



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DENOMINATO "TORREROSSA"
DI POTENZA DI GENERAZIONE PARI A 31,9992 MW_p POSIZIONATO A TERRA,
SITO NELLA FRAZIONE DI TUTURANO NEL COMUNE DI BRINDISI (BR)

ELABORATO:

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA ED IDROLOGICA

Codice elaborato	Data	Livello progettazione	Emesso	Verificato	Approvato	REV.
12_VIA_12	LUG. 2023	DEFINITIVO				00

Società Proponente:

TORRE ROSSA SOCIETÀ AGRICOLA A
RESPONSABILITÀ LIMITATA
P.IVA E CF: 085088807
Strada Comunale Esterna 26 CAP 70022 Santa Teresa 13 (BA)
Pec: torrerossaenergiasrl@pec.it

Timbri e firme:

Progettazione:



E-PRIMA

E-PRIMA S.R.L.
Via Manganelli 20/G
95030 Nicolosi (CT)
tel:095914116 - cell:3339533392
email:info@e-prima.eu



Timbri e firme:



INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
3.	AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA	4
4.	DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE.....	10
5.	INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI	12
4.1	Inquadramento geologico	16
4.2	Uso del suolo	17
6.	ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA.....	18
6.1	Curve di possibilità climatica	23
7.	ANALISI IDRAULICA.....	28
7.1	Valutazione portate di piena	28
8.	MODELLAZIONE IDRAULICA	33
8.1	Area impianto.....	35
9.	CONCLUSIONI.....	42

1. PREMESSA

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stata redatta nell'ambito di un progetto presentato da *Torre Rossa Società Agricola a Responsabilità Limitata* (nel seguito Proponente) avente in oggetto la realizzazione di un impianto di generazione energetica alimentato da Fonti Rinnovabili; nello specifico la fonte energetica non programmabile utilizzata per alimentare l'impianto sarà la luce solare.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrovoltaico avente potenza pari a 30,5664 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, da ubicarsi nel territorio di Tutturano, frazione di Brindisi (BR).

La società progettista delle infrastrutture annesse all'impianto di generazione energetica è la **TORRE ROSSA SOCIETÀ AGRICOLA A RESPONSABILITÀ LIMITATA**, P.IVA E CF: 08508880724 Strada Comunale Esterna 26 CAP 70022 Santa Teresa 13 (BA), Pec: torrerossaenergiasrl@pec.it.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto da ubicarsi nel territorio di Tutturano, frazione di Brindisi (BR) prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico avente potenza pari a 30,5664 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica.

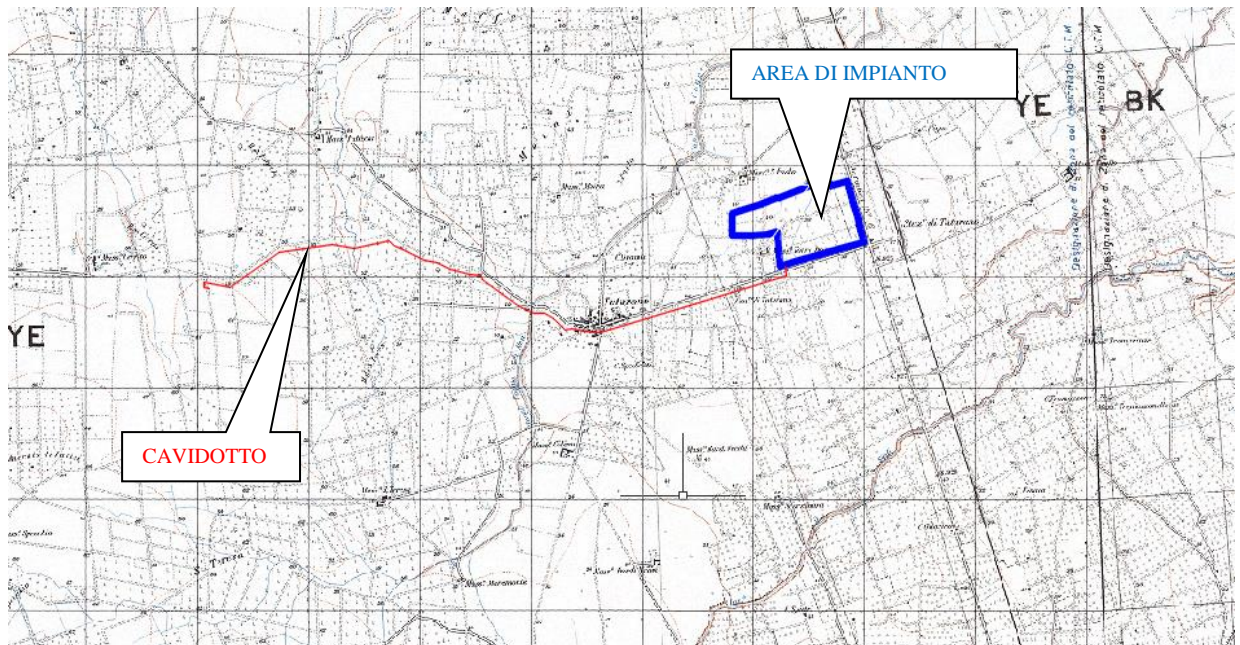


Figura 1 Inquadramento territoriale su IGM dell'impianto fotovoltaico e del cavidotto

3. 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 la determinazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (A.P.), Media Probabilità (M.P.) e Bassa Probabilità (B.P.) di esondazione.

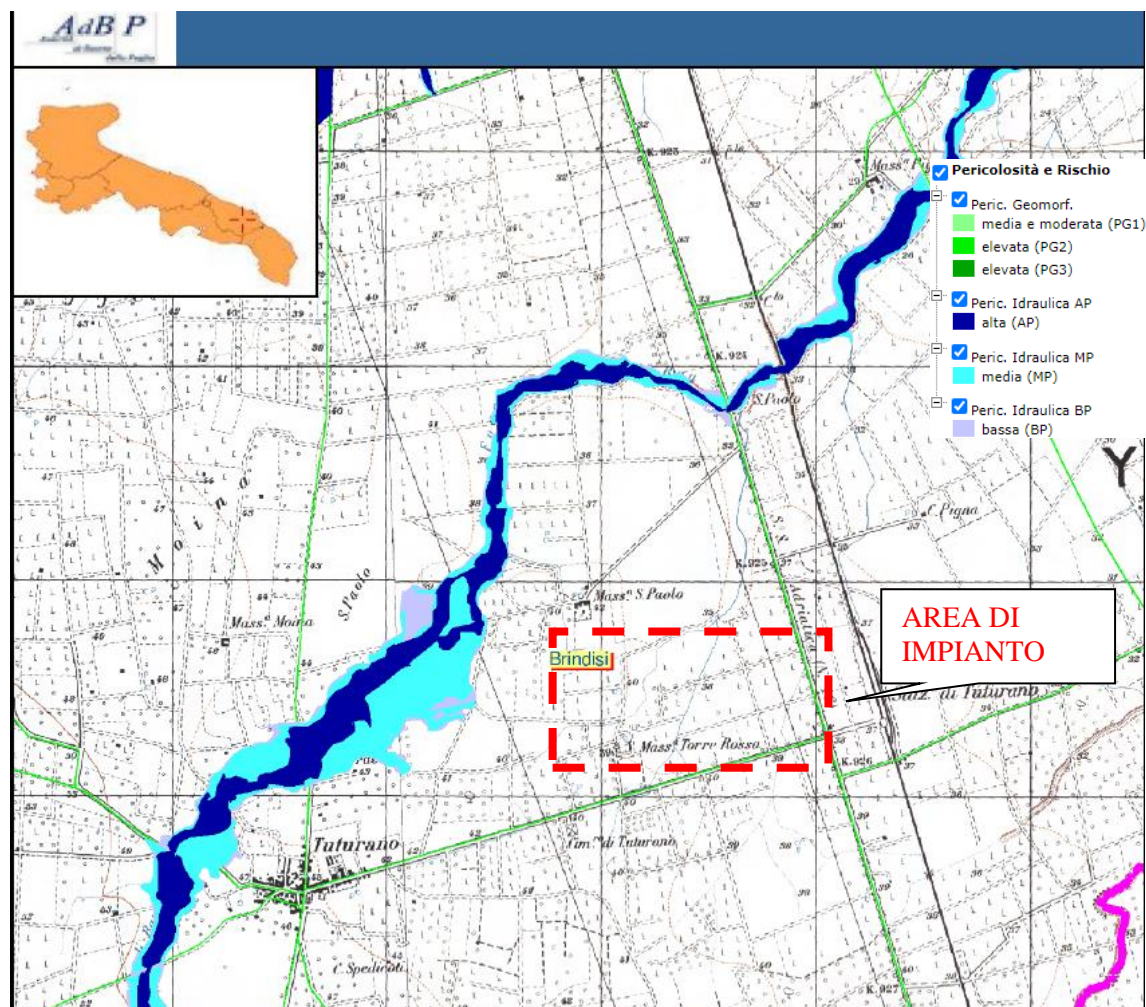


Figura 2 Sovrapposizione opere di progetto con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica su IGM

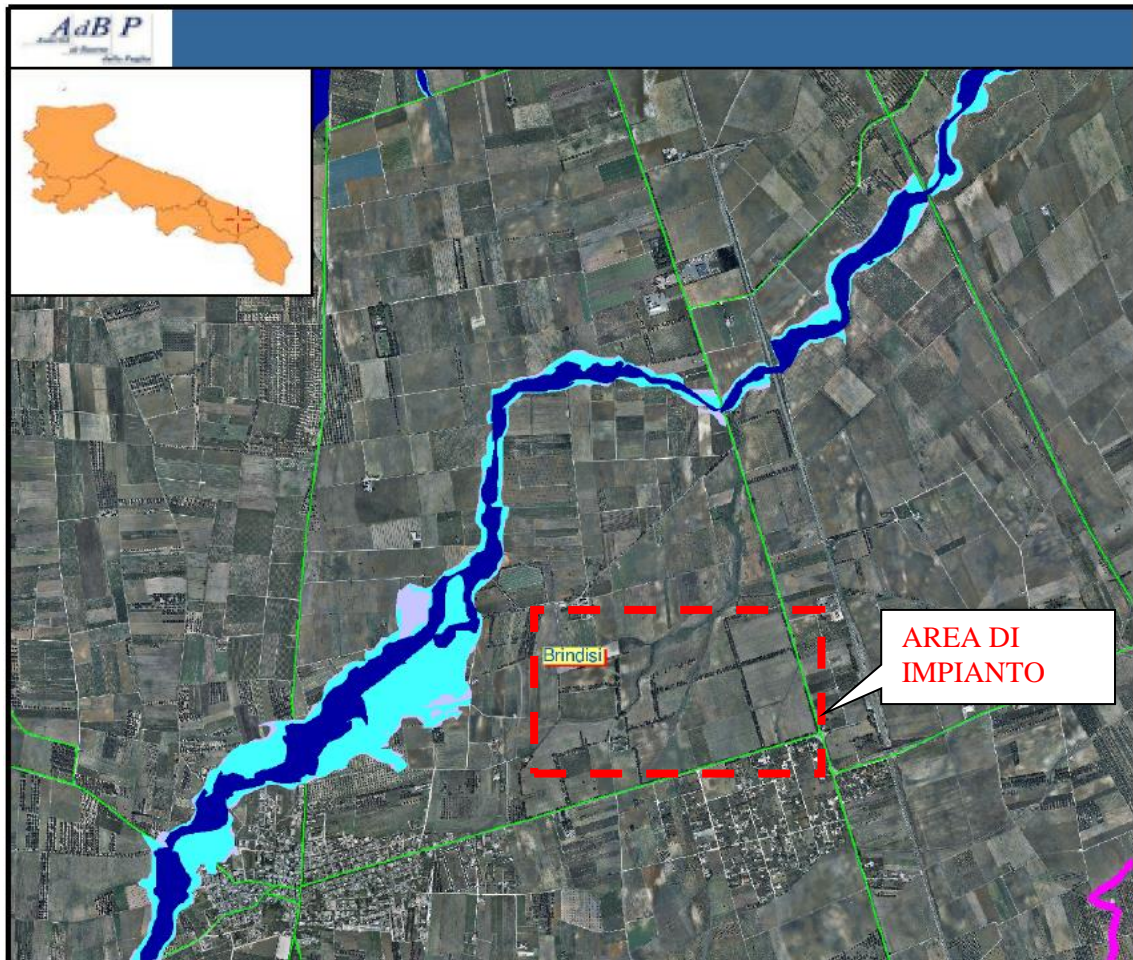


Figura 3 Sovrapposizione opere di progetto con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica su ortofoto

Dall'analisi della Carta delle Aree soggette a Rischio Idrogeologico del PAI, l'area di intervento **non è perimetrata per pericolosità idraulica.**

Tuttavia l'area di impianto è interessata dalla presenza del reticolo idrografico superficiale ed il cavidotto lungo il suo percorso interferisce con il reticolo idrografico superficiale in due punti distinti tra loro.

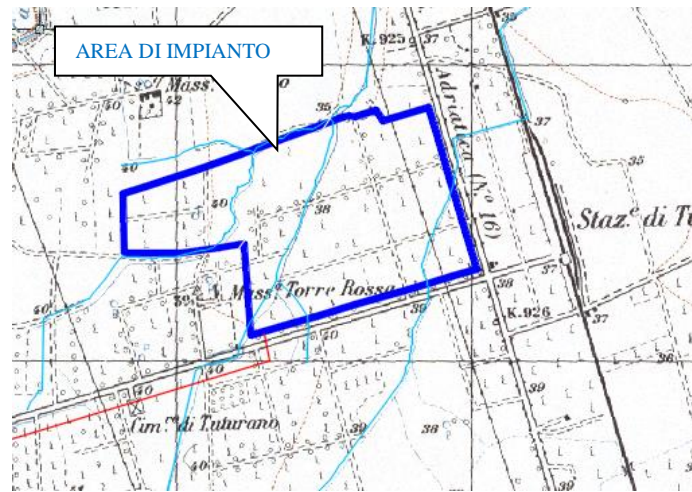


Figura 4 Area di impianto: layout di progetto sovrapposto a reticolo idrografico

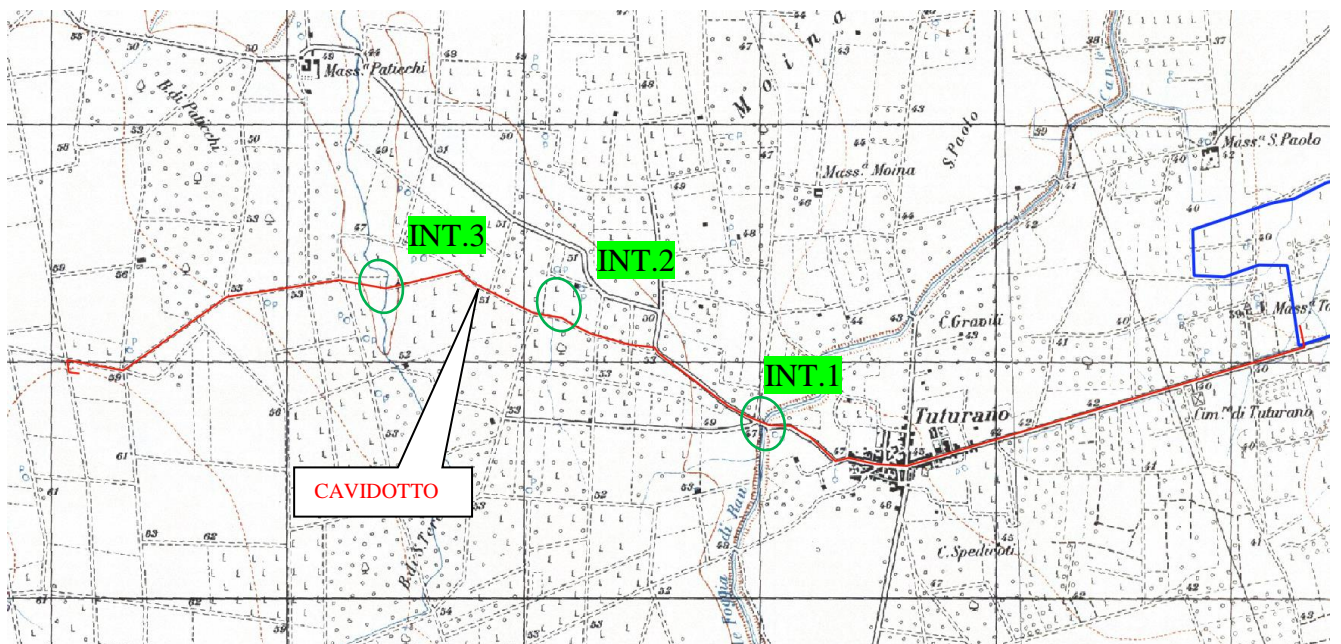


Figura 5 Cavidotto: layout di progetto sovrapposto a reticolo idrografico - attraversamenti

Il cavidotto esterno di MT interseca il reticolo superficiale in numero tre punti indicati, in ordine crescente dall'impianto al punto di consegna, con la dicitura da INT. 1 a INT.3 e viaggia su strada esistente.

Le interferenze saranno in parte risolte con opere di staffaggio sul lato di valle su opere di attraversamento esistenti.

Le soluzioni proposte sono atte ad evitare interferenze sul regime idraulico e a limitare l'impatto ambientale.

Tuttavia, gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, sono opere di **pubblica utilità** 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 tutte le opere di progetto site a meno di 150 metri dalle aste del reticolo sono assoggettati agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, e quindi 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, contermini all'area golenale, come individuata all'art. 6*

comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.”

E' inoltre opportuno precisare come nella “vecchia” formulazione del precedente art. 12, comma 1, del richiamato D.lgs. 387/2003 si faccia riferimento alla pubblica utilità, indifferibilità ed urgenza di opere di impianti da fonti rinnovabili, autorizzate ai sensi del comma 3 del medesimo articolo, e quindi sono opere che diventano tali dopo l'autorizzazione, viceversa nella **“nuova formulazione” dell'art. 7 bis comma 2 bis del D.lgs. n. 152/2006 tutte le opere, gli impianti e le infrastrutture necessari alla realizzazione dei progetti strategici per la transizione energetica del Paese inclusi nel Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC), predisposto in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, come individuati nell'Allegato I-bis, e le opere ad essi connesse costituiscono interventi di pubblica utilità, indifferibili e urgenti e quindi sono tali per definizione, anche prima di essere autorizzati.**

Ciò non può e di certo non poteva non condizionare i pareri resi dopo l'entrata in vigore del D.L. Semplificazioni del 31 maggio 2021 e anche quelli successivamente resi a mera conferma dei precedenti. Così come non può non avere dei riflessi sostanziali e procedurali per ciò che riguarda l'adozione del provvedimento finale e il suo contenuto, dovendo, nella vigenza del prefato Decreto ora divenuto Legge, giocoforza prodursi – nelle parole prima citate del Consiglio di Stato – “una diversa valutazione degli interessi pubblici”.

Ciò è tanto più vero in quanto l'art. 14, comma 1, lett. c) del D.lgs. n. 199/2021, in attuazione della Direttiva RED II, promuove espressamente “lo sviluppo del sistema agrivoltaico, attraverso l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura- produzione energetica”.

In considerazione di quanto su citato la presente relazione viene redatta come integrazione alla documentazione progettuale ai fini della valutazione del rilascio del nulla osta da parte della stessa AdBP.

Lo studio è stato suddiviso nei seguenti punti:

- Fase di inquadramento generale dell'area di intervento: analisi di tutti gli elementi significativi di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico della porzione di territorio oggetto di intervento;
- Fase di acquisizione dei dati: cartografia, rilievi topografici, modello digitale del terreno (DEM) e raccolta accurata di dati idrologici storici del tratto fluviale in esame;
- Fase di analisi idrologica con metodologia VaPi Puglia nell'ipotesi di verifica della

“Sicurezza Idraulica” ovvero per un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni;

- 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.

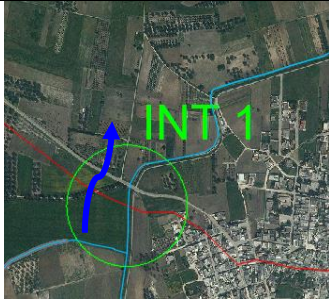

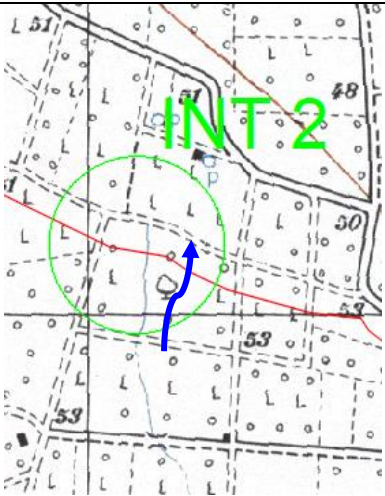

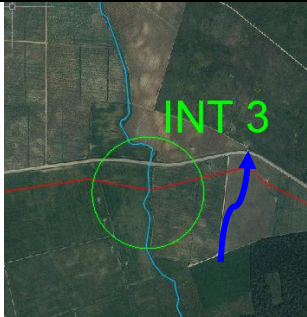

Per lo studio delle portate di piena sono stati reperiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica di San Pietro Vernotico e per la simulazione delle piene è stato utilizzato un software che opera in moto permanente (HEC-RAS 3.1.3).

Inoltre, sono state effettuate elaborazioni cartografiche prodotte mediante un Sistema Informativo Territoriale in ambiente GIS, coadiuvato da elaborazioni in ambiente CAD, sulla base di cartografie tecniche e tematiche georeferenziate.

4. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE

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.

Il cavidotto esterno di MT attraversa il reticolo idrografico nei seguenti punti:

N.	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTR.
1	Attraversamento opera esistente - SP 81			Staffaggio lato valle
2	Attraversamento su strada esistente - SP 81			Scavo e rinterro su strada esistente
3	Attraversamento opera esistente - SP 81			Staffaggio lato valle

Come anticipato il cavidotto verrà posato su strada esistente. Per le interferenze denominate INT. 1 e INT.3, si procederà con opere di staffaggio sul lato di valle degli attraversamenti esistenti, mentre per l'INT. 2 si procederà con scavo e rinterro su strada.

Con tali scelte si eviterà di interferire sul regime idraulico e si limiterà l'impatto ambientale.

5. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI

Si riporta di seguito l'analisi dell'orografia dell'area di intervento sintetizzando i dati relativi ai bacini idrografici relativi alle aste studiate afferenti all'area di impianto:

- BACINO A - ASTA A,
- BACINO B - ASTA B
- BACINO C - ASTA C
- BACINO D - ASTA D
- BACINO E - ASTA E
- BACINO F - ASTA F
- BACINO G - ASTA G
- BACINO H - ASTA H

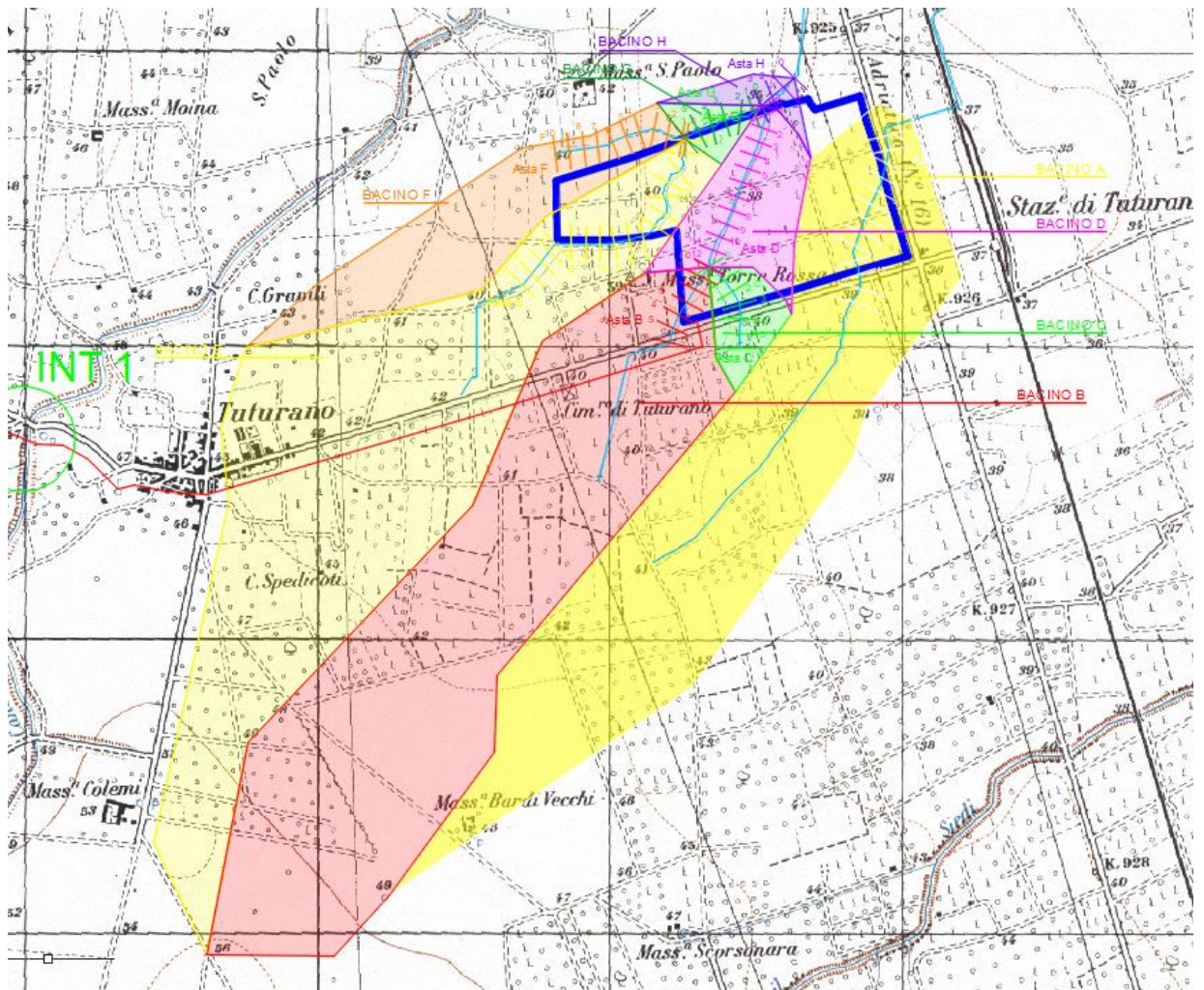


Figura 6 Inquadramento dei bacini idrografici su IGM

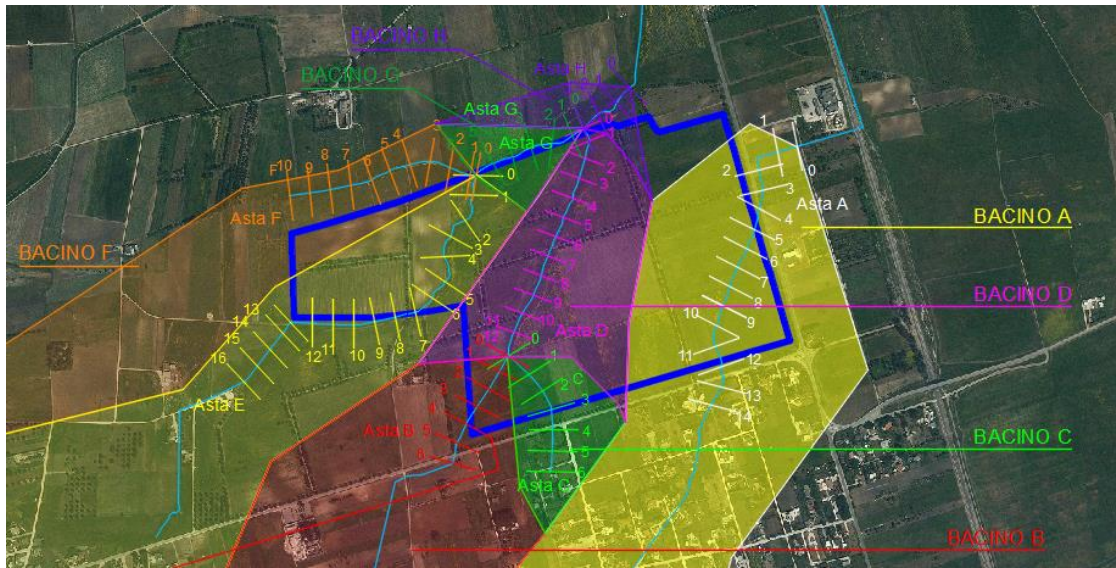


Figura 7 Particolare dell'inquadramento delle aste e dei relativi bacini idrografici su ortofoto

I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono indicati nella tabella seguente:

BACINO A		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	2.71
H massima del bacino	[m]	49.00
H media del bacino	[m]	43.00
H minima del bacino	[m]	37.00
H monte dell'asta princ.	[m]	49.00
H media dell'asta princ	[m]	43.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	1.26
Pendenza media del bacino	[%]	24.49

BACINO B		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	2.87
H massima del bacino	[m]	56.00
H media del bacino	[m]	47.50
H minima del bacino	[m]	39.00
H monte dell'asta princ.	[m]	56.00
H media dell'asta princ	[m]	47.50
Superficie del Bacino	[Kmq]	1.46
Pendenza media del bacino	[%]	34.69

BACINO C		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.44
H massima del bacino	[m]	40.00
H media del bacino	[m]	39.50
H minima del bacino	[m]	39.00
H monte dell'asta princ.	[m]	40.00
H media dell'asta princ	[m]	39.50
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.07
Pendenza media del bacino	[%]	2.04

BACINO D		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.60
H massima del bacino	[m]	39.00
H media del bacino	[m]	37.00
H minima del bacino	[m]	35.00
H monte dell'asta princ.	[m]	39.00
H media dell'asta princ	[m]	37.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.18
Pendenza media del bacino	[%]	8.16

BACINO E		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	3.36
H massima del bacino	[m]	56.00
H media del bacino	[m]	47.50
H minima del bacino	[m]	39.00
H monte dell'asta princ.	[m]	56.00
H media dell'asta princ	[m]	47.50
Superficie del Bacino	[Kmq]	1.41
Pendenza media del bacino	[%]	34.69

BACINO F		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.72
H massima del bacino	[m]	43.00
H media del bacino	[m]	41.00
H minima del bacino	[m]	39.00
H monte dell'asta princ.	[m]	43.00
H media dell'asta princ	[m]	41.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.33
Pendenza media del bacino	[%]	8.16

BACINO ASTA G		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.28
<i>H massima del bacino</i>	[m]	39.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	37.00
<i>H minima del bacino</i>	[m]	35.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	39.00
<i>H media dell'asta princ.</i>	[m]	37.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.04
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	8.16

BACINO ASTA H		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.15
<i>H massima del bacino</i>	[m]	35.50
<i>H media del bacino</i>	[m]	35.25
<i>H minima del bacino</i>	[m]	35.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	35.50
<i>H media dell'asta princ.</i>	[m]	35.25
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.04
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	1.02

4.1 Inquadramento geologico

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto ricadono a cavallo del Foglio 203 (Brindisi) e del Foglio 204 (Lecce) della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=203

https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=204

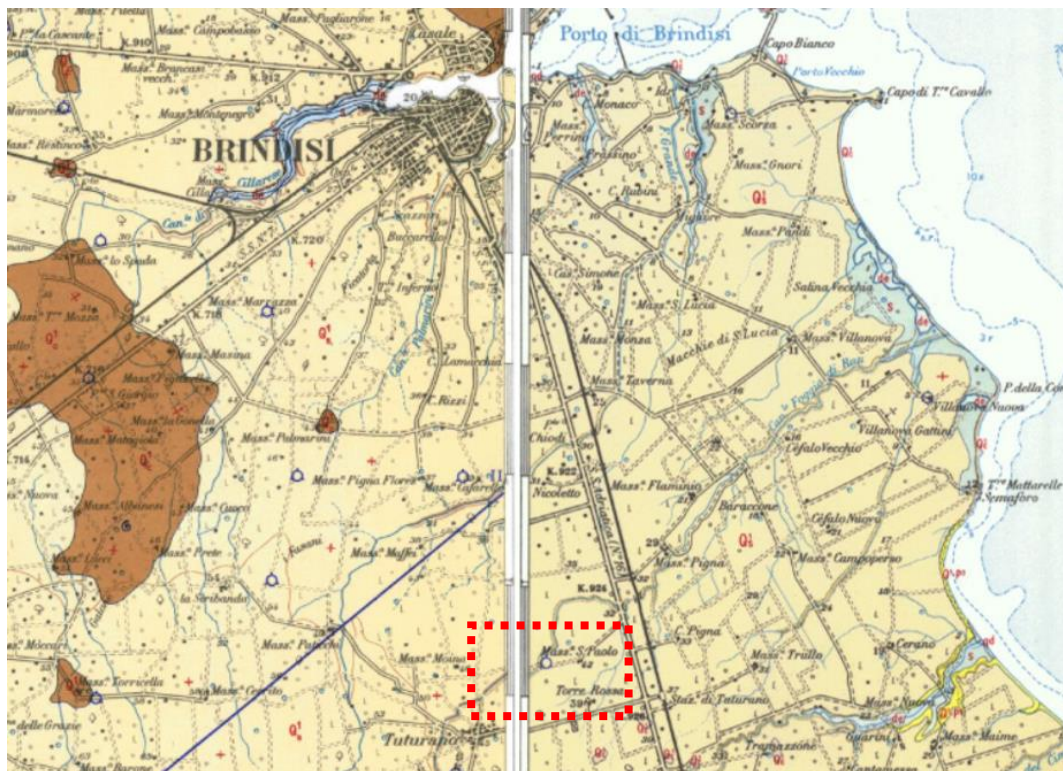
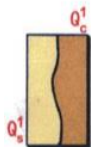


Figura 8 Stralcio non in scala dei fogli n.203 e n.204 della Carta Geologica d'Italia con individuazione area di intervento

Dal punto di vista geologico, la litologia dell'area in esame è rappresentata da unità a prevalente componente:



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrate (Q_1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q_2). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEI-STOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

4.2 Uso del suolo

Per quanto riguarda l'uso del suolo, l'area d'impianto è caratterizzata da seminativi semplici in aree non irrigue.

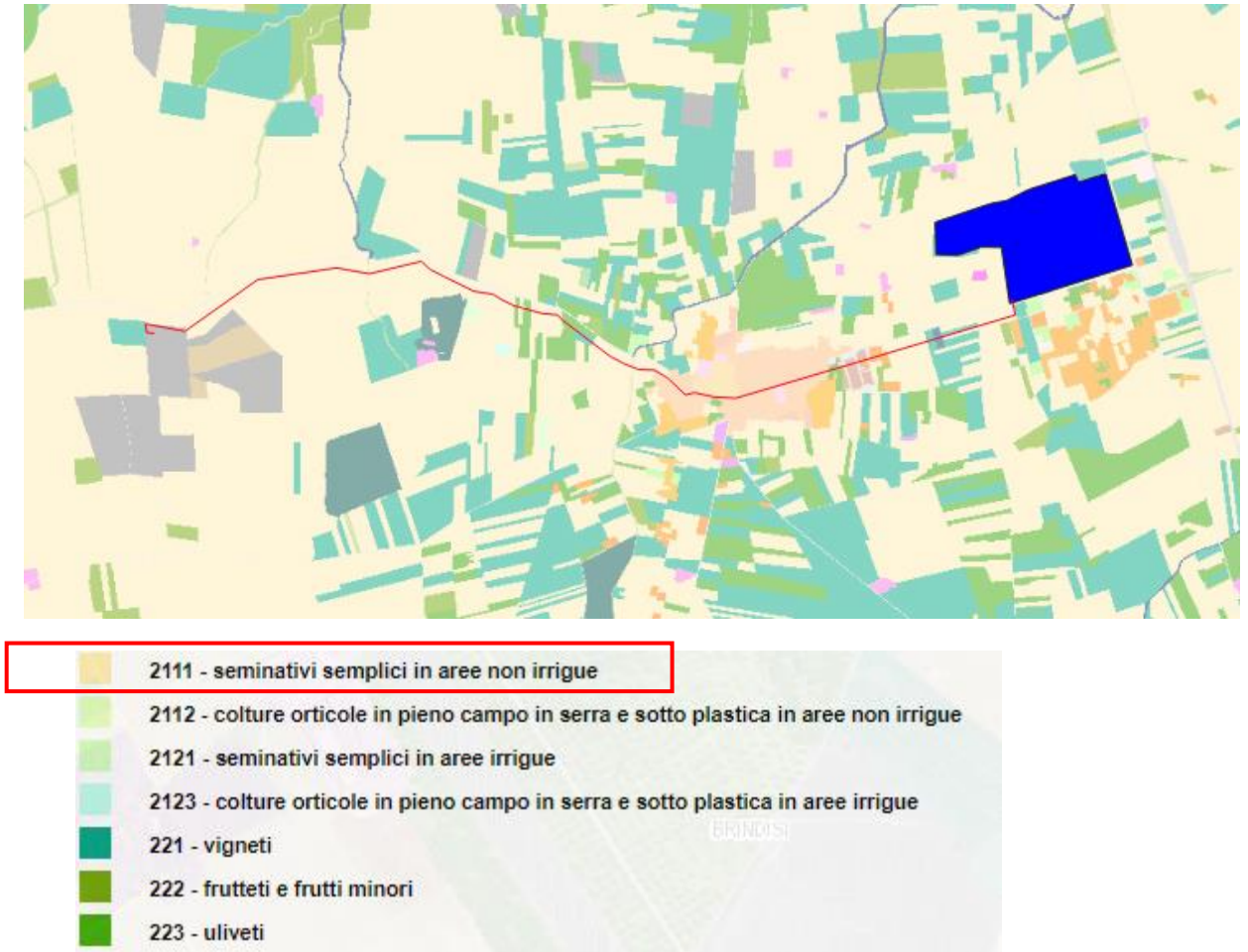


Figura 9 Carta uso del suolo

6. 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

Tabella 1- Parametri d'interesse.

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 T_R e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno T_R 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 T_R 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 T_R 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	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 2- Correlazione tra $\mu(X_g)$ e la durata di precipitazione.

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.

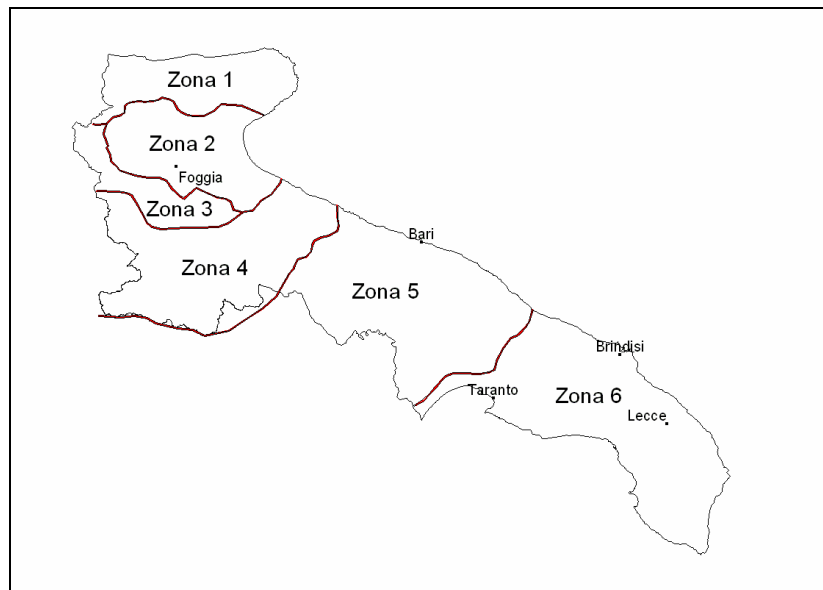


FIG 13 Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

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 $\mu(X_d)$ 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 (cfr. Tabella 3).

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	-

Tabella 3 - Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

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

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

6.1 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 il bacino idrografico di interesse, la stazione pluviometrica di **San Pietro Vernotico**, che interessa per la maggior parte il bacino idrografico di interesse e di cui si riporta l'annale idrologico.

Stazione di:	SAN PIETRO VERNOTICO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1958	26.0	37.4	54.4	77.0	111.8
1959	40.8	49.2	49.2	49.2	49.2
1960	29.4	50.8	66.4	77.8	101.2
1961	64.2	155.4	157.0	182.0	182.4
1963	40.8	43.8	44.4	56.2	59.0
1968	23.2	23.8	30.0	30.6	40.0
1970	80.0	148.8	191.4	204.6	211.6
1971	40.0	68.0	71.6	73.0	80.6
1972	55.6	71.6	74.0	74.2	101.0
1973	11.6	22.0	25.8	32.2	49.0
1974	53.0	56.2	58.2	58.6	85.8
1975	52.2	74.6	74.6	74.6	74.6
1976	37.6	45.4	53.8	77.6	100.8
1977	41.4	53.0	56.8	56.8	56.8
1978	21.2	33.4	34.4	40.0	53.0
1979	20.2	21.0	27.4	43.0	65.4
1980	33.8	70.0	80.8	82.4	83.4
1981	36.8	42.8	42.8	42.8	70.8
1982	26.4	26.6	28.4	38.6	59.4
1983	>>	>>	>>	60.0	80.6
1984	17.2	32.4	32.4	34.4	59.6
1985	40.0	47.6	50.8	62.8	65.8
1986	41.0	63.0	70.4	70.4	70.4
1987	28.4	45.2	62.2	86.8	91.0
1988	19.4	46.0	49.0	51.2	52.8
1989	16.4	22.8	26.8	29.8	29.8
1991	23.6	26.8	30.6	39.8	39.8
1992	19.2	29.6	47.0	52.4	52.6
1993	18.6	25.6	29.6	42.0	54.2
1994	>>	>>	>>	31.8	48.6

1995	30.8	39.6	41.0	41.0	>>
1996	28.0	56.2	106.2	132.4	133.0
1997	>>	>>	>>	72.2	82.0
1998	40.2	51.8	51.8	57.6	83.0
1999	50.2	73.4	74.0	74.0	74.0
2000	18.6	24.0	28.4	30.8	36.2
2001	58.8	59.8	60.4	60.6	60.6
2002	31.0	38.8	46.0	51.0	60.0
2003	36.6	40.4	40.4	52.0	71.4
2004	43.8	72.4	82.4	82.4	85.2
2005	27.0	40.8	45.6	48.6	55.4
2006	>>	>>	>>	>>	>>
2007	>>	>>	>>	>>	>>
2008	30.8	50.2	72.8	79.2	79.4
2009	23.8	32.6	62.6	87.0	95.8
2010	38.4	83.8	123.6	129.4	129.8
2011	14.8	18.8	28.6	38.4	47.0
2012	43.0	60.8	92.4	110.4	111.6

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova nella **zona 6** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della Tabella 3 relativi alla zona 6.

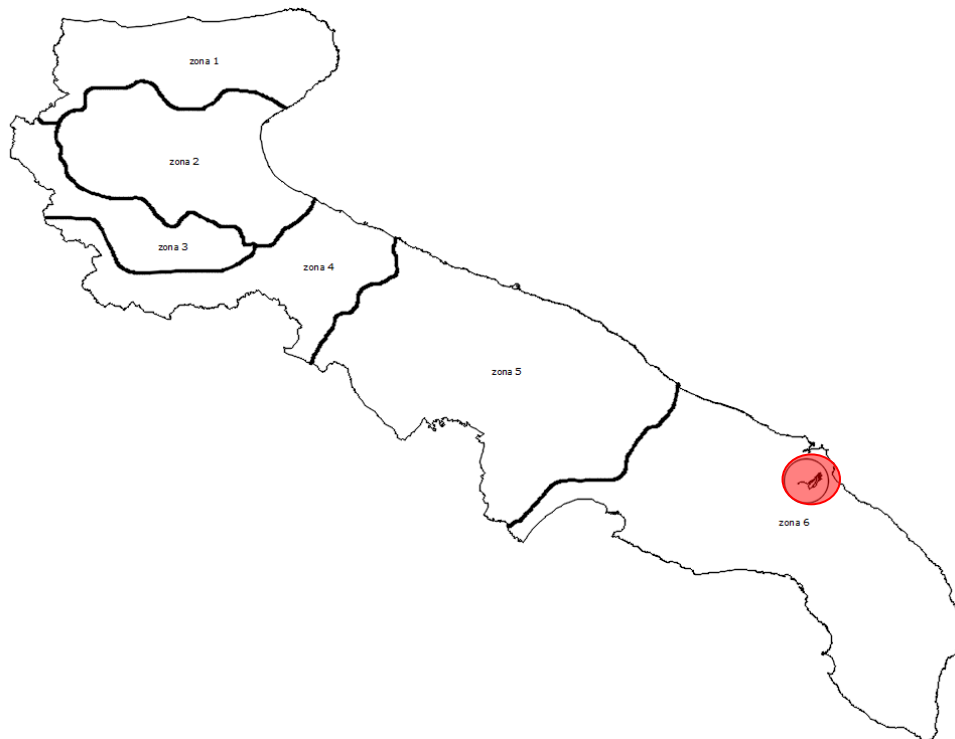


Figura 10 14 Area VAPI.

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

$$x(t,z) = 33,70 t^{(0,0022z+4,1223+\ln 0,89-\ln 33,70)/\ln 24} \quad (5)$$

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

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti) per il bacino più significativo "B" avendo riscontrato allineamento dei risultati.

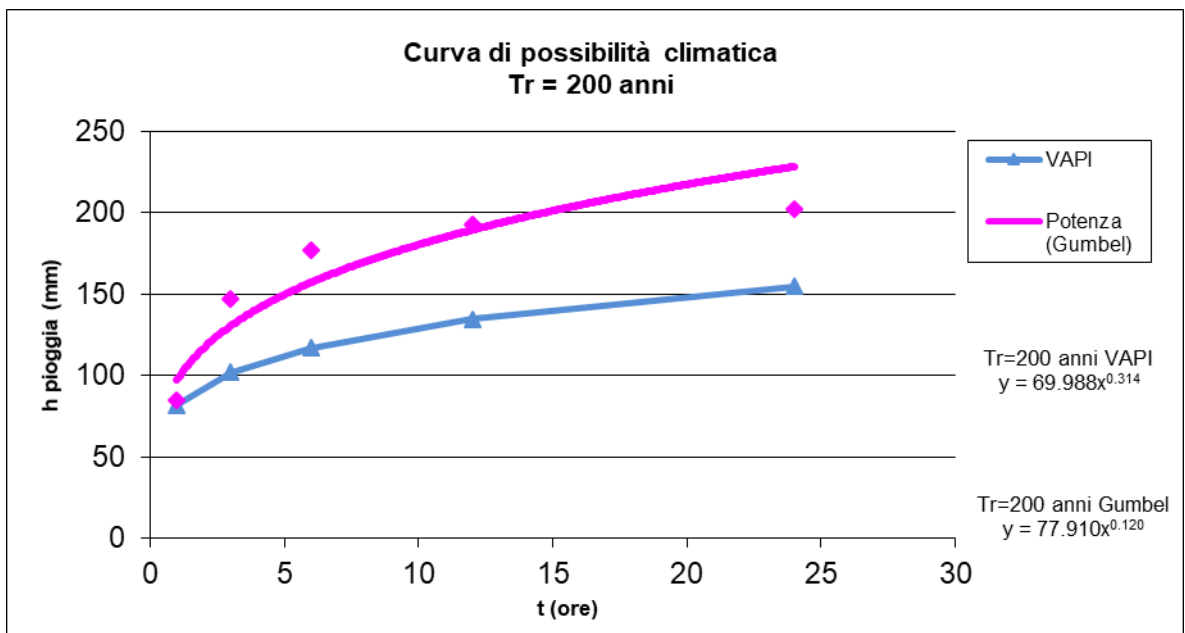
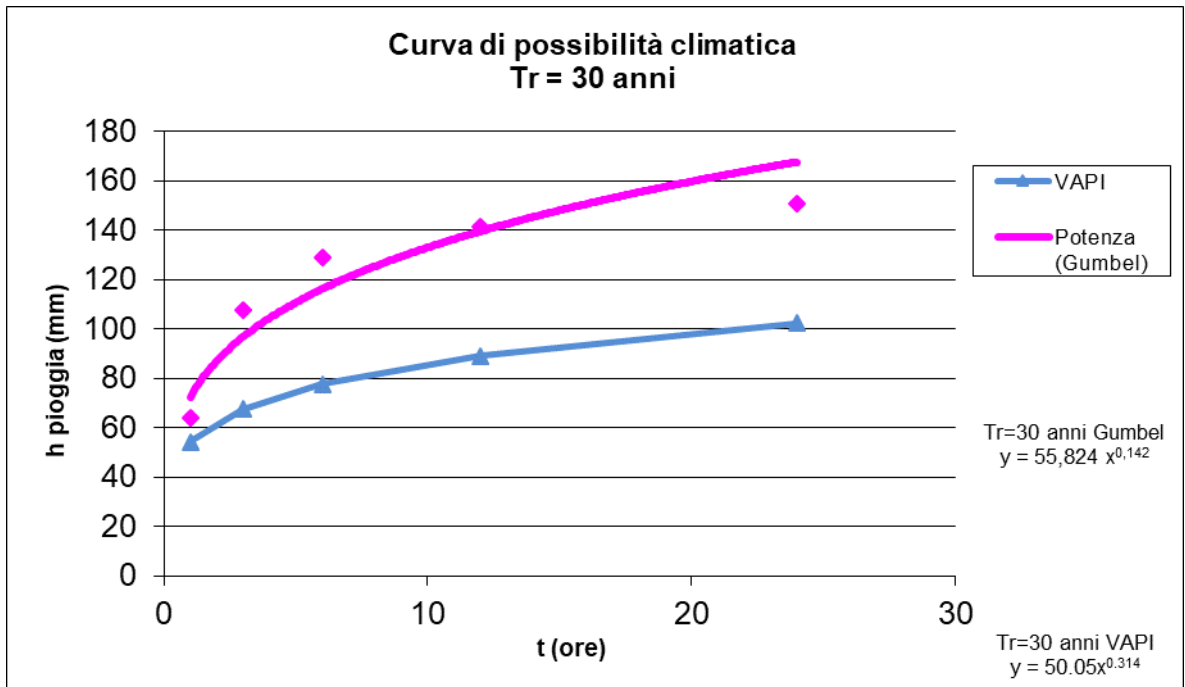
BACINO B

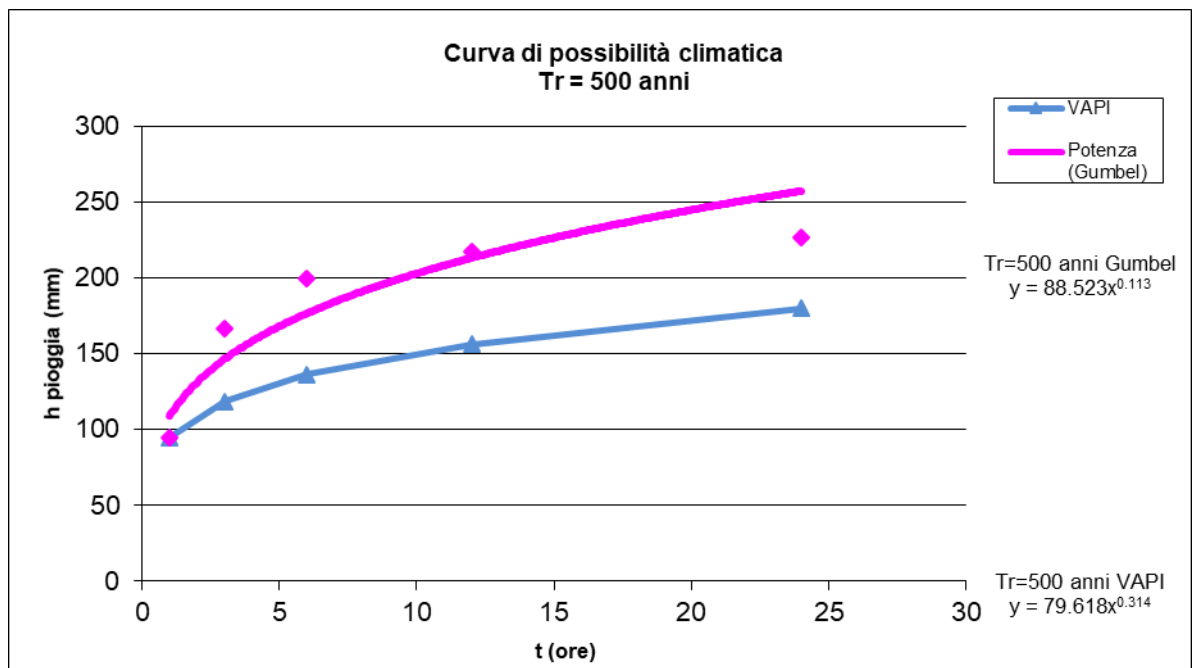
GUMBEL	h (mm) t = 1 ora	h (mm) t = 3 ore	h (mm) t = 6 ore	h (mm) t = 12 ore	h (mm) t = 24 ore
Tr = 30 anni	64.136	107.711	128.982	141.123	150.633
Tr = 200 anni	84.734	147.292	176.784	192.683	201.906
Tr = 500 anni	94.623	166.297	199.735	217.440	226.524

Tabella 4 –GUMBEL: Altezze di pioggia (mm) al variare del tempo di ritorno..

VAPI	h (mm) t = 1 ora	h (mm) t = 3 ore	h (mm) t = 6 ore	h (mm) t = 12 ore	h (mm) t = 24 ore
Tr = 30 anni	54.058	67.386	77.439	88.990	102.266
Tr = 200 anni	81.696	101.838	117.029	134.487	154.549
Tr = 500 anni	95.044	118.477	136.151	156.462	179.802

Tabella 5 –METODOLOGIA VAPI: Altezze di pioggia (mm) al variare del tempo di ritorno..





Confrontando le due metodologie adottate si evince che **le altezze di pioggia determinate utilizzando la metodologia di GUMBEL siano sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo del metodo VAPI**. Pertanto, nel presente studio è utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dall'applicazione del metodo che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per i bacini 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.

7. 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 e 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.

7.1 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 (t_c).

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 a:

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

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 km² 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.

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.

Il valore del tempo di corrivazione desunto dalla media è riportato nella tabella seguente:

	Medio (h)
BACINO A	1.982
BACINO B	2.377
BACINO C	0.437
BACINO D	0.423
BACINO E	1.894
BACINO F	1.724
BACINO G	0.173
BACINO H	0.175

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 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 adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,550.

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

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	1.982	86.609	43.700	8.432
200 anni	96.992	0.269	1.982	116.604	58.834	11.353
500 anni	108.852	0.271	1.982	130.997	66.096	12.754

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino A

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	2.377	90.872	38.233	4.636
200 anni	96.992	0.269	2.377	122.448	51.519	6.247
500 anni	108.852	0.271	2.377	137.601	57.894	7.020

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino B

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	0.437	58.057	132.908	0.819
200 anni	96.992	0.269	0.437	77.608	177.666	1.095
500 anni	108.852	0.271	0.437	86.988	199.139	1.228

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino C

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	0.423	57.582	135.981	2.772
200 anni	96.992	0.269	0.423	76.962	181.747	3.705
500 anni	108.852	0.271	0.423	86.259	203.704	4.153

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino D

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	1.894	85.574	45.186	7.102
200 anni	96.992	0.269	1.894	115.185	60.822	9.559
500 anni	108.852	0.271	1.894	129.394	68.325	10.738

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino E

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	1.724	83.471	48.422	1.339
200 anni	96.992	0.269	1.724	112.306	65.149	1.802
500 anni	108.852	0.271	1.724	126.142	73.175	2.024

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino F

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	0.173	45.432	262.845	0.864
200 anni	96.992	0.269	0.173	60.467	349.829	1.149
500 anni	108.852	0.271	0.173	67.680	391.559	1.286

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino G

T_r	a	n	t_c [h]	h [mm]	i_c [mm]	Q [mc/s]
30 anni	72.275	0.264	0.175	45.585	260.392	0.856
200 anni	96.992	0.269	0.175	60.675	346.584	1.139
500 anni	108.852	0.271	0.175	67.914	387.935	1.275

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino H

8. 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 dei canali artificiale in terra e di 0.011 il letto dell'alveo artificiale in cemento.**

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 dei modelli degli affluenti in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia**.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un **modello geometrico**, come base di input per il software HEC-RAS.

Definito il **modello geometrico dello stato di fatto**, 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 alle aste modellate.

In particolare, sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Tali verifiche hanno 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 m³/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.**

I risultati ottenuti sono riportati nei paragrafi seguenti.

8.1 Area impianto

La zona nella quale verrà installato l'impianto è caratterizzata dalla presenza di reticoli idrografici superficiali; di seguito si analizzeranno le aste individuate ed evidenziate nella figura sotto riportata.



Figura 11 Inquadramento area impianto con indicazione dei reticoli idrografici e delle sezioni trasversali su base ortofoto.

Le sezioni sono numerate in ordine decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte con passo costante di circa 50 m.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportate le planimetrie con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale e gli output della modellazione.

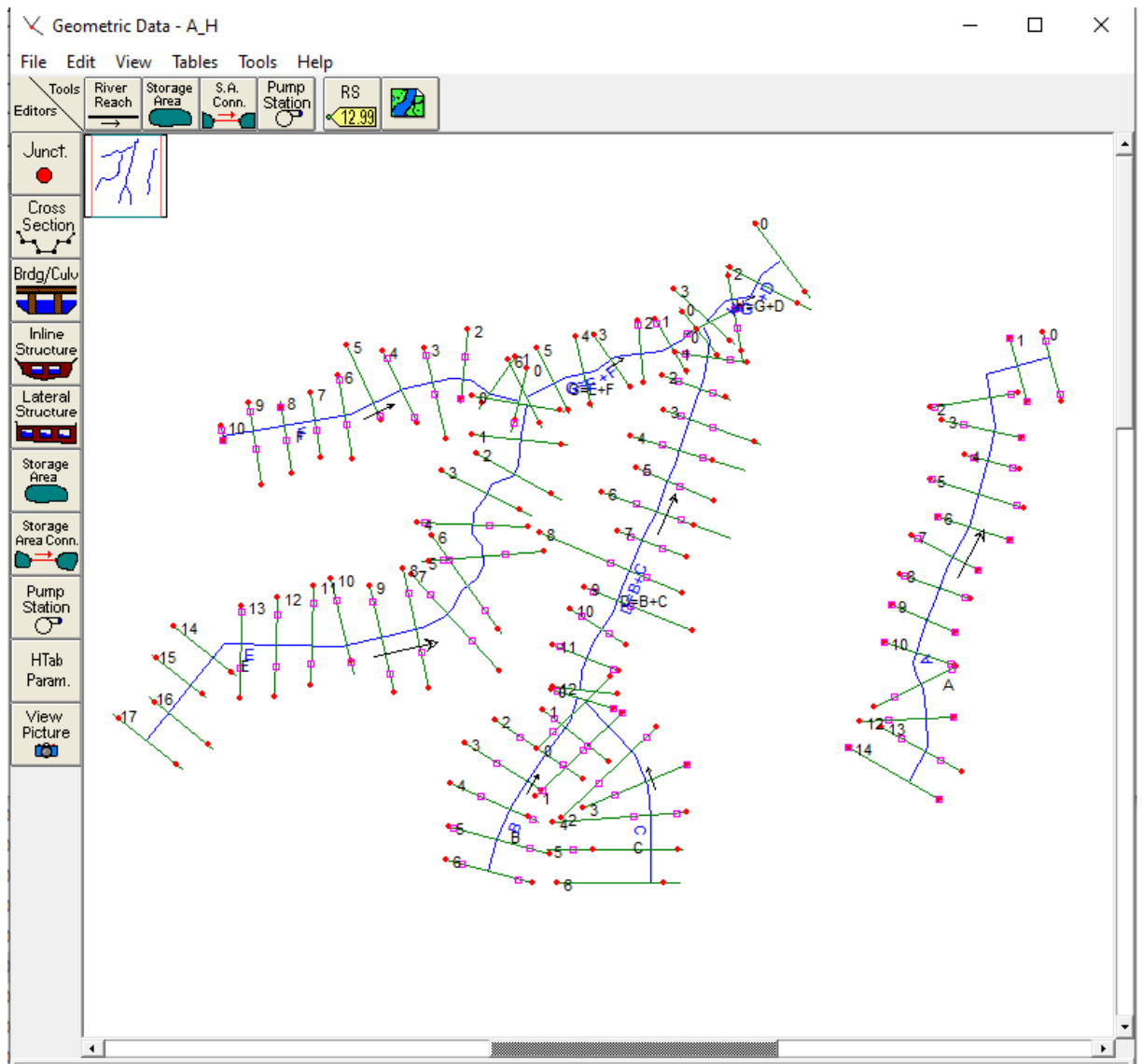


Figura 12 Inquadramento area impianto con indicazione dei reticoli idrografici e delle sezioni trasversali su interfaccia HEC RAS.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: F Reach: F Profile: PF 1

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
F	10	PF 1	1.80	38.37	39.02	38.52	39.02	0.007816	0.20	9.10	16.82	0.09
F	9	PF 1	1.80	38.23	38.86	38.33	38.86	0.001611	0.08	23.96	56.83	0.04
F	8	PF 1	1.80	38.12	38.78	38.28	38.78	0.001648	0.08	23.00	52.19	0.04
F	7	PF 1	1.80	38.04	38.72	38.14	38.72	0.000937	0.07	26.90	50.50	0.03
F	6	PF 1	1.80	37.98	38.67	38.12	38.67	0.001276	0.08	27.85	69.47	0.03
F	5	PF 1	1.80	37.91	38.58	38.02	38.58	0.002641	0.07	24.93	90.92	0.04
F	4	PF 1	1.80	37.88	38.42	38.00	38.42	0.003874	0.08	21.25	81.31	0.05
F	3	PF 1	1.80	37.74	38.21	37.85	38.21	0.004434	0.10	17.83	58.01	0.06
F	2	PF 1	1.80	37.41	37.75	37.56	37.75	0.031016	0.18	10.14	60.92	0.14
F	1	PF 1	1.80	36.53	36.94		36.94	0.009948	0.13	14.33	63.16	0.08
F	0	PF 1	1.80	36.15	36.73	36.27	36.73	0.002304	0.08	21.78	63.06	0.04

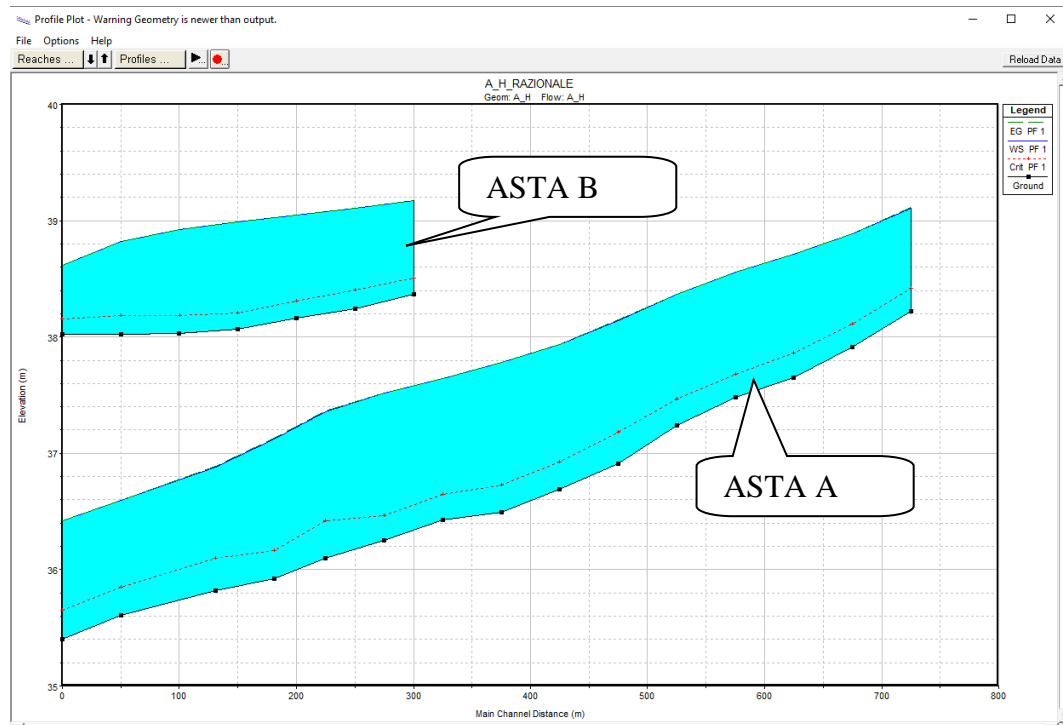
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: G=E+F Reach: G=E+F Profile: PF 1

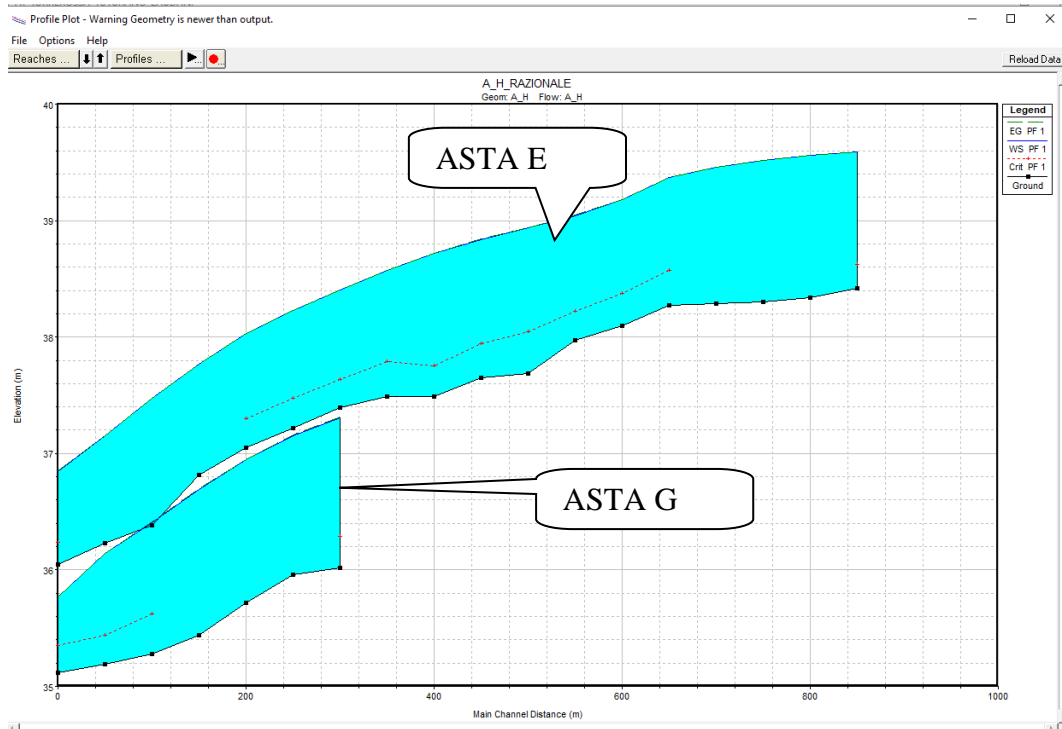
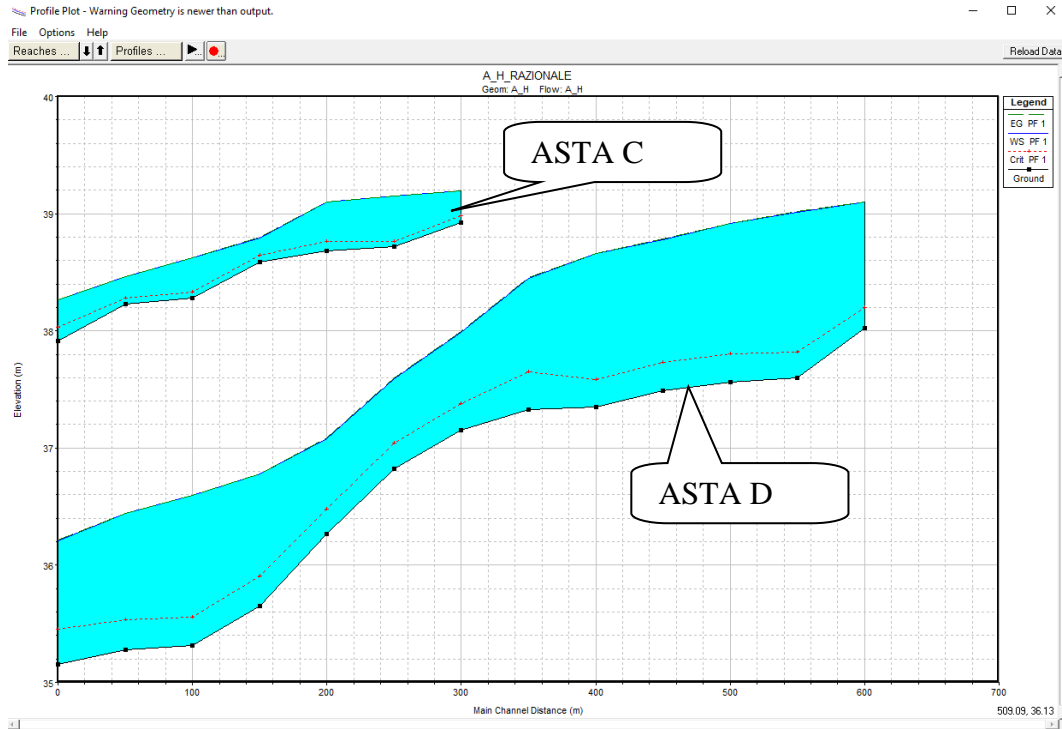
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
G=E+F	6	PF 1	12.51	36.02	37.31	36.29	37.31	0.002780	0.15	84.24	111.98	0.05
G=E+F	5	PF 1	12.51	35.98	37.16		37.16	0.003428	0.16	76.79	103.70	0.06
G=E+F	4	PF 1	12.51	35.72	36.95		36.95	0.005129	0.18	71.35	114.83	0.07
G=E+F	3	PF 1	12.51	35.44	36.69		36.69	0.005079	0.18	68.95	106.31	0.07
G=E+F	2	PF 1	12.51	35.28	36.41	35.82	36.41	0.006438	0.22	56.75	75.79	0.08
G=E+F	1	PF 1	12.51	35.19	36.14	35.44	36.14	0.004513	0.19	67.35	89.08	0.07
G=E+F	0	PF 1	12.51	35.12	35.77	35.35	35.77	0.014511	0.26	48.96	101.89	0.12

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: H=G+D Reach: H=G+D Profile: PF 1

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
H=G+D	3	PF 1	24.70	36.02	37.12	36.40	37.13	0.019862	0.38	65.24	92.89	0.14
H=G+D	2	PF 1	24.70	35.09	36.57	35.51	36.58	0.007067	0.31	80.62	72.62	0.09
H=G+D	1	PF 1	24.70	34.80	36.23		36.23	0.006736	0.25	99.62	124.15	0.09
H=G+D	0	PF 1	24.70	34.47	36.00	34.85	36.00	0.003304	0.19	126.68	123.35	0.06

Figura 13– Parametri idraulici del calcolo in moto permanente





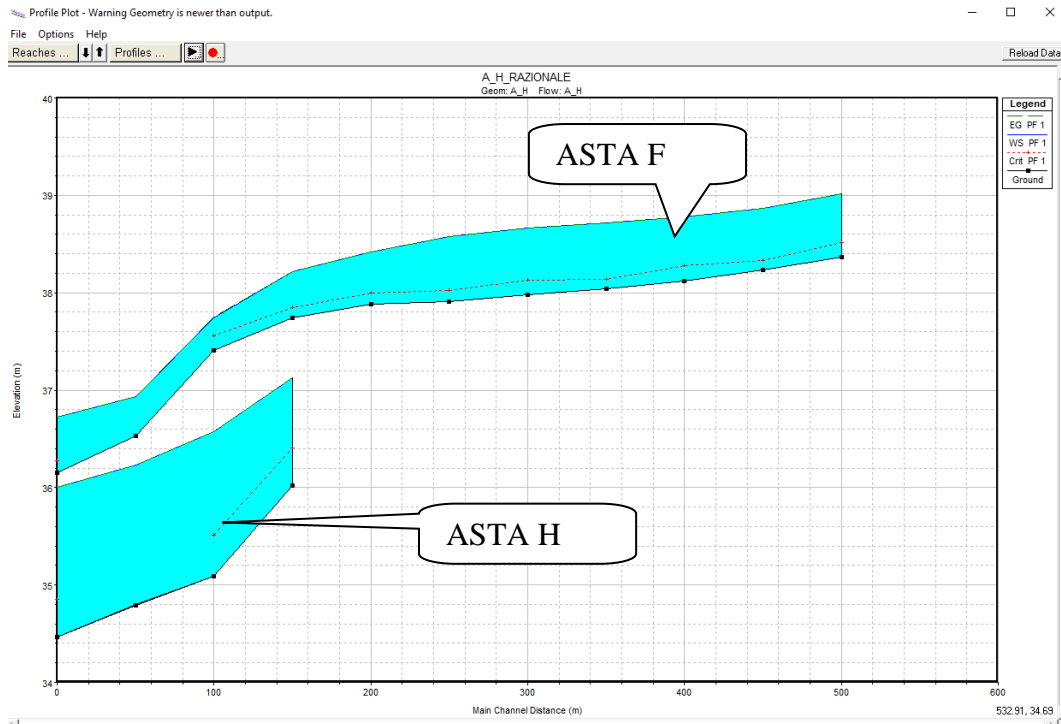


Figura 14– Profilo longitudinale di moto permanente
(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr= 200$ anni)

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come il corso d'acqua contiene al suo interno la portata di piena bi-centenaria.

Il posizionamento degli elementi dell'impianto è sempre previsto al di fuori delle aree di esondazione individuate.

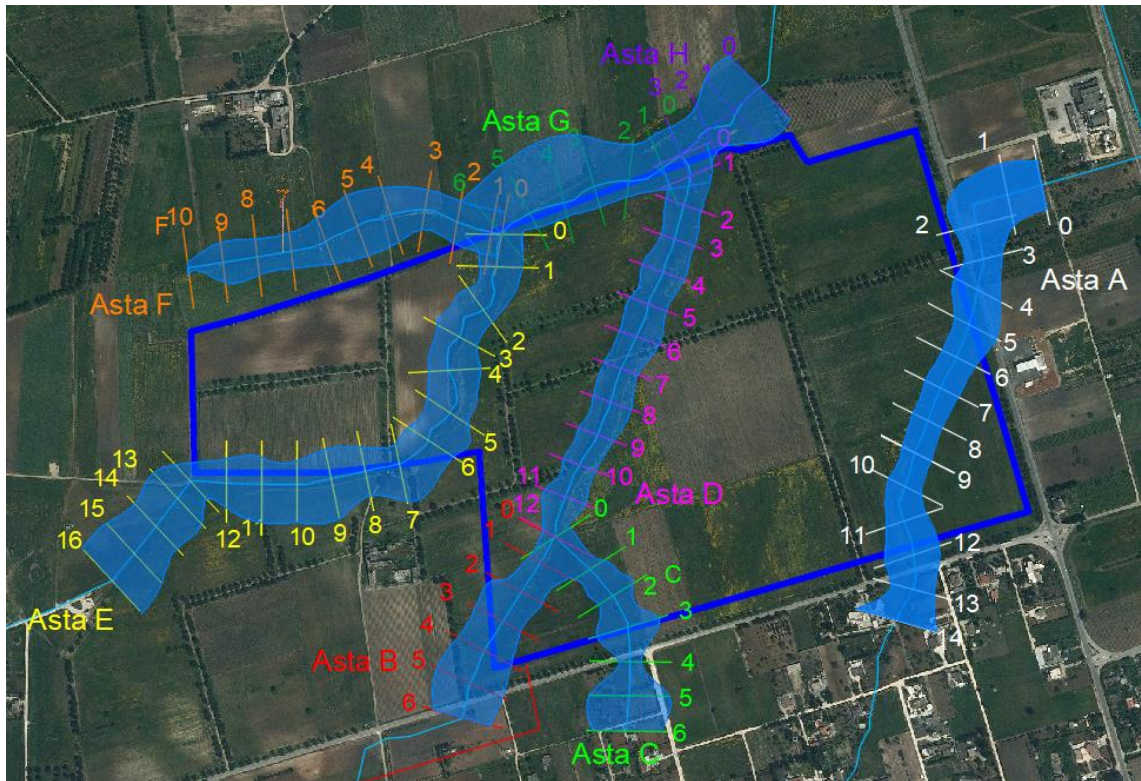


Figura 15 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

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

9. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativa al **progetto per la realizzazione di un impianto di generazione energetica alimentato da Fonti Rinnovabili; nello specifico la fonte energetica non programmabile utilizzata per alimentare l'impianto sarà la luce solare.**

L'impianto sarà ubicato nel territorio di Tutturano, frazione di Brindisi (BR) e la società proponente è TORREROSSA ENERGIA srl.

L'impianto a farsi ed il suo cavidotto di collegamento in MT non comporterà durante il suo esercizio una alterazione o un peggioramento delle condizioni di funzionalità idraulica, e non costituirà in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nelle aree adiacenti, poiché non produrrà ostacoli all'attuale normale e libero deflusso delle acque.

I pannelli saranno ubicati in spazi che non rientrano nelle aree perimetrate a rischio idraulico, né in aree di pertinenza del reticolo idrografico. Infatti a valle della modellazione sono state valutate le aree di esondazione con tempo di ritorno di 200 anni relative alle aste presenti nella zona di installazione e pertanto i pannelli verranno ubicati al di fuori di tali aree.

Per le intersezioni del cavidotto con il reticolo superficiale INT.1 e INT.3 si procederà con lo staffaggio lato valle delle opere di attraversamento esistenti senza interferire con il normale deflusso delle acque superficiali. Per la intersezione INT.2 del cavidotto con il reticolo superficiale si procederà con lo scavo e rinterro su strada interrando opportunamente il cavidotto così da non comportare alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico

In entrambi i casi la posa del cavidotto non altererà le condizioni esistenti e pertanto non si produrranno effetti peggiorativi sull'ambiente circostante, inoltre le caratteristiche delle opere a farsi saranno tali da garantire un corretto funzionamento dell'impianto e da evitare l'insorgere di situazioni di rischio.

E' di tutta evidenza che il tempo di ritorno di 200 anni in base al quale è stato valutato l'evento di piena della modellazione, atta alla verifica idraulica affrontata, è considerevolmente ben più grande della vita utile dell'impianto e che molto probabilmente non si verificherà mai durante l'esercizio dello stesso.

L'opera in progetto risulta pertanto compatibile con le finalità del Piano di Assetto Idraulico, garantendo altresì la sicurezza idraulica dell'area.

ALLEGATI

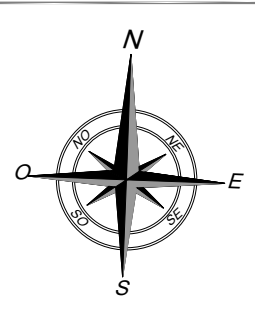
ALL 01 Inquadramento dei Bacini Idrografici su IGM 1:25.000

ALL 02 Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto

ALL 03 Planimetria con indicazione delle intersezioni del cavidotto con il reticolo
superficiale.

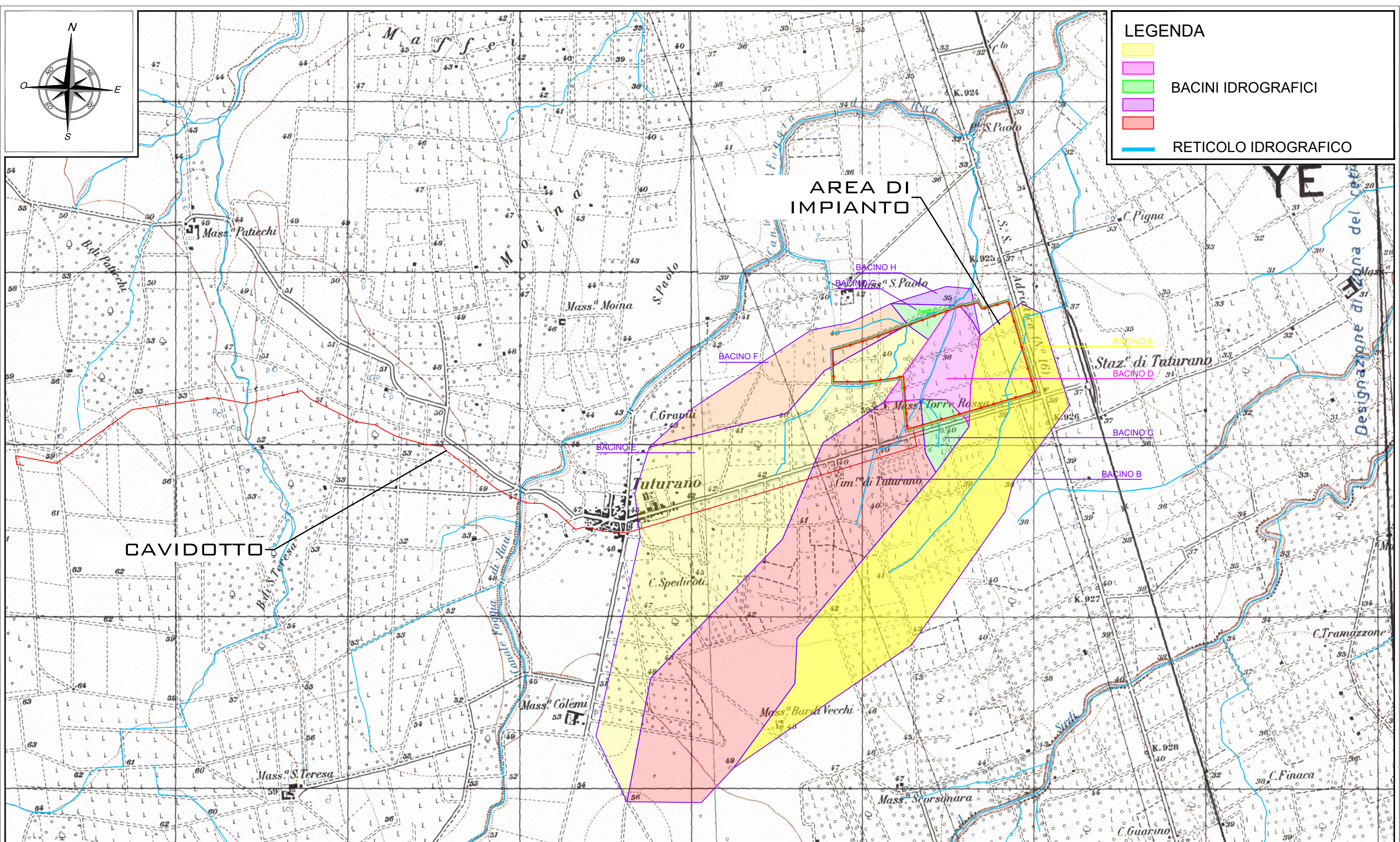
ALL 04 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali – ASTA 1 –
ASTA 2 – ASTA 3 – ASTA 3'

ALL 05 Quaderno delle sezioni



LEGENDA

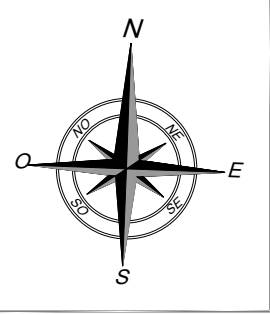
- BACINI IDROGRAFICI
- RETICOLO IDROGRAFICO









STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "TUTURANO" - IN TUTURANO (BR)

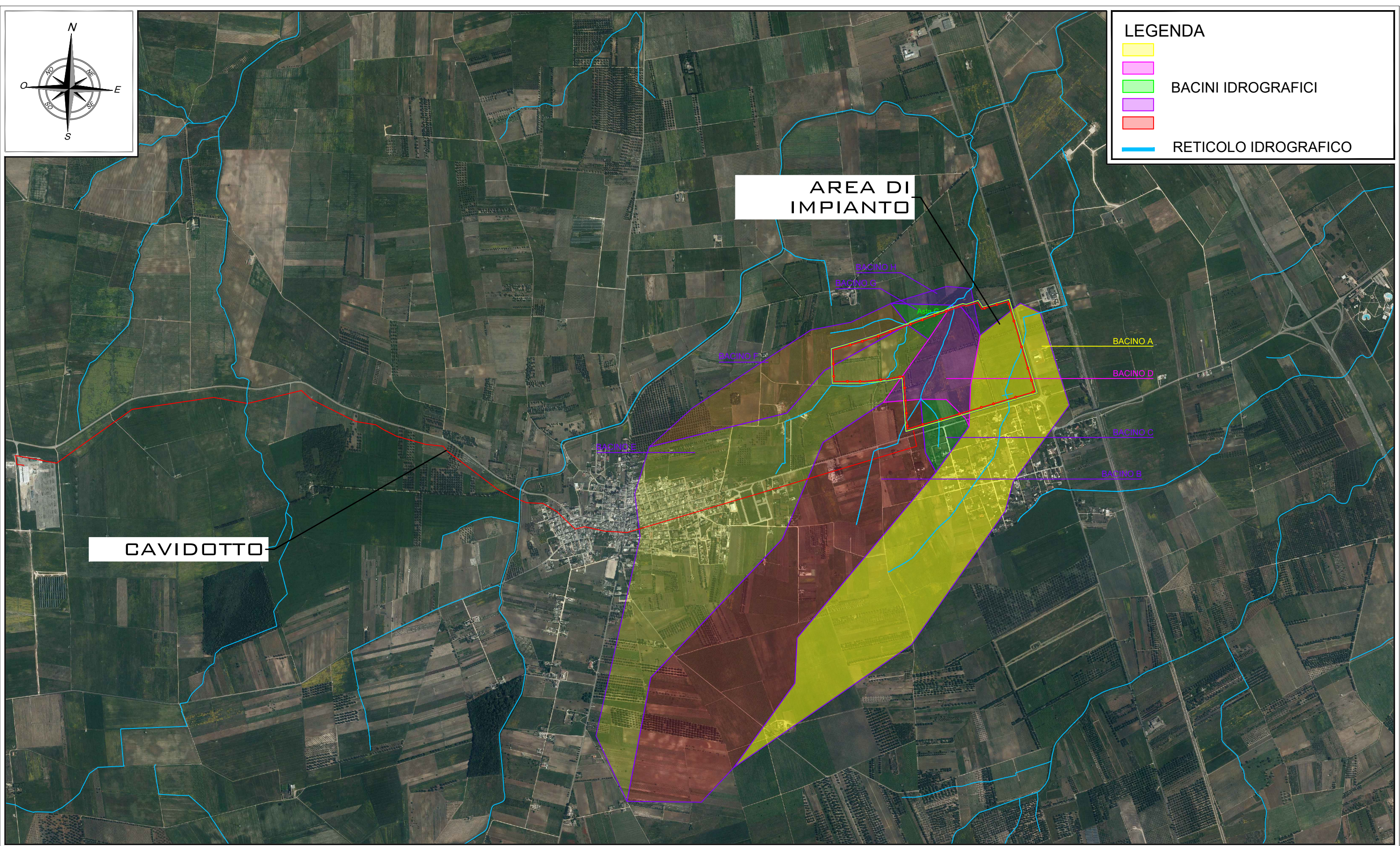
Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE BACINI IDROGRAFICI SU IGM 1:25.000

Data:	LUGLIO 2023
Scala:	1:20.000
Elaborato:	B.1



LEGENDA

-  BACINI IDROGRAFICI
-  BACINI IDROGRAFICI
-  BACINI IDROGRAFICI
-  BACINI IDROGRAFICI
-  BACINI IDROGRAFICI
-  RETICOLO IDROGRAFICO



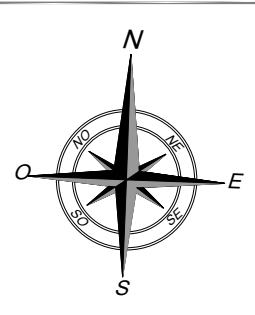
STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO
PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO
"TUTURANO" - IN TUTURANO (BR)

Titolo Allegato:
***INDIVIDUAZIONE BACINI
IDROGRAFICI SU ORTOFOTO***

Data: **LUGLIO 2023**

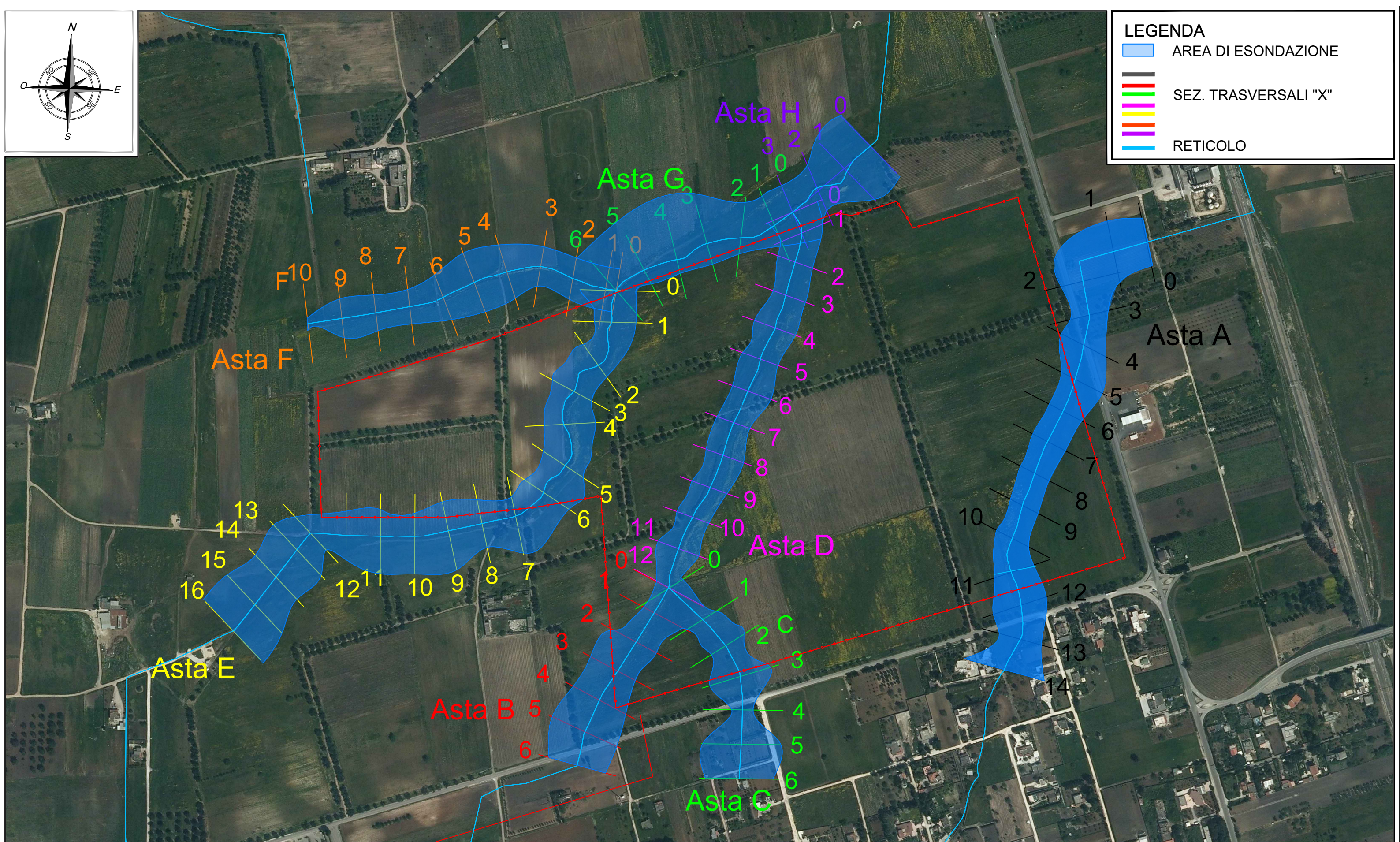
Scala: **1:20.000**

Elaborato: **B.2**



LEGENDA

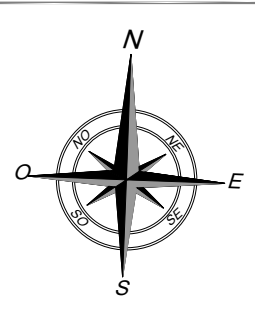
- AREA DI ESONDAZIONE
- SEZ. TRASVERSALI "X"
- RETICOLO



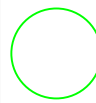

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "TUTURANO" - IN TUTURANO (BR)

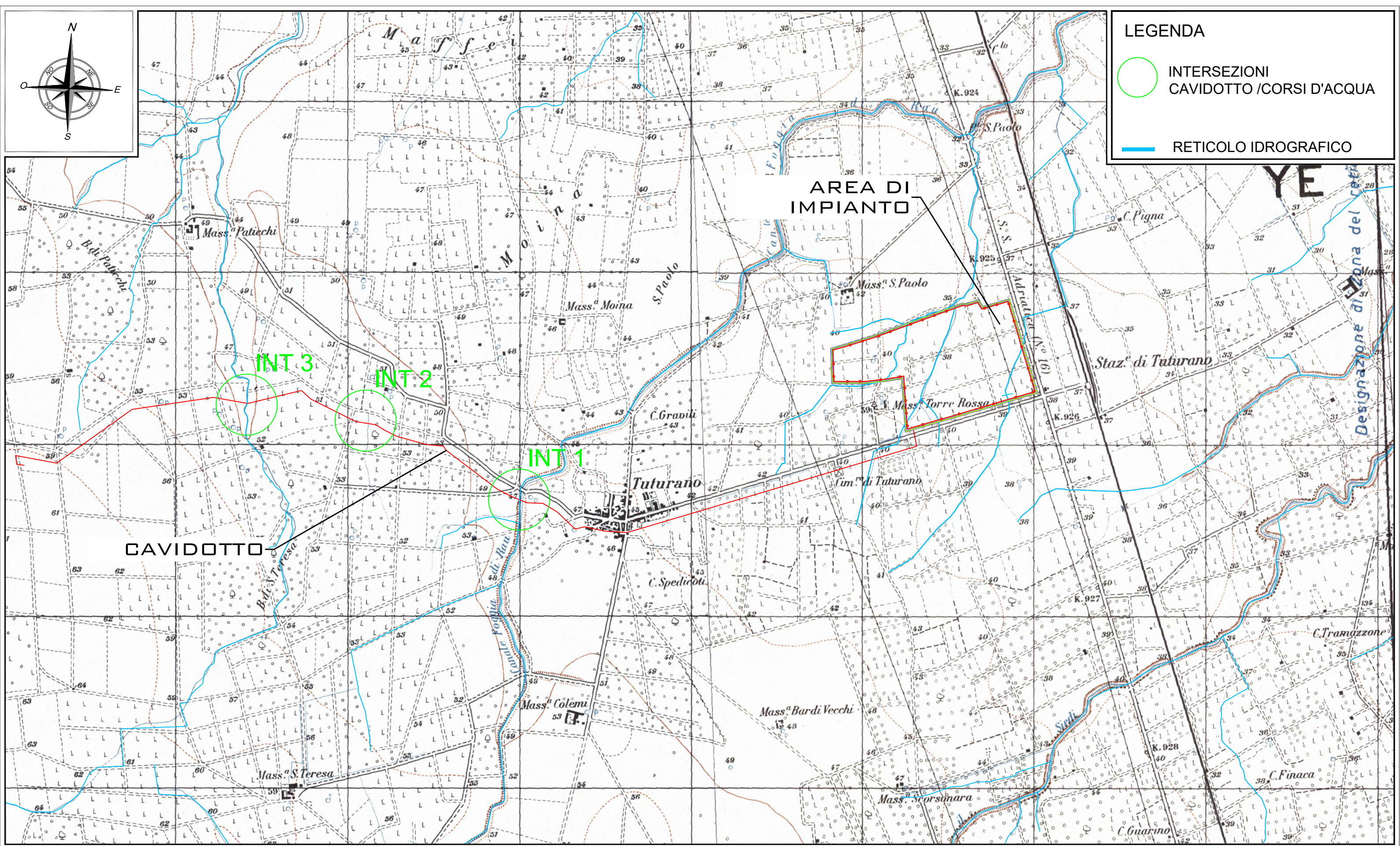
Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE AREE DI ESONDAZIONE BICENTENARIE SU ORTOFOTO

Data:	LUGLIO 2023
Scala:	1:5.000
Elaborato:	B.3



LEGENDA

-  INTERSEZIONI CAVIDOTTO /CORSI D'ACQUA
-  RETICOLO IDROGRAFICO



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "TUTURANO" - IN TUTURANO (BR)

Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE INTERFERENZE SU IGM
1:25.000

Data: **LUGLIO 2023**

Scala: **1:20.000**

Elaborato: **B.4**

