



# COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE (BA)

## Impianto Fotovoltaico "TORNASOLE"

della potenza di 22,00 MW in immissione e 27,09 MW in DC

### PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



TORNA SOLE SRL  
Via Enrico Pappacena, 22 - 70124 BARI (BA)  
Tel. (0034) 963 411 301 - Fax (0034) 963 411 279  
info@grupozaragoza.com - www.grupozaragoza.com

TORNA SOLE, S.R.L.

Via Enrico Pappacena, n.22  
70124 - BARI - ITALIA  
PIVA 06385110722

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl  
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA  
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915  
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso  
(Direttore Tecnico)



LEGALE RAPPRESENTANTE:  
dott. Renato Mansi

TEKNE srl  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA  
IL PRESIDENTE  
Dott. RENATO MANSI

CONSULENTE:  
ATECH SRL



# PD

PROGETTO DEFINITIVO

## RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA E IDRAULICA

Tavola:

# RE02.1

Filename:

TKA686-PD-RE02.1-R0.docx

Data 1°emissione:

DICEMBRE 2022

Redatto:

ATECH SRL

Verificato:

G.PERTUSO

Approvato:

R.PERTUSO

Scala:

1

Protocollo Tekne:

# TKA686

n° revisione

1				
2				
3				
4				



## INDICE

1. PREMESSA.....	2
1.1 Dati generali di progetto .....	4
2. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA .....	7
3. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI .....	12
4.1 Inquadramento geologico .....	14
4.2 Uso del suolo .....	15
4. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA.....	16
4.1 Curve di possibilità climatica .....	21
5. ANALISI IDRAULICA.....	25
5.1 Valutazione portate di piena .....	25
5.2 Considerazioni finali sulla portata di piena .....	34
6. MODELLAZIONE IDRAULICA .....	35
7. CONCLUSIONI.....	42
ALLEGATI.....	43



## 1. PREMESSA

La presente **Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica** è stata redatta nell'ambito di un progetto per **la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "TORNASOLE" nel comune di Santeramo in Colle (BA)**, che ha come obiettivo sia la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, sia la valorizzazione del paesaggio e l'inserimento del progetto all'interno del contesto paesaggistico in cui si trova.

Tra gli aspetti considerati:

- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali ed europei;
- Utilizzo consapevole dei terreni per la produzione di energia da fonte rinnovabile attraverso l'installazione di un impianto fotovoltaico in zona industriale;
- Mitigazione ambientale e visiva perimetrale con specie vegetali autoctone, ovvero: siepi miste, uliveti o mandorleti.

Il generatore fotovoltaico avrà complessivamente una potenza elettrica pari a **27.093,92 kWp**, come somma delle potenze in condizioni standard dei moduli fotovoltaici. La potenza attiva massima erogabile è limitata dalla potenza nominale degli inverter e sarà pari a **25.6 MW**, mentre la potenza immessa in rete alla consegna nella SE di Terna sarà pari a **22 MW** come previsto in STMG.

Oltre alla centrale fotovoltaica, saranno oggetto della presente richiesta di autorizzazione anche tutte le opere di connessione alla RTN, ovvero il cavidotto di connessione in Media Tensione tra l'impianto fotovoltaico e lo stallo a 30 kV sito nella Stazione Utente 150/30 kV di nuova realizzazione prevista di fianco alla esistente Stazione Terna denominata "Matera" 380/150 kV sita nei pressi della zona industriale "IESCE" in agro del comune di Matera ed accessibile al km 0+850 della SP140 "Altamura verso Laterza 2° tratto" afferente alla viabilità provinciale dell'Area Metropolitana di Bari.

Il progetto in esame è proposto dalla società

**TORNA SOLE S.R.L.**, con sede legale in Via Enrico Pappacena, 22 – 70124 Bari (BA)

Indirizzo PEC: [torna\\_sole@pec.it](mailto:torna_sole@pec.it); P.I.: 08385130722

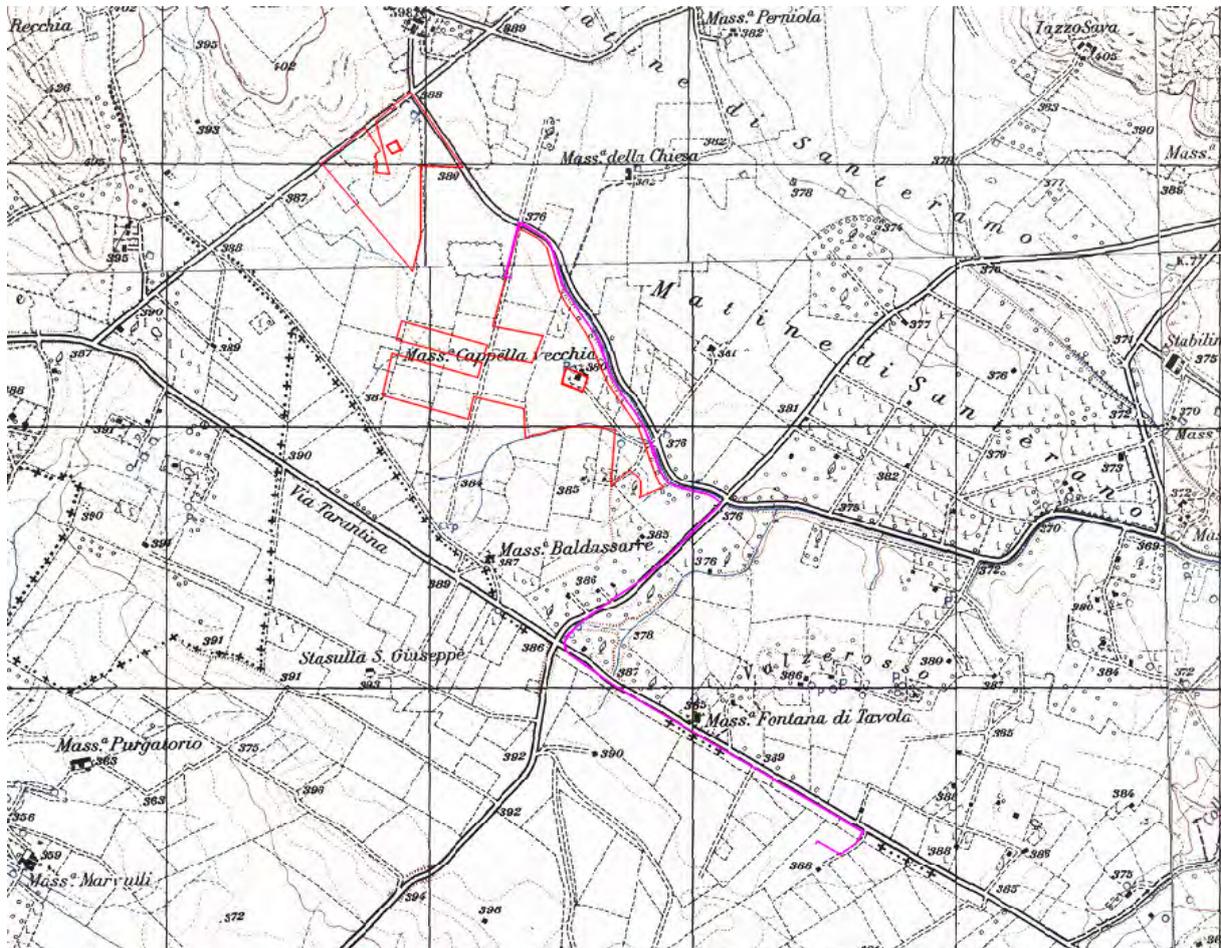
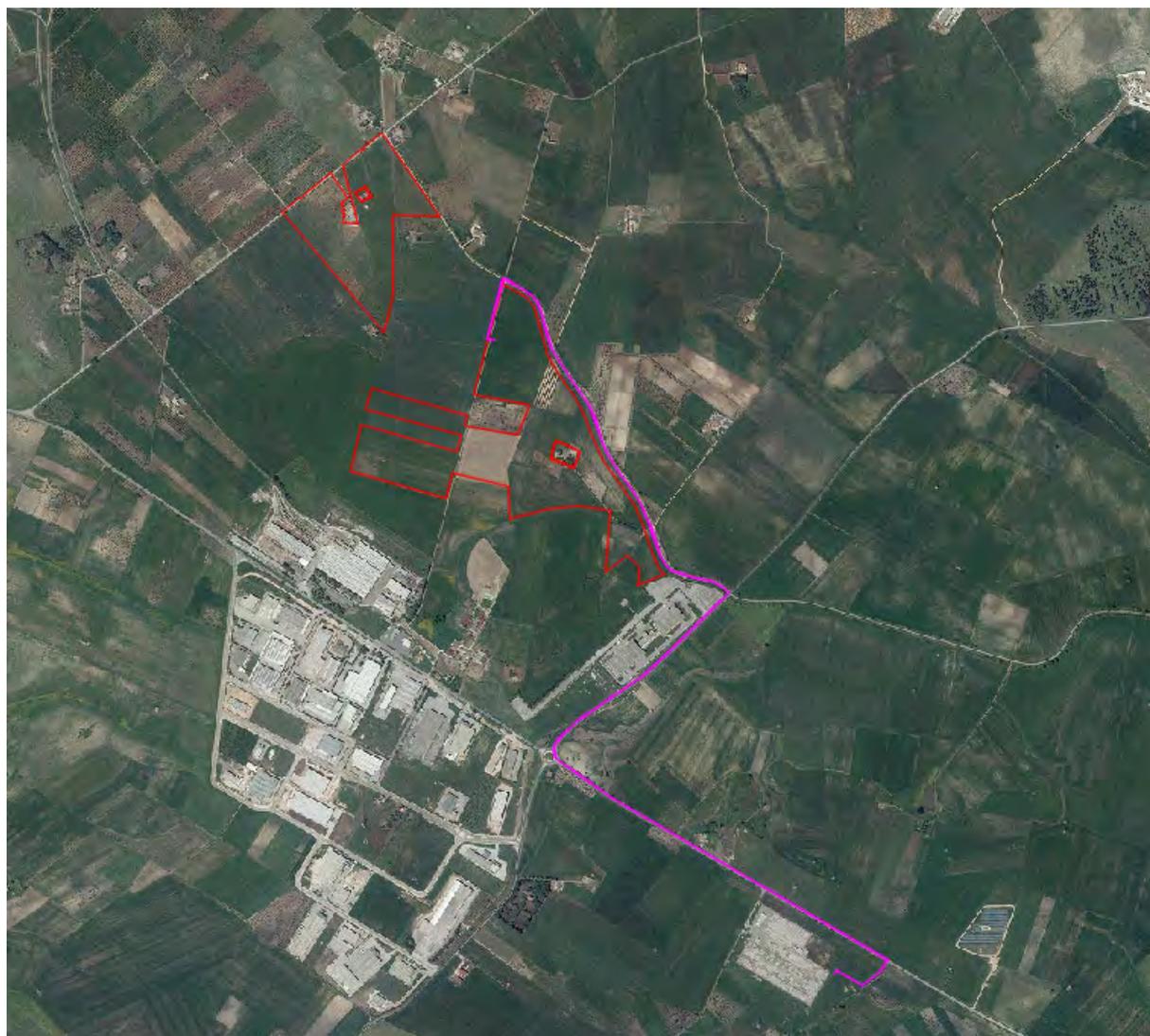


Figura 1 - Stralcio IGM 1:25.000 (area impianto in rosso – cavidotto in magenta)



**Figura 2 - Stralcio Ortofoto (area impianto in rosso – cavidotto in magenta)**

### **1.1 Dati generali di progetto**

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico si sviluppa nel territorio del Comune di Santeramo in Colle (BA), in Contrada "Montefungale" ed è censito al NCT del medesimo comune al Fg. 84 p.lle 31, 34, 58, 71, 72, 77, 79, 80, 327, 328, 335, 336, 498, 499, 965, 1159 (ex 23), 1160 (ex 23), e al Fg. 85 p.lle 62, 65, 95, 96, 97, 98, 201, 202, 203, 208, 209, 324, 397 (ex 69), 398 (ex 69), 392 (ex 125), 393 (ex 125), 394 (ex 125), 395 (ex 328), 396 (ex 328), 399 (ex 287), 400 (ex 287), 401 (ex 287), 402 (ex 287), 403 (ex 70), 404 (ex 70), 405 (ex 70), 406 (ex 68), 407 (ex 68), in un'area a Sud-Ovest rispetto al centro abitato di Santeramo in Colle (BA) e a Nord rispetto alla Zona Industriale di Matera "lesce", rispettivamente alle seguenti distanze in linea d'aria: 8000 mt da Santeramo in Colle e 200 mt dalla ZI "lesce".



L'area in oggetto si trova ad un'altitudine media di m 385 s.l.m. ed è costituito da 6 le cui coordinate baricentriche sono:

- LOTTO A: 40° 45' 13" N – 16° 40' 07" E;
- LOTTO B: 40° 44' 57" N – 16° 40' 24" E;
- LOTTO C: 40° 44' 53" N – 16° 40' 12" E;
- LOTTO D: 40° 44' 48" N – 16° 40' 10" E;
- LOTTO E: 40° 44' 49" N – 16° 40' 22" E;
- LOTTO F: 40° 44' 45" N – 16° 40' 29" E;

L'area di intervento è raggiungibile attraverso una strada comunale denominata "Contrada Matine di Santeramo" che si dirama sia dalla SP 160 "Santeramo in colle alla provinciale alta murgia verso Laterza" al km 7+480, sia dalla SP 236 "di Cassano" al km 41+450.

Dalla suddetta strada comunale è possibile accedere direttamente al Lotto A, mentre l'accesso agli altri lotti è garantito attraverso una ulteriore strada comunale denominata "Contrada Baldassare" che si dirama dalla precedente strada comunale.

La superficie dell'area di intervento sarà pari a 46.69.63 ettari.



Tale progetto prevede l'installazione di **45.536** moduli fotovoltaici da 595 Wp che produrranno complessivamente una potenza pari a **27.093,92 kW**.

La località in cui sarà ubicato il generatore fotovoltaico è stata individuata in base ad un'indagine preliminare che ha tenuto conto di:



- caratteristiche di irraggiamento;
- vincoli paesaggistici, architettonici, archeologici, storici, naturalistici, ecc.

L'area in cui sarà ubicato l'impianto risulta essere di tipo agricolo con colture a bassa redditività ed esente da vincoli sia di natura amministrativa, sia paesaggistici. I terreni interessati dall'intervento sono per la maggior parte privi di alberature e ricadono nella zona denominata "Contrada Montefungale".

Il territorio interessato alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico è classificato come "**Zone D3 per attività industriali**", ovvero zone destinate prevalentemente alle attività industriali, in cui sono escluse attività inquinanti e comunque nocive per l'uomo, secondo il vigente strumento urbanistico comunale. Dall'esame della normativa di settore si evince la piena coerenza e compatibilità, sotto l'aspetto urbanistico, del futuro impianto fotovoltaico. Le opere civili da realizzare risultano essere compatibili con l'inquadramento urbanistico del territorio; esse, infatti, non comportano una variazione della "destinazione d'uso del territorio" e non necessitano di alcuna "variante allo strumento urbanistico", come da giurisprudenza consolidata. Come è desumibile dagli elaborati del progetto le aree interessate dalla realizzazione del parco fotovoltaico risultano di proprietà privata.

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

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in 5 sottocampi da 4,8 MW che convoglieranno l'energia elettrica prodotta ad una cabina di consegna utilizzando cavidotti in linea interrata. Un cavidotto interrato sarà utilizzato per il collegamento dalla cabina di consegna individuata all'interno dell'impianto fotovoltaico allo stallo a 30 kV sito nella Stazione Utente 150/30 kV di nuova realizzazione prevista di fianco alla esistente Stazione Terna denominata "Matera" 380/150 kV sita nei pressi della zona industriale "IESCE" e ricadente nel Comune di Matera (MT).

È opportuno precisare che tutti i cavidotti indispensabili per il trasporto dell'energia elettrica dalla cabina di consegna alla SE di Terna per l'immissione in rete della stessa energia elettrica, sono stati evidenziati negli elaborati di progetto.

Si rimanda alla Relazione illustrativa per gli aspetti relativi alla modalità di scavo e posa dei cavidotti, alla recinzione perimetrale dei sottocampi, alla viabilità interna ed alla tipologia dei moduli fotovoltaici.



## 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.

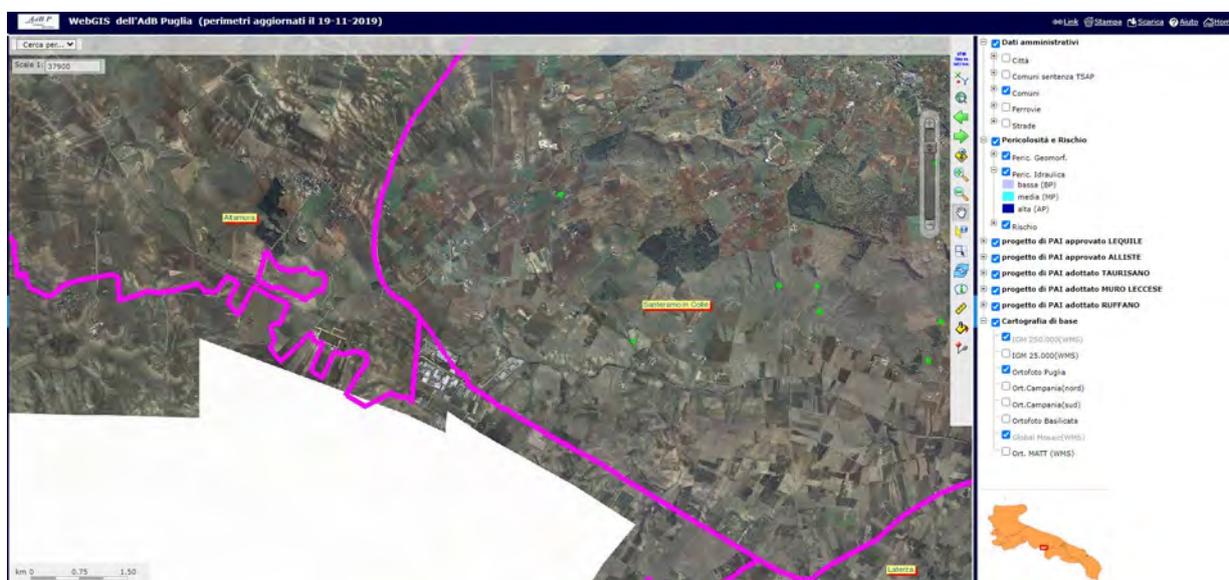
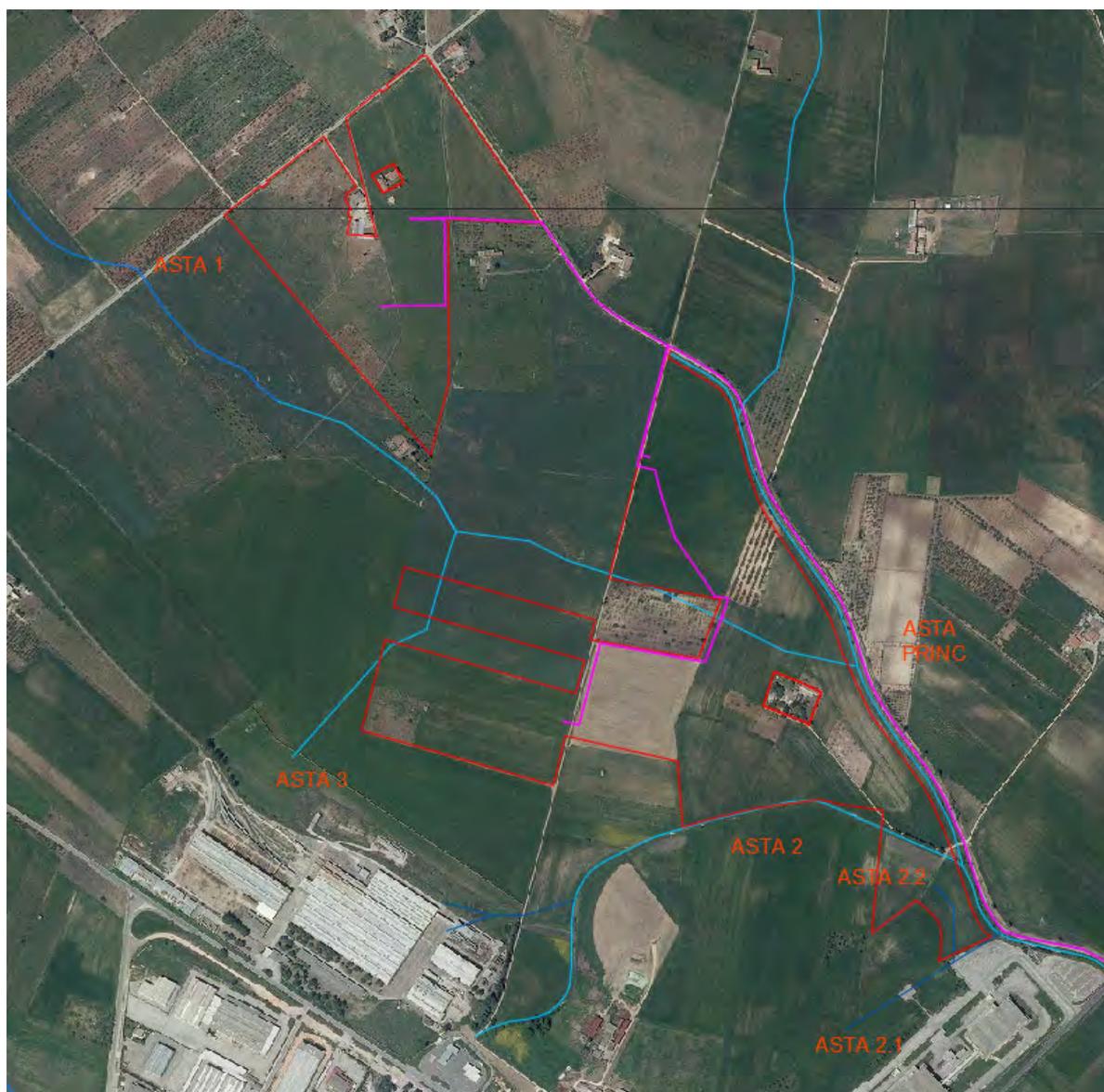


Figura 3 – Sovrapposizione con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica

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



**Figura 4- Stralcio Ortofoto con reticolo idrogeomorfologico**

Tuttavia, come è possibile desumere dall'immagine precedente, che riporta uno stralcio della carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia, l'area di installazione d'impianto (in rosso) è interessata dalla presenza del reticolo ufficiale (Carta Idrogeomorfologica ed IGM 1:25.000).

Per ciò che concerne il cavidotto di collegamento, analizzando le intersezioni con il reticolo della cartografia ufficiale, **si evince che ci sono n.2 attraversamenti del cavidotto con il reticolo idrografico e diversi parallelismi.**



**Figura 5- Sovrapposizione del reticolo idrografico e cavidotto – n.1 attraversamento**

Per i tratti di parallelismo del cavidotto con il reticolo idrografico, sempre su strada asfaltata esistente, e per l'attraversamento n.1, si prevede la risoluzione con scavo e rinterro tradizionale, in modo da ripristinare le originarie condizioni morfologiche dei luoghi e, pertanto, senza alterare il regolare deflusso delle acque superficiali. Qualora, dai risultati del presente studio, tali pose ricadessero in aree inondabili duecentennali, verranno adottati tutti gli accorgimenti utili a garantire la sicurezza idraulica dei mezzi e della maestranze, quali ad esempio l'attuazione degli scavi solo nei periodi estivi non piovosi o il posizionamento dei pozzetti di controllo solo all'esterno delle aree inondabili individuate.

Gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, sono, tuttavia, **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 tutti questi gli attraversamenti siti a meno di 150 metri sono assoggettati agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, 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."*



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

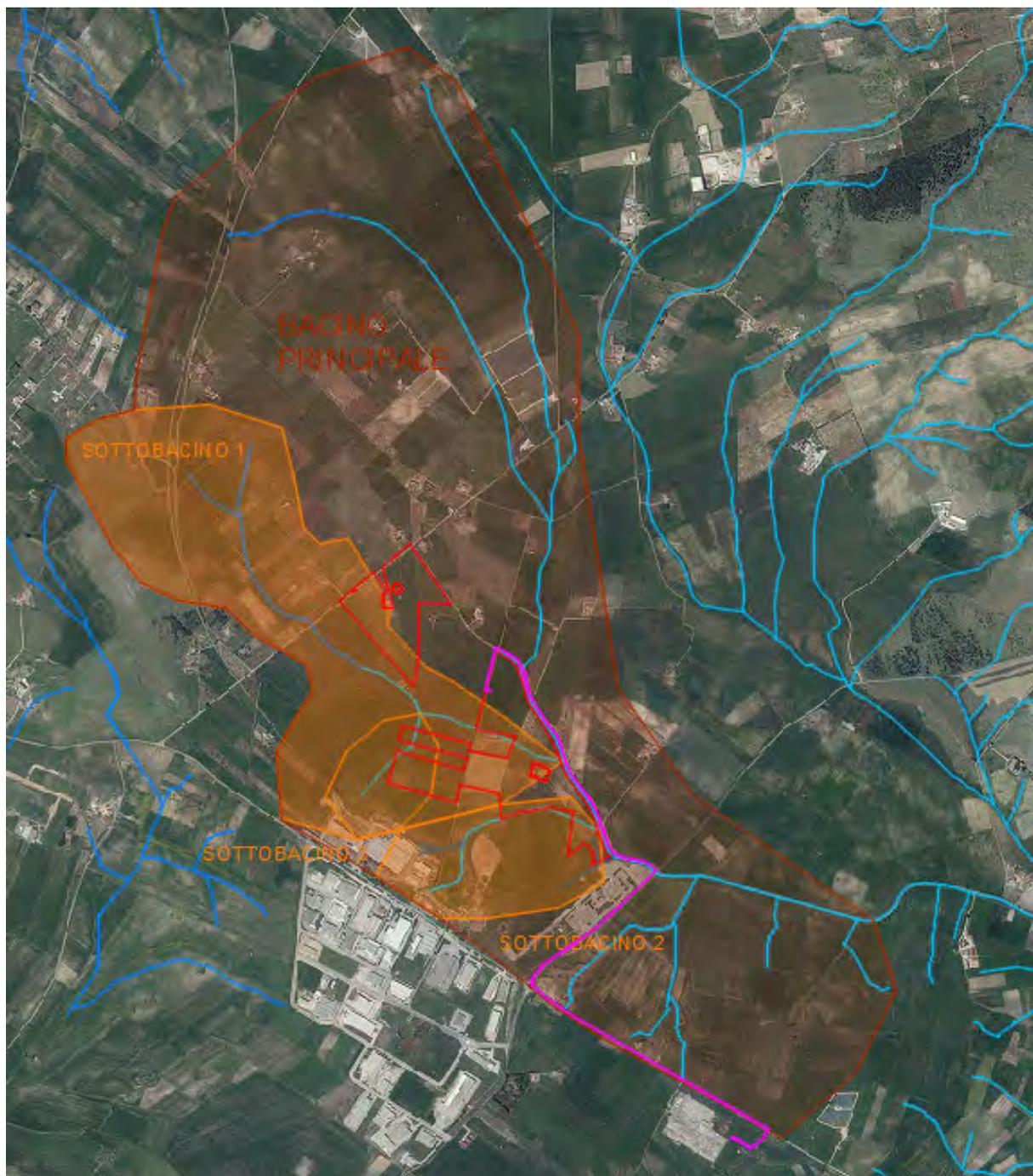
Lo studio è stato suddiviso nei seguenti punti:

- 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.



### 3. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento sono stati individuati **n.1 bacino idrografico principale** e **n.3 sottobacini** (1, 2 e 3).



**Figura 6 - Inquadramento dei bacini idrografici su Ortofoto**

I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono indicati nella tabella



segunte:

<b>Bacino Principale</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	5.50
<i>H massima del bacino</i>	[m]	440.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	406.00
<i>H minima del bacino</i>	[m]	372.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	405.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	388.50
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	9.05
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	1.19
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01
<b>Sottobacino 1</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	2.60
<i>H massima del bacino</i>	[m]	440.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	410.00
<i>H minima del bacino</i>	[m]	380.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	405.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	392.50
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	1.96
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	2.18
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01
<b>Sottobacino 2</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	1.03
<i>H massima del bacino</i>	[m]	390.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	383.00
<i>H minima del bacino</i>	[m]	376.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	385.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	380.50
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.48
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	1.33
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01
<b>Sottobacino 3</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.55
<i>H massima del bacino</i>	[m]	390.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	385.00
<i>H minima del bacino</i>	[m]	380.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	390.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	385.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.22
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	1.82
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.02



#### 4.1 Inquadramento geologico

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto ricadono nel Foglio 189 (Altamura) della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

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

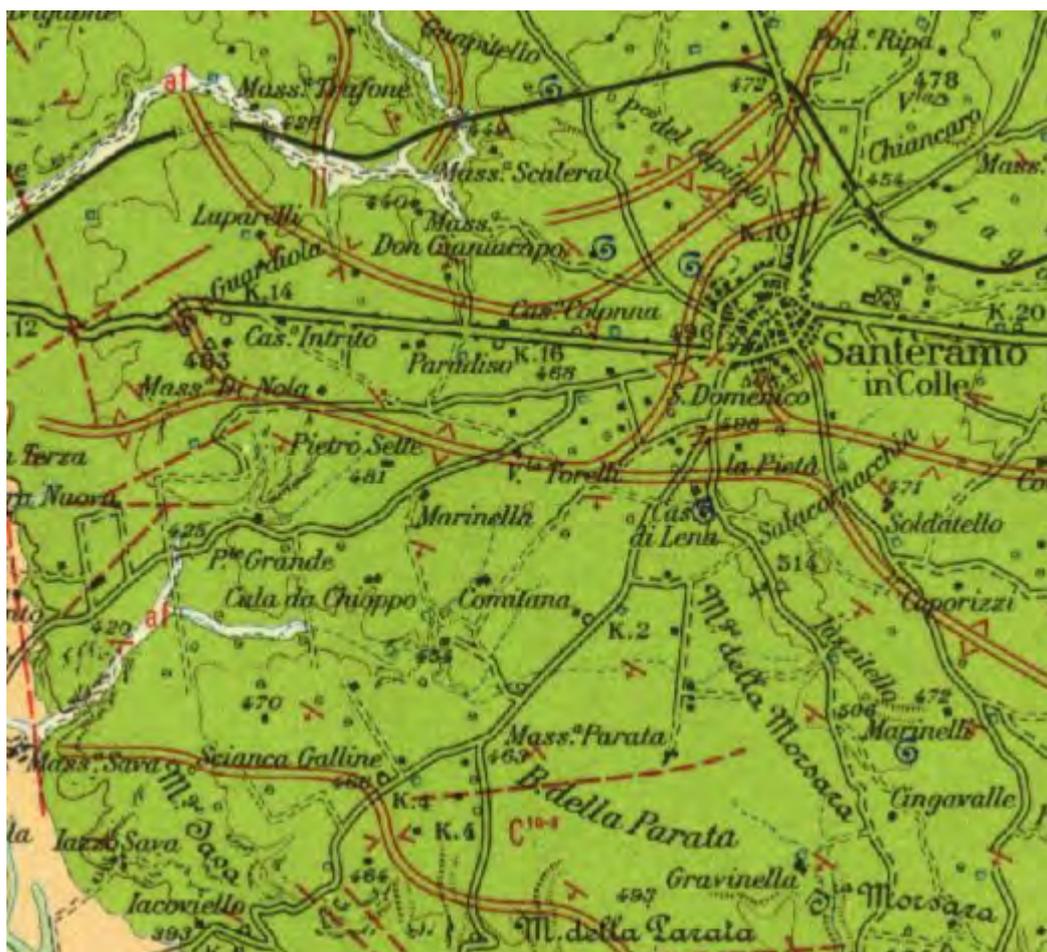
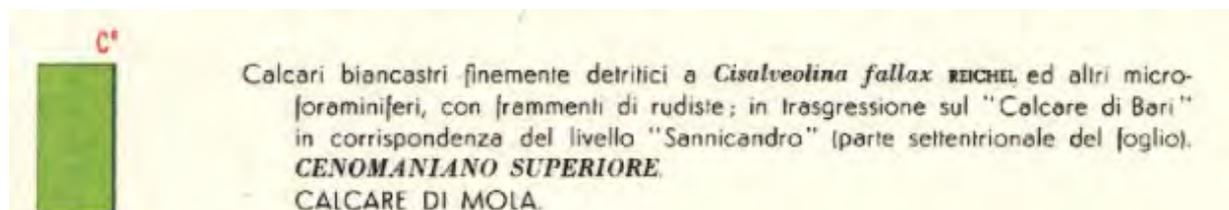


Figura 7 - Stralcio non in scala del foglio n°189 "Altamura" della Carta Geologica d'Italia con individuazione area di intervento



#### **4.2 Uso del suolo**

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



**Figura 8 – Carta Uso del suolo**



#### 4. 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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  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  $\Lambda_1$  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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . 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  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ .

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  $\Lambda_1$ . 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.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$
<b>Puglia centro meridionale</b>	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  $K_T$ , 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  $K_T$ , 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  $K_T$  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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda 1$ , 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  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda 1$ .

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  $h$ :

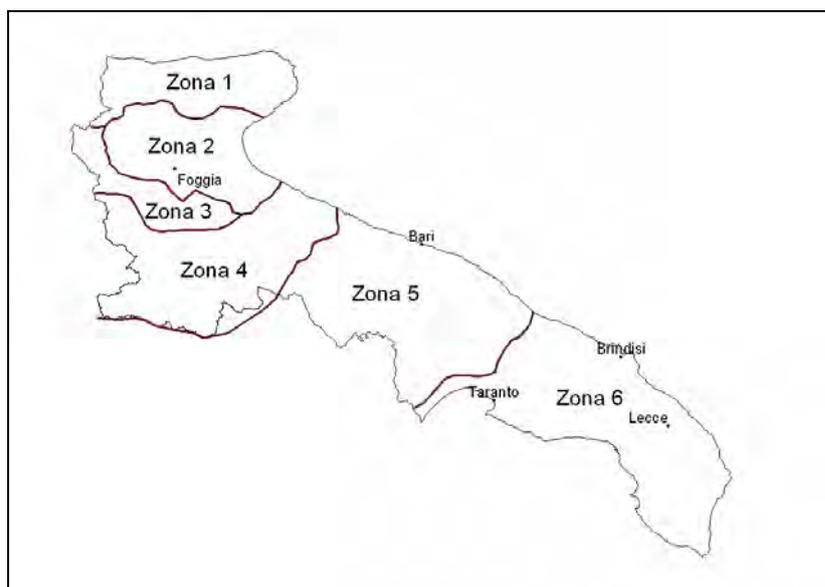
<b>ZONA 1-3</b>	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$
<b>ZONA 2-4</b>	$\mu(h,t) = at^n$

**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.



**Figura 9 - 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  $\alpha$  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	$\alpha$	$a$	$C$	$D$	$N$
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:



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

#### 4.1 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 **Santeramo in Colle**, che interessa per la maggior parte il bacino idrografico di interesse e di cui si riporta l'annale idrologico.

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 per la maggior parte nella **zona 5** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della Tabella 3 relativi alla zona 5.

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

$$x(t,z) = 28,2 t^{(0,0002 * z + 4,0837 + \ln 0,89 - \ln 28,2) / \ln 24(5)}$$

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):

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	68.977	80.442	93.813	109.407

Tabella 4 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

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	104.242	121.569	141.776	165.342

Tabella 5 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

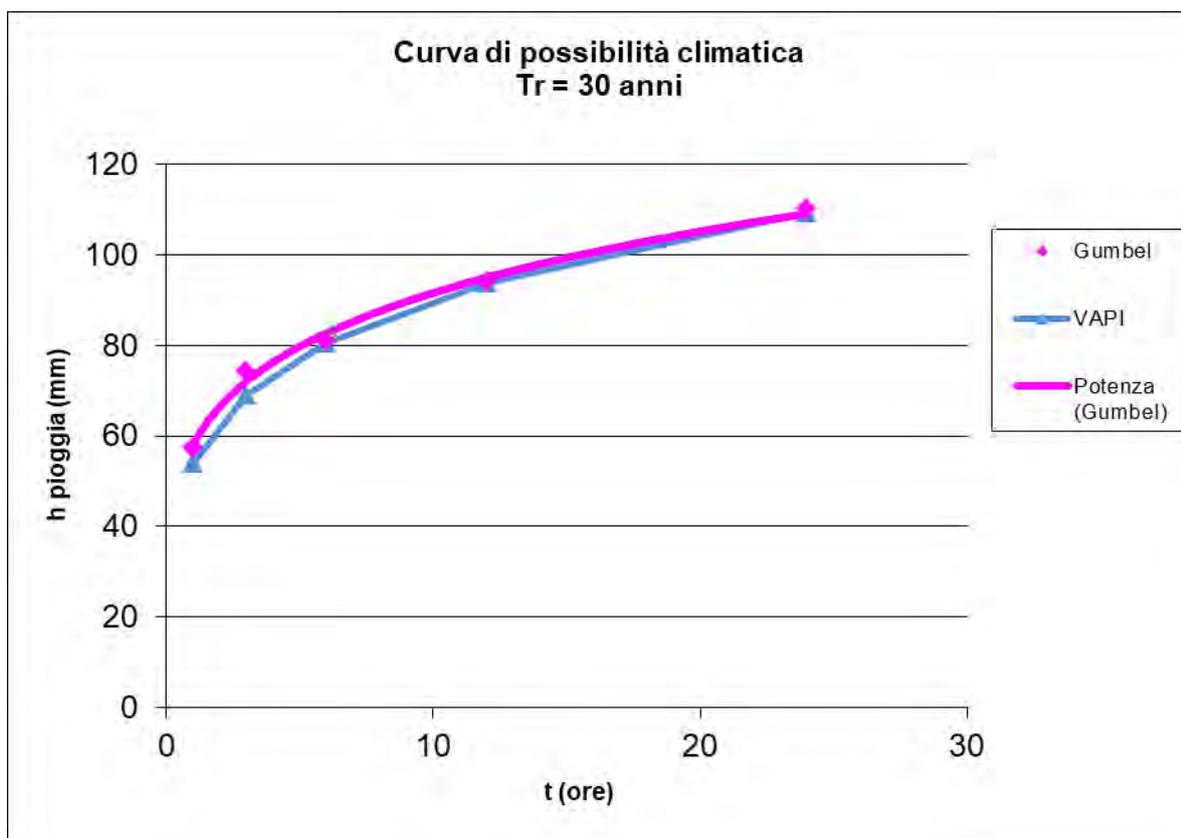


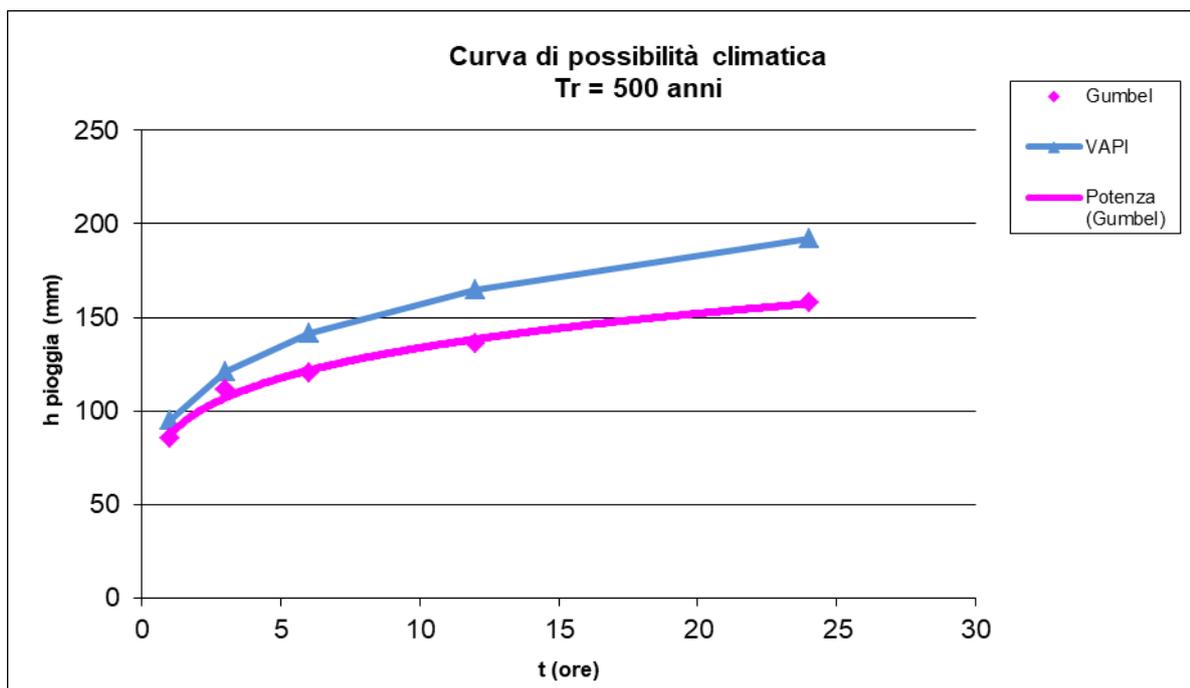
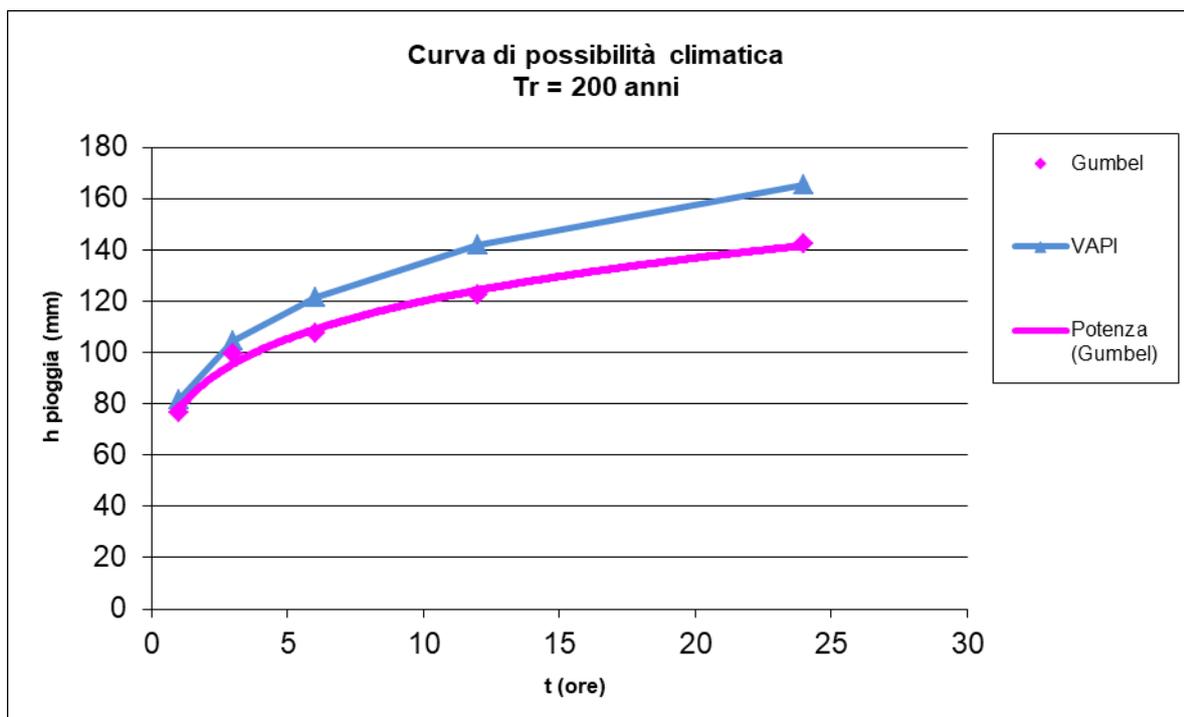
Tr = 500 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	85.662	111.415	120.405	136.273	157.780
VAPI	95.044	121.275	141.433	164.941	192.357

Tabella 6 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).

Confrontando le due metodologie adottate si evince che **le altezze di pioggia determinate utilizzando il metodo VAPI siano quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia GUMBEL. 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 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.







## 5. 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.

### 5.1 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 [m<sup>3</sup>/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> = 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<sub>c</sub>: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t<sub>c</sub> 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 km<sup>2</sup>, che si esplicita nella seguente relazione:

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

nella quale t<sub>c</sub> è espresso in ore, A in km<sup>2</sup> mentre L, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e H<sub>m</sub>, 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<sub>c</sub> è espresso in ore e L in km. Il parametro i<sub>a</sub> 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 seguenti risultati:

	<b>P-C-W-K (h)</b>	<b>Giandotti (h)</b>	<b>Pezzoli (h)</b>	<b>Kirpich (h)</b>
<b>Bacino Principale</b>	2.815	4.349	3.905	1.768
<b>Sottobacino 1</b>	1.280	2.168	1.458	0.828
<b>Sottobacino 2</b>	0.630	2.031	0.602	0.419
<b>Sottobacino 3</b>	0.286	1.510	0.224	0.196

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:

	<b>Tc (h)</b>
<b>Bacino Principale</b>	3.209
<b>Sottobacino 1</b>	1.434
<b>Sottobacino 2</b>	0.920
<b>Sottobacino 3</b>	0.554

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso  $\phi$ , 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		$\varphi$	
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	

Effettuando una media pesata per i bacini di interesse si ottiene un coefficiente di deflusso pari a 0,400.

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

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	57.777	0.200	3.209	72.941	22.730	22.863
200 anni	77.713	0.189	3.209	96.853	30.181	30.359
500 anni	87.291	0.185	3.209	108.331	33.758	33.956

**Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino Principale**

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	57.777	0.200	1.434	62.091	43.311	9.436
200 anni	77.713	0.189	1.434	83.183	58.023	12.641
500 anni	87.291	0.185	1.434	93.313	65.089	14.180

**Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Sottobacino 1**



Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	57.777	0.200	0.920	56.828	61.741	3.269
200 anni	77.713	0.189	0.920	76.506	83.120	4.402
500 anni	87.291	0.185	0.920	85.960	93.392	4.946

**Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino del Sottobacino 2**

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	57.777	0.200	0.554	51.345	92.673	2.264
200 anni	77.713	0.189	0.554	69.514	125.466	3.065
500 anni	87.291	0.185	0.554	78.247	141.230	3.450

**Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino del Sottobacino 3**

### 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
Culture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Culture 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)
<b>I</b> (Terreno secco)	0 < P < 50
<b>II</b> (Umidità media)	50 < P < 110
<b>III</b> (Terreno da mediamente umido a saturo)	P > 110

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

I valori del CN riportati nella tabella 3 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).

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

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

Il valore del CN è stato stimato effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di uso del suolo e di tipo di suolo; i pesi sono stati calcolati in funzione delle aree delle singole parcelle sull'area totale del bacino individuato.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il GRUPPO C (**Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione**).

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:



	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>
<b>BACINI DI PROGETTO</b>	77.00	88.62

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri  $S$  ed  $l_a$  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 displuviale 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<sub>c</sub>" 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:

$T_R$	P [mm]	$P_{net}$	$T_L$ [h]	V [mm]	$t_a$ [h]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
30 anni	70.123	42.036	2.247	42.036	3.851	20.552
200 anni	105.974	74.884	2.247	74.884	3.851	36.613
500 anni	123.290	91.266	2.247	91.266	3.851	44.622

**Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Bacino del Bacino Principale**

$T_R$	P [mm]	$P_{net}$	$T_L$ [h]	V [mm]	$t_a$ [h]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
30 anni	58.588	32.007	0.927	32.007	1.644	7.940
200 anni	88.542	58.677	0.927	58.677	1.644	14.555
500 anni	103.009	72.104	0.927	72.104	1.644	17.886

**Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Bacino del Sottobacino 1**

$T_R$	P [mm]	$P_{net}$	$T_L$ [h]	V [mm]	$t_a$ [h]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
30 anni	53.073	27.368	0.549	27.368	1.009	2.688
200 anni	80.207	51.070	0.549	51.070	1.009	5.016
500 anni	93.313	63.077	0.549	63.077	1.009	6.195

**Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Sottobacino 2**

$T_R$	P [mm]	$P_{net}$	$T_L$ [h]	V [mm]	$t_a$ [h]	$Q_p$ [m <sup>3</sup> /s]
30 anni	47.421	22.749	0.280	22.749	0.557	1.866
200 anni	71.665	43.403	0.280	43.403	0.557	3.561
500 anni	83.375	53.948	0.280	53.948	0.557	4.426

**Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Sottobacino 3**



## 5.2 Considerazioni finali sulla portata di piena

Il confronto tra le due metodologie adottate ha evidenziato come le portate derivate utilizzando il metodo Curve Number (CN), per i bacini idrografici di interesse siano risultate, al variare del tempo di ritorno, quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo del metodo Razionale.

Si è scelto, pertanto, di utilizzare i valori derivanti dalla metodologia che ha restituito i valori di portata maggiori, tra metodo Razionale e del CN, a vantaggio di sicurezza:

Q (m <sup>3</sup> /sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr= 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
<b>Bacino Principale</b>	22.86	36.61	44.62
<b>Sottobacino 1</b>	9.44	14.55	17.89
<b>Sottobacino 2</b>	3.27	5.02	6.19
<b>Sottobacino 3</b>	2.26	3.56	4.43



## 6. MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 4.1.0, 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 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, costituito dagli alvei interferenti con il l'impianto, formati da un numero variabile di sezioni numerate progressivamente da monte verso valle.

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 all'asta modellata.

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 m<sup>3</sup>/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 nelle tabelle seguenti (cfr. tabelle seguenti).



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
Principale	Principale	25	Tr=200anni	36.61	378.00	378.63	378.50	378.73	0.005359	1.49	26.76	58.51	0.64
Principale	Principale	24	Tr=200anni	36.61	377.00	378.34	377.89	378.43	0.001821	1.37	28.37	32.50	0.42
Principale	Principale	23	Tr=200anni	36.61	376.50	378.20	377.58	378.26	0.001428	1.16	31.69	33.09	0.37
Principale	Principale	22	Tr=200anni	36.61	376.08	377.96	377.50	378.07	0.002656	1.46	25.03	27.35	0.49
Principale	Principale	21	Tr=200anni	36.61	376.02	377.76	377.24	377.84	0.001885	1.25	29.27	32.32	0.41
Principale	Principale	20	Tr=200anni	36.61	375.80	377.68	376.77	377.72	0.000694	0.85	42.86	40.38	0.26
Principale	Principale	19	Tr=200anni	36.61	375.67	377.37	377.11	377.56	0.005044	1.90	19.30	23.07	0.66
Principale	Principale	18	Tr=200anni	36.61	375.47	376.90		377.06	0.004704	1.81	20.26	24.81	0.64
Principale	Principale	17	Tr=200anni	36.61	374.85	376.83		376.87	0.000769	0.97	37.81	31.55	0.28
Principale	Principale	16	Tr=200anni	36.61	374.67	376.67	376.04	376.76	0.001726	1.31	28.01	26.16	0.40
Principale	Principale	15.5		Bridge									
Principale	Principale	15	Tr=200anni	36.61	374.50	375.94	375.46	375.96	0.000628	0.71	57.47	76.68	0.24
Principale	Principale	14	Tr=200anni	36.61	374.30	375.67		375.82	0.004344	1.72	21.31	26.55	0.61
Principale	Principale	13	Tr=200anni	36.61	374.01	375.24		375.38	0.004382	1.73	23.97	46.46	0.62
Principale	Principale	12	Tr=200anni	36.61	374.00	375.08	374.61	375.13	0.001300	0.95	39.25	58.67	0.34
Principale	Principale	11.5		Bridge									
Principale	Principale	11	Tr=200anni	36.61	373.78	374.26	374.26	374.42	0.013899	1.95	21.05	63.85	0.98
Principale	Principale	10	Tr=200anni	36.61	373.00	373.70	373.47	373.74	0.002068	0.83	45.27	100.65	0.39
Principale	Principale	9	Tr=200anni	36.61	372.50	373.63	372.94	373.65	0.000419	0.63	61.90	84.42	0.20
Principale	Principale	8	Tr=200anni	36.61	372.30	373.48		373.56	0.002426	1.31	31.92	66.77	0.46
Principale	Principale	7	Tr=200anni	36.61	372.00	372.98	372.86	373.15	0.007729	1.84	19.88	34.52	0.77
Principale	Principale	6	Tr=200anni	36.61	371.70	372.86	372.29	372.90	0.000995	0.85	43.63	56.77	0.30
Principale	Principale	5	Tr=200anni	36.61	371.50	372.59	372.40	372.70	0.004814	1.51	26.45	74.18	0.62
Principale	Principale	4	Tr=200anni	36.61	371.30	372.13	371.91	372.23	0.004455	1.45	25.32	41.84	0.59
Principale	Principale	3	Tr=200anni	36.61	371.00	371.78		371.86	0.003058	1.21	30.37	49.70	0.49
Principale	Principale	2	Tr=200anni	36.61	370.50	371.62	371.17	371.66	0.001234	0.98	41.47	69.61	0.33
Principale	Principale	1.5		Bridge									
Principale	Principale	1	Tr=200anni	36.61	370.00	370.95	370.64	371.04	0.003005	1.31	27.97	39.91	0.50
Asta 3	Asta 3	5	Tr=200anni	3.56	386.68	387.04	387.04	387.08	0.010006	1.01	4.62	62.83	0.74
Asta 3	Asta 3	4.*	Tr=200anni	3.56	385.59	385.76	385.75	385.81	0.017106	1.06	3.36	24.33	0.91
Asta 3	Asta 3	3	Tr=200anni	3.56	384.50	384.64	384.60	384.66	0.008146	0.69	5.15	40.47	0.62
Asta 3	Asta 3	2.*	Tr=200anni	3.56	383.75	383.97		383.99	0.005641	0.71	5.01	28.69	0.54
Asta 3	Asta 3	1	Tr=200anni	3.56	383.00	383.22	383.20	383.26	0.010004	0.76	4.58	35.43	0.68
Asta 2.2	Asta 2.2	2	Tr=200anni	5.02	375.30	375.77	375.63	375.81	0.004933	0.91	5.51	19.59	0.55
Asta 2.2	Asta 2.2	1	Tr=200anni	5.02	374.80	375.27	375.13	375.31	0.005002	0.93	5.37	18.59	0.56
Asta 2.1	Asta 2.1	3	Tr=200anni	5.02	378.00	378.13	378.12	378.17	0.016589	0.93	5.41	46.63	0.87
Asta 2.1	Asta 2.1	2.*	Tr=200anni	5.02	376.40	376.58	376.56	376.63	0.014318	0.99	5.09	35.95	0.84
Asta 2.1	Asta 2.1	1	Tr=200anni	5.02	374.80	375.04	375.03	375.11	0.016017	1.17	4.28	25.33	0.91
Asta 2	Asta 2	8	Tr=200anni	5.02	381.00	381.48	381.30	381.52	0.003049	0.83	6.02	17.09	0.45
Asta 2	Asta 2	7	Tr=200anni	5.02	380.65	381.09	380.97	381.13	0.004995	0.94	5.36	18.52	0.56
Asta 2	Asta 2	6	Tr=200anni	5.02	380.00	380.16	380.16	380.24	0.020308	1.23	4.07	26.59	1.01
Asta 2	Asta 2	5	Tr=200anni	5.02	378.10	378.48	378.42	378.54	0.008780	1.13	4.46	17.85	0.72
Asta 2	Asta 2	4	Tr=200anni	5.02	377.00	377.20	377.20	377.28	0.019469	1.29	3.89	23.04	1.00
Asta 2	Asta 2	3	Tr=200anni	5.02	376.00	376.53	376.32	376.57	0.002433	0.79	6.35	16.47	0.41
Asta 2	Asta 2	2	Tr=200anni	5.02	375.71	376.11	376.09	376.16	0.008327	1.02	5.64	35.68	0.69
Asta 2	Asta 2	1	Tr=200anni	5.02	375.00	375.34	375.27	375.39	0.007103	0.98	5.12	21.54	0.64

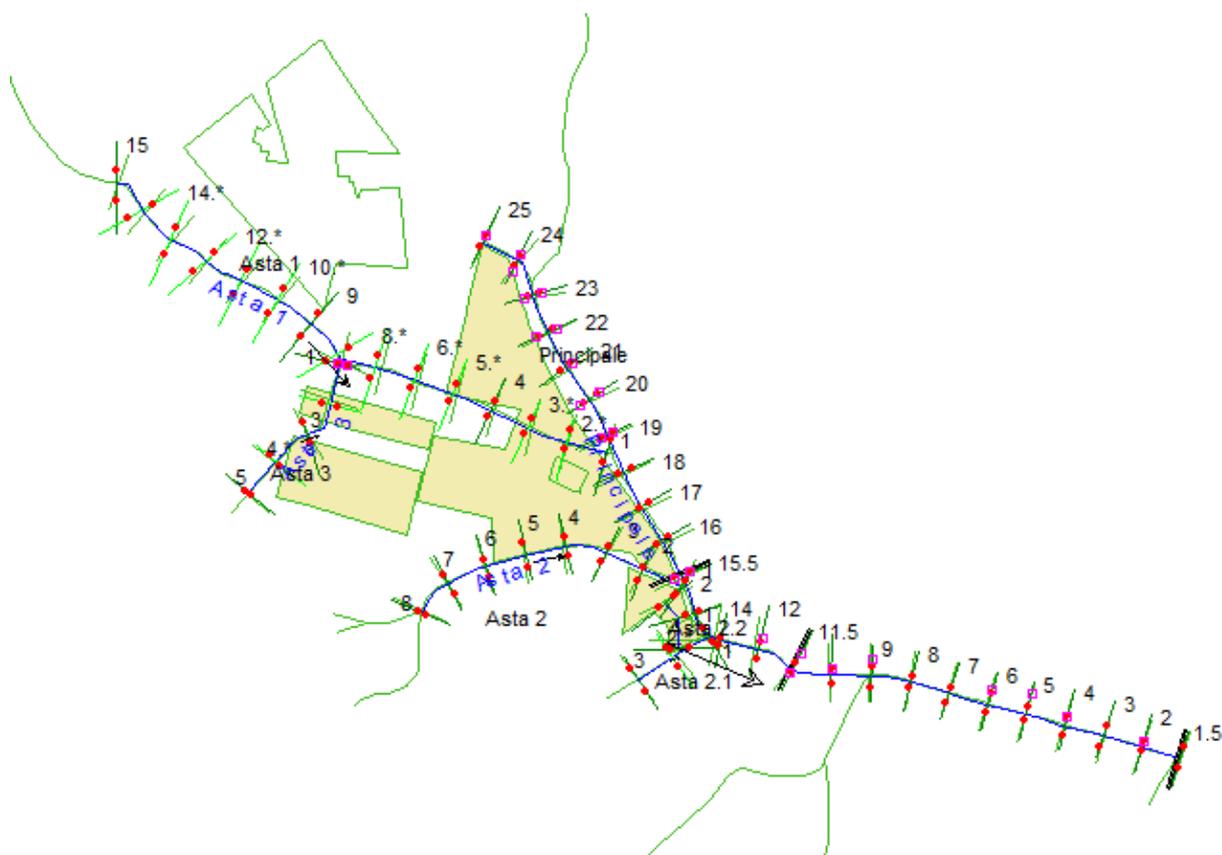


Asta 1	Asta 1	15	Tr=200anni	14.55	389.00	389.30	389.25	389.38	0.010077	1.25	11.63	44.05	0.78
Asta 1	Asta 1	14.*	Tr=200anni	14.55	388.00	388.30		388.38	0.009926	1.25	11.68	44.07	0.77
Asta 1	Asta 1	13.*	Tr=200anni	14.55	387.00	387.30		387.38	0.010085	1.25	11.62	44.04	0.78
Asta 1	Asta 1	12.*	Tr=200anni	14.55	386.00	386.30		386.38	0.009929	1.25	11.68	44.07	0.77
Asta 1	Asta 1	11.*	Tr=200anni	14.55	385.00	385.30		385.38	0.010098	1.25	11.62	44.04	0.78
Asta 1	Asta 1	10.*	Tr=200anni	14.55	384.00	384.30		384.38	0.009864	1.24	11.71	44.09	0.77
Asta 1	Asta 1	9	Tr=200anni	14.55	383.00	383.30	383.25	383.38	0.010221	1.26	11.58	44.02	0.78
Asta 1	Asta 1	8.*	Tr=200anni	14.55	382.00	382.35	382.29	382.43	0.008828	1.27	11.50	38.77	0.74
Asta 1	Asta 1	7.*	Tr=200anni	14.55	381.00	381.38	381.33	381.48	0.010104	1.40	10.40	33.41	0.80
Asta 1	Asta 1	6.*	Tr=200anni	14.55	380.00	380.47	380.40	380.57	0.008268	1.39	10.50	29.42	0.74
Asta 1	Asta 1	5.*	Tr=200anni	14.55	379.00	379.56	379.49	379.68	0.009616	1.53	9.48	25.53	0.80
Asta 1	Asta 1	4	Tr=200anni	14.55	378.00	378.76		378.86	0.006922	1.36	10.69	26.88	0.69
Asta 1	Asta 1	3.*	Tr=200anni	14.55	377.25	378.05		378.15	0.007194	1.43	10.19	24.55	0.71
Asta 1	Asta 1	2.*	Tr=200anni	14.55	376.51	377.30		377.42	0.007478	1.48	9.81	22.96	0.72
Asta 1	Asta 1	1	Tr=200anni	14.55	375.76	376.55	376.45	376.67	0.007502	1.51	9.65	22.09	0.73

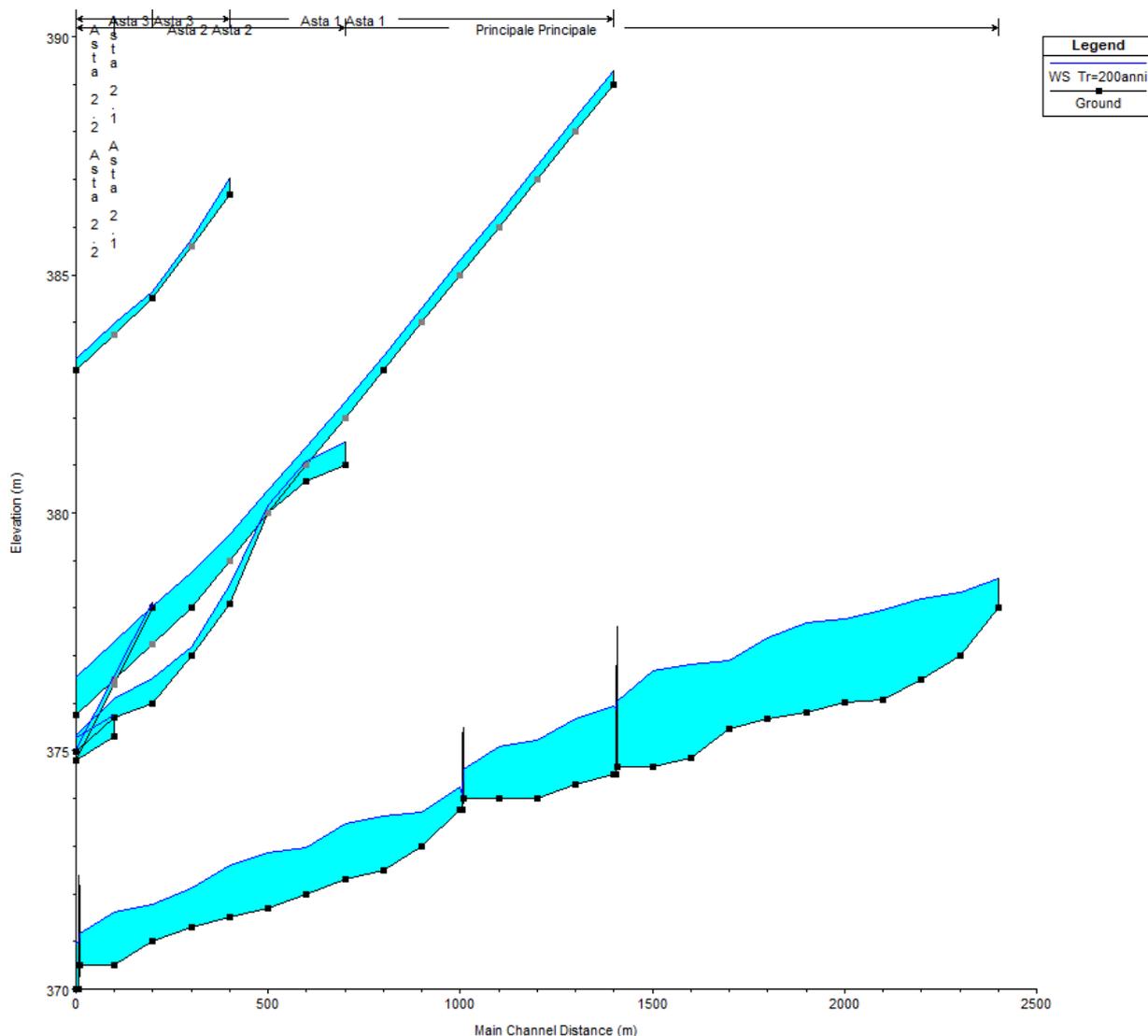
**Figura 60 – Parametri idraulici del calcolo in moto permanente**

Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



**Figura 11 – Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras.**



**Figura 12 - 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 in esame non sia sempre sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria, in alcuni tratti l'alveo o le sue aree golenali sono oggetto di esondazione, ma con il verificarsi di tiranti idrici di massimo 30-40 cm interferenti con le aree di impianto e/o posa del cavidotto, e quindi totalmente in grado di garantire la sicurezza idraulica per i mezzi e le maestranze.**

**Ad ogni modo la posa dei moduli fotovoltaici sarà esclusa dalle aree inondabili ricavate, mentre per la posa del cavidotto saranno applicate gli accorgimenti precedentemente esposti nel capitolo 2.**



**Figura 7 – 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).



## 7. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativo progetto per **la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato “TORNASOLE” nel comune di Santeramo in Colle (BA).**

Conseguentemente al transito della portata al colmo di piena, per assegnato tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni (sussistenza della sicurezza idraulica), valutata nell'analisi idrologica secondo il modello discendente dall'analisi regionale delle piogge, proprio del progetto VaPi sulla Valutazione delle Piene in Puglia, si è **evidenziato, nonostante in alcuni casi vi sia l'interferenza tra le opere a farsi e le aree inondabili duecentennali ricavate, il rispetto della sicurezza idraulica dell'area.**

**L'opera in progetto risulta, pertanto, compatibile con le finalità del Piano di Assetto Idraulico, garantendo altresì la sicurezza idraulica per i mezzi e la maestranze.**

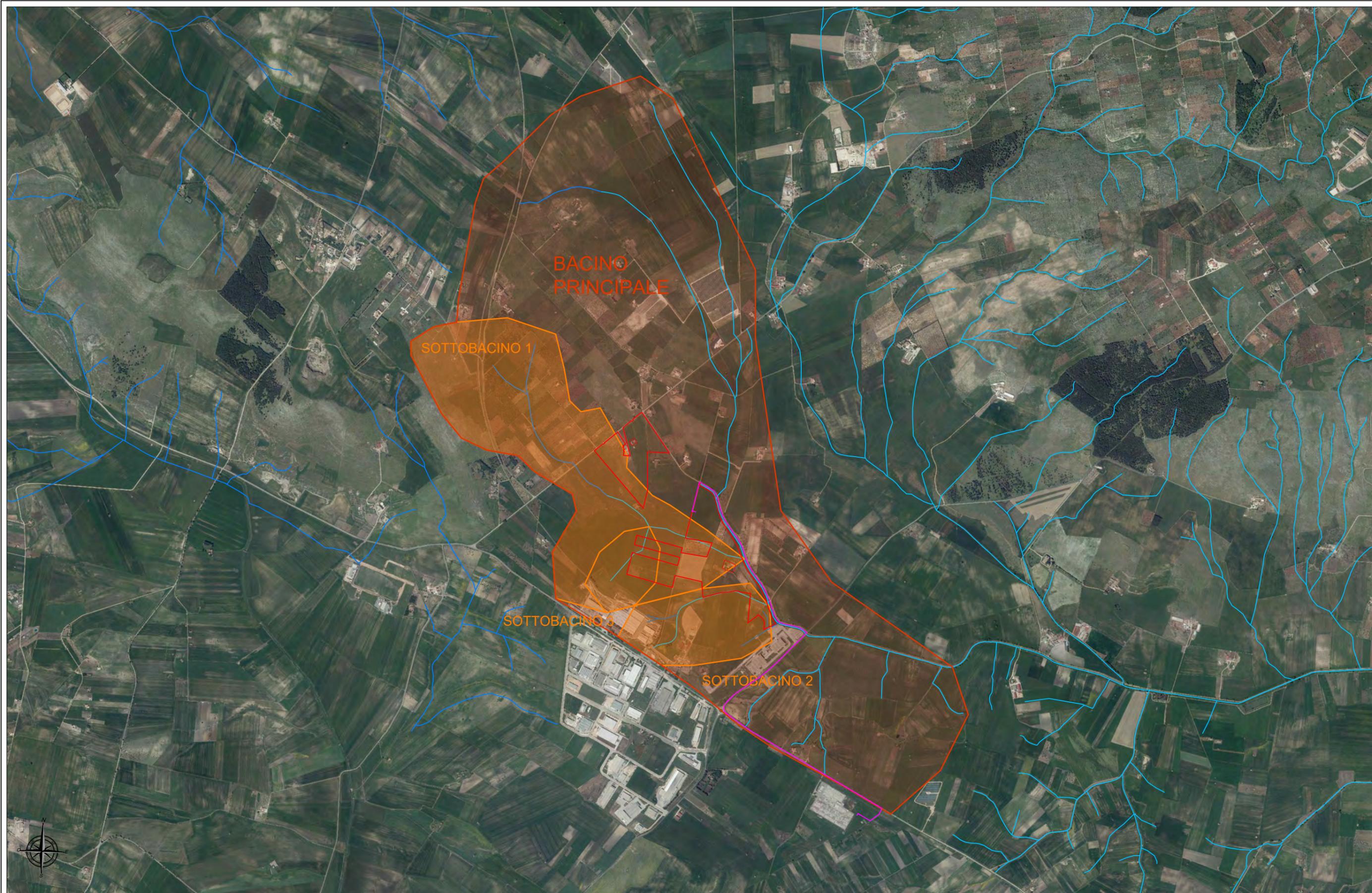


## ALLEGATI

ALL 01 Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto

ALL 02 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali

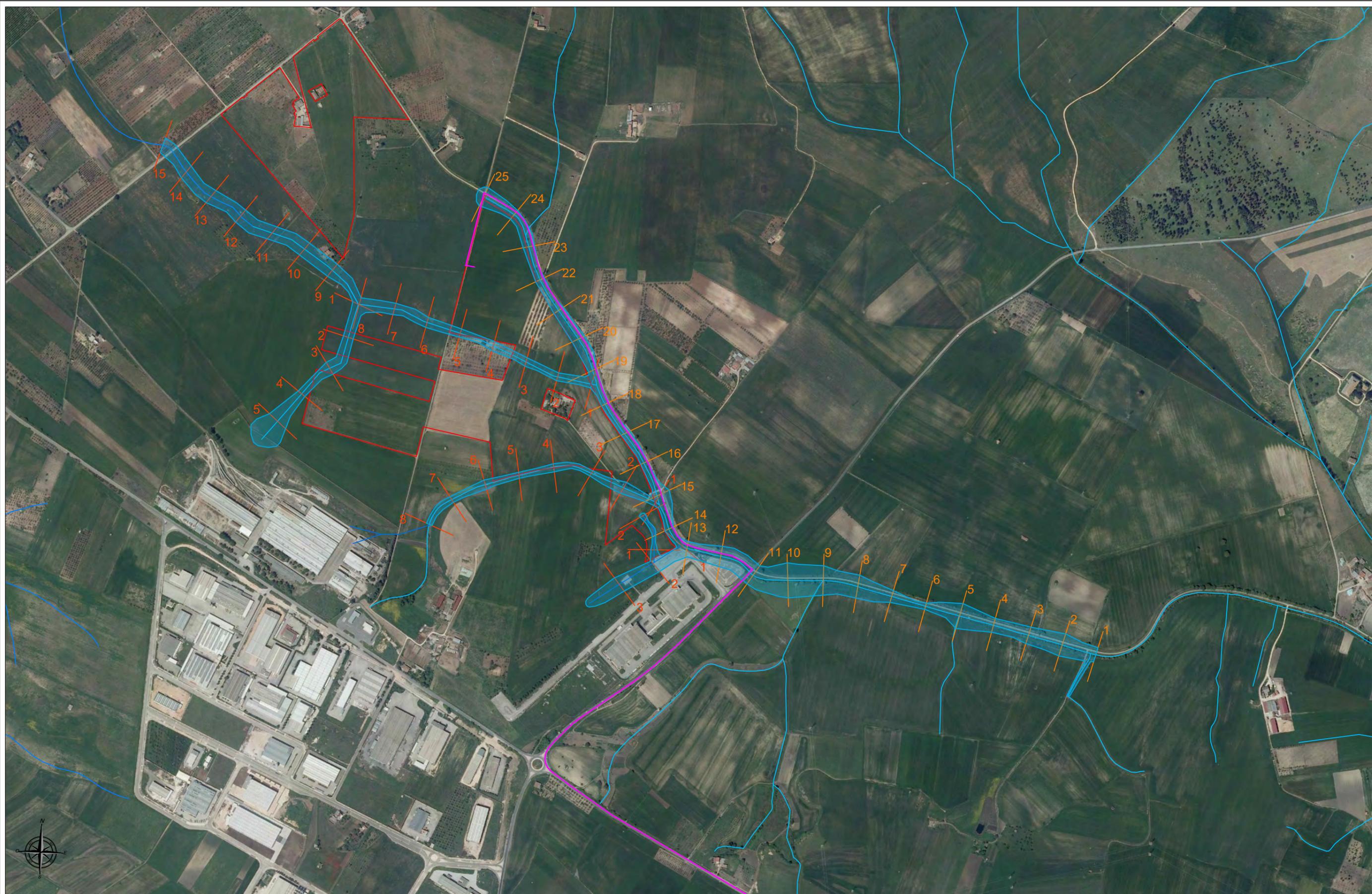
Quaderno delle sezioni



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DENOMINATO "TORNA SOLE" NEL COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE (BA)

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA IDRAULICA  
Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto  
SCALA 1:25.000

ALL 01



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DENOMINATO "TORNA SOLE" NEL COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE (BA)

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA IDRAULICA  
Individuazione Aree inondabili duecentennali su Ortofoto  
SCALA 1:10.000

ALL 02

