



COMUNE DI TROIA

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI ORSARA DI PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 6 aerogeneratori con potenza di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nei comuni di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG), in località "Cancarro"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica

COD. ID.				
Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	4.2.5	07/2022	

Nome file	
-----------	--

REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	LUGLIO 2022	PRIMA EMISSIONE		MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:



Italgen S.p.A

Via Kennedy,37
24020 Villa di Serio (BG), Italia
P.IVA 02605580162

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729

	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"</p>	<p>Luglio 2022</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

RELAZIONE IDRAULICA

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	2
3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	8
5	STUDIO IDROLOGICO.....	10
5.1	<i>Metodologia utilizzata</i>	10
5.2	<i>Analisi morfologica</i>	11
5.3	<i>Analisi pluviometrica</i>	12
5.4	<i>Stima delle portate al colmo di piena</i>	14
6	STUDIO IDRAULICO.....	18
6.1.	Aree di alluvionamento.....	22
7	INTERSEZIONI CAVIDOTTO – RETICOLI IDROGRAFICI	25
8	CONCLUSIONI.....	27

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

1 PREMESSA

La presente Relazione Idraulica è parte integrante della proposta progettuale avanzata dalla società Italgen S.p.A, con sede legale in via Kennedy, 37 a Villa Di Serio (BG), promotrice del progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza complessiva di 36 MW e delle relative opere di connessione alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazione 150/36 kV ubicata nei comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia (FG), in località "Cancarro".

Il futuro impianto sarà costituito da un numero complessivo di 6 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, per una potenza nominale complessiva dell'impianto eolico pari a 36 MW. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata, tramite linee MT dedicate, alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazioni 150/36 kV.

La presente relazione idraulica si propone di analizzare il deflusso delle acque meteoriche, superficiali e sotterranee, compatibilmente con le NTA del PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia, nonché nel rispetto del Regolamento Regionale 26/2013 che disciplina le acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La Legge n. 183/1989 sulla difesa del suolo ha definito il bacino idrografico inteso come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti; nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente".

Inoltre, tale legge ha stabilito che il bacino idrografico debba essere l'ambito fisico di pianificazione per superare le frammentazioni e le separazioni prodotte in seguito all'adozione di aree di riferimento aventi confini meramente amministrativi.

Strumento di gestione del bacino idrografico è il Piano di Bacino, piano territoriale e di settore, che si configura come strumento di carattere "conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato".

L'Autorità di Bacino della Puglia, con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005, ha approvato il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano Stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989, n° 183.

Il PAI è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

Le finalità del PAI (art. 1) sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10. In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- *Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);*
- *Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);*
- *Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);*
- *Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);*
- *Fasce di pertinenza fluviale (art. 10).*

Relativamente alle aree a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), queste risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, relativamente alle aree definite "*Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6)*" e "*Fasce di pertinenza fluviale (art. 10)*", la loro delimitazione segue i seguenti criteri:

- (art. 6 comma 8) quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI 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;
- (art. 10 comma 3) quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra contermini all'area golenale, come individuata dall'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Laddove esistono perimetrazioni delle aree AP, MP e BP definite in base a specifici studi idrologici ed idraulici, trovano applicazione le norme contenute negli artt. 7, 8 e 9.

In relazione alle finalità e gli obiettivi generali del PAI, ai fini di assicurare la compatibilità con essi degli interventi sul territorio, le Norme Tecniche di Attuazione prevedono che (art.4):

- all'interno delle aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10, tutte le nuove attività ed i nuovi interventi devono essere tali da:
 - a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

- b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- c) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- d) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- e) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- f) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- g) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Gli obiettivi del PAI sono definiti dall'art. 17 e consistono nel perseguire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica come definite dall'art. 36.

L'art. 36 definisce per sicurezza idraulica la condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio. *Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

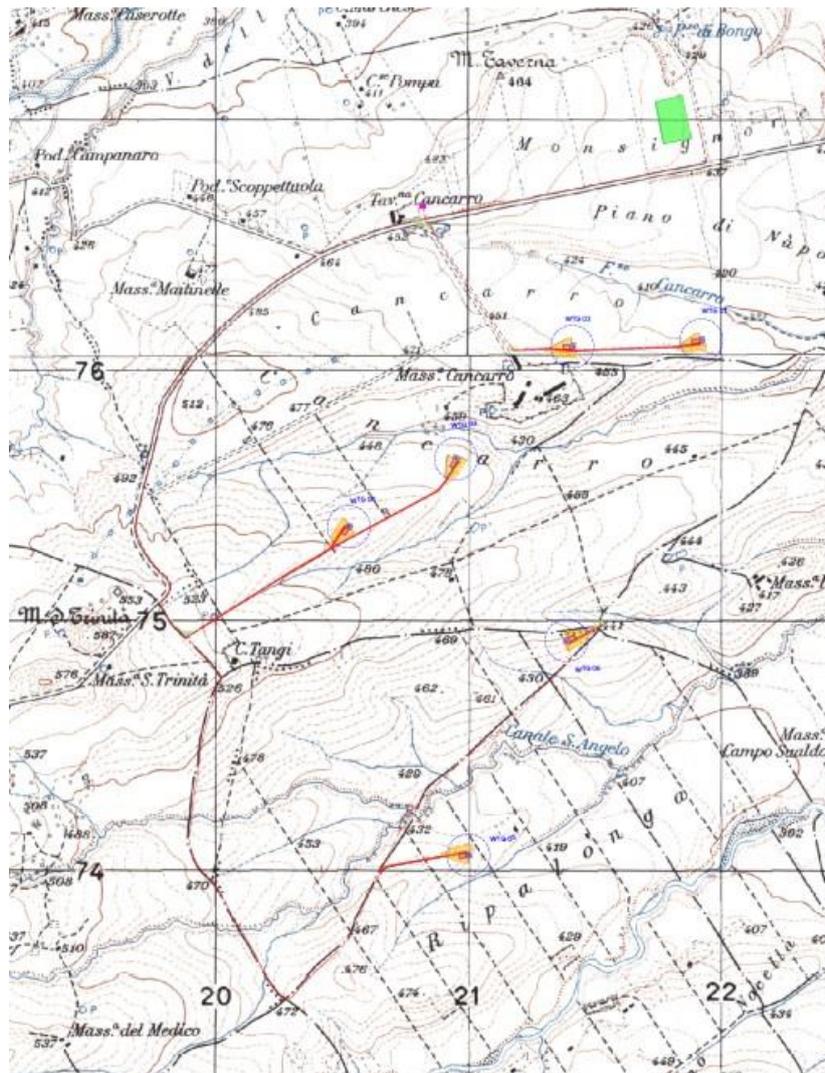
Il progetto per la realizzazione del parco eolico in oggetto prevede l'installazione di 6 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170, ciascuno della potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 36 MW, sito in località "Cancarro" nel territorio comunale di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG).

Il modello di turbina che si intende adottare è del tipo SG 6.0 – 170 o similari. Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale nel range di 6.0 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente; sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti: D (diametro rotore) fino a 170 m, H_{mozzo} (altezza torre) fino a 115 m, H_{max} (altezza della torre più raggio pala) fino a 200 m.

Lo sfruttamento dell'energia del vento è una fonte naturalmente priva di emissioni: la conversione in elettricità avviene infatti senza alcun rilascio di sostanze nell'atmosfera. La tecnologia utilizzata consiste nel trasformare l'energia del vento in energia meccanica attraverso degli impianti eolici, che riproducono il funzionamento dei vecchi mulini a vento. La rotazione prodotta viene utilizzata per azionare gli impianti aerogeneratori. Rispetto alle configurazioni delle macchine, anche se sono state sperimentate varie soluzioni nelle passate decadi, attualmente la maggioranza degli aerogeneratori sul mercato sono del tipo tripala ad asse orizzontale, sopravvento rispetto alla torre. La potenza è trasmessa al generatore elettrico attraverso un moltiplicatore di giri o direttamente utilizzando un generatore elettrico ad elevato numero di poli.

Gli aerogeneratori si trovano in media a più di 4 km dal centro abitato di Troia, a poco più di 4,5 km dal centro abitato di Orsara di Puglia, a poco più di 4,8 km dal centro abitato di Celle San Vito e a poco più di 3 km dal centro abitato di Castelluccio Valmaggiore, compatibilmente con l'art. 5.3. "Misure di mitigazione" dell'Allegato IV del DM 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", secondo il quale la minima distanza di ciascun aerogeneratore dai centri abitati individuati dagli strumenti urbanistici vigenti non deve essere inferiore a 6 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore, nel caso in esame pari a 1,2 km (6 *200m).



Inquadramento del parco eolico su IGM

Il sito è facilmente raggiungibile dalla Autostrada A16 Napoli – Canosa, uscendo al casello autostradale di Candela e proseguendo per la SP95, poi per la SS655, per la SP106 e per la SP123 si può raggiungere un accesso del parco in corrispondenza della WTG01.

Uscendo al casello di Grottamirarda, invece, e proseguendo verso la SS90, poi per la SP58, si può raggiungere un secondo accesso in corrispondenza degli aerogeneratori WTG04 e WTG05.

Tutte le strade di collegamento all'area di impianto sono idonee al transito dei mezzi speciali di trasporto.



Carta della viabilità – Google Maps

Dal punto di vista catastale, l'asse dell'aerogeneratore ricade sulle seguenti particelle del Nuovo Catasto Terreni:

WTG	Foglio	Particella	Comune
WTG1	8	156	Troia
WTG2	8	270	Troia
WTG3	8	149	Troia
WTG4	8	407	Troia
WTG5	2	148	Orsara di Puglia
WTG6	2	42	Orsara di Puglia

Dal punto di vista cartografico l'asse degli aerogeneratori è collocato alle seguenti coordinate in WGS 84-UTM 33N:

WTG	E	N
WTG1	521850.75	4575926.55
WTG2	521339.11	4575901.08
WTG3	520878.51	4575452.99
WTG4	520453.85	4575181.39
WTG5	520927.31	4573869.89
WTG6	521316.76	4574727.76

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata, tramite linee MT dedicate, alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazioni 150/36 kV.

Le suddette opere si possono suddividere in:

- Rete di media tensione dell'impianto eolico, costituita dalle linee in media tensione 36 kV che connettono gli aerogeneratori alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazioni 150/36 kV;
- Impianto di Rete per la connessione alla RTN.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore viene trasformata da bassa a media tensione attraverso il trasformatore installato all'interno dell'aerogeneratore medesimo per essere poi convogliata al quadro di media tensione a 36 kV, posto alla base della torre di sostegno.

Lo schema proposto per il collegamento degli aerogeneratori alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazioni 150/36 kV consiste in una soluzione mista di linee radiali e ad albero, in funzione della disposizione degli aerogeneratori stessi, dell'orografia del territorio e della viabilità interna del parco.

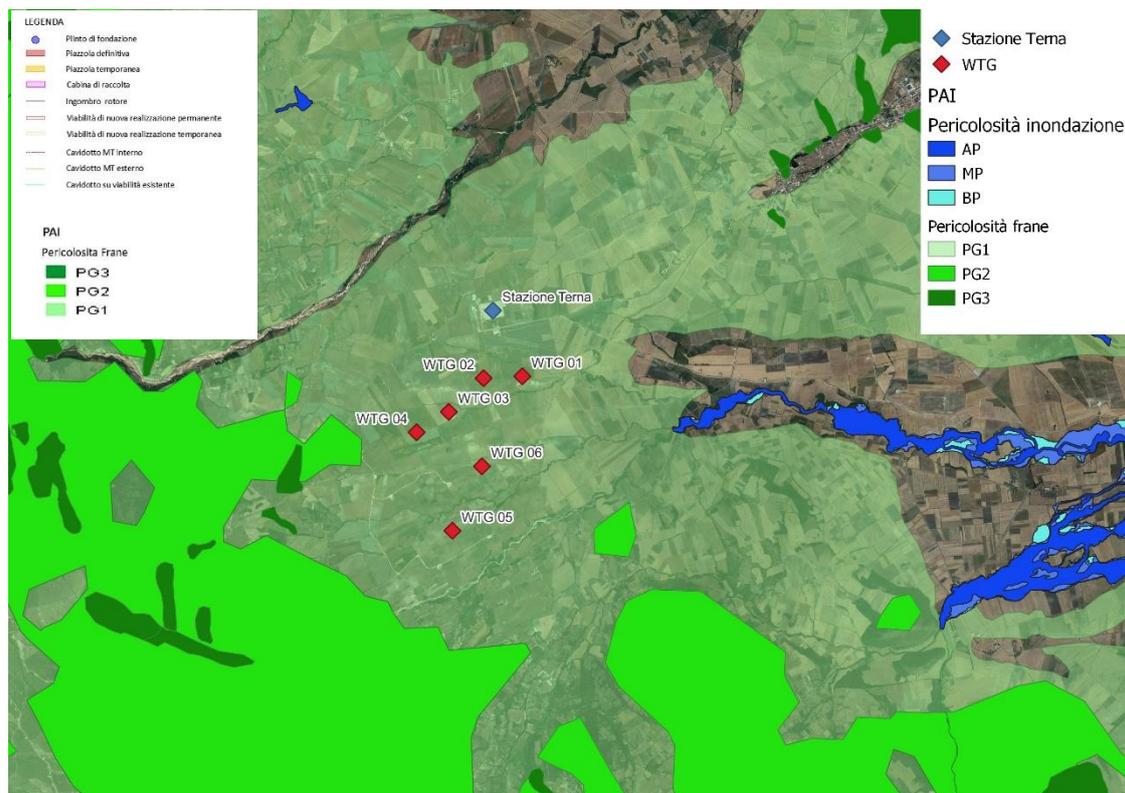
Il cavidotto interno al parco di collegamento tra i 6 aerogeneratori di progetto ha una lunghezza pari a circa 9.2 km, di cui 3.9 km nel territorio di Troia, di cui 1.4 km nel territorio di Celle San Vito, 0.5 km al confine tra il territorio di Celle San Vito e Orsara di Puglia, di cui 0.6 km nel territorio di Castelluccio Valmaggiore e 2.8 km nel territorio di Orsara di Puglia.



Planimetria Ampliamento Stazione Terna

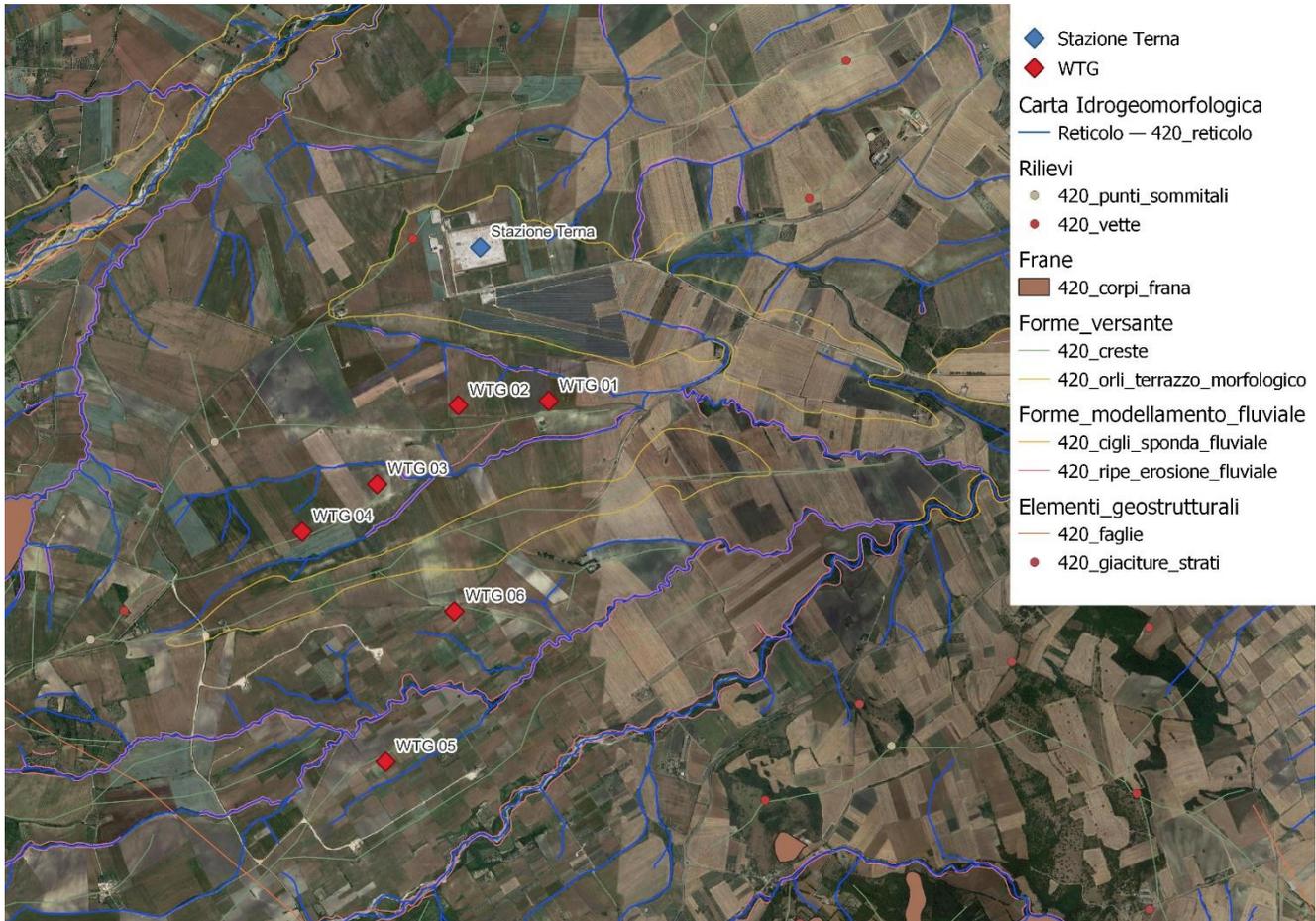
4 INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Le aree interessate dagli interventi **sono esterne alle aree a pericolosità idraulica AP, MP e BP**, come si può dedurre dalla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia. Inoltre, le aree interessate dall'installazione degli aerogeneratori **sono esterne alle aree a pericolosità geomorfologica PG3**, ma risultano **interne alle aree a pericolosità geomorfologica PG1 e un breve tratto di cavidotto risulta interno alle aree a pericolosità geomorfologica PG2**, per cui sarà necessario uno studio di compatibilità geologica e geotecnica, al fine della valutazione della compatibilità dell'intervento ai sensi delle NTA del PAI.



Inquadramento su PAI

Relativamente alla Carta Idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, l'elemento più significativo è quello dei *corsi d'acqua*, intendendo con tale terminologia l'insieme dei percorsi lineari dei deflussi, che costituiscono il reticolo idrografico di un territorio. Dallo studio della carta, si evince che le aree di intervento per l'ubicazione degli aerogeneratori sono lambite da alcuni **reticoli idrografici**, come si può evincere dal seguente stralcio planimetrico e dagli elaborati grafici in allegato.

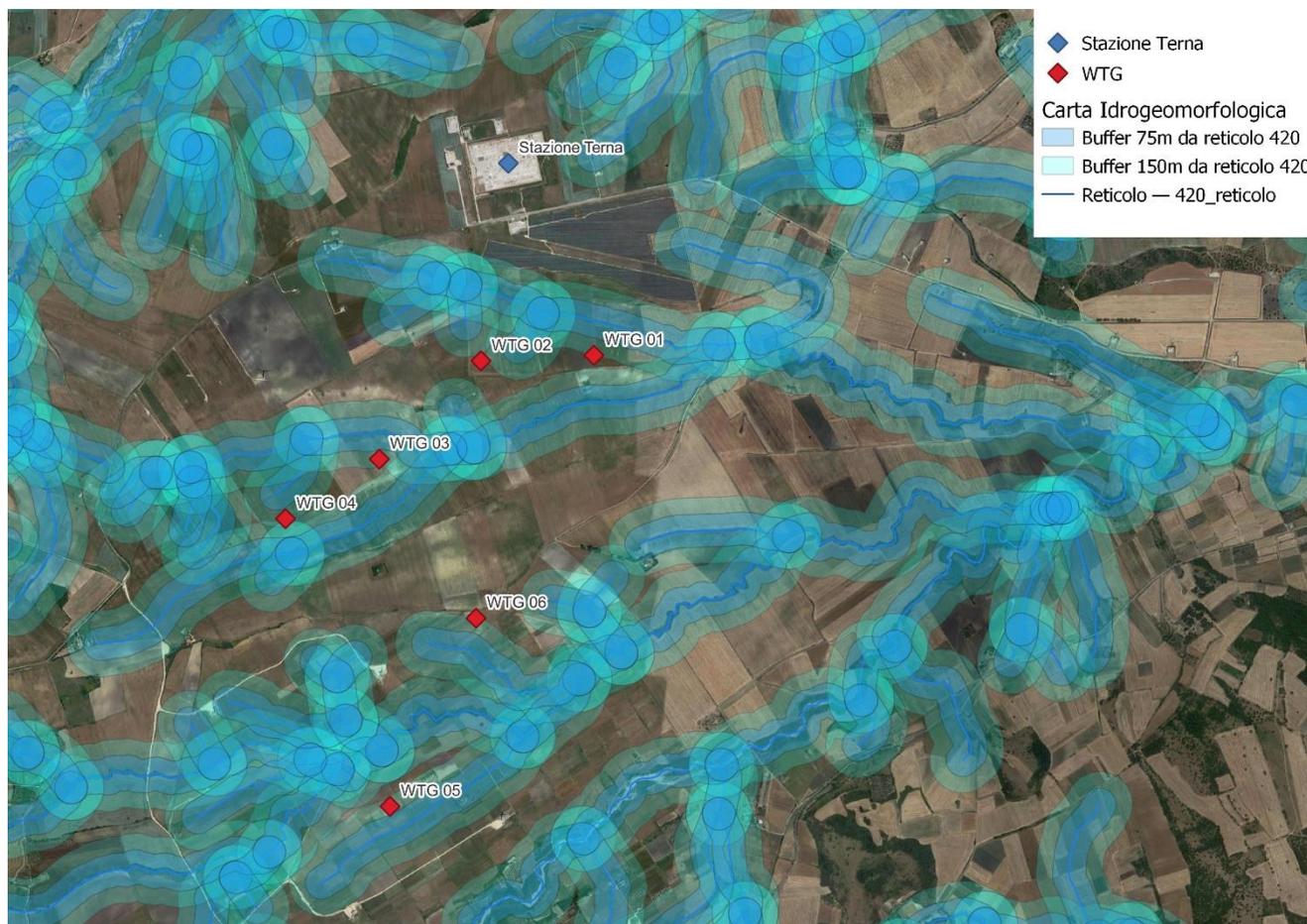


Inquadramento sulla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia

L'aerogeneratore WTG02 è l'unico a risultare **esterno sia alla fascia di rispetto di 75 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, che alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale**, come definita all'art. 10 delle NTA del PAI.

I rimanenti WTG01, WTG03, WTG04, WTG05 e WTG06 risultano **esterni alla fascia di rispetto di 75 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, ma interni alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale**.

Per tutti gli aerogeneratori, ad esclusione della WTG02, è necessario uno studio di compatibilità idrologia e idraulica, comprensivo di analisi idrologica e modellazione idraulica per individuare l'impronta allagabile per un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni, al fine di valutare le condizioni di sicurezza per le opere da farsi.



Reticolo idrografico con relativi buffer di rispetto

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 Metodologia utilizzata

Nel rispetto delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia, che attribuiscono ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni la verifica per il requisito della "sicurezza idraulica", lo studio idrologico a livello di bacino è finalizzato alla determinazione della portata di piena e lo studio idraulico a valutare l'effetto al suolo della propagazione di tale piena.

Lo studio idrologico è condotto secondo le seguenti 5 fasi:

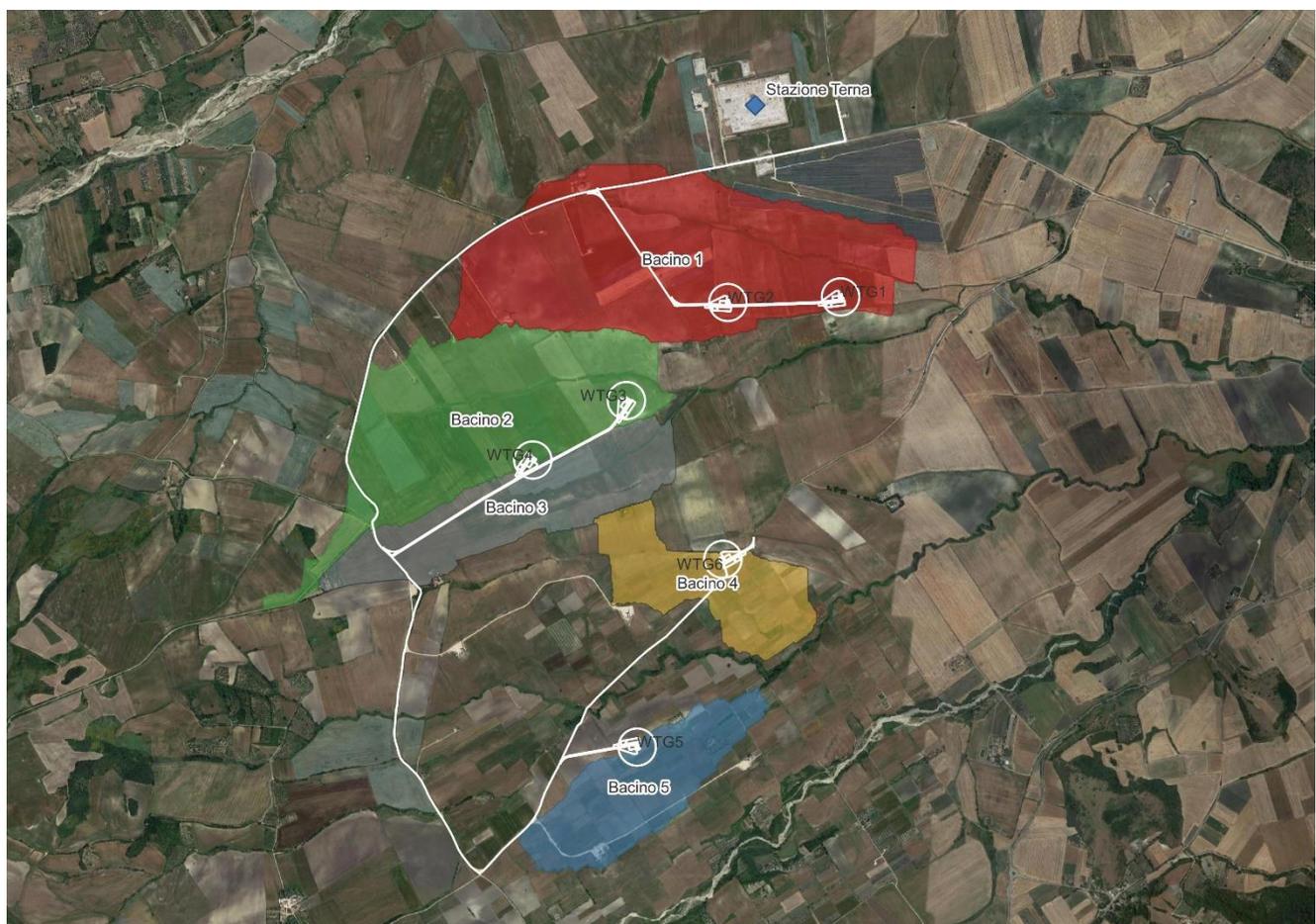
1. reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:5000 ed ortofoto) e del modello digitale del terreno (DTM e dati LIDAR);
2. analisi morfologica per l'individuazione dei bacini idrografici di interesse;
3. definizione delle caratteristiche morfometriche dei bacini di studio (superficie, quota media, lunghezza dell'asta principale e pendenza media del bacino);
4. analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee in cui ricadono i bacini, definite negli studi del "VaPi - Puglia" attraverso l'analisi di regionalizzazione dei dati osservati delle precipitazioni intense, ed indicata come metodologia di riferimento nel PAI;

5. determinazione della portata di piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 anni e 500 anni.

5.2 *Analisi morfologica*

Dopo la consultazione del WebGIS dell'Autorità di Bacino per una definizione grossolana del bacino di interesse, si è proceduto all'acquisizione del modello digitale del terreno LIDAR 1x1 m.

I dati a disposizione sono stati elaborati tramite il software GIS. La delimitazione dei bacini tributari e l'estrazione del reticolo, per il successivo calcolo della portata idrologica al colmo di piena, è stata eseguita sulla base del modello digitale del terreno Lidar 1x1, utilizzando il tool Hydrology del software ESRI- ArcGIS 10.2 con le funzioni di Fill, Flow direction e Flow accumulation.



Sottobacini idrografici

Determinati i bacini tributari, si è effettuato lo studio morfologico dei bacini idrografici al fine di determinare le caratteristiche morfometriche principali, necessarie all'elaborazione idrologica:

	Area di corrivazione	Lunghezza asta principale	Hmax	Hmin	Hmean	Dislivello	Pendenza media del bacino	Pendenza media dell'asta principale
	Km ²	Km	m.s.l.m	m.s.l.m	m.s.l.m	m	%	%
Bacino 1	1,21	2,58	501,6	393,7	448,9	107,9	10,2%	4,2%
Bacino 2	0,91	2,22	598,1	432,7	485,5	165,4	14,6%	7,4%
Bacino 3	0,49	2,00	570,9	436,2	496,4	134,7	13,6%	6,7%
Bacino 4	0,35	1,47	490,6	400,3	439,6	90,4	11,8%	6,2%
Bacino 5	0,38	1,10	472,2	439,8	410,6	32,3	10,5%	2,9%

5.3 Analisi pluviometrica

La determinazione della curva di possibilità pluviometrica dei bacini idrografici in esame è stata determinata attraverso la metodologia propria del progetto VaPi Puglia, metodologia di riferimento delle N.T.A. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia. Il metodo VaPi effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Puglia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.



$$\begin{aligned} \text{Zona 1: } & x(t,z) = 26.8 t^{\{(0.720+0.00503 z)/3.178\}} \\ \text{Zona 2: } & x(t) = 22.23 t^{0.247} \\ \text{Zona 3: } & x(t,z) = 25.325 t^{\{(0.0696+0.00531 z)/3.178\}} \\ \text{Zona 4: } & x(t) = 24.70 t^{0.256} \\ \text{Zona 5: } & x(t,z) = 28.2 t^{\{(0.628+0.0002 z)/3.178\}} \\ \text{Zona 6: } & x(t,z) = 33.7 t^{\{(0.488+0.0022 z)/3.178\}} \end{aligned}$$

Nel VAPI, l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (two components extreme value); la particolarità di questo modello è quella di riuscire a considerare gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità di tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

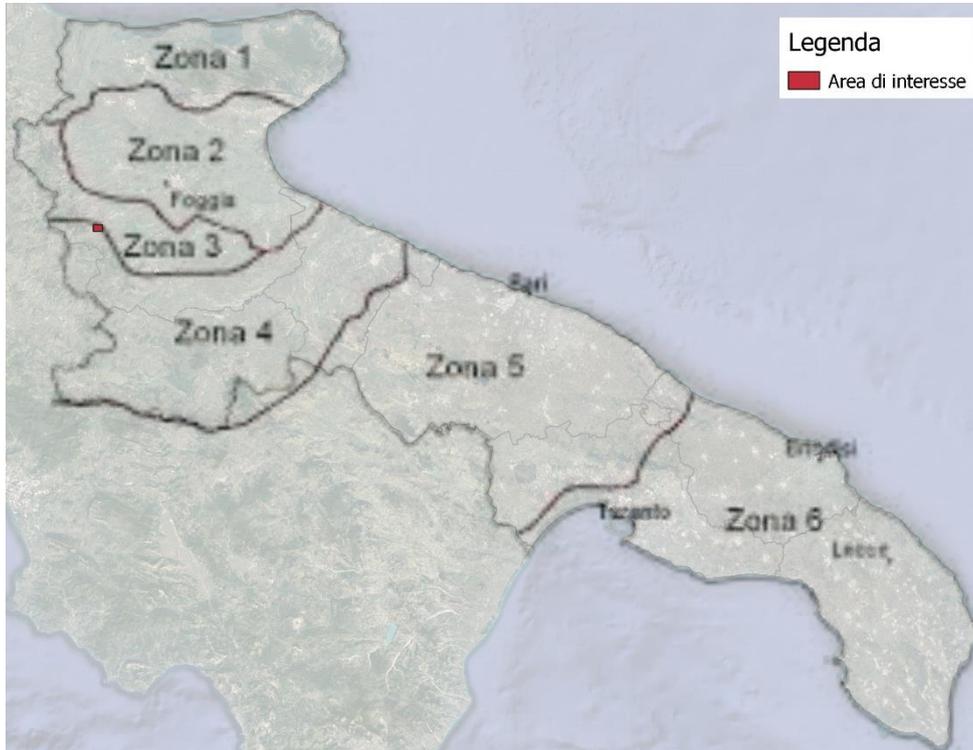
L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, con due zone omogenee al primo e secondo livello, ovvero Puglia Settentrionale e Centro – Meridionale, e sei zone omogenee al terzo livello, dove si indaga la variabilità spaziale del valor medio dell'altezza di pioggia.

I bacini in esame rientrano nella *zona omogenea 4 della Puglia Settentrionale* pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$\text{ZONA 4: } x(t) = 24.70 * t^{0.256}$$

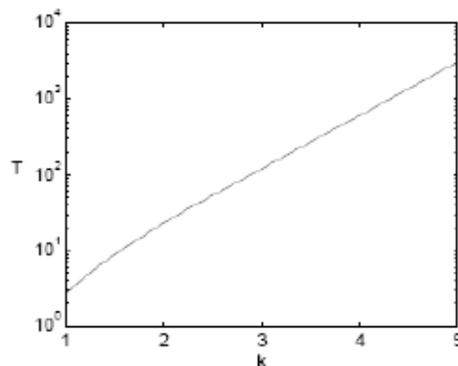
	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

dove t delle curve pluviometriche si assume pari al tempo di ritardo; per i bacini pugliesi si considera la seguente formula empirica, in funzione dell'area del bacino in Km²: $t = 0.344 * A^{0.5}$.



Zone omogenee del VaPi Puglia

L'altezza di pioggia totale è pari a $X(t, T) = x(t, z) * K_T$, con K_T fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno. È possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T = K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T . Per quanto concerne il fattore di crescita esso è espresso per la Puglia Settentrionale con tale espressione: $K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T$.



Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno

Di seguito si riporta il calcolo del tempo di ritardo, preliminare al calcolo dell'altezza di pioggia critica:

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

	Area	t
	km ²	(ore)
Bacino 1	1,21	0,38
Bacino 2	0,91	0,33
Bacino 3	0,49	0,24
Bacino 4	0,35	0,20
Bacino 5	0,38	0,21

Conoscendo il valore del tempo di ritardo è possibile determinare il valore h dell'altezza di pioggia, ed applicando a quest'ultima i coefficienti relativi al fattore probabilistico di crescita K_t pari a 1.98 per $Tr = 30$ anni, a 2.76 per $Tr = 200$ anni e pari a 3.14 per $Tr = 500$ anni.

	h	K_t	h30	K_t	h200	K_t	h500
	mm	Tr = 30	mm	Tr = 200	mm	Tr = 500	mm
Bacino 1	19,26	1,98	38,06	2,76	53,23	3,14	60,55
Bacino 2	18,57	1,98	36,70	2,76	51,32	3,14	58,38
Bacino 3	17,16	1,98	33,90	2,76	47,41	3,14	53,93
Bacino 4	16,43	1,98	32,47	2,76	45,41	3,14	51,66
Bacino 5	16,61	1,98	32,82	2,76	45,89	3,14	52,21

5.4 Stima delle portate al colmo di piena

La portata di piena viene calcolata con il metodo del "Soil Conservation Service" (S.C.S.).

Per la stima della pioggia netta, tale da determinare deflusso superficiale, al fine del calcolo della portata di piena, si è utilizzata la metodologia che prevede la determinazione del Curve Number (CN), parametro adimensionale che indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La sua determinazione è effettuata determinando il gruppo idrologico di appartenenza (A, B, C, D) e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

I valori del CN, quindi, rappresentano la capacità di risposta dei bacini analizzati, in termini di infiltrazione e ruscellamento superficiale a fronte di un evento meteorico. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS (Carta litologica).

Gruppo A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
Gruppo B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
Gruppo C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
Gruppo D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

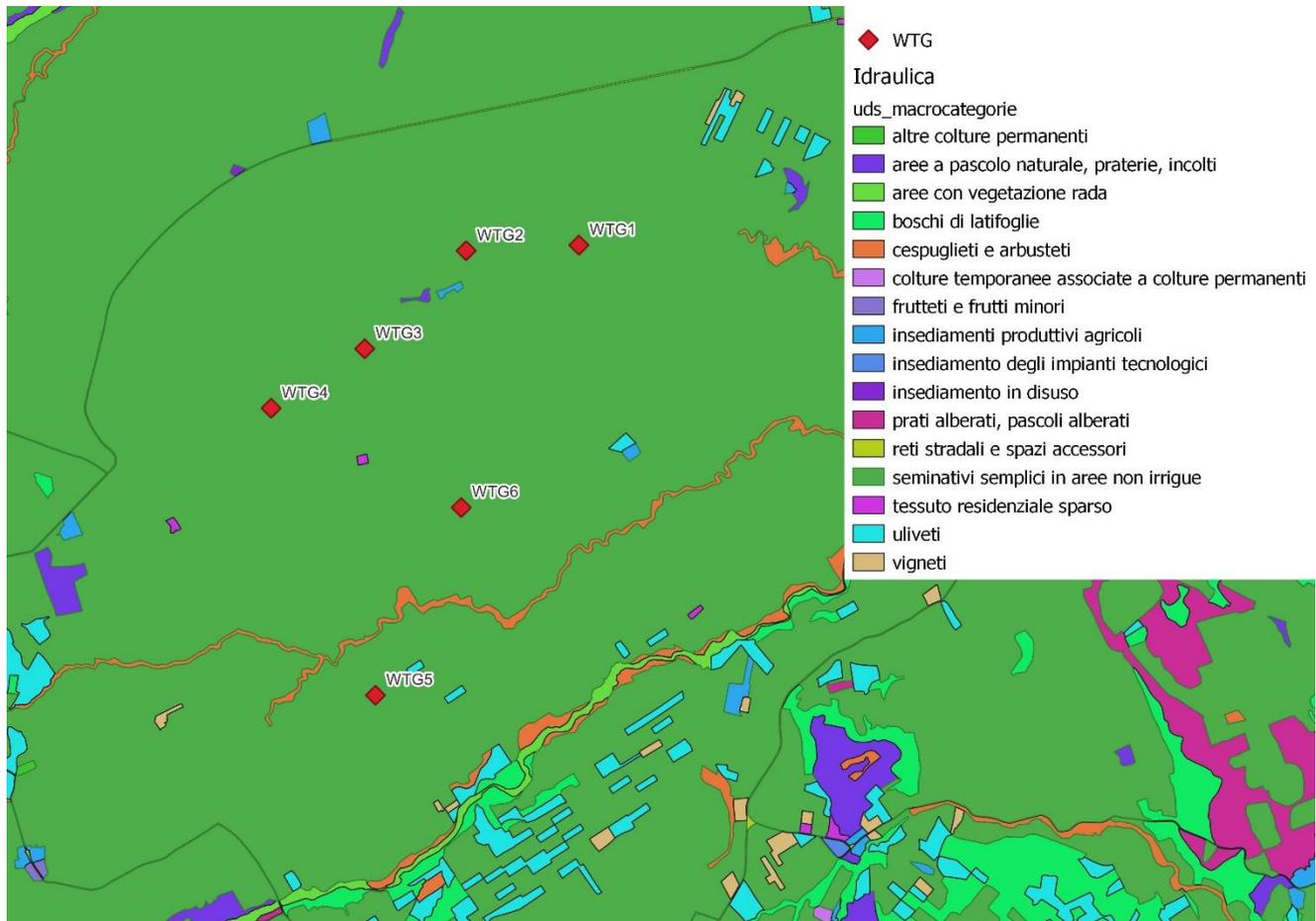
Gruppi geolitologici



Carta Litologica

La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.), varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi) e diverse condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

Dall'analisi della Carta dell'Uso del Suolo, si evince che gli aerogeneratori sono ubicati in zone caratterizzate dalla presenza di **seminativi semplici in aree non irrigue**.



Carta Uso del Suolo

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste il terreno del bacino si presenta in condizioni di elevato imbibimento, considerata l'entità degli interventi, si è preferito adottare a vantaggio di sicurezza un valore del Curve Number pari al CN III, in quanto trattasi di aree non urbanizzate.

Il CN III si calcola a partire dal CN II corrispondente alla classe AMC-tipo II, come di seguito tabellato:

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	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

Definito il parametro del CN III ($CN\ III = CN\ II/0.43 + 0.0057 \cdot CN\ II$) è possibile determinare il valore di altezza di pioggia netta P_n , mediante la seguente relazione:

$$P_n = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \text{ in mm}$$

con $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$ che rappresenta il massimo volume di invaso al suolo, in funzione del CN e P è l'altezza di pioggia totale, precedentemente calcolata con il metodo VaPi Piogge, in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno.

	CN II medio	CN III	S	P30	Pn30	P200	Pn200	P500	Pn500
			mm						
Bacino 1	75,63	87,83	35,20	38,06	14,53	53,23	26,21	60,55	32,28
Bacino 2	74,96	87,44	36,49	36,70	13,12	51,32	24,07	58,38	29,80
Bacino 3	73,45	86,55	39,48	33,90	10,33	47,41	19,77	53,93	24,78
Bacino 4	71,00	85,06	44,61	32,47	8,14	45,41	16,42	51,66	20,91
Bacino 5	71,00	85,06	44,61	32,82	8,34	45,89	16,75	52,21	21,32

Secondo il metodo SCS, il tempo di ritardo del bacino idrografico viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

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

t_l = tempo di ritardo in ore con la formula di Mockus;

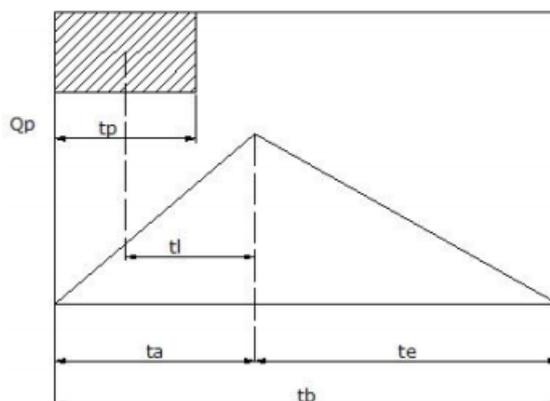
s: pendenza media del bacino, espressa in %;

L: lunghezza dell'asta principale estesa sino allo spartiacque, espressa in km.

Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula: $t_c = t_l / 0.6$.

Per il calcolo della portata al colmo si considera un diagramma di piena triangolare "Idrogramma di Mockus", che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

Il tempo di accumulo è pari a $t_a = 0.5 t_c + t_i$



L'area sottesa da tale triangolo definisce la portata al colmo di piena, che, pertanto, assume la formulazione seguente:

$$Q_p = 0.208 * \frac{P_n * A}{t_a}$$

L'ascissa e l'ordinata del picco dell'onda di piena rappresentano, rispettivamente, il tempo di risposta del bacino e la portata al colmo.

	L	s	ti	tp	ta	A	Pn30	Q (Tr=30)	Pn200	Q (Tr=200)	Pn500	Q (Tr=500)
	Km	%	ore	ore	ore	km ²	mm	m ³ /s	mm	m ³ /s	mm	m ³ /s
Bacino 1	2,58	10,19%	0,42	0,70	0,77	1,21	14,53	4,75	26,21	8,56	32,28	10,54
Bacino 2	2,22	14,57%	0,32	0,53	0,58	0,91	13,12	4,28	24,07	7,85	29,80	9,72
Bacino 3	2,00	13,62%	0,31	0,52	0,57	0,49	10,33	1,84	19,77	3,53	24,78	4,43
Bacino 4	1,47	11,81%	0,27	0,46	0,50	0,35	8,14	1,18	16,42	2,37	20,91	3,02
Bacino 5	1,10	10,46%	0,23	0,39	0,43	0,38	8,34	1,54	16,75	3,10	21,32	3,95

6 STUDIO IDRAULICO

Lo studio dei fenomeni di inondazione affronta essenzialmente due problemi:

- la modellazione dell'evento di pioggia – analisi idrologica;
- la definizione dell'evoluzione dell'onda di piena all'interno dell'alveo - analisi idraulica.

Si riportano, di seguito, le portate di piena bicentenaria determinate con lo studio idrologico, che saranno considerate come input per la modellazione idraulica, finalizzata alla simulazione della propagazione di tale portata nei tratti rappresentativi degli alvei di studio.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

	Q_p	i
	m^3/s	(%)
Bacino 1	8,6	4,2%
Bacino 2	7,9	7,4%
Bacino 3	3,5	6,7%
Bacino 4	2,4	6,2%
Bacino 5	3,1	2,9%

Al fine di aumentare il criterio di sicurezza e per conferire al modello idraulico la giusta rappresentatività nelle condizioni più gravose, si è assunto di applicare le portate di piena calcolate nello studio idrologico, riferite alla sezione di chiusura del bacino.

Dapprima è stato generato il TIN (Triangulated Irregular Network) a partire dal LIDAR, in seguito sono stati tracciati lo stream (river) e i cigli del corso d'acqua (banks), i flowpath che rappresentano il dominio in cui studiare la propagazione della piena e, infine, sono state generate le sezioni trasversali di studio (cut section).

Per lo studio idraulico si è utilizzato il software HEC-RAS, attraverso il quale, inserendo i dati geometrici dell'alveo e i dati idrologici sulla portata (condizioni al contorno), è possibile modellare la propagazione di una corrente lungo un corso d'acqua in condizioni sia di moto permanente che di moto vario, utilizzando uno schema di moto monodimensionale o bidimensionale.

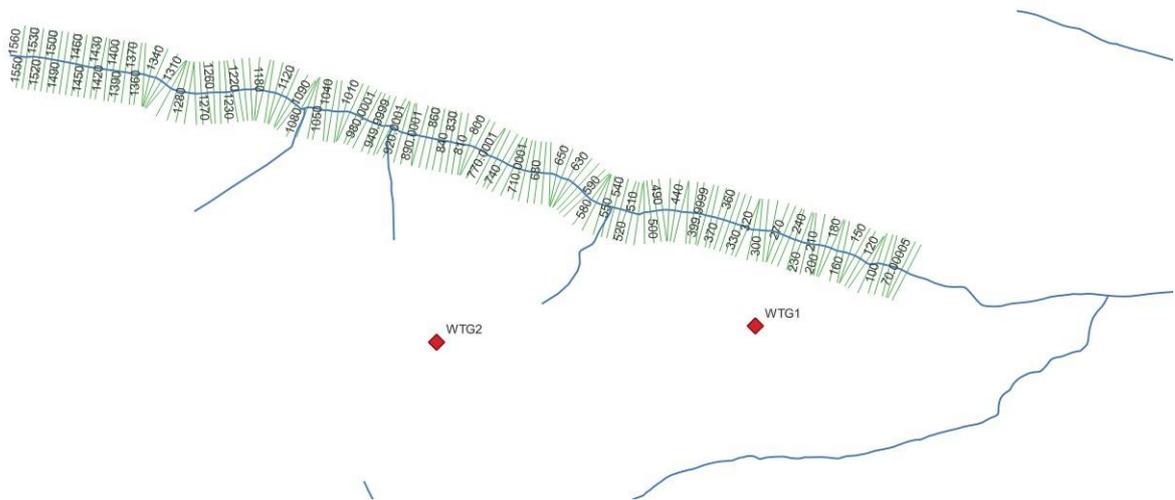
La schematizzazione più utilizzata è quella monodimensionale, la quale offre risultati soddisfacenti quando la componente principale di moto è lungo una direzione prevalente. Risulta ragionevole considerare una direzione prevalente di deflusso delle acque e, quindi, utilizzare uno schema di moto monodimensionale per la modellazione idraulica.

Per poter risolvere correttamente le equazioni di moto occorre disporre delle condizioni di monte e di valle che regolano il deflusso della corrente. A tale proposito occorre ricordare che una corrente lenta è influenzata dalle condizioni di monte mentre una corrente veloce è influenzata unicamente dalle condizioni di valle; se infine si tratta di una corrente mista allora sarà influenzata sia dalle condizioni al contorno a monte che a valle.

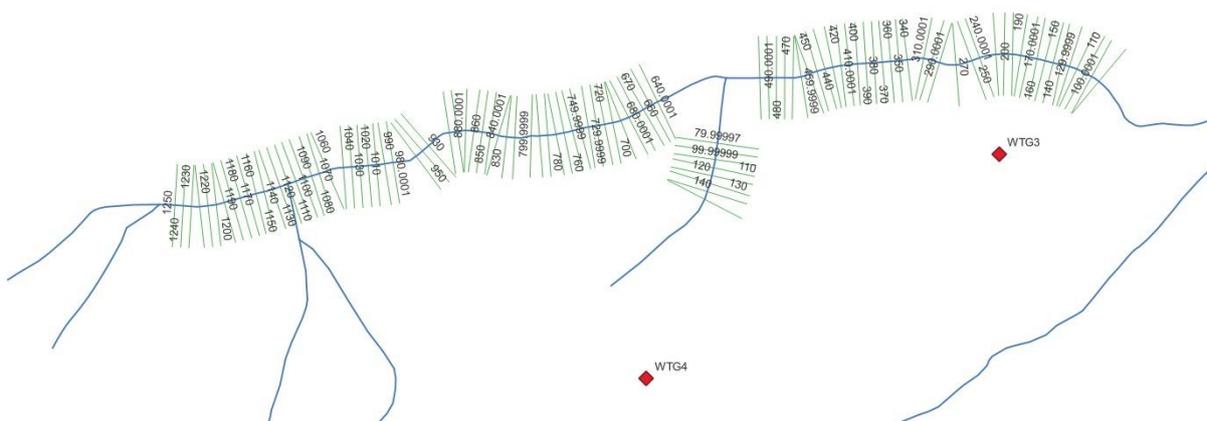
Nel caso in studio, la verifica idraulica è stata condotta utilizzando delle sezioni trasversali agli impluvi ubicate ad una distanza media l'una dall'altra pari a 10 m. Le caratteristiche di moto sono state valutate su ogni singola sezione trasversale dei corsi d'acqua, quindi, è stata valutata l'interferenza con le sezioni contigue.

Di seguito si riportano i bacini di studio:

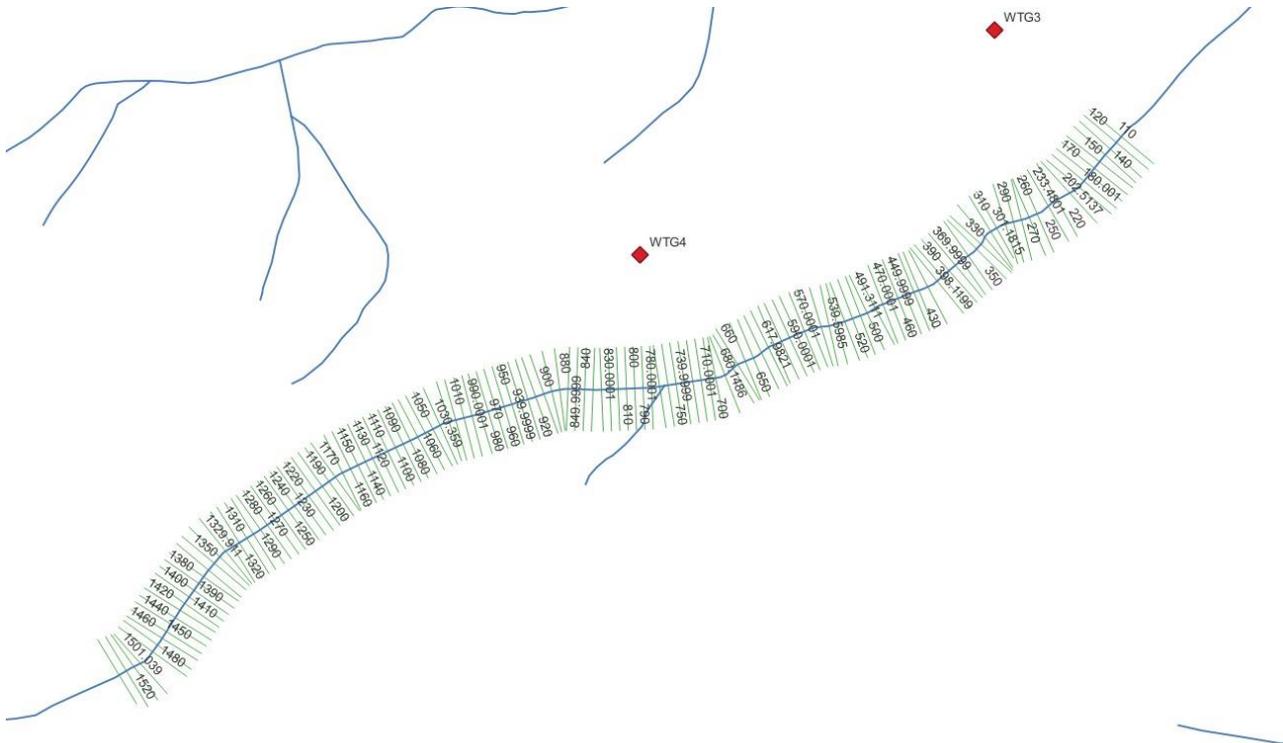
ESEMPIO DI GEOMETRIA: BACINO 1



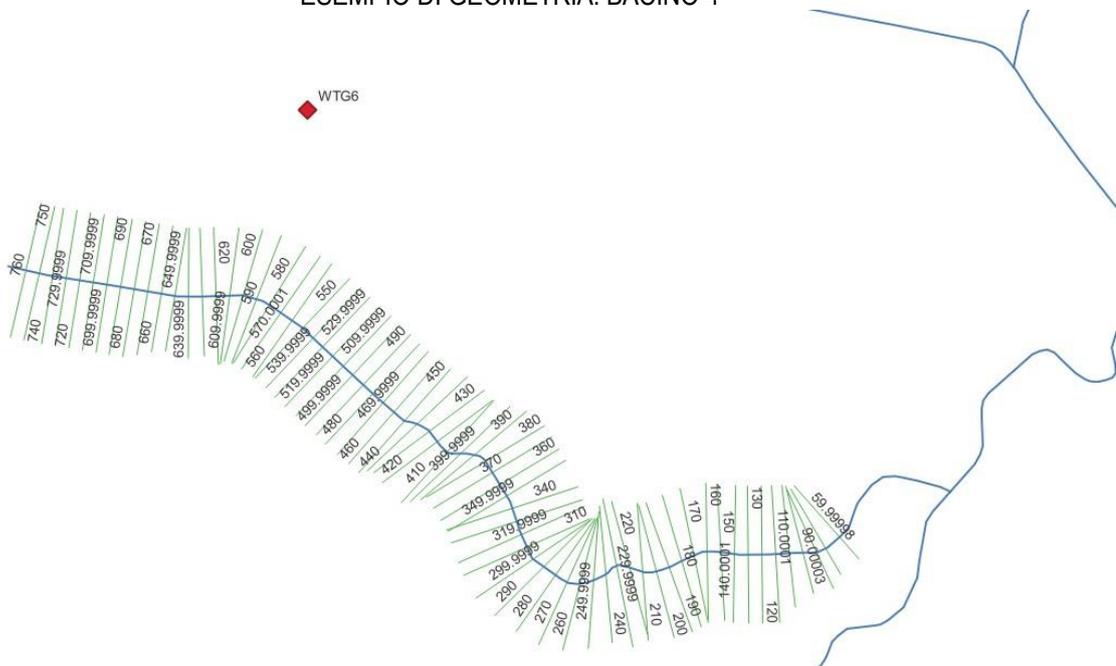
ESEMPIO DI GEOMETRIA: BACINO 2



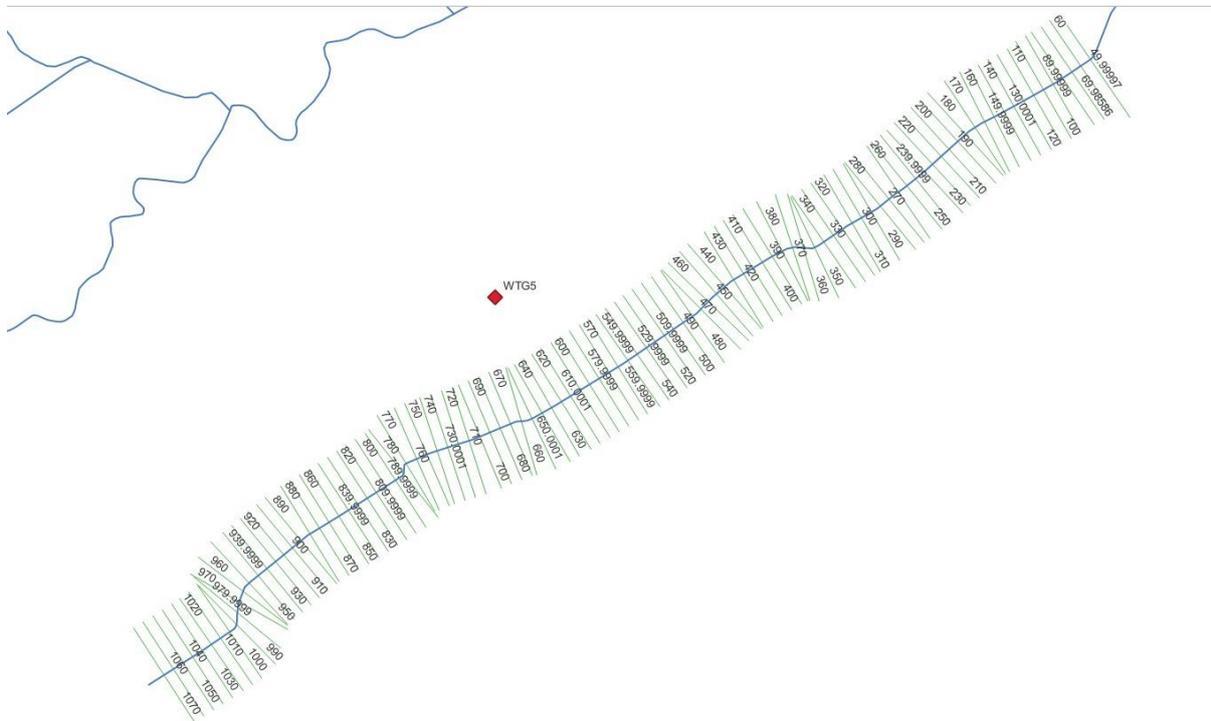
ESEMPIO DI GEOMETRIA: BACINO 3



ESEMPIO DI GEOMETRIA: BACINO 4



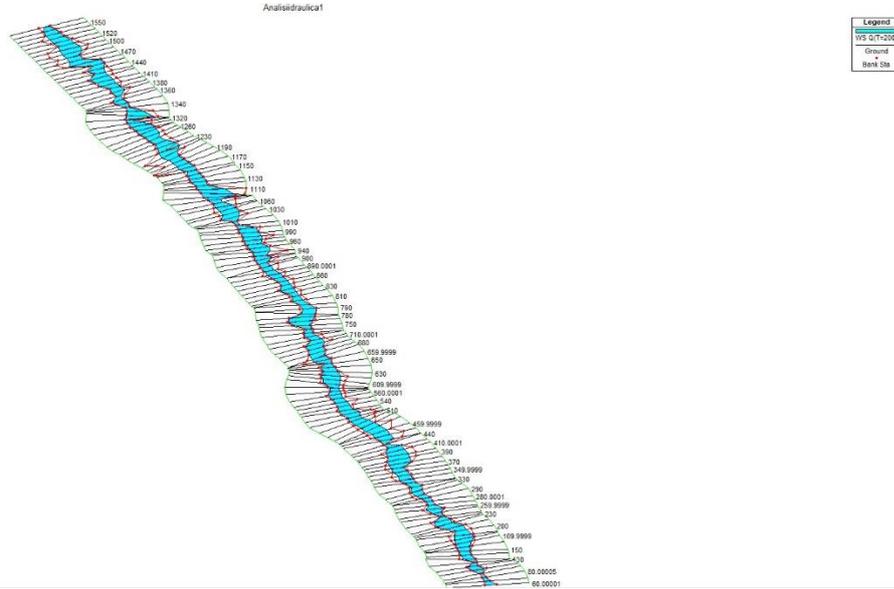
ESEMPIO DI GEOMETRIA: BACINO 5



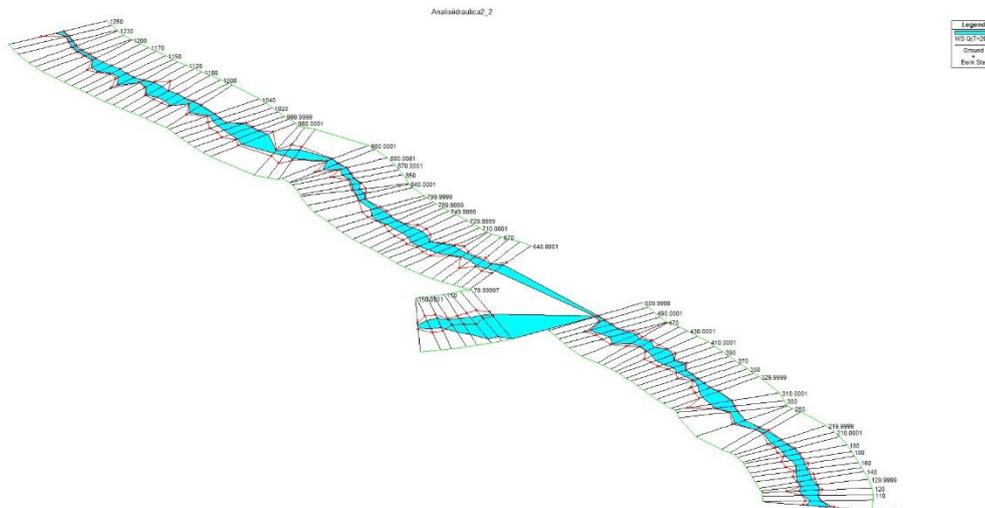
6.1. Aree di alluvionamento

Stabilita la portata defluente in una determinata sezione dell'asta fluviale per un determinato tempo di ritorno, si procede alla determinazione del profilo liquido al fine di valutare l'effettiva area allagabile per un evento con T_r pari a 200 anni (profilo di studio). In base alle verifiche svolte, la naturale larghezza degli impluvi nei tratti studiati consente di smaltire le portate senza rilevante pericolo per il territorio circostante.

BACINO 1

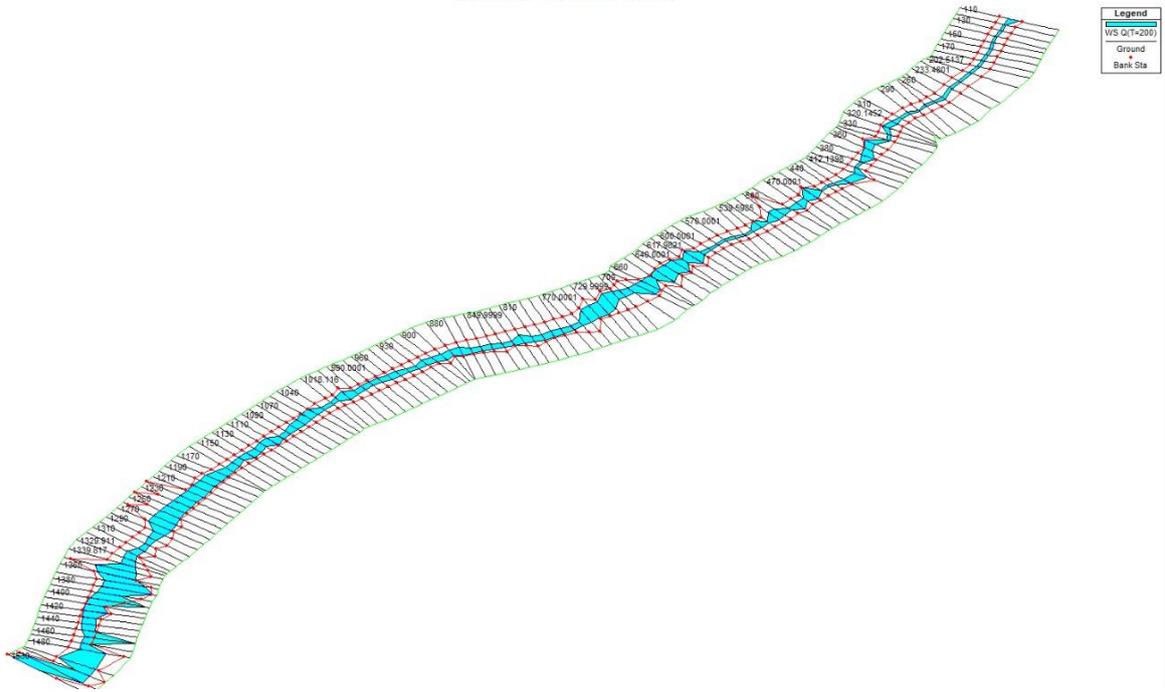


BACINO 2



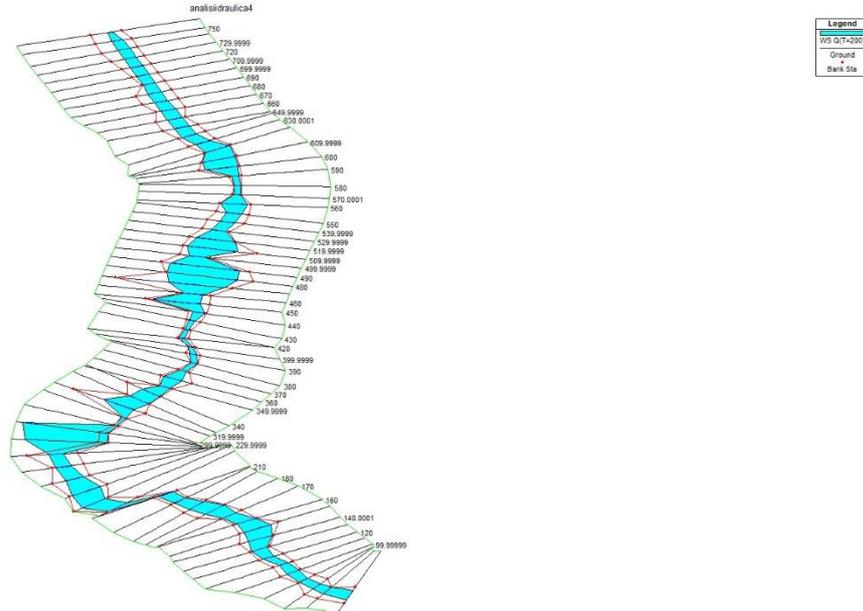
BACINO 3

ANALISI BACINO 3 PIANO PIANI UTI CONTINUAZZE

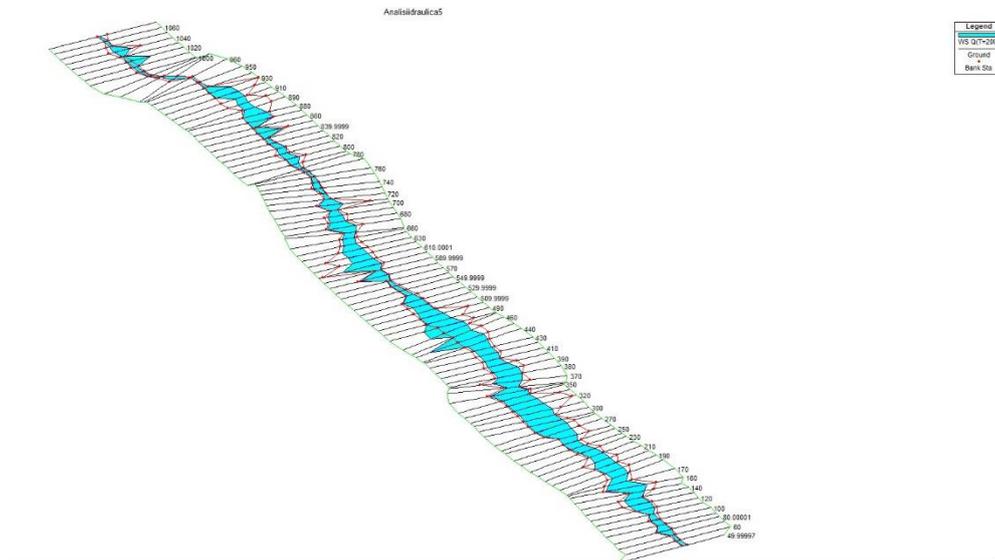


BACINO 4

analisiidraulica4



BACINO 5



7 INTERSEZIONI CAVIDOTTO – RETICOLI IDROGRAFICI

In presenza di attraversamenti di alcune criticità, ad esempio in corrispondenza dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua, si utilizzerà la tecnica di trivellazione orizzontale controllata, detta T.O.C., che rappresenta una tecnologia no dig idonea alla posa di nuove condotte senza effettuare scavi a cielo aperto, minimizzando, se non annullando, gli impatti in fase di costruzione.

I vantaggi della trivellazione orizzontale controllata rispetto alla tecnica tradizione di scavo sono:

- Esecuzione di piccoli scavi mirati in corrispondenza dei fori di partenza e arrivo del tubo;
- Invariabilità delle strutture sovrastanti (manto stradale nel caso di strade asfaltate, sezione e ricoprimento dell'alveo nel caso di corsi d'acqua);
- Possibilità di controllare la perforazione evitando eventuali servizi interrati preesistenti passando al di sotto o al di sopra degli stessi;
- Drastica riduzione della presenza di mezzi di movimento terra e trasporto materiali da risulta;
- Elevata produttività, flessibilità di utilizzo ed economicità;
- Continuità del traffico stradale senza interruzione alla viabilità (per gli attraversamenti stradali).



Posa in opera tubazione con trivellazione teleguidata

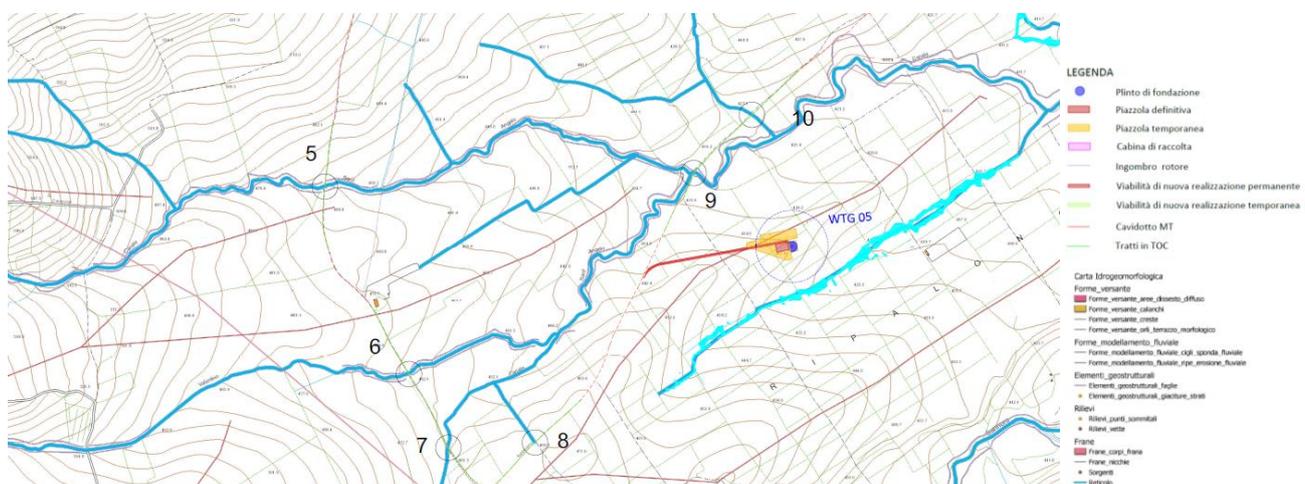
Il tracciato del cavidotto MT in progetto presenta le seguenti tipologie di interferenza:

1. Con reticolo idrografico in punti in cui non sono presenti opere idrauliche;
2. Con reticolo idrografico in punti in cui sono presenti opere idrauliche.

Tutte queste interferenze saranno risolte mediante TOC, avendo cura di mantenere un franco di sicurezza di almeno:

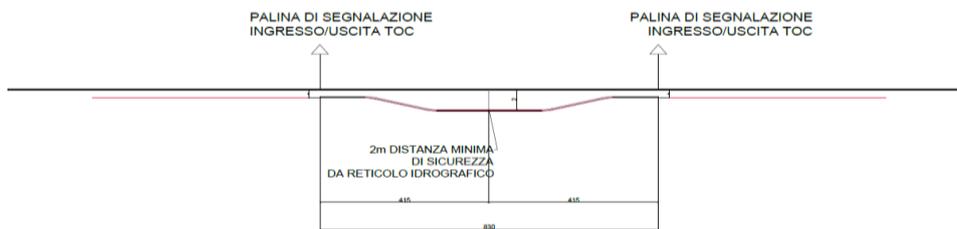
- 2 metri nel caso 1.
- 5 metri nel caso 2.

In particolare, tra le linee del reticolo idrografico attraversate dal cavidotto MT in progetto quella di maggior rilevanza è sicuramente il Canale Sant'Angelo.



Attraversamento in T.O.C. del Canale Sant'Angelo

	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"</p>	<p>Luglio 2022</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------



Sezione - Superamento interferenza in T.O.C.

Per maggiori informazioni sulle modalità di attraversamento delle interferenze presenti, si rimanda all'elaborato progettuale "Interferenze del cavidotto", in cui sono riportate viste di dettaglio in pianta e in sezione della risoluzione di ciascuna interferenza.

8 CONCLUSIONI

Lo studio idrologico ed idraulico, svolto nel presente lavoro, è stato articolato in più fasi caratterizzate dalle seguenti operazioni:

1. Analisi morfologica, consistente nell'acquisizione delle caratteristiche morfometriche e morfologiche dei bacini idrografici di studio;
2. Analisi idrologica, consistente nell'elaborazione dei dati pluviometrici e idrometrici, al fine di definire la portata al colmo di piena per un periodo di ritorno pari a 200 anni, in riferimento alla procedura VaPi Puglia e Basilicata, per le sezioni di interesse lungo i corsi d'acqua;
3. Analisi idraulica (modello di calcolo), consistente nel valutare la capacità di smaltimento delle singole sezioni o dei tratti del corso d'acqua mediante l'utilizzo di un modello di calcolo del profilo idraulico in condizioni di moto monodimensionale e permanente;
4. Perimetrazione delle aree allagabili e loro rappresentazione cartografica. L'area allagabile risulta essere contenuta in fasce circoscritte tanto da non interessare il perimetro dell'aree dei campi fotovoltaici in progetto.

BACINO 1 – RIVER 1



BACINO 2 – RIVER 2

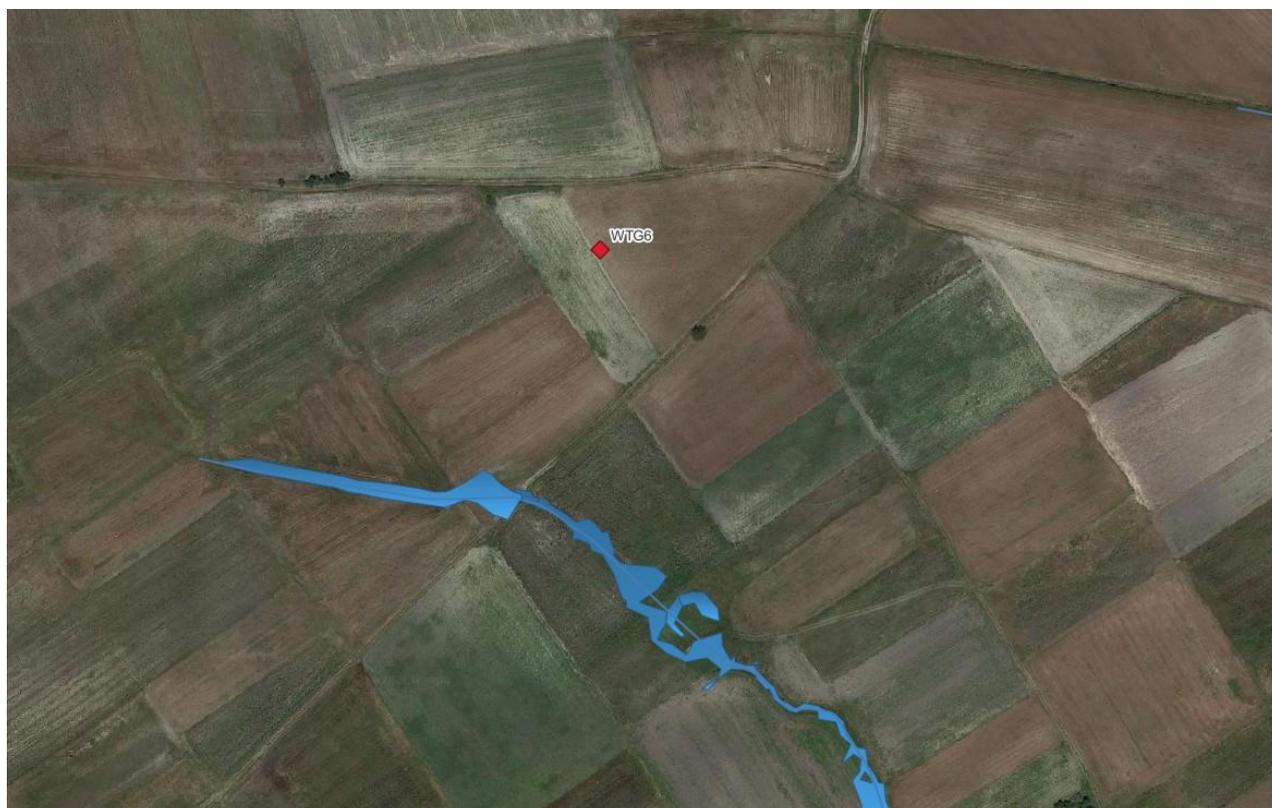


La parte a sud del Branch del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica, secondo l'andamento del terreno, confluisce direttamente nel canale principale, motivo per il quale non è presente un'area inondabile (in rosso).

BACINO 3 – RIVER 3



BACINO 4 – RIVER 4



BACINO 5 – RIVER 5



Alla luce delle considerazioni appena svolte, si ritiene che nel complesso per l'intervento proposto sussistano condizioni di sicurezza idraulica, ai sensi delle NTA del PAI Puglia, restando inalterate le condizioni di deflusso naturale sia a monte che a valle dei terreni di interesse.