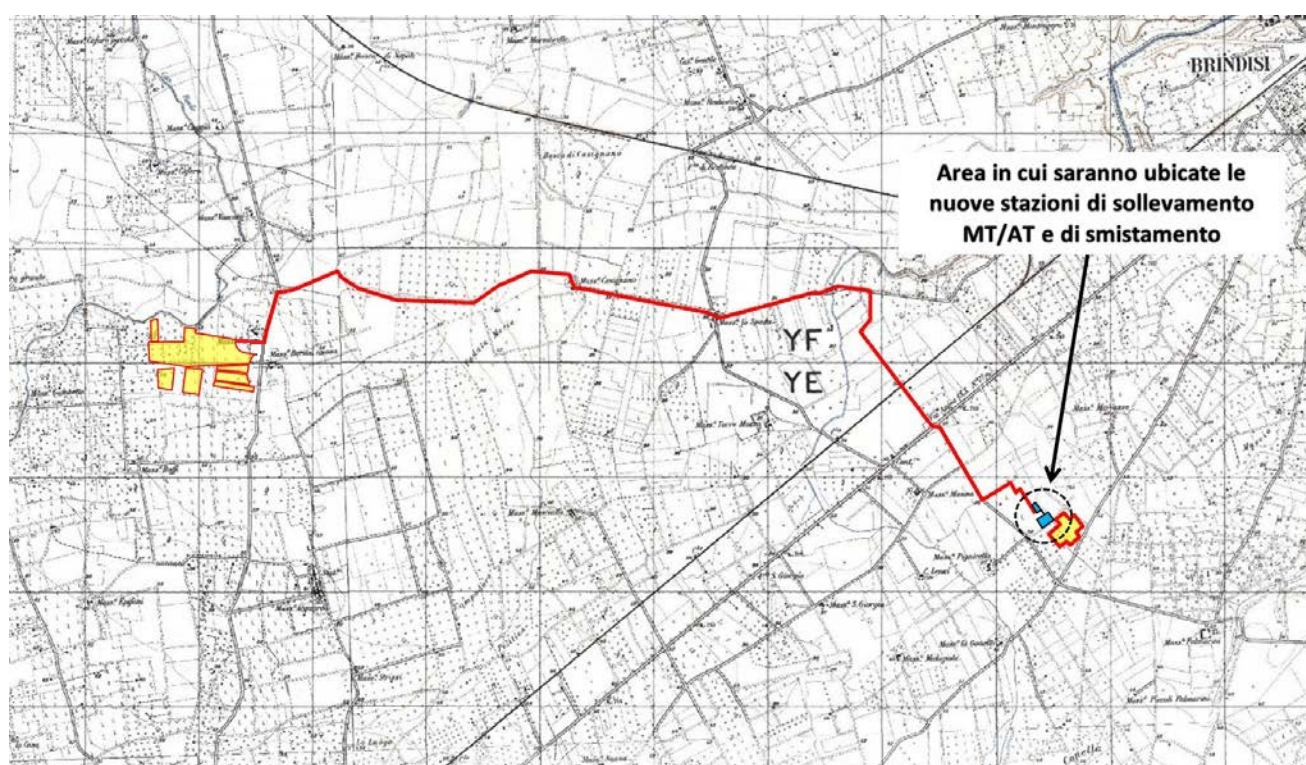


Figura 2. Localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000 (si veda la Figura 1 per la legenda, in azzurro le nuove stazioni da realizzare; fonte carta: http://93.51.158.165/geomorfológica/map_default.phtml).

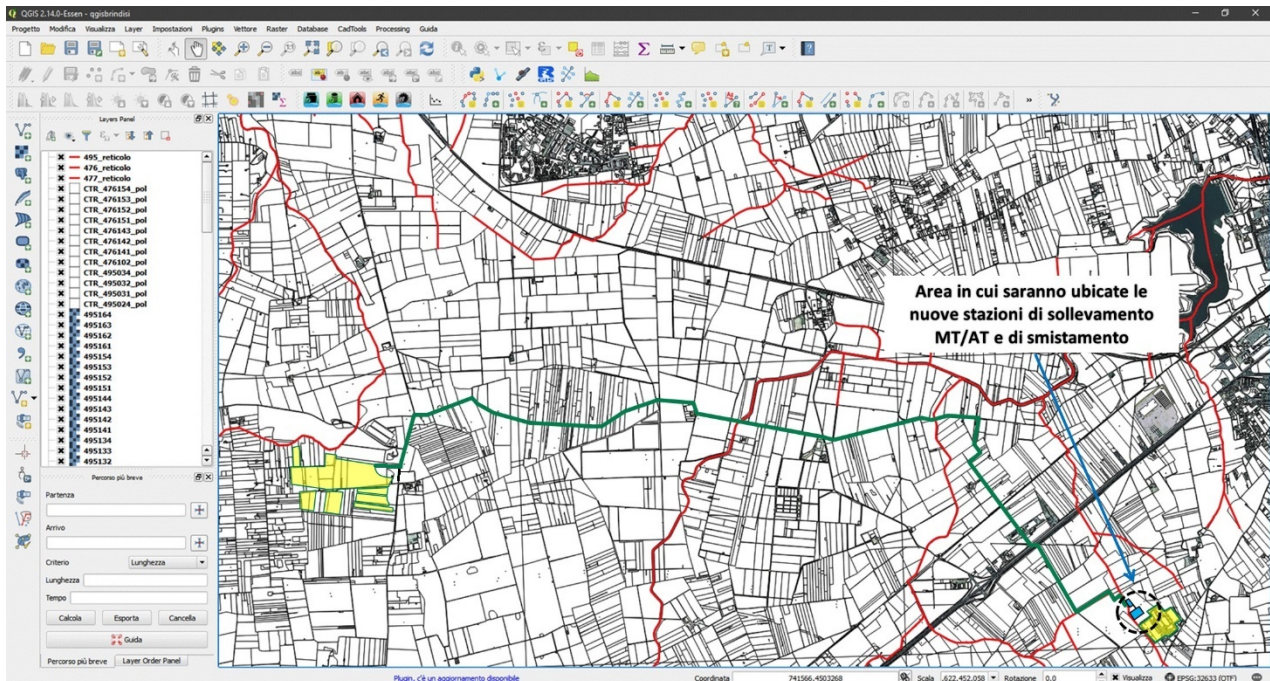


Figura 3. Localizzazione degli interventi su C.T.R. (Carta Tecnica regionale, si veda la Figura 1 per la legenda, in azzurro le nuove stazioni da realizzare; fonte carta: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/Download/Cartografie).

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 agrovoltaiico 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 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 sarà poi convogliata nella cabina di consegna generale.

L'elettrodotto interrato, collegante la stazione Terna con l'impianto agrovoltaiico, sarà realizzato in trincea su strada sterrata o terreno agricolo. La Figura 4 mostra una sezione tipica della trincea indicante i cavi tripolari per il trasporto dell'energia.

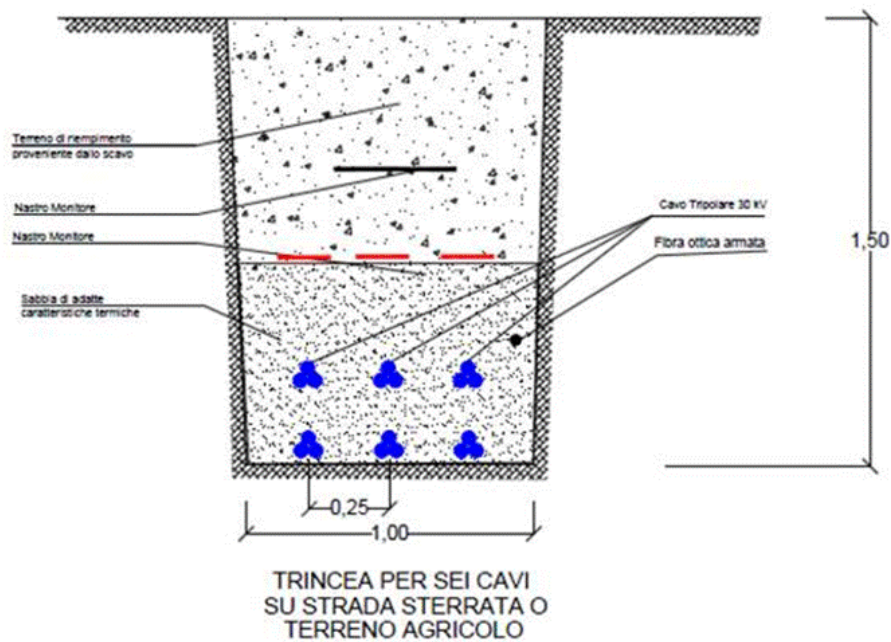


Figura 4. Sezione tipo della linea MT in cavo sotterraneo.

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 5 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. E' inoltre indicata la nuova stazione di smistamento.

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.

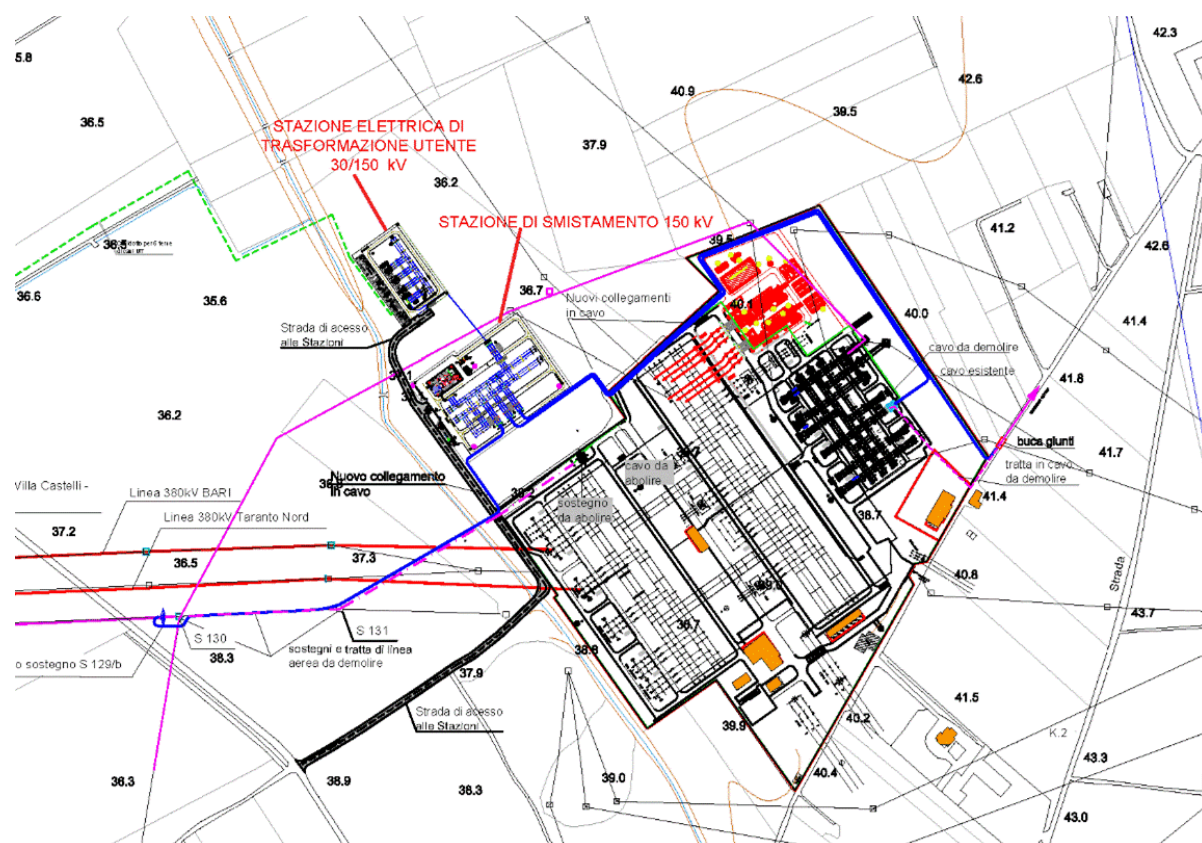


Figura 5. Stazione di elevazione MT/AT (a nord-ovest della stazione Terna), stazione di smistamento ed elettrodotto in MT da realizzare (linea verde tratteggiata) uscente dalla stazione di elevazione.

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** (fonte: http://93.51.158.165/geomorfologica/map_default.phtml), per alcuni dei quali gli Id per l'identificazione sono riportati in Figura 6, 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 nelle immediate vicinanze e a sud del corso Id 19029 (Canale Reale). Alcuni dei corsi d'acqua suddetti si sviluppano all'interno di canali in calcestruzzo a sezione trapezia. Alcuni dei corsi d'acqua suddetti si sviluppano all'interno di canali in calcestruzzo a sezione trapezia ma per tratti di lunghezza limitata (ad esempio si veda l'Id 19029, in sezione trapezia e calcestruzzo lungo gli attraversamenti stradali, Figura 7, punti di ripresa 8 e 9), 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 7, punti di ripresa 5 e 6).



Figura 6. 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). Fonte: <http://www.adb.puglia.it/public/news.php>.

3 RILIEVO FOTOGRAFICO

La Figura 7 riporta le postazioni in cui sono state effettuate le fotografie di alcuni luoghi. Le fotografie sono riportate nelle figure seguenti.

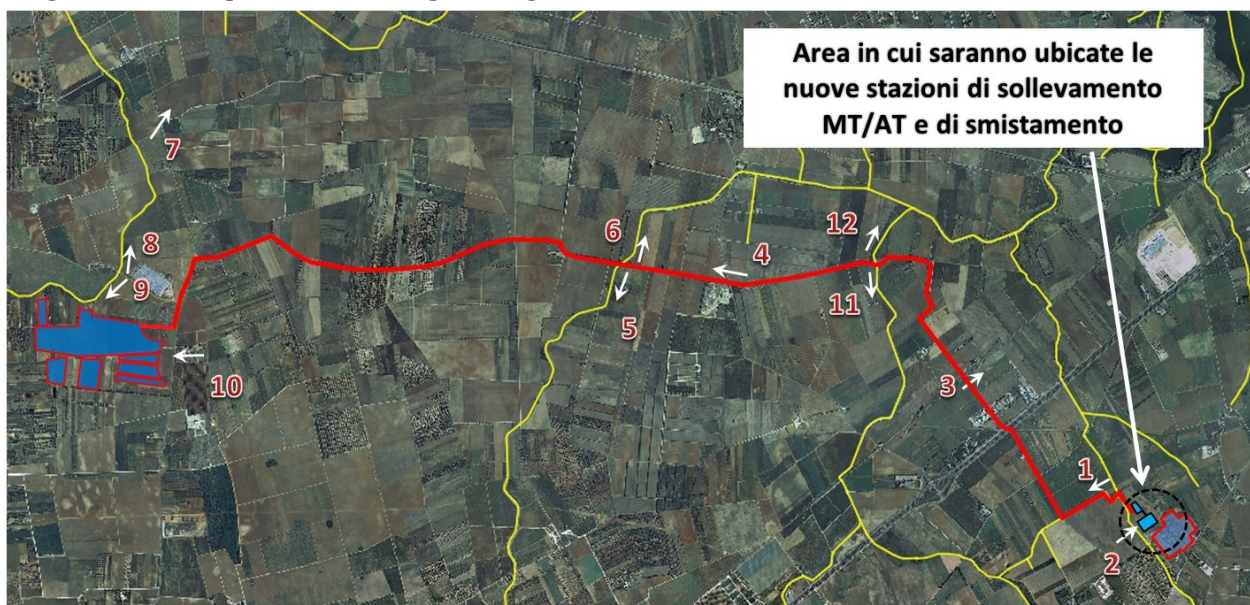


Figura 7. Indicazione dei punti di ripresa delle fotografie.







4 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 agrovoltaiico) *non* ricadono in **aree pericolosità idraulica** e in **aree a rischio idraulico**, come evidenziato dalla Figura 8.

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.

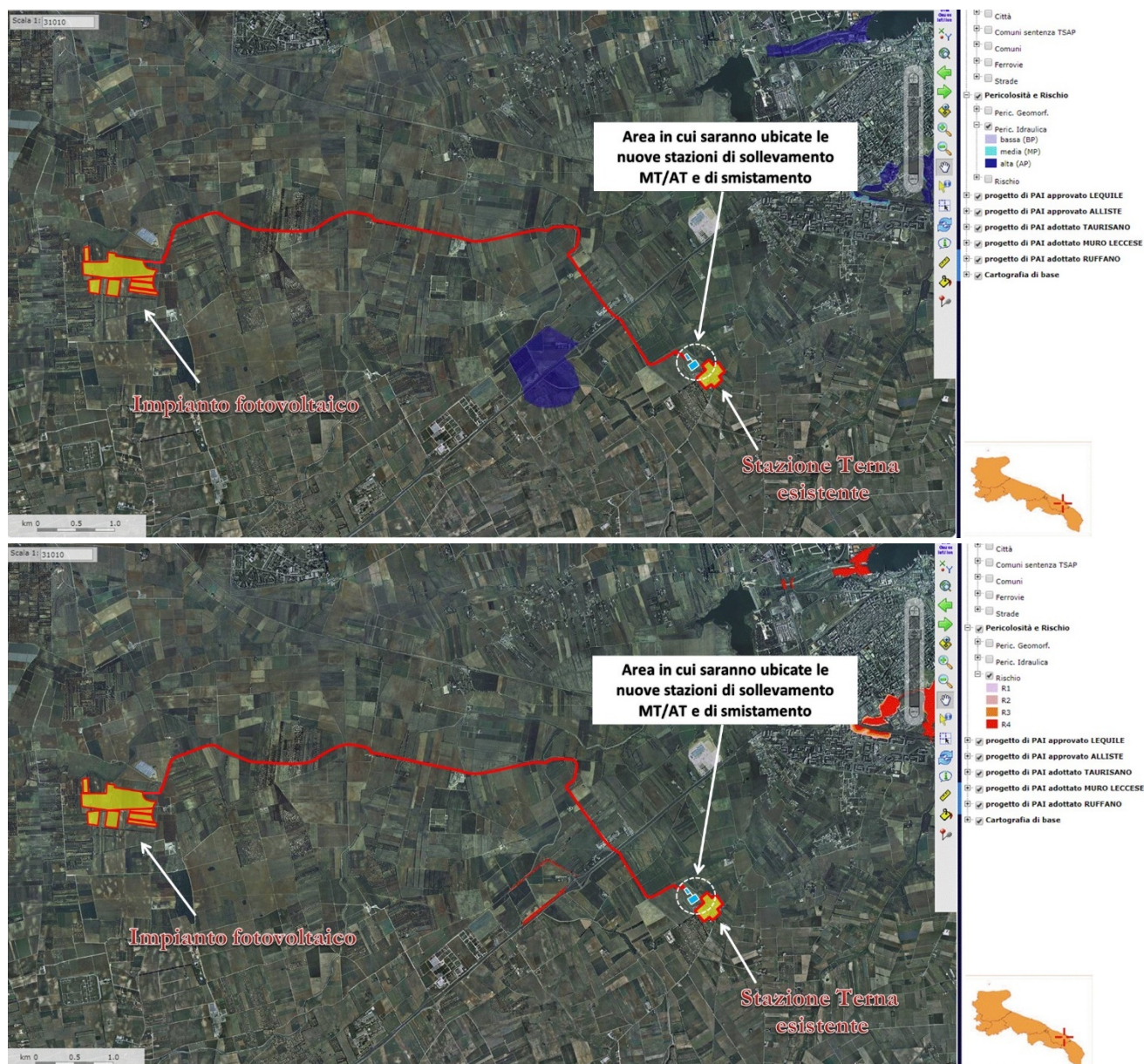


Figura 8. WebGis dell'ADB Puglia - Zone a Pericolosità Idraulica e a Rischio Idraulico (la linea elettrica interrata è rappresentata mediante linea rossa).

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.

5 DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI

La cartografia di base utilizzata per le simulazioni effettuate è stata acquistata dal Geoportale Nazionale gestito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) e rappresenta il punto nazionale di accesso ai dati ambientali e territoriali. Si tratta di un DTM (Digital Terrain Model) ottenuto mediante dati LIDAR con maglia 1×1 m (Figura 11).

L'estensione dei bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua episodici presenti nella zona di realizzazione dell'opera, è stata valutata mediante la funzione Watershed implementata nel software Global Mapper, come indicato in Figura 9 e Figura 10. In questo caso è stato utilizzato un DTM a più bassa risoluzione, ma maggior estensione, ottenuto dal sito SIT Puglia (<http://www.sit.puglia.it>). Il reticolo idrografico utilizzato in questo lavoro è stato prelevato anch'esso dal sito <http://www.sit.puglia.it/>.

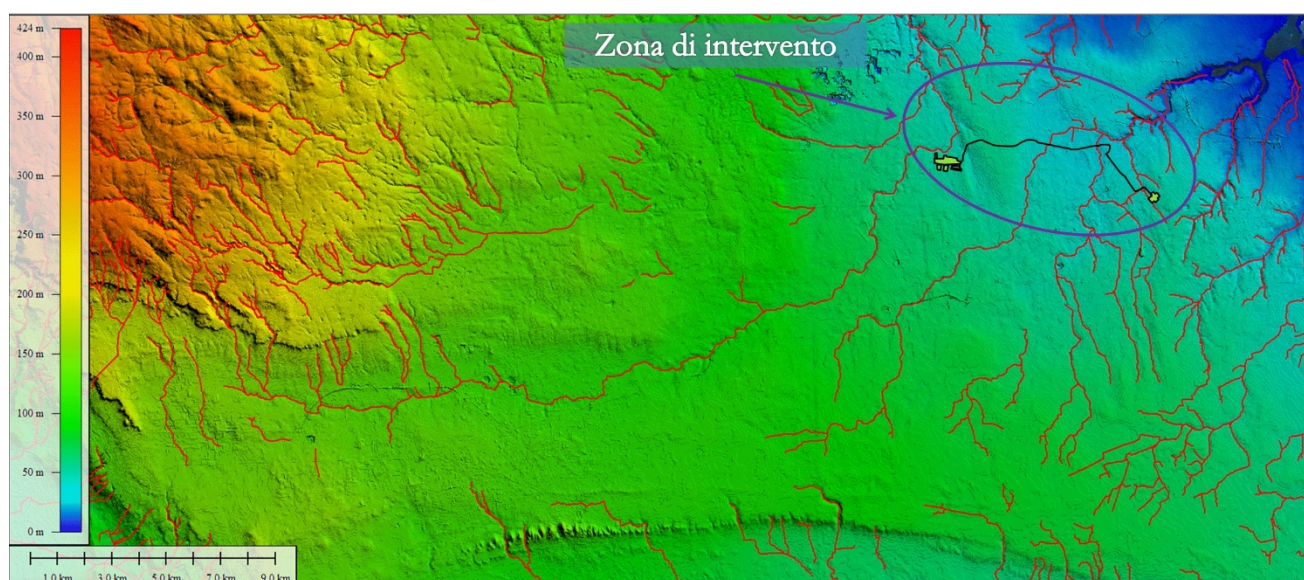


Figura 9. Rappresentazione DTM (<http://www.sit.puglia.it>) del territorio nei dintorni dell'area di intervento. In alto a destra è rappresentata la planimetria della linea elettrica di realizzazione (linea nera) che unisce la stazione Terna al campo agrovoltaiico. In rosso il reticolo idrografico (Fonte: http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/).

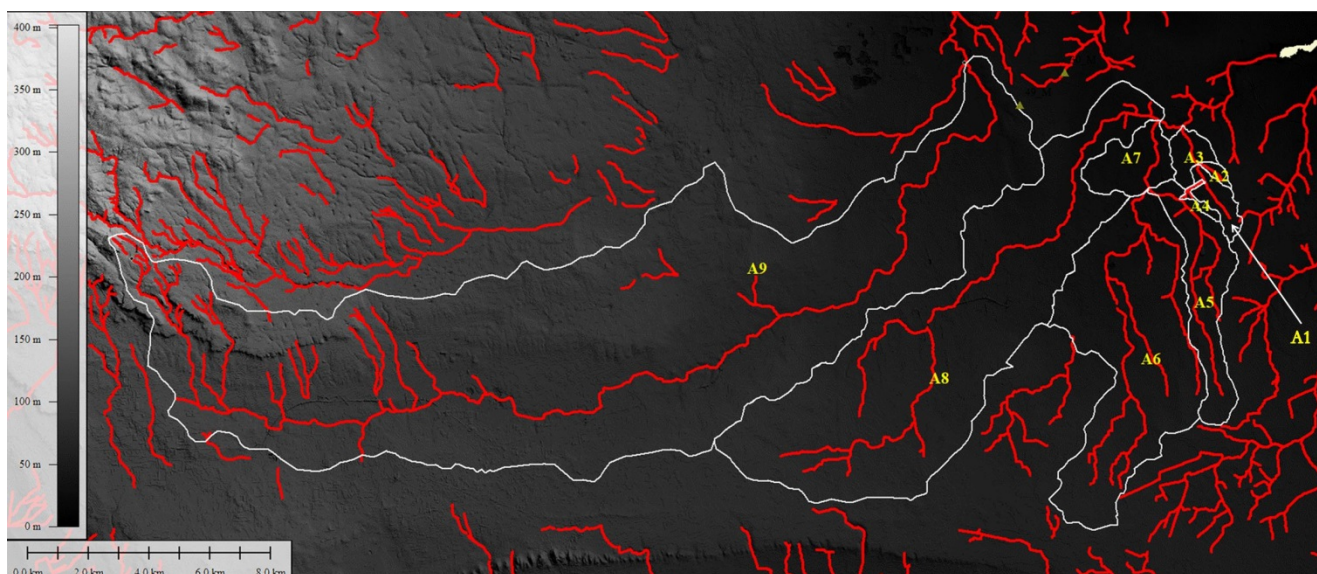


Figura 10. Delimitazione dei sottobacini idrografici A_i .

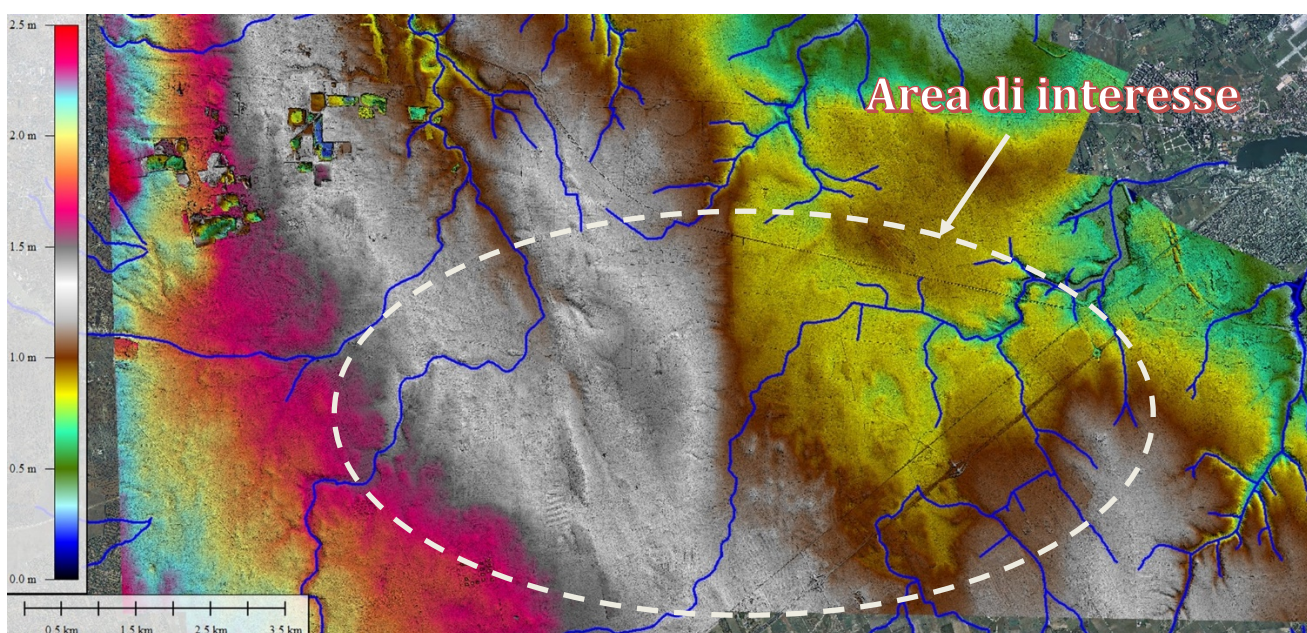


Figura 11. DTM con risoluzione di 1m utilizzato per le simulazioni con HecRas (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>).

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

Tabella 1. Caratteristiche dei sottobacini *Ai* (vedasi Figura 10).

		A1	A2	A3	A4	A5
Area del bacino	Km ²	0.731	0.402	1.797	0.42	9.096
Quota massima asta	m	43	39	32	37	60
Quota massima bacino	m	47	43	39	45	67
Quota sezione di chiusura	m	32	32	19	35	30
Lunghezza asta	m	2133	1016	1449	1138	8170
Lunghezza asse bacino	m	2537	1319	1337	1518	8600
Pendenza media asta	-	0.0052	0.0069	0.0090	0.0018	0.0037
Pendenza media bacino	-	0.0059	0.0083	0.0150	0.0066	0.0043

		A6	A7	A8	A9
Area del bacino	Km ²	33.164	4.805	51.101	165.74
Quota massima asta	m	76	30	100	274
Quota massima bacino	m	76	42	110	328
Quota sezione di chiusura	m	30	24	24	38
Lunghezza asta	m	11990	2547	20449	42905
Lunghezza asse bacino	m	10733	2525	17258	30135
Pendenza media asta	-	0.0038	0.0024	0.0037	0.0055
Pendenza media bacino	-	0.0043	0.0071	0.0050	0.0096

La Figura 12 mostra l'impronta del campo agrovoltaico previsto e il suo posizionamento in relazione al buffer di 150m (articolo 6, comma 8 e articolo 10, comma 3 del Piano Di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) del corso d'acqua episodico Id 19029 (Canale Reale). L'area del campo penetra all'interno del buffer fino al perimetro più esterno del canale in calcestruzzo a sezione trapezia attraverso cui scorrono le acque (Figura 13 e Figura 14).

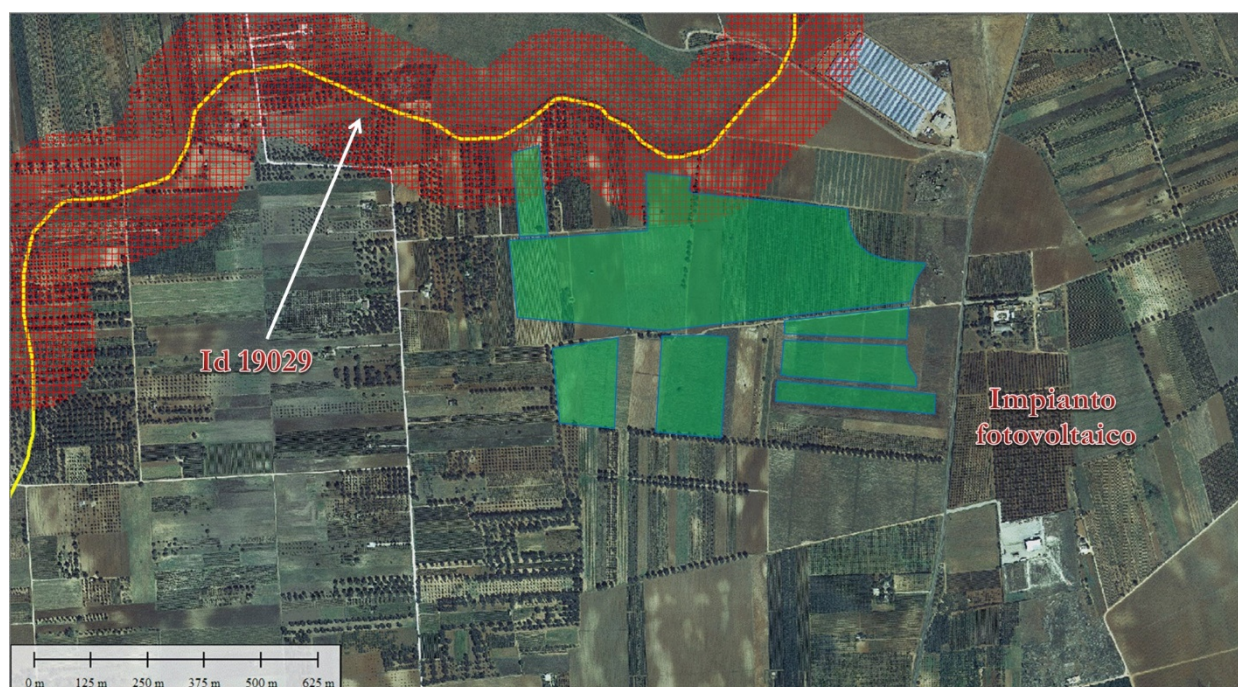


Figura 12. Distanza dell'impianto agrovoltaiico dal buffer del corso d'acqua episodico nelle vicinanze (il buffer è ampio 150 m dall'asse del corso d'acqua e rappresenta l'unione delle aree di pertinenza fluviale e di modellamento attivo).

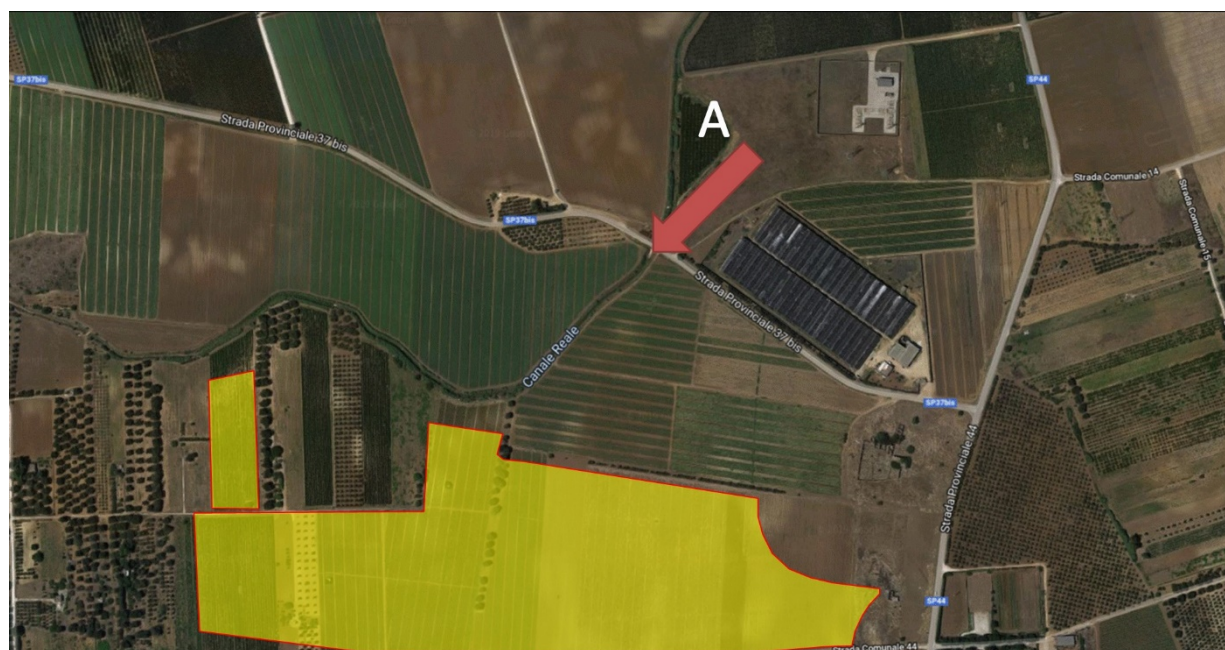


Figura 13. Impronta del campo agrovoltaiico previsto in vicinanza del Canale Reale. La freccia indica l'immagine ripresa in Figura 14.



Figura 14. Immagine ripresa come indicato dalla freccia A in Figura 13.

La Figura 15 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.

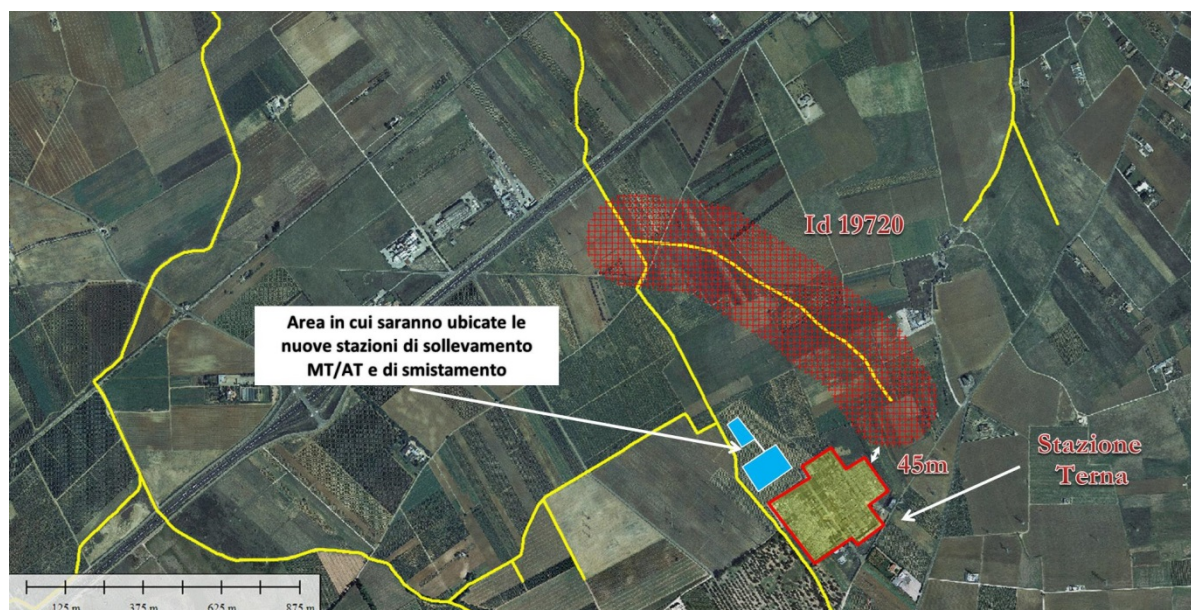


Figura 15. Distanza della Stazione Terna dal buffer del corso d'acqua episodico Id 19720 a nord (il buffer è ampio 150 m dall'asse del corso d'acqua e rappresenta l'unione delle aree di pertinenza fluviale e di modellamento attivo). Si evidenzia in azzurro l'impronta delle nuove cabine di elevazione MT/AT e di smistamento, interne alla fascia di pertinenza fluviale dell'ID 19262.

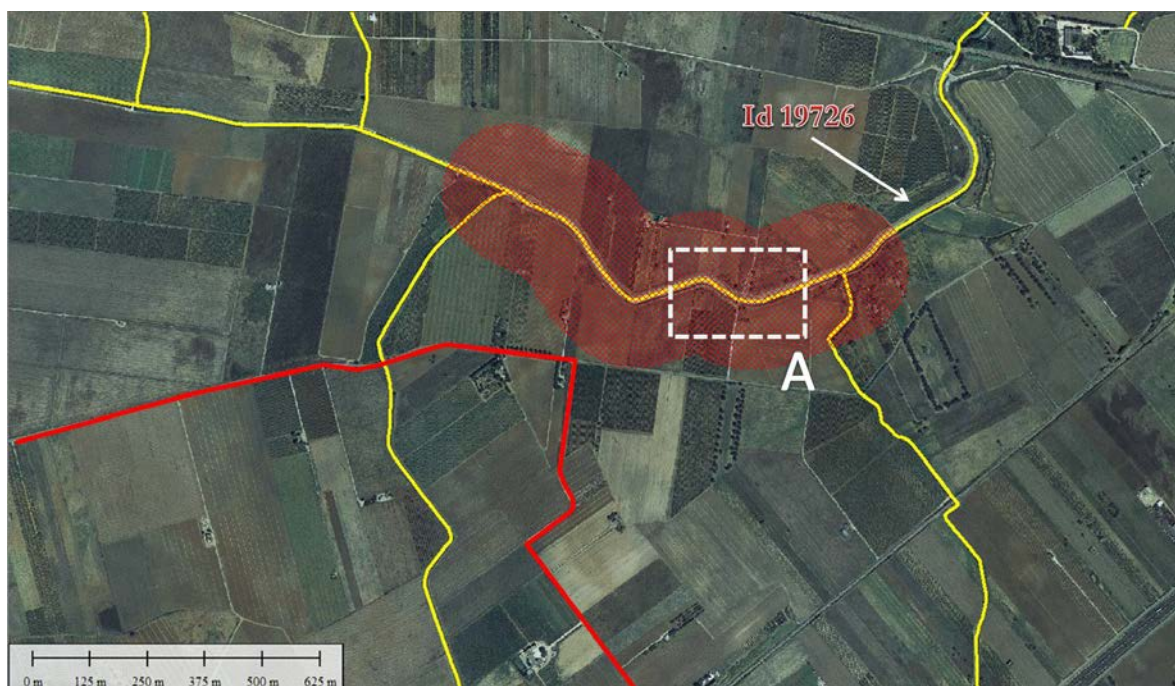


Figura 16. Buffer del tratto Id 19726. L'elettrodotto si mantiene esterno a esso a una distanza di circa 180m dall'asse del corso d'acqua (il buffer è ampio 150 m dall'asse del corso d'acqua e rappresenta l'unione delle aree di pertinenza fluviale e di modellamento attivo).

Infine, si consideri il tratto identificato come Id 19726, come riportato in Figura 16. 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 17 che rappresenta il riquadro A in Figura 16).

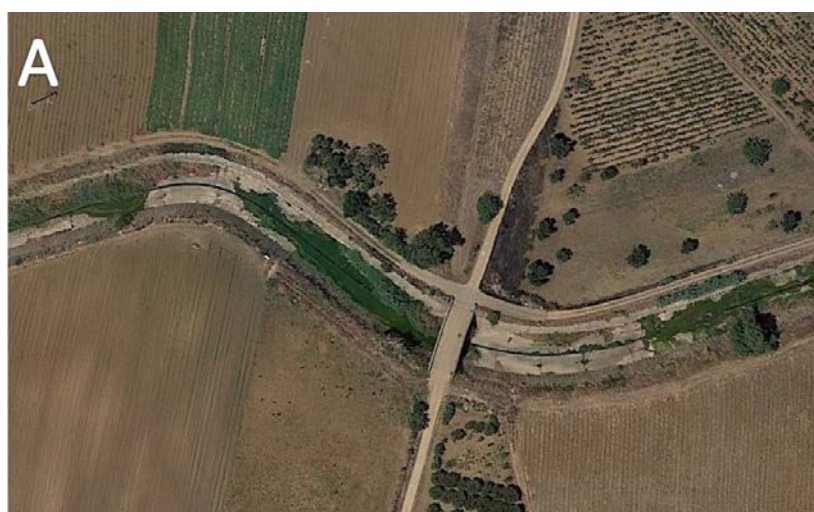


Figura 17. Riquadro A indicato in Figura 16 (immagine ottenuta da Google Earth).

6 CALCOLO DELLE PORTATE

6.1 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 18. 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 18. 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: $h = 90.8 t^{0.157}$
A9: $h = 77.9 t^{0.163}$			

6.2 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:

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

in cui a ed n sono 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.

Il coefficiente di afflusso φ in questa integrazione è stato stimato sulla base delle informazioni disponibili sull'uso del suolo. In particolare, si è fatto riferimento alla cartografia dell'Uso del Suolo resa disponibile presso il SIT Puglia, riportata in Figura 19. Dalla tipologia dell'uso del suolo si sono distinti i suoli considerati più impermeabili dagli altri ed è stato valutato il rapporto areale tra gli stessi e l'area totale dei sottobacini, indicato con IMP . Se con φ_{imp} indichiamo il coefficiente di deflusso per aree impermeabili e φ_{perm} quello per aree permeabili (tabella), allora il coefficiente di deflusso rappresentativo del bacino φ è dato da¹:

$$\varphi = \varphi_{IMP} \cdot IMP + \varphi_{PERM} \cdot (1 - IMP)$$

Tabella 2. Valori dei coefficienti di deflusso per aree impermeabili e permeabili (AA.VV. 1997).

Tempo di Ritorno [anni]	φ_{imp}	φ_{perm}
<2	0.60÷0.75	0.00÷0.15
2÷10	0.65÷0.80	0.10÷0.25
>10	0.70÷0.90	0.15÷0.30

Nel caso in esame, per ogni singolo sottobacino si sono considerate impermeabili, ai fini della valutazione di IMP , e cautelativamente, le seguenti aree:

- tessuto residenziale continuo, denso recente, alto;
- tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso;
- tessuto residenziale continuo antico e denso;
- reti stradali e spazi accessori;
- reti ferroviarie comprese le superfici annesse;
- reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia;
- insediamento industriale o artigianale con spazi annessi;
- insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati;

¹ (AA.VV. (1997): "Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione", Centro Studi Deflussi Urbani, Ed. Hoepli, Milano)

- insediamento degli impianti tecnologici;
- insediamento commerciale;
- insediamenti ospedalieri;
- depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli;
- cimiteri;
- canali e idrovie;
- tessuto residenziale sparso;
- discariche e depositi di cave, miniere, industrie;
- aree estrattive;
- aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc);
- insediamenti produttivi agricoli.

Il rapporto tra la loro superficie e quella totale del bacino ha fornito il valore di IMP. I valori di φ_{imp} e di φ_{perm} sono stati ricavati dalla Tabella 2, per condizioni di tempo di ritorno superiori a 10 anni (0.90 e 0.30, rispettivamente). Per i singoli sottobacini si sono ottenuti i valori seguenti:

Tabella 3. Valori del coefficiente di afflusso φ e di IMP (in percentuale) per i singoli bacini.

Bacino	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
IMP [%]	9.8	3.5	10.5	5.2	3.2	2.7	6.8	12.3	9.9
φ [-]	0.359	0.321	0.363	0.331	0.319	0.316	0.341	0.374	0.359

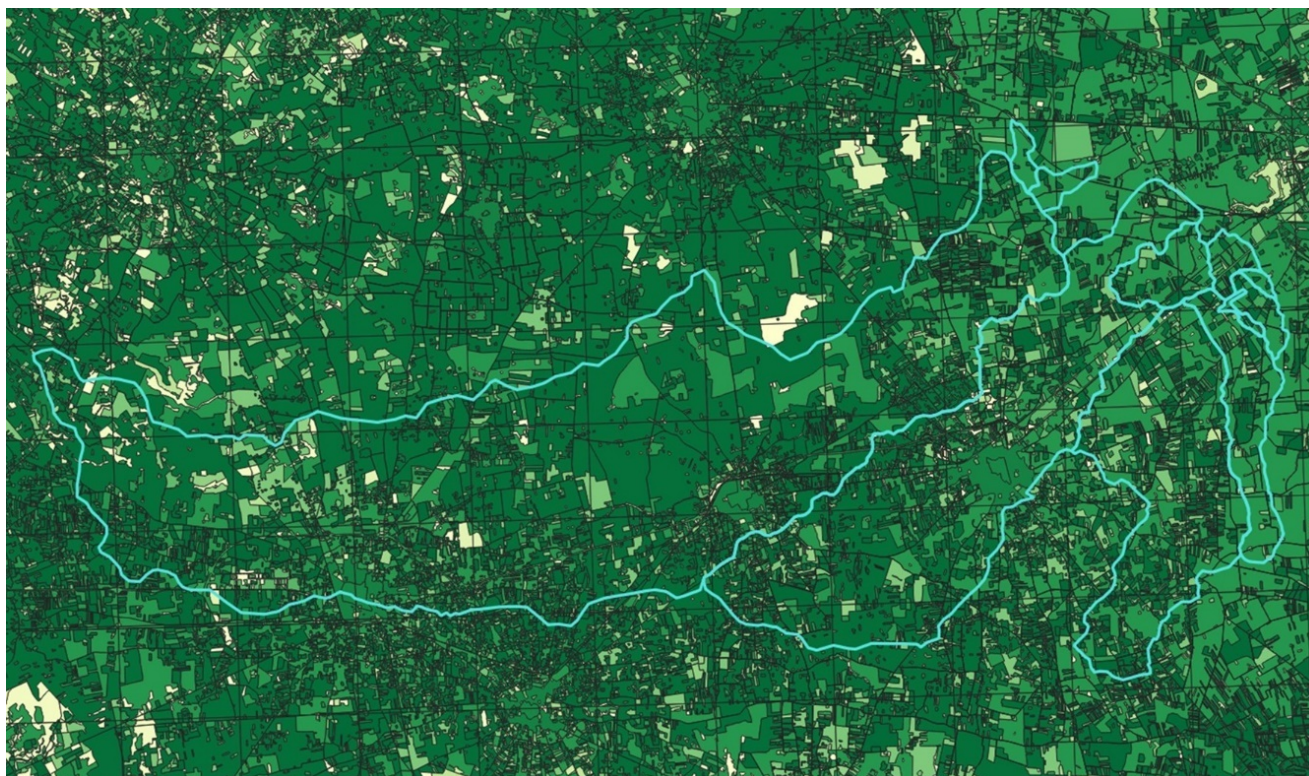


Figura 19. Uso del suolo nell'area dei bacini di interesse (fonte carta: <http://www.sit.puglia.it/>).

La formula derivata da **Kirpich**, è relativa allo studio di sei bacini di piccole dimensioni con area compresa tra 0.0051km² (5100m²) e 0.433km². 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 0.01km², 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 170km²:

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

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:

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

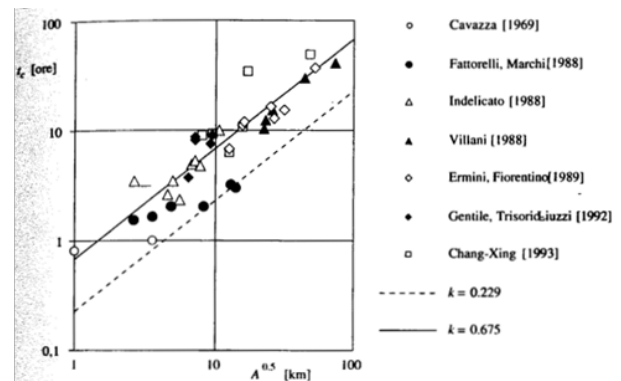
in cui C è pari a 6, L la lunghezza dell'asta in chilometri e d il dislivello dell'asta principale, riferita alla sezione di chiusura.

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.

I coefficienti di afflusso calcolati in precedenza, con l'inclusione dei risultati della formula del Turazza (che nella precedente relazione furono esclusi dalle medie, ritenuti, erroneamente troppo elevati, così come furono esclusi quelli di Giandotti, ritenuti estremamente bassi) hanno fornito risultati di portata superiori a quelli presentati nella precedente relazione. In tutti i casi l'aumento di portata è di scarsa entità tranne che per il Canale Reale (per il quale si ha un aumento di circa 100m³/s), per cui si è ritenuto ripetere i calcoli dell'impronta di allagamento utilizzando la nuova portata che fluisce sul bacino di quest'ultimo.

SOTTOBACINO A1

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

	Tempo di corrivazione		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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 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

La portata media è di 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
Tourmon	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

La portata media è di 75.48m³/s.

SOTTOBACINO A9

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

	Tempo di corrivazione		Portata [m ³ /s]
	[h]	[min]	
Giandotti	1233.07	73984.29	3.34
Ongaro	83.07	4984.41	31.90
Tournon	33.09	1985.53	68.92
Pasini	28.00	1680.16	79.26
Pezzoli	31.82	1909.06	71.22
Ventura	22.05	1322.72	96.82
Puglisi	11.90	713.95	162.23
Watt-Chow	19.38	1162.62	107.86
Fattorelli &Marchi	10.17	610.43	184.96
Chow	9.42	565.37	197.22
Agnese & D'Asaro	8.69	521.40	211.05
Kirpich	8.89	533.35	207.08
Turazza	2.38	142.90	623.56

La portata media è di 170.17m³/s.

6.3 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 nove sottobacini A_i per le piogge inferiori a 1h sono riportati in Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8

Con sfondo grigio e in grassetto sono indicate le righe relative ai 15min di pioggia.

Tabella 4. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A1 e A2.

A1									
		Altezza pioggia			Portata				
t	t	BELL	PUGLIA	VAPI	BELL	PUGLIA	VAPI		
		$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q		
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		
5	0.08	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		
		$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	$h_{t,T}$	Q	Q	Q		
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		
5	0.08	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 5. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A3 e A4.

A3									
		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	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				
		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	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 6. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A5 e A6.

A5									
		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	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				
		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	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 7. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacini A7 e A8.

A7									
		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	29.8	55.2	66.0	286.6	530.3	634.2		
10	0.17	44.6	64.6	73.5	214.5	310.3	353.1		
15	0.25	54.6	70.8	78.2	174.8	226.8	250.6		
20	0.33	62.3	75.6	81.8	149.6	181.6	196.6		
25	0.42	68.6	79.5	84.7	131.9	152.8	162.8		
30	0.50	74.1	82.9	87.1	118.7	132.7	139.5		
35	0.58	78.9	85.8	89.2	108.3	117.8	122.5		
40	0.67	83.2	88.5	91.1	100.0	106.3	109.4		
45	0.75	87.2	90.9	92.8	93.1	97.0	99.1		
50	0.83	90.8	93.1	94.3	87.2	89.4	90.6		
55	0.92	94.1	95.1	95.7	82.2	83.1	83.6		
60	1.00	97.3	97.0	97.0	77.9	77.7	77.7		

A8									
		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	27.9	51.7	61.5	2853.5	5279.2	6282.2		
10	0.17	41.8	60.5	68.5	2135.6	3089.4	3502.2		
15	0.25	51.1	66.3	73.0	1740.7	2258.2	2488.3		
20	0.33	58.3	70.8	76.4	1489.3	1807.9	1952.4		
25	0.42	64.2	74.4	79.1	1313.1	1521.5	1617.6		
30	0.50	69.4	77.6	81.4	1181.3	1321.5	1387.2		
35	0.58	73.9	80.3	83.4	1078.4	1173.0	1218.1		
40	0.67	77.9	82.8	85.2	995.3	1058.0	1088.5		
45	0.75	81.6	85.1	86.8	926.6	965.9	985.6		
50	0.83	85.0	87.1	88.2	868.5	890.4	901.8		
55	0.92	88.1	89.0	89.6	818.8	827.1	832.2		
60	1.00	91.1	90.8	90.8	775.6	773.3	773.3		

Tabella 8. Piogge brevi e intense, altezza e portata. Sottobacino A9.

A9							
		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	24.0	44.3	52.0	7940.1	14690.0	10318.3
10	0.17	35.9	51.9	58.2	5942.6	8596.6	5776.3
15	0.25	43.8	56.9	62.1	4843.5	6283.6	4113.9
20	0.33	50.0	60.7	65.1	4144.2	5030.7	3233.6
25	0.42	55.1	63.9	67.5	3653.7	4233.7	2682.7
30	0.50	59.5	66.6	69.6	3287.1	3677.1	2303.0
35	0.58	63.4	68.9	71.3	3000.7	3264.1	2024.2
40	0.67	66.8	71.1	72.9	2769.5	2944.0	1810.2
45	0.75	70.0	73.0	74.3	2578.2	2687.8	1640.2
50	0.83	72.9	74.7	75.6	2416.8	2477.5	1501.8
55	0.92	75.6	76.4	76.8	2278.4	2301.6	1386.6
60	1.00	78.1	77.9	77.9	2158.1	2151.9	1289.2

Graficamente, le curve di possibilità climatica per piogge inferiori ad 1h, per un tempo di ritorno pari a 200a hanno un andamento simile a quello riportato in Figura 20 (esempio per sottobacino A1).

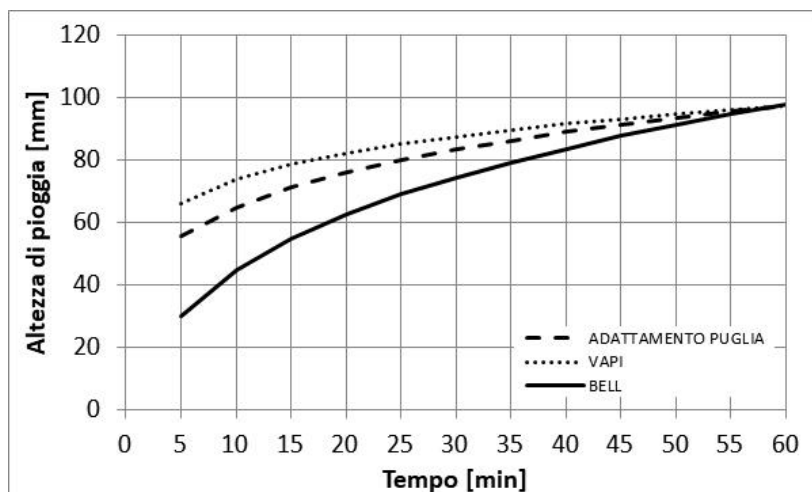


Figura 20. Confronto tra le curve di calcolo per le altezze di pioggia brevi ed intense (esempio sottobacino A1).

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 9. 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	2.72	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
A9	165.74	4843.5	6283.6	22.41	170.17

La Tabella 9 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.

6.4 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 10.

Tabella 10. Portata di calcolo.

	Portata
Sottobacino	[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
A9	170.17

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.

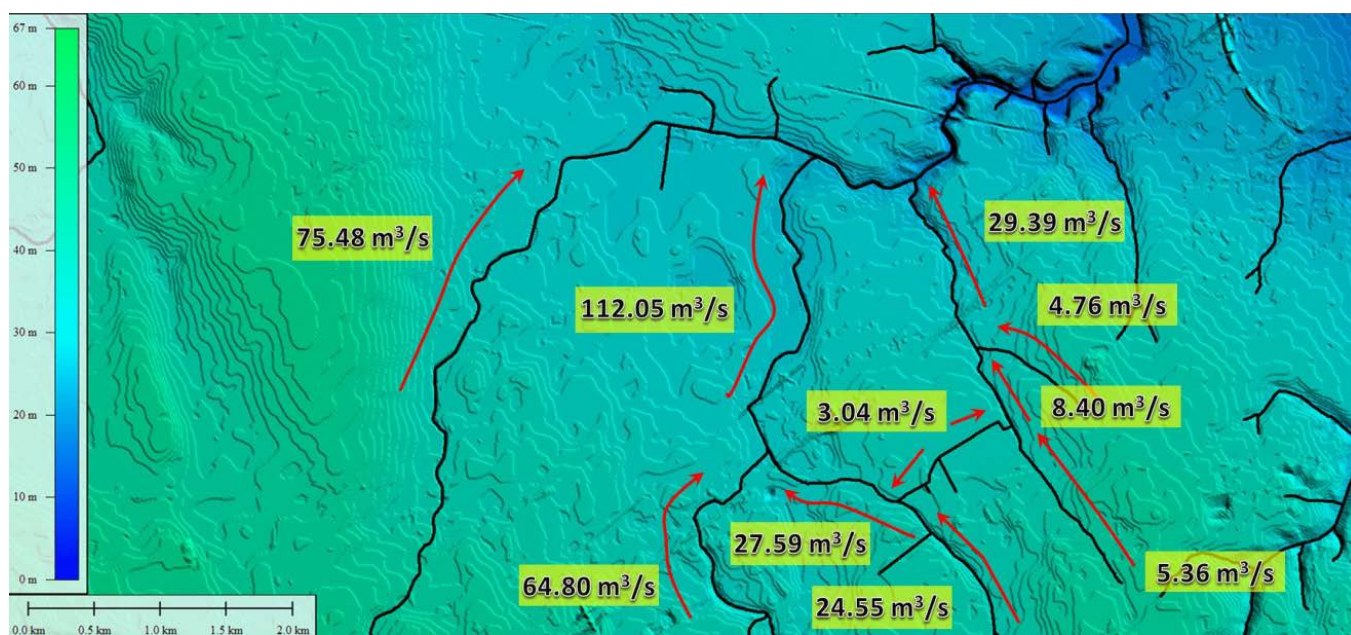
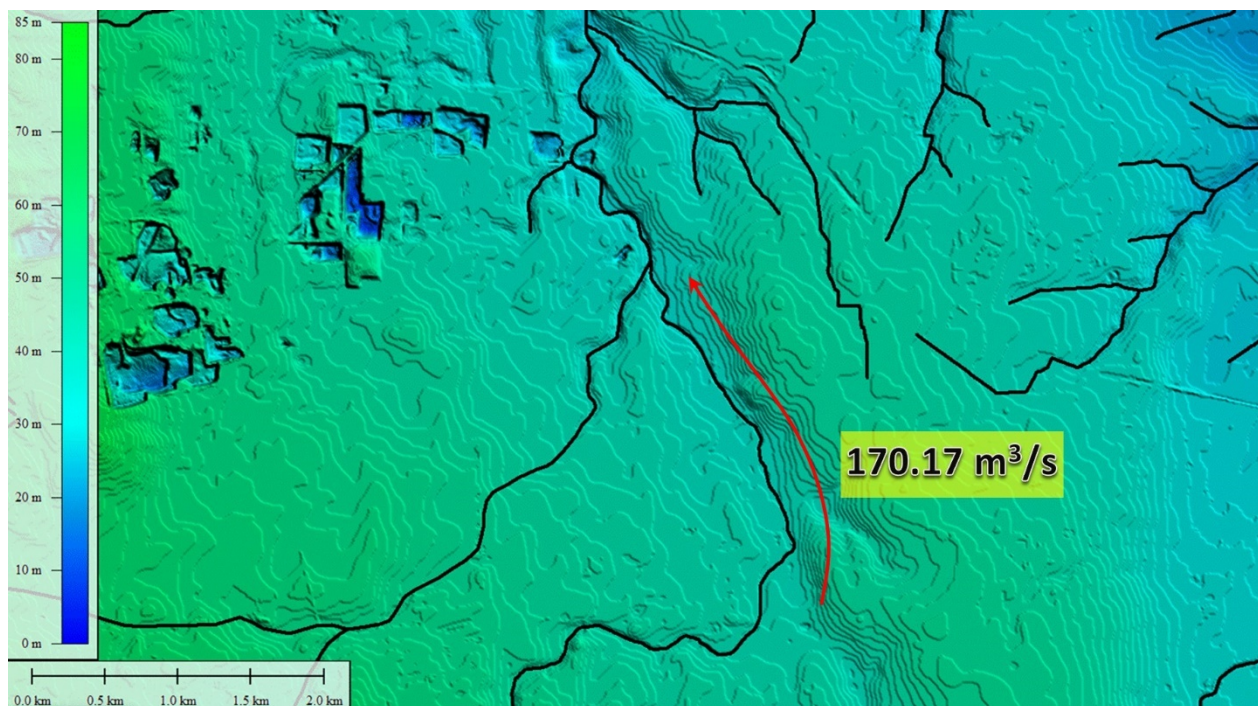


Figura 21. Valori di portata assegnati alla rete idrica per tempo di ritorno di 200a.

7 VERIFICA IDRAULICA

7.1 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 7.5km a ovest del centro abitato di Brindisi, in contrada Baroni (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 trovano al di fuori dei buffer dei corsi d'acqua episodici, le cui estensioni sono di 150m dall'asse degli stessi (Figura 12 e Figura 15). L'elettrodotto interrato, viceversa, attraversa l'asse dei seguenti corsi d'acqua episodici (Figura 6): 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 5.0.7, 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 300-400m 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.

Mediante HecRas si è proceduto a simulazioni in moto permanente che hanno permesso di ottenere i valori di tutte le grandezze idrauliche di interesse), mentre il suo modulo Ras Mapper ha permesso l'ottenimento delle aree di inondazione.

La prima simulazione è in condizioni ante-operam e la seconda in condizioni post-operam, ed esse 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 11 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.

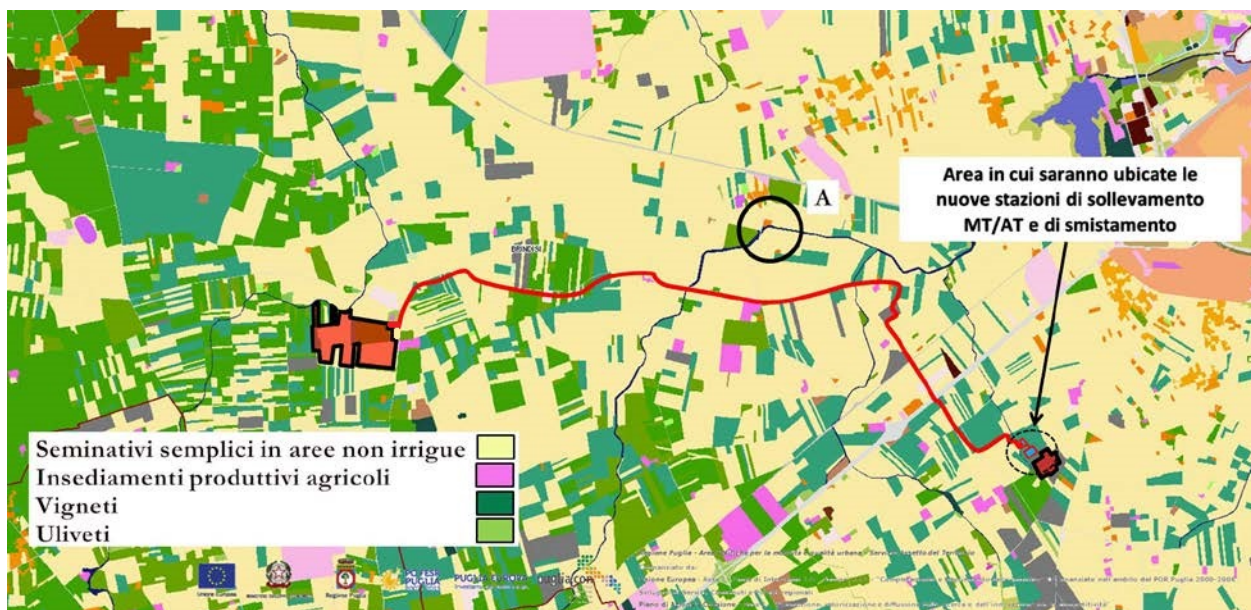


Figura 22. Carta dell'uso del suolo per i territori a ovest del centro abitato di Brindisi. La legenda indica i tipi di suolo più frequenti in zona. Sono mostrate anche le zone interessate dalle prossime attività oggetto di questa relazione (elettrodotto, linea rossa, campo agrovoltaico, a sinistra, e centrale Terna, a destra). Fonte carta: <http://webapps.sit.puglia.it/frewebapps/UDS2011/index.html>.

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 di uliveti (Figura 26). Si è preferito usare valori relativamente alti e cautelativi.

Per quanto riguarda le condizioni post-operam, l'unico cambiamento è relativo alle sezioni che si sovrappongono all'area dell'impianto agrovoltaico, in corrispondenza delle quali la scabrezza è stata abbassata al valore $0.040 \text{ m}^{1/6}$.

La Figura 27 e la Figura 28 riportano le sezioni di calcolo per ogni tratto della rete considerato per le simulazioni.



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 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 27. Sezioni di calcolo per i corsi d'acqua più a est. Le sezioni sono perpendicolari all'asse del corso d'acqua nelle sue vicinanze. Esse sono sovrapposte alle ortofoto prese da Google Maps, su RAS Mapper.

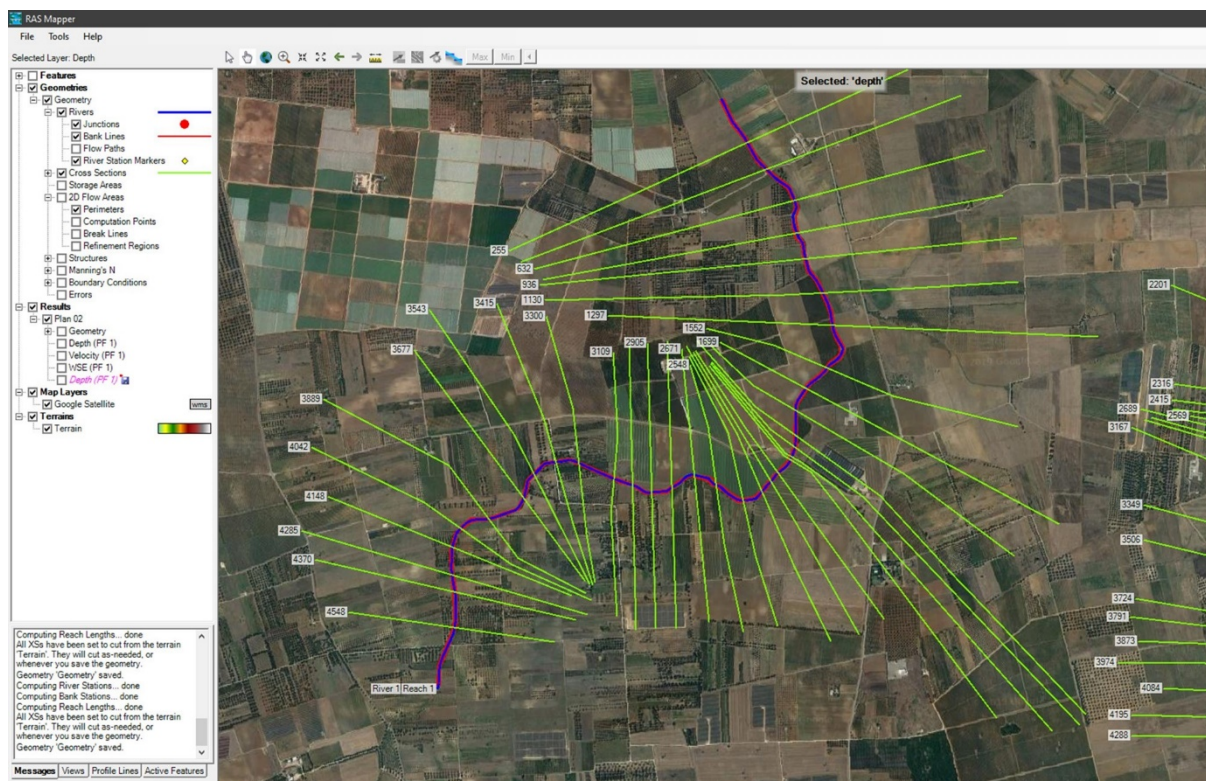


Figura 28. Sezioni di calcolo per il Canale Reale. Le sezioni sono perpendicolari all'asse del corso d'acqua nelle sue vicinanze (o meglio, alla direzione di flusso prevista per la corrente). Esse sono sovrapposte alle ortofoto prese da Google Maps, su RAS Mapper.

7.2 RISULTATI

La Figura 29 mostrano 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). La prima figura mostra i corsi d'acqua più a est (si veda anche la Figura 27), più in prossimità di Brindisi, mentre la seconda figura i corsi più a ovest, tra cui il Canale Reale (si veda anche la Figura 28).

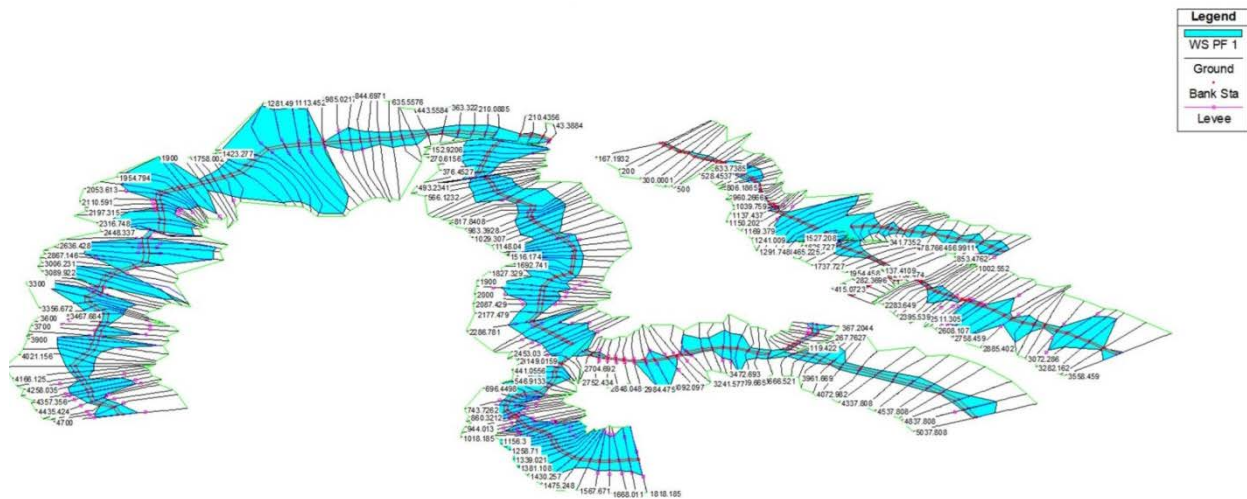


Figura 29. Output 3D dell'HecRas per i corsi d'acqua episodici a est (HecRas interpola i valori di riempimento tra due sezioni successive, indipendentemente dallo sviluppo reale del terreno).

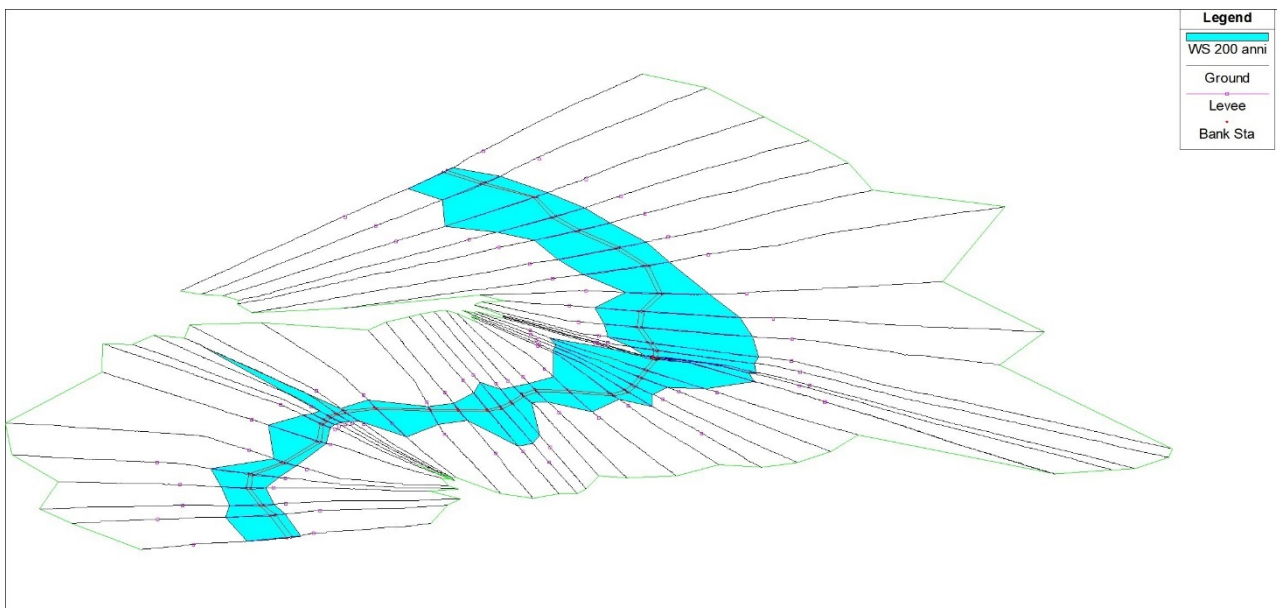


Figura 30. Output 3D dell'HecRas per il Canale Reale a ovest (HecRas interpola i valori di riempimento tra due sezioni successive, indipendentemente dallo sviluppo reale del terreno).

La Figura 31 riporta la visuale generale sulle impronte di allagamento per i corsi a est, sovrapposte a ortofoto. La figura individua gli attraversamenti dei canali da parte dell'elettrodotto (circonferenze 1, 2) e la posizione della stazione Terna (circonferenza 3).

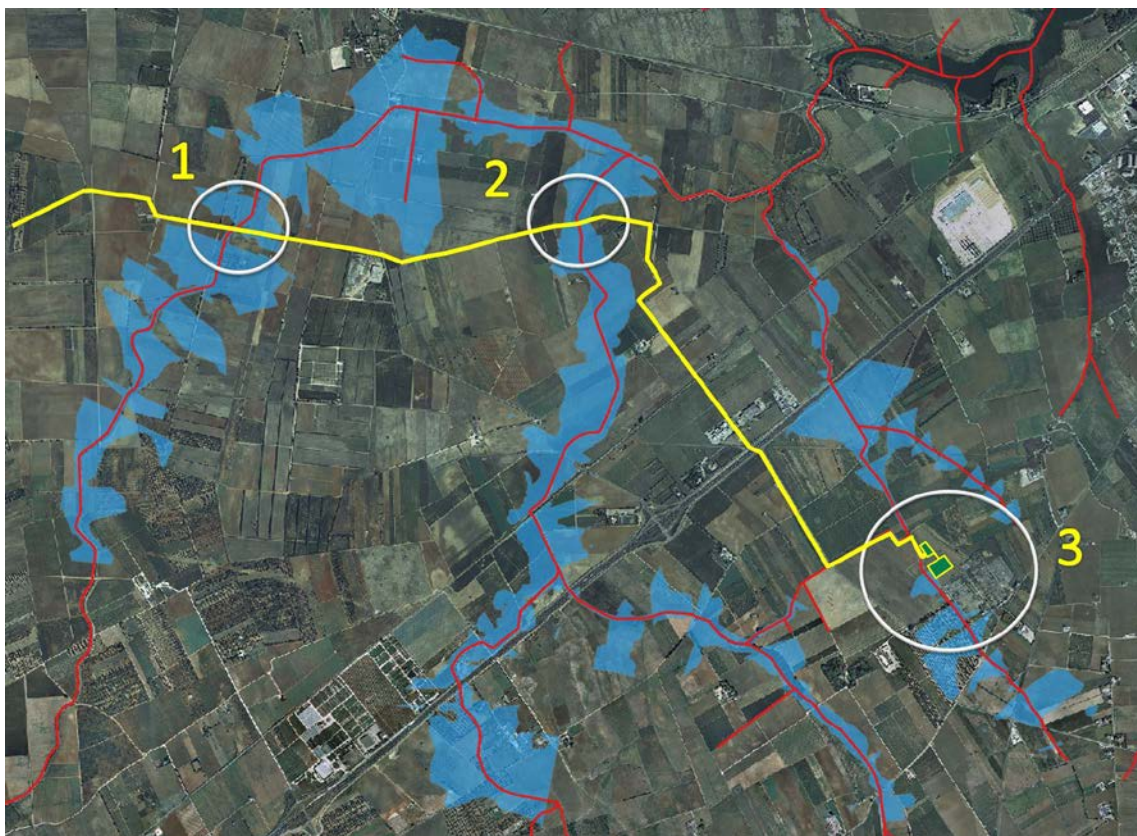


Figura 31. Vista generale del floodplain a est su ortofoto, con indicazione degli attraversamenti dell'elettrodotto (in giallo) in corrispondenza dei corsi d'acqua e della stazione Terna, questa sita in basso a destra nella circonferenza 3, insieme alle due nuove stazioni di sollevamento e di smistamento (aree in verde).

La Figura 32 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 1 in Figura 31 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 7, punti di ripresa 5 e 6) ed evidenzia una sezione di calcolo (che qui viene chiamata A). La Figura 33 è simile, ma riporta il floodplain su ortofoto in aggiunta a una seconda sezione A1 in corrispondenza di una zona di allagamento più a valle. La Figura 34 riporta l'altezza di riempimento della sezione A calcolata da HecRas con la portata di input, mentre la Figura 35 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.

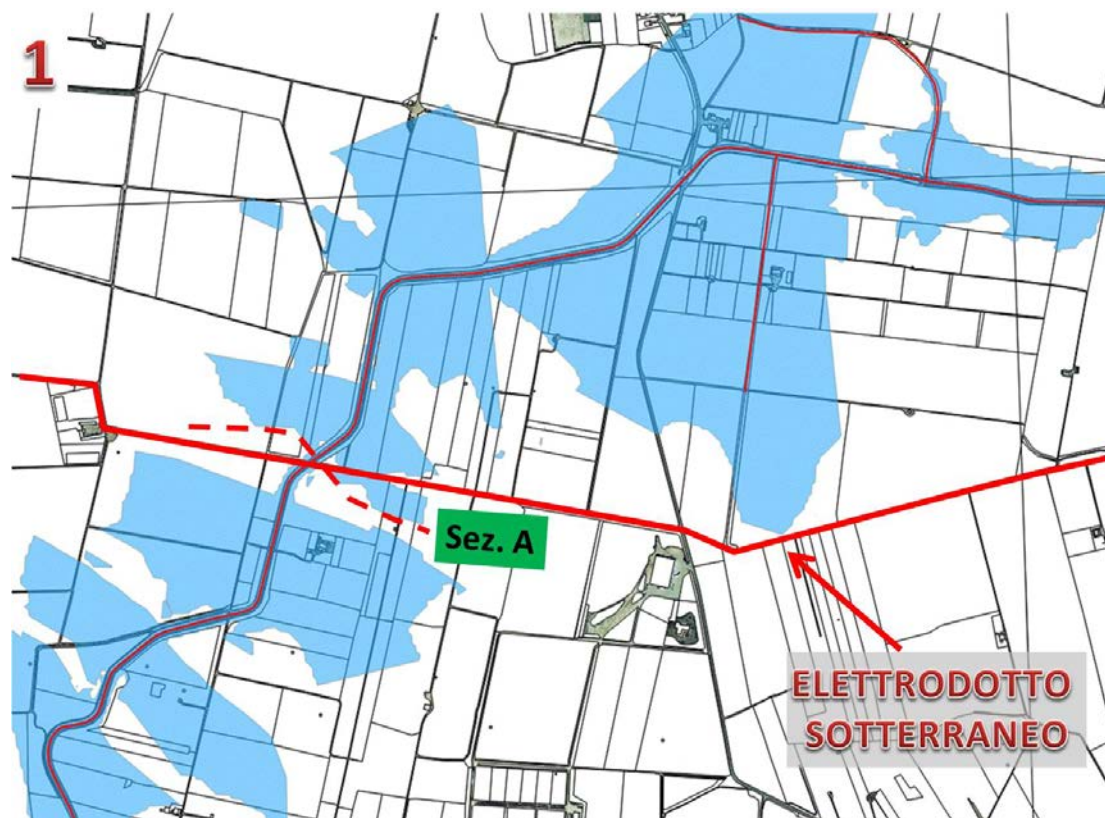


Figura 32. Impronta di allagamento su CTR con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. A).

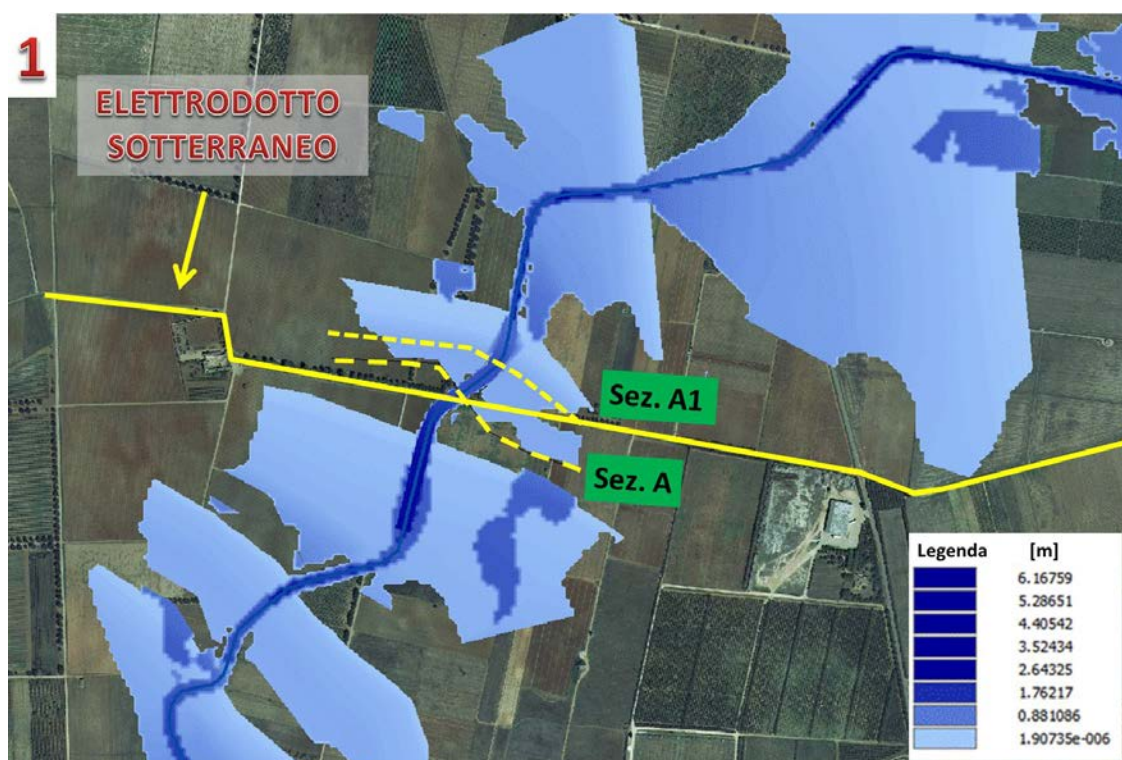


Figura 33. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto e di due sezioni di calcolo (Sez. A e Sez. A1). La legenda indica i l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo.

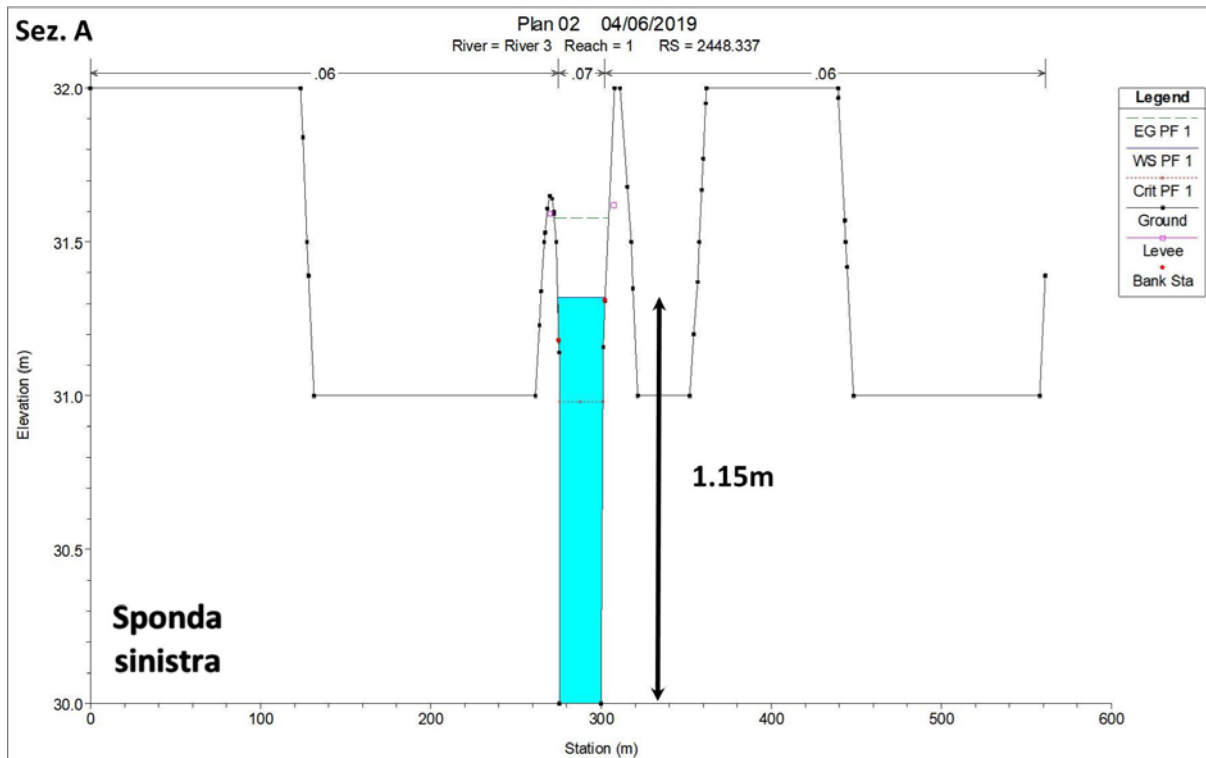


Figura 34. Sezione di calcolo A restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 2.21m/s.

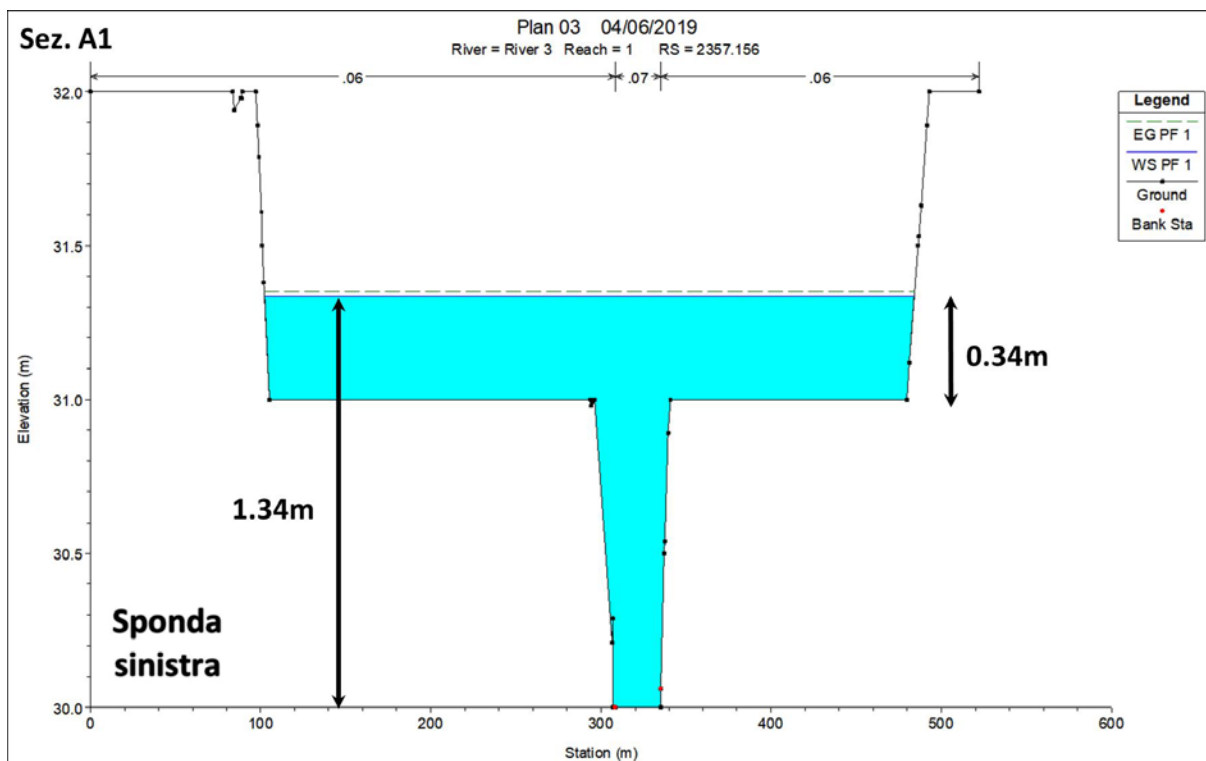


Figura 35. Sezione di calcolo A1 restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.78m/s.

La Figura 36 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 2 in Figura 31 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 7, punti di ripresa 11 e 12) ed evidenzia una sezione di calcolo (che qui viene chiamata A). La Figura 37 è simile, ma riporta il floodplain su ortofoto. La Figura 38 riporta l'altezza di riempimento della sezione A 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.

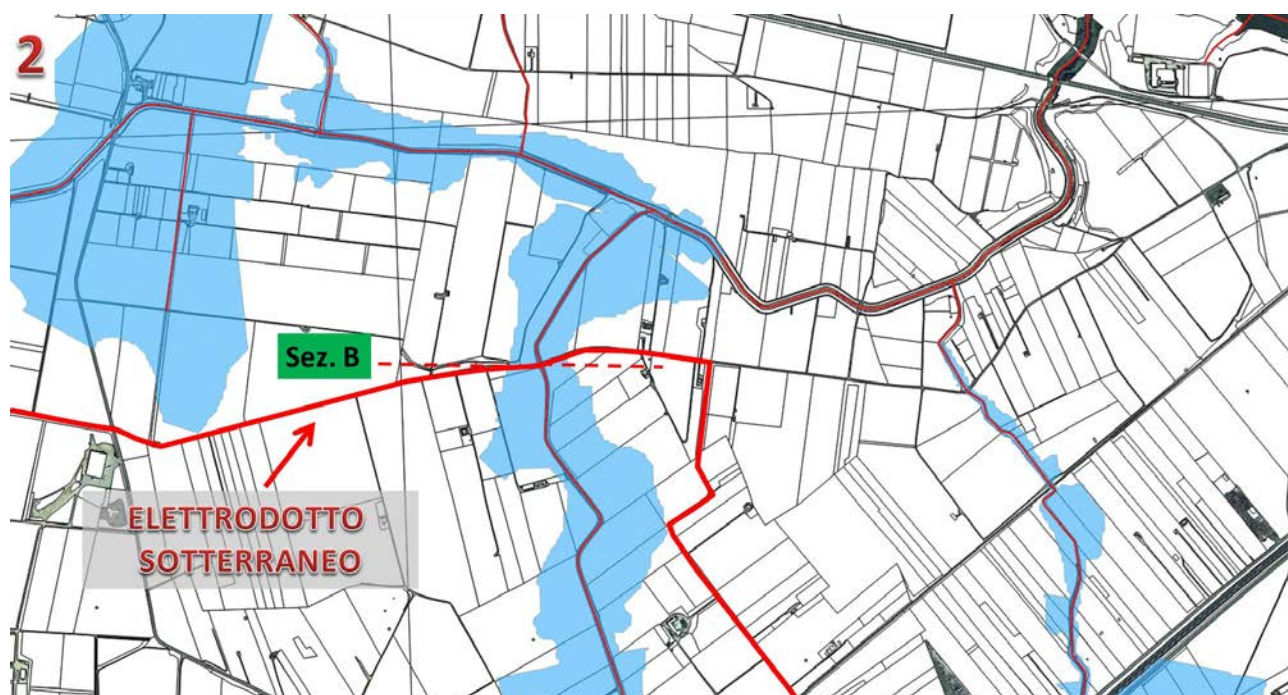


Figura 36 Impronta di allagamento su CTR con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. B).

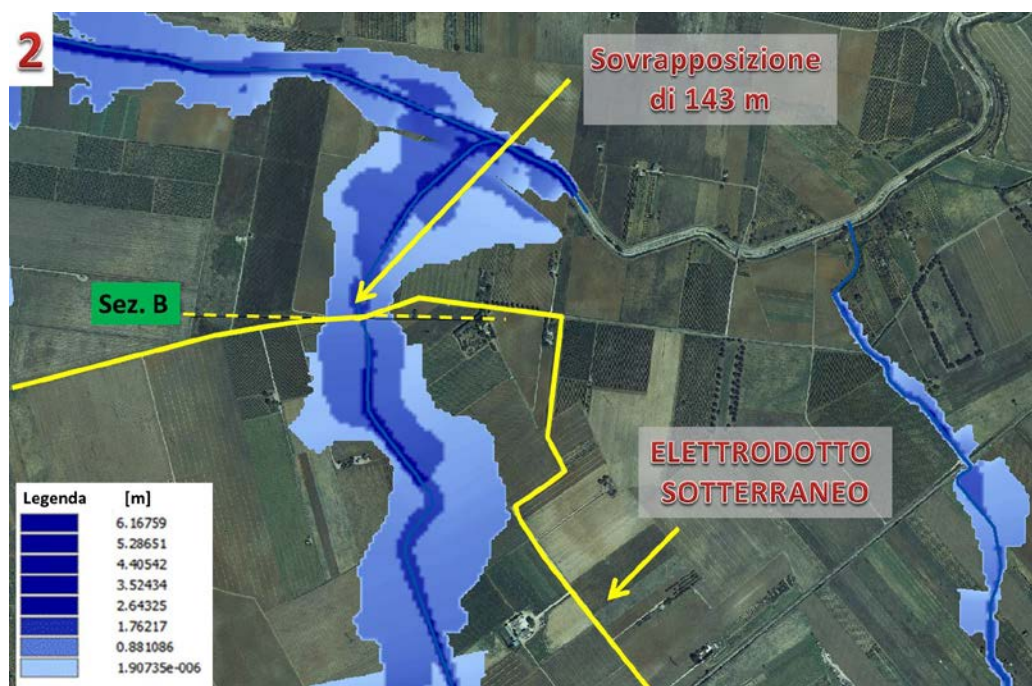


Figura 37. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto e di una sezione di calcolo (Sez. B). La legenda indica i l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo.

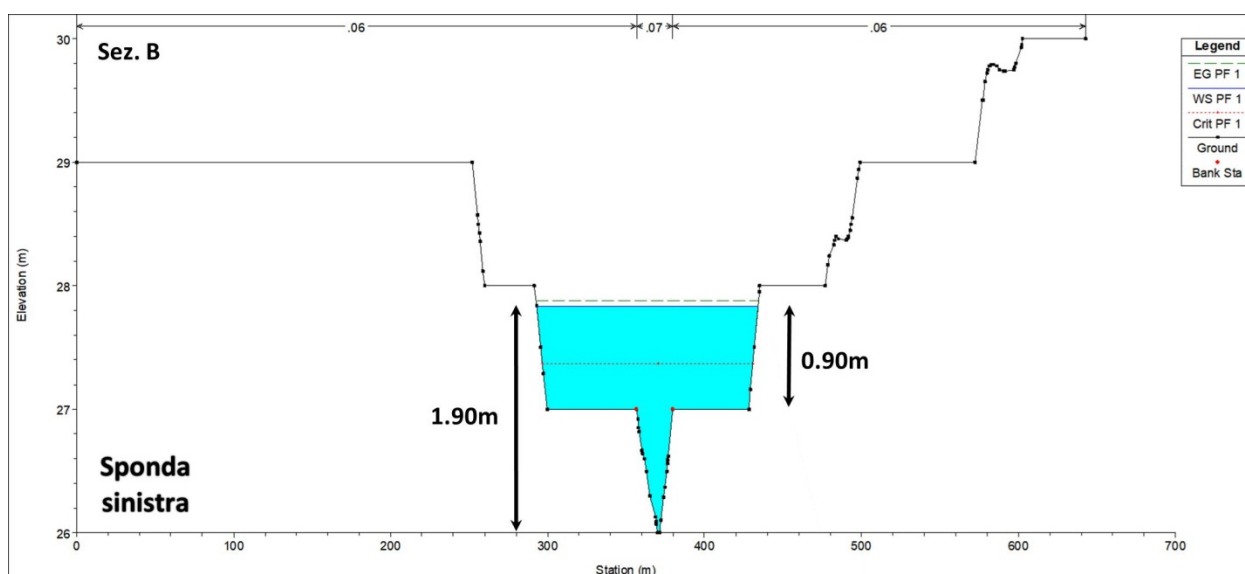


Figura 38. Sezione di calcolo B restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.96m/s.

La Figura 39 riporta uno zoom sulla regione individuata dalla circonferenza 3 in Figura 31 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 40 è simile, ma riporta il floodplain su ortofoto. La Figura 41 riporta l'altezza di riempimento della sezione C, la Figura 42 riporta l'altezza di riempimento della sezione D, la Figura 43 l'altezza di riempimento della sezione E e la Figura 44 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.

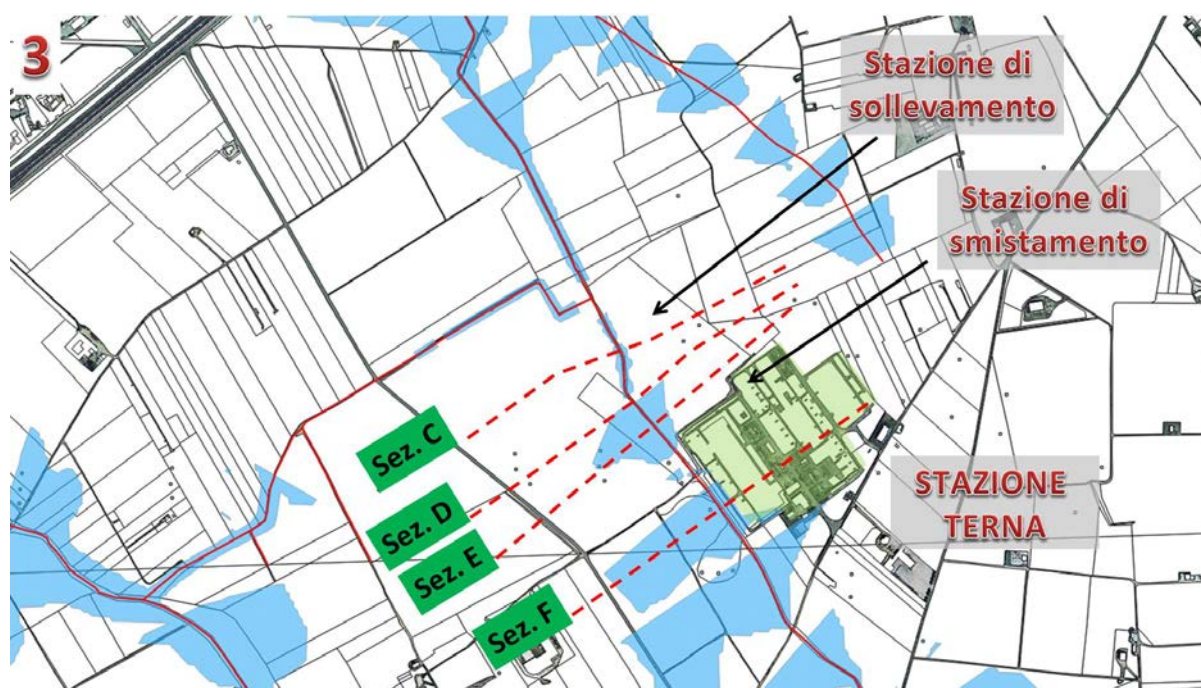


Figura 39. Impronta di allagamento su CTR con indicazione della stazione Terna e di quattro sezioni di calcolo (Sez. C, Sez. D, Sez. E, Sez. F). Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.



Figura 40. 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.

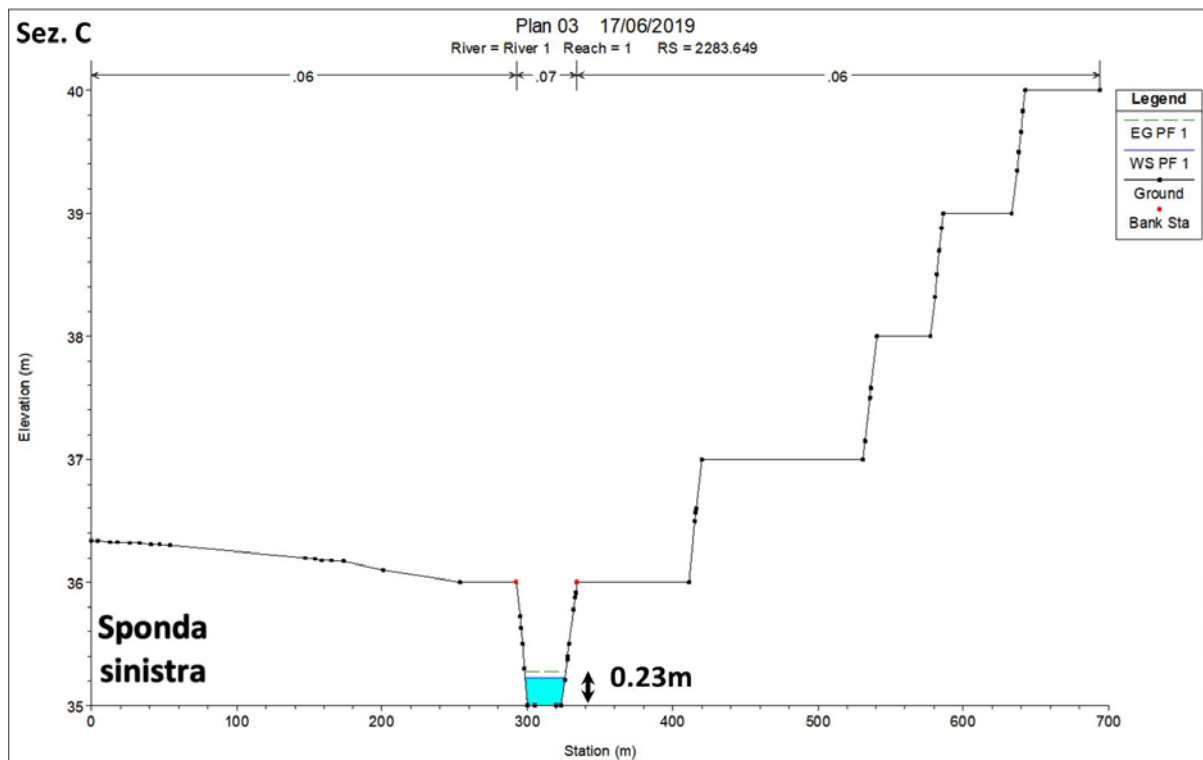


Figura 41. Sezione di calcolo C restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.89m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

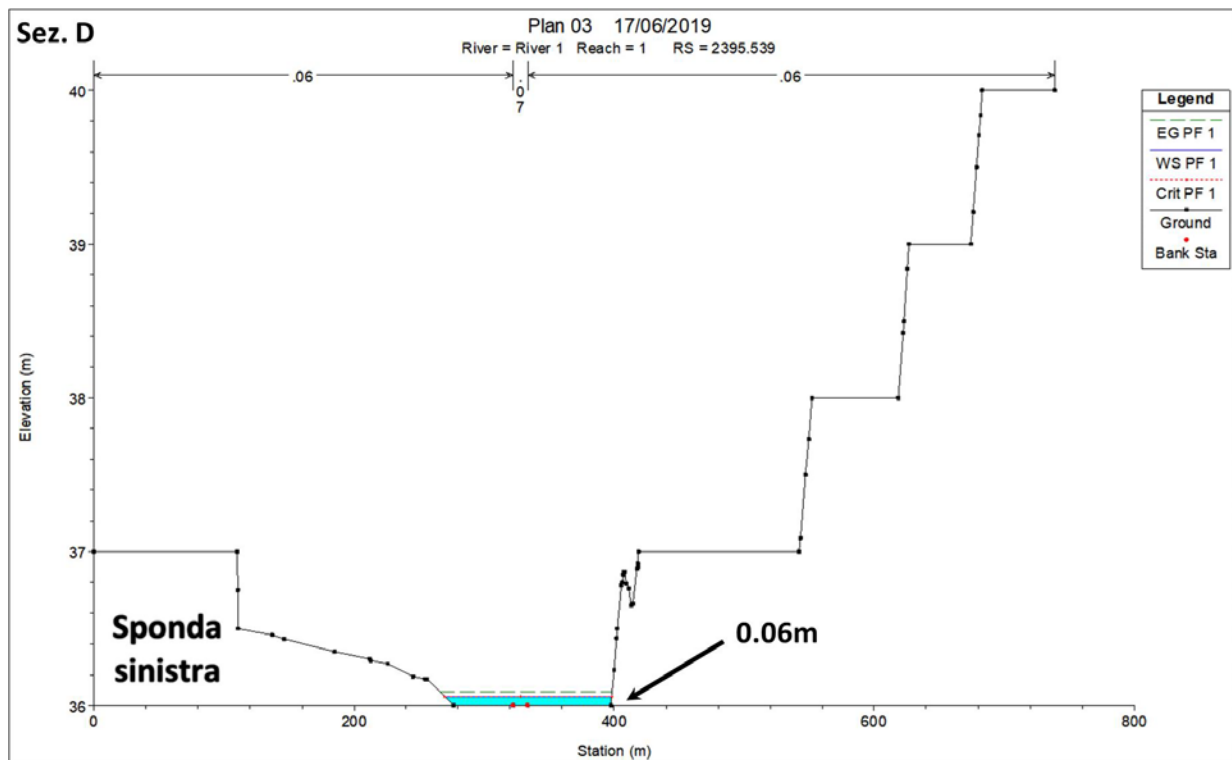


Figura 42. Sezione di calcolo D restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.66m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

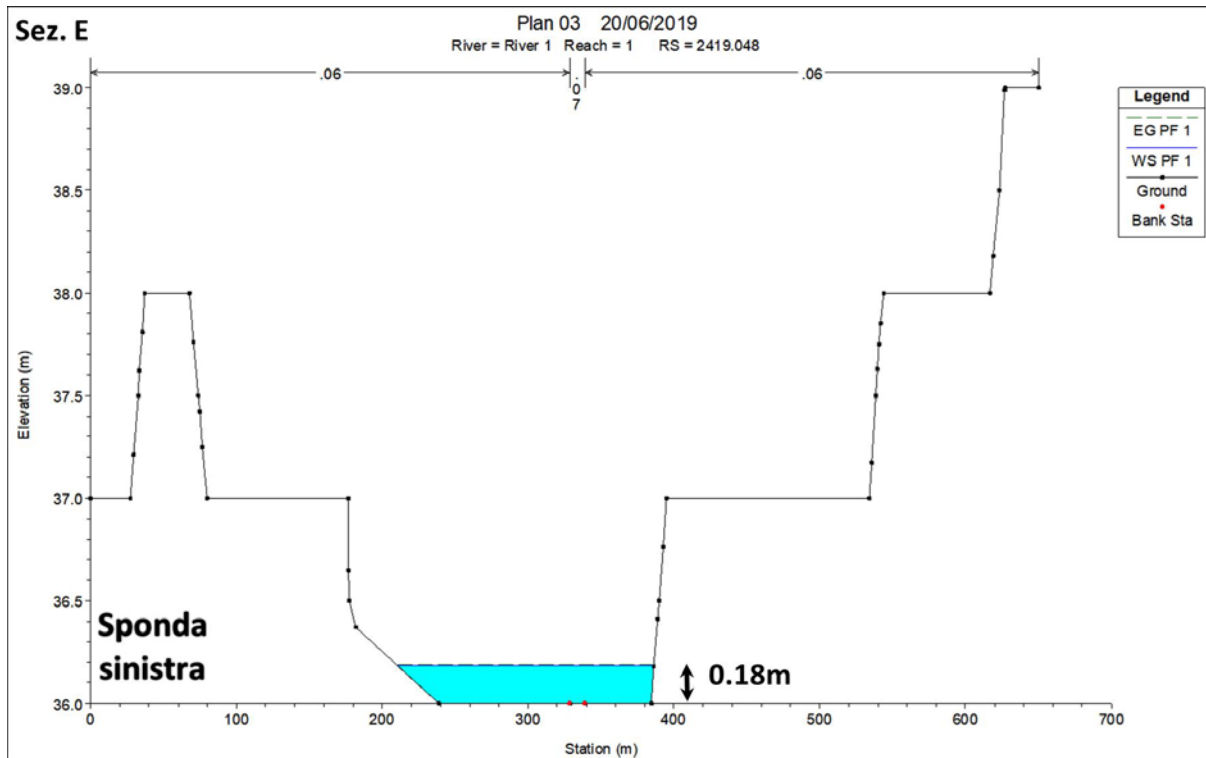


Figura 43. Sezione di calcolo E restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.17m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

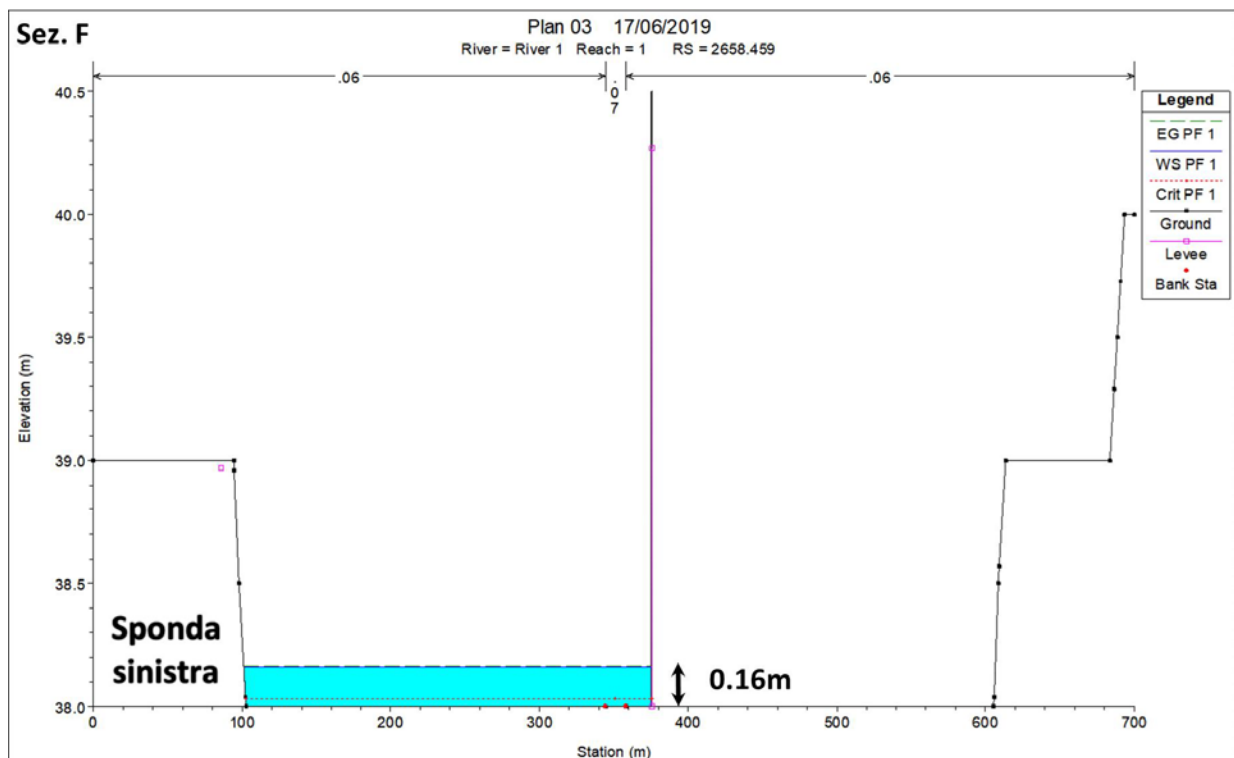


Figura 44. Sezione di calcolo F restituita da HecRas. La linea verticale rappresenta il muro perimetrale occidentale della stazione Terna. Velocità media nella sezione bagnata: 0.11m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

La Figura 45 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 46 e Figura 47). 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.

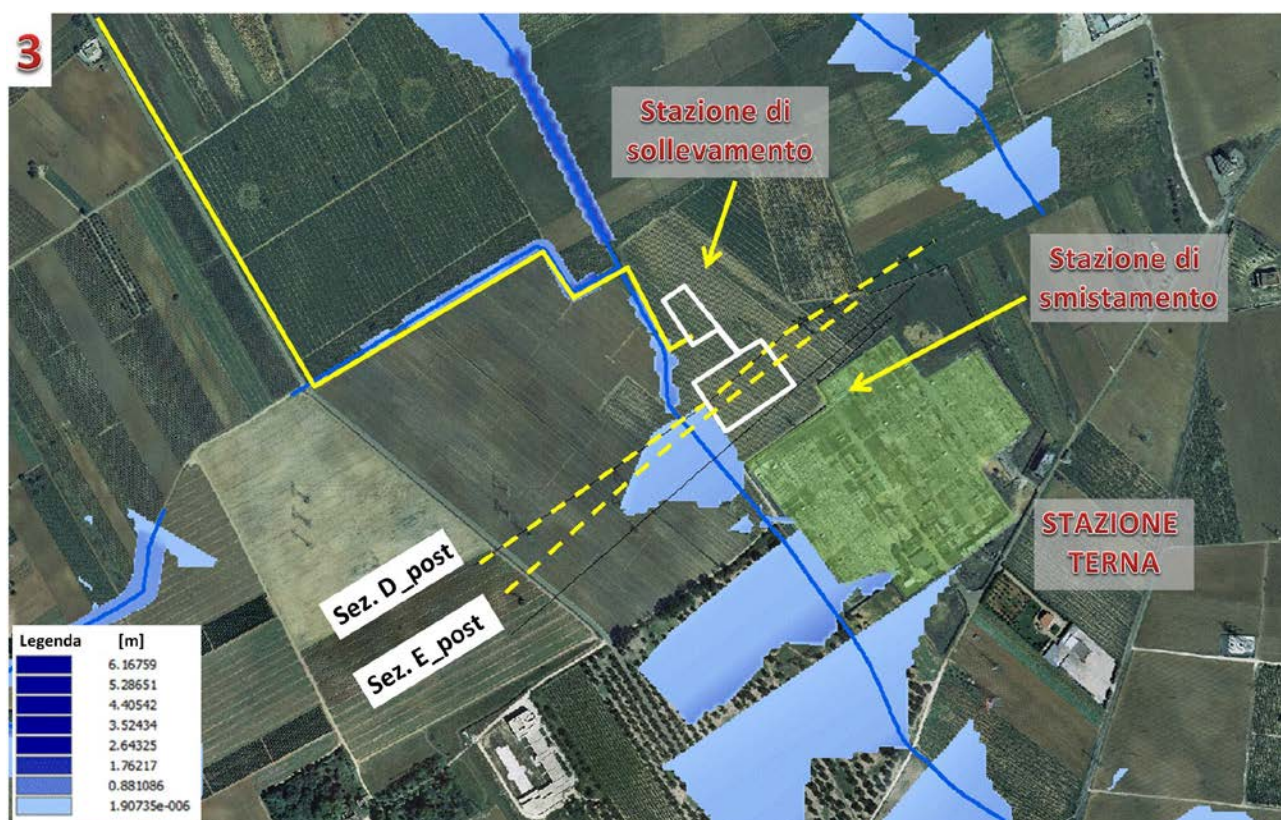


Figura 45. Floodplain su ortofoto con indicazione dell'elettrodotto, della stazione di sollevamento, della stazione di smistamento, della stazione Terna e di due sezioni di calcolo (Sez. D_post, Sez. E_post). La legenda indica l'altezza del tirante idrico rispetto al suolo. *Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.*

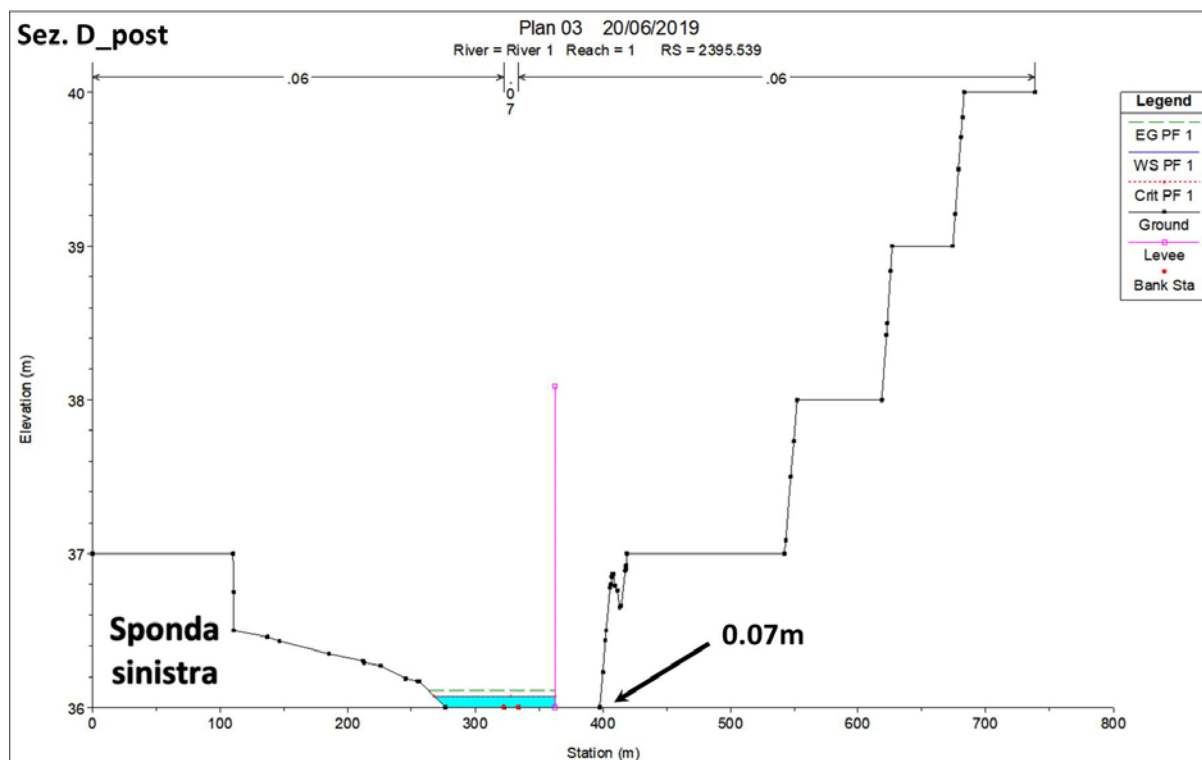


Figura 46. Sezione di calcolo D_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.75m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

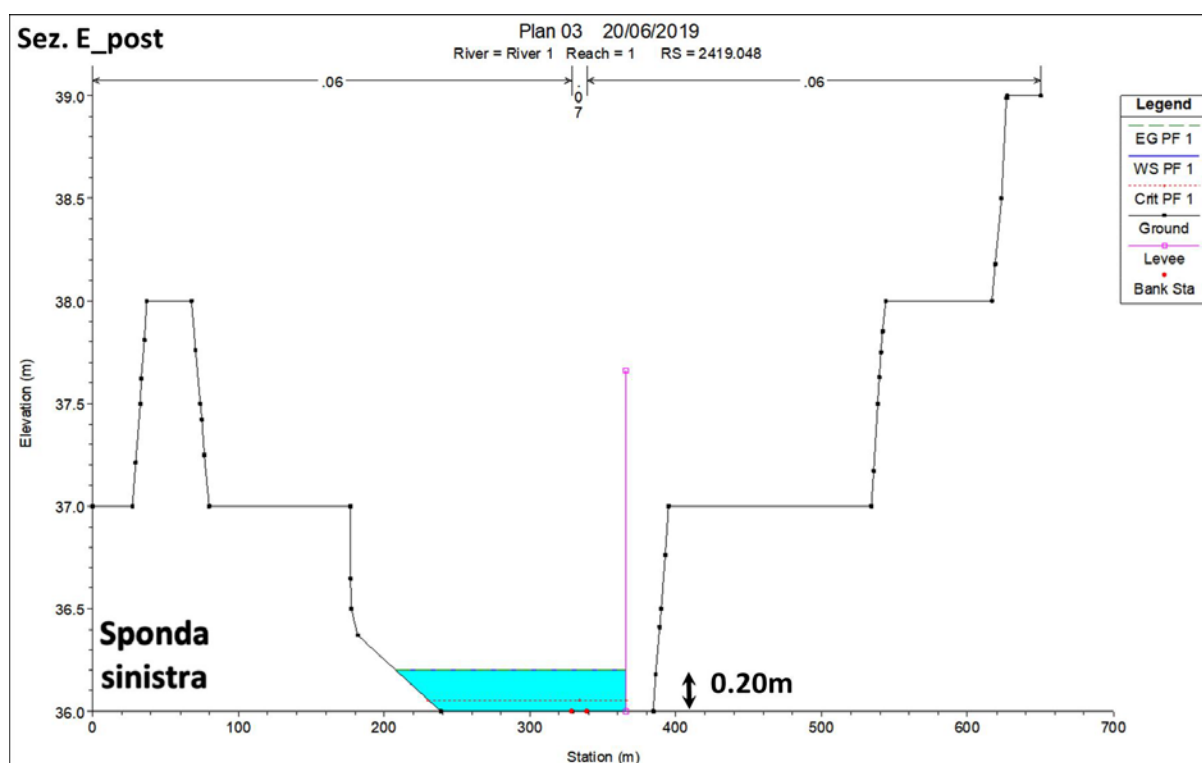


Figura 47. Sezione di calcolo E_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.17m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

La Figura 48 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 12), riporta le caratteristiche idrauliche delle sezioni di Figura 48 in condizioni ante operam. La seconda (Tabella 13) 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.

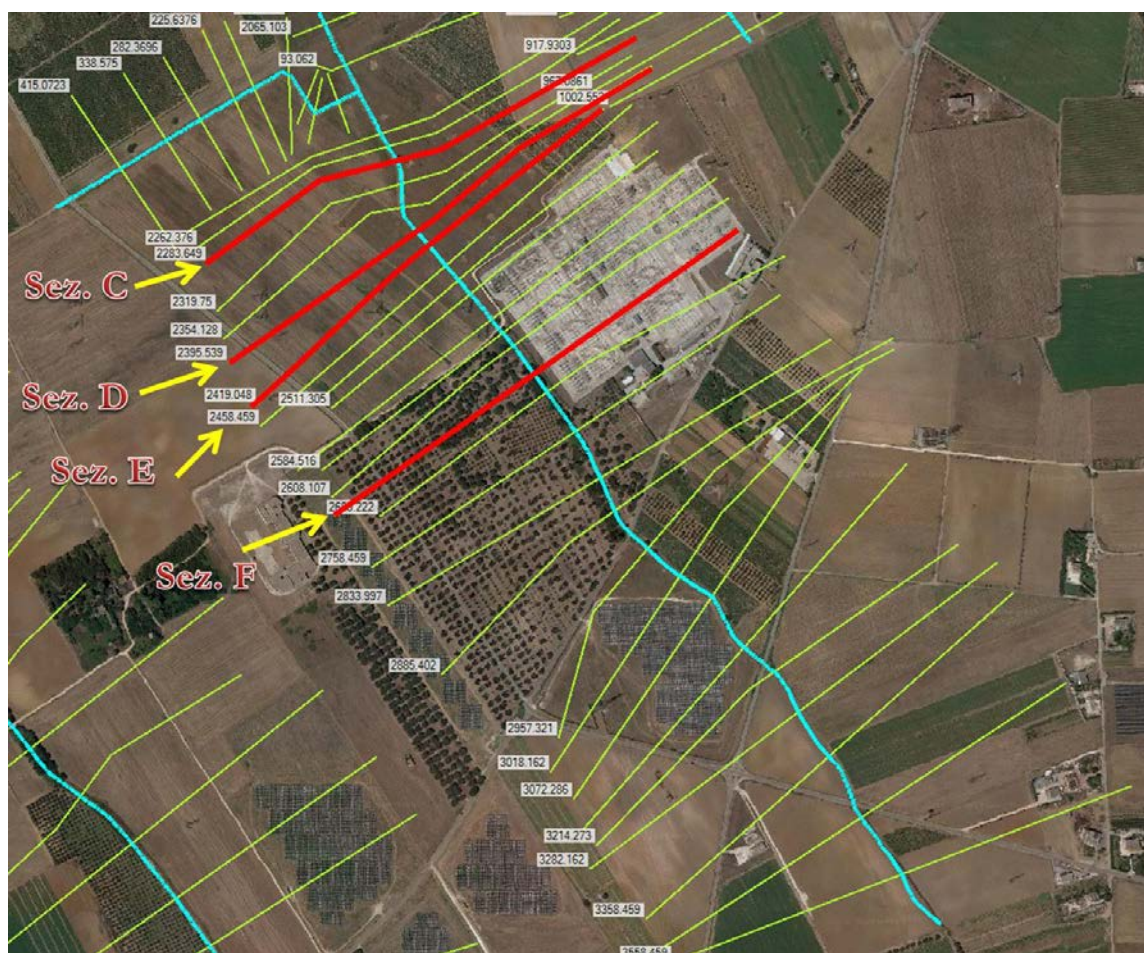


Figura 48. Sezioni di calcolo lungo il corso d'acqua ID 19262 che perimetra a ovest la stazione Terna. Sono sottolineate le sezioni C, D, E, F.

Tabella 12. 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	
[-]	[m³/s]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[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	0.44	12.05	25.74	0.21
	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 13. 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	
[-]	[m³/s]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[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

La Figura 49 riporta la visuale generale sulle impronte di allagamento per il Canale Reale a ovest, sovrapposte a ortofoto, in condizioni ante operam. La figura individua anche l'impronta prevista l'elettrodotta, in giallo, e la posizione prevista dell'impianto agrovoltaiico, perimetrato con linea gialla. La differenza tra le impronte di allagamento tra condizioni ante operam e post operam non è percettibile dalla mappa, come si evince dalla Figura 51 che riporta l'impronta di allagamento in condizioni post operam, ovvero dopo aver modificato la scabrezza lungo la sponda destra del Canale Reale.

Le due figure riportano anche tre sezioni di calcolo di cui sono riportati successivamente i riempimenti in Figura 54, Figura 55, Figura 56, Figura 57, Figura 58, Figura 59.

Come si può notare, l'area in cui è previsto il posizionamento dell'impianto agrovoltaiico viene in parte invasa dall'impronta di allagamento del canale Reale (Id 19029). In realtà, come verrà detto fra poco, il posizionamento dei pannelli è stato spostato ancora più a sud a seguito della scrittura della prima relazione presentata all'AdB.

La Figura 54 riporta l'altezza di riempimento della sezione G, la Figura 55 l'altezza di riempimento della sezione H e la Figura 56 l'altezza di riempimento della sezione I. Queste figure mostrano il riempimento delle sezioni in condizioni ante operam, con indicazione della velocità media sulla sezione bagnata. Le successive tre figure riportano le sezioni suddette in condizioni post operam, ovvero modificando la scabrezza di Manning sulla sponda destra al valore inferiore di $0.040\text{m}^{1/6}$. Le sezioni in condizioni post operam sono chiamate G_post, H_post e I_post.

La Tabella 14 riporta le caratteristiche idrauliche di tutte le sezioni di calcolo relative al Canale reale in condizioni ante operam. La Tabella 15 indica le condizioni post operam, a seguito della modifica della scabrezza causata dal campo agrovoltaiico sulla sponda destra del Canale Reale. La Tabella 16 riporta la differenza dei valori delle grandezze idrauliche riportate nelle precedenti due tabelle. In tutte le tabelle in grigio vengono indicate le sezioni G, H, I, G_post, H_post e I_post.

Si nota che l'abbassamento di scabrezza provoca una variazione del tirante idrico limitata a non più di una ventina di centimetri, laddove le velocità medie di deflusso subiscono aumenti medi lungo le sezioni fino a un massimo di circa 15 cm/s.

Il posizionamento dei pannelli fotovoltaici verrà effettuato quasi totalmente all'esterno delle aree di allagamento, come indicato in Figura 53 , che riporta il perimetro esterno dell'impianto a seguito della risistemazione dello stesso dopo la prima relazione presentata all'AdB. Rimarrà solo una sovrapposizione di circa 100m lungo la sezione G post (Figura 57) in cui la profondità massima dell'acqua sarà di circa 40cm, laddove i pannelli verranno sistemati su supporti che li distanziano dal suolo in altezza a circa 80cm.

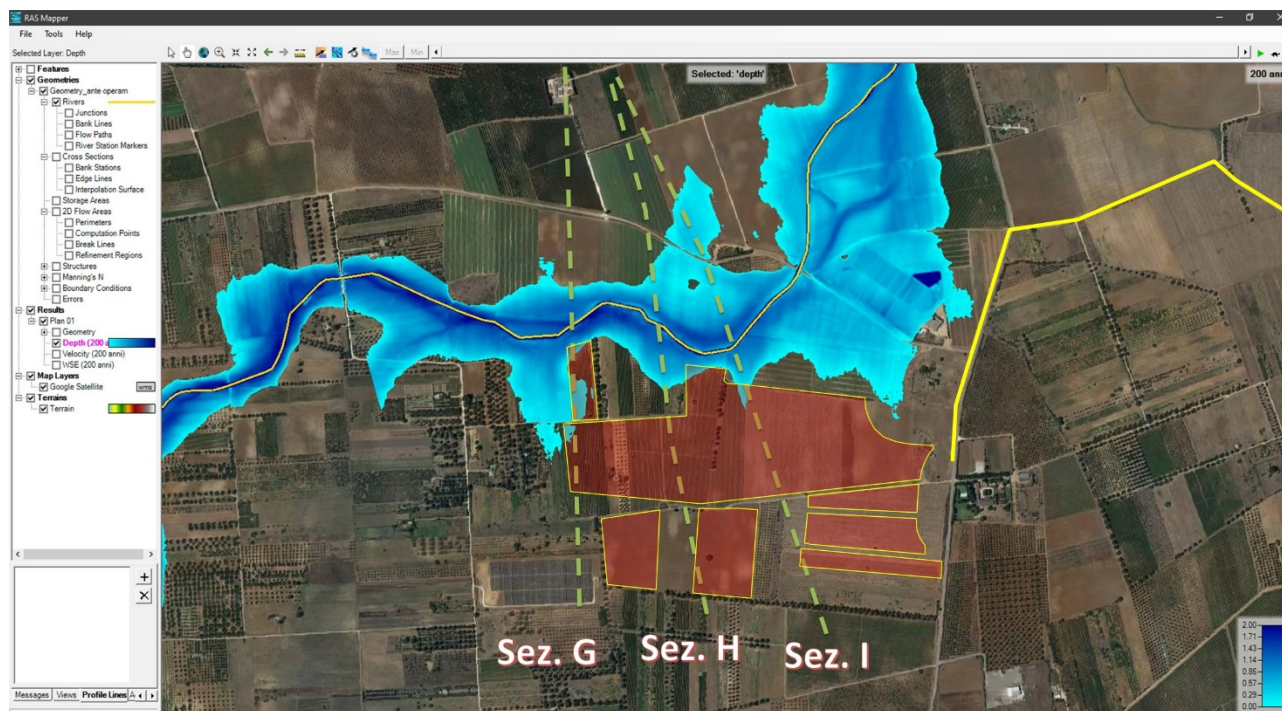


Figura 49. Vista generale del floodplain a ovest su ortofoto con indicazione degli attraversamenti dell'elettrodotto (in giallo) in corrispondenza dei corsi d'acqua e dell'impianto agrovoltaico, indicato con perimetro giallo. La legenda indica il tirante idrico, in metri. *Condizione ante operam.*

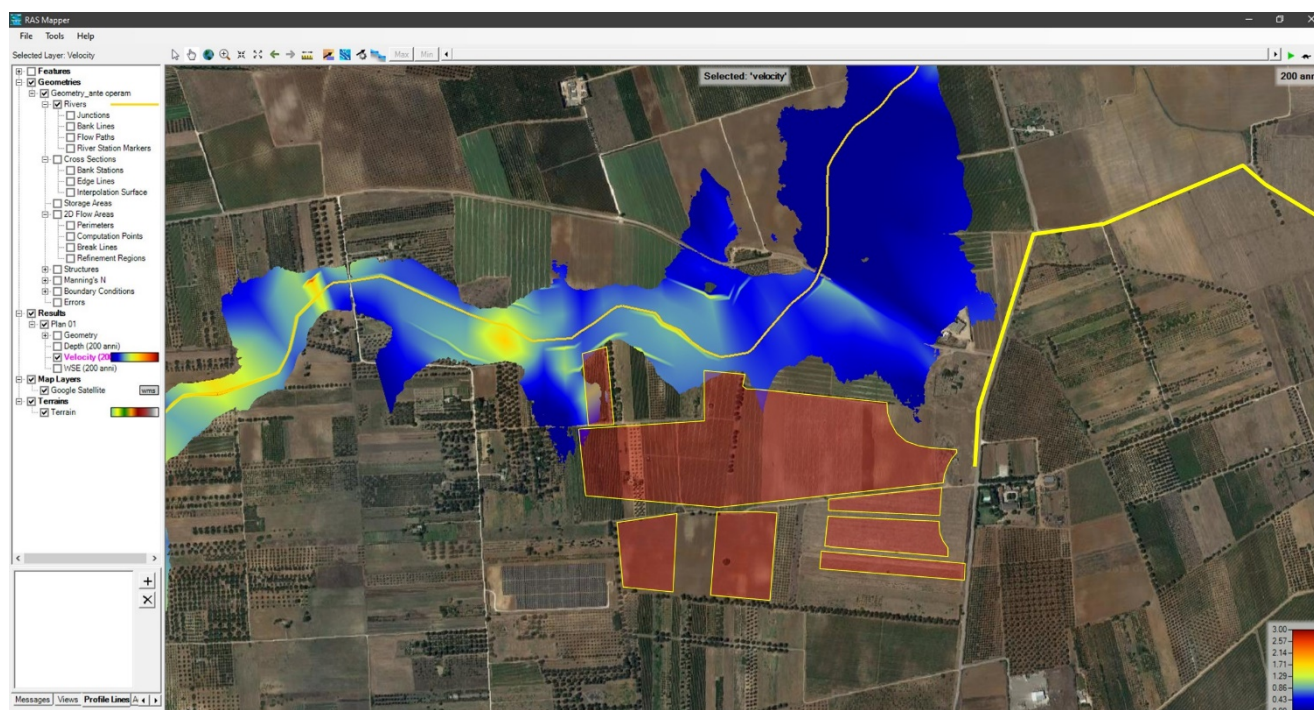


Figura 50. Mappa delle velocità. La legenda indica la velocità mediata in altezza, in metri al secondo. *Condizione ante operam.*

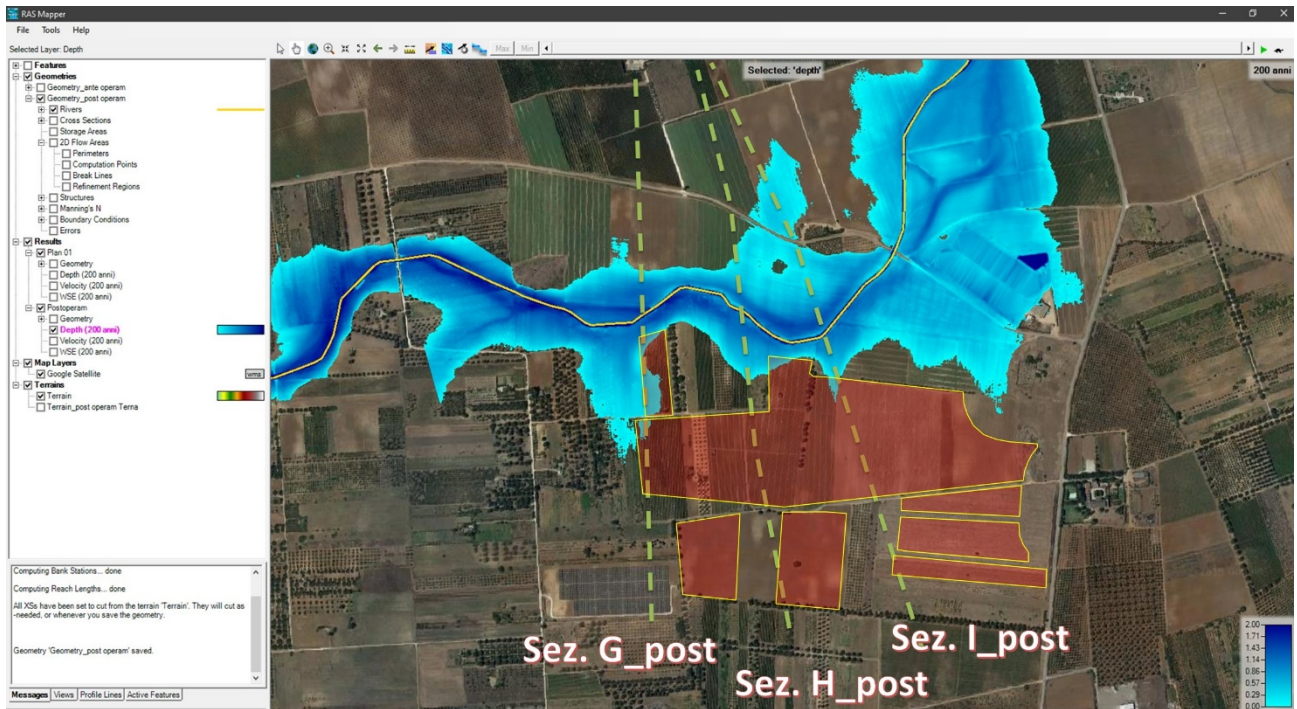


Figura 51. Vista generale del floodplain a ovest su ortofoto con indicazione degli attraversamenti dell'elettrodotto (in giallo) in corrispondenza dei corsi d'acqua e dell'impianto agrovoltaiico, indicato con perimetro giallo. La legenda indica il tirante idrico, in metri. *Condizione post operam.*

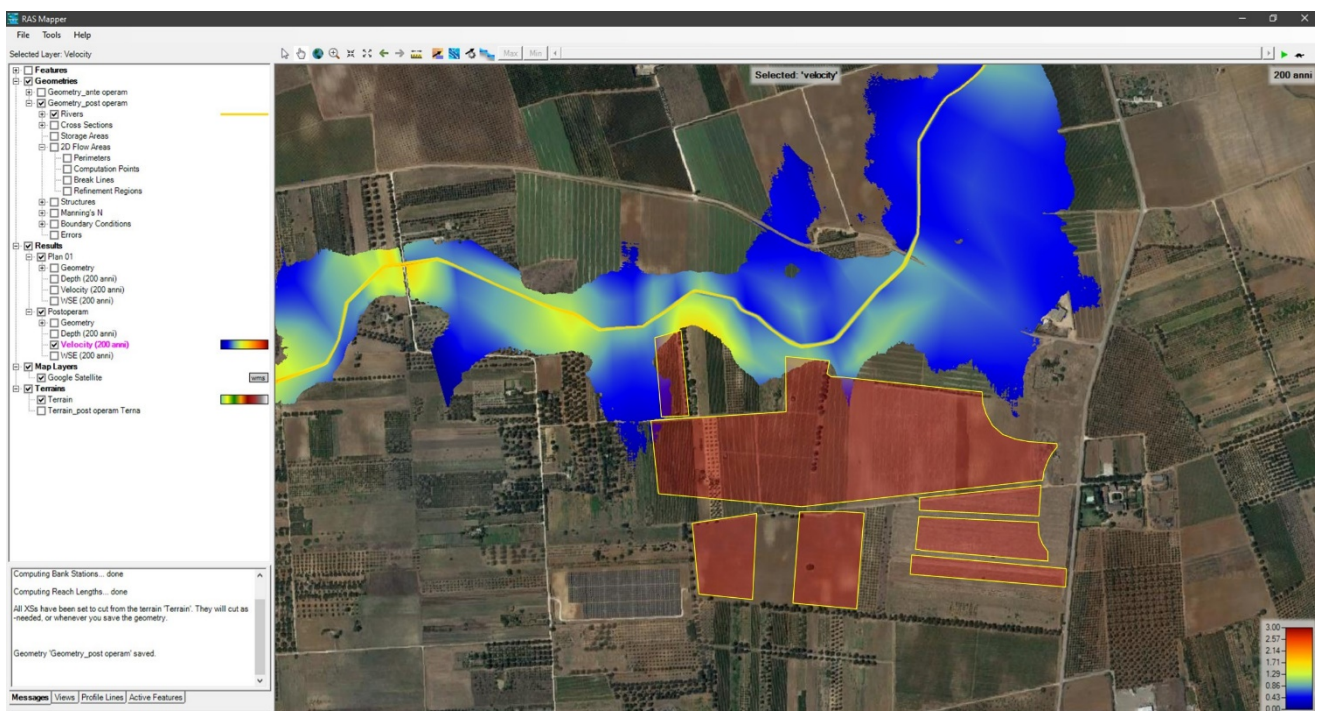


Figura 52. Mappa delle velocità. La legenda indica la velocità mediata in altezza, in metri al secondo. *Condizione post operam.*

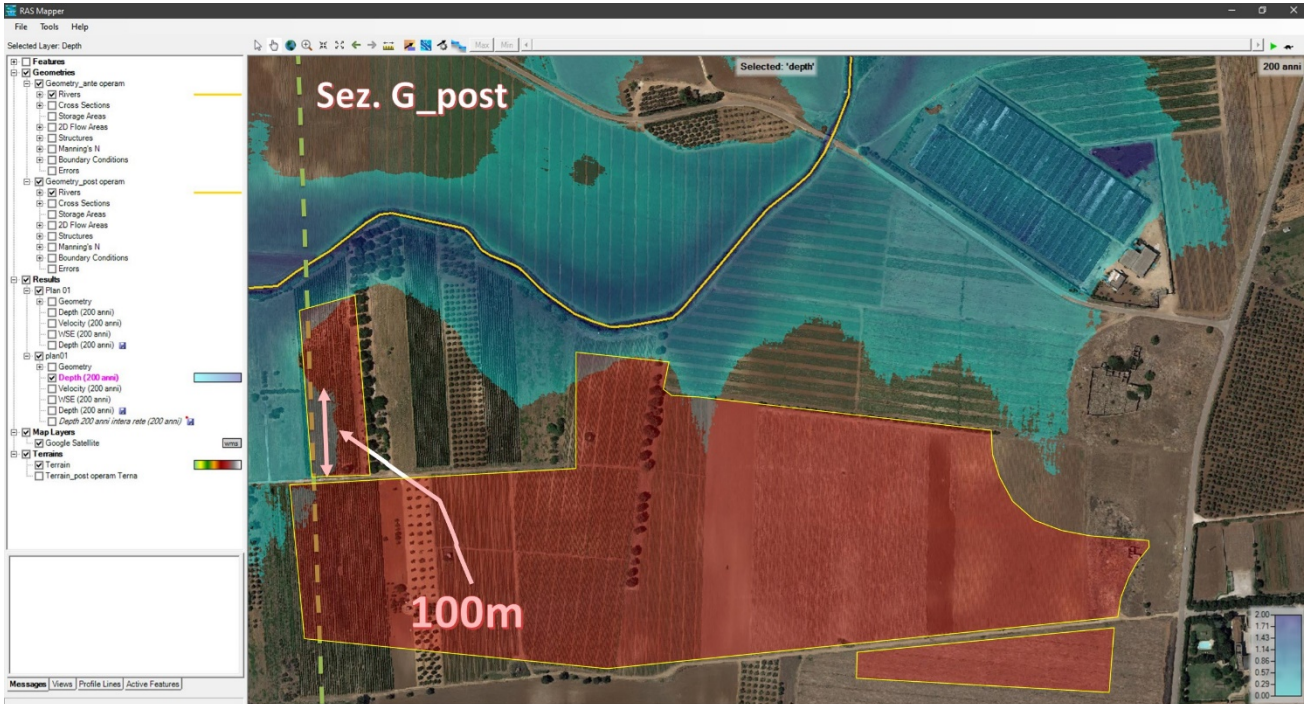


Figura 53. Ingrandimento della regione di sovrapposizione tra l'area del campo fotovoltaico e l'impronta di allagamento. In giallo il perimetro DEFINITIVO dell'impianto agrovoltaico, che permette ai pannelli di ritrovarsi quasi totalmente all'esterno delle aree allagabili, tranne che nella zona della sezione G_post, dove avviene una sovrapposizione di circa 100m. In quei punti il tirante idrico arriva a un massimo di 40cm e i pannelli verranno sistemati su supporti elevati di 80cm rispetto al suolo.

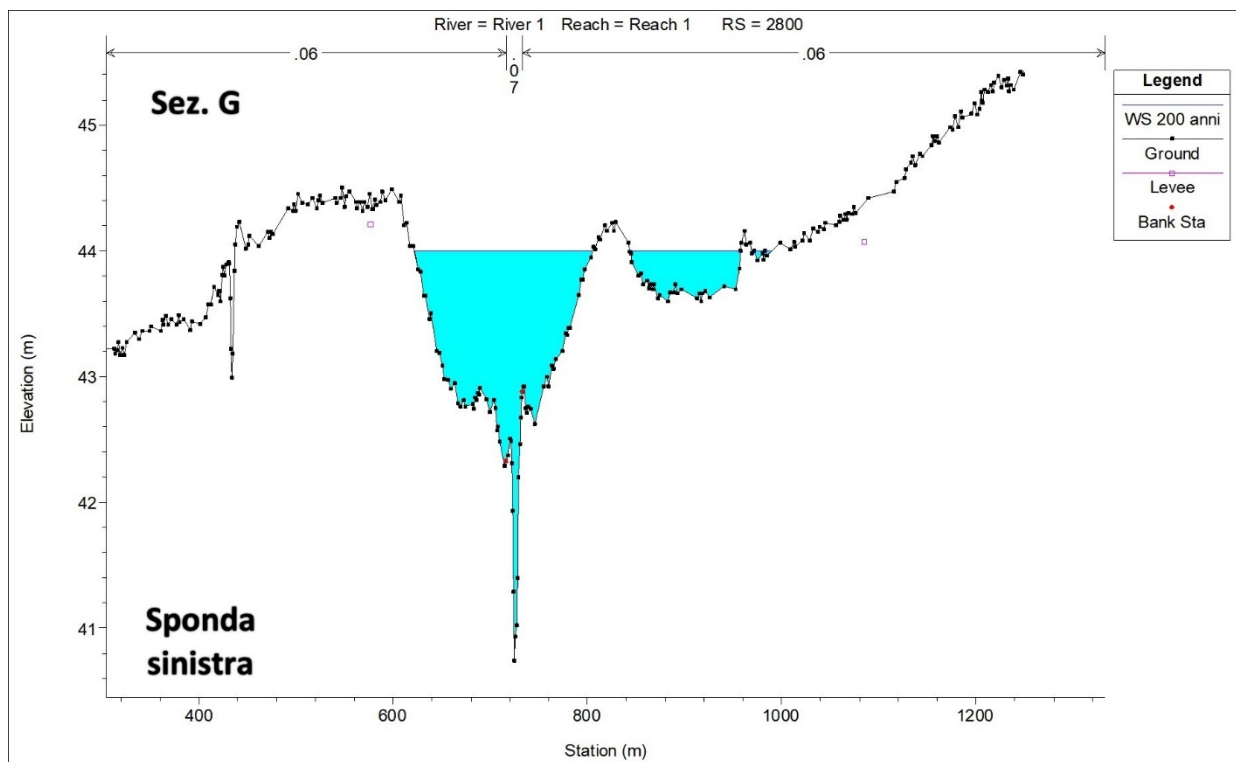


Figura 54. Sezione di calcolo G restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.84m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

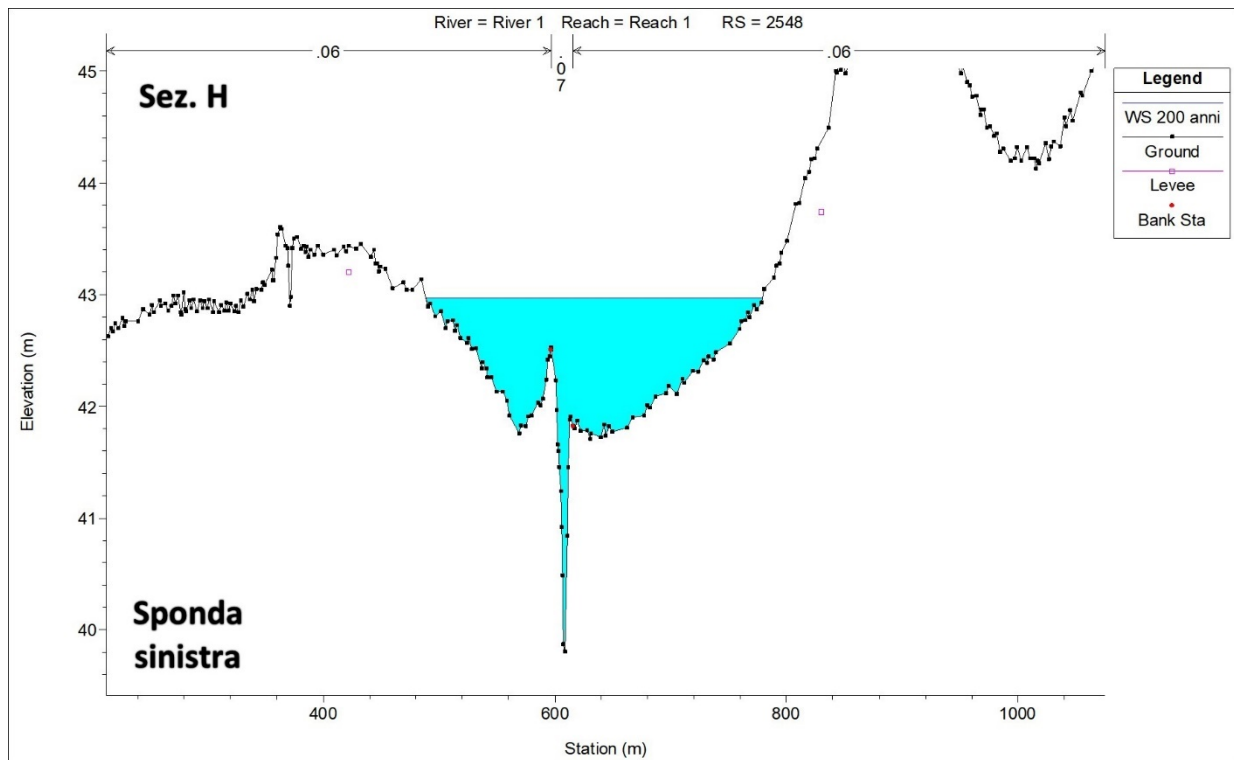


Figura 55. Sezione di calcolo H restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 1.08 m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

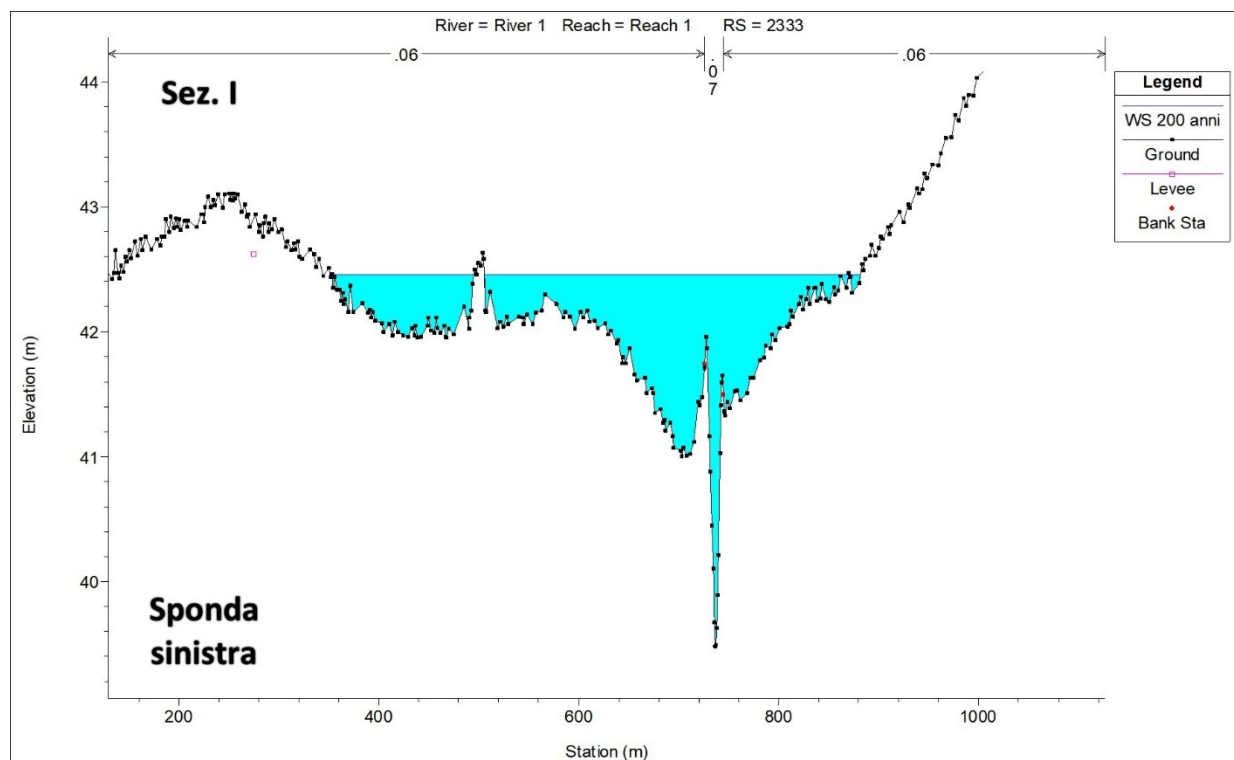


Figura 56. Sezione di calcolo I restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.72m/s. Condizione ante operam, in assenza di ampliamento della stazione.

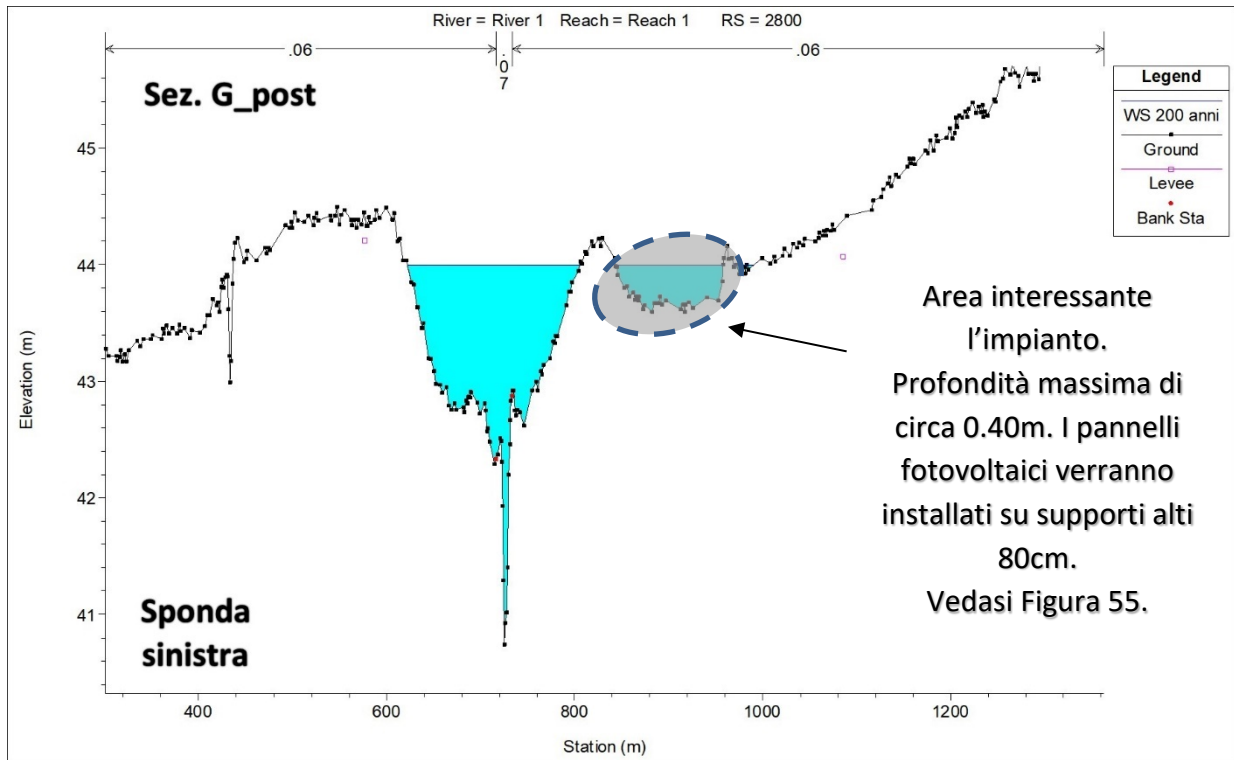


Figura 57. Sezione di calcolo G_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.83m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

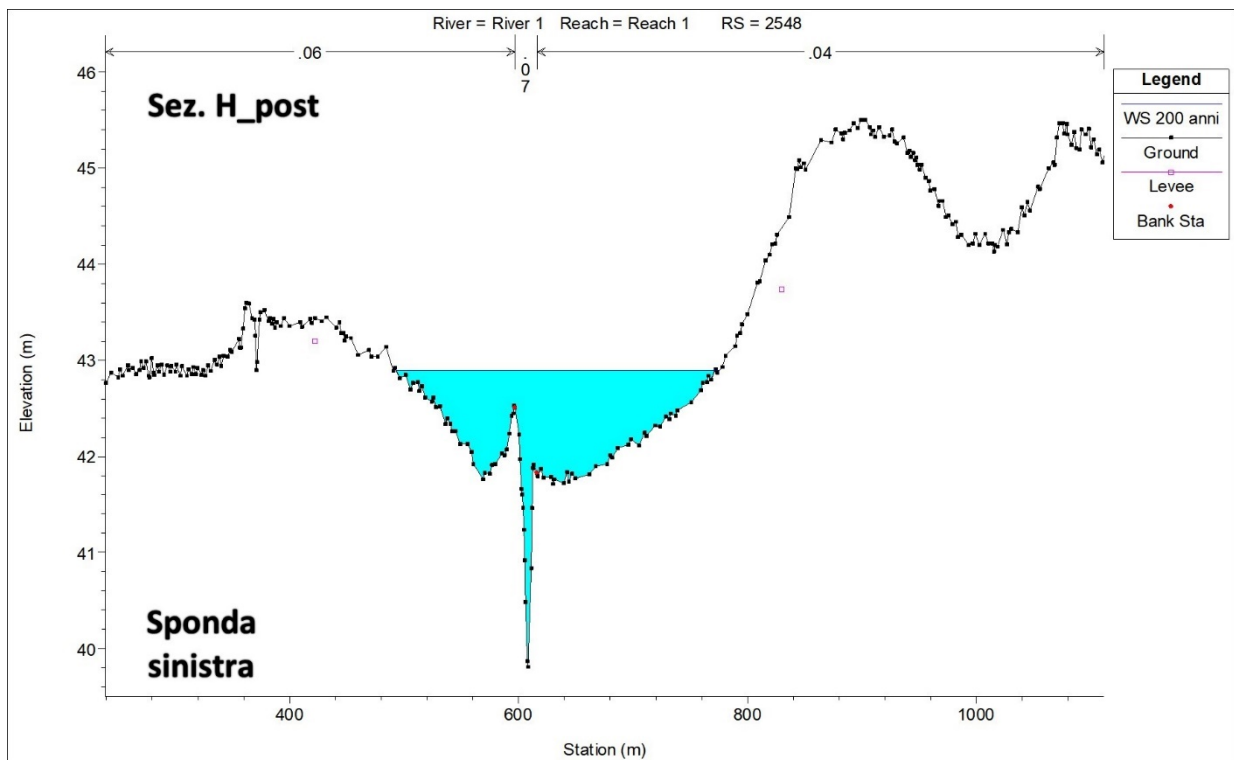


Figura 58. Sezione di calcolo H_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 1.10 m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

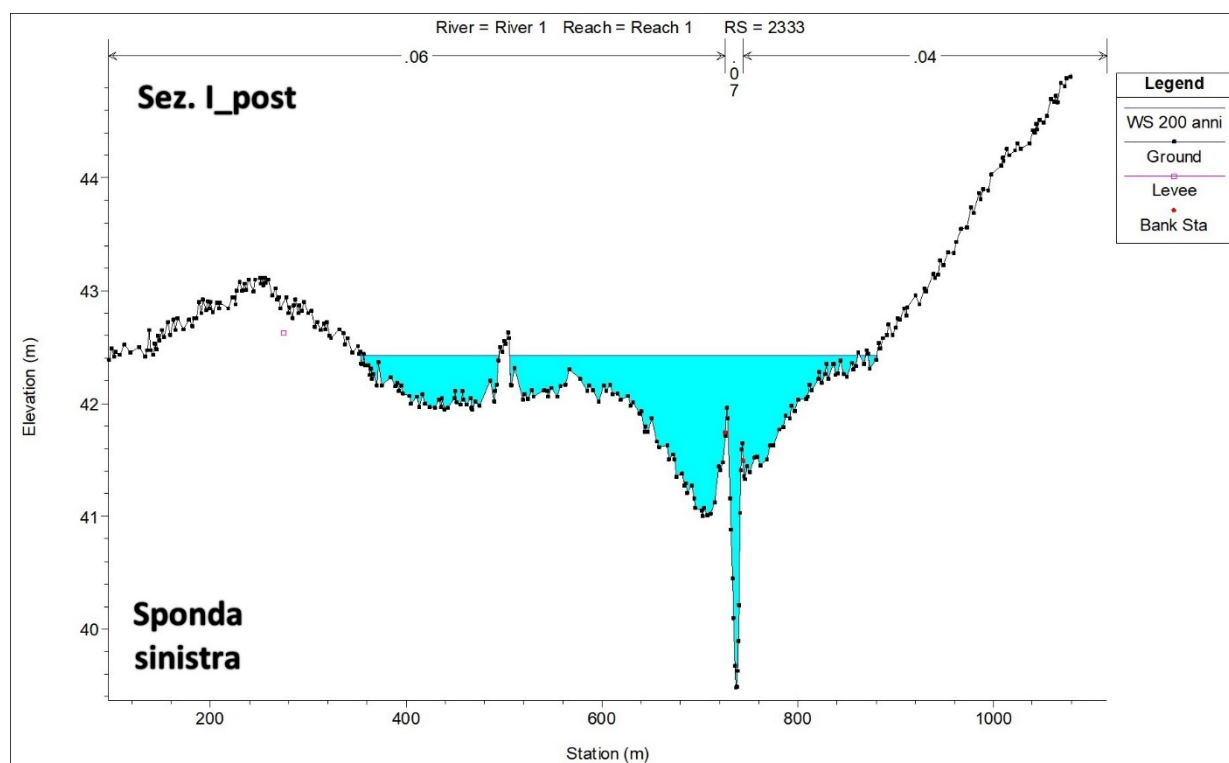


Figura 59. Sezione di calcolo I_post restituita da HecRas. Velocità media nella sezione bagnata: 0.72m/s. Condizione post operam, in assenza di ampliamento della stazione.

Tabella 14. Caratteristiche idrauliche delle sezioni lungo il Canale Reale. Condizioni ante operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 1	Reach 1	4548	200 anni	170.17	47.25	49.67	49.74	0.0050	1.46	159.70	190.70	0.35
River 1	Reach 1	4370	200 anni	170.17	46.32	49.09	49.13	0.0024	0.97	208.72	208.48	0.24
River 1	Reach 1	4285	200 anni	170.17	46.21	48.82	48.88	0.0037	1.33	162.86	153.93	0.30
River 1	Reach 1	4148	200 anni	170.17	45.26	48.34	48.41	0.0034	1.44	158.38	153.83	0.30
River 1	Reach 1	4042	200 anni	170.17	44.62	48.07	48.11	0.0027	1.10	212.02	246.78	0.25
River 1	Reach 1	3889	200 anni	170.17	43.92	47.31	47.47	0.0075	2.09	102.36	91.24	0.44
River 1	Reach 1	3677	200 anni	170.17	43.57	46.88	46.91	0.0013	0.87	267.28	243.57	0.18
River 1	Reach 1	3543	200 anni	170.17	43.19	46.46	46.52	0.0035	1.33	155.48	129.79	0.29
River 1	Reach 1	3512	200 anni	170.17	43.08	46.31	46.40	0.0047	1.51	133.90	111.23	0.34
River 1	Reach 1	3480	200 anni	170.17	42.66	46.16	46.25	0.0047	1.61	134.15	113.68	0.34
River 1	Reach 1	3447	200 anni	170.17	43.01	45.96	46.08	0.0079	1.86	114.89	121.54	0.43
River 1	Reach 1	3415	200 anni	170.17	42.25	45.69	45.84	0.0084	2.20	106.54	103.40	0.44

River 1	Reach 1	3300	200 anni	170.17	42.30	45.42	45.45	0.0020	0.94	254.45	302.18	0.22
River 1	Reach 1	3109	200 anni	170.17	42.12	44.95	45.01	0.0038	1.27	156.10	138.17	0.30
River 1	Reach 1	3012	200 anni	170.17	41.65	44.51	44.59	0.0045	1.56	143.45	131.81	0.34
River 1	Reach 1	2905	200 anni	170.17	41.13	44.21	44.24	0.0027	1.10	241.03	345.47	0.25
River 1	Reach 1	2854	200 anni	170.17	41.26	44.12	44.13	0.0016	0.84	296.53	442.31	0.20
River 1	Reach 1	2800	200 anni	170.17	40.74	44.00	44.03	0.0026	1.11	217.77	317.56	0.25
River 1	Reach 1	2733	200 anni	170.17	40.43	43.65	43.72	0.0039	1.45	147.47	132.06	0.31
River 1	Reach 1	2671	200 anni	170.17	40.80	43.37	43.45	0.0062	1.36	138.00	149.14	0.37
River 1	Reach 1	2548	200 anni	170.17	39.81	42.97	43.00	0.0028	0.98	226.10	290.49	0.25
River 1	Reach 1	2390	200 anni	170.17	39.73	42.58	42.62	0.0036	1.20	215.43	376.90	0.29
River 1	Reach 1	2333	200 anni	170.17	39.48	42.46	42.48	0.0026	1.00	280.09	520.51	0.25
River 1	Reach 1	2281	200 anni	170.17	39.45	42.35	42.38	0.0027	1.02	256.44	455.61	0.25
River 1	Reach 1	2217	200 anni	170.17	39.28	42.19	42.22	0.0034	1.17	222.31	396.44	0.28
River 1	Reach 1	2161	200 anni	170.17	39.07	41.98	42.02	0.0048	1.38	214.29	491.26	0.33
River 1	Reach 1	2070	200 anni	170.17	38.66	41.47	41.50	0.0044	1.26	225.09	433.63	0.32
River 1	Reach 1	2069		Bridge								
River 1	Reach 1	2055	200 anni	170.17	38.69	41.38	41.42	0.0048	1.31	214.54	402.18	0.33
River 1	Reach 1	2005	200 anni	170.17	38.70	41.25	41.27	0.0024	0.77	279.11	451.19	0.23
River 1	Reach 1	1947	200 anni	170.17	38.53	41.15	41.16	0.0020	0.73	315.27	541.79	0.21
River 1	Reach 1	1823	200 anni	170.17	37.88	40.88	40.90	0.0024	0.91	295.44	522.61	0.23
River 1	Reach 1	1699	200 anni	170.17	37.99	40.66	40.67	0.0013	0.61	343.69	487.33	0.17
River 1	Reach 1	1552	200 anni	170.17	37.72	40.32	40.35	0.0028	0.89	224.69	290.31	0.25
River 1	Reach 1	1297	200 anni	170.17	37.22	39.85	39.87	0.0019	0.78	264.22	314.16	0.21
River 1	Reach 1	1130	200 anni	170.17	37.12	39.41	39.45	0.0036	1.04	218.94	332.64	0.28
River 1	Reach 1	936	200 anni	170.17	36.27	38.98	39.00	0.0018	0.82	259.38	291.46	0.20
River 1	Reach 1	800	200 anni	170.17	36.08	38.75	38.77	0.0018	0.71	283.10	352.72	0.20
River 1	Reach 1	632	200 anni	170.17	35.98	38.53	38.54	0.0012	0.57	325.94	400.31	0.16
River 1	Reach 1	418	200 anni	170.17	35.20	38.22	38.25	0.0020	0.85	243.78	264.02	0.21
River 1	Reach 1	255	200 anni	170.17	35.07	37.22	37.42	0.0349	2.53	91.54	216.64	0.83

Tabella 15. Caratteristiche idrauliche delle sezioni lungo il Canale Reale. Condizioni post operam.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
River 1	Reach 1	4548	200 anni	170.17	47.25	49.67	49.74	0.0050	1.46	159.70	190.70	0.35
River 1	Reach 1	4370	200 anni	170.17	46.32	49.09	49.13	0.0024	0.97	208.72	208.48	0.24
River 1	Reach 1	4285	200 anni	170.17	46.21	48.82	48.88	0.0037	1.33	162.86	153.93	0.30
River 1	Reach 1	4148	200 anni	170.17	45.26	48.34	48.41	0.0034	1.44	158.38	153.83	0.30
River 1	Reach 1	4042	200 anni	170.17	44.62	48.07	48.11	0.0027	1.10	212.02	246.78	0.25
River 1	Reach 1	3889	200 anni	170.17	43.92	47.31	47.47	0.0075	2.09	102.36	91.24	0.44
River 1	Reach 1	3677	200 anni	170.17	43.57	46.88	46.91	0.0013	0.87	267.28	243.57	0.18
River 1	Reach 1	3543	200 anni	170.17	43.19	46.46	46.52	0.0035	1.33	155.48	129.79	0.29
River 1	Reach 1	3512	200 anni	170.17	43.08	46.31	46.40	0.0047	1.51	133.90	111.23	0.34
River 1	Reach 1	3480	200 anni	170.17	42.66	46.16	46.25	0.0047	1.61	134.15	113.68	0.34
River 1	Reach 1	3447	200 anni	170.17	43.01	45.96	46.08	0.0079	1.86	114.89	121.54	0.43
River 1	Reach 1	3415	200 anni	170.17	42.25	45.69	45.84	0.0084	2.20	106.54	103.40	0.44
River 1	Reach 1	3300	200 anni	170.17	42.30	45.42	45.45	0.0020	0.94	254.45	302.18	0.22
River 1	Reach 1	3109	200 anni	170.17	42.12	44.95	45.01	0.0038	1.27	156.10	138.17	0.30
River 1	Reach 1	3012	200 anni	170.17	41.65	44.51	44.59	0.0045	1.56	143.44	131.81	0.34
River 1	Reach 1	2905	200 anni	170.17	41.13	44.21	44.24	0.0027	1.10	240.89	345.38	0.25
River 1	Reach 1	2854	200 anni	170.17	41.26	44.12	44.13	0.0016	0.84	296.26	441.70	0.20
River 1	Reach 1	2800	200 anni	170.17	40.74	44.00	44.03	0.0026	1.11	217.46	317.10	0.25
River 1	Reach 1	2733	200 anni	170.17	40.43	43.48	43.60	0.0038	1.36	125.67	126.88	0.31
River 1	Reach 1	2671	200 anni	170.17	40.80	43.20	43.33	0.0058	1.22	113.67	135.03	0.35
River 1	Reach 1	2548	200 anni	170.17	39.81	42.90	42.94	0.0022	0.84	205.53	282.67	0.22
River 1	Reach 1	2390	200 anni	170.17	39.73	42.55	42.59	0.0038	1.21	204.60	371.34	0.30
River 1	Reach 1	2333	200 anni	170.17	39.48	42.42	42.45	0.0027	1.00	261.03	511.08	0.25
River 1	Reach 1	2281	200 anni	170.17	39.45	42.30	42.34	0.0026	0.98	233.86	441.35	0.24
River 1	Reach 1	2217	200 anni	170.17	39.28	42.14	42.18	0.0032	1.12	201.25	383.34	0.28
River 1	Reach 1	2161	200 anni	170.17	39.07	41.94	41.99	0.0040	1.24	196.23	457.07	0.30
River 1	Reach 1	2070	200 anni	170.17	38.66	41.47	41.50	0.0044	1.26	225.09	433.63	0.32
River 1	Reach 1	2069		Bridge								
River 1	Reach 1	2055	200 anni	170.17	38.69	41.38	41.42	0.0048	1.31	214.54	402.18	0.33

River 1	Reach 1	2005	200 anni	170.17	38.70	41.25	41.27	0.0024	0.77	279.11	451.19	0.23
River 1	Reach 1	1947	200 anni	170.17	38.53	41.15	41.16	0.0020	0.73	315.27	541.79	0.21
River 1	Reach 1	1823	200 anni	170.17	37.88	40.88	40.90	0.0024	0.91	295.44	522.61	0.23
River 1	Reach 1	1699	200 anni	170.17	37.99	40.66	40.67	0.0013	0.61	343.69	487.33	0.17
River 1	Reach 1	1552	200 anni	170.17	37.72	40.32	40.35	0.0028	0.89	224.69	290.31	0.25
River 1	Reach 1	1297	200 anni	170.17	37.22	39.85	39.87	0.0019	0.78	264.22	314.16	0.21
River 1	Reach 1	1130	200 anni	170.17	37.12	39.41	39.45	0.0036	1.04	218.94	332.64	0.28
River 1	Reach 1	936	200 anni	170.17	36.27	38.98	39.00	0.0018	0.82	259.38	291.46	0.20
River 1	Reach 1	800	200 anni	170.17	36.08	38.75	38.77	0.0018	0.71	283.10	352.72	0.20
River 1	Reach 1	632	200 anni	170.17	35.98	38.53	38.54	0.0012	0.57	325.94	400.31	0.16
River 1	Reach 1	418	200 anni	170.17	35.20	38.22	38.25	0.0020	0.85	243.78	264.02	0.21
River 1	Reach 1	255	200 anni	170.17	35.07	37.22	37.42	0.0349	2.53	91.54	216.64	0.83

Tabella 16. Differenza tra le grandezze idrauliche omologhe indicate in Tabella 14 e Tabella 15.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 1	Reach 1	4548	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	4370	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	4285	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	4148	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	4042	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3889	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3677	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3543	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3512	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3480	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3447	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3415	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3300	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3109	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	3012	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
River 1	Reach 1	2905	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.09	0.00
River 1	Reach 1	2854	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61	0.00
River 1	Reach 1	2800	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.46	0.00
River 1	Reach 1	2733	200 anni	170.17	0.00	0.17	0.12	0.00	0.09	21.80	5.18	0.00
River 1	Reach 1	2671	200 anni	170.17	0.00	0.17	0.12	0.00	0.14	24.33	14.11	0.02
River 1	Reach 1	2548	200 anni	170.17	0.00	0.07	0.06	0.00	0.14	20.57	7.82	0.03
River 1	Reach 1	2390	200 anni	170.17	0.00	0.03	0.03	0.00	-0.01	10.83	5.56	-0.01
River 1	Reach 1	2333	200 anni	170.17	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	19.06	9.43	0.00
River 1	Reach 1	2281	200 anni	170.17	0.00	0.05	0.04	0.00	0.04	22.58	14.26	0.01
River 1	Reach 1	2217	200 anni	170.17	0.00	0.05	0.04	0.00	0.05	21.06	13.10	0.00
River 1	Reach 1	2161	200 anni	170.17	0.00	0.04	0.03	0.00	0.14	18.06	34.19	0.03
River 1	Reach 1	2070	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	2069		Bridge								
River 1	Reach 1	2055	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	2005	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

River 1	Reach 1	1947	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	1823	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	1699	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	1552	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	1297	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	1130	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	936	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	800	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	632	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	418	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River 1	Reach 1	255	200 anni	170.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

8 CONCLUSIONI

La Baroni SRL intende produrre energia elettrica e immetterla nel sistema elettrico nazionale grazie alla realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza nominale in DC 30,073 MW e potenza nominale in AC 40,0 in AC, denominato "Vecchi Baroni", presso un terreno agricolo non coltivato di tipologia "seminativo", ubicato nel comune di Brindisi (BR) in località Contrada Baroni.

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.

L'area del campo agrovoltaico penetra all'interno del buffer di 150m (articolo 6, comma 8 e articolo 10, comma 3 del Piano Di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) del Canale Reale, che fluisce a ovest del centro abitato di Brindisi, fino ad arrivare al perimetro più esterno del canale in calcestruzzo a sezione trapezia attraverso cui scorrono le sue acque, mentre l'elettrodotto attraversa gli altri corsi d'acqua episodici della zona.

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.

Le elaborazioni sono state eseguite mediante fogli di calcolo Excel, QGis ed HecRas 5.0.7, nel quale sono state importate le aste di interesse e sezioni di calcolo. Mediante HecRas si è proceduto a simulazioni in moto permanente che hanno permesso di ottenere i valori di tutte le grandezze idrauliche di interesse), mentre il suo modulo Ras Mapper ha permesso l'ottenimento delle aree di inondazione.

Le simulazioni mostrano che:

- **la centrale fotovoltaica viene interessata dall'impronta di allagamento del Canale Reale per un'area avente estensione di circa 100m in direzione nord-sud, in cui il tirante idrico sarà al massimo di circa 40cm. I pannelli fotovoltaici verranno installati su supporti ad altezza di 80cm dal suolo. In ogni caso, sulla sponda destra del Canale Reale, l'eventuale diminuzione di scabrezza comporta una**

- modifica della velocità del flusso idrico superficiale, che può arrivare a diminuire fino a circa 15cm/s con aumento del tirante idrico fino a circa 20cm/s;**
- **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 consiglia al committente di valutare la possibilità di effettuare un attraversamento mediante tecnologia NO-DIG o trenchless. In particolare, per l'attraversamento dell'ID 19725 per una lunghezza di almeno 140m, mentre per l'attraversamento dell'ID 19734 per una lunghezza sufficiente ad attraversare il corso d'acqua stesso.**

Taranto, Agosto 2021

Dott. Geol. Franco SOZIO

