

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE  
DI 48.916,56 kWp  
"LOTTO 9"**

UBICATO NEL COMUNE DI LATIANO (BR)

CODICE IDENTIFICATIVO PRATICA AU REGIONALE: MU5A7M1

Titolo Elaborato:

**RELAZIONE IDRAULICA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO (MITE)

LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	CODICE IDENTIFICATIVO	DATA	SCALA
PD	R	MU5A7M1_Idraulica.pdf	DICEMBRE 2022	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	12/22	Prima emissione	Dott.ssa Silvia Ciurlia	Dott.ssa Silvia Ciurlia	Dott.ssa Silvia Ciurlia

TECNICO:

*Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia*

*Ordine dei Geologi*

*Regione Puglia, n.534*



PROPONENTE:

**ELETTRA SOL S.R.L.**

Via Mercato, 3  
20121, Milano (MI) - Italy



PROGETTAZIONE:

**NEXTA PROJECT DEVELOPMENT**

Via Dante, 7  
20123, Milano - ITALY



NEXTA PROJECT DEVELOPMENT  
NEXTA CAPITAL PARTNERS

**APULIA ENERGIA S.R.L.**

Via Sasso, 15b  
72023, Mesagne (BR) - ITALY



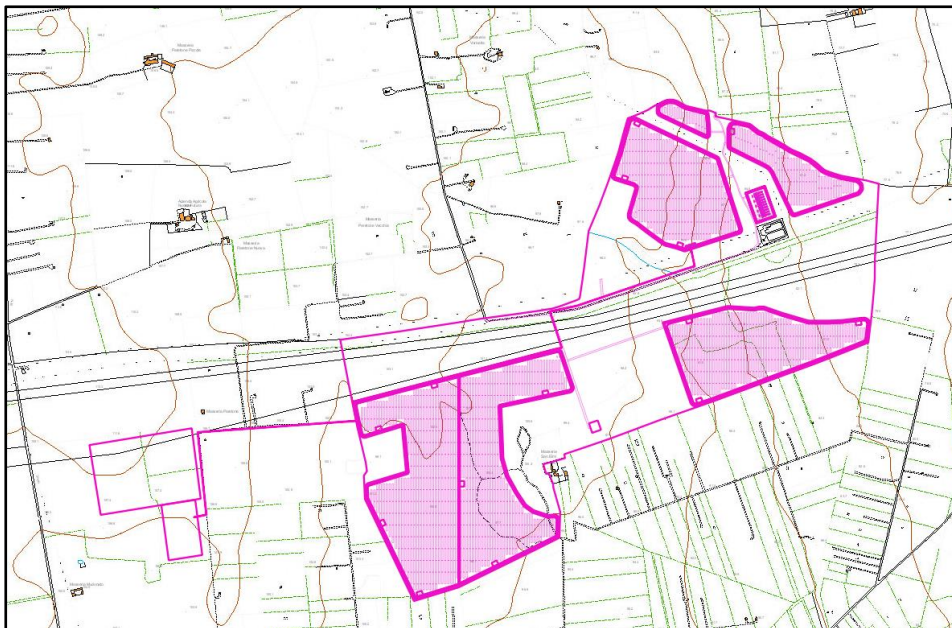
## **INDICE**

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>CONFORMITA' DEGLI INTERVENTI CON IL PAI</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA</b>	<b>13</b>
	5.1 Caratteristiche del bacino idrografico	13
	5.2 Valutazione dei tempi di corrivazione	18
	5.3 Valutazione delle portate al colmo di piena – Metodo VAPI Puglia	19
<b>6.</b>	<b>ANALISI IDRAULICA</b>	<b>21</b>
	6.1 Determinazione del profilo della corrente	21
	6.2 Il codice di calcolo HEC-RAS	21
	6.3 Geometria del corso d'acqua	25
	6.4 Portate di piena	26
	6.5 Coefficienti di scabrezza	26
	6.6 Analisi dei risultati della modellazione	26
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>28</b>

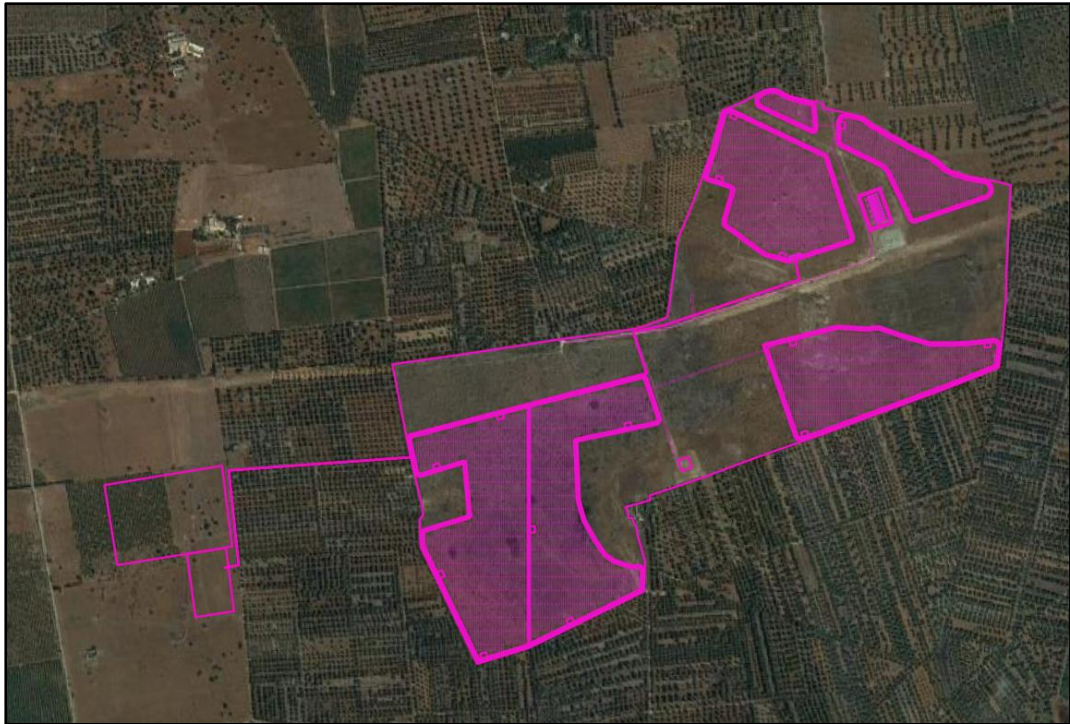
## 1. INTRODUZIONE

Con la presente la sottoscritta Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia ha redatto uno Studio Idraulico nell'ambito del Progetto Definitivo "Realizzazione di un Impianto Agrivoltaico della potenza nominale di 48916,56 kWp – Lotto 9". Il lotto di intervento è sito in agro del Comune di Latiano (BR), a circa 3,5 Km in direzione nord nord-est dal centro abitato di Latiano, al confine comunale nord-est con il Comune di San Vito dei Normanni (BR). L'area asservita al progetto presenta un'estensione complessiva di Ha 123.96.90 (aree contrattualizzata) ed è costituita da un unico corpo, così come evidenziato nelle Fig.1 e Fig.2. L'area di pertinenza al progetto (contrattualizzata) nel suo complesso è facilmente raggiungibile grazie alla presenza della SP 46 che collega il centro abitato di Latiano (BR) a quello di San Vito dei Normanni (BR), e la SS 16 che collega il centro abitato di Mesagne (BR) al centro abitato di San Vito dei Normanni (BR). Il campo fotovoltaico è facilmente accessibile grazie anche alla presenza di una buona viabilità comunale.

L'area è identificata al catasto terreni del comune di Latiano (BR) al foglio 10 p.lle 1-5-6-18-19-20-21-22-23-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-37-38 e 254; Fg. 15 p.lle 1 e 169. La superficie di interesse, sita geograficamente nella penisola salentina, è costituita da un unico corpo irregolare di complessivi Ha 123.96.90, identificato toponomasticamente sull'IGM e CTR come Masseria S. Elmi. Nel complesso è delimitata ad ovest da superficie agricola afferente a Masseria Paretone in adiacenza con SP 46, a sud con superfici olivetate afferenti a Masseria Rocconuzzo, ad est con Masseria Paradiso in adiacenza con la SS 16 e a nord con Masseria Paretone Vecchia e Masseria Paretone Nuova.



**FIG 1 - Localizzazione delle opere progettuali su cartografia CTR**



**FIG 2** - Localizzazione delle opere progettuali su immagine satellitare 2021

Per le informazioni di dettaglio si rimanda ai documenti progettuali.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'assetto geologico e strutturale ad ampia scala è rappresentato da potenti successioni carbonatiche di origine marina costituite da strati e banchi di calcari e dolomie del Cretaceo. Tali successioni, che rappresentano i depositi più antichi dell'area, comprendono (secondo la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (foglio 203 "Brindisi") le Dolomie di Galatina e l'unità dei Calcari di Melissano. Per le analogie nei caratteri di litofacies e in accordo con la bibliografia geologica più recente (sensu Ricchetti 1988) quest'ultima formazione verrà indicata nel presente studio con il termine Calcari di Altamura.

Ai depositi cretacei si addossano lungo le scarpate, o si sovrappongono, in trasgressione, sedimenti miocenici terrigeni, tra loro parzialmente eteropici, costituiti dalla cosiddetta "Pietra leccese" e dalle Calcareniti di Andrano. Notevole diffusione hanno anche sedimenti pliocenici e pleistocenici, sia in facies costiera che continentale, rappresentati principalmente dalle Sabbie di Uggiano e dalle Calcareniti di Gravina (sensu Ricchetti 1988) (o Calcareniti del Salento (sensu CGI 1968)), anch'essi trasgressivi sui depositi più antichi. I depositi continentali olocenici sono in genere rappresentati da lembi poco estesi e potenti (sabbie, depositi eluviali e di "terra rossa"), crescenti in spessore e ampiezza procedendo verso la fascia costiera.

Il quadro geologico attuale è il risultato degli eventi tettonici che si sono succeduti a partire dal Cretaceo e che a più riprese hanno interessato l'intera Penisola Salentina. Il basamento carbonatico della penisola salentina, che come già detto in precedenza, è costituito dai Calcari di Altamura, rappresenta il settore della piattaforma apula che ha subito la maggiore attività tettonica. La penisola salentina ha subito una tettonica distensiva dando origine ad un sistema di faglie all'interno del basamento, e generando un sistema strutturale di dorsali e depressioni tettoniche tipo horst e graben di varia grandezza ed estensione. Tali strutture hanno un andamento prevalentemente orientato in direzione Nord Ovest – Sud Est, e morfologicamente corrispondono, rispettivamente, alle attuali “serre salentine” e alle depressioni che le separano.

Nel Miocene, i movimenti tettonici hanno riportato in condizioni di sommersione le terre emerse, favorendo la sedimentazione di estesi corpi calcarenitici. Le fasi tardo mioceniche e plioceniche hanno riattivato le faglie cretacee interessando anche i terreni del Miocene. Nel corso di questi due ultimi periodi e del Pleistocene inferiore, ripetuti fenomeni di subsidenza e innalzamento hanno portato più volte ampie zone del Salento al di sotto e al di sopra del livello marino, determinando, rispettivamente, la deposizione di materiali terrigeni e l'erosione delle coperture più recenti.

Nel Pleistocene medio una nuova fase tettonica ha conferito alla regione una configurazione simile all'attuale, mentre i fenomeni di ingressione e regressione marina conseguenti alle fasi glaciali (in particolare del Riss e del Wurm) hanno determinato il deposito dei sedimenti costieri in aree marginali.

Dal punto di vista litostratigrafico l'area del Comune di Latiano e dei comuni limitrofi risulta costituita, dal basso verso l'alto, dai seguenti litotipi:

#### Depositi marini

- Calcari di Altamura (Turoniano sup. –Maastrichtiano)
- Calcarenite di Gravina (Pliocen sup.- Pleistocene inf.)
- Argille Subappennine (Pleistocene inf.)
- Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med.-sup.)

#### Depositi continentali

- Coltre eluvio-colluviale (Olocene)

#### Calcari di Altamura

La formazione dei Calcari di Altamura è costituita prevalentemente da calcari bioclastici di colore chiaro, talora biancastro, compatti e a frattura irregolare. Associati ad essi si rinvencono calcari più scuri, calcari

chiari subcristallini a frattura concoide e calcari detritici o leggermente marnosi. A tali litotipi si intercalano in modo irregolare calcari dolomitici color nocciola e subcristallini, con subordinate dolomie calcaree. Tali intercalazioni sono particolarmente evidenti nella zona a Nord del centro urbano di Nardò. Dal punto di vista petrografico, i calcari in oggetto sono costituiti prevalentemente da micriti più o meno fossilifere, talora dolomitizzate, e da subordinate biomicriti.

Il contenuto macropaleontologico è scarso; sono presenti gusci e frammenti di rudiste, in particolare *Apriscardia carantonensis* (D'ORB.), e rari *Cerithium*, *Pecten*, *Cardium*. Il contenuto di carbonato di calcio subisce in genere deboli oscillazioni e può arrivare al 98-99% nei calcari, nelle dolomie calcaree invece scende fino al 60%. La stratificazione è sempre evidente, ad eccezione dei casi in cui sia presente uno sviluppato carsismo superficiale. Gli strati presentano una potenza variabile da circa 15-20 cm all'ordine del metro. Talora si nota una evidente laminazione parallela, come, ad esempio, in alcuni affioramenti della Serra di Nardò. L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma carbonatica interessata da limitate ed episodiche emersioni. Il limite inferiore non è affiorante; il limite superiore è inconforme e discordante con le formazioni più recenti. Affiora nell'area di intervento (Fig.3A e 3B).

#### *Calcareniti di Gravina*

Depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale. La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretaci. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvencono in spessori molto esigui. Al contatto con i calcari spesso si trovano abbondanti affioramenti di materiali residuali rossastri (terre rosse) testimoni di una lunga fase di emersione che ha preceduto la trasgressione marina quaternaria.

#### *Argille Subappenniniche*

Argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre con sparsi, nella parte alta, ciottoli di natura calcarea o calcarenitica. Questi depositi poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, direttamente sui depositi mesozoici del Calcarea di Altamura.

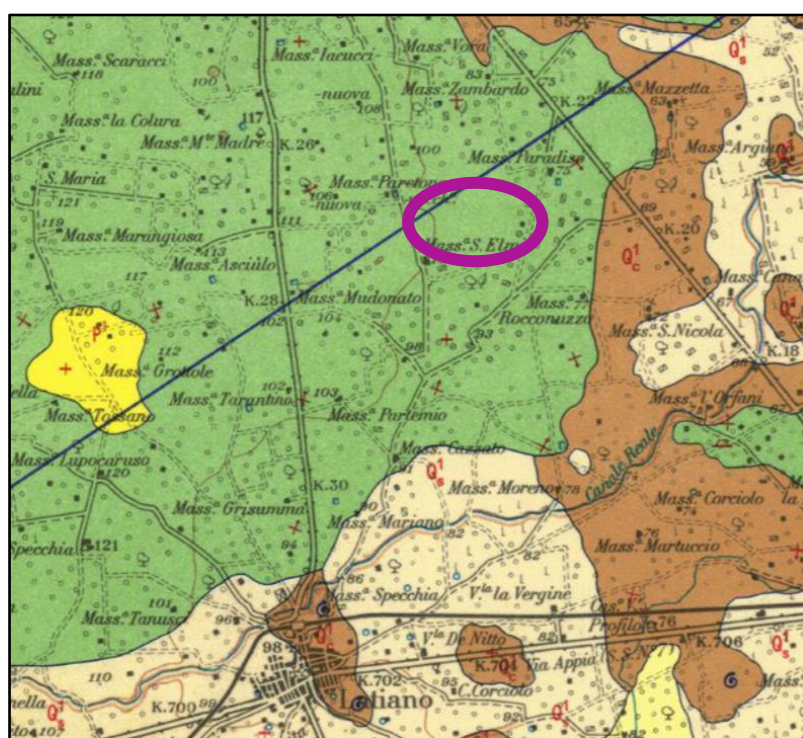
Questi depositi non affiorano e si trovano in estese aree nel sottosuolo. Dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi eseguiti nell'area confermano la presenza al di sotto dei Depositi Marini Terrazzati. Le Argille subappenniniche rappresentano il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale della Piana di Brindisi. Da studi realizzati si è stimato che nell'area del Comune di Latiano lo spessore di questa formazione può arrivare a 10 m.

### Depositi marini terrazzati

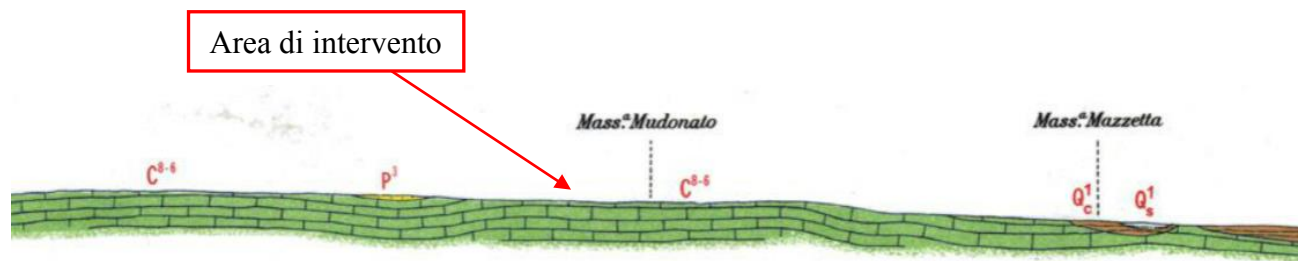
I Depositi marini terrazzati sono costituiti essenzialmente da alternanze di sabbie quarzose giallastre e calcareniti organogene localmente a carattere litoide con a tratti intercalazioni di strati conglomeratici. Giacciono lungo superfici di abrasione marina individuate nei depositi argillosi e calcarenitici del ciclo della Fossa Bradanica e nei calcari mesozoici. In questa unità ha sede l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

### Coltre Eluvio-Colluviale

La coltre eluvio-colluviale è caratterizzata dalla presenza di terre rosse argillose, depositi alluvionali e palustri, sabbioso terrosi e subordinatamente ciottolosi di età via via più recente in relazione alla diminuzione di quota. Nei depositi più antichi sono frequenti resti scheletrici di mammalofaune (*Elephas* sp., *Rinocertus* sp., *Equus* sp., *Bos* sp.). Lo spessore è variabile da qualche metro fino ad una decina di metri.



**FIG 3A** – Stralcio della Carta Geologica alla scala 1:100000, foglio 203 “Brindisi”. In colore fucsia la localizzazione dell'intervento



**FIG 3B** – Sezione stratigrafica, foglio 203 “Brindisi”

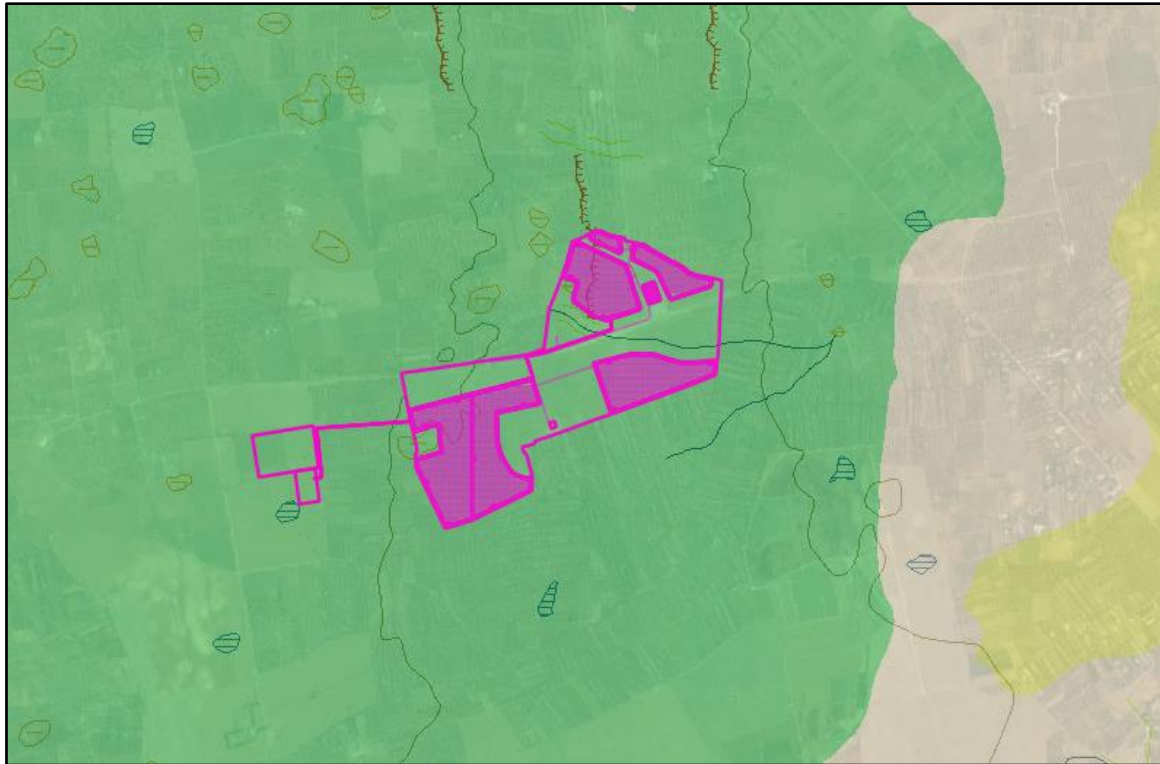
### 3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Latiano è ubicato nella parte sud -orientale dell'altopiano murgiano e si estende nell'area al limite tra la porzione nord - occidentale delle Murge Tarantine e quella sudorientale delle Murge Baresi. La morfologia di questo settore pugliese è caratterizzata dalla presenza di dorsali, alture ed altipiani, che raramente si elevano a più di poche decine di metri sulle aree circostanti e che prendono il nome di "Serre". Questa fisiografia è controllata dalle caratteristiche tettoniche e strutturali dei terreni affioranti. In particolare le zone rilevate coincidono con alti strutturali di origine disgiuntiva (horst) e plicativa (pieghe anticlinali), delimitati da scarpate morfologiche impostate sui piani di faglia o sui fianchi delle anticlinali, ed il cui andamento principale è in direzione NW- SE. I terreni più giovani, datati al Pleistocene ed all'Olocene, sono di natura alluvionale e di spiaggia, riferibili a numerose unità litostratigrafiche ; esse occupano le aree più depresse (piana di Brindisi) o poggiano sulle superfici di scarpata morfologica, raccordandosi ad esse e seguendone l'andamento e l'immersione

Il Canale Reale, poco a Nord del centro abitato di Latiano, costituisce l'unico esempio di idrografia organizzata a regime perenne nel territorio comunale e in quello dei Comuni vicini. Le incisioni fluvio - carsiche minori hanno orientazioni variabili NNO - SSE e Ovest - Est e spesso recapitano le acque in aree cieche o in doline.

Di seguito si riporta uno stralcio della "Carta Idrogeomorfologica " della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (AdB), oggi "Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'appennino meridionale – Sede Puglia" (Fig.4A). Nell'area oggetto di intervento, sita sulla "serra" a nord dell'abitato di Latiano, nelle vicinanze di Masseria S. Elmi, gli elementi geomorfologici di rilievo sono rappresentati dalla presenza di un reticolo fluviale secondario che interessa la parte nord-est del sito, da doline di piccole e medie dimensioni site a nord-ovest e sud-ovest dell'area di interesse, da un ciglio di scarpata identificato in una zona con pendenze inferiori al 15%.



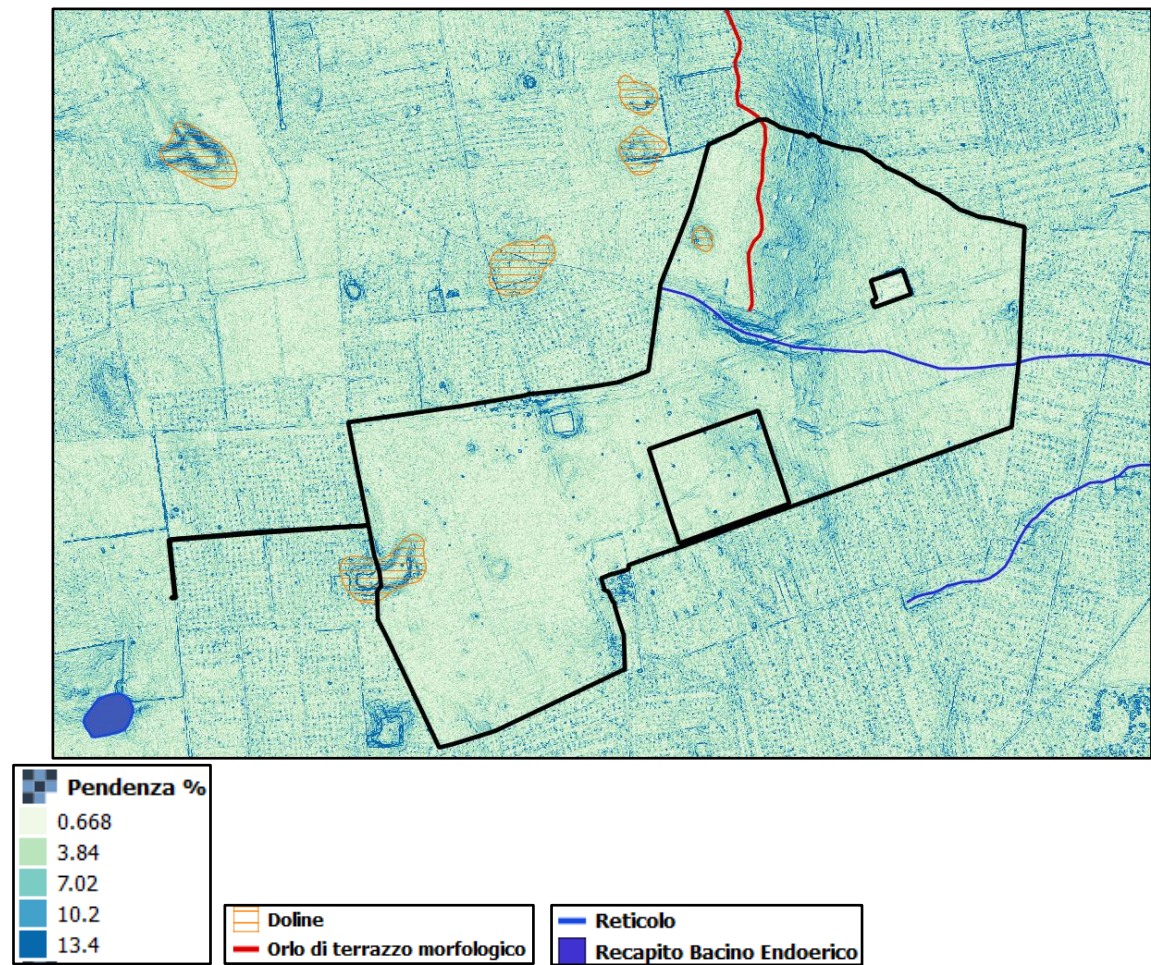


**FIG 4A** – Stralcio Carta Idrogeomorfologica Regione Puglia

Dall'analisi delle quote mediante profili altimetrici e carta delle pendenze estrapolati da un modello digitale del terreno (DTM) ad altissima risoluzione "Lidar", ottenuto dall'archivio Ispra – Portale Cartografico Nazionale (PCN) ed elaborato con software GIS, è stato possibile constatare che nell'area di intervento:

- l'andamento topografico del terreno mostra una variazione di quote che tendono a diminuire da ovest verso est e da nord verso sud con un massimo di circa 105 m s.l.m. e un minimo di circa 73m s.l.m.;

- le pendenze hanno valori inferiori al 15% e quindi anche al 20% (Fig.4B).



**FIG 4B** – Elementi della Carta Idrogeomorfologica Regione Puglia su carta delle pendenze, attinenti le zone di progetto

Di seguito una ricostruzione 3D dell'area esaminata, che comprende quella di interesse, con la sovrapposizione dell'ortofoto 2016 (per visualizzare al meglio i risultati ottenuti al modello implementato è stato applicato un fattore di esagerazione verticale (Fig.5A e Fig.5B).



**FIG 5A** – Ricostruzione 3D con sovrapposizione dell'ortofoto 2016



**FIG 5B** – Ricostruzione 3D con sovrapposizione dell'ortofoto 2016 – particolare da cui si evince l'esagerazione verticale applicata al modello

#### **4. CONFORMITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PAI (PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)**

La Regione Puglia, nella veste dell'Autorità di Bacino (AdB) ha redatto il PAI (Piano di Bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), con Delibera n. 25 del 15 Dicembre 2004 e approvato in via definitiva con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia n. 39 del 30 novembre 2005. Il PAI, costituendo ai sensi dell'articolo 17, comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989 n. 183, il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico e operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Il PAI è composto dalla Relazione Generale, dalle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) e dagli elaborati grafici. Le NTA del PAI sono organizzate secondo il relativo campo di applicazione, di seguito esposto: Assetto Idraulico; Assetto Geomorfologico; Programmazione ed Attuazione delle Azioni del PAI; Procedure di Formazione, Revisione, Verifica e Aggiornamento del PAI; Disposizioni Generali Finali.

Con il PAI entrano in vigore le norme di salvaguardia per il territorio pugliese mirate "al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e di stabilità geomorfologia necessarie a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso" (art. 1, Titolo I).

Il PAI ha classificato le zone del territorio regionale in base a: *Pericolosità idraulica*, *Pericolosità geomorfologia*, e *Rischio*. Le aree a *Pericolosità idraulica* sono così classificate: AP aree ad alta probabilità di inondazione, MP aree a media probabilità di inondazione, e BP aree a bassa probabilità di inondazione. Le aree a *Pericolosità geomorfologica* sono così classificate: aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3), aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2), aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1).

Sono definite quattro classi di *Rischio*: moderato R1, per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali; medio R2, per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche; elevato R3, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale; molto elevato R4, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socio-economiche.

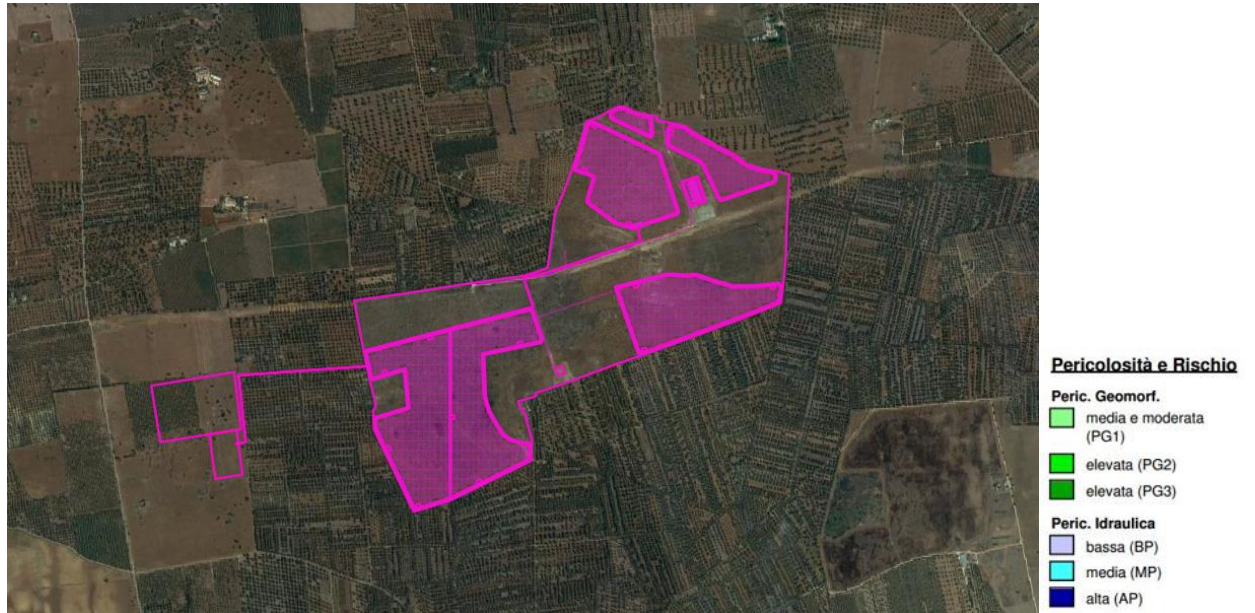
La zona di progetto non è interessata ad oggi da perimetrazione di aree soggette a pericolosità o rischio idraulico o geomorfologico (Fig. 6).

La carta idrogeomorfologica regionale individua la presenza di un ramo del reticolo idrografico locale che attraversa l'area oggetto di analisi (Fig.7). L'art.6, comma 8 delle NTA del PAI individua l'area golenale che, qualora non arealmente individuata nella cartografia e nel caso in cui le condizioni morfologiche non ne consentano la precisa determinazione, inglobano la porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m (Fig.8).

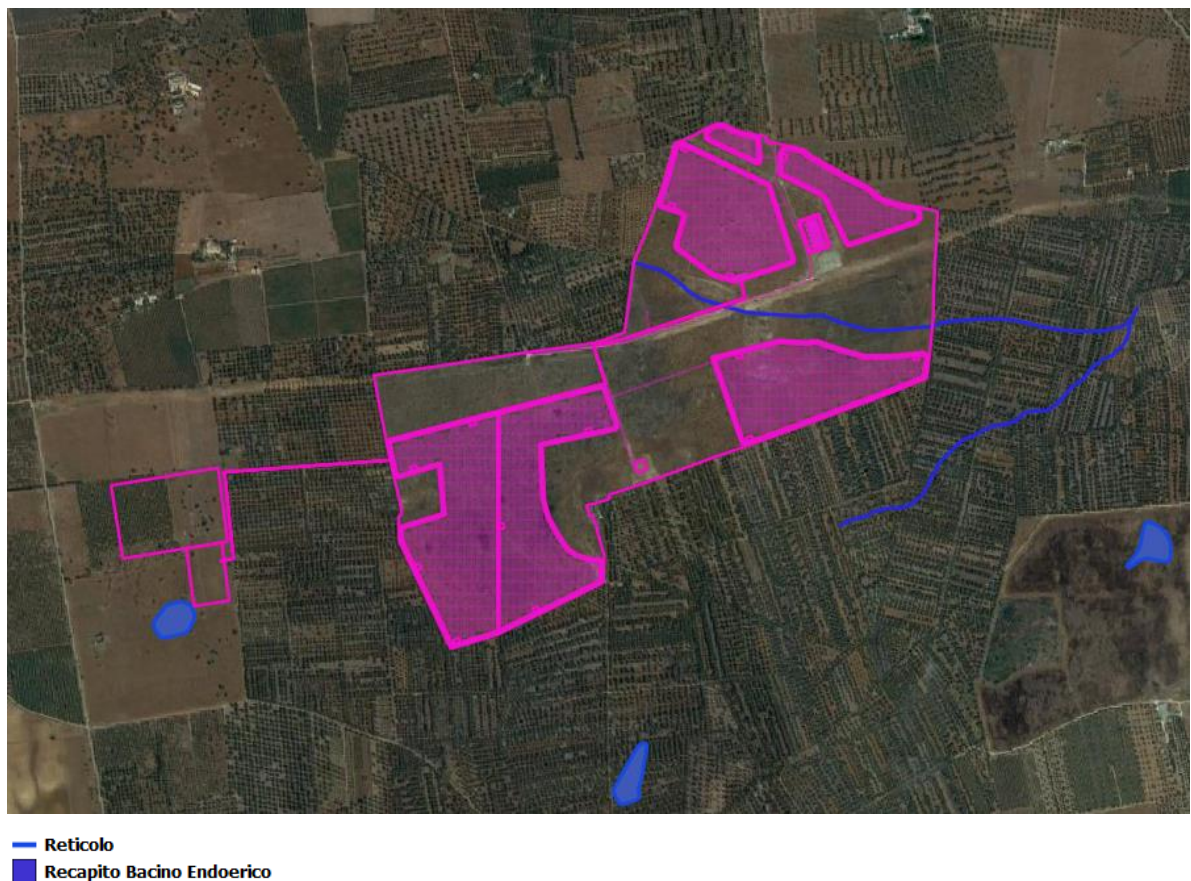
La fascia di pertinenza fluviale (Fig. 8) è soggetta alle prescrizioni dell'art. 10 delle NTA del PAI:

- Comma 2: all'interno delle fasce di pertinenza fluviale sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, a condizione che venga preventivamente verificata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell'Autorità di Bacino.

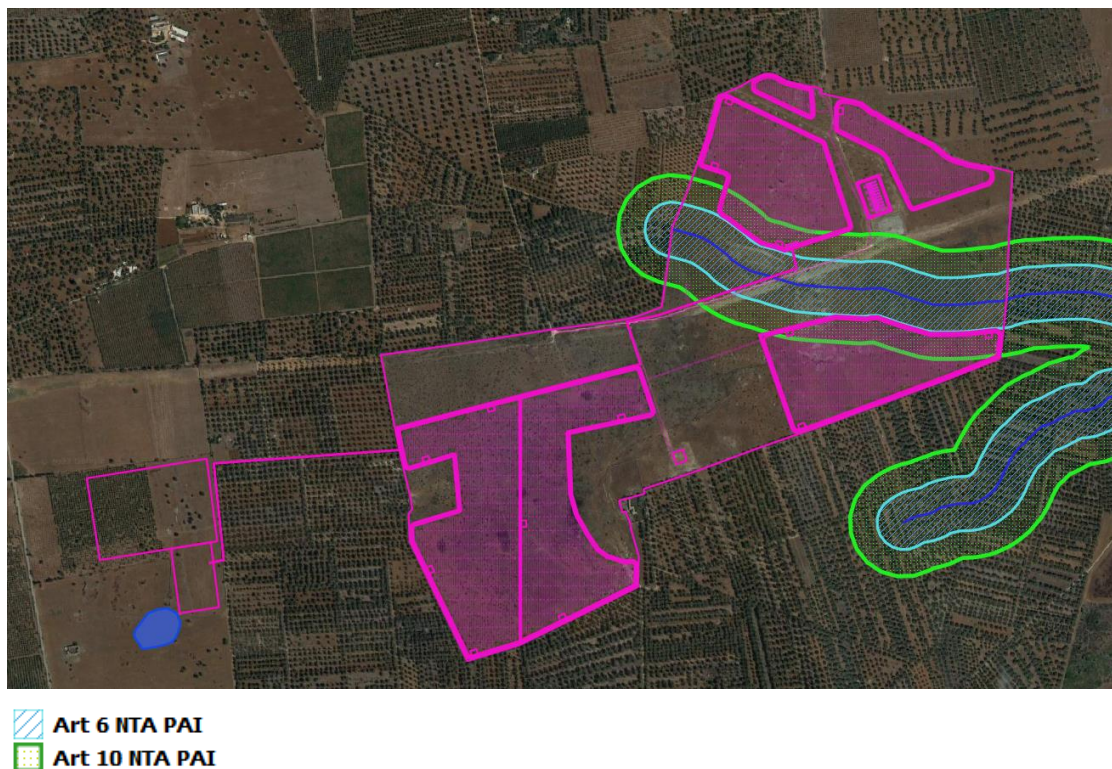
- Comma 3: quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.



**FIG 6 - Stralcio PAI AdB**



**FIG 7 – Reticolo idrografico locale all'interno e in prossimità del lotto di impianto.**



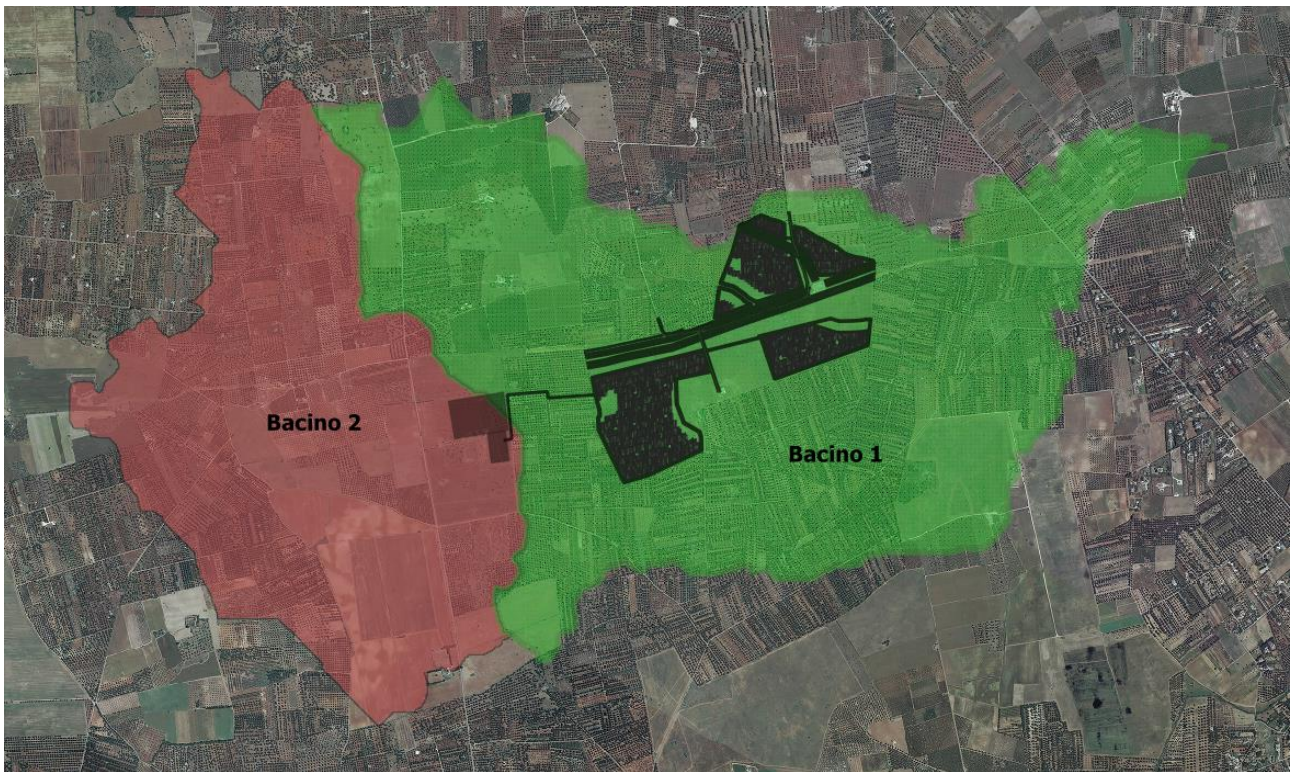
**FIG.8** – Art.6 e Art.10 delle NTA del PAI all'interno e in prossimità del lotto di intervento di impianto

## 5. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata effettuata per la determinazione delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, corrispondenti all'alta (AP), media (MP), e bassa (BP) pericolosità idraulica, ai sensi del PAI. Le portate al colmo sono state calcolate sulla base del metodo VAPI Puglia, come consigliato dalla "Relazione di Piano" del PAI.

### 5.1 Caratteristiche del bacino idrografico

Poiché l'obiettivo dell'analisi idrologica consiste nel valutare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di riferimento, sono stati individuati i bacini idrografici comprendenti l'area di intervento (Fig. 9).



**FIG 9** – Bacino idrografico (colore verde) comprendente l'area di progetto (colore nero)

Con l'obiettivo di estrarre i dati morfologici e altimetrici del bacino idrografico afferente l'area di interesse, è stato implementato un progetto GIS nel quale sono stati inseriti i dati cartografici presenti nella zona e, in particolare,

- cartografia aerofotogrammetrica ufficiale (CTR/2008), alla scala 1:5000;
- modello digitale del terreno (DTM) ricavato dai dati della CTR regionale e dai dati Lidar;
- cartografia relativa all'uso del suolo, geologia e litologia;
- rilievi in situ.

Il bacino idrografico è la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, confluiscono nella sezione d'interesse chiamata sezione di chiusura. La linea che delimita un bacino idrografico è una linea sempre ortogonale alle curve di livello e passante per i punti singoli di displuvio. Tale linea è costituita dalla congiungente i punti di massima curvatura delle curve di livello in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote decrescenti.

L'identificazione del bacino è stata eseguita dopo aver individuato la rete idrografica, costituita dalle linee di impluvio (o compluvio) secondo le quali defluiscono naturalmente le acque che si raccolgono nel bacino stesso. La rete dei canali è costituita da linee di massima pendenza ortogonali alle curve di

livello e passanti per i punti di massima curvatura di esse in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote crescenti.

I dati di "elevazione del terreno" sono stati elaborati in ambiente GIS mediante l'applicazione degli algoritmi "FillSinks, Catchment Area, Channel Network, WatershedBasins, VectorizeRasterLayer"; i risultati ottenuti sono stati poi rettificati mediante l'utilizzo della fotointerpretazione da ortofoto e confrontati con i rilievi effettuati in campo.

Le caratteristiche fisiografiche del bacino idrografico sono state ricavate mediante l'applicazione di strumenti analitici in ambiente GIS.

Superficie Bacino: è stata calcolata dal menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Quote minima, media e massima del bacino: sono state individuate consultando le proprietà relative alla matrice ottenuta ritagliando il DEM utilizzando come maschera di selezione l'estensione del bacino in formato raster.

Lunghezza dell'asta fluviale principale: è stata ottenuta tramite l'applicazione "Lenght" disponibile nel menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Pendenza media dell'asta fluviale: è stata valutata come media delle pendenze dei singoli tratti componenti l'asta principale; queste ultime, ricavate tramite le quote corrispondenti ad ogni nodo, sono state valutate come rapporto tra la variazione di quota tra le estremità di ciascun tratto e la lunghezza dello stesso.

Quota della sezione di chiusura: è stata valutata semplicemente tramite interrogazione diretta del DEM in corrispondenza della sezione di chiusura prefissata.

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche del solo bacino 1, utilizzate per fare l'analisi idrologica e idraulica nell'area di progetto.

<b>CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE</b>	
<i>Superficie Bacino in Km<sup>2</sup> (<math>S_b</math>)</i>	8,89
<i>Quota massima bacino in m s.l.m. (<math>q_{max}</math>)</i>	117,86
<i>Quota media bacino in m s.l.m. (<math>q_{med}</math>)</i>	91
<i>Quota minima bacino in m s.l.m. (<math>q_{med}</math>)</i>	59,57
<i>Lunghezza asta principale in Km (<math>L</math>)</i>	4,93
<i>Pendenza dell'asta principale in % (<math>i_a</math>)</i>	1,10
<i>Quota sezione di chiusura in m s.l.m. (<math>q_0</math>)</i>	60,03



<i>Perimetro del bacino idrografico (m)</i>	23.35
<i>“Curve Number” del metodo SCS (Soil Conservation Service) (CN)</i>	71
<i>Coefficiente di deflusso (C)</i>	0.30

## **Il Curve Number**

Per la definizione del Curve Number (CN) è stato utilizzato il metodo SCS-CN del Soil Conservation Service. Il CN è un numero adimensionale, i cui valori sono compresi tra 100 e 0, che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. Il CN viene di prassi stimato sulla base di tabelle funzioni della permeabilità e degli usi del suolo ed effettuando delle valutazioni medio ponderate sui bacini idrografici oggetto di indagine.

Per il calcolo del CN nell'ambito del presente studio si è fatto riferimento alla metodologia adottata nello “Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese – Arco Jonico” redatto dall'AdB Puglia. Con l'impiego di tecniche GIS viene calcolato il valore del CN sulla base dei seguenti strati informativi:

- Carta geo-litologica della Puglia 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009)
- Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia aggiornata al 2011 e a IV livello della Corine Land Cover.

Le quattro classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN sono state attribuite alle unità geolitologiche dell'area, così come descritte nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009), pubblicata sul portale internet della stessa Autorità ([www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it)). Il livello di permeabilità è stato associato a ciascuna unità valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, fatturazione, carsismo e pendenza.

Di seguito la descrizione delle 4 classi di permeabilità:

- 1) **A: permeabilità alta**, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata capacità di infiltrazione anche se completamente saturi, sabbie e ghiaie profonde ben drenate; notevole conducibilità idrica.
- 2) **B: permeabilità medio-alta**, suoli con moderata capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica media.

3) **C**: permeabilità medio-bassa, suoli con bassa capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica bassa.

4) **D**: permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con capacità di infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argilla rigonfianti, conducibilità idrica estremamente bassa.

<b>UNITA' GEOLITOLOGICA</b>	<b>% bacino A</b>	<b>Classe permeabilità</b>
Unità prevalentemente calcarea o dolomitica	94,62	A
Unità a prevalente componente arenitica	5,38	B

Per la definizione del CN sono state anche associate alle diverse tipologie di uso del suolo le classi di permeabilità

<b>CATEGORIA DI USO DEL SUOLO</b>	<b>% bacino A</b>	<b>Classi permeabilità</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>
Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	13,02	68	79
Cespuglieti e arbusteti	0,54	62	71
Colture temporanee associate a colture permanenti	1,10	62	71
Frutteti e frutti minori	1,06	62	71
Insedimenti produttivi agricoli	0,13	68	79
Reti stradali e spazi accessori	0,14	98	98
Seminativi semplici in aree non irrigue	18,09	72	81
Uliveti	64,46	62	71
Vigneti	1,46	62	71

### **Il Coefficiente di deflusso**

Per tutti i bacini analizzati è stato definito il coefficiente di deflusso (Cd) in funzione della permeabilità dei litotipi affioranti, delle caratteristiche morfologiche dei terreni e dell'uso del suolo.

Nella tabella successiva la correlazione tra i codici dell'uso del suolo e i valori del coefficiente di deflusso (Cd):

<b>Codice Uso del Suolo</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Cd(-)</b>
111	Tessuto urbano continuo	0.90
112	Tessuto urbano discontinuo	0.80
121	Aree industriali e commerciali	0.80
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	0.80
124	Aeroporti	0.80
131	Aree ad attività estrattiva	0.60
133	Cantieri	0.40
141	Aree verdi urbane	0.30
142	Aree ricreative	0.50
211	Seminativi in aree non irrigue	0.35
212	Seminativi in aree irrigue	0.40
213	Risaie	0.35
221	Vigneti	0.50
222	Frutteti e frutti minori	0.45
223	Oliveti	0.45
231	Prati stabili	0.30
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0.35
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	0.35
311	Boschi di latifoglie	0.25
312	Boschi di conifere	0.25
313	Boschi misti	0.25
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	0.40
322	Brughiere e cespugliete	0.45
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.45
331	Spiagge, dune, sabbie	0.10
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0.65
333	Aree con vegetazione rada	0.50
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.80
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	1.00
512	Bacini d'acqua	0.80

## 5.2 Valutazione dei Tempi di Corrivazione

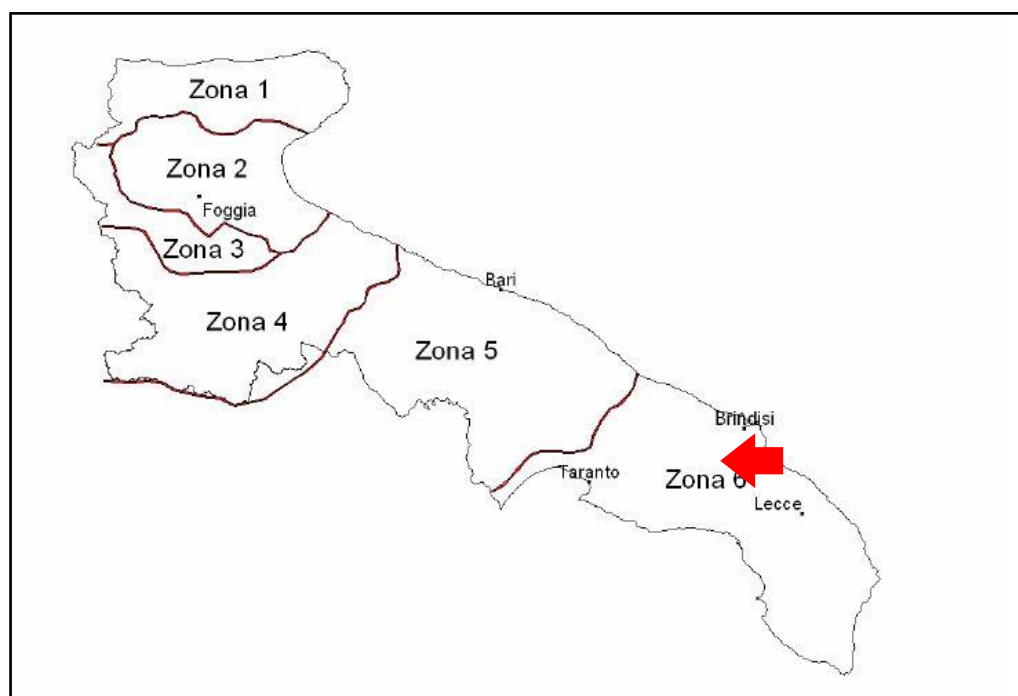
Il tempo di corrivazione di un bacino idrografico ( $T_c$ ) rappresenta il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino a partire dal punto idraulicamente più lontano da essa. Il tempo di corrivazione è comunemente espresso attraverso relazioni che contengono i

parametri morfometrici del bacino. Data la modesta estensione dei bacini idrografici considerati, il parametro è stato calcolato come media delle espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini.

TEMPO DI CORRIVAZIONE ( $T_c$ ) IN ORE	BACINO IDROGRAFICO
Kirpich	0.87
Viparelli	0.91
Pezzoli	2.38
Pasini	2.36
<b>MEDIA</b>	<b>1.63</b>

### 5.3 Valutazione delle portate al colmo di piena – Metodo VAPI Puglia

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centromeridionale". Per la stima delle portate al colmo di piena si è fatto riferimento al rapporto VAPI relativo alla Regione Puglia, come suggerito dalle Norme di Attuazione del "Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI)" redatto dall'Autorità Interregionale di Bacino della Puglia. Secondo tale rapporto il territorio di competenza dell'ADB della Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee; la porzione di territorio oggetto di intervento ricade nella zona 6 (Fig. 10).



**FIG 10** - Aree pluviometriche omogenee nella Regione Puglia

Il metodo suddetto prevede il calcolo delle altezze critiche di precipitazione utilizzando la seguente espressione (valida all'interno della "zona 6"):

$$X(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]} = a' t^n$$

dove:

"z" (m.s.l.m.): quota caratteristica del bacino;

"t" (h): tempo di corrivazione del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato in seguito l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(T)$$

Nella seguente tabella il calcolo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica e le altezze di precipitazione critica "h" per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni per il bacino idrografico di riferimento.

<b>Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 6) per il bacino idrografico considerato</b>					
<b>K30 (-)</b>	<b>K200 (-)</b>	<b>K500 (-)</b>	<b>h30 (mm)</b>	<b>h200 (mm)</b>	<b>h500 (mm)</b>
1,92	2,90	3,37	71,92	108,63	126,24

Le portate di piena sono state calcolate utilizzando il Metodo Razionale o formula di Turazza:

$$Q = (K S c i)/3.6 = (K S c a t^{n-1})/3.6 = (K S c K_T a' t^{n-1})/3.6$$

dove:

"K" (-) = fattore di riduzione areale

"S" (km<sup>2</sup>) = superficie del Bacino

"i" (mm/h) = intensità di precipitazione

"c" (-) = coefficiente di deflusso

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie "S" e del tempo di corrivazione del bacino "t":

$$K = 1 - (1 - e^{-0.0021 S}) e^{-0.53 t^{0.25}}$$

Nelle tabelle seguenti i valori del fattore di riduzione areale e i corrispondenti valori delle portate al colmo di piena per i tre tempi di ritorno di riferimento.

<b>Fattore di correzione areale (VAPI, zona 6)</b>		
<b>S (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>t (h)</b>	<b>K (-)</b>
8,89	1,63	0.548

<b>Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)</b>		
<b>Q30 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q200 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q500 (m<sup>3</sup>/s)</b>
29,19	44,10	51,25

## **6. ANALISI IDRAULICA**

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno prefissati, in questo caso di 30 e 200 anni. Tali profili sono necessari per la fase di individuazione delle aree a rischio idraulico. La verifica idraulica del canale è stata effettuata in corrispondenza delle sezioni tracciate sulla scorta dei dati cartografici a disposizione, in particolare dei dati altimetrici digitali e di un rilievo topografico effettuato in loco mediante strumentazione GPS.

### **6.1 Determinazione del profilo della corrente**

Il profilo della corrente è stato determinato ipotizzando condizioni di moto permanente e le portate sono state considerate costanti nel tempo.

Per il calcolo è stato utilizzato il codice HEC RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo US ARMY Engineering Corps, e reso disponibile attraverso internet. Nel paragrafo successivo si illustrano brevemente i contenuti del modello, rimandando ad ogni approfondimento, ai documenti presenti sul sito ufficiale ([www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)).

### **6.2 Il codice di calcolo HEC RAS**

HEC-RAS è un programma realizzato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per reticoli idrografici (indifferentemente naturali ed artificiali); il software può lavorare in regime di moto permanente o vario.

Nel caso di moto permanente il software è in grado di modellare profili sia di correnti lente sia veloci; è possibile inoltre valutare profili misti, con passaggio attraverso lo stato critico.

Il profilo idraulico è calcolato normalmente (standard stepmethod) attraverso la soluzione iterativa dell'equazione dell'energia, tra due sezioni consecutive. Le perdite relative al termine cinetico dell'equazione sono calcolate aggiungendo alle perdite continue per attrito, "J", un coefficiente di contrazione/espansione, che viene moltiplicato per la differenza delle altezze cinetiche medie tra due sezioni successive.

L'equazione che esprime la perdita di energia è la seguente:

dove:

$$h_e = LJ' + C \left( \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

L = lunghezza del tratto di alveo compreso tra le due sezioni successive, "pesata" in funzione della portata defluente all'interno della sezione trasversale su zone con differente coefficiente di attrito (basato sull'equazione di Manning);

J' = pendenza di attrito "rappresentativa" (media) delle due sezioni successive;

C = coefficiente di contrazione o di espansione

Il software è programmato per il calcolo di profili nell'ipotesi monodimensionale; fornisce quindi, per ciascuna sezione trasversale, un'unica altezza del pelo libero e un'unica altezza della linea dell'energia. L'altezza della linea dell'energia, è ottenuta dal calcolo del valore "pesato" dalla portata di ciascuna delle sottosezioni in cui si può suddividere la sezione trasversale.

Per calcolare il valore dell'energia per l'intera sezione, bisogna ricavare la parte relativa all'altezza cinetica media, passando attraverso la valutazione del coefficiente di velocità (a sua volta "pesato"):

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

In generale si ottiene per  $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$ :

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2}$$

Come menzionato in precedenza le perdite continue per attrito sono valutate come il prodotto di:

$$J'_f \times L$$

dove  $J'_f$  è la pendenza media della linee dell'energia tra due sezioni consecutive distanti tra loro  $L$  (pesate in funzione delle "portate trasversali").

La pendenza della linea dell'energia è calcolata, per ciascuna sezione, tramite l'equazione di Manning, nel modo seguente:

$$J_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2$$

dove  $K$  rappresenta il termine di "trascinamento" e quindi influenza le perdite continue; il modello contiene espressioni alternative che possono essere scelte dall'utente.

In particolare l'espressione :

$$J_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

è quella di default nel programma.

Le perdite per contrazione ed espansione, rappresentative in un certo senso delle perdite localizzate, sono calcolate in HEC-RAS tramite la seguente equazione:

$$h_{ce} = C \left[ \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right]$$

dove:

$C$  = coefficiente di contrazione o espansione.

Il programma assume che vi sia una contrazione ogni volta che l'altezza cinetica (velocity head) a valle è maggiore di quella immediatamente a monte; al contrario si assume una espansione quando l'altezza cinetica a valle è minore di quella di monte.

In definitiva l'equazione dell'energia, al fine della valutazione dell'incognita ovvero del tirante idrico nella singola sezione, viene applicata in maniera iterativa, secondo il seguente schema, assegnate che siano le condizioni al contorno:

1. viene assunta un'altezza del pelo libero nella sezione a monte di quella ritenuta nota (o a valle a seconda se siamo in corrente lenta o veloce);
2. su questo valore ipotetico, si valutano i valori di  $K$  e dell'altezza cinetica;



3. viene calcolato il termine Jf e quindi è possibile valutare he;
4. con i valori ricavati, si ricava l'altezza del pelo libero nella sezione di monte;
5. si confronta il valore appena ricavato, con quello assunto al punto 1 e si reitera il calcolo, sino ad una tolleranza di 0.003 m (valore predefinito, modificabile dall'utente).

Il criterio utilizzato per l'assunzione di un'altezza iniziale del tirante varia nell'ambito della procedura man mano che si sviluppano passaggi successivi. Nel primo passaggio, relativo ai 5 punti su menzionati, il tirante si basa sulla proiezione di quello della sezione precedente nella sezione in studio. Nel secondo passaggio, invece, è utilizzato il tirante del primo passaggio, incrementata del 70% dell'errore risultante al primo passaggio (altezza calcolata – altezza assunta). Il terzo passaggio e i successivi, sono invece basati su un metodo di proiezione “secante”, tendente a limitare la discrepanza evidenziata.

In tutte le situazioni in cui non si ha un profilo di corrente gradualmente variato, ma che prevedono risalti idraulici, passaggio attraverso lo stato critico (per bruschi cambi di pendenza, restringimenti, attraversamenti, ponti) e quindi si generano profili di corrente rapidamente variati, il programma utilizza in luogo dell'equazione dell'energia, l'equazione del momento, o dell'equilibrio dinamico.

L'equazione deriva dalla seconda legge di Newton ( $F = m \cdot a$ , ovvero Forza=massa\*accelerazione), applicata ad una massa d'acqua compresa tra due sezioni; l'espressione della differenza dei momenti nell'unità temporale tra le sezioni 1 e 2, si esprime con la seguente equazione:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$

dove:

P = spinta sulle sezioni 1 e 2

Wx = forza peso nella direzione del moto

Ff = forza dovuta alle perdite per l'attrito esterno tra 2 e 1

Q = portata

$\rho$  = densità dell'acqua

$\Delta V_x$  = cambio di velocità tra 2 e 1 nella direzione del moto.

Risolviendo le varie componenti dell'equazione base si arriva alla formulazione usata dal modello:

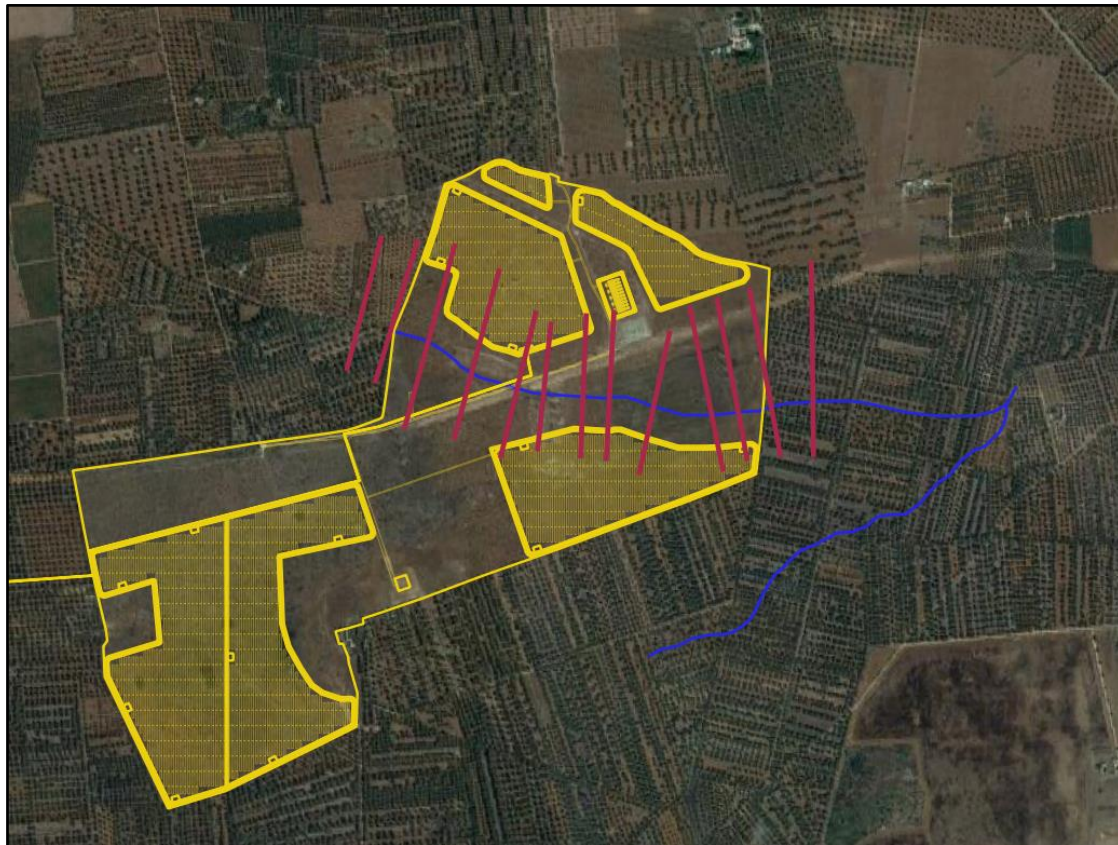
$$\frac{Q_2\beta_2}{gA_2} + A_2\bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)LS_f = \frac{Q_1\beta_1}{gA_1} + A_1\bar{Y}_1$$

Nella geometria del sistema è possibile inserire aree di accumulo e rilascio, di esondazione al di fuori del canale principale, e di deposito temporaneo o definitivo (ovvero zone in cui la componente cinetica si annulla).

I risultati ottenuti tramite il calcolo del software possono essere visualizzati graficamente e consistono in, ad esempio, andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, altezza critica, altezza di moto uniforme, quota del pelo libero, altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere pienamente il moto. Queste stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione.

### 6.3 Geometria del corso d'acqua

Per determinare la geometria del tratto di corso d'acqua di interesse, sono state estrapolate delle sezioni trasversali mediante l'utilizzo di dati Lidar e validati con rilievi effettuati sul campo. Tramite sw GIS sono state estrapolate le caratteristiche morfologiche del "river" di interesse e utilizzate nell'elaborazione idraulica. Di seguito le sezioni misurate perpendicolari al tratto di corso d'acqua nell'area di interesse (Fig. 11)



**FIG 11** – Sezioni misurate nel tratto di canale nell'area di intervento

Di seguito un esempio di sezione utilizzata dal modello (Fig.12)

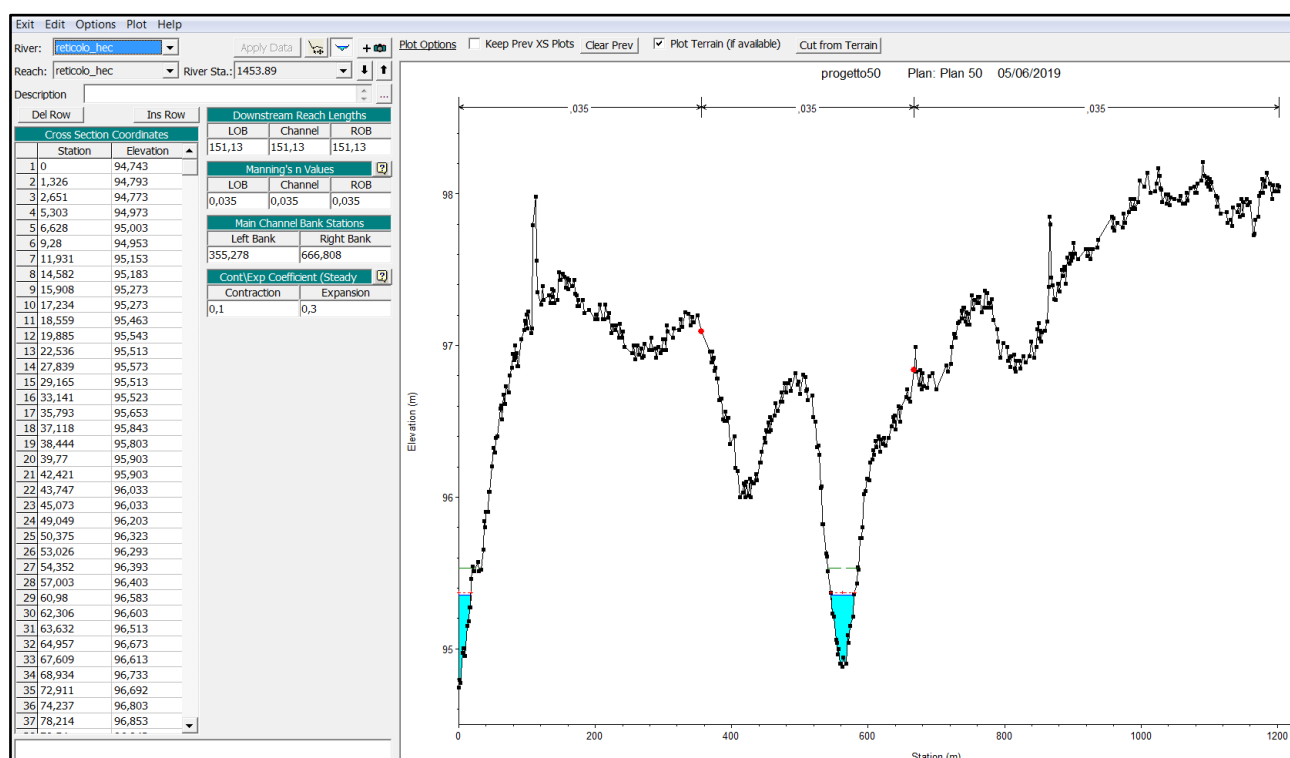


FIG 12 – Esempio di sezione utilizzata

#### 6.4 Portate di Piena

Come valori di riferimento per le portate di piena relative agli eventi con tempi di ritorno di 30 e 200 anni determinati mediante il metodo VAPI della Puglia

#### 6.5 Coefficiente di scabrezza

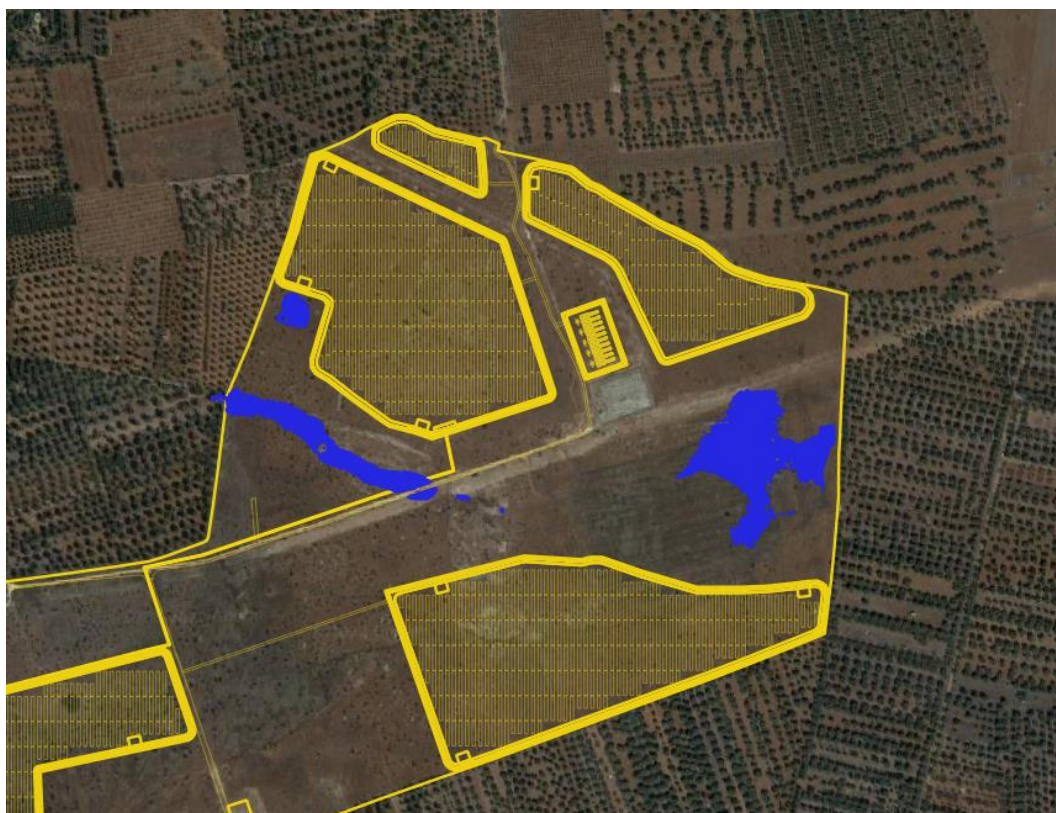
La scabrezza è uno degli elementi chiave che oppongono resistenza al moto, in questo caso dell'acqua, regolando tiranti idrici e velocità di scorrimento. Spesso si è impossibilitati ad effettuare misurazioni in campo e, per questo motivo, si ricorre a valori tratti dalla letteratura tecnica di settore. Per stimare la resistenza al flusso vengono utilizzati i valori dell'indice di Manning, in quanto è stato verificato che sono strettamente correlabili con tiranti e velocità. Alle sezioni trasversali del tratto di corso d'acqua di interesse è stato assegnato un coefficiente di scabrezza pari a  $0.030 \text{ s/m}^{1/3}$  in quanto caratterizzati da alvei irregolari con presenza di cespugli bassi e alberi.

#### 6.6 Analisi dei risultati della modellazione

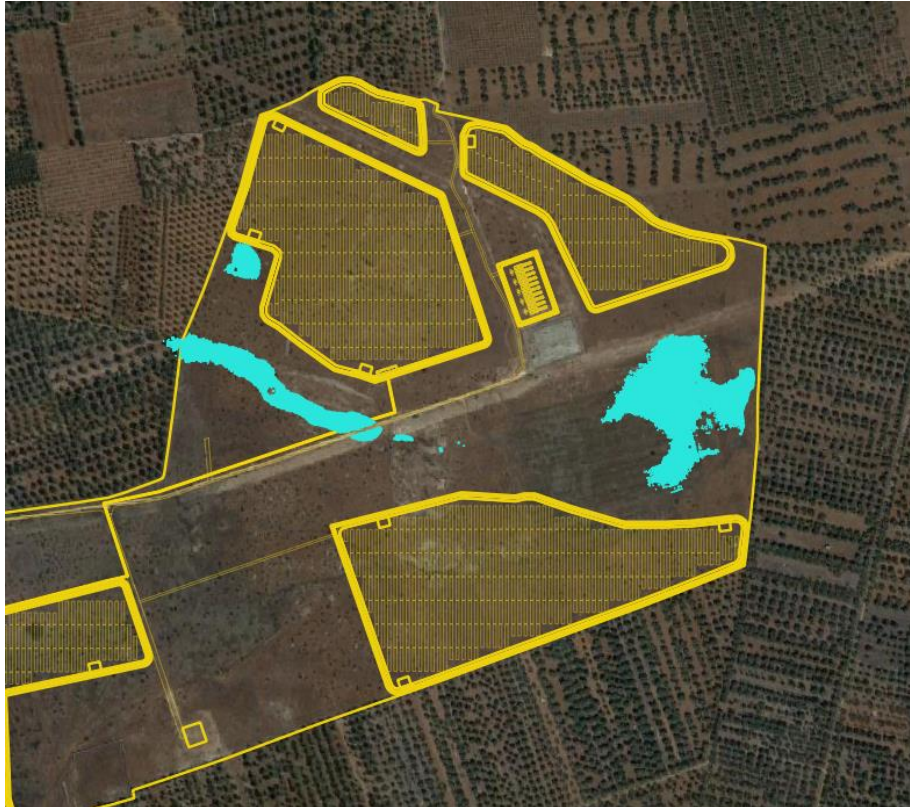
Definita la geometria dei canali per i tratti di interesse si è proceduto alla modellazione idraulica in condizioni di moto permanente. Le simulazioni sono state effettuate per condizioni al contorno di stato normale a monte e a valle; le simulazioni sono state ottenute mediante "mixed flow". Vale la pena

sottolineare che la pericolosità idraulica è connessa a due fattori idrodinamici rappresentativi dei fenomeni di piena ovvero i tiranti idrici e le velocità.

Dalla modellazione adottata le sezioni in grado di contenere completamente le piene sono più rappresentative di quelle non in grado di farlo e soprattutto sono in prossimità dell'area di interesse; queste garantiscono che i deflussi restino concentrati nella sezione e non permettono la divagazione di volumi d'acqua all'esterno della sezione stessa. Si riportano di seguito i risultati della modellazione per il tratto di corso d'acqua considerato mediante la graficizzazione della perimetrazione delle aree a pericolosità inondazione per i tre tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni sovrapposte al progetto in essere (Fig. 13, Fig.14).



**FIG 13** – Perimetrazione aree a pericolosità allagamento  $Tr=30$  anni



**FIG 14** – Perimetrazione aree a pericolosità allagamento  $T_r=200$  anni

## 7. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dall'analisi idrologica e idraulica sul tratto di corso d'acqua che intercetta l'area di interesse hanno messo in evidenza che i deflussi idrici, per i tempi di ritorno esaminati (30 e 200 anni), non interferiscono con il progetto e, in particolar modo, con le zone di posizionamento dei pannelli fotovoltaici. Le opere da farsi non costituiscono un ostacolo al deflusso dell'acqua facendo rimanere invariata la modalità di ruscellamento in fase di pre e post intervento.

Le opere in progetto sono compatibili con le NTA del Piano di Assetto Idrogeologico del PAI, in particolare gli Artt. 6 e 10; rimangono al di fuori delle fasce di pertinenza fluviali e da aree censite dal PAI a Rischi idraulico, comprese le aree della SE Terna e della SS Utente.

Gli interventi proposti non comportano incremento/mitigazione del livello di pericolosità idraulica per le aree per le aree progettuali e quelle adiacenti, in relazione alle condizioni idrogeomorfologiche del territorio prima e dopo gli interventi in oggetto.