

Regione
PUGLIA



Comune
LATERZA



Comune
SANTERAMO IN COLLE



Comune
CASTELLANETA



Provincia
BARI



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
EOLICO DENOMINATO "SANTERAMO IN COLLE" COSTITUITO DA
9 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

**STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA E IDROLOGICA**

ELABORATO

PR06.1

PROPONENTE:

SANTERAMO WIND S.R.L.
Contrada Cacapentima snc
74014 Laterza (TA)
pec: santeramowind@pec.it

cod. id.: E-LASAN

CONSULENTI:

Dott.ssa Elisabetta Nanni
Dott. Ing. Rocco CARONE
Dott. Biol. Fau. Lorenzo GAUDIANO
Dott. Agr. For. Mario STOMACI
Dott. Geol. Michele VALERIO

PROGETTISTI:


ATECH SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Innovative Engineering

Via Caduti di Nassiriya 55
70124 Bari (BA)
e-mail: atechsrl@libero.it
pec: atechsrl@legalmail.it

STUDIO PM SRL
Via dell'Artigianato 27 75100 Matera (MT)
e-mail: paolo.montefinese@pm-studio
pec: studiopm@mypec.eu

DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. **Orazio TRICARICO**
Ordine ingegneri di Bari n. 4985



Dott. Ing. **Paolo MONTEFINESE**
Ordine ingegneri di Matera n. 968



Dott. Ing. **Alessandro ANTEZZA**
Ordine ingegneri di Bari n. 10743



EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	Novembre 2023	B.C.C - C.C	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

1.PREMESSA	3
2.AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA	9
2.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE	14
3.DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE	17
3.1. REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO DI PROGETTO	17
3.2. INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI	21
4.DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	24
5.INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO	28
6.USO DEL SUOLO	30
7.ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA	31
7.1. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	36
8.ANALISI IDRAULICA	42
8.1. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA	42
8.2. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA PORTATA DI PIENA	53
9.MODELLAZIONE IDRAULICA	55
9.1. ASTE A, A.1 E A.2	57
9.2. ASTA B	61
9.3. ASTA C	63
9.4. ASTE D , D.1 E D.2	65
9.5. ASTA E	68
9.6. ASTA F	70
9.7. ASTA G	74
10. CONCLUSIONI	77
11. ALLEGATI	79

Consulenza: **Atech srl – Studio PM srl**

Proponente: **Santeramo Wind Srl**

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Santeramo in Colle" costituito da 9 turbine con una potenza complessiva di 59,4 MW e relative opere di connessione alla R.T.N.



Elaborato: **Studio di compatibilità idraulica ed idrologica**

Rev. 0 – Ottobre 2023

Pagina 2 di 79

1. PREMESSA

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stata redatta nell'ambito del **progetto di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione da fonte eolica costituito da 9 turbine (denominati SAN 1-9) avente potenza complessiva pari a 59,4 MW da realizzare in zone classificate agricole, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale, da ubicare nel territorio comunale di Santeramo in Colle (BA), le opere di connessione interessano i territori comunali di Laterza e Castellaneta (TA).**

Il progetto è costituito da:

- **n° 9 aerogeneratori della potenza di 6,6 MW**
- piazzole di collegamento alle turbine;
- tracciato dei cavidotti di collegamento (tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica di trasformazione utente MT-AT);
- cabine di raccolta;
- nuova Stazione Elettrica Utente 150/30 Kv;
- collegamento in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della sezione 150 kV della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150 kV di Castellaneta.

La società proponente è la **SANTERAMO WIND Srl**, con sede legale Contrada Cacapentima snc - 74014 Laterza (TA), P.Iva 03360260735.

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al *D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità"* le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;



- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

Nelle immagini che seguono è riportata l'ubicazione dell'impianto; gli aerogeneratori sono indicati con la sigla "SAN xx" e rappresentati con cerchietti gialli, il cavidotto con linea blu tratteggiata, sia su base IGM 1:25.000 che su ortofoto.

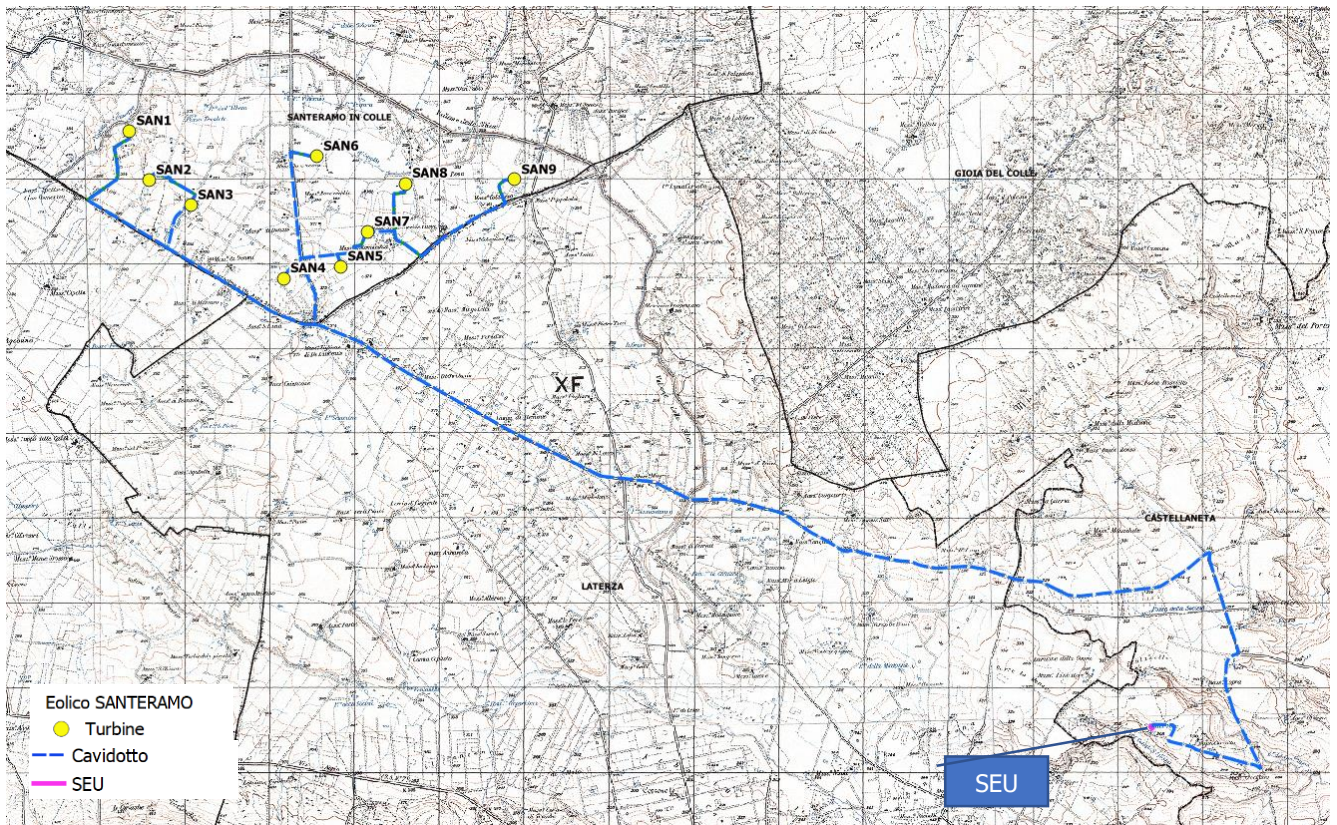


Figure 1-Planimetria di progetto su base IGM 1:25.000

Nelle immagini seguenti sono riportate gli inquadramenti di dettaglio del layout su base CTR e ortofoto.

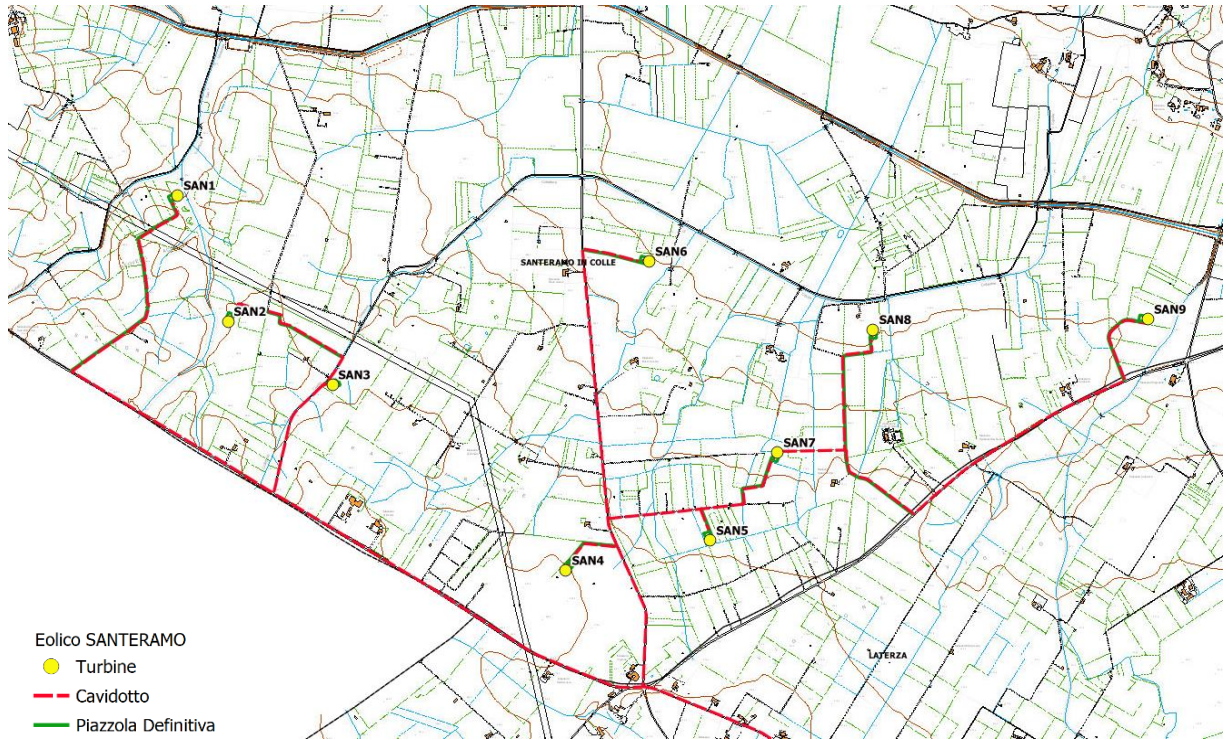
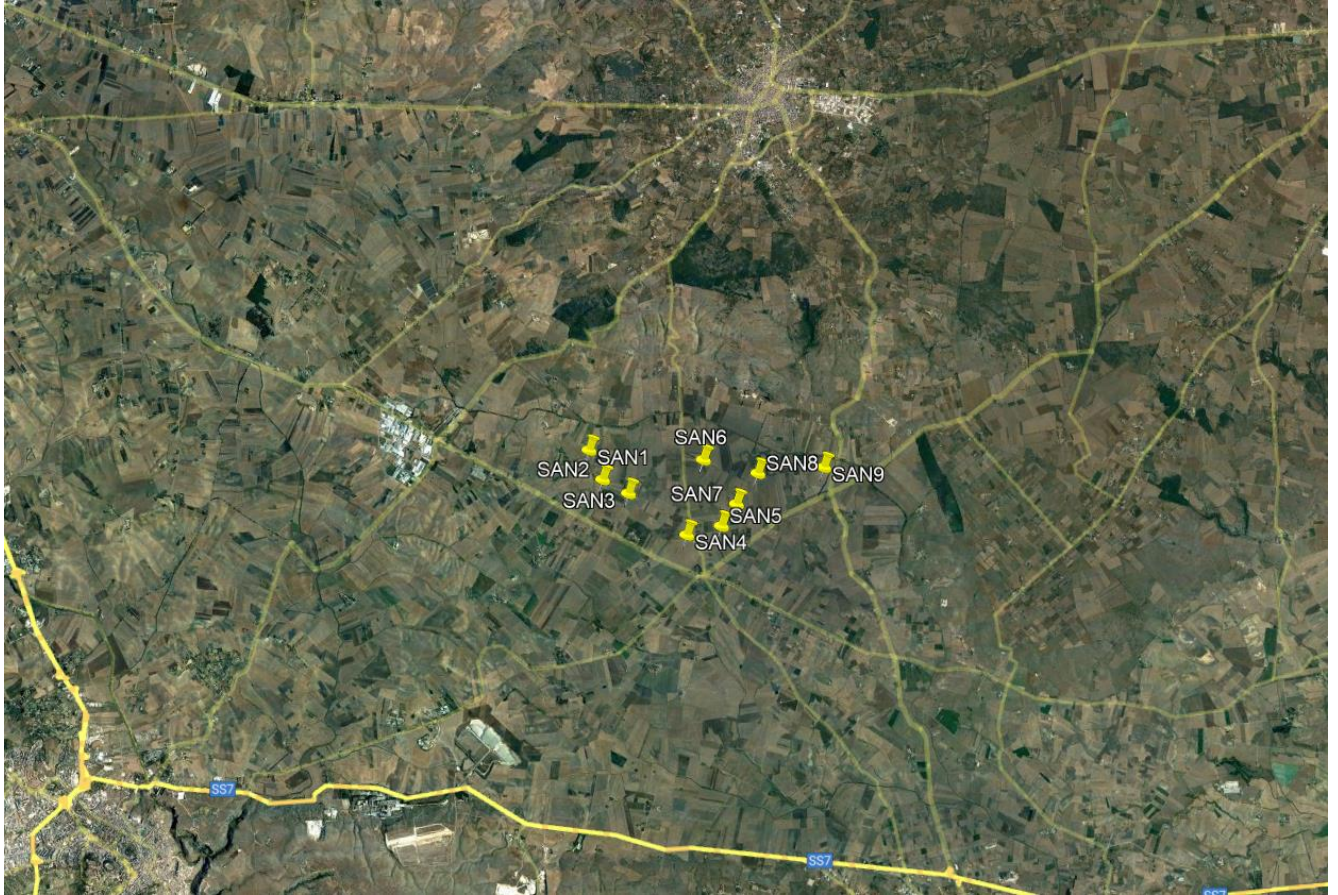


Figure 2 Planimetria generale di progetto su base CTR ed ortofoto con ubicazione turbine di progetto



**Figure 3 Inquadramento intervento di area vasta con indicazione della viabilità extraurbana–
fonte Google**

L'ubicazione degli aerogeneratori e delle infrastrutture necessarie è stata evidenziata sugli stralci planimetrici degli elaborati progettuali.

Tali aerogeneratori, collegati in gruppi, convoglieranno l'energia elettrica prodotta alla Sottostazione Elettrica utente da ubicarsi nel territorio comunale di Castellaneta da collegare in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della sezione 150 kV della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150 kV di Castellaneta (TA).

Gli interventi per l'installazione dei singoli aerogeneratori sono analoghi per le diverse aree; pertanto, di seguito saranno descritte le tipologie standard previste in progetto.



Figure 4 Ortofoto area della Stazione elettrica Utente adiacente alla Stazione Terna

Le coordinate geografiche nel sistema UTM (WGS84; Fuso 33) e DMS e le relative quote altimetriche ove sono posizionati gli aerogeneratori sono le seguenti:

ID TURBINA	Potenza Turbina	Coordinate Geografiche UTM		Coordinate Geografiche DMS		Quote altimetriche m s.l.m.
		UTM WGS84 33N Est (m)	UTM WGS84 33N Nord (m)	LATITUDINE	LONGITUDINE	
SAN01	6,6 MW	644297 m E	4510367 m N	40°43'53.76"N	16°42'31.67"	369
SAN02	6,6 MW	644534 m E	4509782 m N	40°43'34.64"N	16°42'41.28"E	381
SAN03	6,6 MW	645022 m E	4509488 m N	40°43'24.80"N	16°43'1.83"E	378
SAN04	6,6 MW	646111 m E	4508626 m N	40°42'56.17"N	16°43'47.51"E	379

SAN05	6,6 MW	646785 m E	4508765 m N	40°43'0.24"N	16°44'16.34"E	374
SAN06	6,6 MW	646500 m E	4510063 m N	40°43'42.50"N	16°44'5.29"E	361
SAN07	6,6 MW	647099 m E	4509173 m N	40°43'13.23"N	16°44'30.06"E	369
SAN08	6,6 MW	647546 m E	4509744 m N	40°43'31.49"N	16°44'49.55"E	359
SAN09	6,6 MW	648830 m E	4509792 m N	40°43'32.21"N	16°45'44.34"E	357

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale delle opere, il layout del parco eolico e la Sottostazione elettrica interessano i territori comunali di Santeramo in Colle (BA) per le turbine, mentre Laterza e Castellaneta (TA) per le opere di connessione.

Si riportano di seguito gli estremi catastali dei lotti interessati dalle turbine:

ELEMENTI PROGETTUALI	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
SAN01	SANTERAMO IN COLLE	104	252
SAN02	SANTERAMO IN COLLE	104	16
SAN03	SANTERAMO IN COLLE	107	402
SAN04	SANTERAMO IN COLLE	107	412
SAN05	SANTERAMO IN COLLE	108	309
SAN06	SANTERAMO IN COLLE	108	58
SAN07	SANTERAMO IN COLLE	108	267
SAN08	SANTERAMO IN COLLE	108	588
SAN09	SANTERAMO IN COLLE	109	18
STAZIONE ELETTRICA UTENTE 150kV	CASTELLANETA	17	131

2. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL' APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA

Poiché l'area di intervento ricade su un suolo di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Sede Puglia (di seguito semplicemente denominata AdBP), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione da possibili effetti dannosi prodotti dall'intervento antropico proposto, sono prese in esame le Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatte dalla stessa Autorità.

Conformemente al D.P.C.M. del 29 Settembre 1998, l'Autorità di Bacino ha individuato i tempi di ritorno T_r in 30, 200 e 500 anni per l'individuazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (A.P.), Media Probabilità (M.P.) e Bassa Probabilità (B.P.) di esondazione.

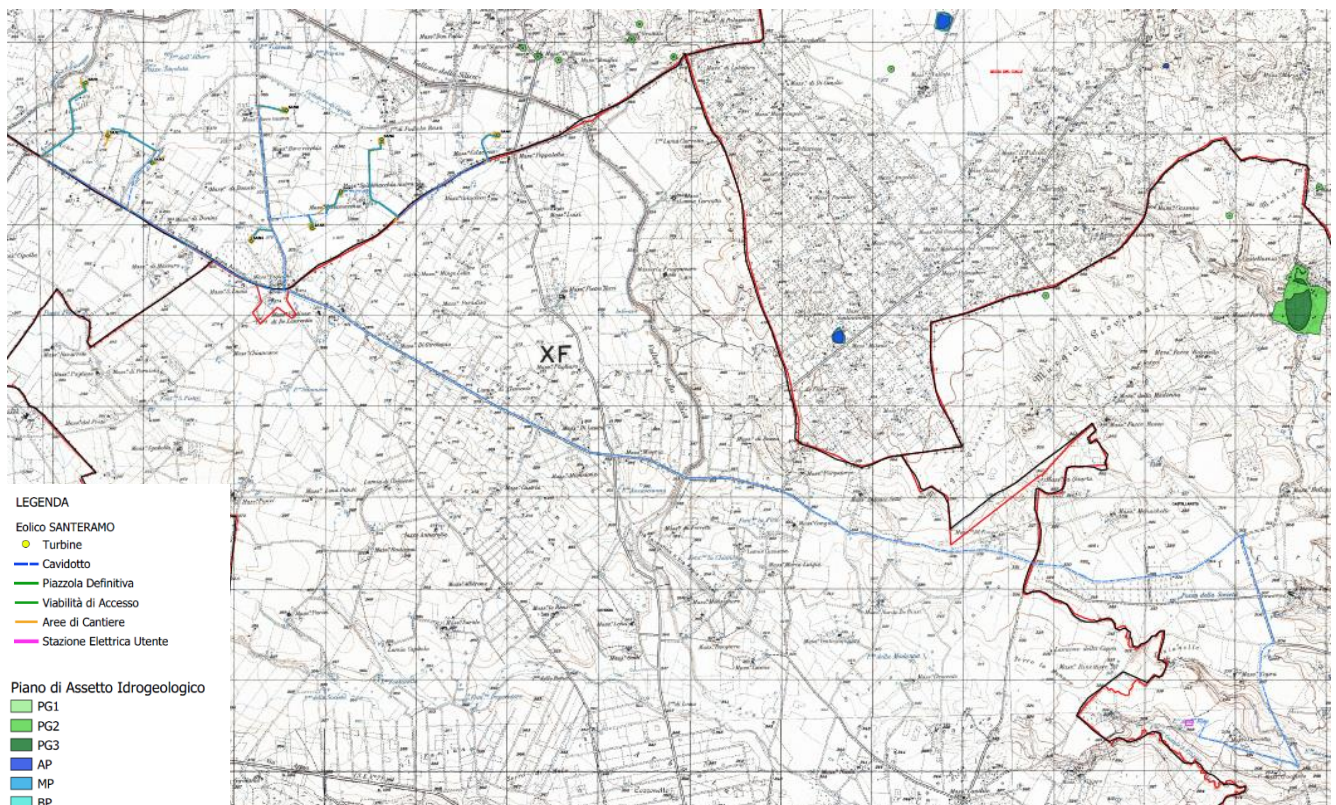


Figure 5 Perimetrazioni PAI nell'area delle turbine

Come si evince dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dalla Autorità di Bacino della Regione Puglia (AdB), **l'area interessata dall'intervento non è soggetta né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica.**

Tuttavia, come è possibile desumere dalle immagini riportate, dello stralcio della carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia, l'area di installazione di alcune delle turbine in progetto e delle relative strade di accesso nonché il cavidotto lungo il suo percorso sino al punto di connessione, ricadono nelle aree contermini al reticolo idrografico presente sia sulla carta IGM 1:25.000 che sulla carta idrogeomorfologica redatta dalla AdB Puglia ed in alcuni casi si configurano punti di intersezione.

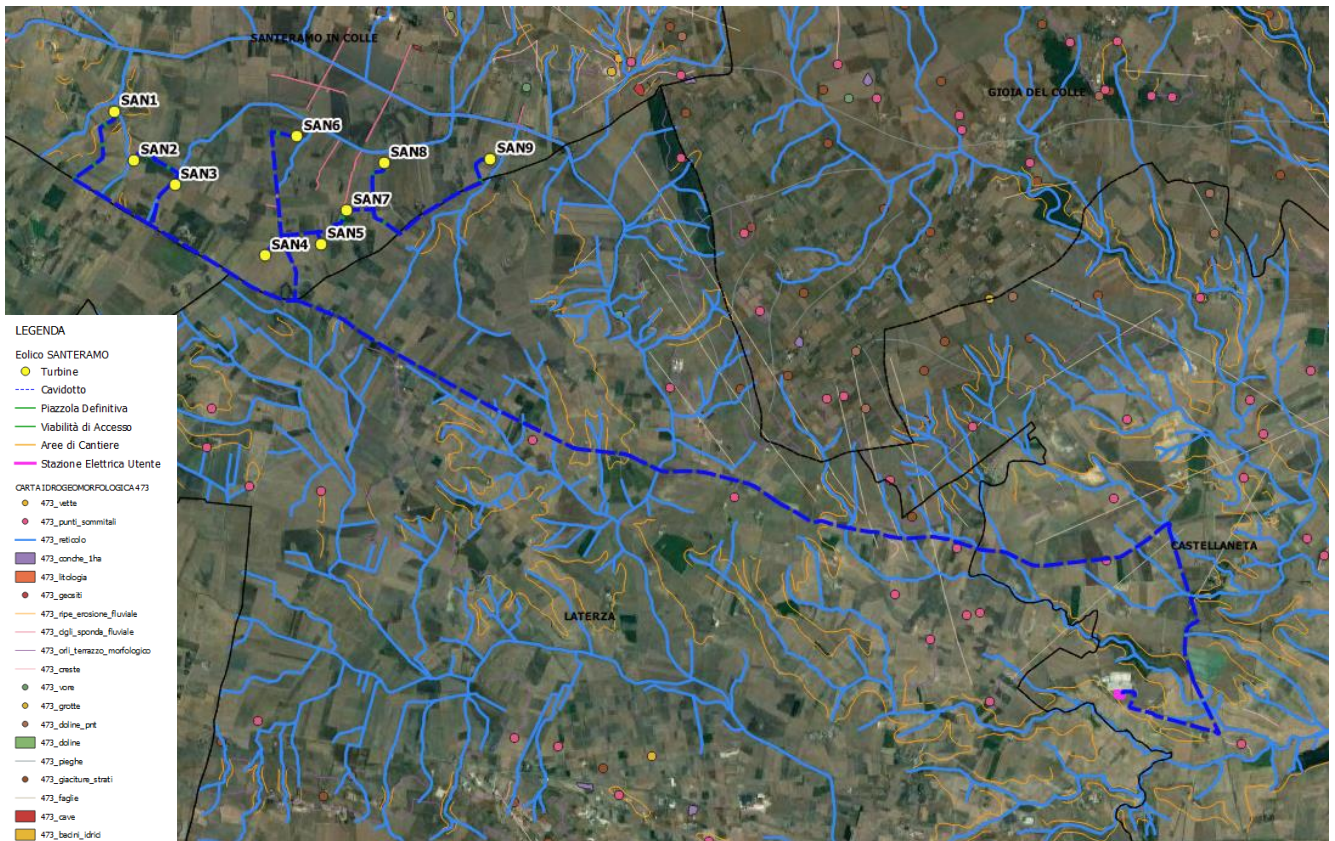


Figure 6 Inquadramento delle opere in progetto con individuazione del reticolo idrografico su base IGM ed Idrogeomorfologica.

Come più dettagliatamente si dirà di seguito, nell'area di intervento le turbine identificate con le sigle SAN 01, SAN 02, SAN 03, SAN 05, SAN 06, SAN 07, SAN 08 e SAN 09 ricadono nella fascia di rispetto (150 m) di corsi d'acqua segnalati sulla cartografia dell'idrologia superficiale.

Inoltre nello studio in narrativa sono state analizzate n.21 intersezioni individuate per sovrapposizioni tra il cavidotto e le strade di accesso alle turbine con il reticolo idrografico.



Figure 7 Inquadramento delle intersezioni (cerchi magenta) tra il cavidotto di progetto ed il reticolo idrografico su base IGM.

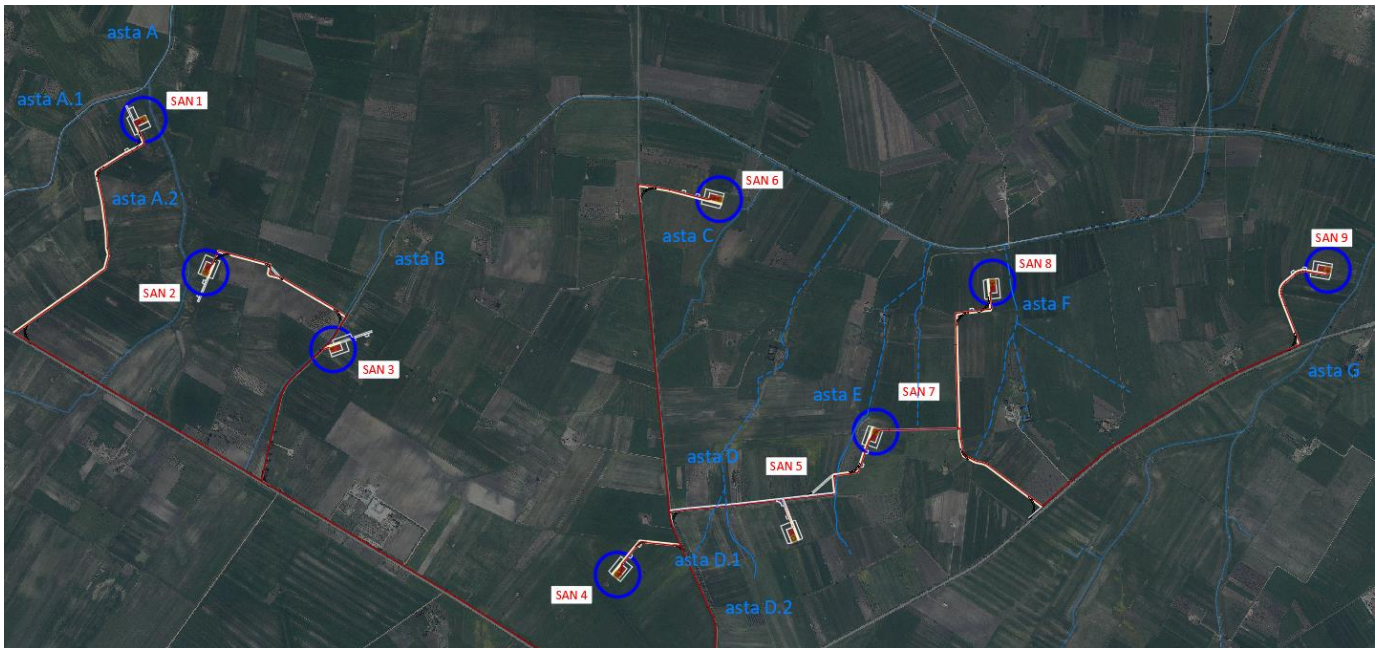


Figure 8 Inquadramento delle turbine con individuazione del reticolo idrografico e delle aree perimetrate dal PAI su base ortofoto.

Gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, sono **opere di pubblica utilità pubblica** ai sensi del Decreto Legislativo 29 Dicembre 2003, n.387 (*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità*), e pertanto sono consentite anche in aree classificate come *Alvei fluviali in modellamento attivo* e *Aree golenali*, **ai sensi dell'art. 6 e 10 delle NTA del PAI**, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Pertanto le opere e gli attraversamenti siti a meno di 150 metri dal reticolo, assoggettati agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, sono soggetti all'acquisizione del parere dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Nello specifico, **l'opera in oggetto risulta essere non delocalizzabile** e sostanzialmente si configura come "...l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni

presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino" rientrando pertanto tra le opere assentibili ai sensi dell'**articolo 6** "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" **comma 4 delle NTA del PAI.**

Pertanto, al **comma 7**, si richiede "in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata." ed al **comma 8** si definisce che "Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m."

Le **NTA del PAI all' art. 10** "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale definite dal comma 3 "Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m."

Pertanto, è stato redatto il presente Studio, conformemente al dettato normativo delle NTA del PAI, finalizzato alla determinazione delle aree inondabili, con tempo di ritorno di 200 anni, per i bacini idrografici con sezioni di chiusura situate a valle delle aree di interesse individuate.

L'impianto in oggetto è In considerazione di quanto su citato compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI.

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- individuazione delle intersezioni del cavidotto con il reticolo superficiale;
- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intersezione;
- studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno;
- analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

Per lo studio delle portate di piena sono stati reperiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Santeramo in Colle, il cui poligono di Thiessen contiene i bacini idrografici tracciati.

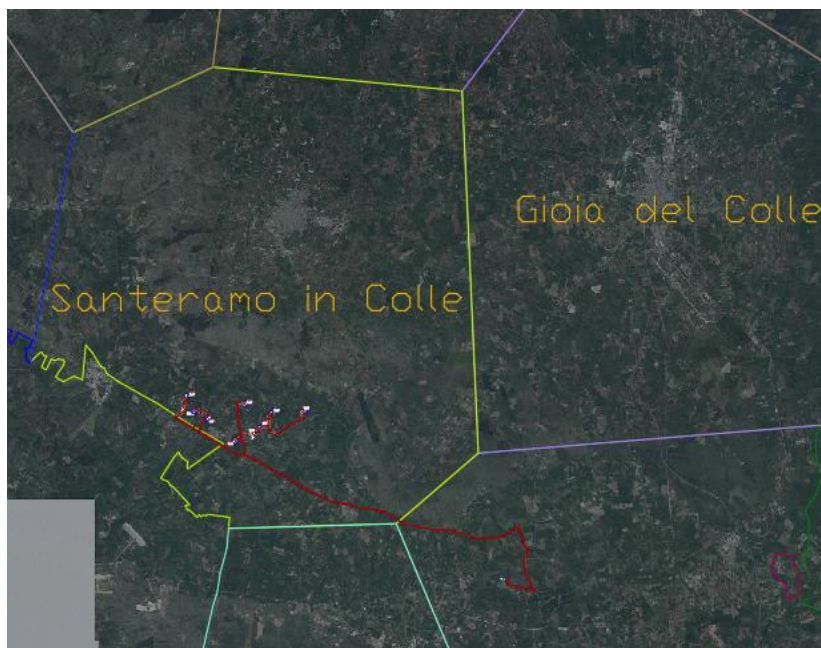


Figure 9 Poligono di Thiessen su base ortofoto.

2.1.PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE

Il Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA) è stato introdotto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 e s.m.i.. Per ciascun distretto idrografico, il Piano focalizza l'attenzione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio, e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento pubblico in generale.

In linea generale il PGRA non è corredato da Norme di Attuazione; infatti in accordo a quanto stabilito dall'art. 7, comma 3 lettera a) del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49, la predisposizione del PGRA deve avvenire facendo salvi gli strumenti di pianificazione già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione della normativa previgente.

Gli ambiti territoriali di riferimento rispetto ai quali il PGRA viene impostato sono denominati Unit of Management (UoM). Le UoM sono costituite dai Bacini idrografici che rappresentano l'unità territoriale di studio sulle quale vengono individuate le azioni di Piano. L'area di intervento ricade nel territorio di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale e nelle UoM "Fortore" e UoM "Regionale Puglia e Interregionale Ofanto". Il PGRA - I ciclo del Distretto dell'Appennino Meridionale (denominato PGRA DAM) è stato adottato con Delibera n.1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17/12/2015 ed è stato successivamente approvato con Delibera n.2 del Comitato Istituzionale Integrato del 03/03/2016.

Allo stato attuale, il PGRA risulta essere in fase di aggiornamento.

Il PGRA definisce 3 livelli di pericolosità (AP, MP, BP) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1), inoltre stabilisce i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 ed R1, secondo il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180":

L'ultimo aggiornamento delle Mappe del rischio di alluvioni risale al riesame e aggiornamento ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 49/2010 adottato dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale in sede di Conferenza Istituzionale Permanente con Delibera n. 2 del 29/12/2020.

Dalla consultazione dei file .shp messi a disposizione dall'Ente all'indirizzo web <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/ii-ciclo-2016-2021-menu> è stato possibile verificare la presenza di aree a rischio alluvione nelle aree di progetto.

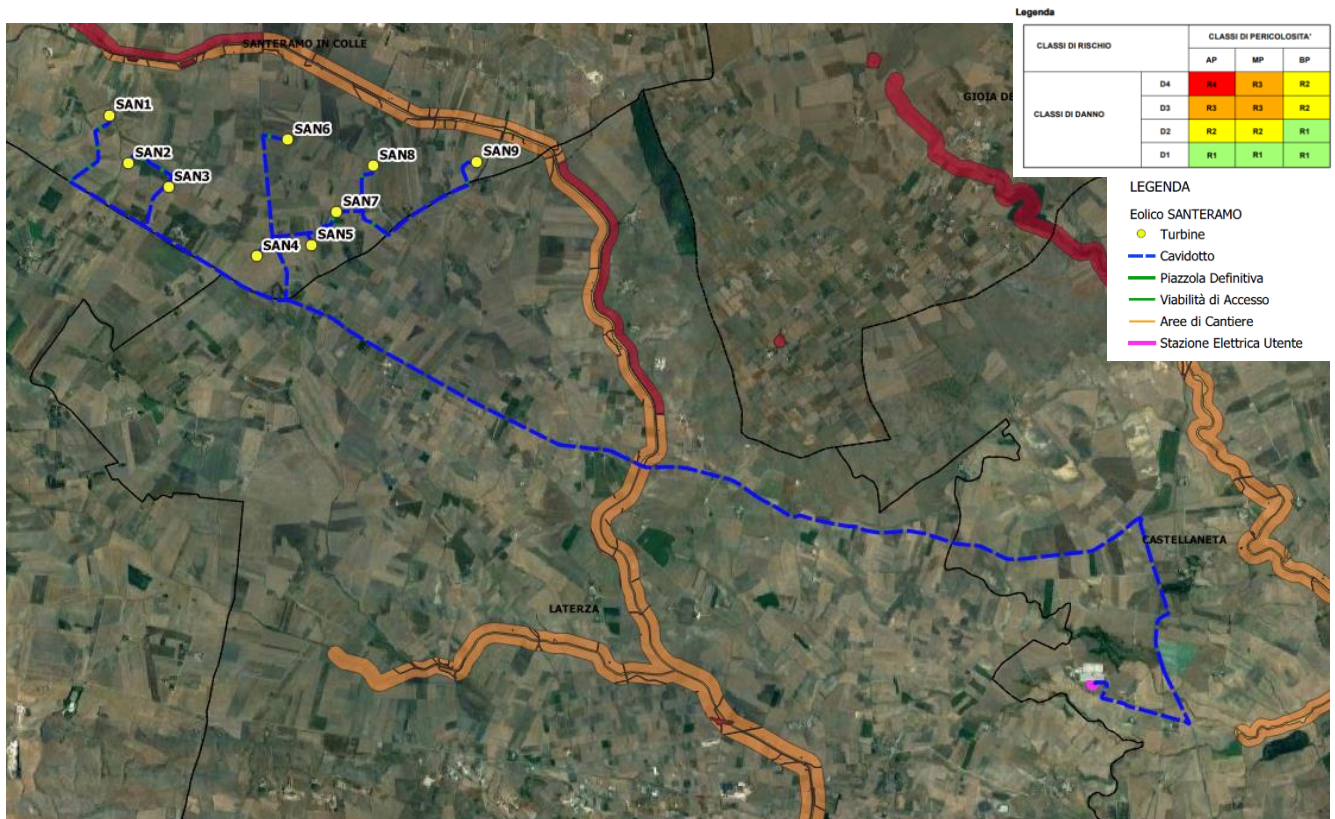


Figure 10 PRGA e opere in progetto

Dalla figura sopra riportata si evince che le opere in progetto non ricadono in aree a rischio alluvione perimetrato dal PRGA.

Il tracciato del cavidotto interseca in un punto con valore R4, considerando che il tracciato del cavidotto sarà realizzato interrandolo sotto strada esistente, si può affermare che non verranno modificati gli equilibri idraulici delle aree interessate, non interferendo in alcun modo con la finalità di mitigazione del rischio di alluvioni che caratterizza il PGRA.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni riguarda tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio, quali la prevenzione, la protezione, la preparazione ed il recupero post-evento. Il piano rappresenta lo strumento con cui coordinare il sistema della pianificazione in capo all'Autorità di Bacino e quello della Protezione Civile, con la direzione del Dipartimento Nazionale e i livelli di governo locale, rafforzando lo scambio reciproco di informazioni ed avendo quale comune finalità la mitigazione del rischio di alluvioni.

3. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE

3.1. REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO DI PROGETTO

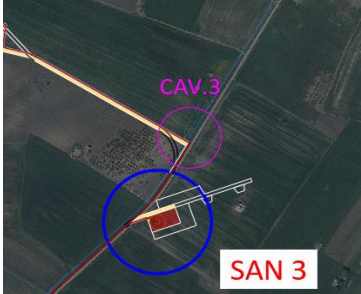

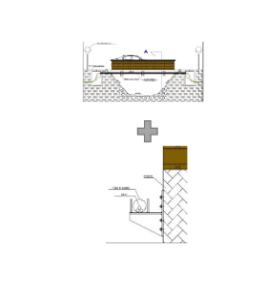
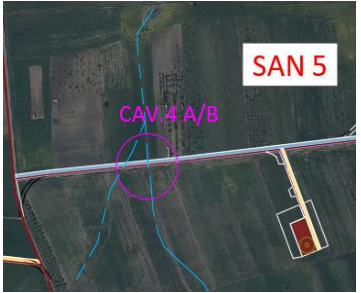

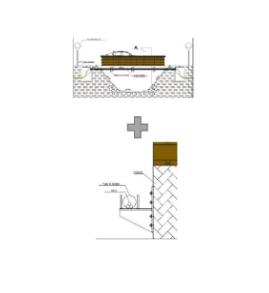
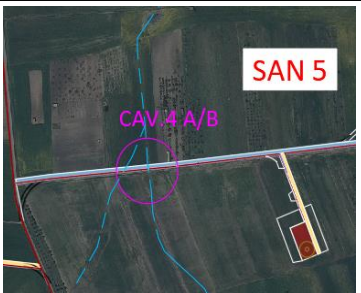

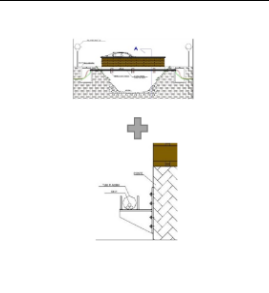
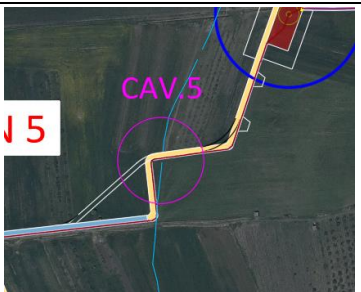

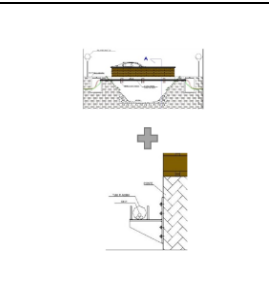

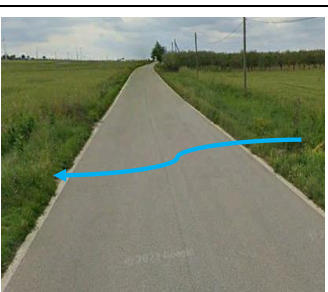
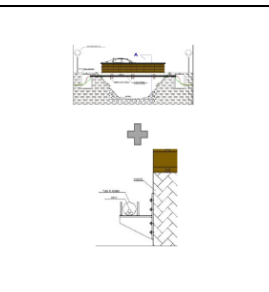
Nello studio in narrativa sono state individuate n.21 interferenze tra il reticolo ed il posizionamento del cavidotto. La numerazione adottata è decrescente dalla stazione utente all'ultima turbina, dal n.1 al n.20.

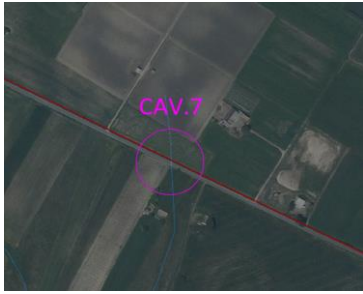




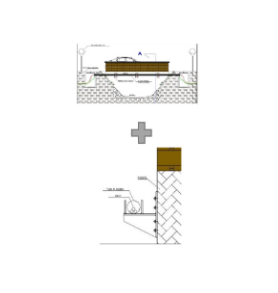
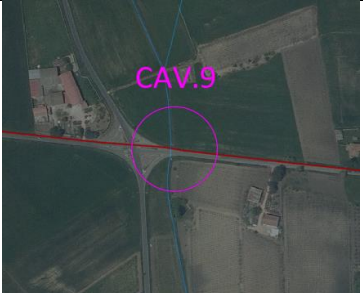
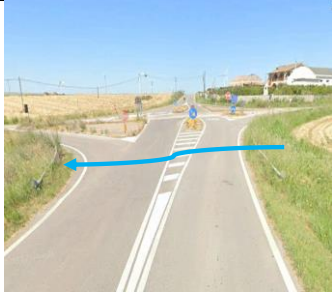
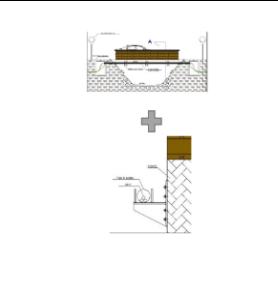
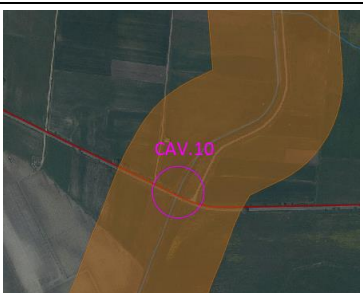

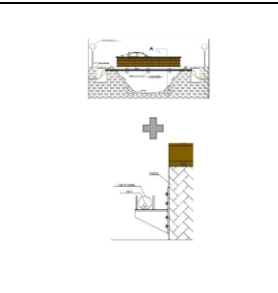


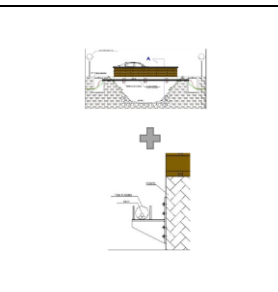
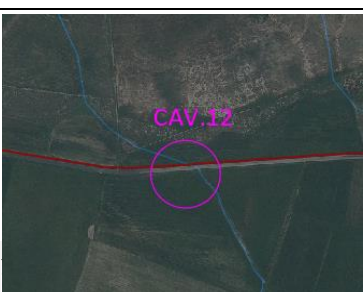

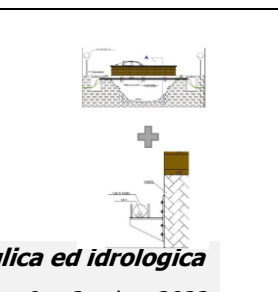
Lungo la maggior parte del suo tracciato il cavidotto è stato posizionato con staffaggio sul lato valle di un'opera di attraversamento esistente o di progetto. In particolare, riepilogando, si avranno:

- n.2 interferenze risolte con tecnica TOC;
- n.19 interferenze risolte con staffaggio su opera di attraversamento, di cui n.15 su impalcati esistenti e n.4 su tombini di progetto).




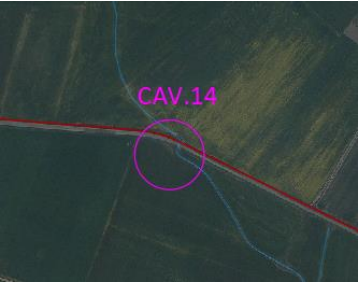

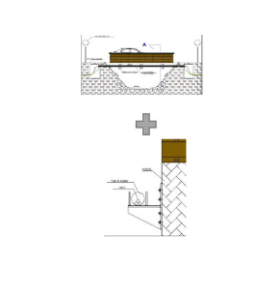
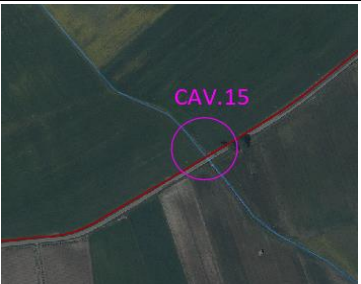

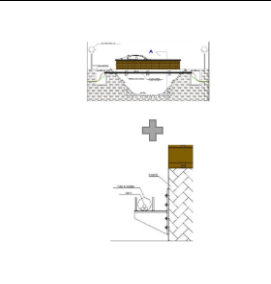
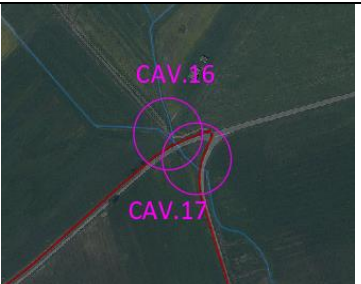

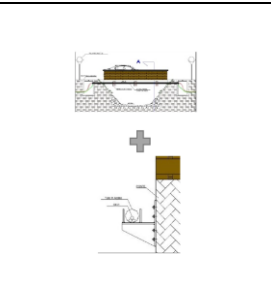
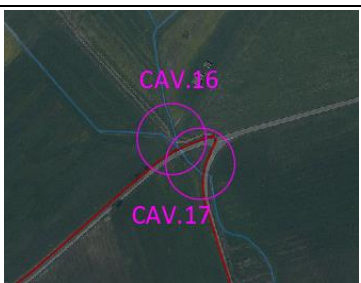
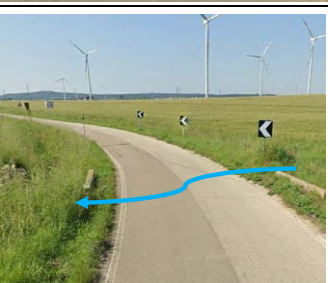
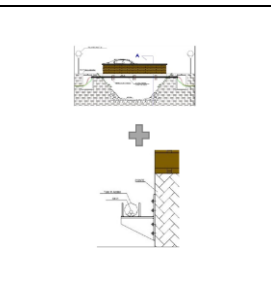
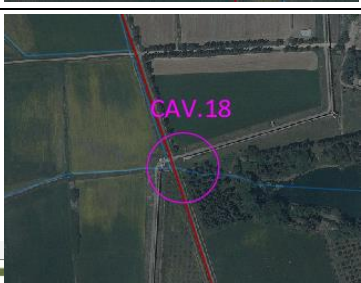

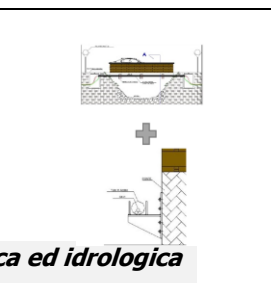
Le interferenze del cavidotto e delle strade di progetto con il reticolo idrografico sono sinteticamente riportate nella tabella che segue:

N°	NOME-DESCRIZIONE	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.	
1	Interferenza cavidotto su SP. 140 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
2	Interferenza cavidotto su SP. 140 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	

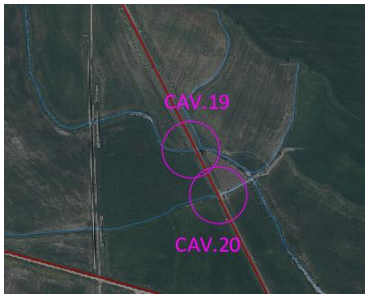

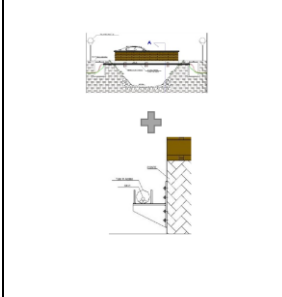
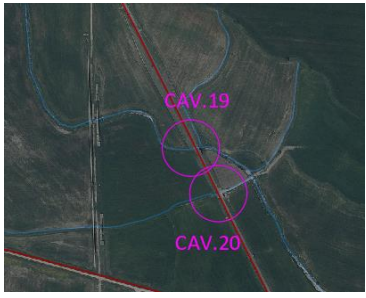

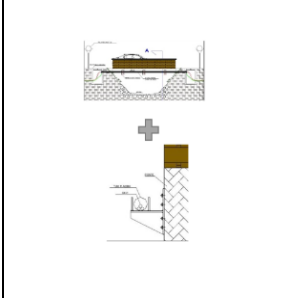
3	<p>Interferenza cavidotto su nuova viabilità di progetto con corso d'acqua secondario</p>			<p>STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO LATO VALLE</p>	
4a	<p>Interferenza cavidotto su strada esistente da adeguare con corso d'acqua secondario da I.G.M.</p>			<p>STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO LATO VALLE</p>	
4b	<p>Interferenza cavidotto su strada esistente da adeguare con corso d'acqua secondario da I.G.M.</p>			<p>STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO LATO VALLE</p>	
5	<p>Interferenza cavidotto su nuova viabilità di progetto con corso d'acqua secondario da I.G.M.</p>			<p>STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO DI PROGETTO LATO VALLE</p>	
6	<p>Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario</p>			<p>STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE</p>	

7	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			TOC	
8	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
9	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
10	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua principale perimetrato da PGRA			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
11	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
12	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	



13	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			TOC	
14	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
15	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
16	Interferenza cavidotto su SP.22 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
17	Interferenza cavidotto su S.P.21 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
18	Interferenza cavidotto su S.P.21 con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	



19	Interferenza cavidotto su strada esistente con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	
20	Interferenza cavidotto su strada esistente con corso d'acqua secondario			STAFFAGGIO SU OPERA ATTRAVERSAMENTO ESISTENTE LATO VALLE	

3.2. INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI

Il presente paragrafo è redatto al fine di fornire una descrizione della tecnica di posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, nei tratti interferenti con il reticolo idrografico presente sul territorio.

Le intersezioni saranno risolte nel modo seguente:

- per le intersezioni identificate con i numeri 1, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 si procederà con lo staffaggio del cavidotto sull'opera di attraversamento lato valle;
- per le intersezioni n. 7 e 13 si procederà con la trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità minima di 1,5 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflusso superficiale che con gli eventuali scorrimenti in subalvea. In fase esecutiva si procederà con indagini in loco al fine di verificare la presenza di eventuali sotto-servizi per evitare possibili interferenze

In tutti i casi si avrà cura di ripristinare l'attuale configurazione morfologica dei luoghi.

La scelta della tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) permette di evitare interferenze sul regime idraulico e di limitare l'impatto ambientale.

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di minimo 1,50 m dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).



Figure 11-Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie.

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare il percorso della trivellazione e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

- In una prima fase, dopo aver piazzato la macchina perforatrice, si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che

guidate opportunamente dalla testa, crea un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza a quello di arrivo;

- nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ($\varphi = 200 \div 500\text{mm}$). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.



Figure 12 – Schema della fase di realizzazione del foro pilota.

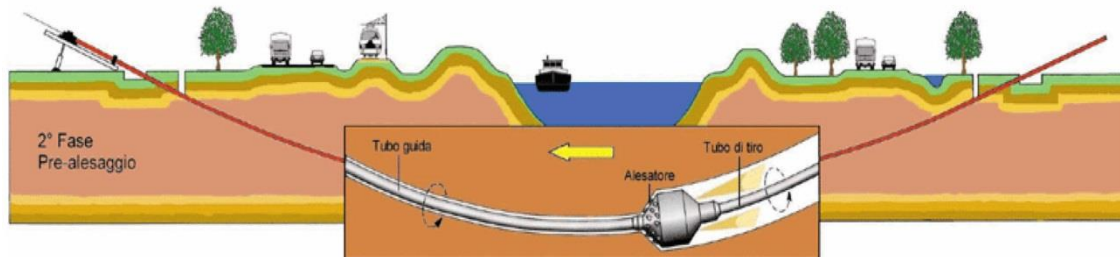


Figure 13- Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.

Il tracciato realizzato mediante tale tecnica consente in genere, salvo casi particolari, inclinazioni dell'ordine dei 12÷15 gradi.

L'ubicazione dei pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, avverrà al di fuori dell'area di esondazione duecentennale e verranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali.

4. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

L'area oggetto di intervento ricade in agro del Comune di Santeramo in Colle (Ba).

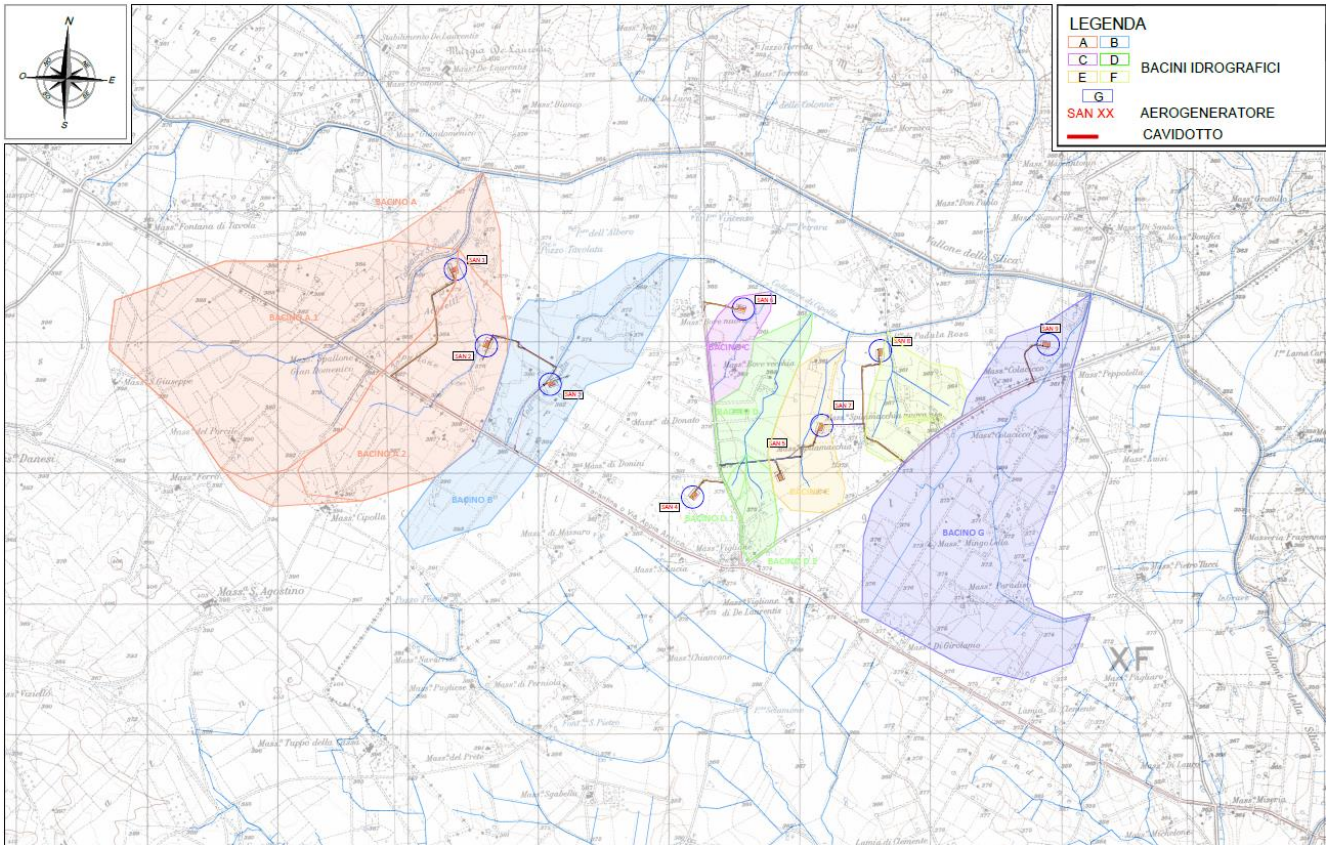


Figure 14-Inquadramento dei bacini idrografici su IGM 1: 25.000

Si riporta qui di seguito una tabella riepilogativa per ciascuna turbina "SAN", con il relativo bacino idrografico individuato e la denominazione dell'asta sulla quale si è successivamente effettuata la modellazione con piena bicentenaria.

Turbina	Denominazione Bacino Idrogr. di riferimento	Denominazione Asta di riferimento
SAN 01	A-A.1-A.2	A.1-A.2
SAN 02	A.2	A.2
SAN 03	B	B
SAN 05	D-D.1-D.2-E	D.1-D.2-E
SAN 06	C	C
SAN 07	E	E

SAN 08	F	F
SAN 09	G	G

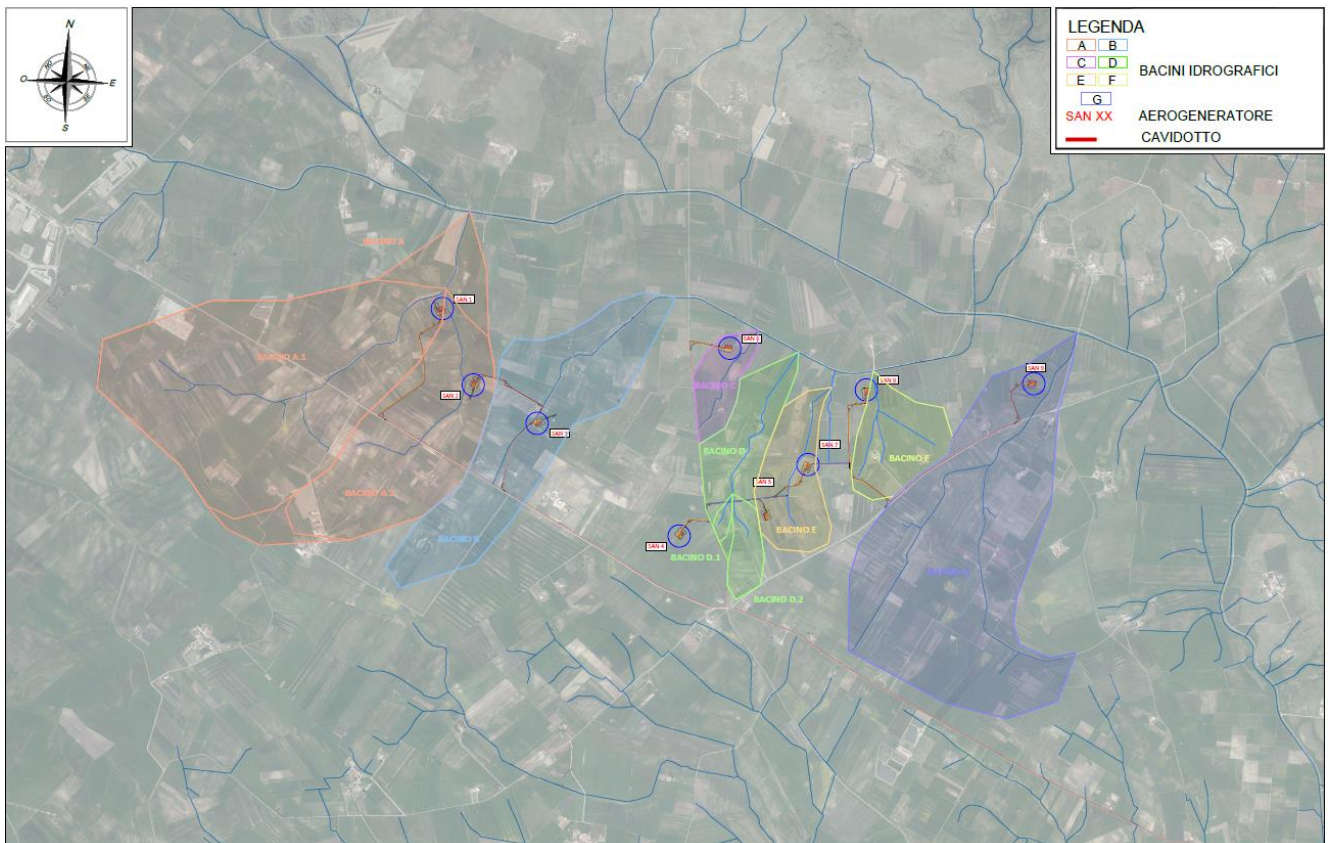


Figure 15-Inquadramento dei bacini idrografici su Ortofoto

Delle analisi effettuate nei capitoli precedente si riportano le tabelle di sintesi delle caratteristiche geomorfologiche di ciascun bacino idrografico individuato.

Bacino A	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	3.30
	H massima del bacino	[m]	398.00
	H sezione chiusura	[m]	366.00
	H monte dell'asta	[m]	390.00
	Superficie del Bacino	[Kmq]	4.84
	ia = Pendenza media dell'asta principale	[% m/m]	0.01
Bacino A.1	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	2.70
	H massima del bacino	[m]	398.00
	H sezione chiusura	[m]	368.00
	H monte dell'asta	[m]	390.00
	Superficie del Bacino	[Kmq]	2.97

	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino A.2	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	1.90
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	398.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	368.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	390.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	1.42
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino B	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	2.15
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	395.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	365.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	385.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	1.60
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino C	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.95
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	362.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.25
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino D	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	1.66
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	361.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.66
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino D.1	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.27
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	374.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	370.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	374.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.03
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino D.2	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.38
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	370.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	375.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.16
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01
Bacino E	<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	1.20
	<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	374.00
	<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	360.00
	<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	374.00
	<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.51
	<i>ia = Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[% o m/m]</i>	0.01

Bacino F	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.85
	H massima del bacino	[m]	373.00
	H sezione chiusura	[m]	360.00
	H monte dell'asta	[m]	373.00
	Superficie del Bacino	[Kmq]	0.47
	ia = Pendenza media dell'asta principale	[% m/m]	0
Bacino G	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	3.08
	H massima del bacino	[m]	375.00
	H sezione chiusura	[m]	359.00
	H monte dell'asta	[m]	375.00
	Superficie del Bacino	[Kmq]	2.93
	ia = Pendenza media dell'asta principale	[% m/m]	0

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO

Il sito dove avranno sede degli aerogeneratori compreso nel Foglio n. 189 e 201 della Carta Geologica d'Italia e si sviluppa a quote variabili dai 357 ai 381 m sul livello del mare

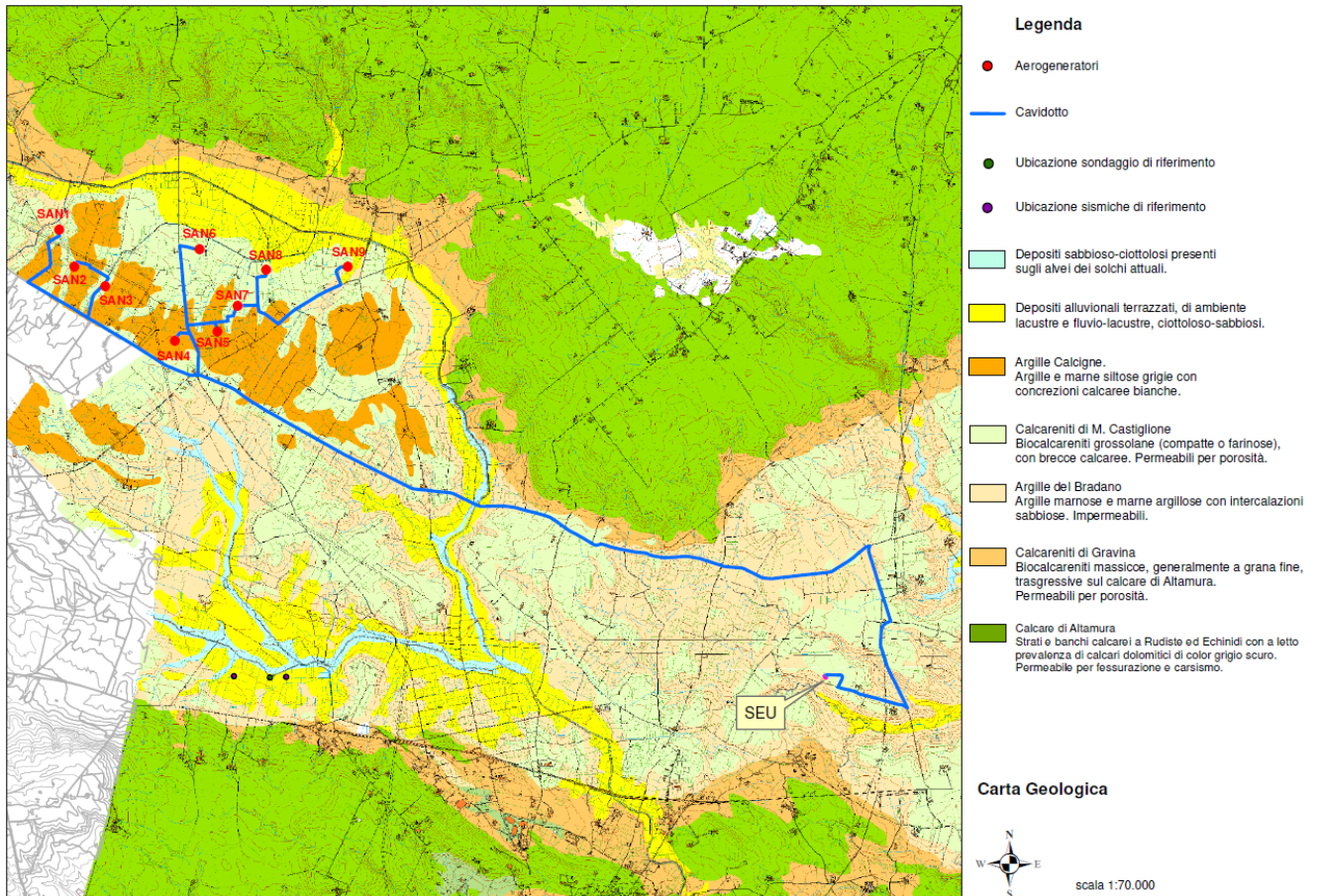


Figure 16: Stralcio della carta geologica d'Italia

Dal punto di vista geologico tutto il territorio è caratterizzato da un potente basamento carbonatico cretaceo (riferibile al "Calcare di Altamura") sul quale poggia in trasgressione una sequenza sedimentaria marina plio - pleistocenica ("Calcareniti di Gravina", "Argille subappennine", "Calcareniti di M. Castiglione") su cui, durante il ritiro del mare presso le attuali coste, si sono accumulati depositi terrazzati, marini e continentali.

In particolare, vengono riconosciute, dal basso verso l'alto, le seguenti unità litostratigrafiche, dalla più antica alla più recente:

- ❖ Calcare di Altamura;

Consulenza: **Atech srl – Studio PM srl**

Proponente: **Santeramo Wind Srl**

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Santeramo in Colle" costituito da 9 turbine con una potenza complessiva di 59,4 MW e relative opere di connessione alla R.T.N.

- ❖ Calcareniti di Gravina;
- ❖ Argille sub-appennine;
- ❖ Unità delle "Calcareniti di M. Castiglione";
- ❖ Alluvioni terrazzate di ambiente lacustre e fluvio-lacustre.



Elaborato: **Studio di compatibilità idraulica ed idrologica**

Rev. 0 – Ottobre 2023

Pagina 29 di 79

6. USO DEL SUOLO

Nel presente paragrafo vengono analizzati gli aspetti relativi alla componente suolo e patrimonio agroalimentare relativamente all'area vasta di interesse.

Inquadramento agronomico e colturale

Il paesaggio rurale dell'intera area interessata al progetto è quello tipico dell'Alta Murgia ossia un territorio pianeggiante caratterizzato dal rilievo morfologico dell'altopiano e dalla prevalenza di vaste superfici a seminativo semplice in aree non irrigue.

Non sono presenti, nella zona progettuale e nell'areale di progetto, oliveti considerati monumentali ai sensi della L.R. 14/2007.

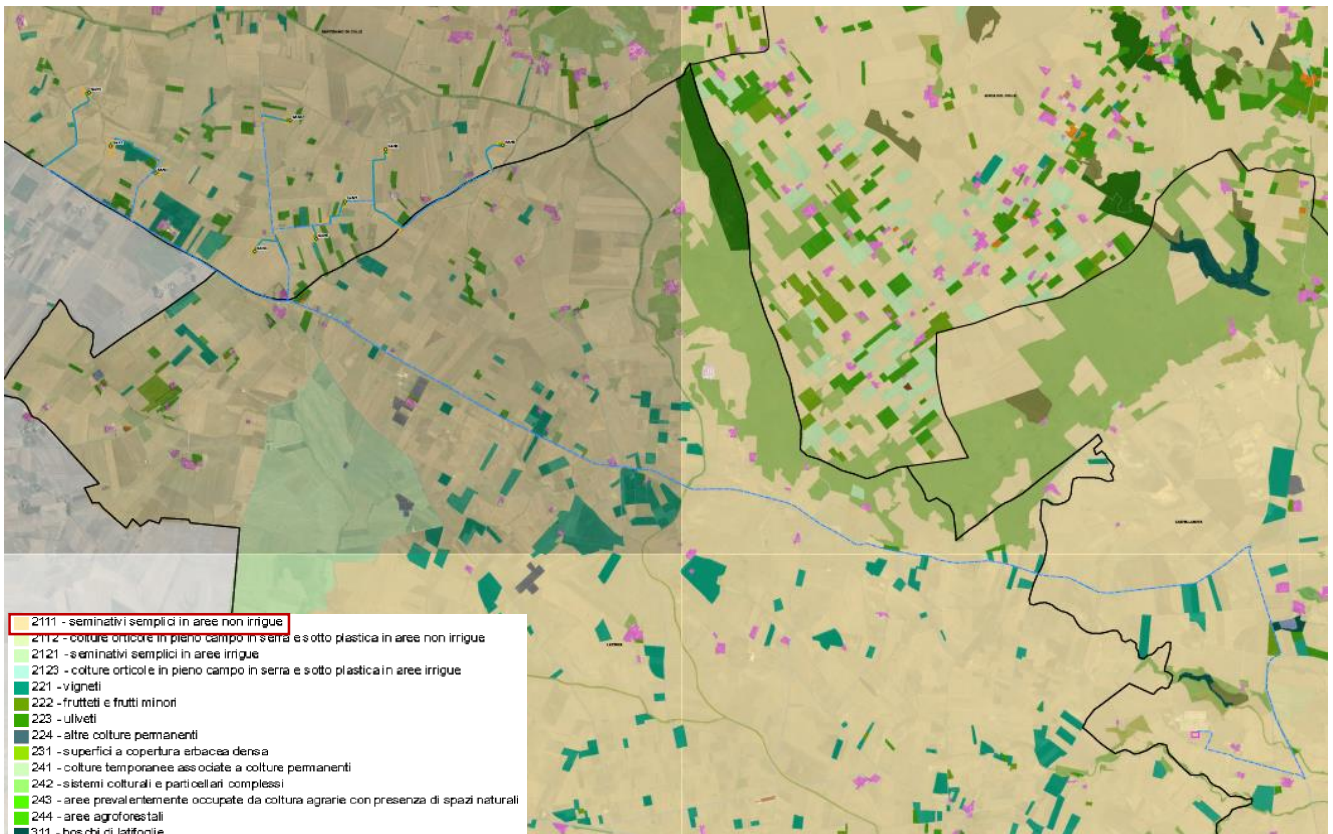


Figure 17: Stralcio della Carta Uso del Suolo

7. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I, le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.



Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri θ^* e Λ^* .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati,

ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di Λ_1 . Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	θ^*	Λ^*	Λ_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno TR ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno TR ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e Λ_1 , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e Λ_1 .

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T < 50$ anni e superiori al 5% per $T < 100$ anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h:

ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione.

Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

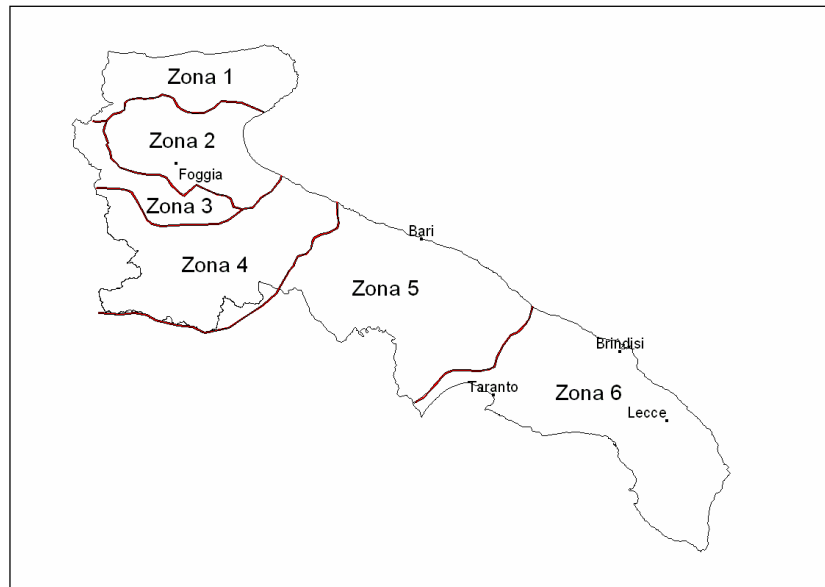


Figure 18 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\cdot (X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire.

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (KT) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

7.1. Curve di possibilità climatica

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino oggetto del presente studio.

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica che interessa i bacini idrografici di interesse, la stazione pluviometrica di **Santeramo in Colle**.

Stazione di:	Santeramo in Colle				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1963	20,6	40,0	42,8	61,6	71,0
1964	23,4	33,0	45,8	50,0	60,6
1965	12,8	16,8	22,8	33,8	52,2
1966	35,8	37,8	40,8	67,8	82,8
1967	10,2	13,2	24,0	34,2	35,6
1968	38,2	40,0	40,0	40,4	47,2
1969	35,0	39,2	40,2	43,0	48,0
1970	60,0	77,0	77,0	78,2	97,4
1971	15,8	30,0	43,6	44,8	51,8
1972	43,0	56,4	61,0	69,4	90,4
1973	26,2	37,6	37,6	52,4	59,8
1975	13,2	22,2	28,0	40,4	58,0
1976	17,6	22,4	37,0	50,4	69,4
1977	24,6	41,0	45,2	74,8	95,0
1978	35,6	35,6	35,6	52,2	60,4
1979	14,0	16,2	21,0	34,8	59,2
1981	12,6	18,2	24,2	35,2	43,4
1982	45,0	56,6	58,0	58,0	59,0
1983	42,0	47,4	47,6	47,6	47,6

1984	31,4	45,4	>>	>>	>>
1985	24,6	25,8	25,8	28,8	41,6
1986	37,6	38,0	38,0	38,0	40,0
1987	22,0	22,0	24,6	30,0	51,0
1988	>>	>>	>>	>>	41,0
1989	13,6	27,4	31,2	34,4	35,4
1990	>>	>>	42,0	73,2	94,2
1991	21,0	21,6	22,4	>>	>>
1994	32,2	32,2	37,0	38,6	49,0
1996	20,0	25,2	27,6	39,4	48,8
1997	23,8	29,2	36,4	48,0	71,6
1998	37,0	39,4	39,6	46,8	60,0
1999	26,2	28,0	39,4	40,6	61,0
2000	63,4	89,2	90,4	90,4	92,2
2001	27,2	44,0	44,6	52,8	62,0
2002	28,8	29,8	32,8	32,8	43,2
2003	32,2	32,4	32,6	41,8	50,4
2005	57,6	82,2	104,2	108,8	112,2
2006	34,0	46,6	53,6	89,8	105,2
2007	21,2	22,6	30,6	35,8	35,8
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	19,8	27,6	37,2	44,2	55,8
2010	25,4	41,2	43,2	64,0	83,2
2011	43,0	53,4	74,6	86,4	107,8
2012	26,0	41,6	41,6	41,6	41,6

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova nella **zona 5** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della tabella relativi alla zona 5.

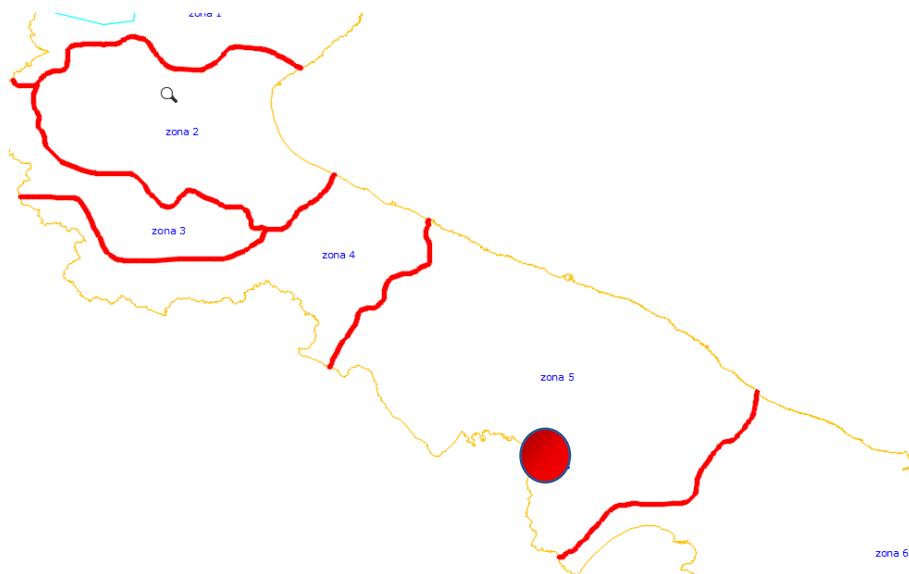


Figure 19 – Zona VAPI di interesse dei bacini idrografici.

Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si utilizza la seguente relazione:

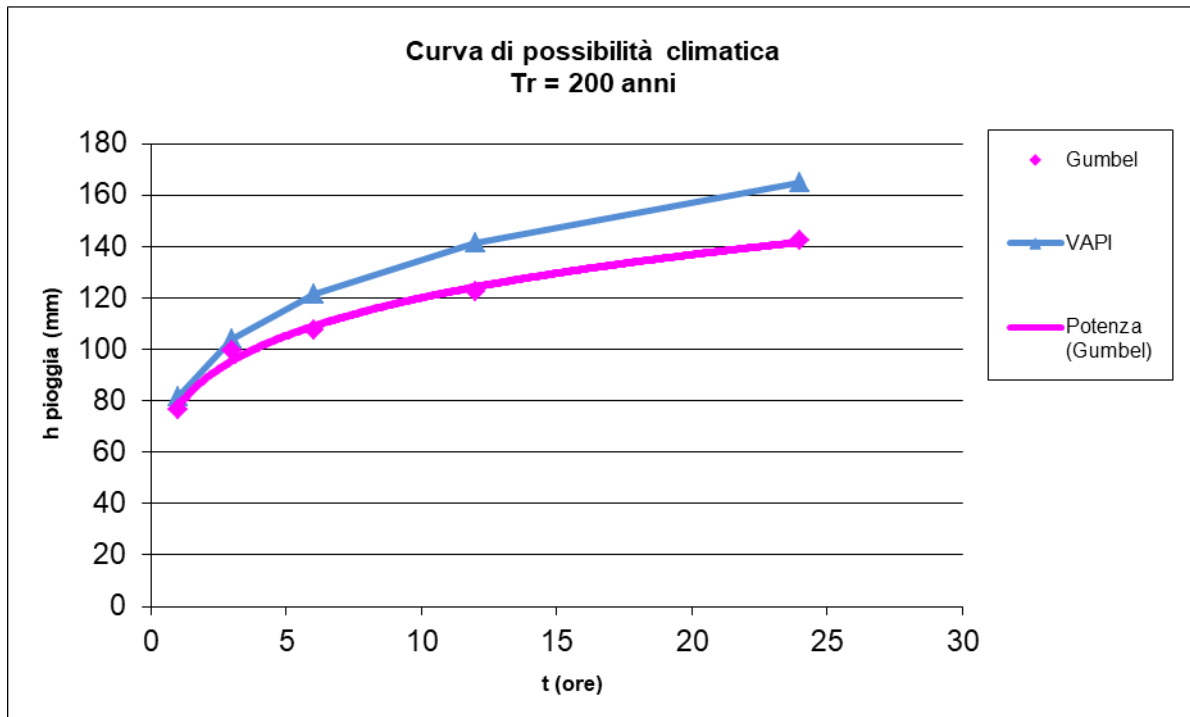
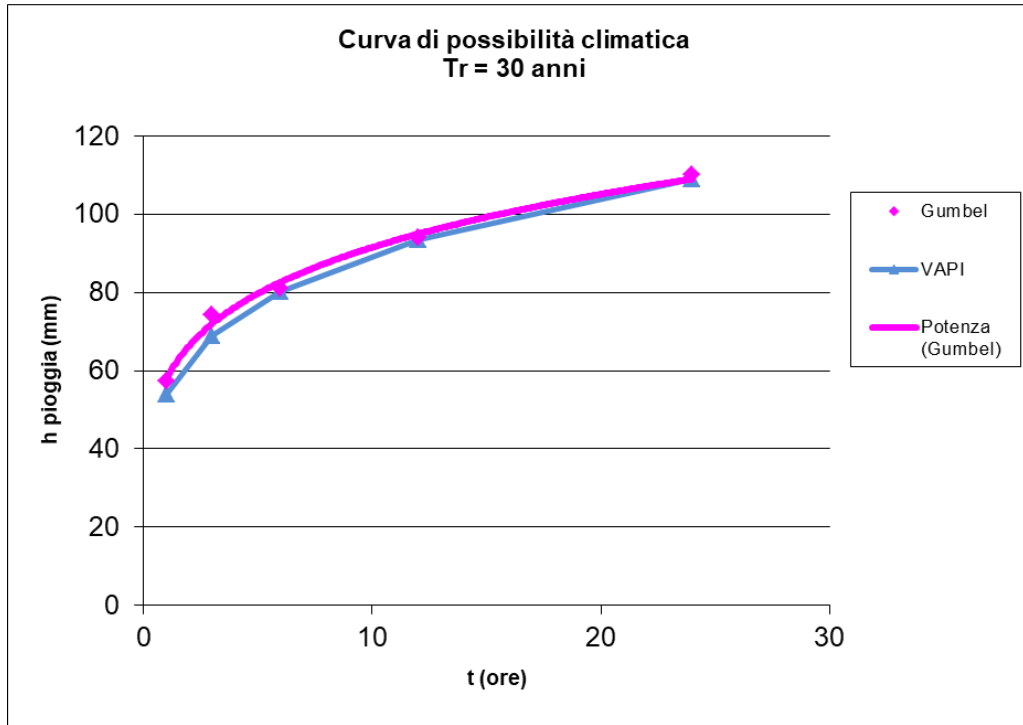
$$\text{Zona 5: } x(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002 z)/3.178}$$

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno e per ogni bacino.

Nel presente studio è stata utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dalla metodologia che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia. Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia, in mm, ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti):

Stazione di Santeramo in Colle					
Tr = 30 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	57,277	74,165	81,044	93,911	110,068
VAPI	54,058	68,891	80,279	93,550	109,014
Tr = 200 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76,454	99,332	107,637	122,531	142,303
VAPI	81,696	104,112	121,322	141,377	164,747
Tr = 500 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	85,662	111,415	120,405	136,273	157,780
VAPI	95,044	121,124	141,146	164,478	191,666

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



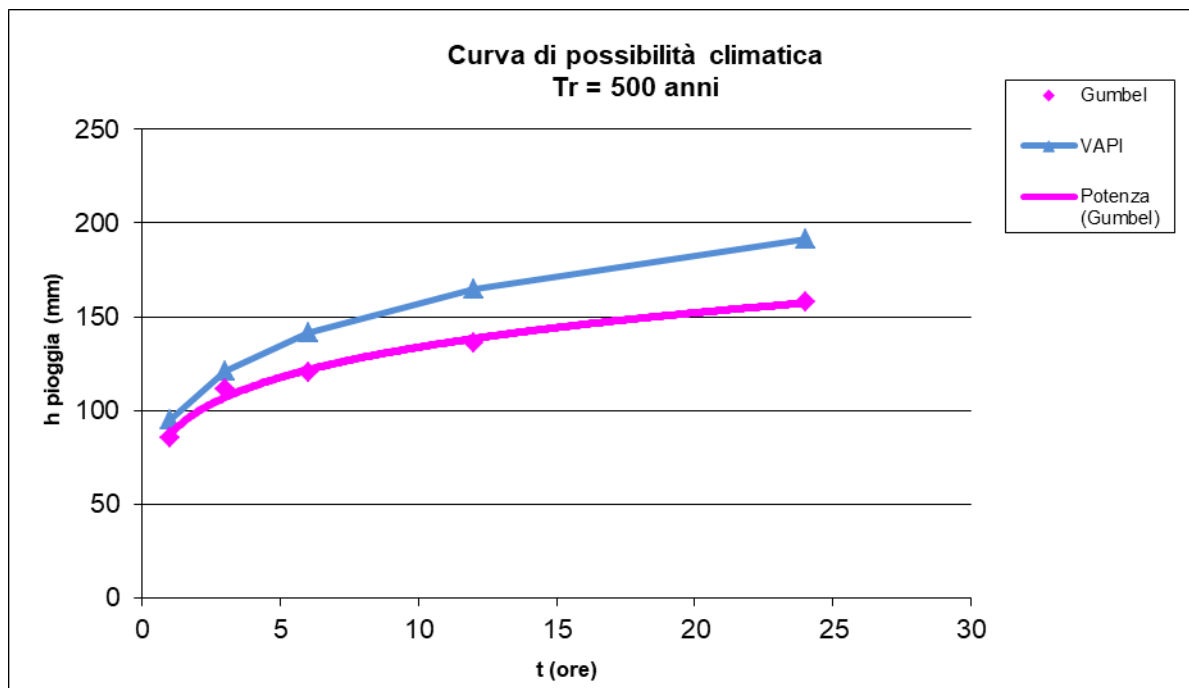


Figure 20 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

8. ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici (utilizzati nel presente studio), che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

8.1. Valutazione portate di piena

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino (tc).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

Metodo Razionale

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;



2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari ha:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m³/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km²]

t_c = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t_c: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il tempo di corrivazione, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (A) variabile tra 170 e 70000 km², che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$

nella quale t_c è espresso in ore, A in km^2 mentre L , la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e H_m , altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale t_c è espresso in ore e L in km. Il parametro i_a rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$. Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

nella quale t_c è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento ai parametri geomorfologici del bacino di interesse, si sono ottenuti i vari risultati; la valutazione successiva di stima della portata di piena di calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni.

Si riporta di seguito la tabella con i valori medi dei tempi di corrivazione utilizzati per le valutazioni.

Tc	Valore medio (h)
Bacino A	2.316
Bacino A.1	1.873
Bacino A.2	1.237
Bacino B	1.434
Bacino C	0.738
Bacino D	1.313
Bacino D.1	0.346
Bacino D.2	0.576
Bacino E	0.967
Bacino F	0.770
Bacino G	2.623

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso ϕ , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree

che coefficiente ϕ , esso è effettuato pesata dei per le sub-aree

isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40
Tipologia urbanistica	ϕ		
Costruzioni dense	0.80		
Costruzioni Spaziate	0.60		
Aree con ampi cortili e giardini	0.50		

Zone a villini sparsi	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade	0.20
Parchi e boschi	0.05-0.10

Per i bacini di interesse è stato utilizzato un **coefficiente medio di deflusso pari a 0,35**.

Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i seguenti valori per le portate di piena:

Bacino	Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
Bacino A	30 anni	57,777	0,200	2,316	68,341	29,502	13,894
	200 anni	77,713	0,189	2,316	91,072	39,315	18,515
	500 anni	87,291	0,185	2,316	101,985	44,026	20,734
Bacino A.1	30 anni	57,777	0,200	1,873	65,501	34,964	10,083
	200 anni	77,713	0,189	1,873	87,493	46,703	13,468
	500 anni	87,291	0,185	1,873	98,053	52,340	15,093
Bacino A.2	30 anni	57,777	0,200	1,237	60,289	48,730	6,732
	200 anni	77,713	0,189	1,237	80,900	65,390	9,034
	500 anni	87,291	0,185	1,237	90,800	73,392	10,139
Bacino B	30 anni	57,777	0,200	1,434	62,097	43,294	6,725
	200 anni	77,713	0,189	1,434	83,190	58,001	9,010
	500 anni	87,291	0,185	1,434	93,321	65,064	10,107
Bacino C	30 anni	57,777	0,200	0,738	54,377	73,654	1,782
	200 anni	77,713	0,189	0,738	73,386	99,401	2,404
	500 anni	87,291	0,185	0,738	82,520	111,774	2,704
Bacino D	30 anni	57,777	0,200	1,313	61,010	46,465	2,987
	200 anni	77,713	0,189	1,313	81,814	62,309	4,006
	500 anni	87,291	0,185	1,313	91,807	69,919	4,495
Bacino D.1	30 anni	57,777	0,200	0,346	46,730	135,114	0,393
	200 anni	77,713	0,189	0,346	63,595	183,880	0,535
	500 anni	87,291	0,185	0,346	71,707	207,336	0,603
Bacino D.2	30 anni	57,777	0,200	0,576	51,737	89,897	1,423
	200 anni	77,713	0,189	0,576	70,014	121,656	1,925
	500 anni	87,291	0,185	0,576	78,800	136,921	2,167
Bacino E	30 anni	57,777	0,200	0,967	57,395	59,334	2,926
	200 anni	77,713	0,189	0,967	77,227	79,836	3,937
	500 anni	87,291	0,185	0,967	86,755	89,685	4,423
Bacino F	30 anni	57,777	0,200	0,770	54,830	71,251	3,271
	200 anni	77,713	0,189	0,770	73,962	96,114	4,412
	500 anni	87,291	0,185	0,770	83,156	108,061	4,960
Bacino G	30 anni	57,777	0,200	2,623	70,057	26,713	7,618
	200 anni	77,713	0,189	2,623	93,232	35,550	10,138
	500 anni	87,291	0,185	2,623	104,357	39,792	11,347

Metodo del Curve Number

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("*Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method*", detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P > I_a$ il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

S_0 è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

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 permanente	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

Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	0 < P < 50
II (Umidità media)	50 < P < 110
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	P > 110

Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

I valori del CN riportati nella tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito adottare un valore di Curve Number pari al CN(II) pari a 77.**

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri S ed I_a a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo" t_L (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto t_L/t_c è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:

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

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dislivello espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m^3/s) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm , il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km^2 , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come " t_c " i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Bacino	Tr	P [mm]	Pnet	TL [h]	V [mm]	ta [h]	Qp [mc/s]
Bacino A	30 anni	65,122	37,640	1,609	37,640	2,768	13,703

	200 anni	98,415	67,814	1,609	67,814	2,768	24,688
	500 anni	114,496	82,917	1,609	82,917	2,768	30,186
Bacino A.1	30 anni	62,131	35,045	1,281	35,045	2,217	9,751
	200 anni	93,895	63,616	1,281	63,616	2,217	17,701
	500 anni	109,237	77,953	1,281	77,953	2,217	21,690
Bacino A.2	30 anni	56,670	30,380	0,808	30,380	1,427	6,293
	200 anni	85,643	56,019	0,808	56,019	1,427	11,605
	500 anni	99,637	68,953	0,808	68,953	1,427	14,284
Bacino B	30 anni	58,555	31,978	0,952	31,978	1,669	6,366
	200 anni	88,491	58,630	0,952	58,630	1,669	11,671
	500 anni	102,950	72,048	0,952	72,048	1,669	14,343
Bacino C	30 anni	50,555	25,291	0,500	25,291	0,869	1,505
	200 anni	76,402	47,636	0,500	47,636	0,869	2,835
	500 anni	88,885	58,993	0,500	58,993	0,869	3,511
Bacino D	30 anni	57,408	31,005	0,992	31,005	1,649	2,587
	200 anni	86,758	57,040	0,992	57,040	1,649	4,759
	500 anni	100,934	70,164	0,992	70,164	1,649	5,853
Bacino D.1	30 anni	42,751	19,061	0,174	19,061	0,347	0,342
	200 anni	64,608	37,193	0,174	37,193	0,347	0,667
	500 anni	75,164	46,526	0,174	46,526	0,347	0,835
Bacino D.2	30 anni	47,843	23,088	0,241	23,088	0,529	1,478
	200 anni	72,303	43,971	0,241	43,971	0,529	2,816
	500 anni	84,117	54,625	0,241	54,625	0,529	3,498
Bacino E	30 anni	53,663	27,858	0,653	27,858	1,137	2,585
	200 anni	81,099	51,879	0,653	51,879	1,137	4,814
	500 anni	94,350	64,038	0,653	64,038	1,137	5,943
Bacino F	30 anni	51,022	25,674	0,433	25,674	0,818	3,083
	200 anni	77,107	48,270	0,433	48,270	0,818	5,797
	500 anni	89,705	59,747	0,433	59,747	0,818	7,176
Bacino G	30 anni	66,877	39,175	2,081	39,175	3,392	7,046
	200 anni	101,068	70,289	2,081	70,289	3,392	12,642
	500 anni	117,582	85,841	2,081	85,841	3,392	15,440

*

8.2. Considerazioni finali sulla portata di piena

Per ogni bacino, a vantaggio di sicurezza, si ritiene opportuno utilizzare il valore più alto della portata ottenuta; di seguito si sintetizza una tabella contenente i valori di portata ottenuti con le due metodologie descritte ai paragrafi precedenti. **Il valore di portata duecentennale adottato nelle successive modellazioni è quello maggiore, segnato in grassetto.**

Bacino	Tr	Metodo razionale Q [mc/s]	Metodo Curve Number (CN) Q [mc/s]
Bacino A	30 anni	13.89	13.70
	200 anni	18.52	24.69
	500 anni	20.73	30.19
Bacino A.1	30 anni	10.08	9.75
	200 anni	13.47	17.70
	500 anni	15.09	21.69
Bacino A.2	30 anni	6.73	6.29
	200 anni	9.03	11.60
	500 anni	10.14	14.28
Bacino B	30 anni	6.73	6.37
	200 anni	9.01	11.67
	500 anni	10.11	14.34
Bacino C	30 anni	1.78	1.51
	200 anni	2.40	2.84
	500 anni	2.70	3.51
Bacino D	30 anni	2.99	2.59
	200 anni	4.01	4.76
	500 anni	4.50	5.85
Bacino D.1	30 anni	0.39	0.34
	200 anni	0.54	0.67
	500 anni	0.60	0.84
Bacino D.2	30 anni	1.42	1.48
	200 anni	1.93	2.82
	500 anni	2.17	3.50
Bacino E	30 anni	2.93	2.59
	200 anni	3.94	4.81
	500 anni	4.42	5.94
Bacino F	30 anni	3.27	3.08
	200 anni	4.41	5.80

	500 anni	4.96	7.18
Bacino G	30 anni	7.62	7.05
	200 anni	10.14	12.64
	500 anni	11.35	15.44

9. MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 3.1.3, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati.

Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche) e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare.

HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica.

Scabrezza di manning

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza n secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.

Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Le condizioni al contorno si distinguono in condizioni al contorno di tipo esterno e condizioni al contorno di tipo interno, ove per condizioni esterne si intendono le altezze idriche da assegnare nella sezione di calcolo posta a valle e in tutte le sezioni iniziali poste a monte del reticolo idrografico,

mentre per condizioni interne sono intese quelle relative alle sezioni di confluenza di due o più rami dello stesso reticolo.

Per le sezioni di monte e di valle dei tratti studiati si è fissata l'altezza di moto uniforme.

Sezioni di calcolo e profilo longitudinale

La realizzazione del modello in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia**.

Sulla base delle informazioni piano altimetriche disponibili è stato ricavato un modello geometrico, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da sezioni (numerate progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza costante con passo di circa 100 m. Definito il **modello geometrico**, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento all'asta modellata.

In particolare, sono riportati i risultati della simulazione effettuata, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Tale verifica ha consentito, grazie all'ausilio del software HEC-RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso e, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni sezione, oltre che la pendenza della linea dell'energia, la velocità media della corrente, la larghezza del pelo libero, il numero di Froude della corrente, ecc..

Tutte queste informazioni sono indicate sotto forma numerica nelle tabelle riassuntive seguenti, nelle quali, al variare del tempo di ritorno e per ognuna delle sezioni, sono riportati i **dati relativi ai principali parametri idraulici desunti dal calcolo al passaggio dell'onda di piena**.

Le sigle riportate sono relative a:

- a) **Q total** = Portata totale espressa in m^3/s ;
- b) **Min Ch El** = Quote del fondo dell'alveo;
- c) **W.S. Elev** = Quota del pelo libero;
- d) **Crit W.S.** = Quota critica del pelo libero;
- e) **E.G. Elev** = Quota della linea dell'energia;
- f) **E.G. Slope** = Pendenza della linea dell'energia;

- g) Vel Chnl = Velocità media della corrente nell'alveo;
- h) Flow area = Area totale della sezione liquida effettiva;
- i) Top Width = Larghezza superficiale della sezione liquida;
- j) Froude = Numero di Froude dell'alveo.

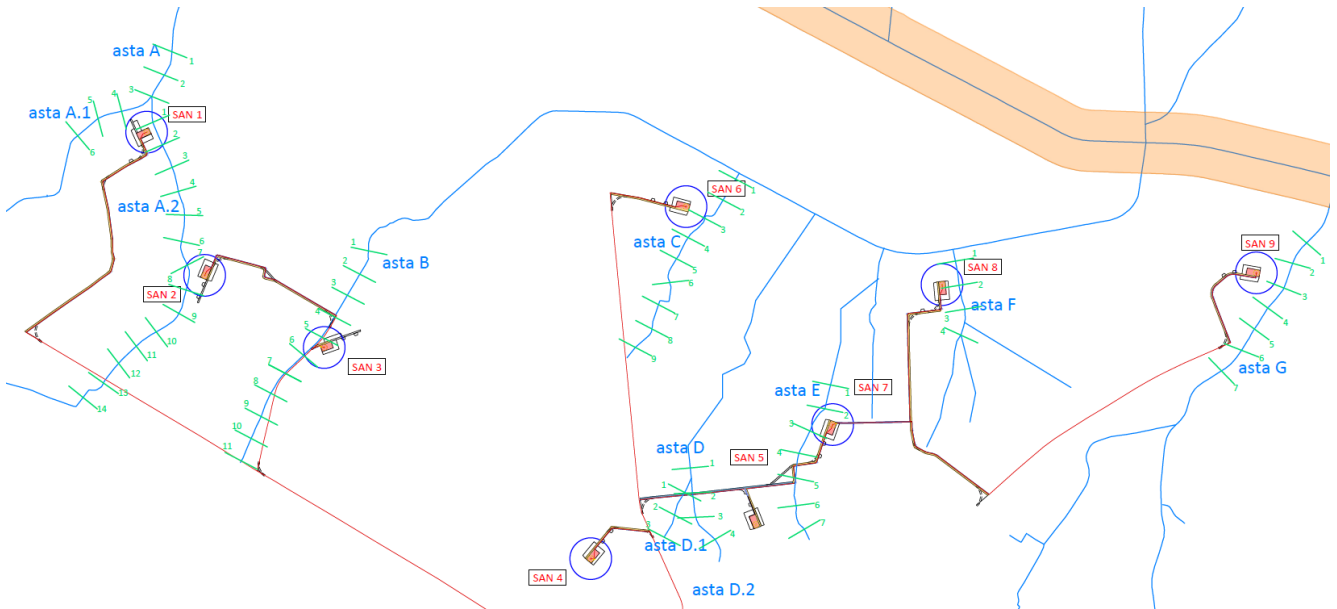


Figure 21 Individuazione delle aste del reticolo idrografico con relative sezioni trasversali modellate su base ortofoto

9.1. Aste A, A.1 e A.2

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asta A.2	Asta A.2	14	Tr = 200 anni	11.60	383.01	383.52	383.52	383.66	0.016000	1.66	7.01	24.67	0.99
Asta A.2	Asta A.2	13	Tr = 200 anni	11.60	382.01	382.63	382.52	382.70	0.005915	1.17	9.91	27.82	0.63
Asta A.2	Asta A.2	12	Tr = 200 anni	11.60	381.00	381.61	381.61	381.78	0.015910	1.82	6.38	19.37	1.01
Asta A.2	Asta A.2	11	Tr = 200 anni	11.60	380.00	380.65	380.48	380.72	0.004218	1.11	10.46	24.68	0.54
Asta A.2	Asta A.2	10	Tr = 200 anni	11.60	379.05	379.81	379.80	380.00	0.013797	1.93	6.01	14.99	0.97
Asta A.2	Asta A.2	9	Tr = 200 anni	11.60	378.00	378.35	378.35	378.49	0.016298	1.67	6.96	24.60	1.00
Asta A.2	Asta A.2	8	Tr = 200 anni	11.60	376.06	376.79	376.75	376.95	0.011069	1.77	6.56	15.79	0.88
Asta A.2	Asta A.2	7	Tr = 200 anni	11.60	375.00	375.73	375.67	375.87	0.010348	1.69	6.88	16.92	0.84
Asta A.2	Asta A.2	6	Tr = 200 anni	11.60	373.91	374.44	374.44	374.63	0.015128	1.93	6.00	15.98	1.01
Asta A.2	Asta A.2	5	Tr = 200 anni	11.60	373.00	373.64	373.50	373.73	0.005555	1.35	8.60	18.54	0.63
Asta A.2	Asta A.2	4	Tr = 200 anni	11.60	372.01	372.68	372.68	372.86	0.015338	1.87	6.20	17.55	1.01
Asta A.2	Asta A.2	3	Tr = 200 anni	11.60	370.66	371.24	371.15	371.30	0.005549	1.08	11.18	38.21	0.60
Asta A.2	Asta A.2	2	Tr = 200 anni	11.60	370.00	370.26	370.26	370.38	0.017719	1.49	7.76	34.42	1.00
Asta A.2	Asta A.2	1	Tr = 200 anni	11.60	368.00	368.25	368.21	368.32	0.010003	1.15	10.08	43.10	0.76
Asta A.1-A	Asta A.1-A	6	Tr = 200 anni	17.70	367.92	368.71	368.51	368.80	0.004272	1.30	13.57	25.29	0.57
Asta A.1-A	Asta A.1-A	5	Tr = 200 anni	17.70	367.80	368.68		368.69	0.000474	0.53	33.37	46.88	0.20
Asta A.1-A	Asta A.1-A	4	Tr = 200 anni	17.70	367.60	368.62		368.64	0.000536	0.55	33.61	52.54	0.21
Asta A.1-A	Asta A.1-A	3	Tr = 200 anni	24.69	367.40	368.45	368.14	368.52	0.002753	1.18	22.56	71.73	0.47
Asta A.1-A	Asta A.1-A	2	Tr = 200 anni	24.69	367.16	368.26		368.31	0.001621	1.00	28.01	92.06	0.37
Asta A.1-A	Asta A.1-A	1	Tr = 200 anni	24.69	367.00	368.08	367.73	368.13	0.002002	1.07	27.17	96.29	0.41

Figure 22 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

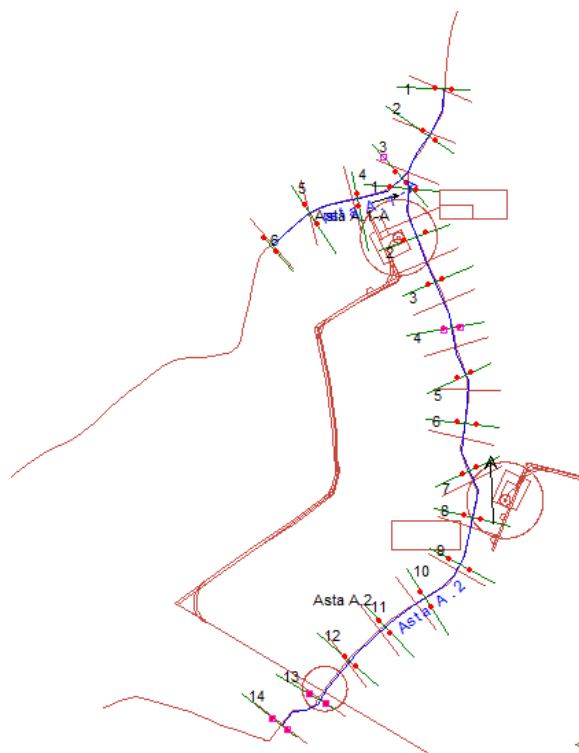


Figure 23 Planimetria con indicazione delle sezioni

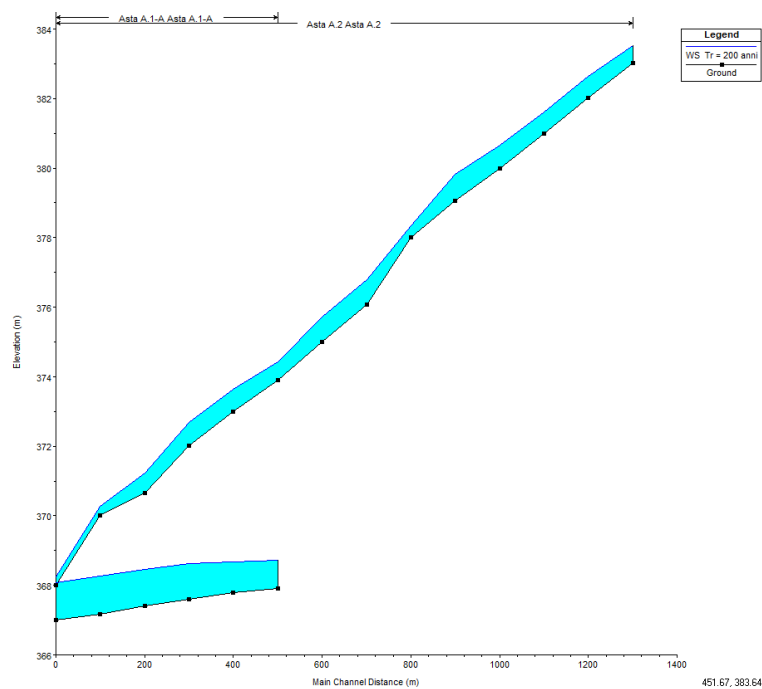


Figure 24 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

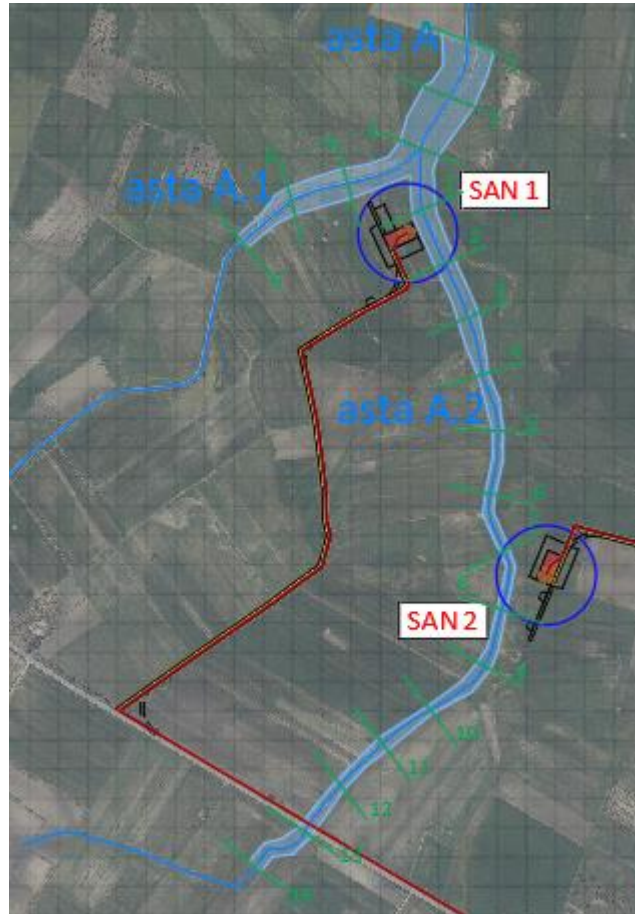


Figure 25 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **delle turbine SAN 01 e SAN 02** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

9.2. Asta B

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asta B	11	Tr = 200 anni	11.67	381.72	382.22	382.18	382.30	0.007872	1.38	9.90	37.02	0.73
Asta B	10	Tr = 200 anni	11.67	380.72	381.18	381.18	381.29	0.013237	1.65	8.31	35.81	0.92
Asta B	9	Tr = 200 anni	11.67	379.00	379.55	379.56	379.73	0.018482	1.92	6.08	19.12	1.09
Asta B	8	Tr = 200 anni	11.67	378.00	378.37	378.28	378.44	0.006528	1.15	10.13	31.37	0.65
Asta B	7	Tr = 200 anni	11.67	377.50	377.81	377.72	377.85	0.005233	0.90	12.97	49.30	0.56
Asta B	6	Tr = 200 anni	11.67	376.80	377.16		377.23	0.007309	1.19	9.78	31.25	0.68
Asta B	5	Tr = 200 anni	11.67	376.30	376.79		376.82	0.002489	0.83	13.99	34.11	0.42
Asta B	4	Tr = 200 anni	11.67	376.00	376.37		376.44	0.006564	1.15	10.13	31.50	0.65
Asta B	3	Tr = 200 anni	11.67	375.00	375.30	375.30	375.42	0.017467	1.54	7.57	31.68	1.01
Asta B	2	Tr = 200 anni	11.67	373.28	373.90	373.77	373.99	0.006251	1.33	8.78	21.17	0.66
Asta B	1	Tr = 200 anni	11.67	373.00	373.51	373.32	373.55	0.003004	0.89	13.09	33.23	0.45

Figure 26 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

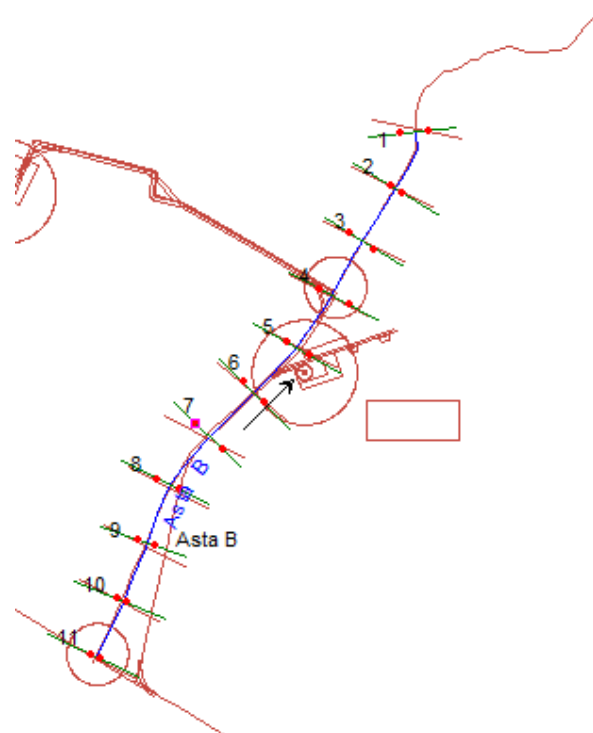


Figure 27 Planimetria con indicazione delle sezioni

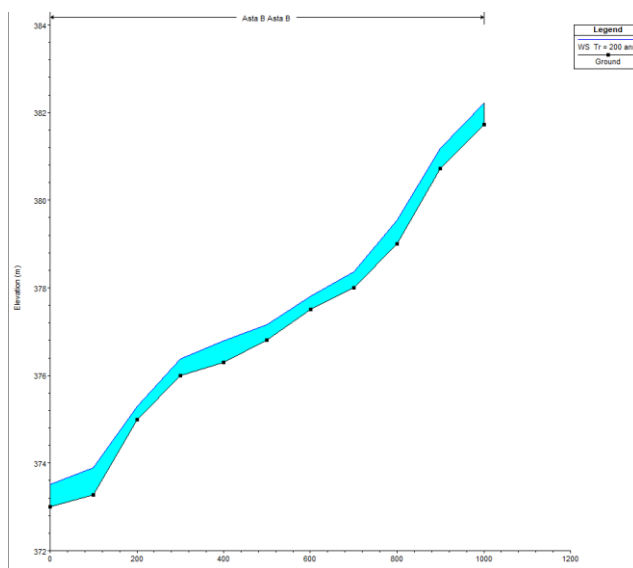


Figure 28 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

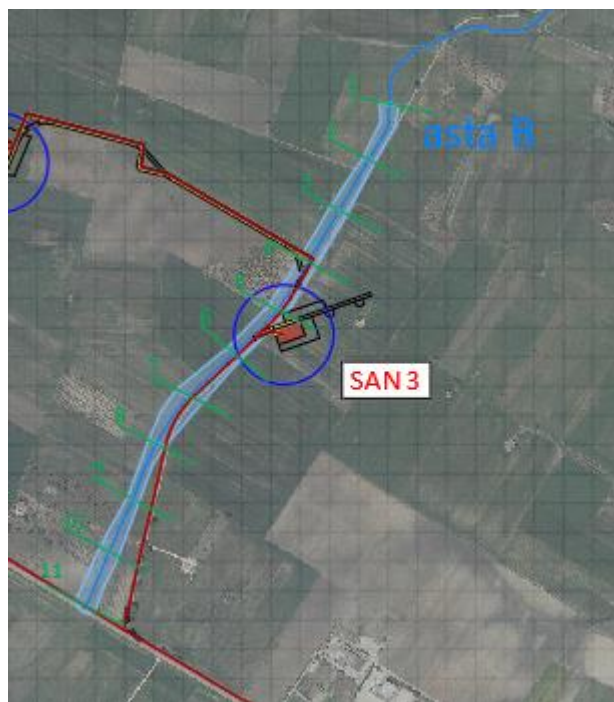


Figure 29 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **della turbina SAN 03** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

9.3. Asta C

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asta C	9	Tr = 200 anni	2.84	366.00	366.15	366.12	366.18	0.008481	0.69	4.10	33.20	0.63
Asta C	8	Tr = 200 anni	2.84	365.00	365.14	365.12	365.17	0.012158	0.78	3.64	32.18	0.74
Asta C	7	Tr = 200 anni	2.84	364.00	364.16		364.18	0.008237	0.69	4.14	33.30	0.62
Asta C	6	Tr = 200 anni	2.84	363.00	363.14	363.12	363.17	0.012697	0.79	3.58	32.06	0.76
Asta C	5	Tr = 200 anni	2.84	362.00	362.15	362.11	362.18	0.007937	0.73	3.87	27.24	0.62
Asta C	4	Tr = 200 anni	2.84	361.00	361.13	361.11	361.17	0.013232	0.86	3.29	26.67	0.78
Asta C	3	Tr = 200 anni	2.84	360.00	360.11	360.08	360.13	0.008332	0.59	4.83	49.32	0.60
Asta C	2	Tr = 200 anni	2.84	358.52	358.81	358.81	358.89	0.019939	1.26	2.26	14.21	1.00
Asta C	1	Tr = 200 anni	2.84	357.02	357.35	357.31	357.40	0.010006	0.98	2.90	15.82	0.73

Figure 30 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

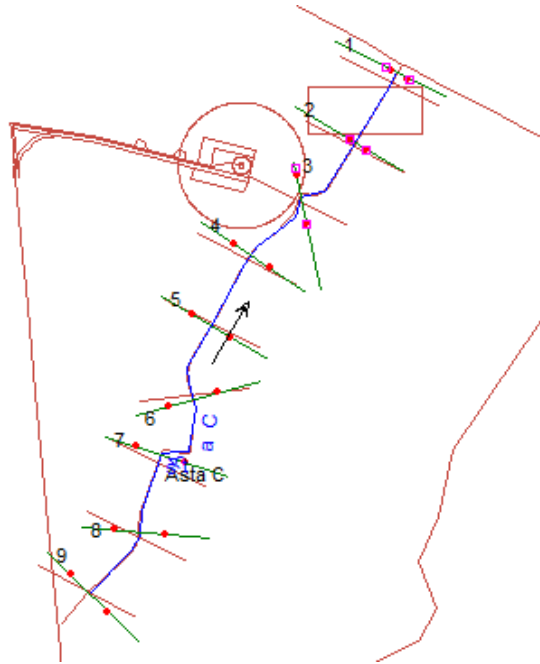


Figure 31 Planimetria con indicazione delle sezioni

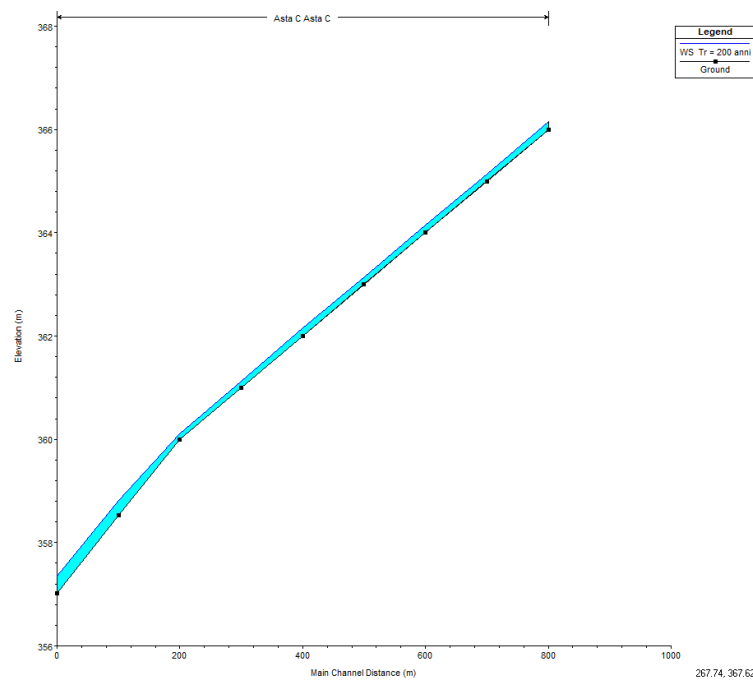


Figure 32 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

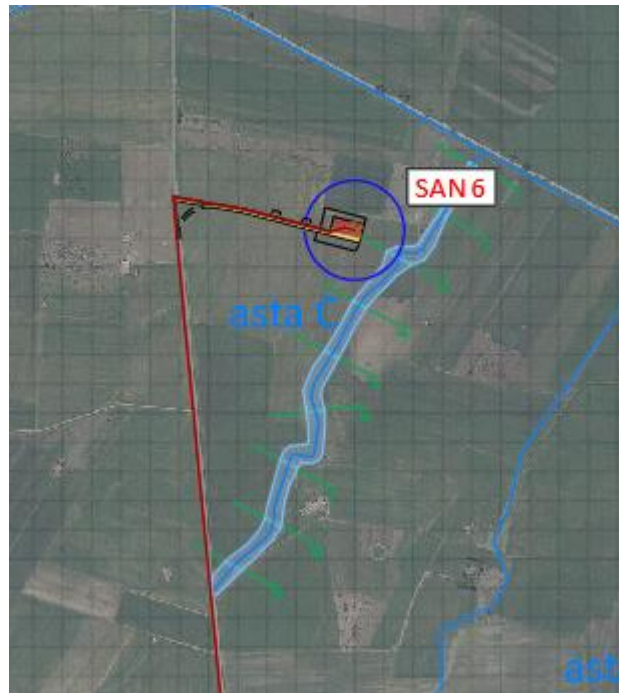


Figure 33 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **della turbina SAN 06** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

9.4. Aste D, D.1 e D.2

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asta D.2-D	Asta D.2-D	4	Tr = 200 anni	2.82	373.00	373.10	373.09	373.13	0.019033	0.76	3.69	47.11	0.87
Asta D.2-D	Asta D.2-D	3	Tr = 200 anni	2.82	372.00	372.30		372.33	0.004374	0.72	3.91	18.05	0.50
Asta D.2-D	Asta D.2-D	2	Tr = 200 anni	2.82	371.50	371.77	371.70	371.81	0.006279	0.82	3.43	17.15	0.59
Asta D.2-D	Asta D.2-D	1	Tr = 200 anni	4.76	371.00	371.24	371.16	371.27	0.005002	0.78	6.10	27.79	0.53
Asta D.1	Asta D.1	3	Tr = 200 anni	0.67	375.00	375.07	375.05	375.08	0.012127	0.51	1.31	22.01	0.67
Asta D.1	Asta D.1	2	Tr = 200 anni	0.67	373.20	373.25	373.25	373.28	0.029645	0.68	0.98	20.58	1.00
Asta D.1	Asta D.1	1	Tr = 200 anni	0.67	371.40	371.47	371.45	371.49	0.009994	0.48	1.40	22.38	0.61

Figure 34 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

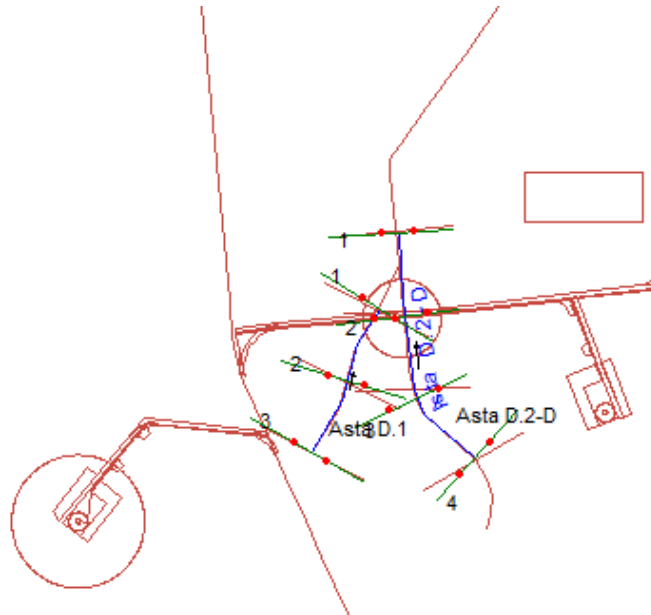


Figure 35 Planimetria con indicazione delle sezioni

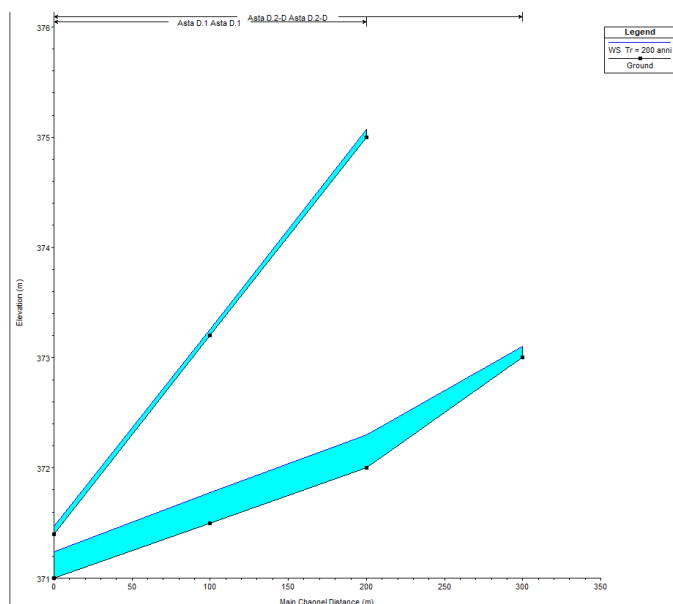


Figure 36 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

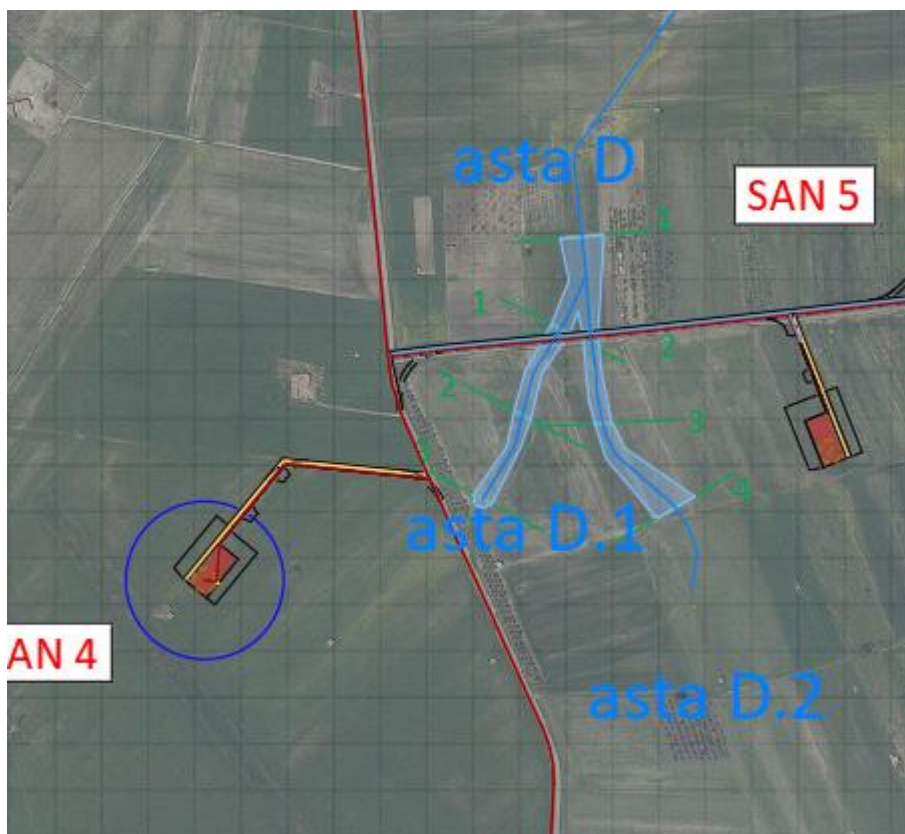


Figure 37 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **della turbina SAN 05** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

9.5. Asta E

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total [m ³ /s]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Crit W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [m ²]	Top Width [m]	Froude # Chl
Asta E	7	Tr = 200 anni	4.81	372.13	372.46	372.39	372.50	0.005977	0.83	5.82	27.75	0.58
Asta E	6	Tr = 200 anni	4.81	371.63	371.99	371.89	372.02	0.003869	0.72	6.72	28.74	0.47
Asta E	5	Tr = 200 anni	4.81	371.00	371.28	371.26	371.36	0.013453	1.21	3.97	19.58	0.86
Asta E	4	Tr = 200 anni	4.81	369.50	369.77	369.76	369.86	0.016899	1.31	3.68	19.24	0.95
Asta E	3	Tr = 200 anni	4.81	368.00	368.22	368.20	368.29	0.014478	1.15	4.19	23.64	0.87
Asta E	2	Tr = 200 anni	4.81	366.50	366.72	366.70	366.79	0.015581	1.18	4.08	23.48	0.90
Asta E	1	Tr = 200 anni	4.81	365.00	365.20	365.18	365.26	0.014998	1.09	4.40	27.57	0.87

Figure 38 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

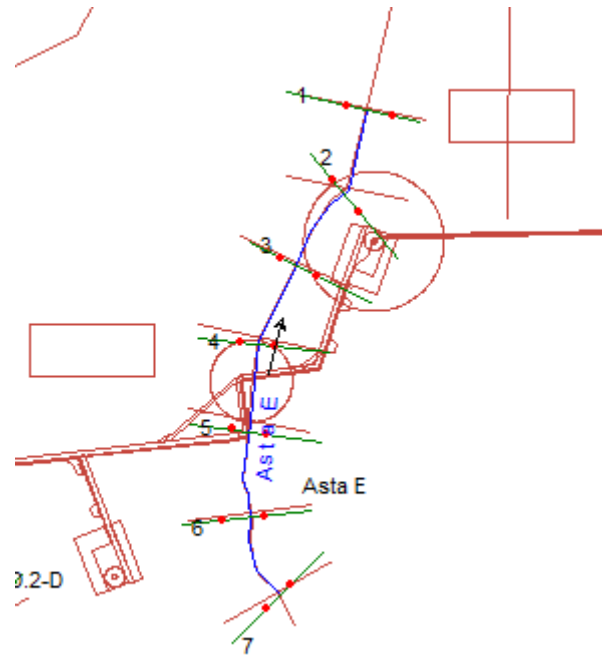


Figure 39 Planimetria con indicazione delle sezioni

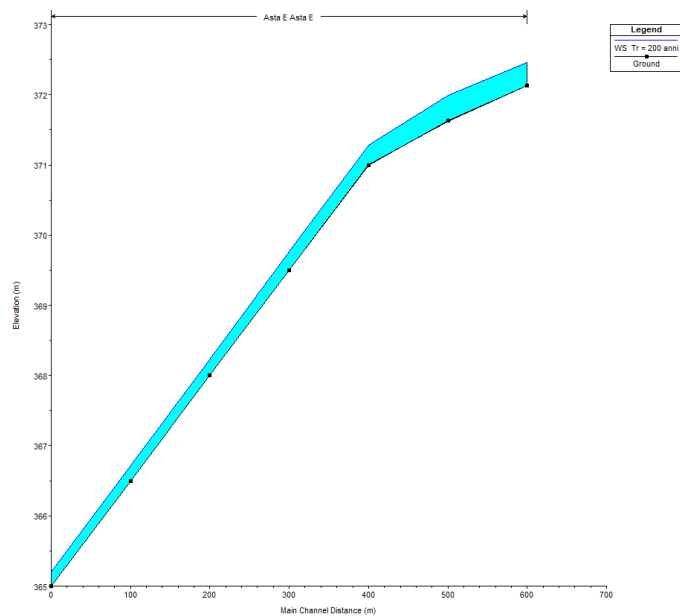


Figure 40 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

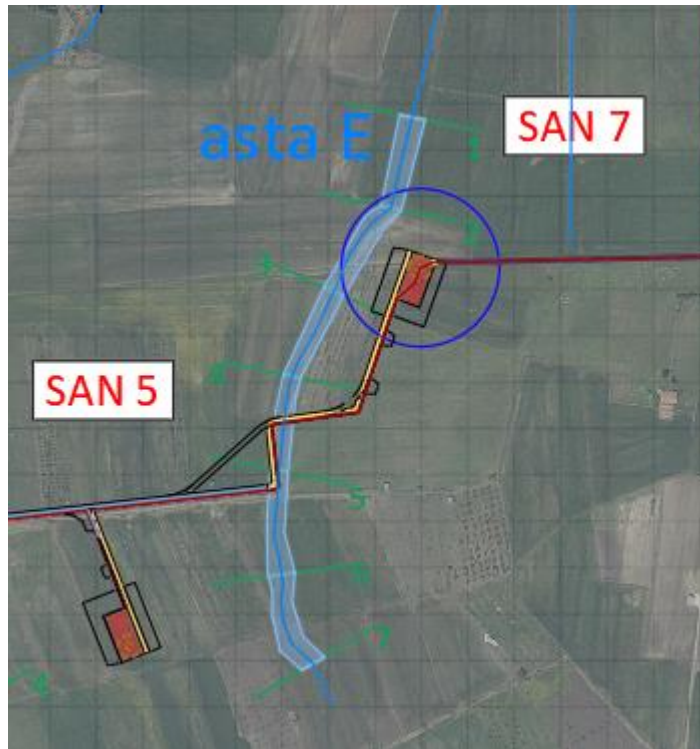


Figure 41 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **delle turbine SAN 05 e SAN 07** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

9.6. Asta F

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Asta F	4	Tr = 200 anni	5.80	359.50	359.84	359.74	359.89	0.004969	0.93	6.20	21.40	0.55
Asta F	3	Tr = 200 anni	5.80	359.00	359.34		359.39	0.005020	0.94	6.18	21.38	0.56
Asta F	2	Tr = 200 anni	5.80	358.50	358.84		358.89	0.004970	0.93	6.20	21.40	0.55
Asta F	1	Tr = 200 anni	5.80	358.00	358.34	358.24	358.39	0.005005	0.94	6.19	21.38	0.56

Figure 42 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

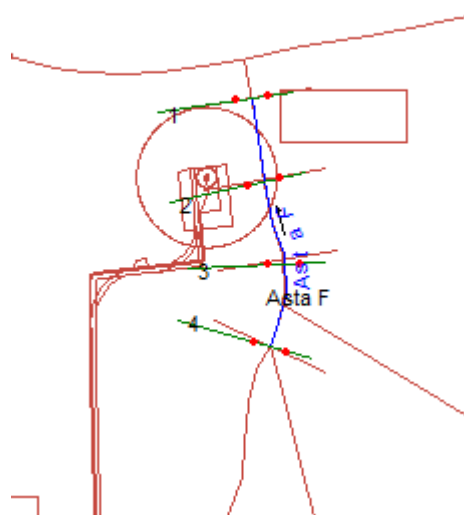


Figure 43 Planimetria con indicazione delle sezioni

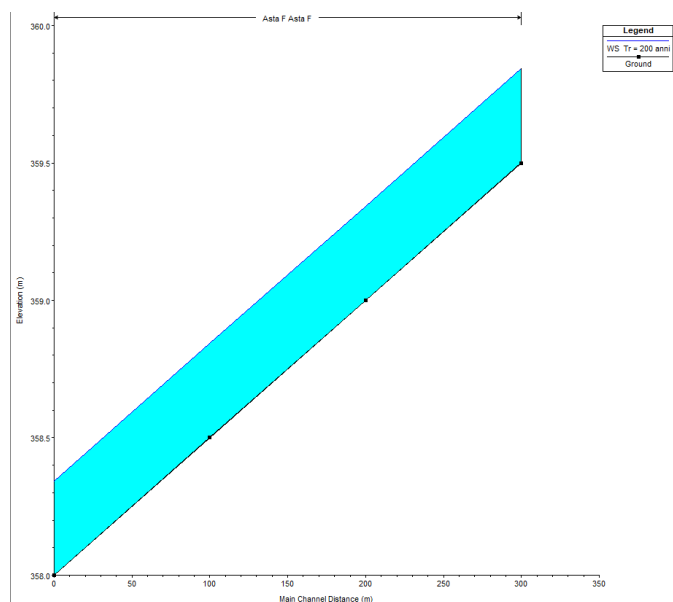


Figure 44 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.

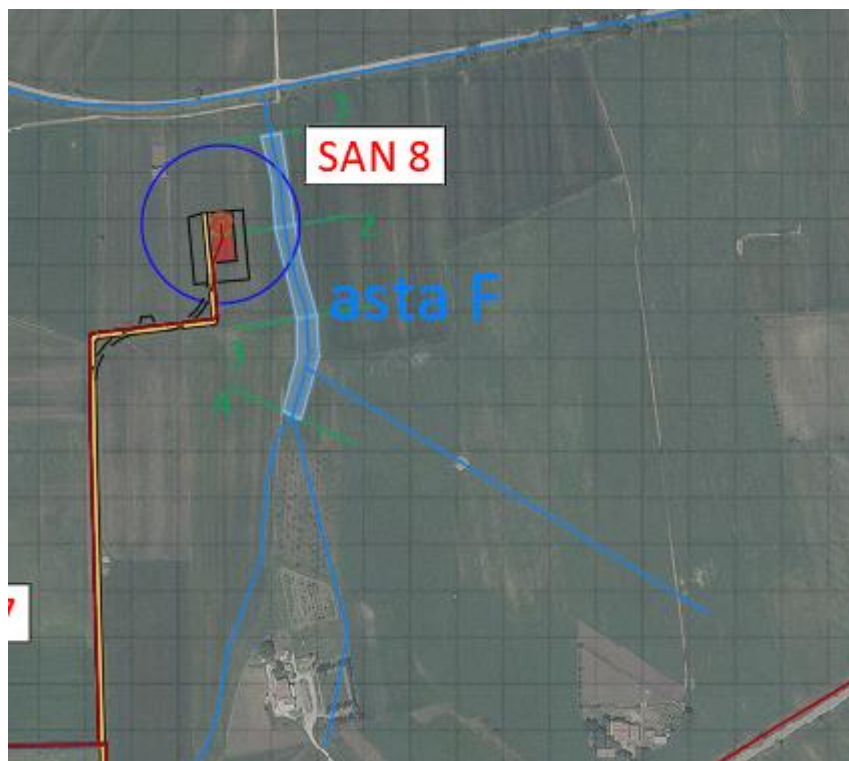


Figure 45 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **della turbina SAN 08** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.



9.7. Asta G

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Asta G	7	Tr = 200 anni	12.64	358.00	358.18	358.18	358.27	0.019312	1.29	9.83	58.25	1.00
Asta G	6	Tr = 200 anni	12.64	357.00	357.26	357.18	357.30	0.005446	0.87	14.56	60.17	0.56
Asta G	5	Tr = 200 anni	12.64	356.00	356.47		356.57	0.010047	1.44	8.78	26.84	0.80
Asta G	4	Tr = 200 anni	12.64	355.00	355.47		355.57	0.009959	1.44	8.80	26.87	0.80
Asta G	3	Tr = 200 anni	12.64	354.00	354.47		354.57	0.010056	1.44	8.77	26.84	0.80
Asta G	2	Tr = 200 anni	12.64	353.00	353.47		353.57	0.009933	1.43	8.81	26.88	0.80
Asta G	1	Tr = 200 anni	12.64	352.00	352.47	352.41	352.57	0.010013	1.44	8.79	26.86	0.80

Figure 46 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

Nelle figure seguenti sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali ed il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale.

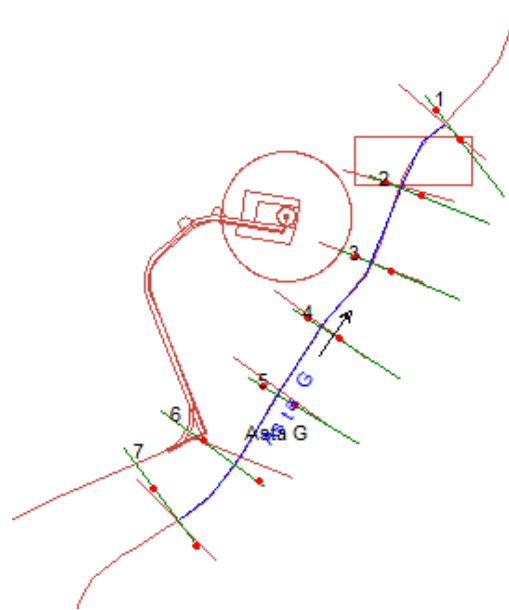


Figure 47 Planimetria con indicazione delle sezioni

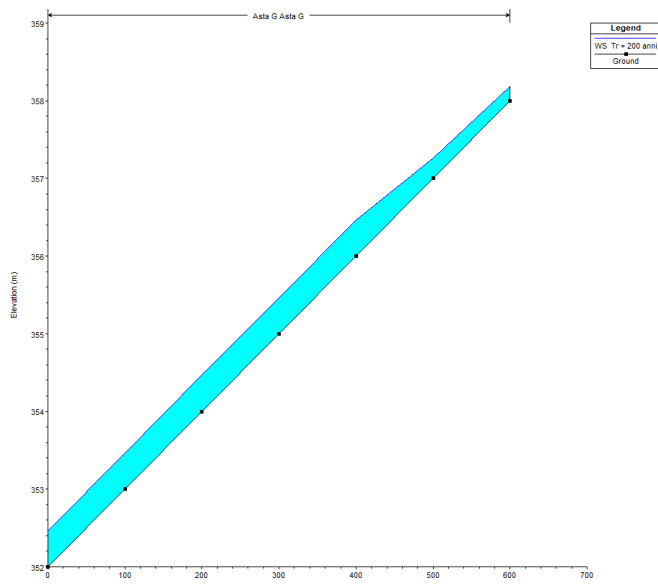


Figure 48 Profilo longitudinale di moto permanente

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree interessate dal transito della portata duecentennale retinate in celeste nella figura successiva.



Figure 49 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria.**

In conformità a quanto sancito dalle NTA del PAI il posizionamento **della turbina SAN 09** è stato individuato su suolo posto al di fuori delle aree di esondazione ottenute dalla modellazione.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali (cfr allegato "Quaderno delle sezioni" al presente studio), dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.



10. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati condotti con il presente studio si è potuto verificare che le opere previste in progetto non comportano alcuna modifica della morfologia degli alvei e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Dai risultati desunti si è potuto rilevare il valore delle portate di interesse per i bacini idrografici di riferimento ed individuare le relative aree di esondazione pertanto l'impianto a farsi (comprese le opere accessorie) sarà ubicato nelle aree esterne alle aree inondabili duecentennali ricavate.

Si può pertanto asserire che l'impianto in parola oltre a non essere interessato dagli eventi di piena non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree a rischio frane ed a rischio alluvioni e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Più specificatamente considerata l'entità delle portate ricavate in precedenza per le aste fluviali di interesse e la destinazione d'uso del terreno posto nelle vicinanze dell'area oggetto di intervento si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determinerà situazioni di pericolo né per l'area circostante né per le opere a farsi.

Nello specifico, a valle delle modellazioni idrauliche effettuate per le intersezioni del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico **si può asserire che la realizzazione mediante la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che prevede una posa del cavo ad una profondità minima di 1,5 m dal piano campagna e l'ubicazione dei due pozzetti di estremità al di fuori delle aree inondabili individuate, non comporta alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica, sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.** I pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, saranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali garantendo sempre la sicurezza idraulica delle opere.

Si può, pertanto, asserire che la realizzazione del parco eolico e delle opere accessorie, non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree inondabili, e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.



Consulenza: **Atech srl – Studio PM srl**

Proponente: **Santeramo Wind Srl**

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Santeramo in Colle" costituito da 9 turbine con una potenza complessiva di 59,4 MW e relative opere di connessione alla R.T.N.

Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.



Elaborato: **Studio di compatibilità idraulica ed idrologica**

Rev. 0 – Ottobre 2023

Pagina 78 di 79

11. ALLEGATI

ALL. B.1 - Inquadramento dei Bacini Idrografici su IGM)

ALL. B.2 - Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto

ALL. B.3 – Individuazione interferenze su Ortofoto

ALL. B.4 – Individuazione Aree inondabili duecentennali

ALL. Quaderno delle sezioni di Hec-Ras

