



Nuovo impianto Agrovoltaico per
la produzione di energia da fonte
solare fotovoltaica “Cardinale” nel
Comune di Poggiorsini (BA)

Committente:

Trina Solar Giglio S.r.l.
P.zza Borromeo 14,
20123 Milano (MI)
C.F. e P.IVA: 11480580965
PEC: trinasolargiglio@unapec.it

RELAZIONE IDRAULICA
DEL PROGETTO DEFINITIVO

Rev. 0.0

Data: Luglio 2021

18W7LC6_RelazioneIdraulica

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd
Unit 3.21, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

SOMMARIO

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI	9
4	CALCOLO DELLE PORTATE	13
4.1	VAPI BASILICATA	13
4.2	METODO SCS	17
5	VERIFICHE IDRAULICHE	26
5.1	DATI DI INPUT	26
5.2	RISULTATI	29
6	CONCLUSIONI	51

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'azienda **Trina Solar Giglio S.r.l.** intende realizzare un impianto agrovoltaiico a terra e le relative opere di connessione, per una potenza di picco 61.1 MW.

L'opera prevede la realizzazione di un campo fotovoltaico distribuito nel Comune di Poggiorsini (BA) su aree aventi superficie totale di circa 87 ha e di un elettrodotto in Media Tensione (lungo circa 14630 m) attraversante i comuni di Poggiorsini (BA), Spinazzola (BAT) e Genzano di Lucania (PZ) fino a una stazione AT/MT finale di consegna da realizzarsi (Figura 1 e Figura 2).

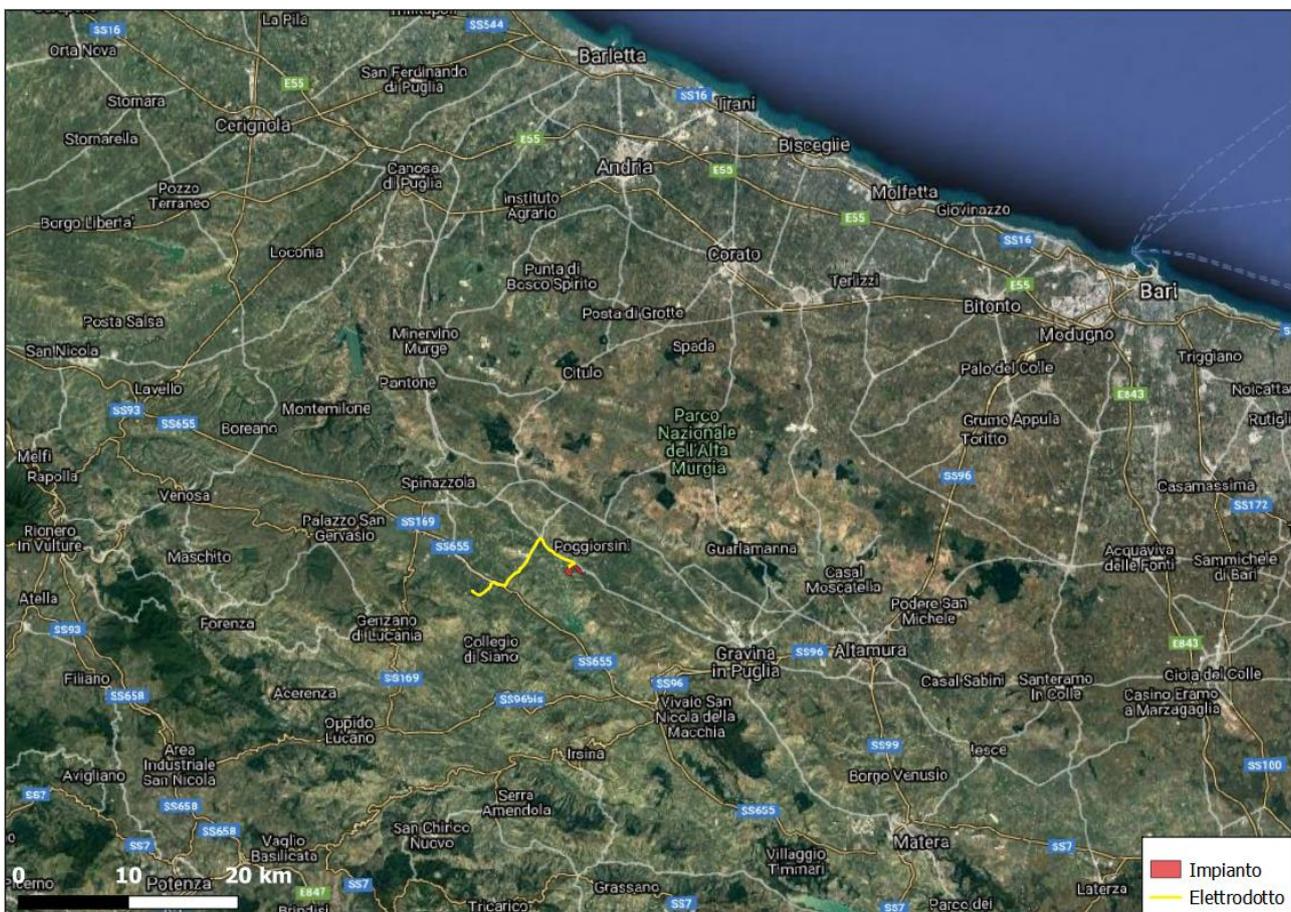


Figura 1. Localizzazione dell'area oggetto dell'intervento (Fonte ortofoto: Google Satellite in QGIS 3.16).

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.

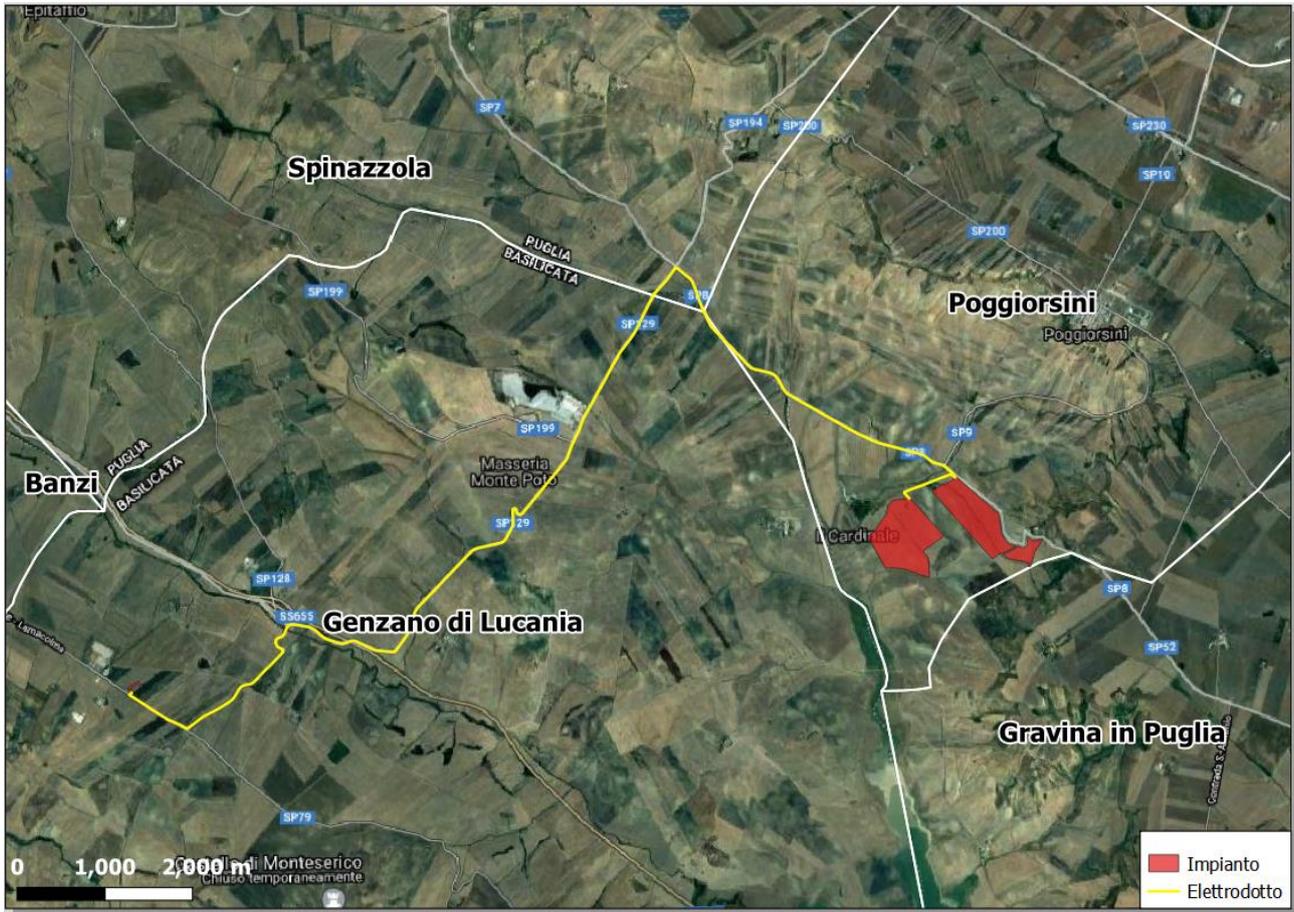


Figura 2. Zoom sul tracciato planimetrico dell' elettrodotto in MT sovrapposto a ortofoto.

La Figura 3 riporta la vista frontale dell'elettrodotto quello interrato in uscita dalla cabina secondaria. La Tabella 1 indica le sezioni dei cavi conduttori utilizzati.

La Figura 4 riporta la localizzazione del tracciato dell'elettrodotto su cartografia I.G.M. in scala 1:25000.

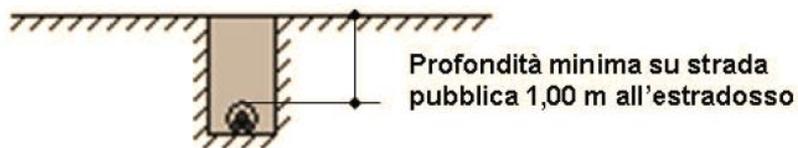


Figura 3. Viste frontale e laterale dell'elettrodotto aereo e sezione del tratto interrato.

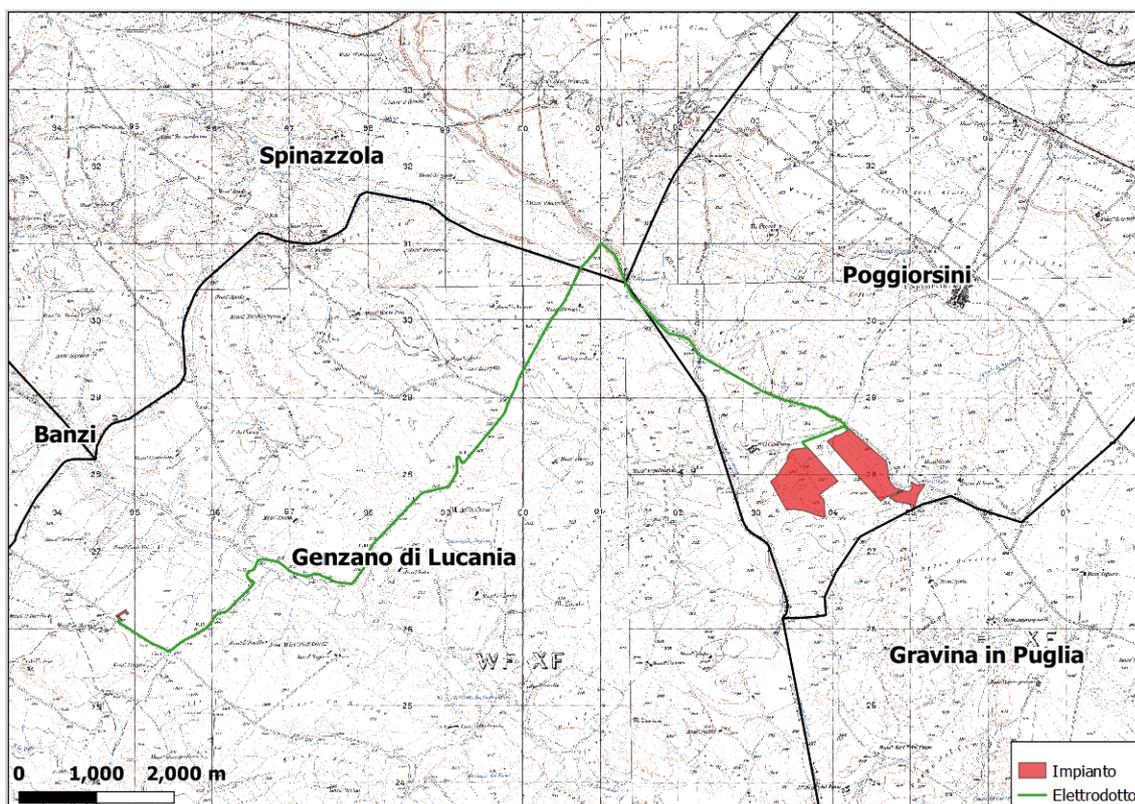


Figura 4. Localizzazione degli interventi su cartografia I.G.M. in scala 1:25000.

Tabella 1. Sezioni dei cavi interrati.

CAVI MT SOTTERRANEI

SEZIONE DEL CONDUTTORE ⁵ [mm ²]				PORTATA [A]
CAVI CON ISOLAMENTO IN CARTA		CAVI CON ISOLAMENTO ESTRUSO		
DC4345	DC4346	DC4378	DC4379 - DC 4380	
RC4HLRX-12/20 kV	ARC4HLRX-12/20 kV	RG7H1RX-12/20 kV	ARG7H1RX-12/20 kV ARE4H1RX-12/20 kV	
3 x 50	3 x 95	3 x 50	3 x 70	200
3 x 95	3 x 150	3 x 95	3 x 120	280
3 x 150	3 x 240	3 x 120	3 x 185	360

In questa sede vengono valutate le impronte di allagamento, in condizioni di moto vario, mediante il software HecRas 6.0.0 Beta 2, causate da idrogrammi di piena calcolati per un tempo di ritorno di 200 anni a riguardo di tutta la rete idrografica interessante la zona.

A tal fine sono state realizzate simulazioni senza fare un distinguo tra ante e post-operam in quanto la presenza della linea interrata non incide sul flusso idrico superficiale rispetto alle condizioni di stato di fatto.

Inoltre la cabina secondaria di consegna verrà a trovarsi al di fuori dell'area del floodplain atteso.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'intero progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico (superficie totale di circa 87 ha) sito nel Comune di Poggiorsini (BA) e di un elettrodotto (lungo circa 14630 m) attraversante i comuni di Poggiorsini, Spinazzola (BAT) e Genzano di Lucania (PZ), da come mostrato in Figura 2. Ne deriva che l'elettrodotto è sito all'interno di territori di competenza sia dell'Autorità di Bacino (da ora in poi "AdB") della Puglia che dell'AdB della Basilicata, mentre l'impianto nel territorio di competenza dell'AdB della Puglia.

In Basilicata l'elettrodotto attraversa il territorio afferente al torrente Basentello, nel bacino del Bradano.



Figura 5. Aree a pericolosità idraulica e reticolo idrografico.

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.

Con Delibera n. 2 della seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 (BURP N.53 del 16/04/2020) l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale riesamina le mappe della pericolosità e del rischio alluvioni introducendo misure di salvaguardia per i territori individuati a diverso grado di pericolosità nel PGRA (Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione) e non nei PAI. Le misure di salvaguardia di

cui sopra, i cui effetti hanno efficacia dal 14/10/2020 con Decreto n. 540 del 13/10/2020, sono finalizzate ad agevolare il coordinamento dei PAI con i contenuti e le misure del PGRA (redatto in conformità al disposto dell'art. 7, comma 3 lettere a e b del D.lgs. n. 49/2010).

L'art. 1 della delibera afferma che nelle more dell'aggiornamento dei rispettivi strumenti di pianificazione relativi all'assetto idrogeologico, nelle sole aree attualmente non soggette ad alcuna specifica regolamentazione di competenza dell'Autorità di bacino distrettuale, si applicano le misure di salvaguardia secondo le disposizioni di cui ai successivi articoli 5,6 e 7.

Con Delibera n. 2 della seduta della Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2020, l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale adotta il progetto di aggiornamento dei PGRA (Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione) ai sensi degli artt. 65 e 66 del D.lgs. 152/2006.

Gli interventi in oggetto **non ricadono in aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica** (Figura 5).

In aggiunta, gli articoli 6 e 10 delle NTA del PAI Puglia disciplinano le aree di pertinenza dei corsi d'acqua determinandole come buffer la cui ampiezza è fornita dall'affiancamento di una fascia di pertinenza per "alvei fluviali in modellamento attivo e aree golenali" di 75 m e di una "fascia di pertinenza idraulica", sempre di 75 m e contermina alla prima. Le aree interne a questi buffer sono considerate come aree a pericolosità idraulica per le quali è previsto uno studio di compatibilità idrologica e idraulica in condizioni di sicurezza idraulica, così come definite dall'art. 36 delle NTA del PAI.

In particolare, per **Sicurezza Idraulica** si intende la *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**.*

Il Piano Di Bacino Stralcio Per la Difesa del Rischio Idrogeologico della Regione Basilicata non fa esplicita menzione di aree di buffer in corrispondenza dei corsi d'acqua episodici.

L'articolo 4 Quater riguarda i progetti di opere e/o interventi che interessano corsi d'acqua o aree limitrofe non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB. Il comma 2 afferma che in questo caso si deve realizzare uno studio idrologico e idraulico con portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

L'art. 9 del suddetto piano ("Fasce di pertinenza dei corsi d'acqua oggetto di studi di dettaglio e areali soggetti a verifica idraulica") al comma 1 riporta:

- ☐ Nelle fasce di pertinenza dei corsi d'acqua, per le quali l'AdB ha avviato studi idrologici e idraulici di dettaglio, in attesa della loro completa definizione, valgono le indicazioni e le prescrizioni relative alle fasce con probabilità di inondazione di piene con tempi di ritorno fino a 200 anni, di cui al precedente articolo 7 (articolo che si riferisce alle aree a pericolosità idraulica).

L'art. 10 ("Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali") al comma 1 riporta:

- ☐ è consentita, previo parere dell'AdB, la realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 (si riferisce agli alvei fluviali in modellamento

attivo) e 7 riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non concorrano ad incrementare il carico insediativo, non aggravino la funzionalità idraulica dell'area, non determinino impatti significativi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua né sulle caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema fluviale.

Da quanto detto sopra ne deriva che per la simulazione che verrà discussa viene considerato un tempo di ritorno di 200 anni.

3 DESCRIZIONE DEI BACINI SCOLANTI

La Figura 6 mostra la cartografia DEM (Digital Elevation Model), in formato GeoTiff, del territorio su cui si sviluppa il percorso dell'elettrodotto interrato in MT (linea in rosso) e in cui è riportata l'impronta del campo fotovoltaico (aree in giallo). La cartografia di cui sopra è stata ottenuta dal progetto Tinitaly DEM, che si presenta con una risoluzione di 10 m nel sistema di coordinate geografiche piane UTM 32 WGS 84 ⁽¹⁾. Da essa è stata ricavata l'estensione dei sottobacini idrografici di interesse.

La Tabella 2 riporta le caratteristiche principali dei sottobacini individuati, la Figura 6 la forma dei bacini su carta DTM, la Figura 7 la stessa informazione su ortofoto, mentre la Figura 8 e la Figura 9 degli zoom in corrispondenza dell'area che verrà occupata dall'impianto fotovoltaico.

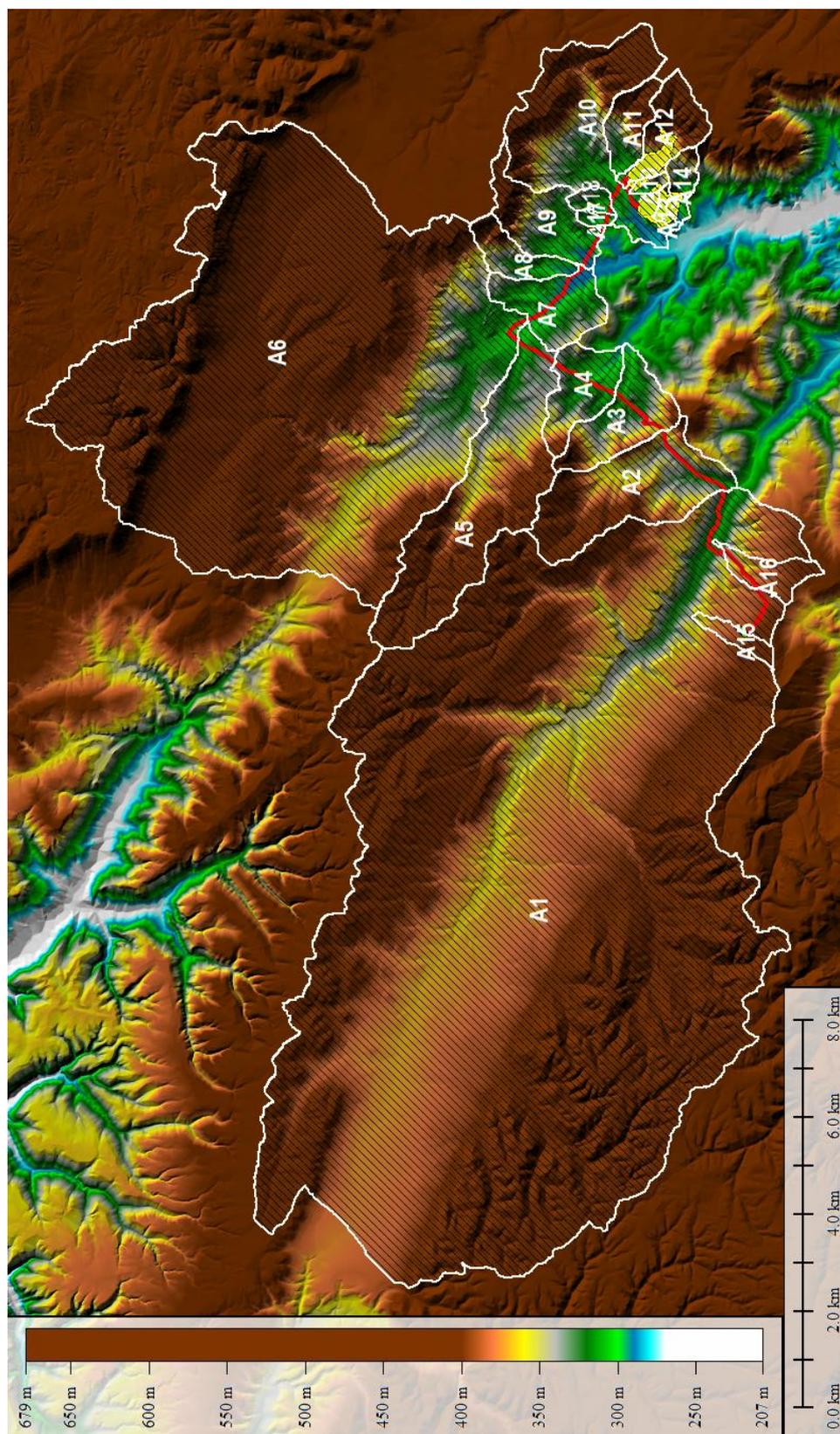
Tabella 2. Caratteristiche dei sottobacini individuati.

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Area del bacino	Km ²	121.74	5.95	2.90	2.29	9.68	57.97	2.53	1.34	2.80	7.58
Quota massima asta	m	420	442	362.12	307	406	582	292	434	400	436
Quota massima bacino	m	572	485	467	459	484	650	375	466	466	481
Quota sezione di chiusura	m	304	304	293	292	297	297	287	290	287	279
Lunghezza asta	m	18814	4948	2765	1111	7232	13606	2336	2751	2419	3682
Lunghezza asse bacino	m	16861	4542	2104	2180	7180	10409	1311	2377	2709	2978
Pendenza media asta	-	0.0565	0.0691	0.0326	0.0545	0.0386	0.0433	0.0333	0.0651	0.0904	0.0431
Pendenza media bacino	-	0.0899	0.1162	0.1292	0.1014	0.1070	0.0901	0.0840	0.1414	0.1262	0.1237
Quota media	m	438.0	394.5	380.0	375.5	390.5	473.5	331.0	378.0	376.5	380.0

		A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
Area del bacino	Km ²	1.41	1.97	0.23	0.73	0.57	1.15	0.20	0.39	0.22
Quota massima asta	m	474	461	313	342	387	384	318	319	347
Quota massima bacino	m	481	481	365	460	457	411	338	357	371
Quota sezione di chiusura	m	303	300	281	281	342	311	294	294	297
Lunghezza asta	m	2296	2295	860	1342	1138	1641	778	930	837
Lunghezza asse bacino	m	2170	2657	886	1552	1909	2260	755	1024	872
Pendenza media asta	-	0.0754	0.0677	0.0457	0.0623	0.0541	0.0688	0.0361	0.0262	0.0579
Pendenza media bacino	-	0.1648	0.1452	0.1311	0.1740	0.0585	0.0710	0.1276	0.1178	0.1580
Quota media	m	392.0	390.5	323.0	370.5	399.5	361.0	316.0	325.5	334.0

⁽¹⁾ <http://tinitaly.pi.ingv.it>

Figura 6. Rappresentazione DEM del territorio nei dintorni dell'area di intervento, con indicazione in rosso del percorso dell' elettrodotto MT e in giallo dell'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico. (Fonte carta: <http://tinityl.pi.ingv.it>).



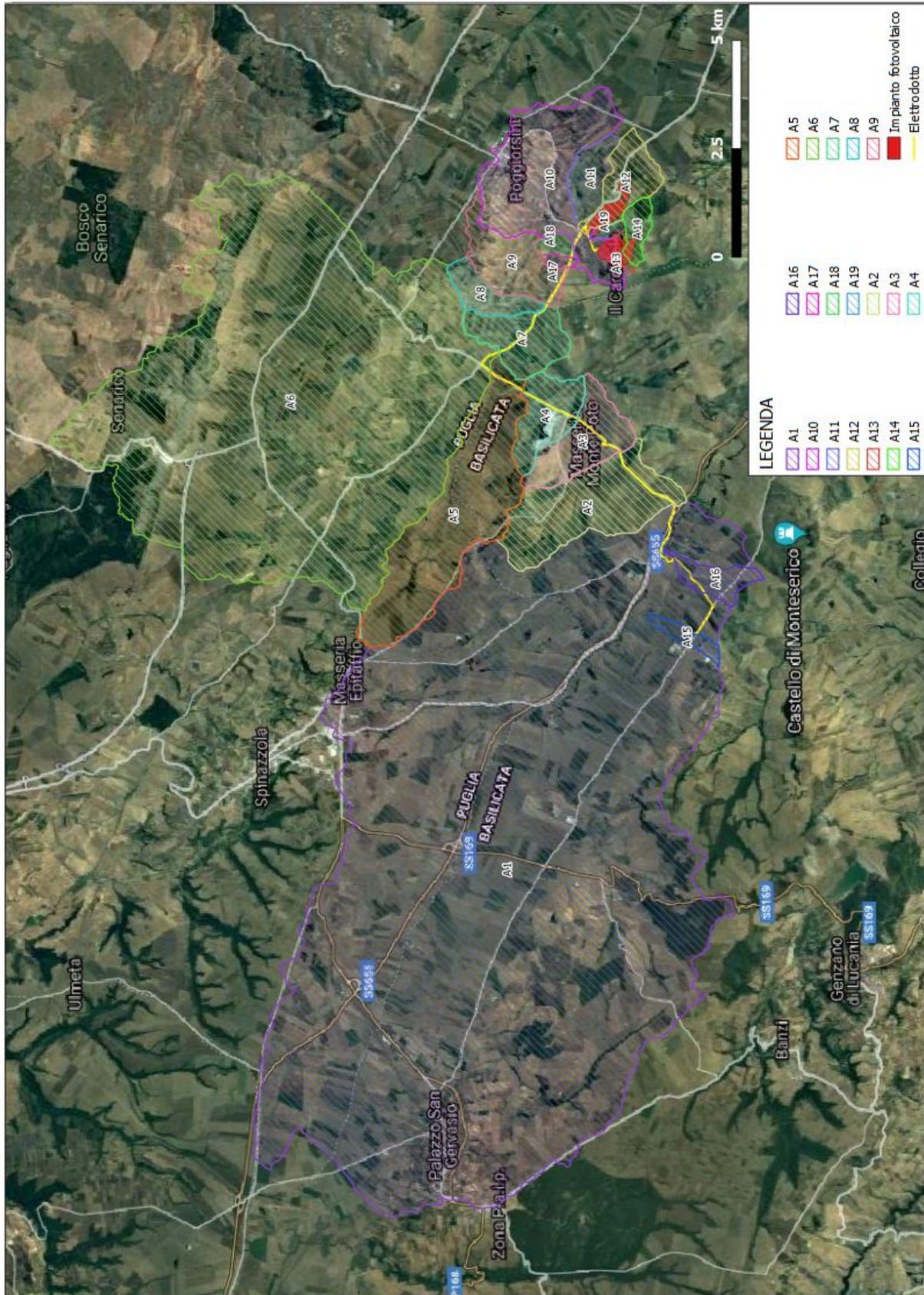


Figura 7. Rappresentazione dei bacini su ortofoto Google Hybrid.

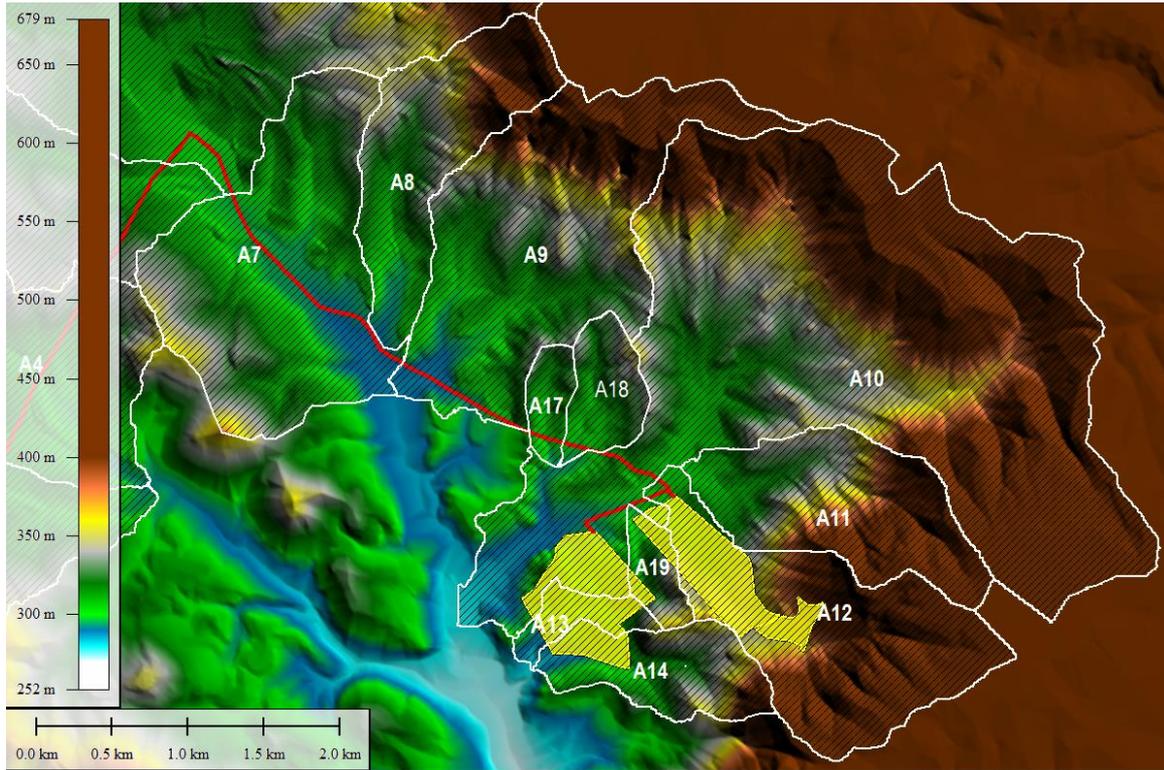


Figura 8. Zoom in carta DEM sull'area dei bacini in corrispondenza dell'area dell'impianto.

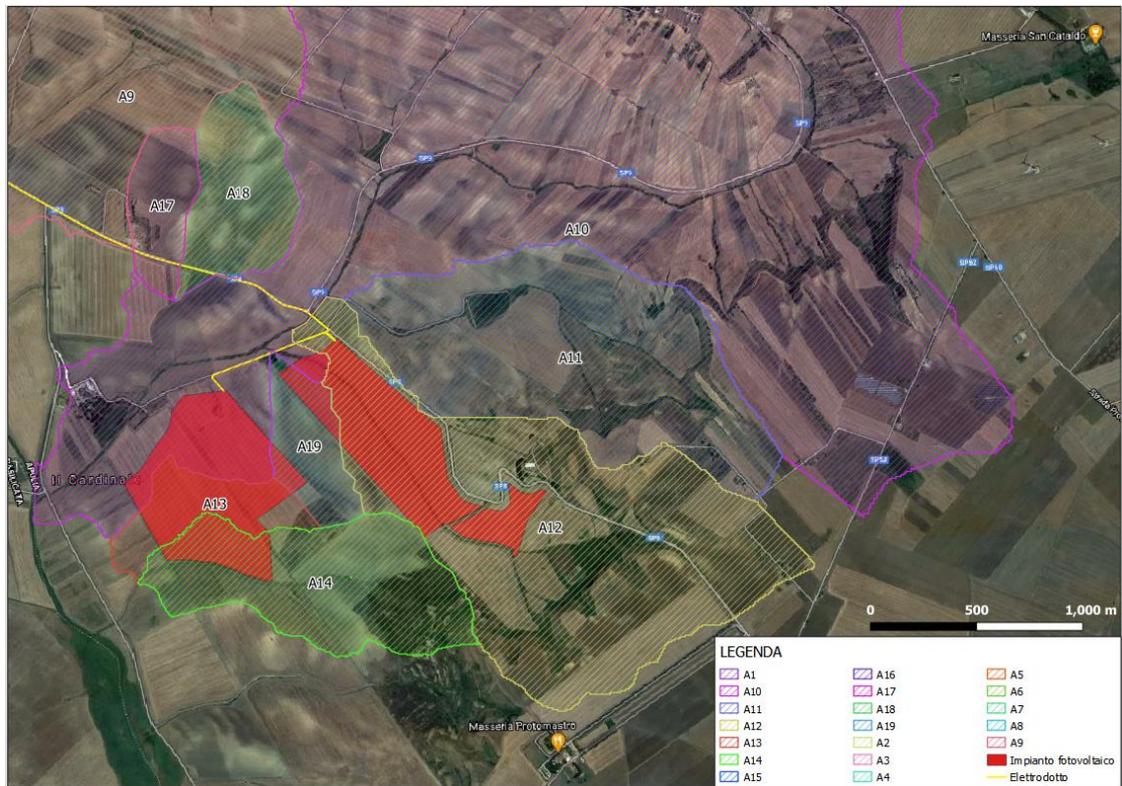


Figura 9. Zoom in ortofoto sull'area dei bacini in corrispondenza dell'area dell'impianto.

4 CALCOLO DELLE PORTATE

4.1 VAPI BASILICATA

È ottenuta per mezzo della sintesi del rapporto regionale della Basilicata con riferimento ai risultati e alle metodologie dell'indagine VAPI effettuata in Basilicata dal CNR-GNDCI.

La funzione di distribuzione utilizzata è la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value), la quale è adattabile a fenomeni aleatori che presentano valori estremi (ad esempio la portata o l'altezza di pioggia ovvero la sua intensità). Il modello TCEV nasce dal prodotto di due funzioni di distribuzione di Gumbel relative a una variabile aleatoria il cui comportamento è supposto appartenere a due differenti popolazioni che si sovrappongono, la prima relativa a eventi normali e più frequenti (componente base) e la seconda relativa a eventi più gravosi e rari (componente straordinaria).

La funzione di distribuzione cumulata TCEV (probabilità di non superamento del valore x da parte della variabile X) è definita quindi nel seguente modo:

$$F_X(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(\frac{x}{\vartheta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(\frac{x}{\vartheta_2} \right) \right] \text{ per } x \geq 0$$

in cui i pedici 1 e 2 distinguono le due diverse popolazioni, Λ_i è il numero medio annuo di eventi per le due componenti e ϑ_i il loro valore medio annuo. Ad esempio, la variabile aleatoria X potrebbe essere l'altezza di pioggia di durata d che assume il valore generico x e che viene descritta da due popolazioni, una che relativa ai suoi valori tipici, mentre l'altra che descrive i suoi comportamenti estremi.

Per $\Lambda_2 = 0$ si ottiene la tipica distribuzione di Gumbel a una variabile aleatoria.

La forma suddetta in genere viene riportata come:

$$F_X(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{\vartheta_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\vartheta_*}} \exp \left(-\frac{x}{\vartheta_1 \vartheta_*} \right) \right]$$

ponendo

$$\vartheta_* = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}$$

$$\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$$

I quattro **parametri campionari** Λ_1 , Λ_* , ϑ_1 , ϑ_* vanno stimati per ottenere il valore x della variabile X di interesse.

Se si introduce la media μ della distribuzione, chiamata anche *valore indice* ⁽²⁾, e la nuova variabile $K_{t,TR} = \frac{X_{t,TR}}{\mu(X)}$ (funzione del tempo di ritorno), la funzione di probabilità di quest'ultima prende il nome di *curva di crescita*,

⁽²⁾ $\mu = \vartheta_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_E) - \vartheta_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_1^j}{j!} \Gamma \left(\frac{j}{\vartheta_*} \right)$,

$\gamma_E = 0.5772$, costante di Eulero,

$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} \exp(-t) dx$, funzione Gamma

funzione dei parametri campionari $\Lambda_1, \Lambda_*, \vartheta_1, \vartheta_*$. Applicando detta curva a singole zone omogenee, è sufficiente determinare il valore indice per ottenere la distribuzione finale della variabile X .

Nella realtà i momenti (teorici) della distribuzione effettiva sono ignoti, per cui l'unica cosa che si può fare è quella di stimare i quattro parametri di cui sopra mediante la statistica delle serie storiche.

Si dimostra che il **coefficiente di variazione teorico C_V** (rapporto tra deviazione standard e media) dipende da $\Lambda_1, \Lambda_*, \vartheta_*$ ed è indipendente da ϑ_1 mentre il **coefficiente di asimmetria teorico C_A** (una quantità che misura la simmetria della distribuzione) dipende da Λ_*, ϑ_* ed è indipendente da Λ_1 e ϑ_1 . È possibile stimare detti coefficienti mediante i quattro parametri di cui sopra ⁽³⁾. I due coefficienti si mostrano essere molto sensibili alla grandezza dei campioni, ma presentano una bassa variabilità regionale, il che porta a ipotizzare l'esistenza di regioni spaziali in cui essi si possono approssimare costanti: i parametri campionari possono ritenersi costanti laddove ciò accade, questo comportando la costruzione di una struttura gerarchica a livello regionale, a seconda di come si comportano i suoi parametri all'interno di singole aree.

Al **I livello di regionalizzazione** il coefficiente di asimmetria C_A è ritenuto costante in una regione molto ampia, e questo comporta la costanza dei parametri Λ_* e ϑ_* .

Al **II livello di regionalizzazione** si assume la regione omogenea nei confronti dei parametri Λ_* e ϑ_* , ed essa si suddivide in sottozone in cui C_V risulta costante. Questo comporta la costanza del parametro Λ_1 (che va comunque stimato dai dati a disposizione) in ogni sottozona omogenea (oltre che di Λ_* e ϑ_* , invece costanti anche al di fuori della sotto zona). Nella sottozona omogenea per il parametro Λ_1 , la curva di crescita $K_{t,TR}$ è identicamente distribuita.

Al **III livello di regionalizzazione** si individuano aree omogenee in cui sia possibile realizzare relazioni che legano il valore indice $\mu(X)$ alle caratteristiche fisiche di interesse. Ad esempio, se $\mu(X)$ rappresenta la pioggia indice essa può essere relazionata alle caratteristiche morfologiche e climatiche e nelle aree omogenee di cui sopra questa relazione è invariabile, essendo $\mu(X)$ costante. Un esempio di relazione è:

$$\mu(X) = at^n$$

in cui si lega il valore medio (indice) dei massimi annuali della precipitazione di diversa durata t alla durata stessa.

Dal punto di vista dell'analisi pluviometrica la ricostruzione della legge intensità-durata nella regione Basilicata è stata realizzata in base alla relazione che esprime la curva di crescita:

$$h(t) = K(T_R)at^n$$

in cui $K(T_R)$ è il coefficiente di crescita per le piogge, il cui valore è funzione del tempo di ritorno T_R , come indicato in Tabella 3, in cui SZOA e SZOB individuano le due sottozone pluviometriche omogenee individuate per la regione (Figura 10), caratterizzate dai parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge valutati al secondo livello di regionalizzazione (Tabella 4) e che permettono di ricavare, in funzione del tempo di ritorno, l'equazione in forma implicita per derivare in forma iterativa il valore del suddetto $K(T_R)$ ⁽⁴⁾:

⁽³⁾ $C_V = \frac{N}{(N-1)^{0.5}} \frac{[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2]^{1.5}}{\sum_{i=1}^N x_i}$, $C_A = N^{0.5} \frac{N}{(N-1)^{0.5}} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2]^{1.5}}$, N=dimensione del campione

⁽⁴⁾ In forma approssimata si può risolvere la seguente:

$$T_R = \frac{1}{1 - \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{\mu}{\vartheta_1} K(T_R) \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\vartheta_*} \exp \left(\frac{-\frac{\mu}{\vartheta_1} K(T_R)}{\vartheta_*} \right) \right]}$$

Tabella 3. Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita per le piogge in Basilicata per alcuni valori del tempo di ritorno.

TR [anni]	2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
KT (SZOA)	0.92	1.25	1.49	1.74	1.83	1.90	2.03	2.14	2.49	2.91	3.50	3.97
KT (SZOB)	0.97	1.10	1.20	1.30	1.34	1.37	1.42	1.46	1.61	1.78	2.02	2.21

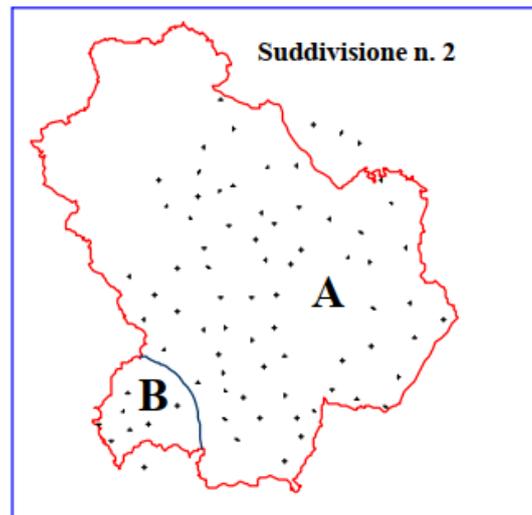


Figura 10. Divisione della Regione Basilicata nelle due sottozone A e B, chiamate anche sottozone Nord e Sud-Ovest, rispettivamente.

Tabella 4. Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata. Il livello di regionalizzazione.

Sottozona	Λ_*	ϑ_*	Λ_1	$\frac{\mu}{\vartheta_1}$
A	0.104	2.632	20.64	3.841
B	0.104	2.632	55.23	4.825

In relazione alle leggi di probabilità pluviometrica, mediante il III livello di regionalizzazione si vuole ottenere una relazione utile per valutare il valor medio della distribuzione del massimo annuale della grandezza di interesse in un certo punto o come valore rappresentativo per una certa area.

In assenza di indicazioni su quali potessero essere le aree omogenee al III livello, l'analisi delle medie delle piogge è consistita nella identificazione delle isoiete, per diverse durate, costruite mediante il metodo di interpolazione geostatistica kriging o di regressione per processi gaussiani. Sulla base dei dati registrati presso

$$K(T_R) = \left(\frac{\vartheta_* \ln \Lambda_*}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} + \frac{\ln \Lambda_1}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} \right) + \frac{\vartheta_*}{\frac{\mu}{\vartheta_1}} \ln(T_R)$$

Che porta a:

$$K(T_R) = -0.7628 + 0.6852 \ln(T_R) \text{ per la sottozona A}$$

$$K(T_R) = -0.4032 + 0.5455 \ln(T_R) \text{ per la sottozona B}$$

55 stazioni pluviografiche sono state tracciate le isolinee della media del campione $h(d)$ per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Nel caso in esame si sono considerati i coefficienti a ed n stimati per la stazione pluviometrica di Spinazzola (Tabella 5).

Tabella 5. Parametri puntuali della curva di possibilità climatica per le stazioni più prossime al sito di interesse.

Stazione	a	n
Spinazzola	24.62	0.250

In Basilicata non sono state individuate aree omogenee rispetto alle leggi di probabilità pluviometrica, per cui la determinazione per la legge pluviometrica su un'area più estesa viene determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a ed n .

La curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 200 anni si ottiene tenendo conto del coefficiente di crescita per le piogge (Tabella 3):

$$h(t) = 60.76 t^{0.290}$$

La suddetta curva è stata utilizzata alla base del metodo SCS per la valutazione dell'idrogramma di piena.

Per poter valutare la portata al colmo di piena istantanea è possibile partire dalla formulazione del valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena $m(Q)$, che è fortemente influenzata dall'area del bacino S . La zona di interesse è interna all'Area Omogenea A (Figura 11), che include i bacini del Bradano, del Basento, del Cavone e dell'Agri, per cui vale la relazione:

$$m(Q) = 2.13 S^{0.766}$$

in cui l'area S di interesse è espressa in chilometri quadrati.

Il valore della portata al colmo di piena è quindi calcolabile come

$$Q = K_T \cdot m(Q)$$

in cui K_T rappresenta il coefficiente di crescita per la valutazione della portata al colmo, ricavabile dalla Tabella 6 e che è pari, in questo caso, a 4.83 per il tempo di ritorno di 200 anni (Zona A).

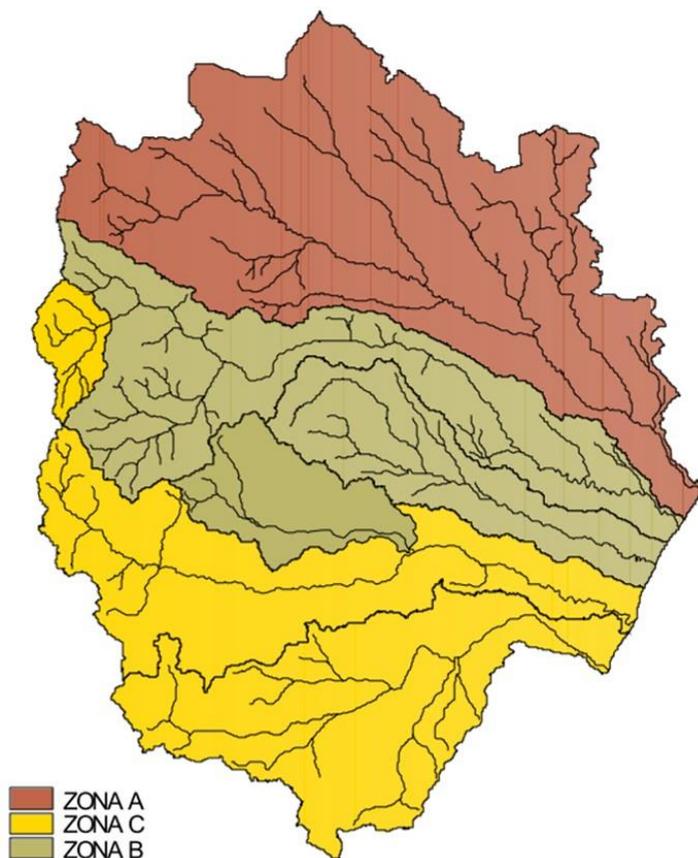


Figura 11. Zone omogenee per la Regione Basilicata.

Tabella 6. Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita KT per le piene in Basilicata, per alcuni valori del periodo di ritorno T_R .

TR [anni]	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT (SZOA)	0.81	1.44	1.96	2.55	2.76	3.21	3.43	3.12	4.83	5.76	6.47
KT (SZOB)	0.85	1.34	1.75	2.21	2.38	2.73	2.90	3.45	4.00	4.73	5.29
KT (SZOC)	0.89	1.26	1.57	1.92	2.05	2.31	2.45	2.86	3.28	3.84	4.26

4.2 METODO SCS

Per le simulazioni idrauliche si è deciso di utilizzare la modalità a moto vario messa a disposizione dal software HecRas 6.0.0 Beta 2. Alla base delle simulazioni vi è in input l'idrogramma di piena per il singolo sottobacino, valutato mediante il metodo SCS.

Il metodo SCS, proposto dal Soil Conservation Center (1972) è anche noto come metodo Curve Number (da qui anche noto come metodo SCS-CN)

Utilizzando come fonte Hydrology di Madan Mohan Das e Mimi Das Saikia, PHI Learning Private Limited, New Delhi, ed. 2009, segue la trattazione della metodologia usata.

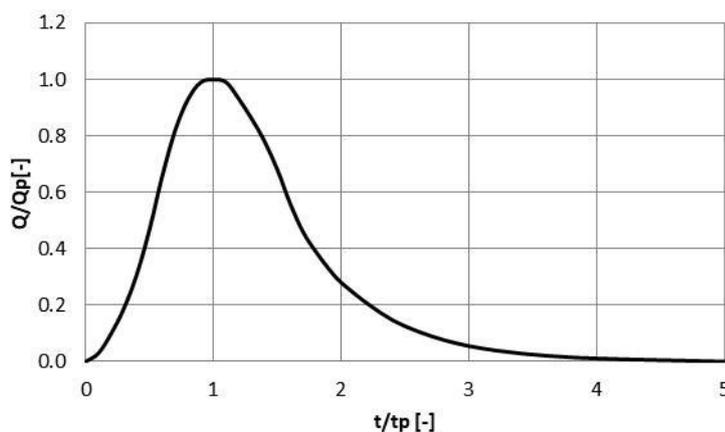
Il metodo SCS si basa sulla costruzione di un idrogramma di pioggia proposto da V. Mockus il quale dopo un attento studio di innumerevoli bacini idrografici realizzò più idrogrammi di piena unitari per poi mediarli e ottenerne uno solo rappresentativo, del quale generalmente se ne trovano i risultati in forma tabellare adimensionale e normalizzata in riferimento al cosiddetto tempo di picco t_p e alla portata di picco Q_p .

L'idrogramma unitario adimensionale SCS di cui sopra è riportato in Figura 12 in forma grafica.

Figura 12. Idrogramma unitario adimensionale SCS.

si

utilizzando i valori di Q_p calcolati per i corrispondenti tempi di picco t_p .



L'idrogramma unitario SCS dimensionale ottiene da quello adimensionale

utilizzando i valori di Q_p calcolati per i corrispondenti tempi di picco t_p . L'idrogramma SCS presenta delle caratteristiche globali associate al diagramma triangolare equivalente riportato in Figura 13 avente la stessa durata e lo stesso tempo di picco. Nella figura sono indicati due elementi, un rettangolo rigato la cui area indica il volume meteorico netto di una pioggia di intensità costante e durata t_p e l'idrogramma triangolare che rappresenta l'onda di piena che attraversa la sezione di

chiusura individuata per il bacino in esame. La lunghezza della forma triangolare t_b individua la durata totale dell'evento di piena. L'evento meteorico e l'inizio dell'onda di piena si assumono iniziati allo stesso istante. Il picco dell'onda di piena, ovvero il valore massimo di portata, si verifica dopo un tempo di afflusso t_a (durata della fase crescente). L'intervallo di tempo tra il baricentro dell'evento meteorico (la metà del tempo t_p) e il momento

del picco di piena, prende il nome di tempo di ritardo o di lag. Una volta raggiunto il tempo di picco t_a (secondo una dinamica comandata principalmente dall'evento meteorico) la forma dell'onda di piena tende a divenire monotona discendente, esaurendosi dopo un tempo t_e (tempo di esaurimento).

Il volume totale di pioggia è:

$$Volume = \frac{t_b Q_p}{2}$$

da cui

$$Q_p = \frac{2 \cdot Volume}{t_b} = \frac{2 \cdot Volume}{t_a + t_e}$$

La caratteristica fondamentale dell'idrogramma triangolare è che il 37.5% del volume totale di deflusso si verifica in corrispondenza della sola fase ascendente dell'idrogramma stesso, e si ha:

$$0.375 \frac{t_b Q_p}{2} = \frac{t_a Q_p}{2}$$

da cui

$$t_b = 2.67 t_a$$

per cui

$$Q_p = \frac{2 \cdot Volume}{2.67 t_a} = \frac{0.75 \cdot Volume}{t_a}$$

Volendo esprimere la portata in m^3/s , tenendo conto che il tempo è espresso in ore e la superficie si vuole esprimere in km^2 , e considerando che il volume è dato dalla superficie del bacino per l'altezza di pioggia (in millimetri), si ha:

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{0.75 \cdot Volume}{t_a} \\ &= 10^6 \cdot 10^{-3} \frac{0.75 \cdot S \cdot h}{3600 t_a} \\ Q_p &= \frac{0.208 \cdot S \cdot h}{t_a} \end{aligned}$$

in cui h rappresenta il volume di deflusso netto in mm ⁽⁵⁾.

Il tempo di ritardo t_l è valutabile come:

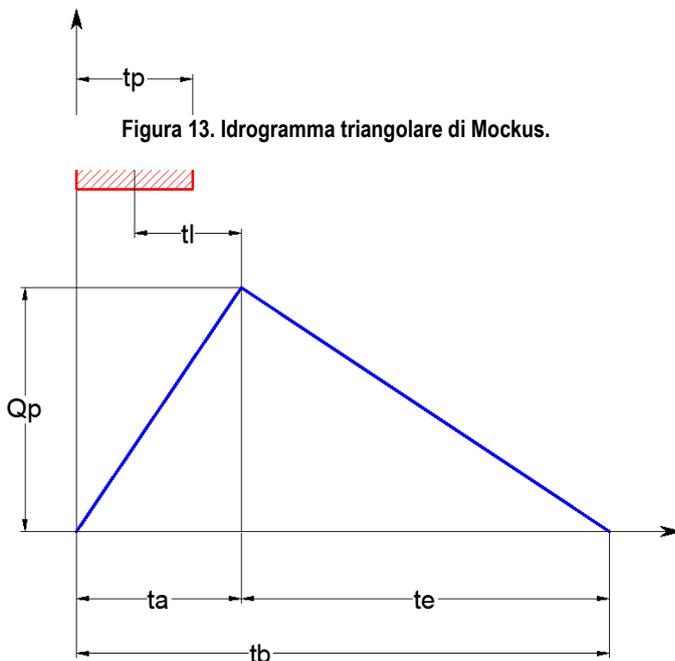


Figura 13. Idrogramma triangolare di Mockus.

⁽⁵⁾ In alcune formulazioni la portata di picco è ricavata dalla definizione di idrogramma unitario e si presenta come $Q_p = (0.208 \cdot S) / (t_a)$, ovvero al netto del volume di deflusso. In questo caso l'idrogramma ottenuto è propriamente detto "unitario" (in quanto l'area sottesa rappresenta il volume di acqua caduto per tutta la durata dell'evento meteorico che per l'intero bacino realizza un ricoprimento uniforme di 1 cm) e deve essere amplificato, mediante il principio di sovrapposizione degli effetti, di un fattore relativo all'effettivo volume di deflusso. In questo caso la procedura è più complessa in quanto si deve dividere la durata dell'evento di pioggia in intervalli, per ognuno dei quali valutare il volume di deflusso dell'intero bacino in relazione alle altezze di pioggia utilizzate per quel dato tempo di ritorno. I risultati ottenuti sono comunque analoghi a quelli utilizzati nella formulazione qui riportata.

$$t_l = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

essendo L la lunghezza dell'asta principale in chilometri, s la pendenza media del bacino in % e CN il Curve Number medio del bacino.

Il tempo di corrivazione t_c , valutato empiricamente dal SCS è stimabile come:

$$t_l = 0.6 t_c$$

Nota t_l è possibile valutare t_a non mediante il tempo di pioggia t_p ma mediante un tempo efficace t_{eff} , a sua volta uguale al tempo di corrivazione al netto di una ulteriore quantità che tiene conto delle perdite per infiltrazione:

$$t_a = 0.5 t_{eff} + t_l$$

dove

$$t_{eff} = t_c \left(1 - \frac{I_a}{h_{tp,T}(A)} \right)$$

in cui I_a è la perdita per infiltrazione, posta al 20% dell'invaso massimo.

Per quanto riguarda il volume di deflusso netto h , si applica la relazione:

$$\frac{h}{P_n} = \frac{W}{A}$$

in cui h è il volume di deflusso, P_n la precipitazione netta, W l'invaso del suolo (volume immagazzinato dal suolo) e A il valore dell'invaso massimo. Tutti i termini sono espressi in millimetri (mentre l'area di riferimento è quella dell'invaso).

La precipitazione netta è data da:

$$P_n = P - I_a = P - 0.2A$$

essendo P la precipitazione totale.

Ponendo inoltre

$$P_n = h + W$$

si ottiene il volume di deflusso come:

$$h = \frac{(P - 0.2A)^2}{(P + 0.8A)}$$

In quest'ultima, l'incognita A la si valuta come:

$$A = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Essendo CN un parametro denominato Curve Number, compreso tra 0 e 100. Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a formare deflusso ed è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche dei suoli, l'SCS ha effettuato una distinzione in quattro classi:

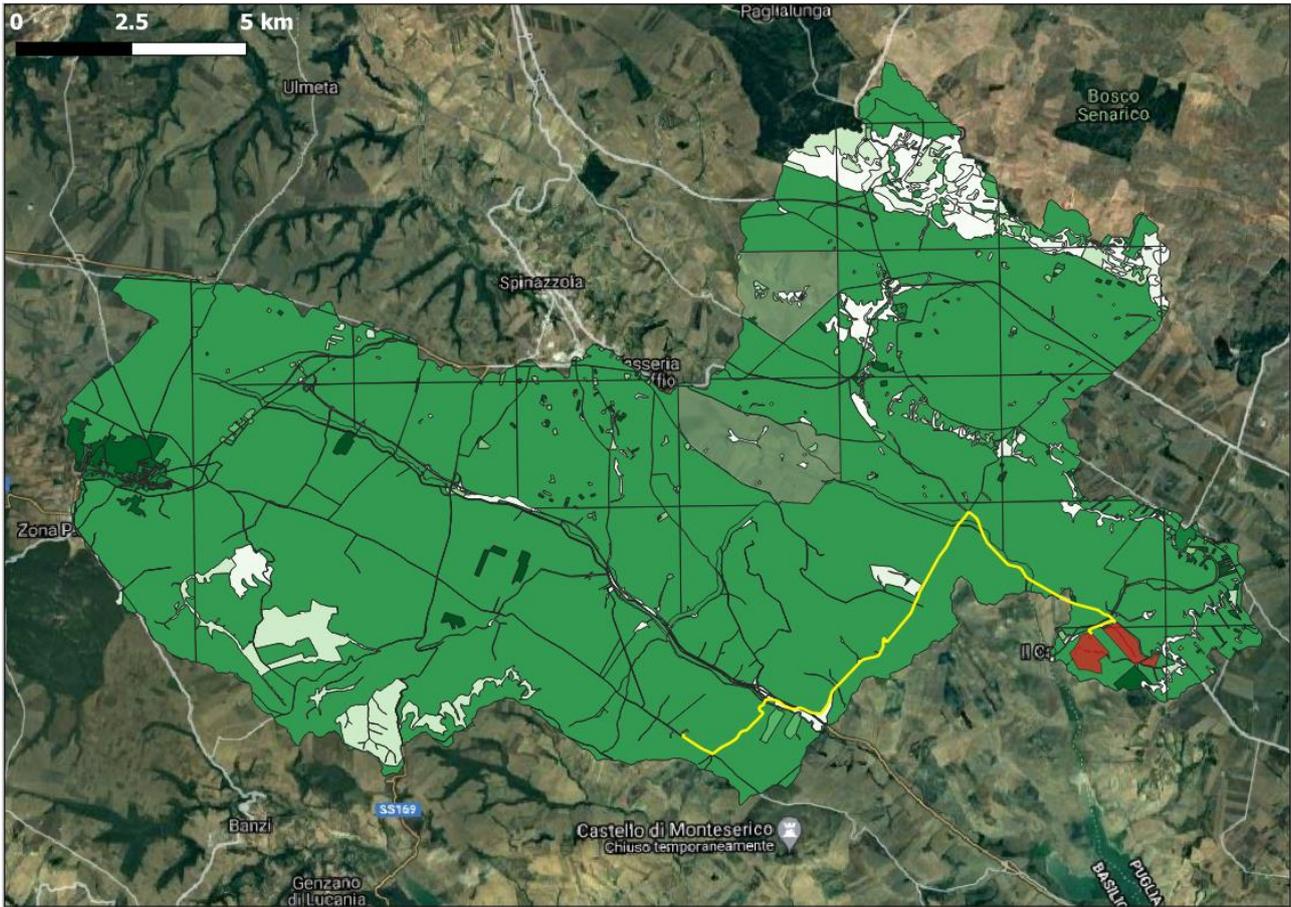
- CLASSE A: permeabilità alta (capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso).
- CLASSE B: permeabilità media (elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso).
- CLASSE C: permeabilità bassa (scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta).
- CLASSE D: permeabilità nulla (scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso molto elevata; pressoché impermeabili).

È possibile riferirsi a diverse tabelle, messe a disposizione del SCS che riportano, per ciascuna classe e per tipi di copertura, il corrispondente valore del Curve Number, che viene indicato come valore nella condizione AMC II (AMC=Antecedent Moisture Condition) o CN_{II} , che rappresenta un valore di imbibimento del suolo medio. A questi valori si possono affiancare anche AMC I (CN_I) e AMC III (CN_{III}), che rappresentano condizioni di imbibimento del suolo causate da antecedenti eventi meteorici, rispettivamente più secche e più umide.

Per ottenere i valori di AMC I e AMC III da quelli medi AMC II (Tabella 7) è possibile usare delle formulazioni. Nel caso in esame, si è utilizzato un valore del Curve Number in condizioni AMC III, e la formula di calcolo è la seguente:

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}}$$

Il valore suddetto per il CN_{III} è di 90.534 associato a tutti i sottobacini, sull'analisi di un valore pesato basato sulle aree dell'uso del suolo riportate in Figura 14 (fonte della carta: SIT Puglia) e i risultati degli idrogrammi di piena sulla base della metodologia SCS sono riassunti in forma grafica dalla Figura 15 alla Figura 33.



■ Impianto	■ insediamento commerciale
— Elettrodotto	■ insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
□ aree a pascolo naturale, praterie, incolti	■ insediamento in disuso
□ aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	■ insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
□ aree a vegetazione sclerofilla	■ prati alberati, pascoli alberati
□ aree con vegetazione rada	■ reti ferroviarie comprese le superfici annesse
□ aree estrattive	■ reti stradali e spazi accessori
□ aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	■ rocce nude, falesie e affioramenti
□ bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui	■ seminativi semplici in aree non irrigue
□ boschi di conifere	■ sistemi colturali e particellari complessi
□ boschi di latifoglie	■ suoli rimaneggiati e artefatti
□ boschi misti di conifere e latifoglie	■ superfici a copertura erbacea densa
□ cespuglieti e arbusteti	■ tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso
□ cimiteri	■ tessuto residenziale discontinuo
□ colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	■ tessuto residenziale rado e nucleiforme
□ colture temporanee associate a colture permanenti	■ tessuto residenziale sparso
□ fiumi, torrenti e fossi	■ uliveti
□ frutteti e frutti minori	■ vigneti
□ insediamenti produttivi agricoli	■

Figura 14. Carta dell'uso del suolo con legenda.

Tabella 7. Valori del Curve Number per le condizioni AMC II.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree urbane	98	98	98	98
Aree residenziali	77	85	90	92
Cave	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile- estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanenti	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 8. Confronto delle portate al colmo tra metodo CN e VAPI (Tempo di ritorno di 200 anni).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	Q [m ³ /s]									
Portata al colmo CN	436.49	37.85	29.10	27.17	42.88	194.55	18.53	11.08	29.67	65.84
VAPI	407.16	40.35	23.26	19.37	58.55	230.66	20.97	12.90	22.63	48.57

	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
	Q [m ³ /s]								
Portata al colmo CN	16.46	22.27	3.88	11.05	6.88	12.35	3.51	6.21	4.00
VAPI	13.36	17.30	3.33	8.10	6.72	11.45	3.00	5.00	3.25

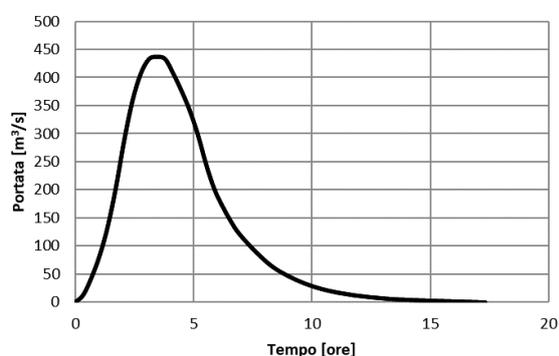


Figura 15. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A1.

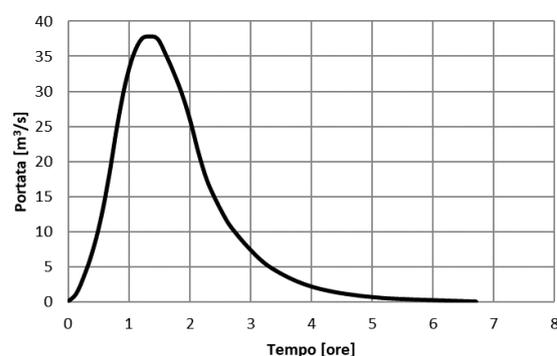


Figura 16. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A2.

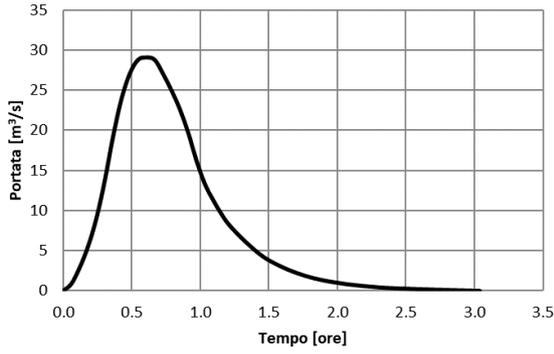


Figura 17. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A3.

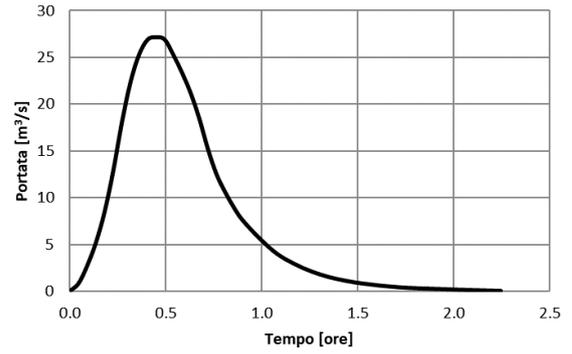


Figura 18. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A4.

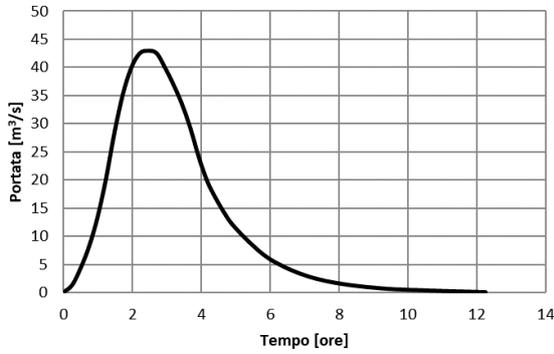


Figura 19. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A5.

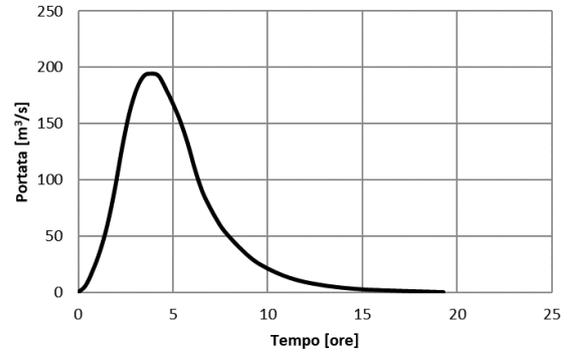


Figura 20. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A6.

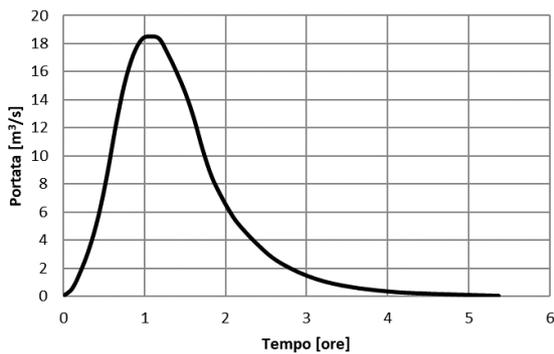


Figura 21. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A7.

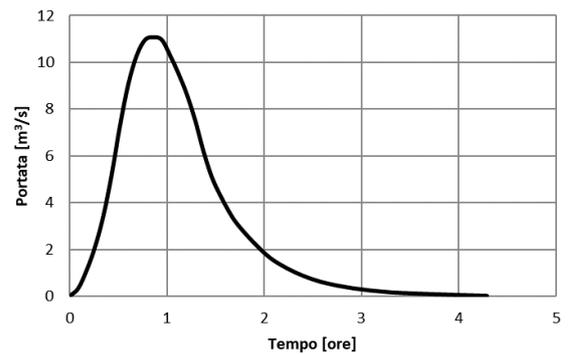


Figura 22. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A8.

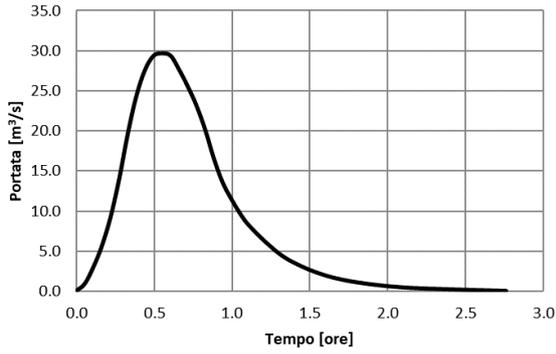


Figura 23. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A9.

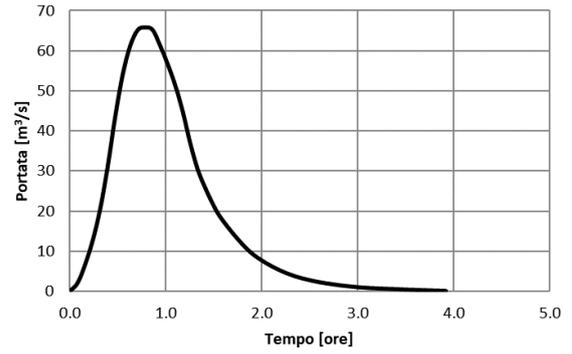


Figura 24. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A10.

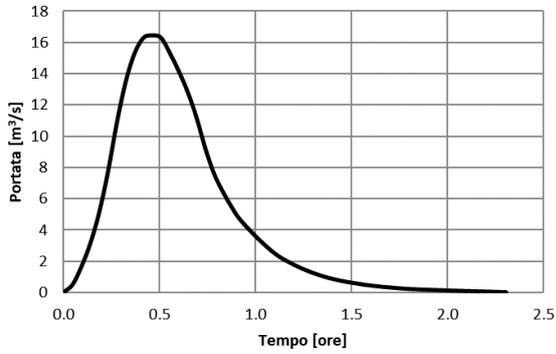


Figura 25. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A11.

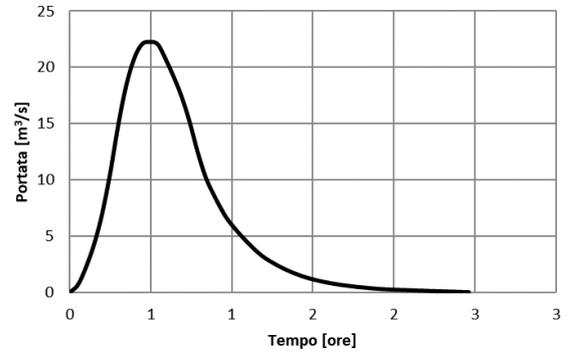


Figura 26. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A12.

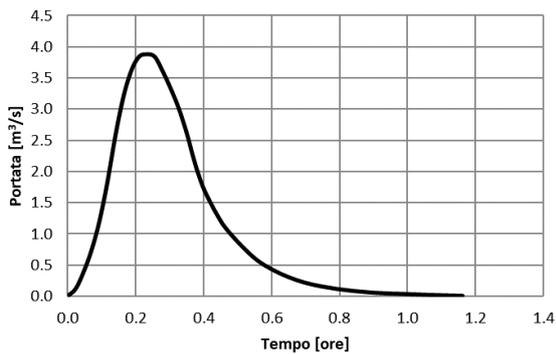


Figura 27. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A13.

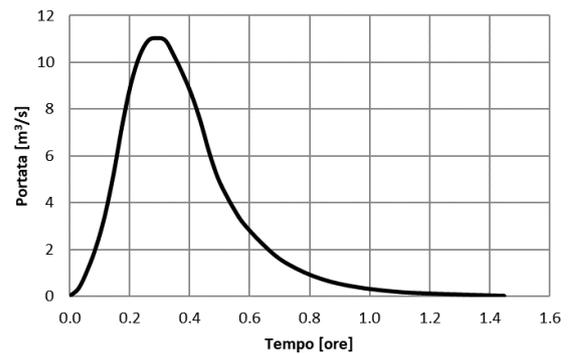


Figura 28. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A14.

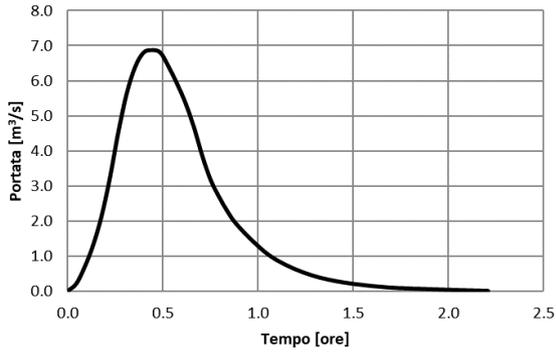


Figura 29. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A15.

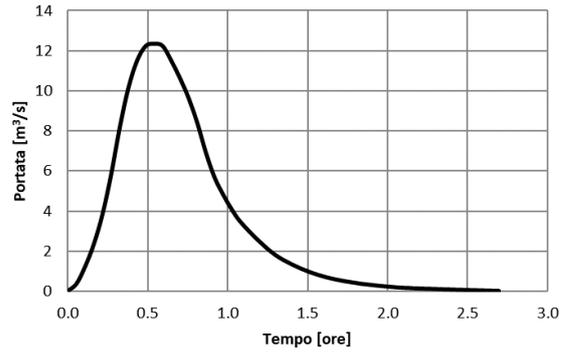


Figura 30. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A16.

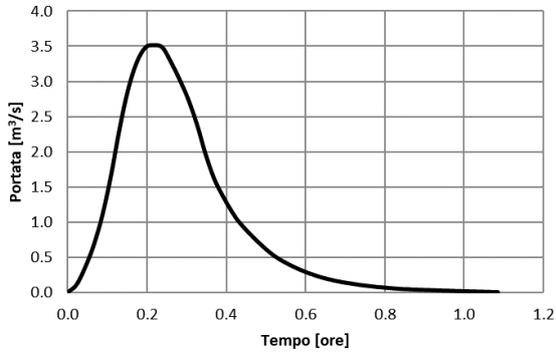


Figura 31. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A17.

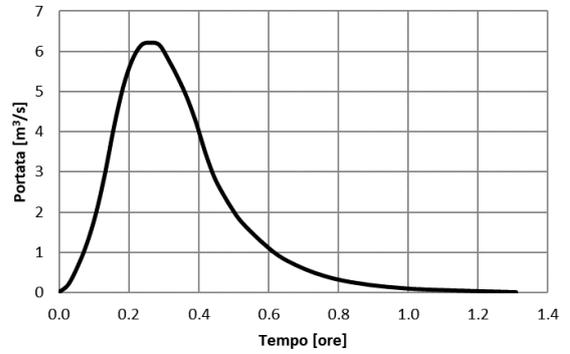


Figura 32. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A18.

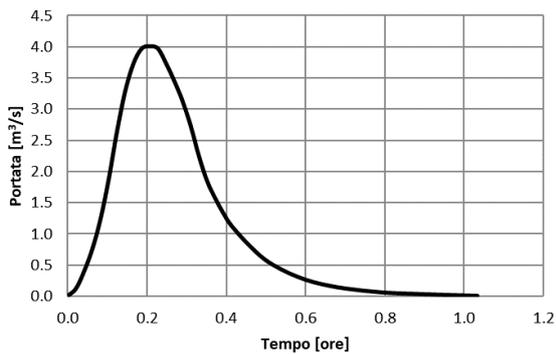


Figura 33. Idrogramma di piena SCS per il Bacino A19.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 DATI DI INPUT

È stata realizzata una serie di simulazioni in moto vario mediante il software HecRas 6.0.0 Beta 2 utilizzando come dati di portata di input gli idrogrammi di piena a 200 anni di ritorno per i singoli sottobacini, valutati mediante il metodo SCS.

Modificando la dimensione delle celle di calcolo e il time step temporale (computational interval) si è provveduto a realizzare una serie di simulazioni fino alla convergenza dei risultati finali in corrispondenza dei quali il numero di Courant massimo si teneva molto al di sotto del valore 5 (tranne che in pochissimi punti oltretutto molto distanti dalle zone di interesse) suggerito per la risoluzione delle equazioni implicite in HecRas ⁽⁶⁾. Infatti il modello utilizzato è quello delle equazioni di diffusione dell'onda (Diffusion Wave equations) per il quale è possibile ottenere risultati attendibili (stabili e accurati) anche con time step di calcolo relativamente grandi e con numeri di Courant più permissivi. In ogni caso una attenzione particolare è stata concentrata sulla convergenza dei risultati per il campo delle velocità, in quanto spesso solamente quello delle altezze idriche non è affidabile.

La convergenza dei risultati è stata ottenuta a partire da dimensione delle celle pari a 20 m di lato e con un intervallo computazionale pari a 5 s. Si tenga presente che, nonostante la risoluzione di 20 m, il modello HecRas garantisce la valutazione delle aree allagabili anche a dimensioni subcella.

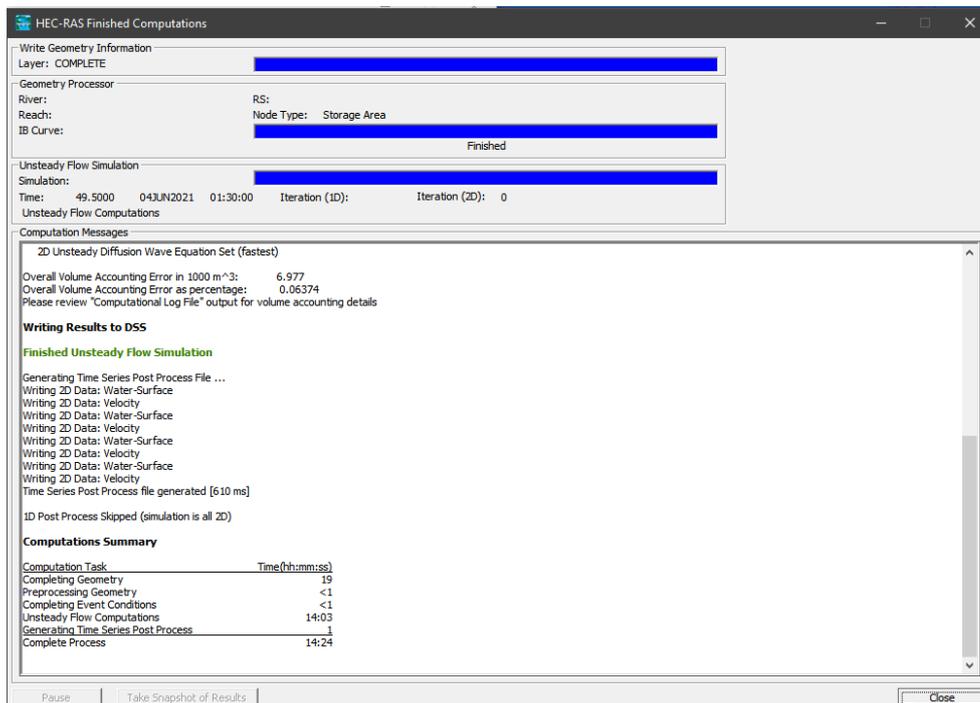


Figura 34. Statistiche della computazione al termine della simulazione finale.

Ogni simulazione è avvenuta su un dominio costituito da quattro aree, come mostrato in Figura 35.

⁽⁶⁾ <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest/running-a-model-with-2d-flow-areas/selecting-an-appropriate-grid-size-and-time-step>

Per quanto riguarda la scabrezza si è sovrapposto al dominio di calcolo la carta dell'Uso del Suolo della zona (fonte della carta: SIT Puglia), associando alle singole aree un numero di Manning sulla base dei valori consigliati in Tabella 9. In HecRas è stata sovrapposta l'area dei numeri di Manning, come mostrato in Figura 36.

Tabella 9. 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

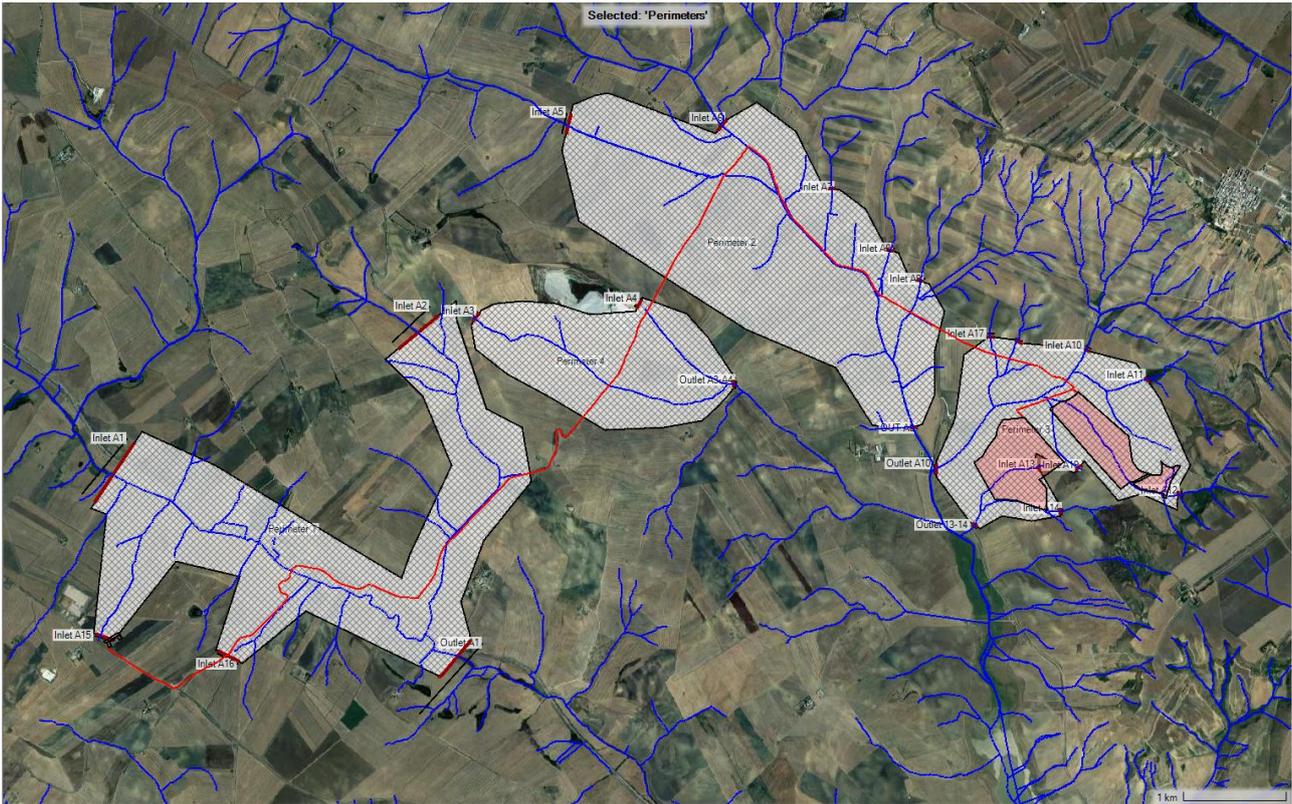


Figura 35. Dominio di calcolo. Passo di cella pari a 20 m.

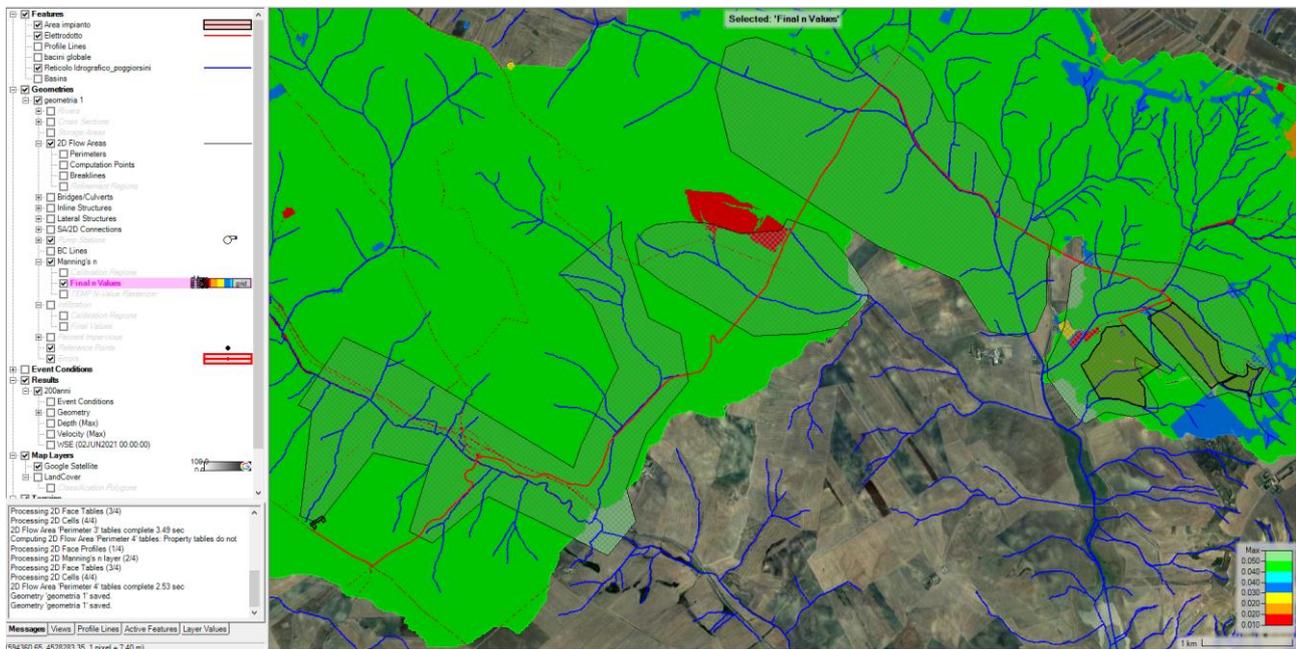


Figura 36. Carta dei numeri di Manning in corrispondenza delle aree del dominio di calcolo.

5.2 RISULTATI

La Figura 37 mostra l'output relativo ai tiranti idrici generato da HecRas al termine della simulazione per il tempo di ritorno di 200 anni. Sono indicate, nelle circonferenze gialle, le zone di interesse maggiore riguardanti gli attraversamenti dell'elettrodotto in MT (linea rossa), le aree di posizionamento dei pannelli fotovoltaici e quella relativa alla Stazione di Trasformazione AT/MT a ovest (aree rosse con perimetro nero). In molti casi i corsi d'acqua sono rappresentati sul terreno da canalizzazioni artificiali non in grado di reggere le portate di calcolo per 200 anni di ritorno, per cui non è stato ritenuto necessario ricostruire l'andamento accurato del terreno rimodulando la cartografia DEM a disposizione a valle di rilievi di dettaglio su tutta la rete.

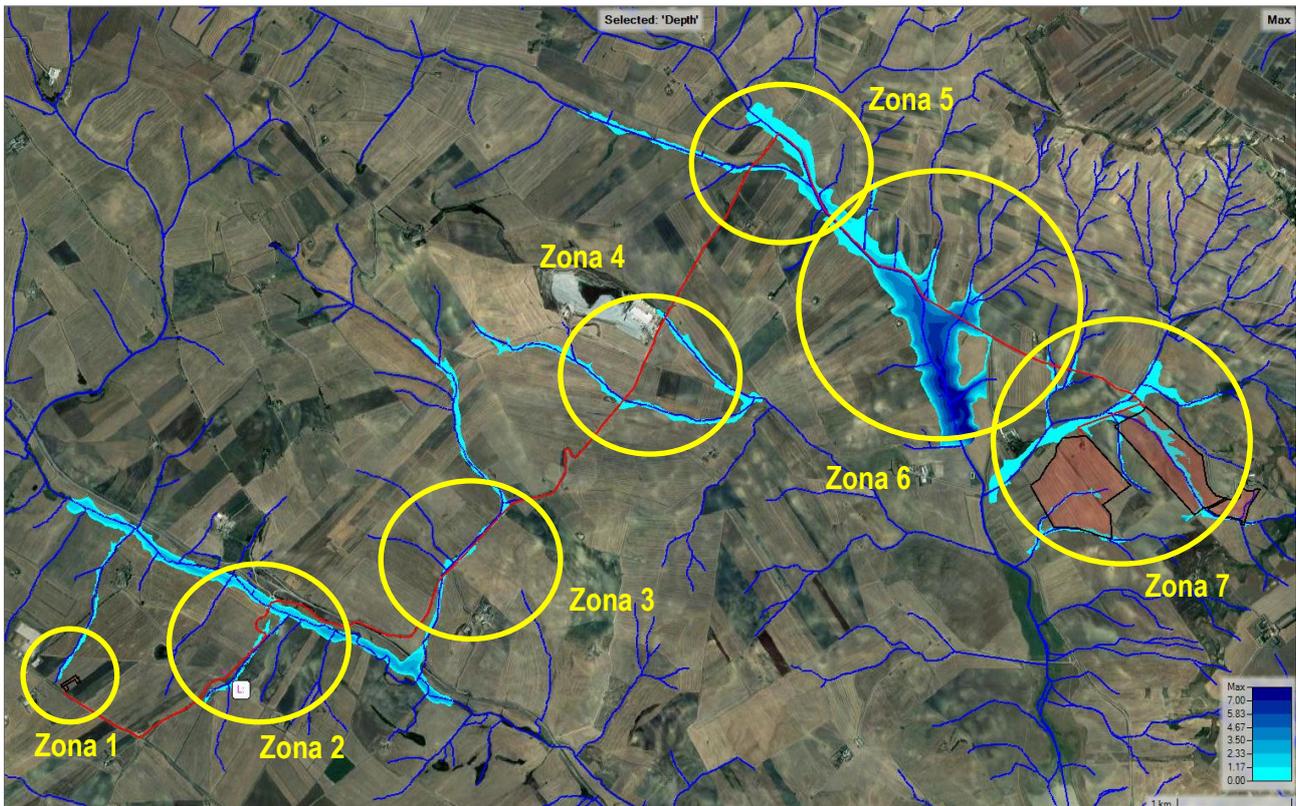


Figura 37. Floodplain globale e indicazione delle aree di interesse.

Le figure seguenti mostrano i risultati ottenuti. In particolare in corrispondenza di ogni zona di interesse vengono riportati gli zoom dei risultati per quanto riguarda i tiranti idrici massimi, le velocità massime e le massime estensioni di allagamento con l'indicazione della lunghezza del tracciato dell'elettrodotto interessato. Le didascalie delle figure riportano alcune informazioni di interesse.

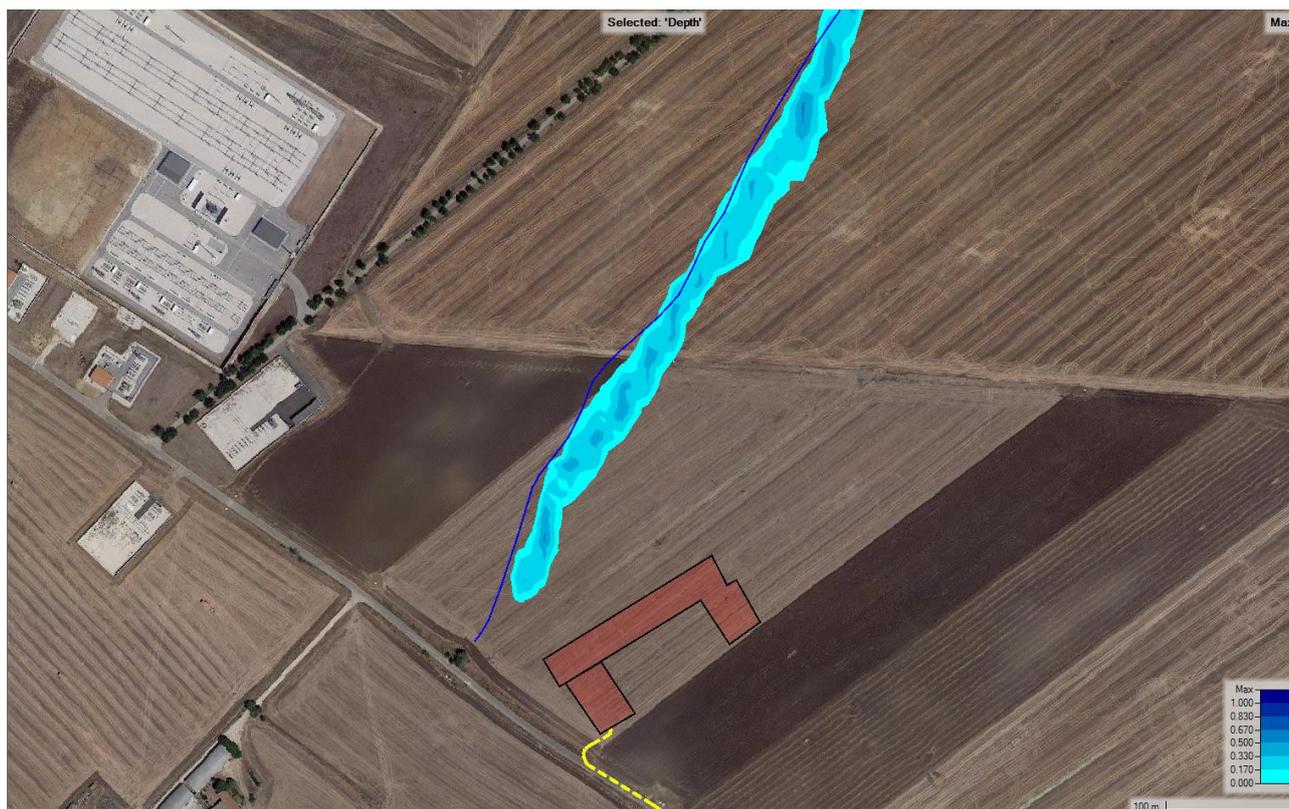


Figura 38. Altezze idriche massime in Zona 1. La stazione di consegna non è interessata dal floodplain.



Figura 39. Velocità massime in Zona 1.

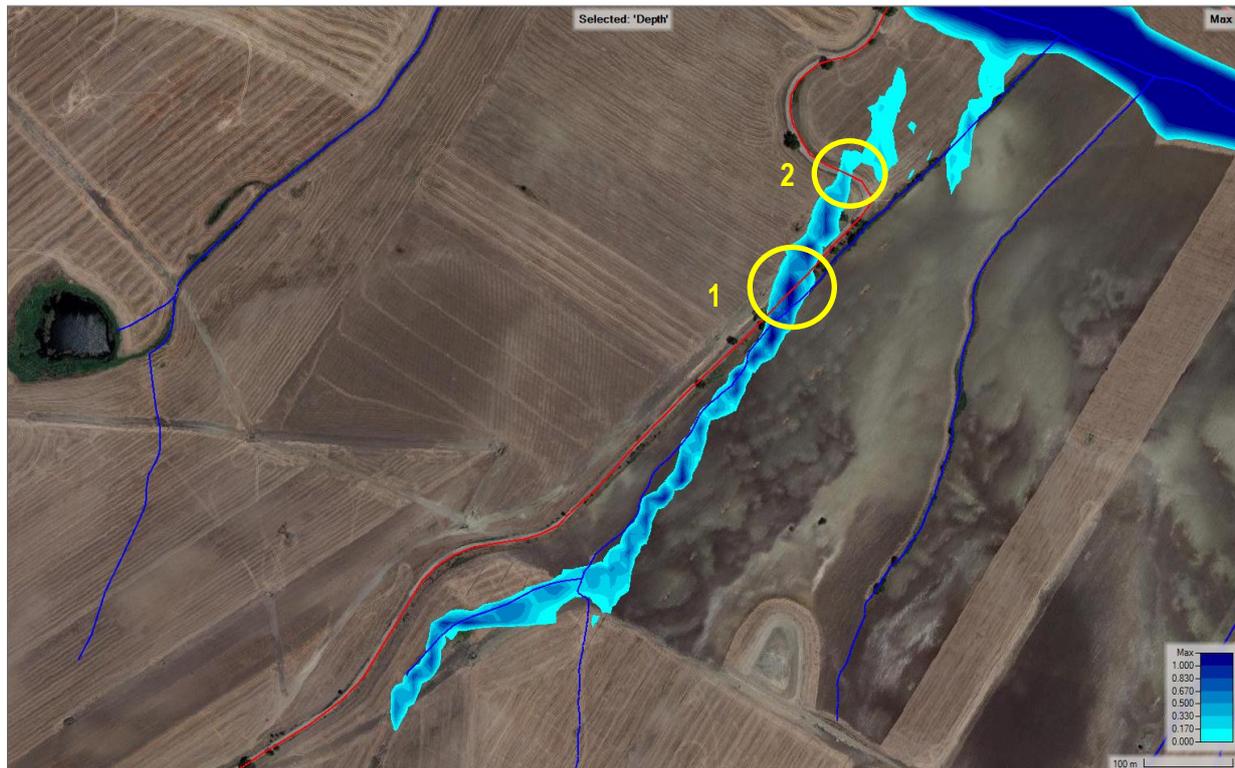


Figura 40. Altezze idriche massime in Zona 2, affluente. Nelle circonferenze in giallo le informazioni di Figura 42 e Figura 43.

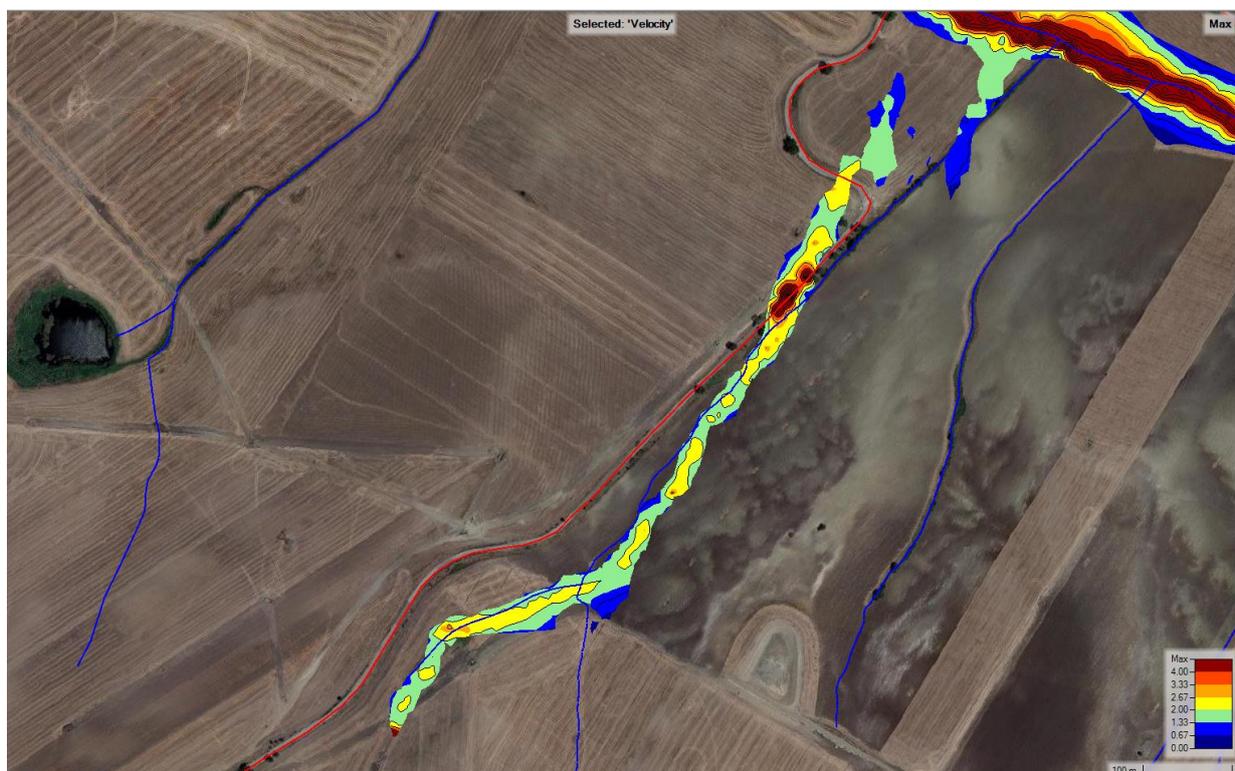


Figura 41. Velocità massime in Zona 2, affluente.

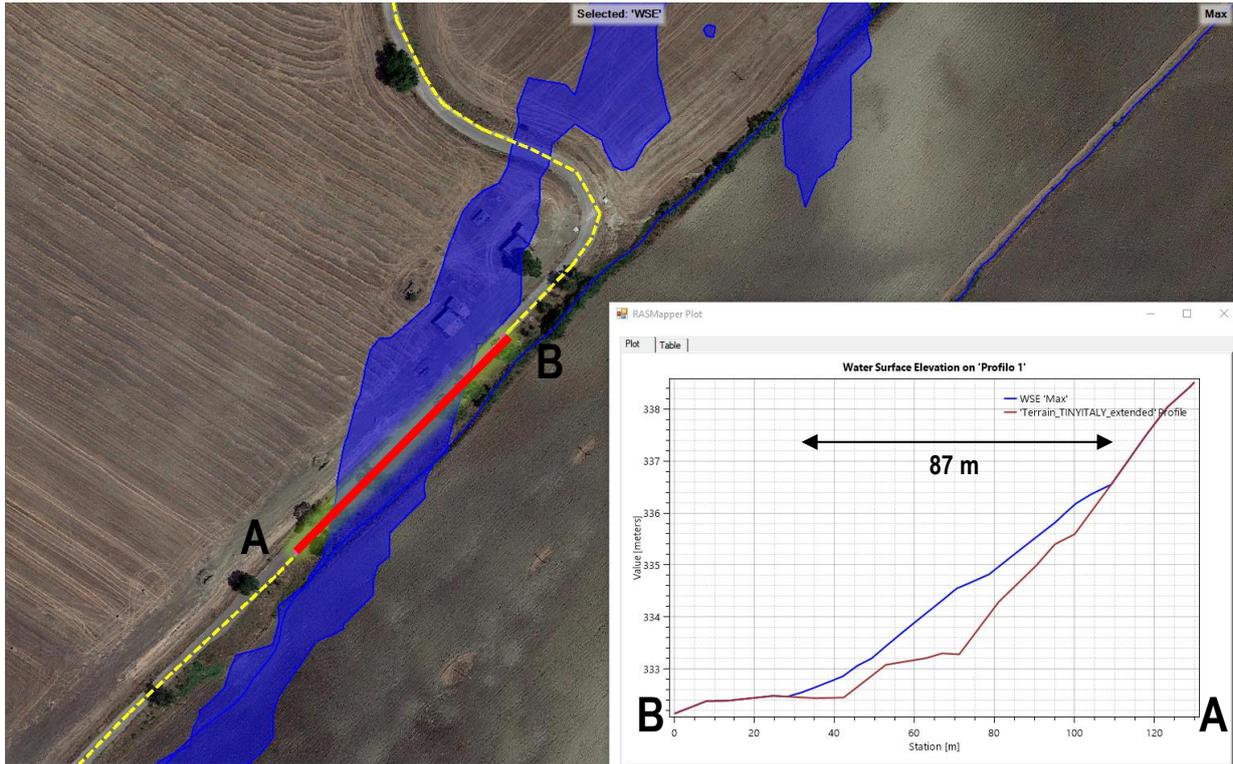


Figura 42. Area 1 di Figura 40 in cui l'elettrodotta attraversa una zona di allagamento. Altezza acqua massima 1.20 m circa.

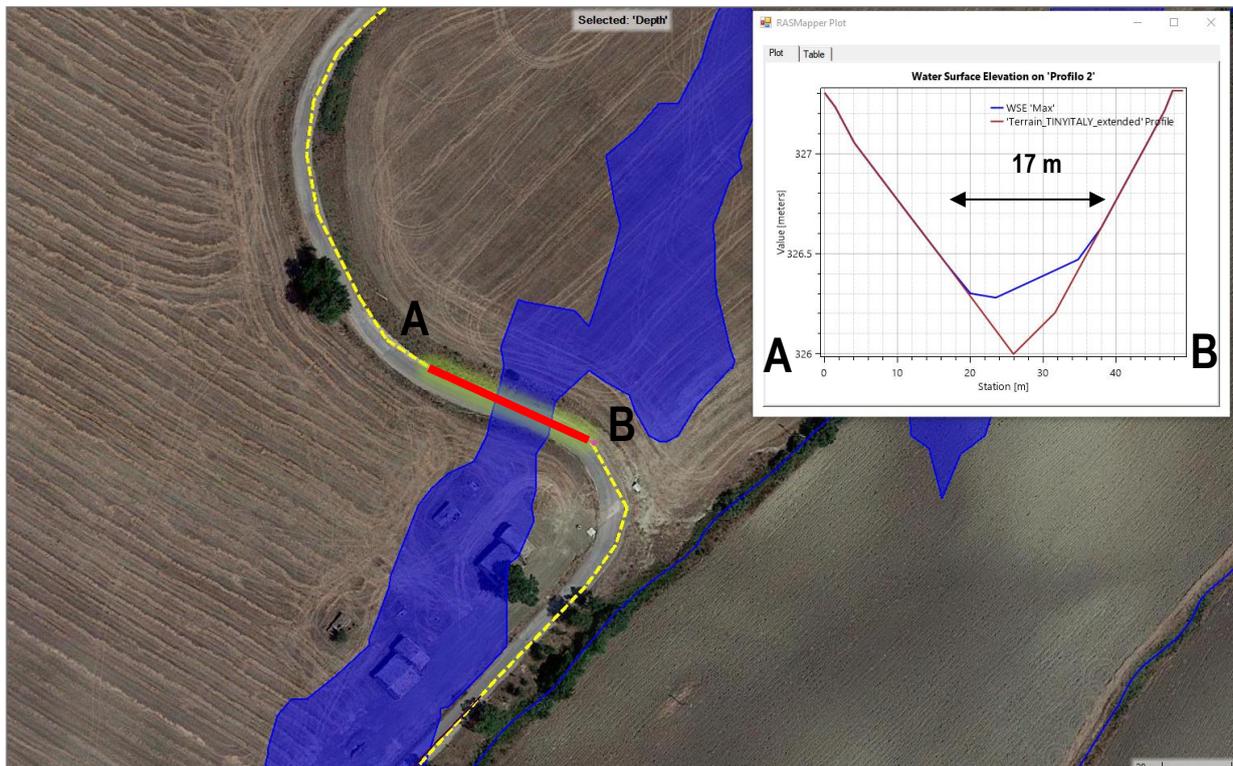


Figura 43. Area 1 di Figura 40 in cui l'elettrodotta attraversa una zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.30 m circa.

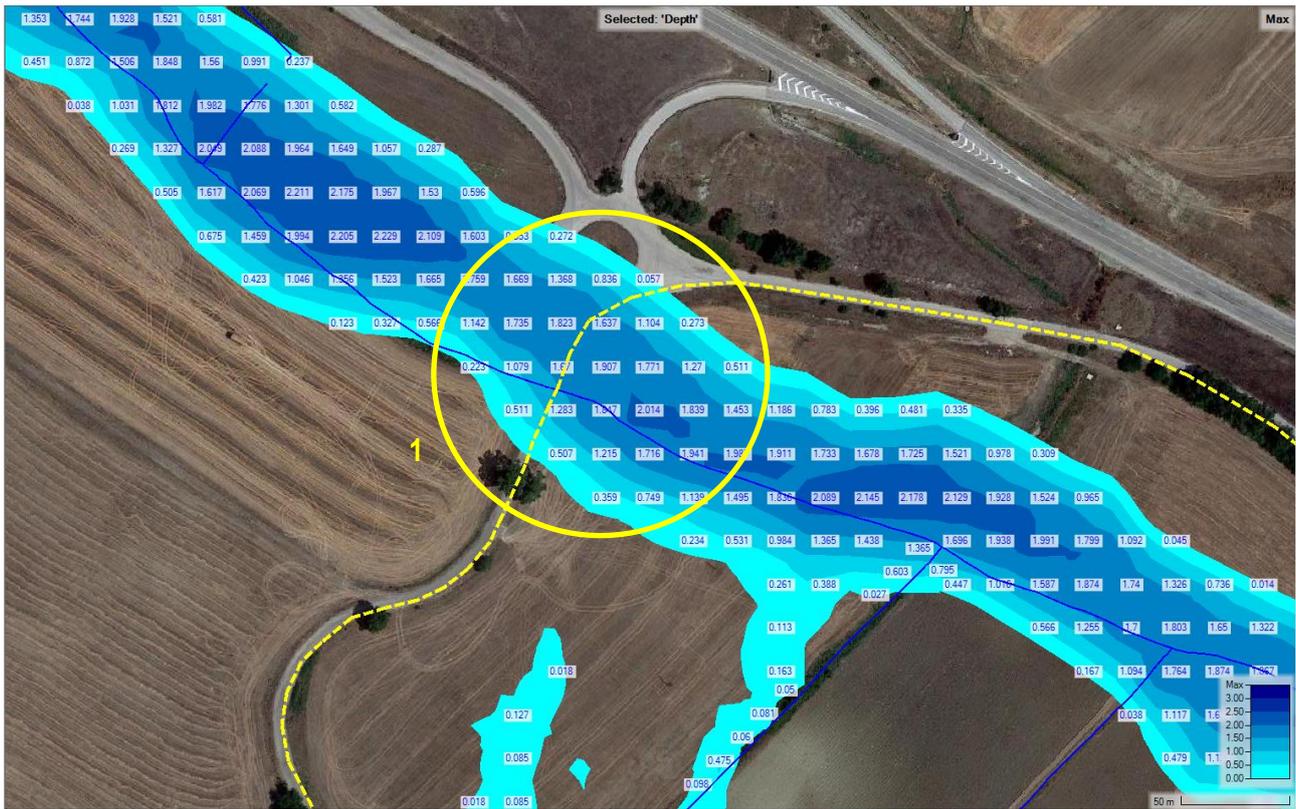


Figura 44. Altezze idriche massime in Zona 2. Zona di attraversamento del corso d'acqua principale.

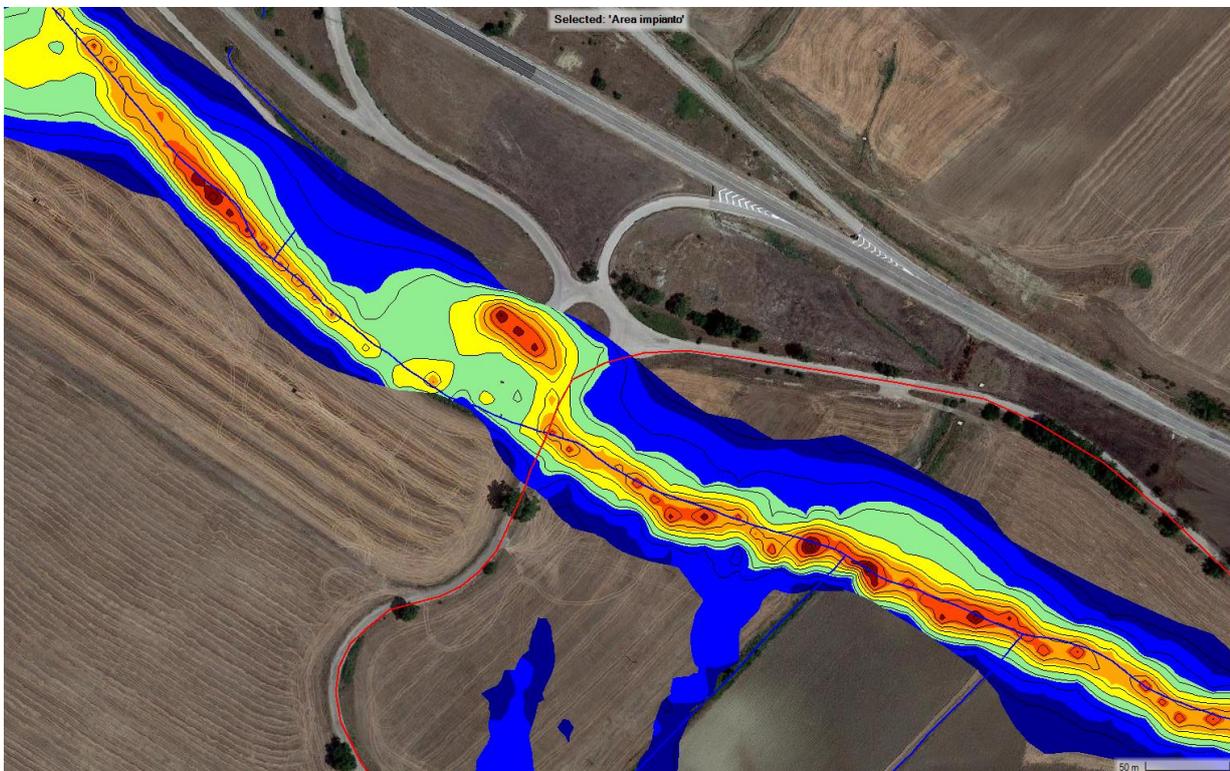


Figura 45. Velocità massime in Zona 2. Zona di attraversamento del corso d'acqua principale.

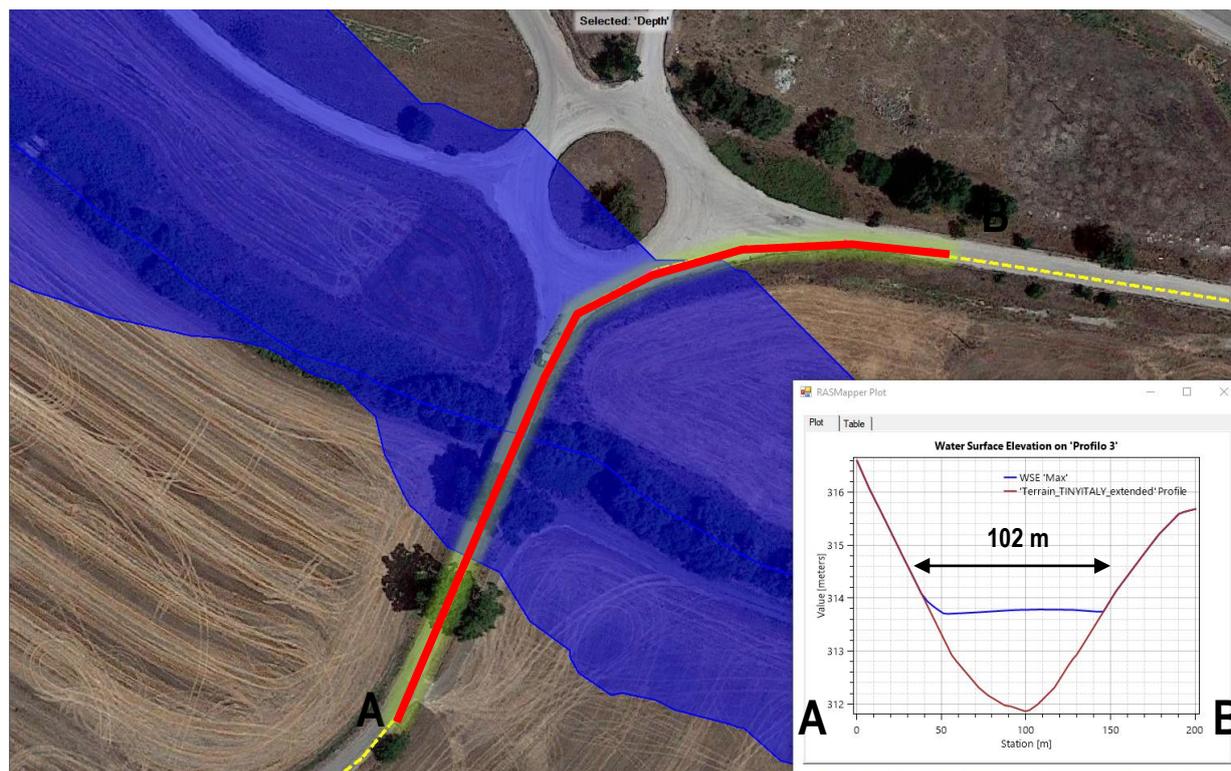


Figura 46. Area 1 di Figura 44 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 1.90 m circa.

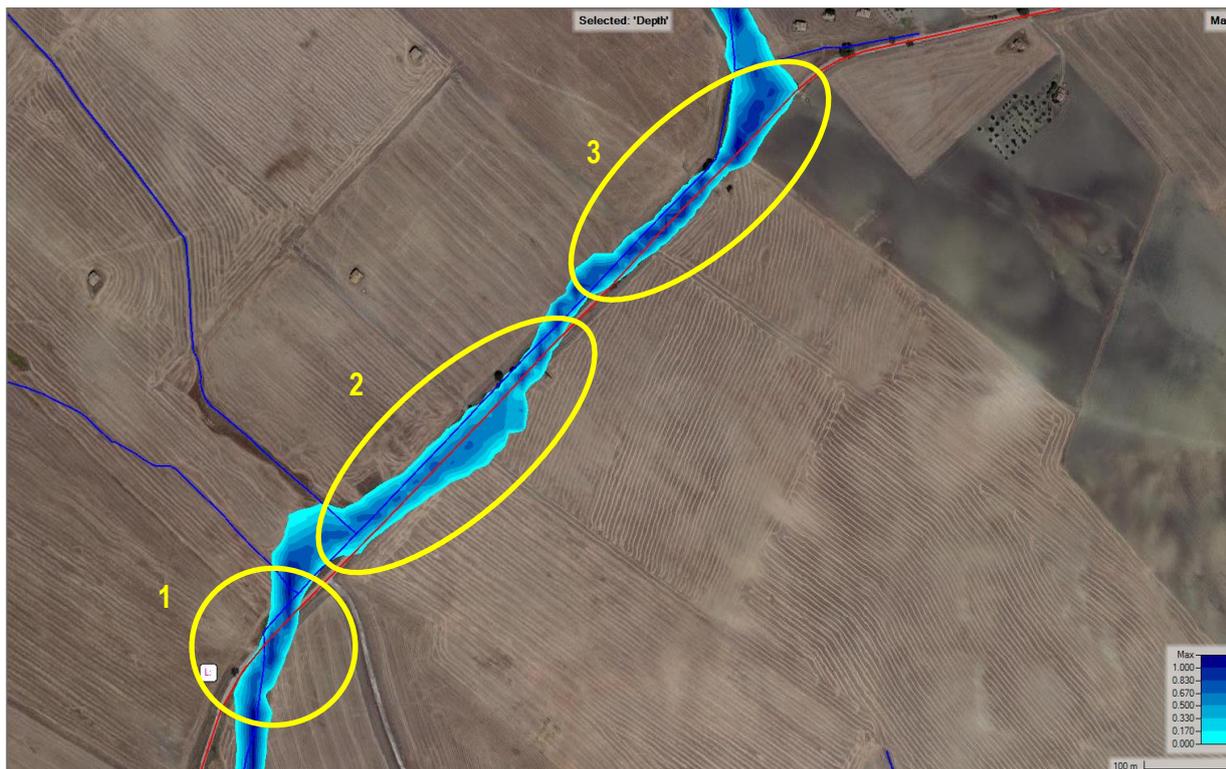


Figura 47. Altezze idriche massime in Zona 3.

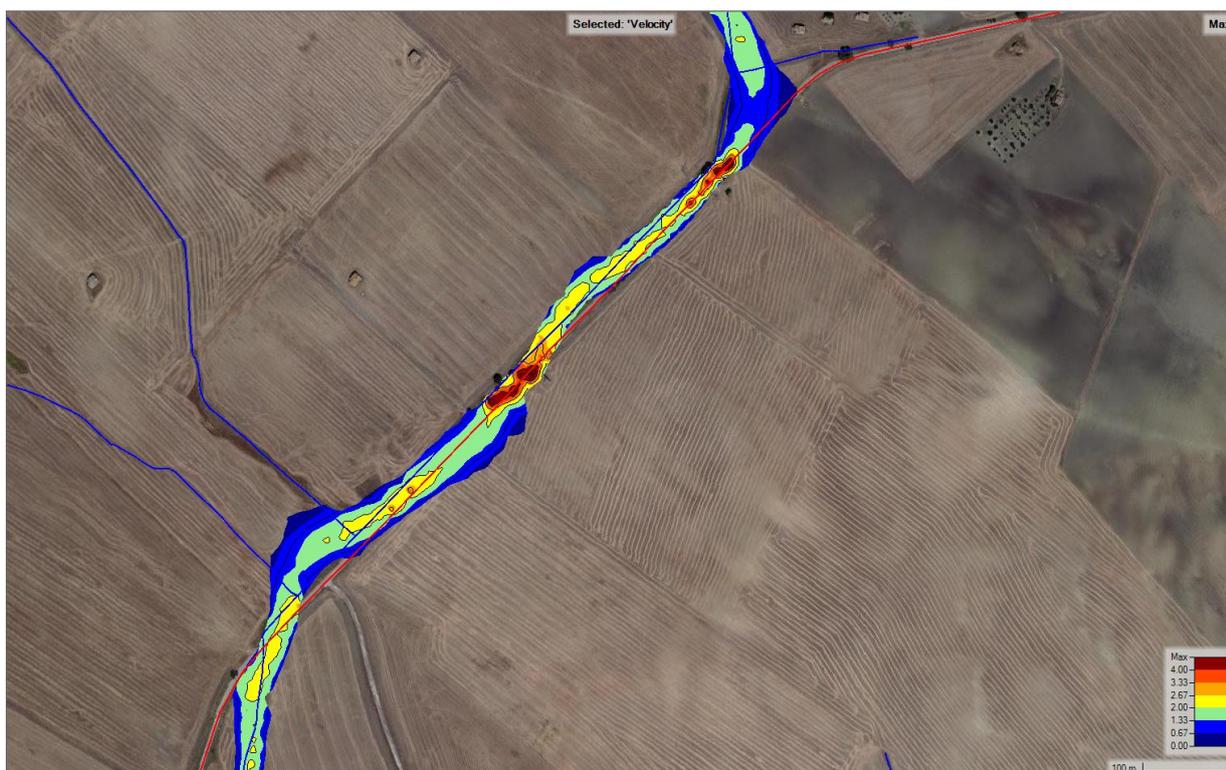


Figura 48. Velocità massime in Zona 3.

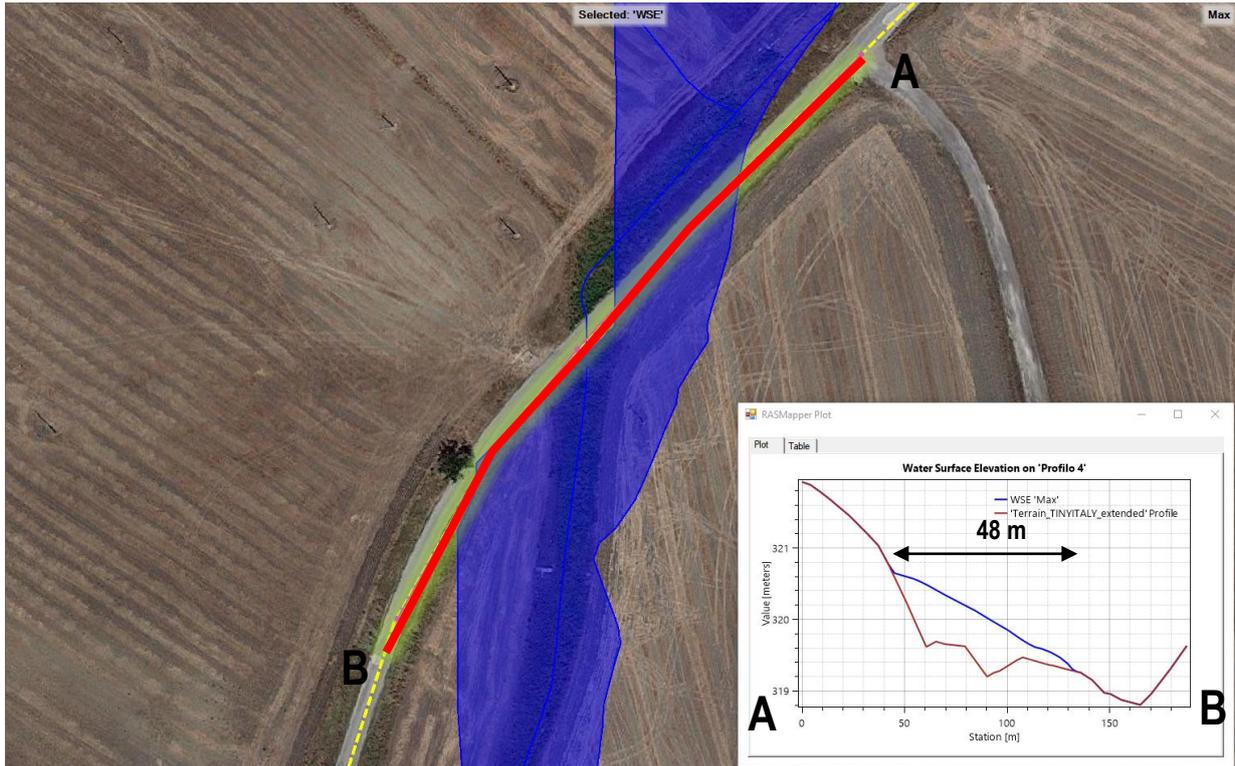


Figura 49. Area 1 di Figura 47 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.85 m circa.

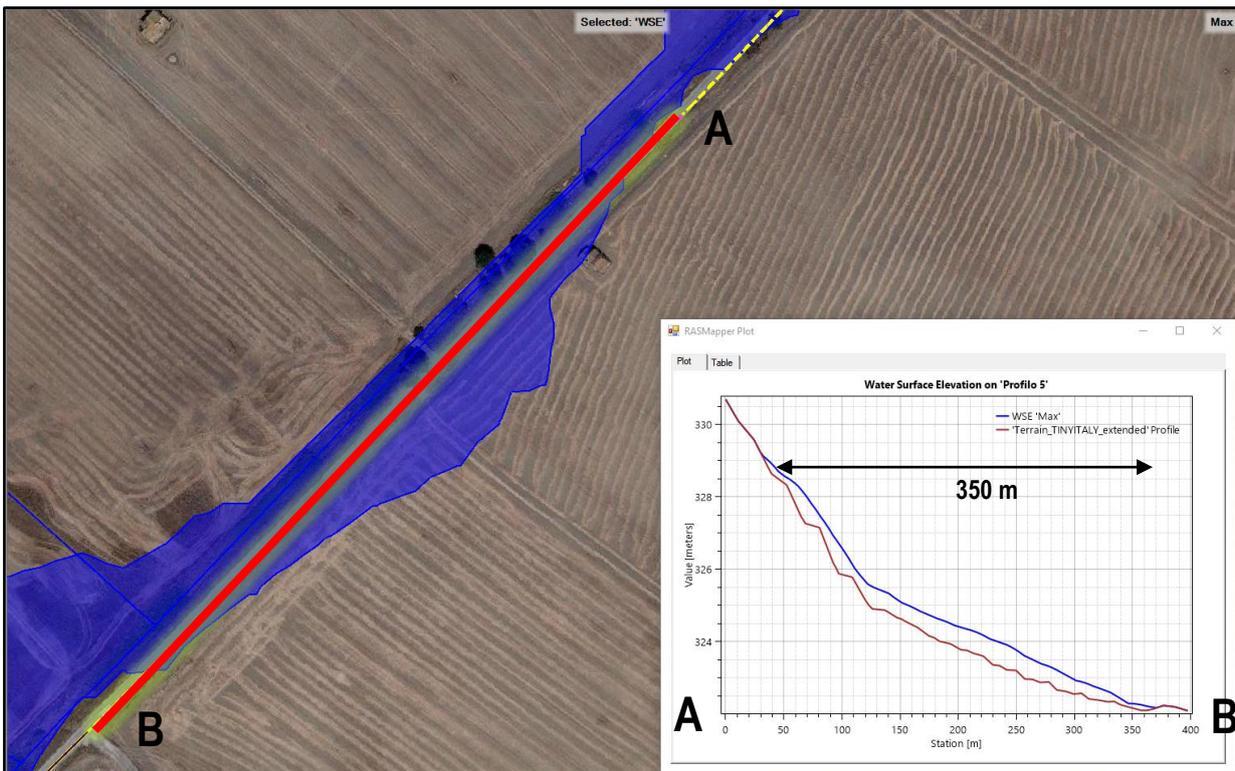


Figura 50. Area 2 di Figura 47 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.90 m circa.

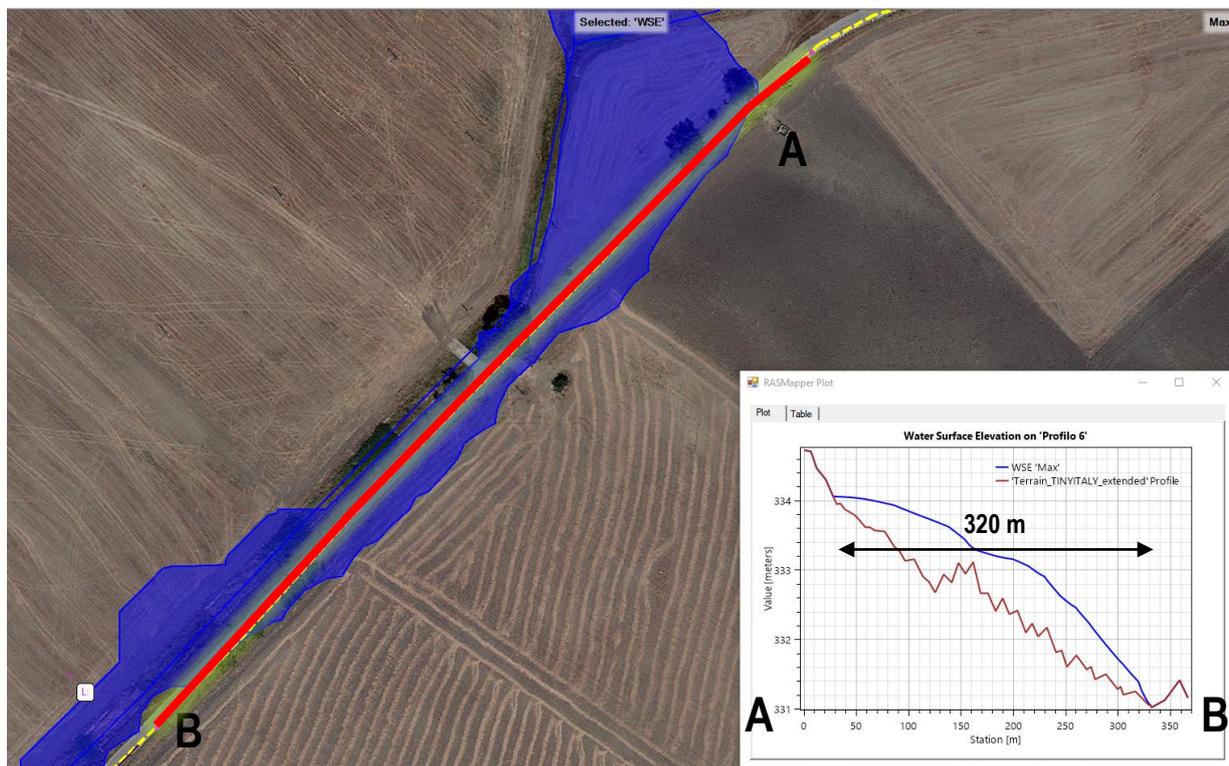


Figura 51. Area 3 di Figura 47 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 1.00 m circa.

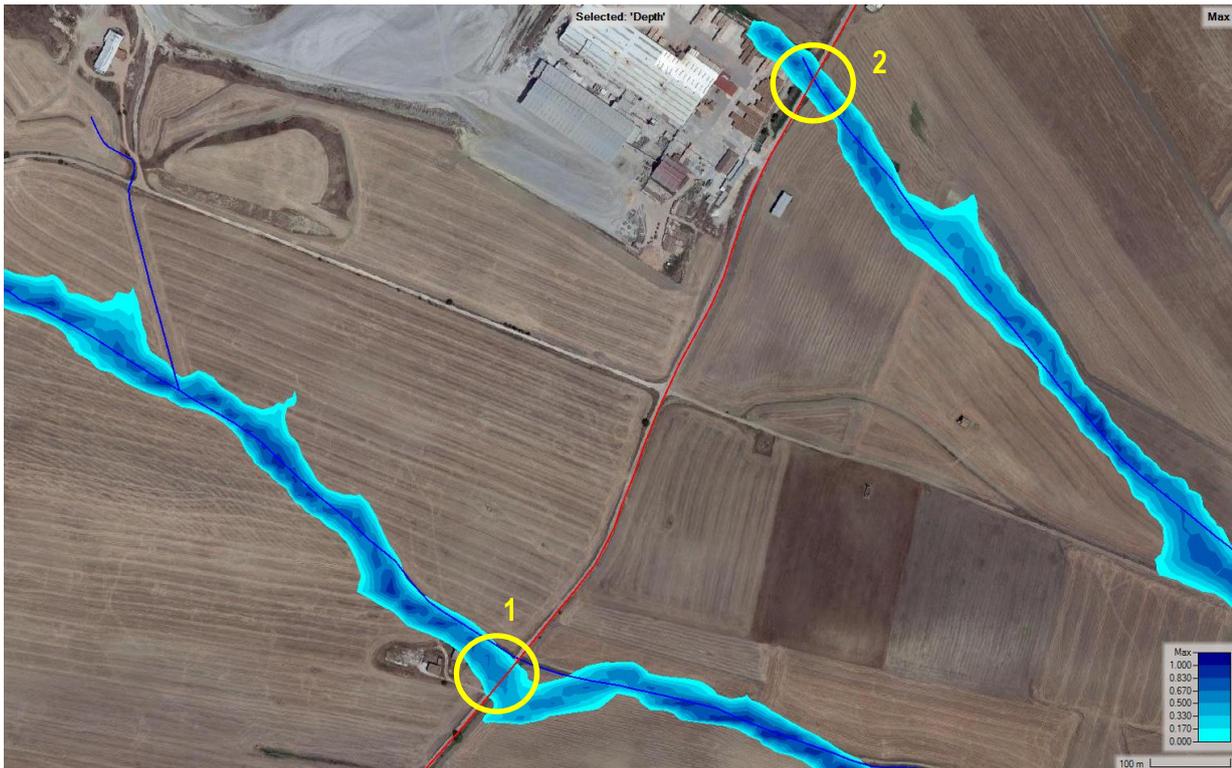


Figura 52. Altezze idriche massime in Zona 4.



Figura 53. Velocità massime in Zona 4.

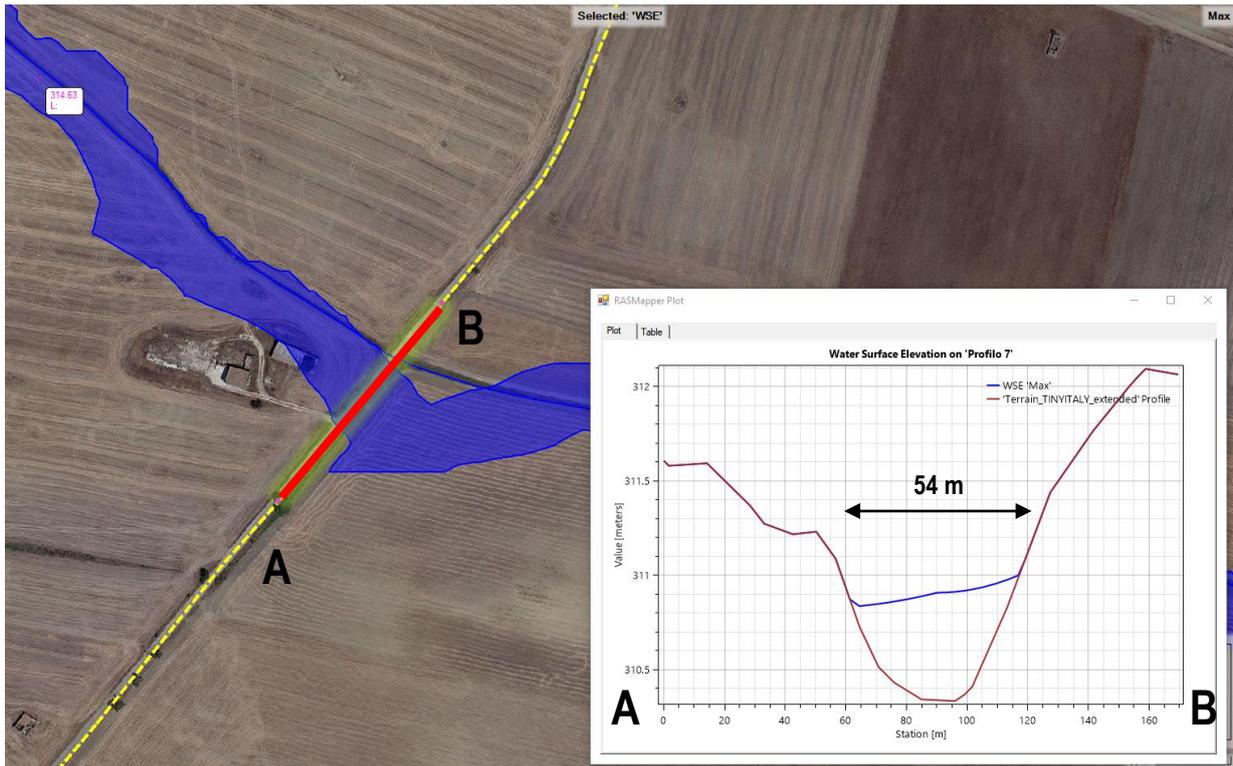


Figura 54. Area 1 di Figura 52 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.60 m circa.

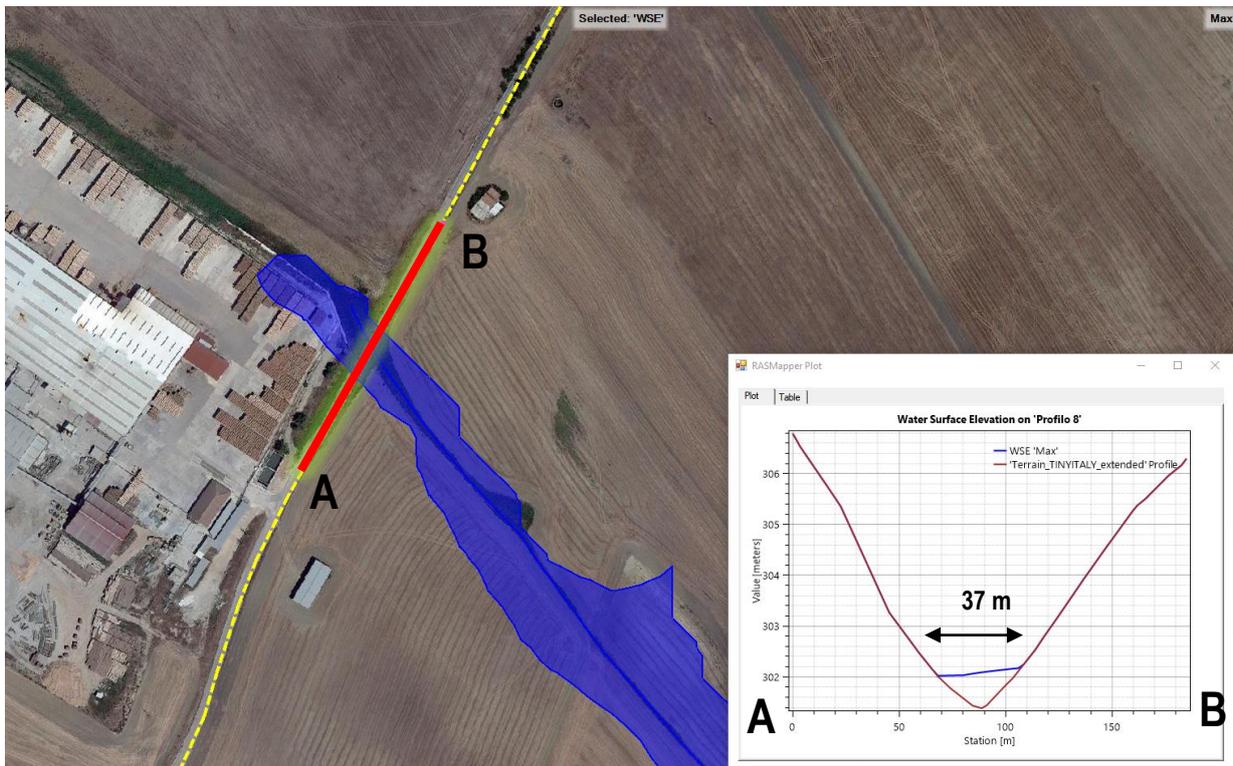


Figura 55. Area 2 di Figura 52 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.74 m circa.

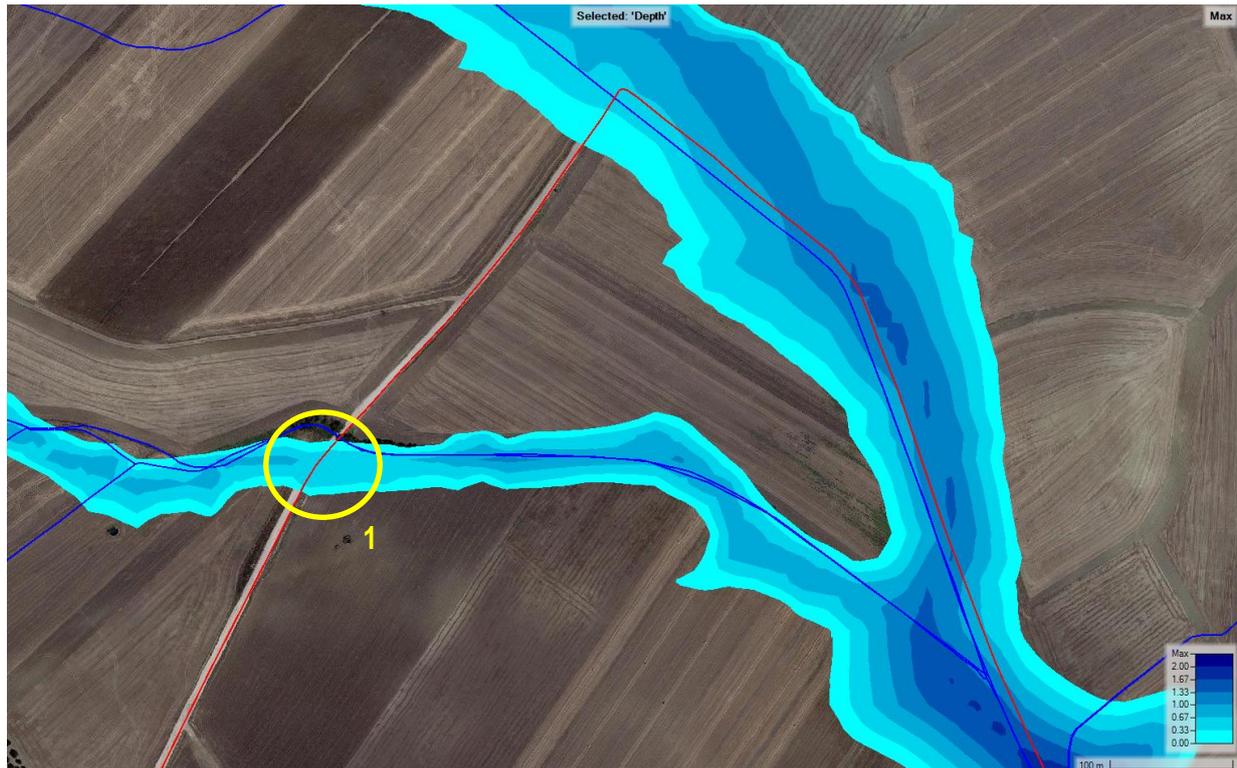


Figura 56. Altezze idriche massime in Zona 5.

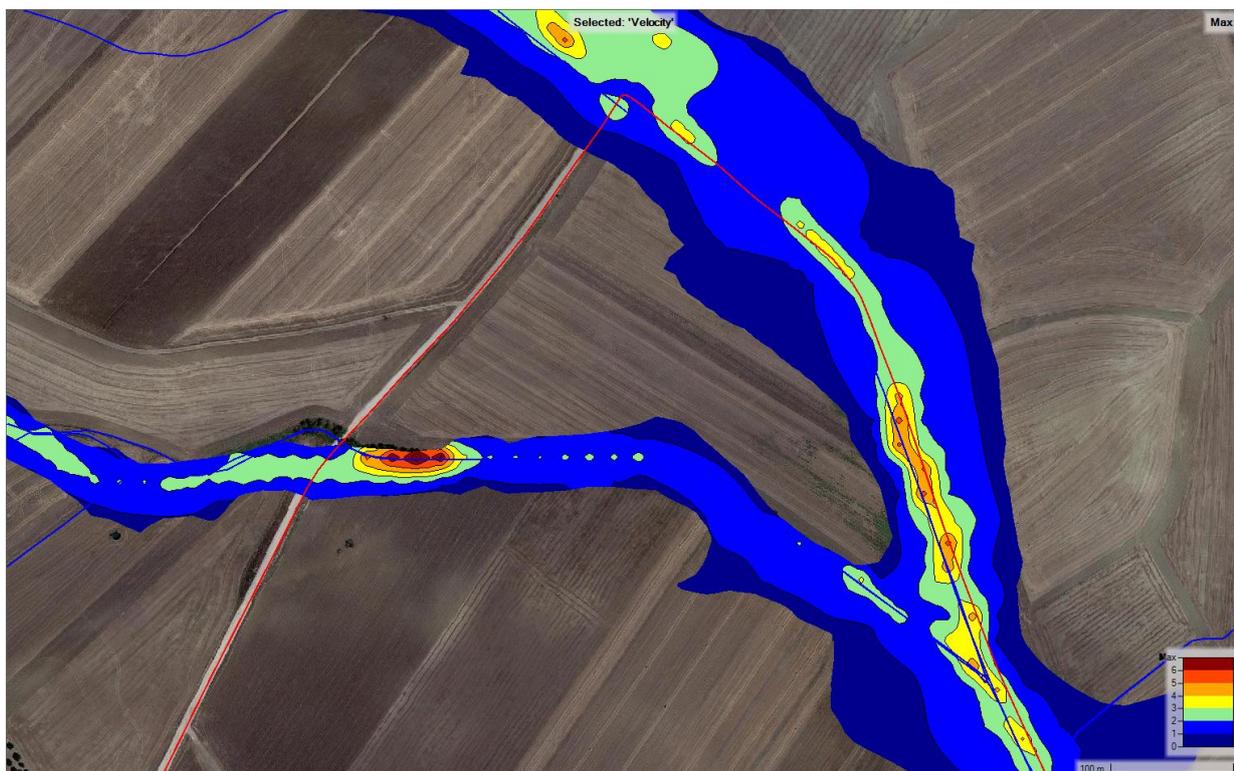


Figura 57. Velocità massime in Zona 5.

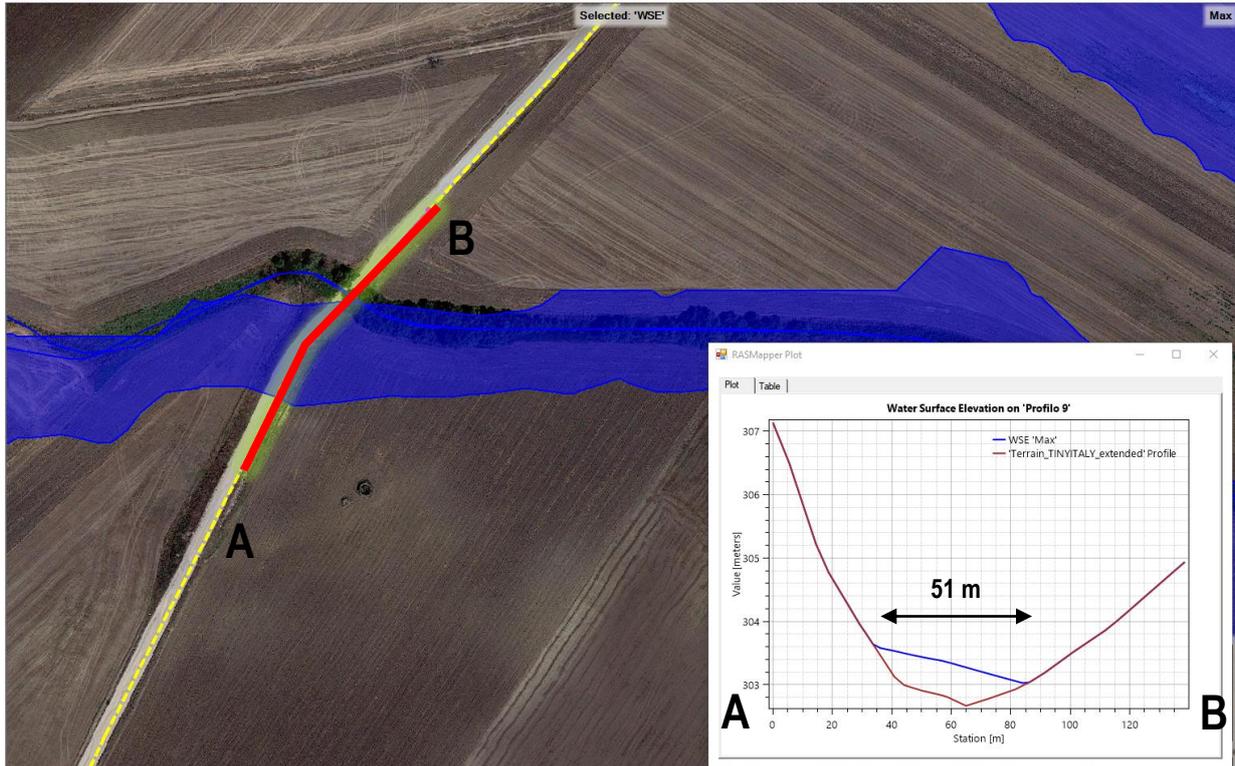


Figura 58. Area 1 di Figura 56 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.60 m circa.

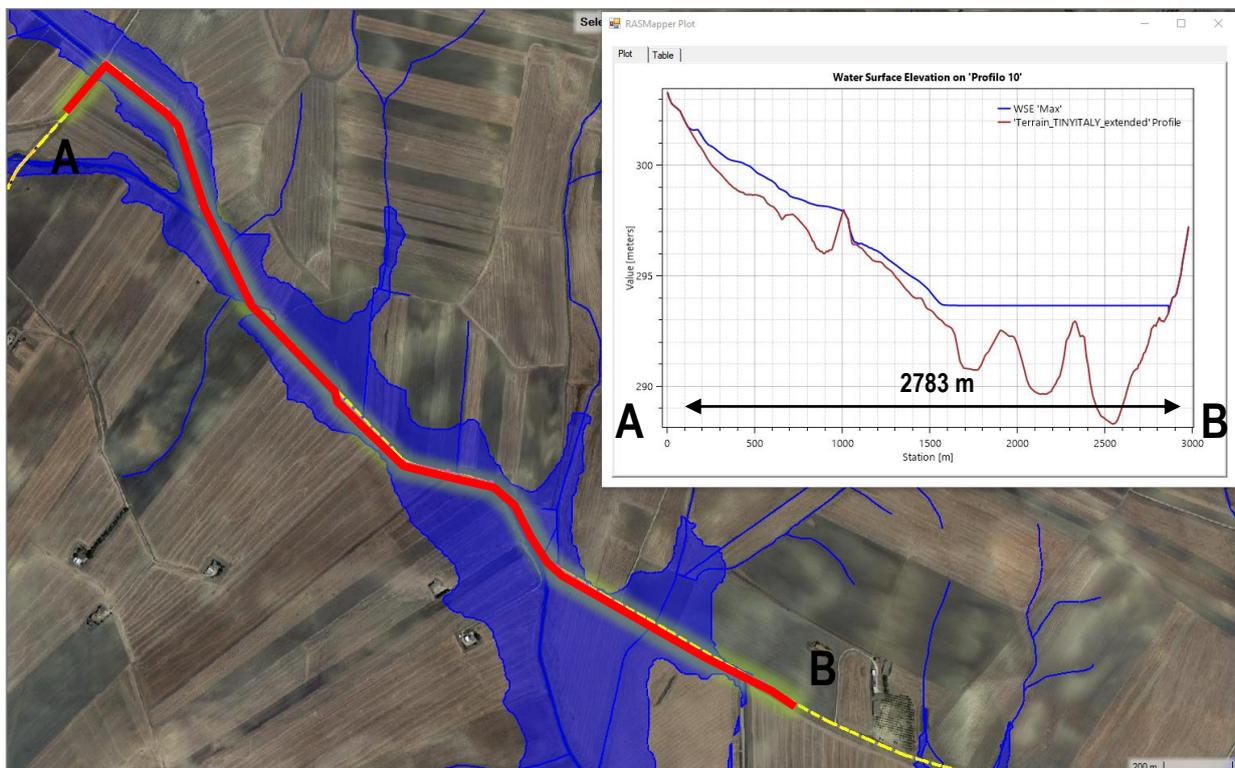


Figura 59. Attraversamento della Zona 5 (Figura 37). Altezza acqua massima 5.26 m circa (in corrispondenza dell'ultimo affluente vicino il punto B).

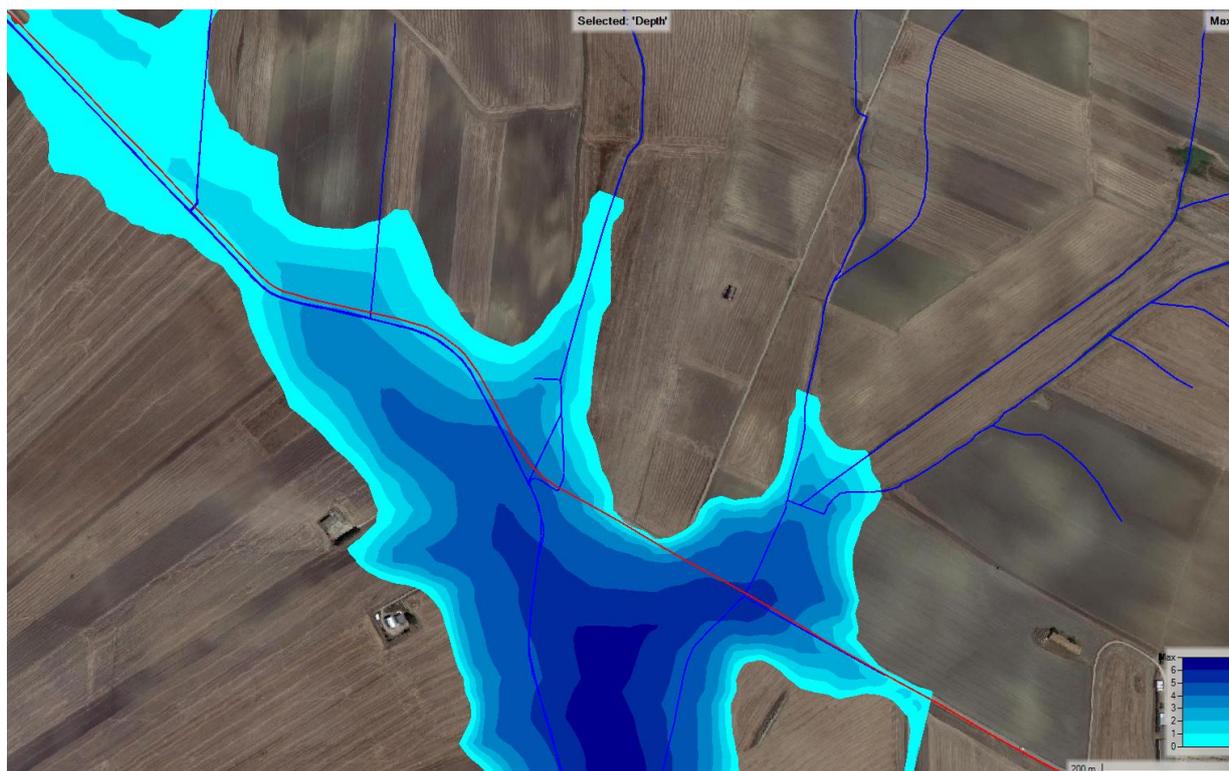


Figura 60. Altezze idriche massime in Zona 6.

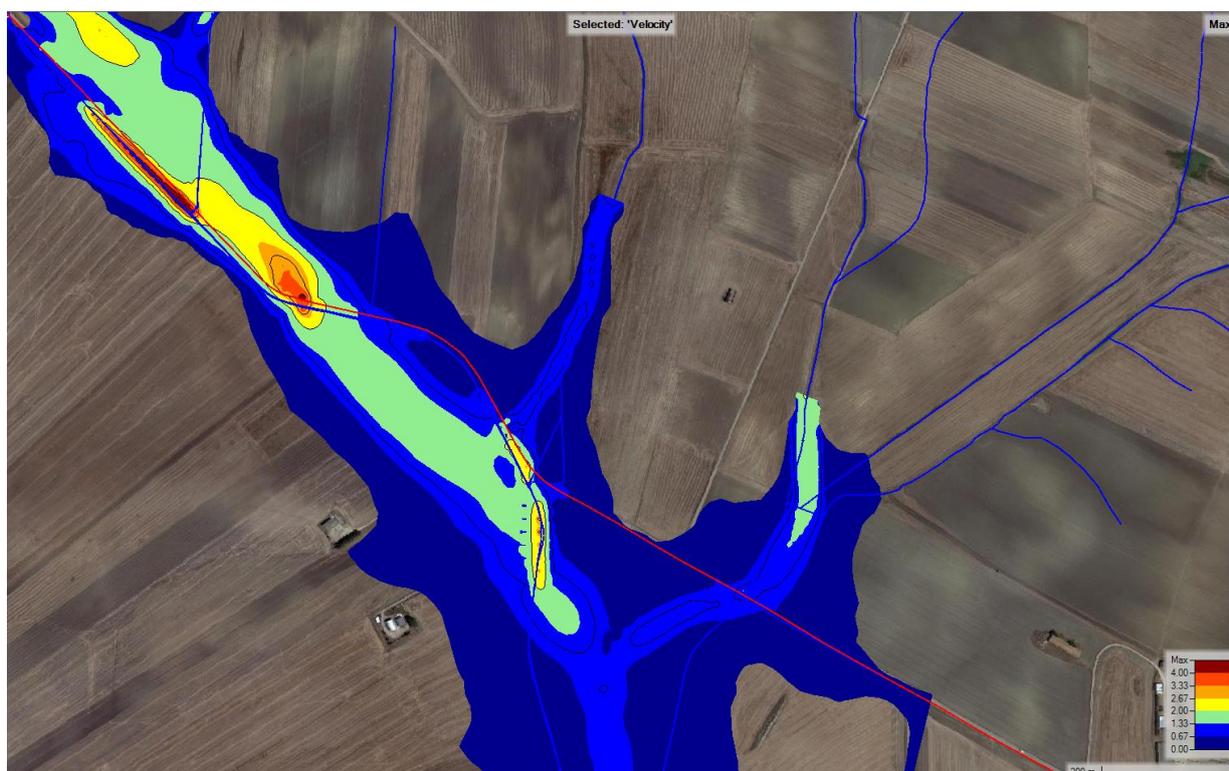


Figura 61. Velocità massime in Zona 6.

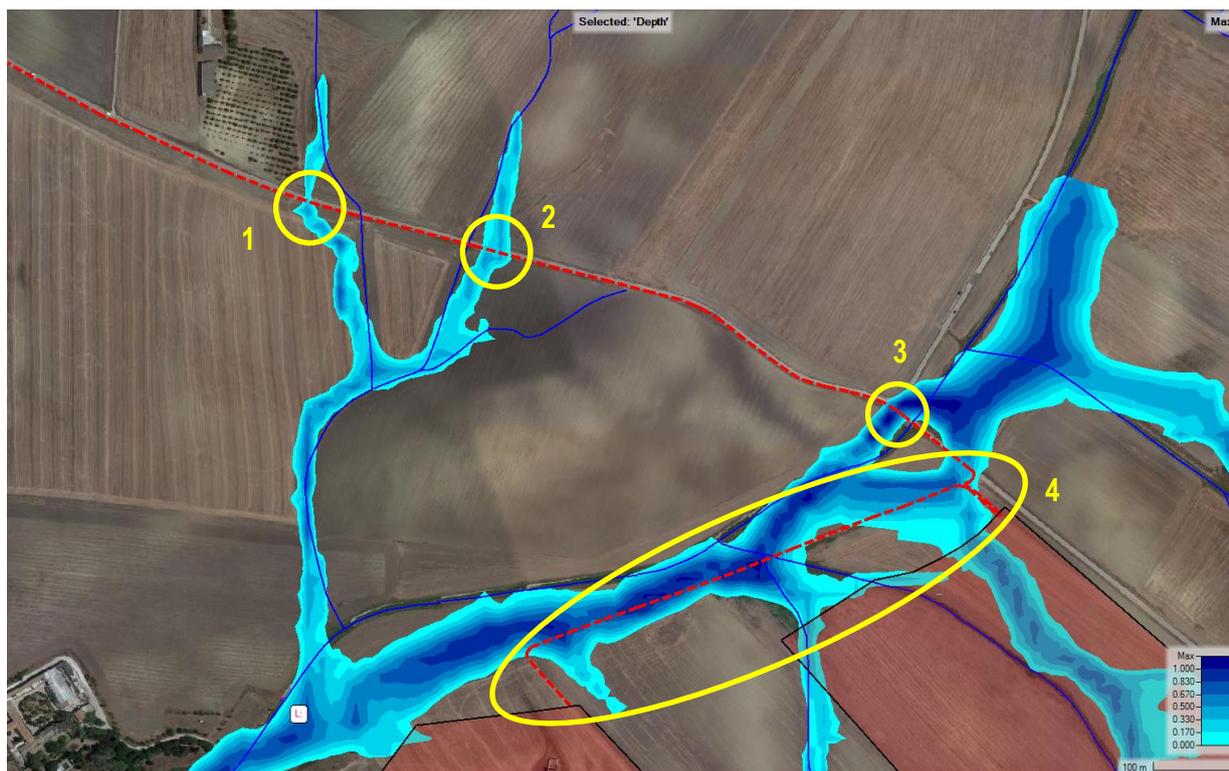


Figura 62. Altezze idriche massime in Zona 7.



Figura 63. Velocità massime in Zona 7.

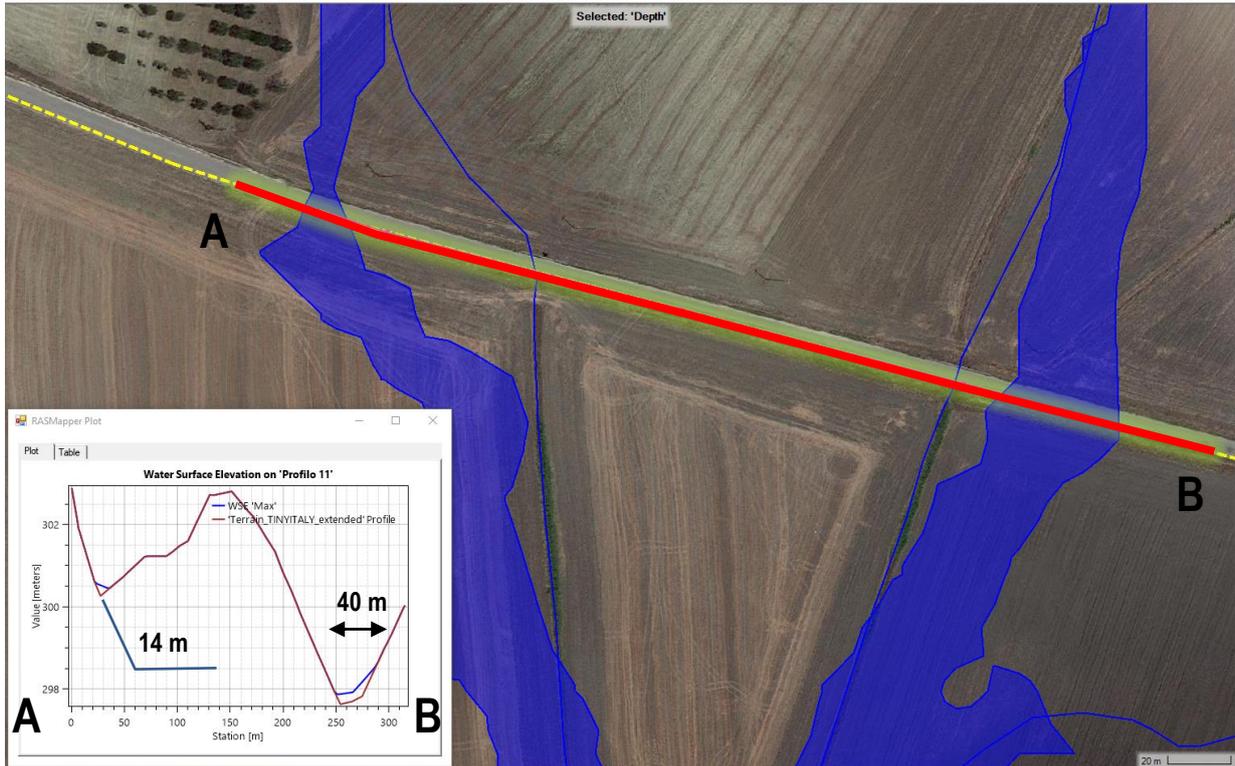


Figura 64. Area 1 e Area 2 di Figura 62 in cui l'elettrodotto attraversa le zone di allagamento. Altezza acqua massima 0.35 m circa.

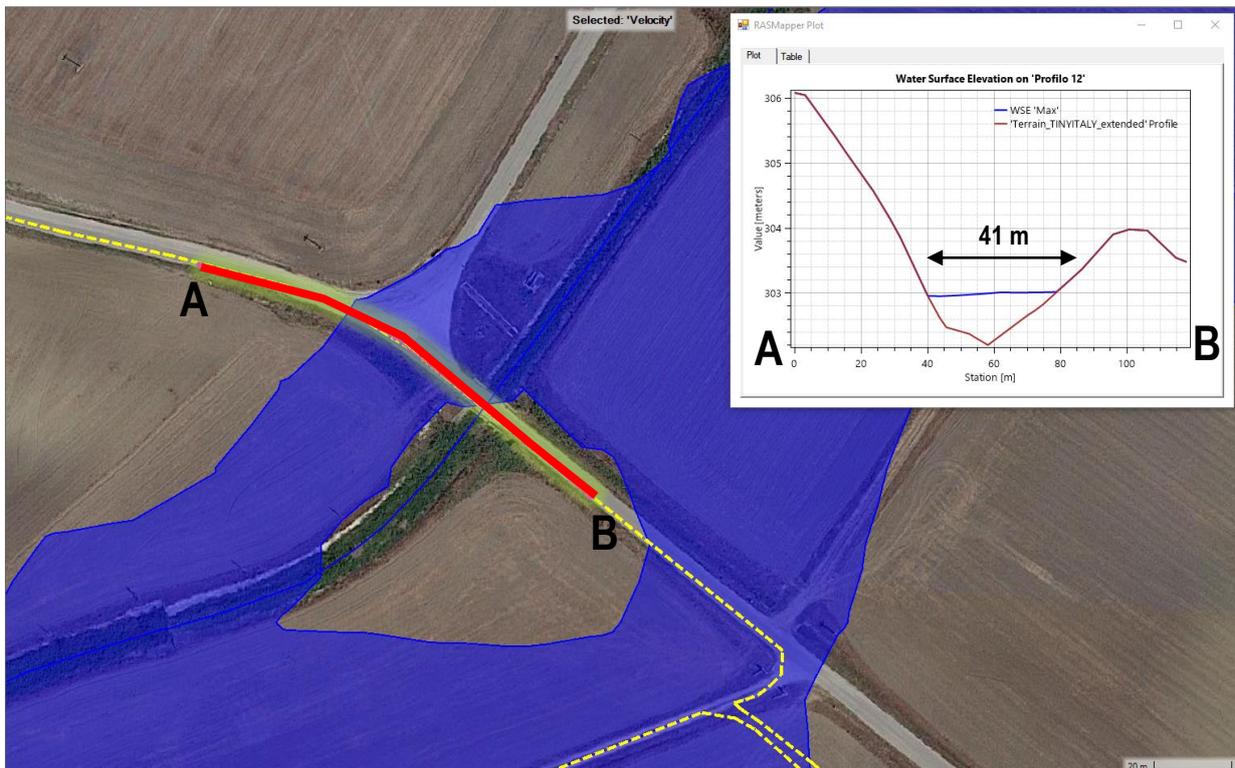


Figura 65. Area 3 di Figura 62 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.80 m circa.

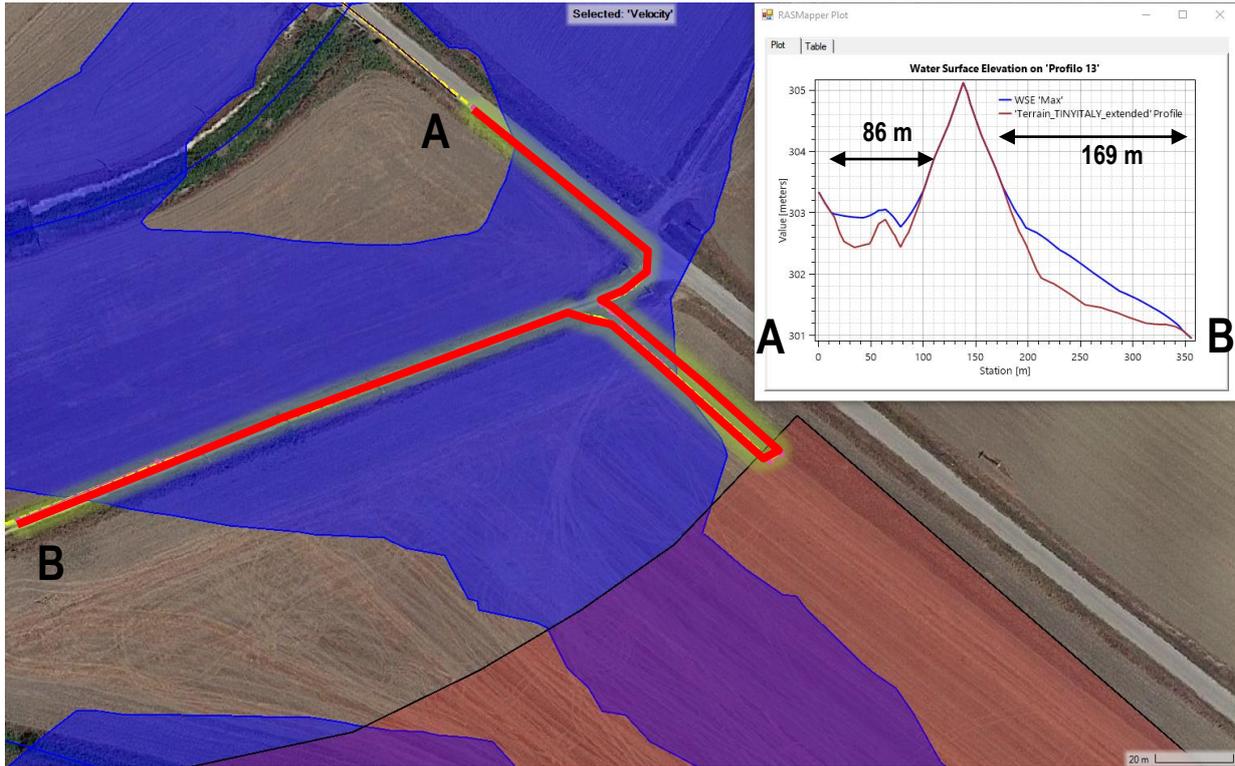


Figura 66. Porzione est dell'Area 4 di Figura 62 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 0.70 m circa.

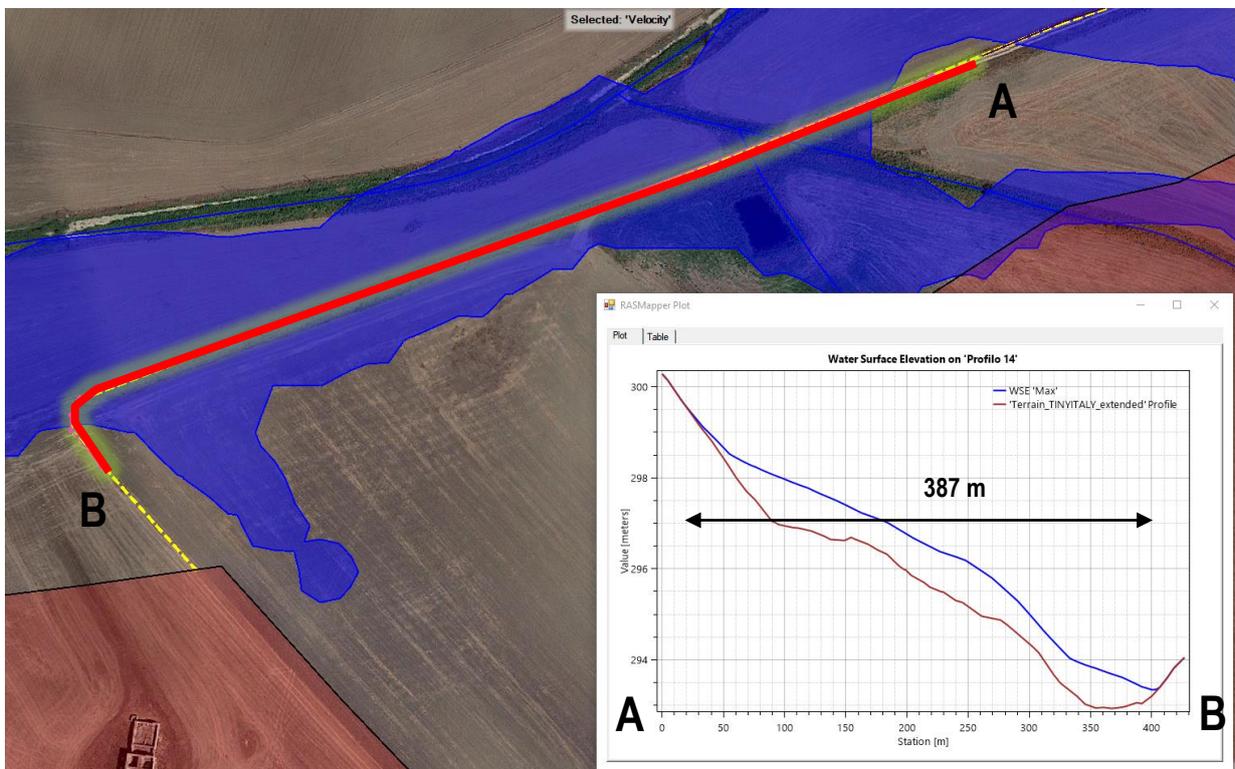


Figura 67. Porzione ovest dell'Area 4 di Figura 62 in cui l'elettrodotto attraversa la zona di allagamento. Altezza acqua massima 1.05 m circa.



Figura 68. Altezze idriche massime sull'area dell'impianto orientale (Zona 7). Figura 69 e Figura 70 per i dettagli.



Figura 69. Zoom sull'area 1 di Figura 68 con riporto numerico dei tiranti massimi (Zona 7).

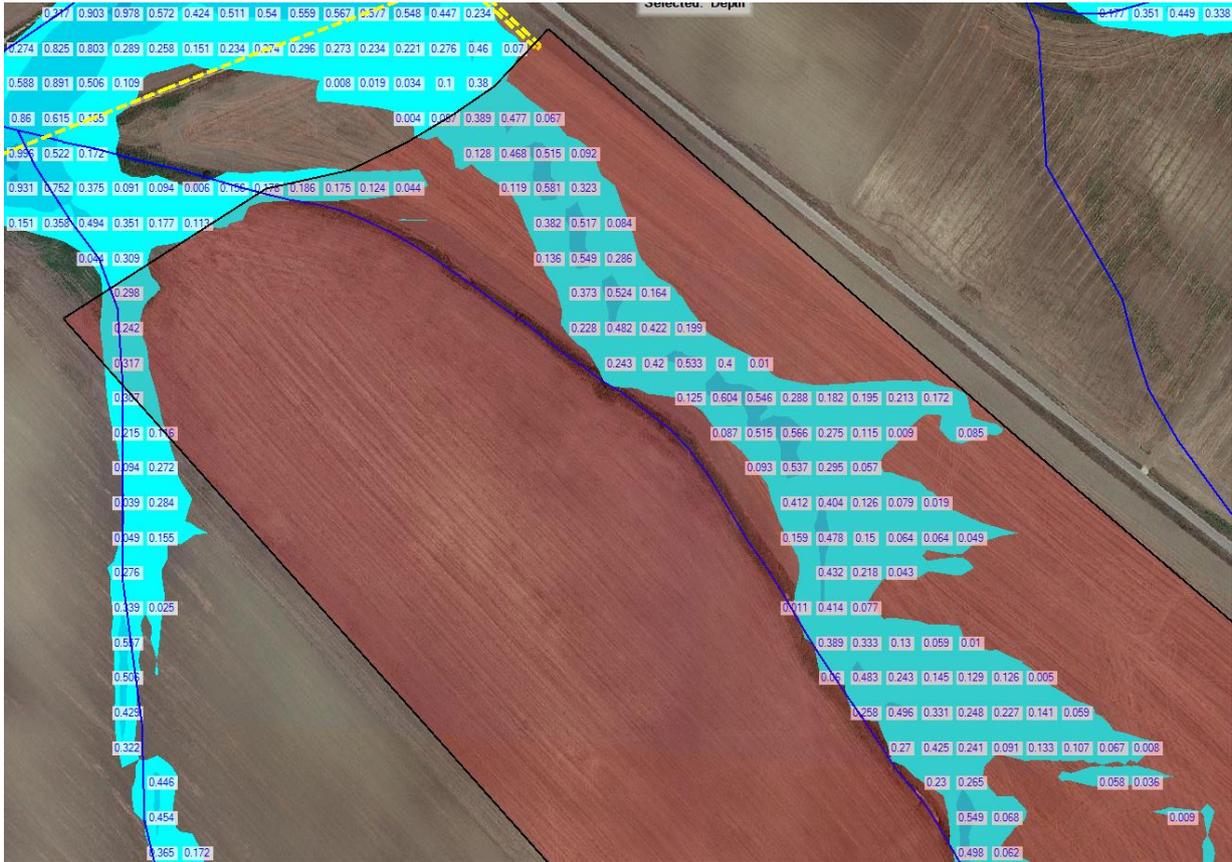


Figura 70. Zoom sull'area 2 di Figura 68 con riporto numerico dei tiranti massimi (Zona 7). Essi possono raggiungere anche mezzo metro.

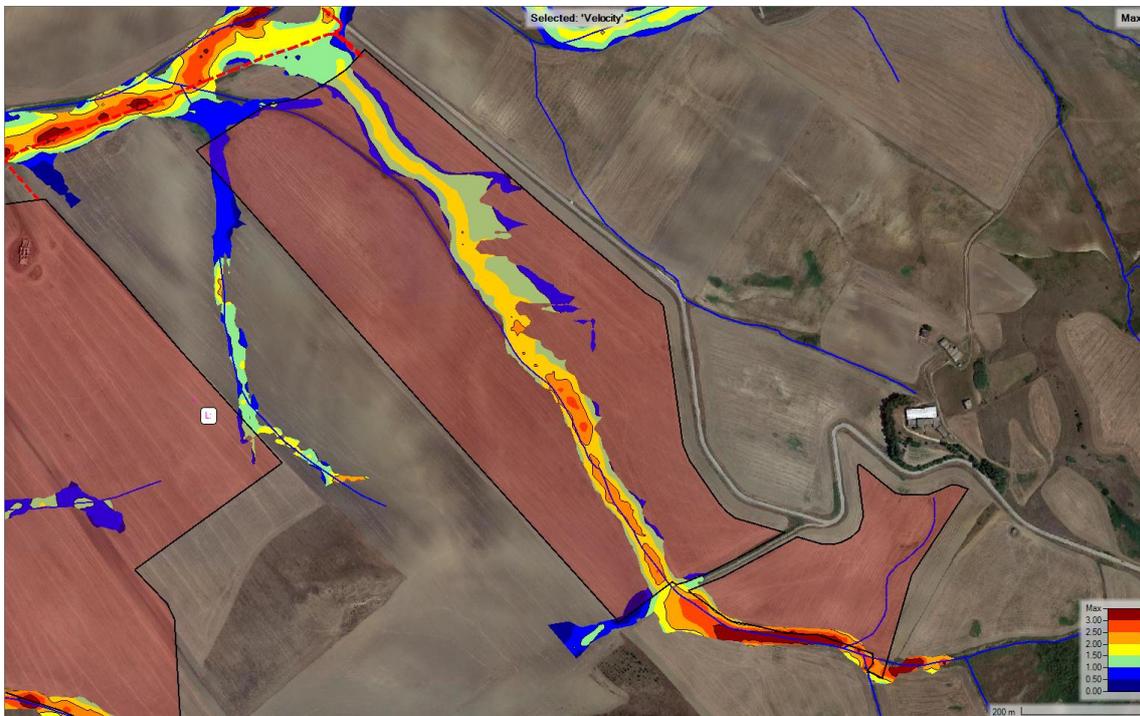


Figura 71. Velocità massime sull'area dell'impianto orientale (Zona 7).



Figura 72. Altezze idriche massime sull'area dell'impianto occidentale (Zona 7).



Figura 73 Zoom sull'area 1 di Figura 72 con riporto numerico dei tiranti massimi (Zona 7). Essi possono superare anche mezzo metro.

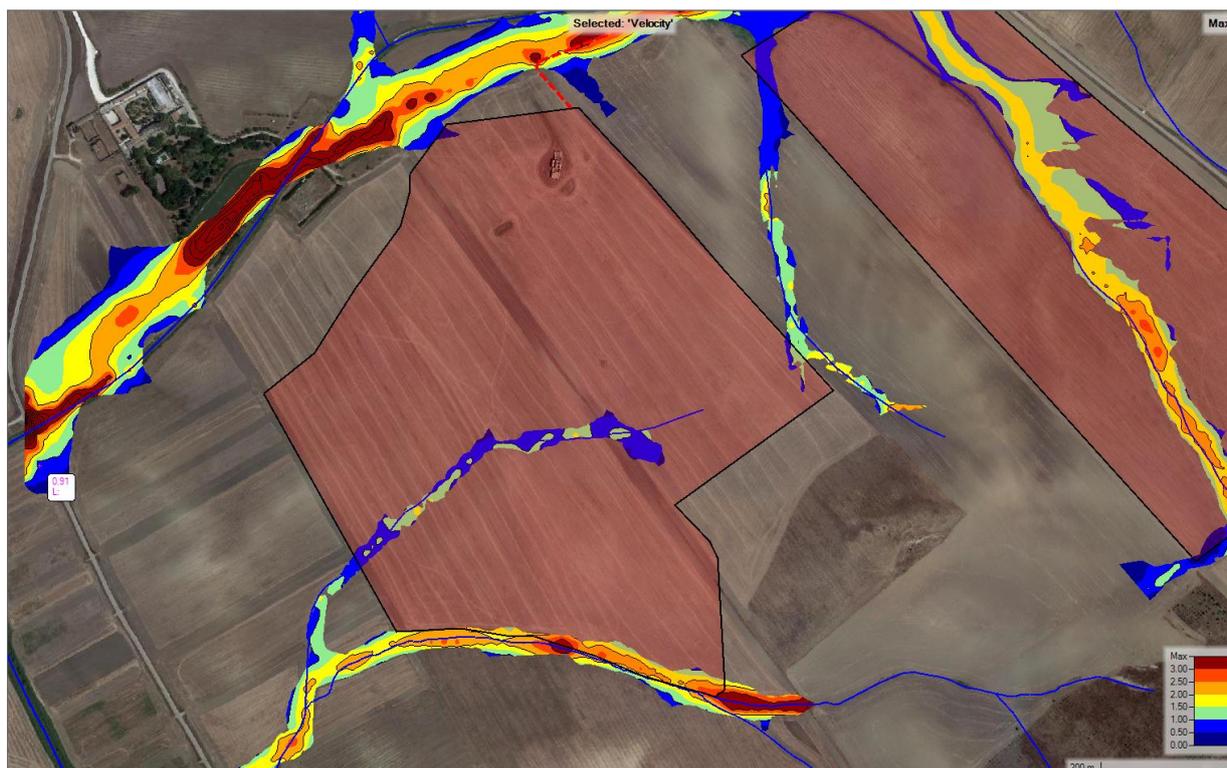


Figura 74. Velocità massime sull'area dell'impianto occidentale (Zona 7).



Figura 75. Impronta dell'area di allagamento sovrapposta all'impianto orientale. Area totale di circa 65 ha e larghezze dell'ordine dei 50 m.



Figura 76. Impronta dell'area di allagamento sovrapposta all'impianto occidentale. Area totale di circa 13 ha e larghezze dell'ordine dei 20 m.

6 CONCLUSIONI

L'azienda **Trina Solar Giglio S.r.l.** intende realizzare un impianto agrovoltaiico a terra, con relative opere di connessione, per una potenza di picco 61.1 MW.

L'opera prevede la realizzazione di un campo agrovoltaiico distribuito nel Comune di Poggiorsini (BA), su aree aventi superficie totale di circa 87 ha, e di un elettrodotto in media tensione (lungo circa 14630 m) attraversante i comuni di Poggiorsini (BA), Spinazzola (BAT) e Genzano di Lucania (PZ), fino a una stazione elettrica di trasformazione AT/MT da realizzarsi per la connessione alla RTN in alta tensione. In Basilicata l'elettrodotto attraversa il territorio afferente al torrente Basentello, nel bacino del Bradano.

Sulla base del nuovo Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, gli interventi in oggetto **non ricadono in aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica.**

Scopo del presente lavoro è stato quello di ***valutare l'eventuale interferenza tra il deflusso superficiale delle acque e la presenza dell'elettrodo in oggetto che si sviluppa in gran parte interrato*** in concomitanza di portate calcolate per un tempo di ritorno pari 200 anni.

Le elaborazioni riguardanti il calcolo delle portate e la valutazione delle caratteristiche morfologiche e geometriche dei bacini di interesse sono state eseguite mediante fogli di calcolo Excel e QGis. Il software HecRas 6.0.0 Beta 2 è stato utilizzato per la realizzazione di simulazioni in moto vario, utilizzando come dati di input gli idrogrammi di piena calcolati per un tempo di ritorno di 200 anni a riguardo della rete idrografica interessante la zona. In particolare, si è provveduto ad eseguire una serie di simulazioni fino alla convergenza dei risultati finali in corrispondenza dei quali il numero di Courant massimo si teneva molto al di sotto del valore 5 suggerito per la risoluzione delle equazioni implicite in HecRas. La convergenza dei risultati è stata ottenuta a partire da dimensione delle celle pari a 20 m di lato e con un intervallo computazionale pari a 5 s. Le simulazioni mostrano che:

- ❑ **L'elettrodotto in MT attraversa in più punti aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni. L'ampiezza delle stesse è variabile a seconda della zona considerata. In alcuni tratti l'elettrodotto attraversa perpendicolarmente un corso d'acqua, mentre in altri è subparallelo ad esso, trovandosi in ambo i casi in aree soggette ad allagamento.**
In fase di realizzazione, in queste zone, si consiglia al proponente il posizionamento dell'elettrodotto con tecnica spingi tubo.
- ❑ **Parte delle aree in cui verranno realizzati i campi fotovoltaici sono soggetti ad allagamenti causati dalla presenza di corsi d'acqua che li attraversano. I tiranti variano da pochi centimetri fino a quasi 1 m per la zona dell'impianto più occidentale.**
Si consiglia, per queste aree, di verificare le interferenze dei moduli fotovoltaici rispetto ad un eventuale allagamento (altezza dei moduli rispetto al livello massimo di acqua in caso di allagamento), prevedendo la possibilità di dotare i tracker ad inseguimento solare di sistemi di controllo di sicurezza in caso di allagamento.

Il tempo di ritorno richiesto nei calcoli (200 anni) è molto cautelativo rispetto alla vita utile dell'opera che è significativamente più bassa (circa 40 anni).

Da valutare, nelle aree soggette a possibili allagamenti, la non installazione delle cabine elettriche o di prevedere, laddove strettamente necessario, una basamento rialzato in funzione del tirante massimo calcolato.

Tanto si riporta per l'incarico ricevuto.

Ginosa, Luglio 2021

Dr. Geol. Francesco SOZIO

A circular professional stamp in green ink. The outer ring contains the text "ORDINE DEI GEOL." at the top and "PUGLIA" at the bottom. The center of the stamp contains the text "Dot. Geol. SOZIO FRANCESCO N. 247". A handwritten signature in green ink is written over the stamp.