

COMUNE DI CASTELLANETA

(Provincia di Taranto)

Realizzazione di un impianto agrovoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 38,512 MWp denominato "Santacroce" delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località S. Andrea

Proponente

PIVEXO 10 S.r.l.

PIVEXO 10 S.r.l.
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA)
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168
P.IVA 03358040735, REA TA-210859
PEC: pivexo10@pec.it

Sviluppatore

 **Greenergy**

GREENERGY SRL
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA)
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168
P.IVA 02599060734, REA TA-157230
www.greenergy.it, mail:info@greenergy.it

Elaborato STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

Data

15/05/2024

Codice Progetto

GP - 45

Nome File

GYIPX64_RelazioneIdraulica
GYIPX64_RelazioneIdrologica

Codice Elaborato

P_08_B

Revisione

00

Foglio

A4

Scala

-

00

Prima emissione

15/05/2024

Dott. Geol. Pasquale Lopresto

Dott. Geol. Pasquale Lopresto

PIVEXO 10 s.r.l

Rev.

Descrizione

Data

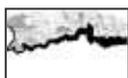
Redatto

Verificato

Approvato

INDICE

1) Premessa	2
2) Normativa di riferimento	5
3) Ubicazione dell'area in esame	8
4) Inquadramento geologico	11
5) Idrogeologia ed idrografia	13
6) Note morfologiche e statiche	16
7) Note climatiche	17
8) Compatibilità idrologica ed idraulica dell'intervento in progetto	18
9) Risultati	42
10) Conclusioni.....	47



1) Premessa

Il presente studio è parte integrante del progetto di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare tramite conversione fotovoltaica, della potenza nominale in DC di 38,512 MWp e potenza in AC di 36 MW denominato "Santacroce" in zona agricola del Comune di Castellaneta in località S. Andrea e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) necessarie per la cessione dell'energia prodotta.

L'impianto agrivoltaico sarà collegato tramite cavo dritto interrato in Media Tensione (MT) alla Stazione di Elevazione Utenza 30/150 kV la quale a sua volta verrà collegata in antenna a 150 kV su di una futura Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla direttrice a 150kV denominata "Pisticci – Taranto N2", previa realizzazione di:

- Nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV da collegare in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN "Pisticci – Taranto N2" e "Ginosa-Matera";
- Potenziamento/Rifacimento della linea a 150 kV della RTN "Ginosa - Matera" nel tratto compreso tra la nuova SE succitata e la SE RTN a 380/150 kV di Matera;
- Potenziamento/Rifacimento della direttrice a 150 kV della RTN "Ginosa – Palagiano".

TERNA S.p.A. ha rilasciato alla Società PIVEXO 10 SRL la "Soluzione Tecnica Minima Generale" sopra evidenziata ed identificata dal Codice Pratica 202401767 in data 14/05/2024.

La PIVEXO 10 s.r.l. con sede in via Stazione s.n.c. – 74011 Castellaneta (TA), intende sviluppare il progetto di un impianto agrivoltaico su di un terreno con destinazione



agricola (destinazione di PUG prevalente – contesto rurale), l'area catastale in disponibilità è di circa 61,9846 Ha, distinto in Catasto al Foglio 113 Particelle 25, 87; Foglio 114 Particelle 200, 242, 396 e Foglio 115 Particelle 7, 18, 93 e 95. La stazione di elevazione e stazione elettrica verrà realizzata su di un terreno distinto in Catasto al Foglio 101 Particella 126 e Foglio 110 Particella 197.

Nel dettaglio, il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Installazione di 50.674 pannelli fotovoltaici;
- 6 cabine di trasformazione;
- 2 cabina di raccolta;
- 2 cabina di manutenzione;
- Cavo interrato Al 185 mmq;
- Montaggi elettromeccanici con scomparto di arrivo più consegna;
- Montaggio elettromeccanico per ulteriore scomparto.

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti opere ed infrastrutture:

- Opere civili: pali di fondazione dei Tracker; realizzazione delle piazzole delle cabine, realizzazione della viabilità interna all'impianto; realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici; realizzazione della sottostazione di trasformazione, realizzazione dell'area temporanea di cantiere.

- Opere impiantistiche: installazione dei pannelli fotovoltaici; esecuzione dei collegamenti elettrici, tramite cavidotti interrati, tra i pannelli e le cabine di trasformazione. Realizzazione degli impianti di illuminazione e TVCC.

Si fa notare che il lavoro in parola, finalizzato ad evidenziare e verificare la compatibilità di carattere idrologico ed idraulico, è stato eseguito, in conformità alle disposizioni riportate negli articoli 6 e 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano



di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino della Puglia (2005), in quanto il sito si rinviene in prossimità di due incisioni, segnalate nella tavola f.4 del PUG di Castellaneta, per cui vigono le prescrizioni relative all'area golenale ed alla fascia di pertinenza fluviale. Per riguarda dati di dettaglio e di approfondimento sull'intervento si rinvia agli elaborati progettuali prodotti a corredo della pratica in parola.

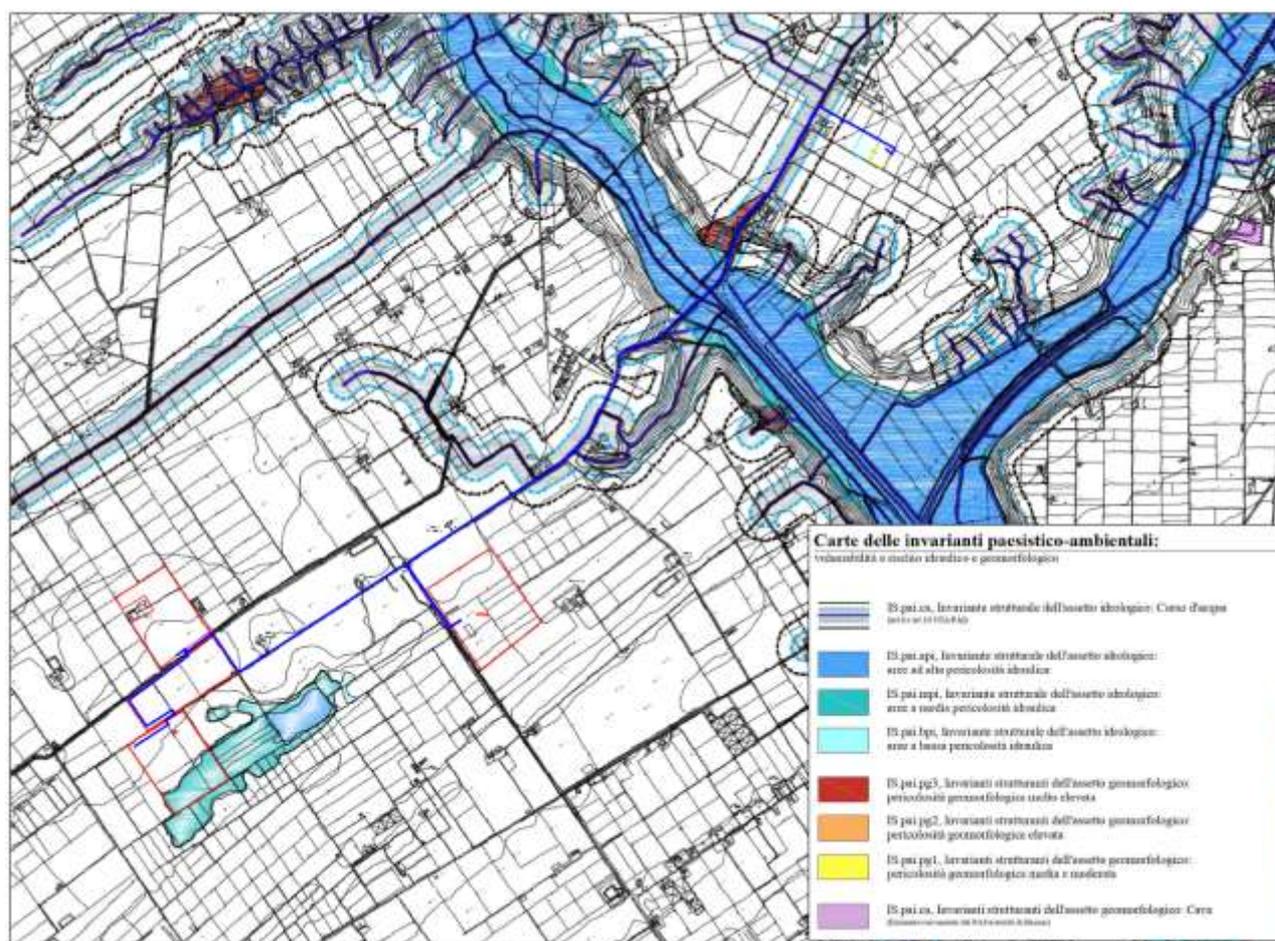
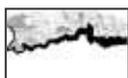


Figura 1: Stralcio Tav. f4 PUG – Vulnerabilità e Rischio Idraulico e Geomorfologico

L'area in oggetto si rinviene in agro di Castellaneta, a circa 15,5 chilometri di distanza, verso meridione, dal centro abitato ora citato, ed è caratterizzata dall'affioramento di termini litologici appartenenti ad una serie di depositi sabbiosi, argillosi e limosi, poggiante su uno spesso banco pelitico giacente sul basamento



calcareo-calcarenitico. Il settore in esame si mostra subpianeggiante, lievemente ondulato e degradante verso meridione e settentrione, ed appare stabile, con assenza di fenomeni di dissesto geologico. L'idrografia superficiale, legata alle caratteristiche dei terreni, al loro assetto ed al regime pluviometrico tipico del clima mediterraneo, nel tratto interessato dai lavori le acque di precipitazione meteorica, che non vengono assorbite dai terreni, confluiscono nelle linee di deflusso superficiale naturali e artificiali esistenti. Ciò premesso nel corso del lavoro uno speciale riferimento sarà dato alla permeabilità, elemento utile per avere un quadro, quanto più possibile preciso del potere assorbente del terreno.

2) Normativa di riferimento

La Legge n. 183/1989 sulla difesa del suolo ha stabilito che il bacino idrografico, inteso come "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente". Lo strumento di gestione del bacino idrografico è il Piano di Bacino, che si configura quale strumento di carattere "conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato".

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia è stato adottato dal Consiglio Istituzionale dell'Autorità d'Ambito il 15 dicembre 2004; sono tuttora in fase di istruttoria le numerosissime proposte di modifica formulate da comuni, province e privati. Il P.A.I. adottato dalla regione Puglia ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini imbriferi, con



interventi idrogeologici, idraulici, idraulico – forestali, idraulico – agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;

- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi ed altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena, di pronto intervento idraulico, nonché di gestione degli impianti.

A tal fine il P.A.I. prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- la definizione del quadro del rischio idraulico ed idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto evidenziati;
- l'adeguamento degli strumenti urbanistico - territoriali;
- l'apposizione di vincoli, l'indicazione di prescrizioni, l'erogazione di incentivi e l'individuazione delle destinazioni d'uso del suolo più idonee in relazione al diverso grado di rischio riscontrato;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela ed al recupero dei valori monumentali ed ambientali presenti;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture con modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la difesa e la regolarizzazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità dei bacini idrografici;
- il monitoraggio dello stato dei dissesti.



La determinazione più rilevante, ai fini dell'uso del territorio, è senza dubbio l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica e a rischio di allagamento. Il Piano definisce, inoltre, le aree caratterizzate da un significativo livello di pericolosità idraulica, in funzione del regime pluviometrico e delle caratteristiche morfologiche del territorio, sono le seguenti:

- Aree ad alta probabilità di inondazione (AP). Porzione di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) inferiore a 30 anni;
- Aree a media probabilità di inondazione (MP). Porzione di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 30 anni e 200 anni;
- Aree a bassa probabilità di inondazione (BP). Porzione di territorio soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 200 anni e 500 anni.

Inoltre il territorio è stato suddiviso in tre fasce a pericolosità geomorfologica crescente: PG1, PG2 e PG3; la PG3 comprende tutte le aree già coinvolte da un fenomeno di dissesto franoso. Versanti più o meno acclivi (a secondo della litologia affiorante), creste strette ed allungate, solchi di erosione ed in genere tutte quelle situazioni in cui si riscontrano bruschi salti di acclività sono aree PG2. Le aree PG1 si riscontrano in corrispondenza di depositi alluvionali (terrazzi, letti fluviali, piane di esondazione) o di aree morfologicamente spianate (paleosuperfici).

Il Piano definisce, infine, il Rischio idraulico (R) come Entità del danno atteso correlato alla probabilità di inondazione (P), alla vulnerabilità del territorio (V), al valore esposto o di esposizione al rischio (E) determinando:

- Aree a rischio molto elevato – R4;
- Aree a rischio elevato – R3;
- Aree a rischio medio/moderato – R2.

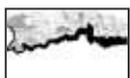
Nel caso in parola si osserva che il sito di interesse si rinviene, da quanto indicato dall'Autorità di Bacino della Puglia, nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto



Idrogeologico, in aree non a rischio per alluvioni, mentre è interessato dalla presenza di un reticolo idrografico superficiale. Nell'articolo 10 – Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale, precisamente al 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”*, mentre al 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, contermine all’area golenale, come individuata all’art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m”*. Ciò detto è stato condotto uno studio al fine di poter ritenere in sicurezza idraulica il sito, per eventi di piena con tempo di ritorno fino a 500 anni (Art. 36 delle NTA del PAI).

3) Ubicazione dell’area in esame

Secondo quanto contenuto negli elaborati progettuali il sito interessato dal progetto ricade nel territorio comunale di Castellaneta, verso meridione rispetto al centro abitato (il più vicino dista circa 15,5 km), in una zona caratterizzata da terreni agricoli. Il sito su cui sorgerà l’impianto ricade nella tavoletta 201 I S.E. *“Masseria Casamassima”*, edita alla scala 1:25.000 dall’Istituto Geografico Militare, ad una quota altimetrica compresa indicativamente tra le isoipse di 55 e 50 metri sul livello del mare, ed è individuato dalle coordinate geografiche: 40.51372, 16.90451 e 40.51213, 16.8857 (Figura 2).



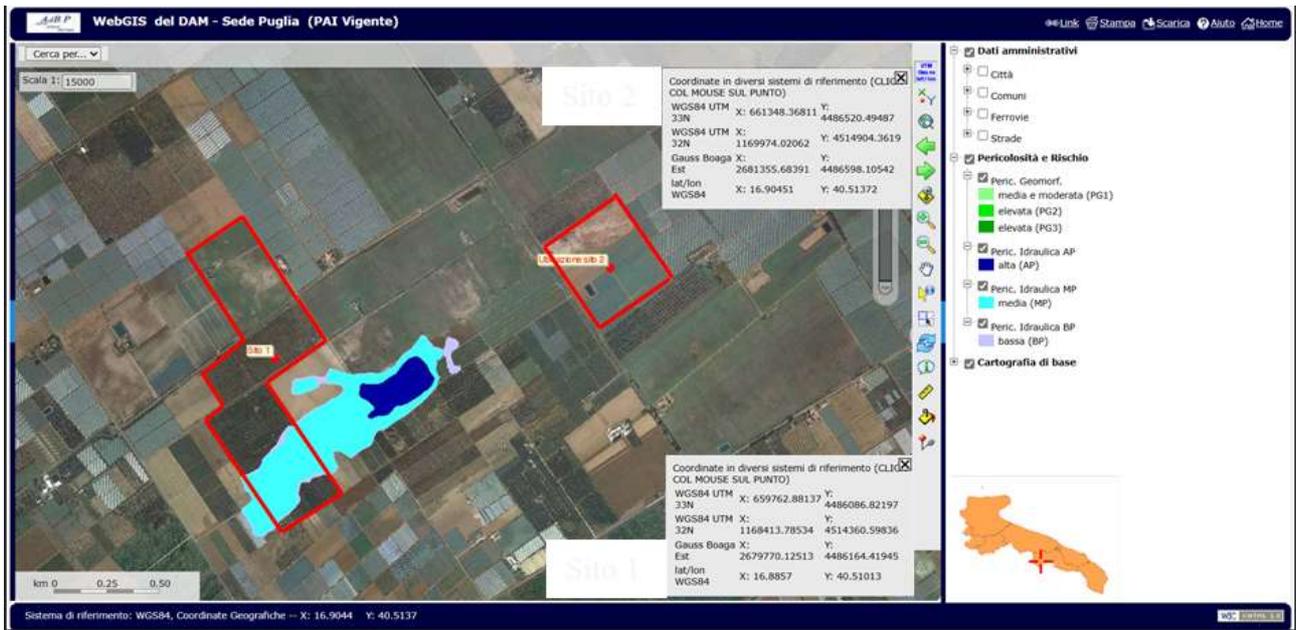


Figura 2: Stralcio cartografia ortofoto con aree allagabili estratto da WebGIS - AdB Puglia

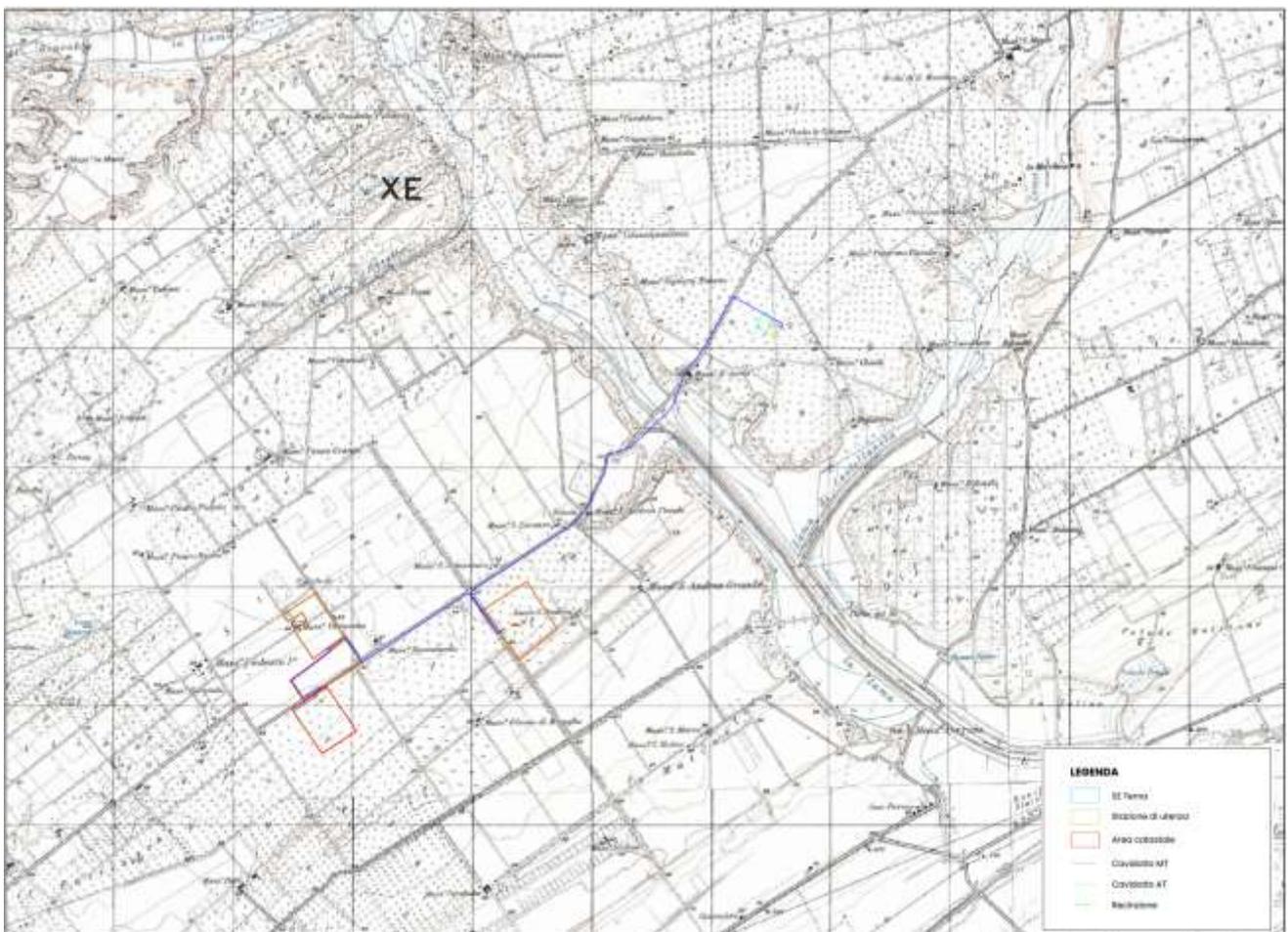
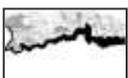


Figura 3: Stralcio carta IGM scala 1:25.000 (in rosso è indicata l'area catastale in disponibilità e in verde l'area recintata)



L'area catastale in disponibilità è di circa 61,9846 Ha, distinta in Catasto al Foglio 113 Particelle 25, 87; Foglio 114 Particelle 200, 242, 396 e Foglio 115 Particelle 7, 18, 93 e 95; mentre l'area recintata è di circa 52,274 Ha. La stazione di elevazione e stazione elettrica verranno realizzate su di un terreno distinto in Catasto al Foglio 101 Particella 126 e Foglio 110 Particella 197.



Figura 4: Stralcio catastale dell'area di intervento

Dal punto di vista sismico il comune in oggetto (Castellaneta - Codice ISTAT 2001 n° 16073003), secondo quanto riportato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza n. 3274) pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 08 maggio 2003, e dal



provvedimento regionale di cui alla Deliberazione della Giunta della Regione Puglia del 02 marzo 2004 n° 153 (B.U.R. N° 33 del 18 marzo 2004), passa da area non classificata a Zona 3 (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni 0,05-0,15 ed accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche) 0,15).

4) Inquadramento geologico

Nel territorio comunale di Castellaneta affiorano estesamente depositi plio-pleistocenici, essenzialmente calcarenitico-sabbiosi ed argillosi, a struttura tabulare, sovrapposti ad una spessa successione di strati rocciosi di natura carbonatica, di età cretacea. Dalle più antiche alle più recenti, si riconoscono le seguenti formazioni note in letteratura geologica con il nome di:

- *Calcarea di Altamura;*
- *Calcarenite di Gravina;*
- *Argille subappennine;*
- *Depositi marini terrazzati.*

I litotipi appartenenti alla Formazione del *Calcarea di Altamura* sono costituiti da strati o banchi, con spessori variabili da 10 a 15 centimetri fino a 2 metri, di calcari compatti con intercalazioni di dolomie e con frattura concoide. Il colore delle rocce in parola è variabile dal bianco al grigio nocciola, rossastro in presenza dei residui ferrosi derivanti dalla degradazione carsica. Al tetto, al passaggio con i litotipi più recenti, questi sedimenti formano, di frequente, uno spesso banco, costituito da "*terra rossa*" consolidata. Gli strati lapidei della formazione in parola appaiono piegati e fagliati; nella parte alta sono troncati da superfici, probabilmente dovute all'abrasione marina.

La Formazione della *Calcarenite di Gravina* è costituita da calcareniti organogene, di colore bianco giallastro o grigio, con resti di micro e macrofossili. I litotipi si



presentano nell'area in parola generalmente massicci, con un buon grado di diagenesi. La base di questa formazione, spesso in evidente discordanza angolare, è in trasgressione sui calcari cretacei; al tetto affiorano, sovrapposti i tipi litologici appartenenti all'unità delle *Argille subappennine*. Si mette in evidenza che tali rapporti possono variare, in corrispondenza di depressioni morfotettoniche, essendo possibile rilevare alla base depositi a prevalente componente pelitica poggianti sui calcari.

Continuano la serie sedimentaria della Fossa bradanica i terreni ricadenti nella Formazione delle *Argille subappennine*, che sono formati da limi più o meno marnosi di colore grigio azzurro, bianco giallastro in superficie per l'alterazione.

Esistono anche dei *Depositi marini terrazzati* formati da sabbie siltose con lenti ghiaiose, a luoghi a stratificazione incrociata. Nei luoghi di affioramento sono rappresentati da sabbie giallastre stratificate piuttosto incoerenti, a granulometria medio-fine, con interposti lenti ed orizzonti di ghiaie poligeniche e livelli arenacei oppure banchi di ciottoli. Il complesso si presenta alquanto alterato e degradato, specie nella porzione sommitale.

Negli alvei dei corsi d'acqua si osservano dei depositi alluvionali, recenti dal punto di vista geologico, costituiti da sabbie con ghiaie e limi argillosi, in rapporti variabili a seconda dei luoghi e delle condizioni di sedimentazione.

Il paesaggio del territorio in esame mostra le tipiche forme delle coste di sollevamento, con ampie superfici pianeggianti situate a varie altezze sul livello del mare; quanto detto è il risultato delle forze orogenetiche che hanno permesso il sollevamento, in epoche recenti dal punto di vista geologico, di questa parte della regione. Si rilevano inoltre dei canali più o meno profondi, noti rispettivamente con i nomi di "lame" e "gravine", "fiumi" in corrispondenza dello sbocco a mare; queste forme erosive sono state prodotte dall'azione delle acque correnti, che hanno inciso da pochi ad alcune decine di metri i sedimenti affioranti.



5) Idrogeologia ed idrografia

L'idrografia superficiale è evidenziata dalle linee di drenaggio, a direzione prevalente nord-sud, le quali drenano sia le acque, che cadono nel settore in parola, che quelle provenienti dal bacino idrografico dell'area murgiana, situato verso settentrione e caratterizzato da quote altimetriche più elevate rispetto al settore di studio, e le convogliano verso il Mar Ionio. Tali acque nel loro percorso, nelle aree di attraversamento delle formazioni calcaree e calcarenitiche, alimentano, principalmente a causa della notevole fratturazione delle rocce, la falda idrica profonda presente nel basamento calcareo. La circolazione idrica endogena risulta quindi piuttosto evoluta ed estesa, per la presenza di ampie superfici di accumulo e per le caratteristiche idrologiche dei complessi, prima descritti, che sono dotati di potere assorbente, soprattutto negli strati superficiali, dovuto alla permeabilità per fessurazione (*calcari*) o porosità (*sabbie e calcareniti*). In genere le acque meteoriche di corrivazione vengono drenate dalla rete idrografica superficiale, costituita da depressioni, variamente incise, e dalle cunette stradali. Il grado di permeabilità è in funzione dei vuoti e può essere variabile per i depositi a componente sabbiosa, a seconda della percentuale di fino presente, mentre per i termini lapidei che si rinvengono, è legato al numero ed alle dimensioni delle discontinuità, sia primarie che secondarie, esistenti nell'ammasso roccioso.

Nell'area si rinviene una circolazione idrica "profonda" o di "base", che si mostra a pelo libero, o compressa al di sotto di strati calcarei compatti, e galleggia, a causa del differente grado di densità, sull'acqua del mare che, insinuatasi attraverso le discontinuità strutturali del blocco calcareo-calcarenitico, invade il continente. Il contatto con le acque dolci, dotate di minore densità, costituente una fascia di acque salmastre definenti una zona di transizione, corre in direzione della costa con una cadente piezometrica dell'ordine del 2 per mille. Essa si viene a trovare, secondo



quanto riportato nel Piano di Tutela delle Acque, nella tavola 6.2 “*distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento*” relativa all'andamento della superficie piezometrica della falda, in un settore non studiato (“zona bianca” senza alcuna indicazione), si può supporre possa essere caratterizzato dall'isopieza di 10 metri sul livello del mare (vedasi stralcio allegato grafico). Prendendo come riferimento la quota topografica meno elevata dell'area in esame corrispondente all'isoipsa di 50 metri, la profondità di rinvenimento della falda si viene a trovare ad una distanza di circa 40 metri, rispetto al piano di campagna.

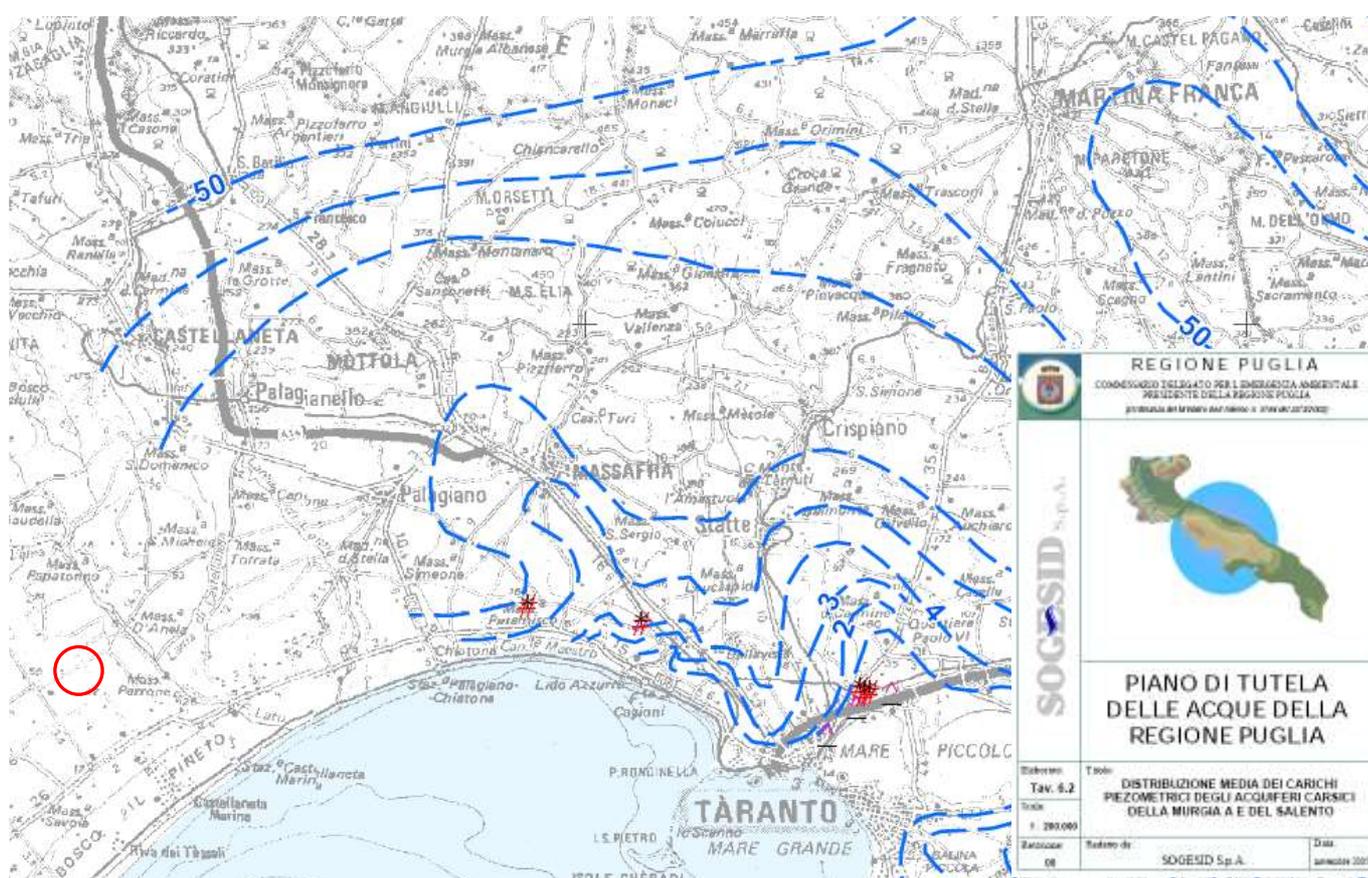


Figura 5: Stralcio tavola 6.2 Piano di Tutela delle Acque

In merito alle condizioni idrogeologiche dei terreni è stato possibile verificare, anche tramite prove dirette di assorbimento, che:

- la Formazione del *Calcarea di Altamura*, per le discontinuità che la caratterizzano, mostra un valore della permeabilità compreso tra 10 e 10^{-4} cm/s;



Comune di Castellana (TA) - Località: S. Andrea - Realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 38,512 MWp denominato "Santacroce" e delle relative opere di connessione alla RTN
 Proponente: PIVEXO 10 Srl - Sviluppatore: GREENERGY Srl - **Studio di compatibilità idrologica ed idraulica**
 Dott. Geol. Pasquale Lopresto - Via R. Scotellaro, 23 - 74018 Palagianello (TA) - ☎ 0998495345

- le argille (*Argille subappennine*) sono praticamente impermeabili ($k < 10^{-6}$ cm/s);
- i tipi litologici appartenenti alle formazioni prevalentemente psammitiche (*Calcareniti di Gravina e Depositi marini terrazzati*), per la porosità di cui sono dotati, presentano valori della permeabilità compresi tra 10^{-3} e 10^{-4} cm/s.

Si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche, tipo e grado di permeabilità, e sul ruolo strutturale dei tipi litologici affioranti.

Colonna Stratigrafica	Litotipi prevalenti	Età	Permeabilità		Ruolo idrostrutturale
			Tipo	Grado	
	Sabbie con ciottoli e limi	Olocene	per porosità di interstizi	Poco permeabile	Acquicludo
	Conglomerato poligenico a matrice sabbiosa	Pleistocene Medio-Inferiore		Mediamente permeabile	
	Limi organici con noduli calcigni			Da poco permeabile a Impermeabile	
	Sabbie fini rossastre con ciottoli			Da poco a mediamente permeabile	
	Calcareniti con interstrati sabbiosi fini giallastre	Pleistocene inferiore		Impermeabile	
	Limi argillosi e argille limose grigio-azzurre		Acquicludo		
	Calcareniti bioclastiche bianco giallastre	Pleistocene Inferiore Pliocene Superiore	per porosità interstiziale e per fessurazione	Poco permeabile a mediamente permeabile	Acquitardo
	Calcareniti micritici a luoghi dolomitici	Cretaceo Superiore	per fessurazione e carsismo	Da poco permeabile a molto permeabile	Acquifero profondo inferiore

Figura 6: Serie idrogeologica delle unità

Si fa presente che l'area in oggetto non risulta interessata da evidenti fenomeni di alluvionamento e di instabilità dei terreni. Quanto detto è confermato dalla lettura delle tavole del Piano dell'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto dall'Autorità di Bacino di Puglia (AdB), che caratterizza la zona in esame come esente da rischio idraulico e geomorfologico (vedasi lo "Stralcio delle tavole del PAI - AdB Puglia").



6) Note morfologiche e statiche

L'area indagata si mostra subpianeggiante, lievemente degradante prevalentemente verso meridione e settentrione, e la morfologia risulta regolare, senza indizi di movimenti di masse in atto o in preparazione. La situazione dei luoghi è in accordo con la struttura geologica, in precedenza descritta, interessata da pratiche agricole. Inoltre l'osservazione dei fabbricati esistenti, edificati da molti anni, ha messo in evidenza che questi si presentano stabili ed esenti dagli effetti connessi a cedimenti differenziali.

Si mette in evidenza come, per la particolare disposizione dell'area, la scelta progettuale preveda che saranno eseguiti movimenti di terra, in corrispondenza degli scavi per il posizionamento dei pali di sostegno dei pannelli e nell'estirpazione delle piante esistenti, quali vigneto, agrumeto e oliveto, e nella realizzazione degli scavi in cui allocare le nuove piante di mandorleto e la piantumazione di colture orticole, dopo aver effettuato la preparazione del terreno. Tali lavori permetteranno l'allontanamento dei materiali superficiali, dotati generalmente di caratteristiche tecniche più scadenti, rispetto a quelli profondi e non costituiranno pregiudizio per la stabilità del sito. La messa in opera delle strutture fotovoltaiche non necessita di fondazioni in calcestruzzo, in quanto verranno installate mediante semplice infissione di un palo. Inoltre le costruzioni che si andranno a realizzare saranno tali da non trasmettere al suolo ed al sottosuolo sollecitazioni da sovraccaricare i terreni, con valori che possano turbare lo stato di equilibrio delle masse. Gli interventi in oggetto interesseranno le sabbie giallogriastre e saranno eseguiti in modo da non variare il naturale deflusso delle acque, né tanto meno turbano l'andamento della falda, in quanto questa è rilevabile a quote più profonde rispetto al piano di sedime, inoltre non potranno provocare alcun pregiudizio di tipo idrogeologico.



7) Note climatiche

La Puglia è caratterizzata da un clima temperato-caldo, con inverni miti, in non più di quattro mesi la temperatura è inferiore a 10 °C, e con estati calde, nel mese più caldo la temperatura supera i 23 °C, e asciutte, le piogge in questa stagione sono inferiori a 100 millimetri. Le precipitazioni, in genere, sono modeste, minime quelle estive. Il periodo di siccità è sempre molto esteso, vi fanno parte, oltre ai mesi di luglio ed agosto, anche giugno e, in parte, settembre; nelle località di pianura talvolta si estende a maggio ed aprile, per le Murge, invece, si ha un accorciamento sensibile soprattutto in primavera. Al fine di avere a disposizione elementi che coprono un'area vasta ed un lungo lasso di tempo, sono stati presi in considerazione, interpolandoli, i dati climatici della zona, per la precisione nelle tabelle 1 e 2 sono riportate, nella prima, le temperature, medie ed annue, in gradi centigradi, e, nella seconda, le precipitazioni, in millimetri, dei valori relativi alle stazioni di Castellaneta e Taranto. Dall'elaborazione dei dati summenzionati sono stati realizzati i diagrammi termo-pluviometrici, tenendo conto dei criteri proposti da Bagnouls e Gausson: "*si ha aridità quando il totale delle precipitazioni, espresse in millimetri, è uguale al doppio della temperatura media mensile, indicata in gradi centigradi ($P = 2 \times t$)*". Si allega la mappa delle temperature medie annue, desunta dalle rilevazioni effettuate in un periodo di tempo di trenta anni. La piovosità media annuale, ricavata dall'elaborazione dei dati conosciuti, è di circa 600 millimetri, con un valore massimo giornaliero superiore ai 100 millimetri. Le precipitazioni atmosferiche sono più elevate nel periodo autunno-invernale e minime nei mesi estivi, come si evince dall'esame delle tabelle e dei grafici e secondo le caratteristiche tipiche del clima mediterraneo. Per quel che concerne i dati anemometrici sono stati estrapolati dalle stazioni meteorologiche di: Castellaneta, Gioia del Colle, Massafra e Taranto. A seconda della stagione i venti cambiano di direzione e di intensità, infatti, nel periodo primavera-estate sono deboli, vengono da sud



ovest con velocità inferiore a 10 km/h e con caratteristiche di brezza; invece, nel periodo autunno-inverno sono forti, provenienti da settentrione e con valori della velocità compresi tra 10 e 35 km/h. Negli elenchi 1 e 2 sono riportati, per l'area, i valori medi dei venti dominanti dei mesi dell'anno e per stagioni.

ELENCO 1

Gennaio	NE
Febbraio	NE
Marzo	NE
Aprile	SE
Maggio	S
Giugno	S
Luglio	O
Agosto	ONO
Settembre	SE
Ottobre	SE
Novembre	SE
Dicembre	NO

ELENCO 2

Inverno	N E
Primavera	S SE
Estate	S SO
Autunno	S E

Dal diagramma esplicativo (mesi, giornate ventose) basato sulle osservazioni pluriennali, si evince che le giornate ventose, nel corso dell'anno, sono, in genere, di poco superiori al centinaio; nel periodo autunno-invernale si hanno i valori massimi, minimi negli altri.

8) Compatibilità idrologica ed idraulica dell'intervento in progetto

8.01) Premessa

Nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato introdotto lo *studio di compatibilità idrologica ed idraulica*, come strumento di approfondimento ed analisi delle problematiche generali inserite nella specificità del caso in questione. Gli studi di compatibilità in parola si concretizzano sostanzialmente in elaborazioni idrologiche ed idrauliche finalizzate a definire progettualmente gli interventi che hanno funzione



compensativa per garantire *"l'invarianza idraulica"*, laddove il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio viene così definito: *"per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa"*. Inoltre dovrà perseguire i seguenti obiettivi, il cui raggiungimento dovrà essere esplicitamente dimostrato e dichiarato nello studio:

- mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare o non impedire il deflusso delle piene, non ostacolare sensibilmente il normale deflusso delle acque;
- non aumentare significativamente il rischio idraulico in tutta l'area a valle interessata;
- non ridurre significativamente i volumi invasabili delle aree interessate e favorire se possibile la creazione di nuove aree di libera esondazione;
- non pregiudicare l'attenuazione o l'eliminazione delle cause di pericolosità;
- garantire l'invarianza idraulica del territorio considerato.

L'area pur non interessata da perimetrazioni P.A.I., e quindi non classificata quale area a pericolosità idraulica, risulterebbe vincolata dall'art. 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I., in quanto ricadente nelle aree definite *"fasce di pertinenza fluviale"* ove 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"*. Le prescrizioni dell'art. 10 si applicano quando, come in questo caso, tale fascia non è arealmente individuata nelle cartografie del P.A.I., *"alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a*



75 m". Pertanto ciò significa che bisogna considerare un buffer dall'asse del corso d'acqua di 150 m sia in sinistra che in destra idraulica. Ciò detto è stato condotto uno studio, al fine di poter ritenere in sicurezza idraulica il sito, per eventi di piena con tempo di ritorno fino a 500 anni (Art. 36 delle NTA del PAI), basandosi su un rilevamento geologico/geomorfologico di superficie, integrato dai dati cartografici digitali con implementazione GIS e simulazioni numeriche relative all'evento di massima piena atteso in 500 anni con software HEC – RAS in regime di moto vario bidimensionale. Nel corso del lavoro sono state determinate:

- le caratteristiche geometriche del corso d'acqua episodico;
- l'area scolante del bacino imbrifero alla sezione di chiusura relativa al corso d'acqua interessato;
- la portata massima attesa alla sezione di chiusura in un tempo di ritorno pari a 500 anni;
- le altezze dei tiranti idrici nel modello idraulico ricostruito e delle velocità della corrente, relative all'evento di massima piena calcolato con tempo di ritorno $T_r = 500$ anni.

8.02) Definizione del reticolo idrografico

I terreni interessati dallo studio si rinvengono in prossimità di una lieve depressione, in prossimità della viabilità (Strada Provinciale n. 13) che delimita verso meridione il fondo in parola, facente parte del reticolo idrografico, presente nella carta idrogeomorfologica ufficiale dell'AdB Puglia e nella Tav. f.4 del PUG, che riporta i tratti oggetto di verifica con la denominazione di "*corso d'acqua episodico*", non attribuendo al sito alcuna pericolosità idraulica relativa alla carta del P.A.I.. In effetti nell'incisione circolano le acque che non vengono assorbite dai terreni e si aggettano in occasione



di eventi meteorici particolarmente intensi.

8.03) Analisi morfometrica

Il primo passo per poter svolgere un'analisi idrologica di dettaglio è rappresentato dalla definizione delle principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici gravanti sull'area oggetto di studio. La base necessaria per determinare le principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici gravanti sull'area oggetto di studio è costituita dal DTM. Utilizzando la procedura di calcolo descritta nel seguito, da una serie di modelli distribuiti del territorio (detti in seguito griglie o matrici) sono stati applicati particolari algoritmi che consentono di estrapolare le necessarie informazioni idrauliche del territorio. Uno di questi algoritmi è denominato slope (pendenza) concettualmente identifica la massima variazione nel valore di una cella della griglia (nel nostro caso il DEM) rispetto alle celle circostanti. Uno dei possibili risultati di questo calcolo può essere una matrice di valori che esprime la pendenza in percentuale oppure in gradi.

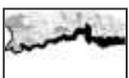
In pratica l'algoritmo esegue una media quadratica della massima variazione di quota nelle quattro direzioni del piano parallele al grigliato considerato le otto celle che contornano la cella in questione.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * x_cellsize)$$

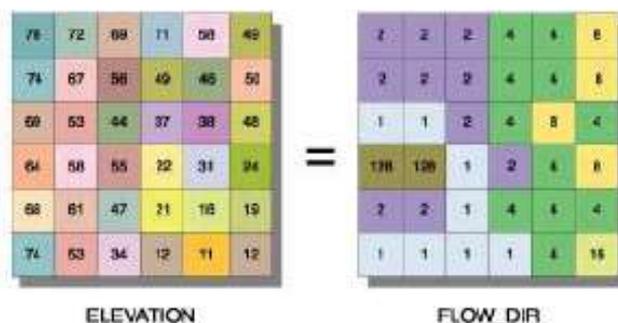
$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cellsize)$$

Dalla matrice così ottenuta un opportuno algoritmo, diffuso in ambiente GIS, elabora la cosiddetta *flow direction grid* (griglia delle direzioni di flusso). Questa griglia contiene in ogni cella il valore codificato della direzione di massima pendenza tra la cella stessa e le celle circostanti. Al numero che compare in ogni cella della griglia è associato univocamente una direzione cartesiana secondo lo schema seguente:

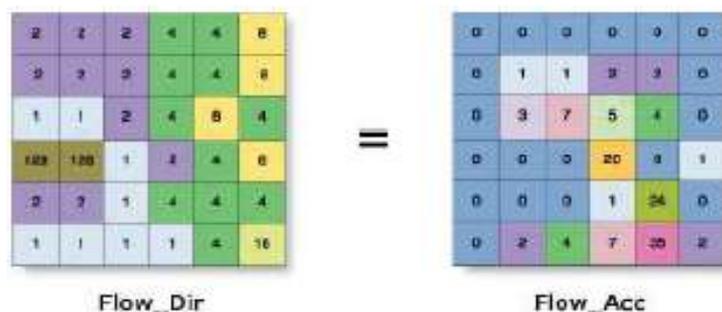


1	Est	2	Sud-Est
4	Sud	8	Sud-Ovest
16	Ovest	32	Nord-Ovest
64	Nord	128	Nord-Est

Di seguito è riportato un esempio di una rappresentazione del passaggio dal DEM ad una griglia costituita dalle direzioni preferenziali dei flussi.



Definita la griglia delle direzioni di flusso un algoritmo, sempre in ambiente GIS, conta il numero di celle tributarie di ogni singola cella e ne attribuisce il valore alla corrispondente cella in una nuova griglia denominata *flow accumulation grig* (accumuli di flusso) così rappresentata:



Dalla generazione della griglia di accumulo è possibile successivamente stabilire un numero minimo di celle tributarie e “marcare” in questo modo la linea di compluvio naturale. Queste tecniche, come si è anticipato, consentono la perimetrazione di un bacino idrografico oltre che la determinazione di tutti i parametri morfometrici di esso caratteristici.



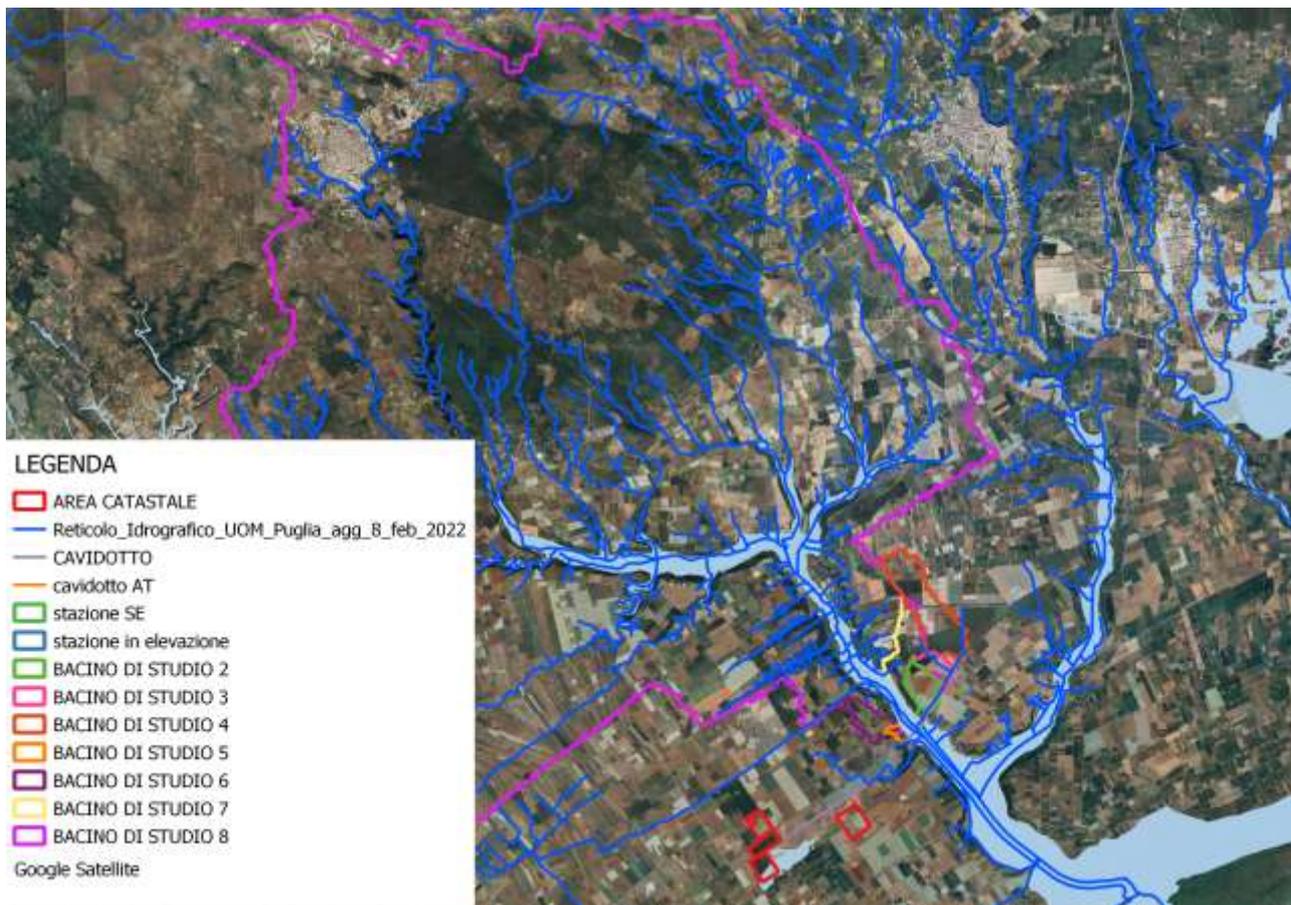
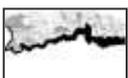


Figura 7: Individuazione dei Bacini idrografici afferenti all'area di studio

Dall'elaborazione fatta in QGis si ottiene la tabella seguente in cui si riassumono alcune grandezze caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici oggetto di studio:

	AREA (km ²)	h max (m)	h min (m)	h med (m)	Pendenza (m/m)	l (m)
Bacino di studio 1	10.19	90.93	8.175	64.209	0.02069	6358.392
Bacino di studio 2	0.404	52.345	8.397	41.352	0.03306	1310.578
Bacino di studio 3	0.265	52.327	41.83	47.06	0.01777	1121.979
Bacino di studio 4	1.27	79.7545	44.616	62.487	0.01905	2470.126
Bacino di studio 5	0.094	46.241	8.053	24.879	0.12202	748.703
Bacino di studio 6	0.428	59.84	8.349	45.378	0.02663	1615.774
Bacino di studio 7	1.203	67.2889	8.34	41.645	0.05667	2583.912
Bacino di studio 8	94.789	93.387	8.808	64.614	0.07078	18681.59

Caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici



8.04) Individuazione e caratterizzazione del bacino idrografico oggetto di studio

Il primo step, per poter procedere con lo studio idrologico, consiste nell'individuare il bacino idrografico relativamente alla sezione di chiusura di interesse del reticolo esistente, individuata a valle dell'area in oggetto. La delimitazione del bacino idrografico è stata eseguita mediante estrapolazione delle curve di livello e dei punti quotati dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000. La determinazione del bacino idrografico, consente di passare all'analisi dello stesso nella direzione della individuazione dei principali parametri morfologici geologici e climatici, utili alla caratterizzazione delle variabili idrologiche utilizzate nei modelli di calcolo per la stima dei deflussi attesi.

Per la determinazione del bacino idrografico afferente all'area da analizzare si è usato un DTM con risoluzione 8 m x 8 m scaricabile dal portale SIT Puglia, e per sezione di chiusura si è considerato un punto posto più a valle rispetto al sito di interesse di circa 330 metri più a valle.

Mediante cartografia DTM (Digital Terrain Model), in formato ASCII RASTER che si presenta come un grigliato regolare avente risoluzione di 8 x 8 m, si è ricavata l'estensione del bacino idrografico di interesse mediante la funzione Watershed implementata nel software Global Mapper, come indicato in figura. Il reticolo idrografico utilizzato in questo lavoro è stato prelevato dal sito <http://www.sit.puglia.it/>, così come la suddetta cartografia DTM.



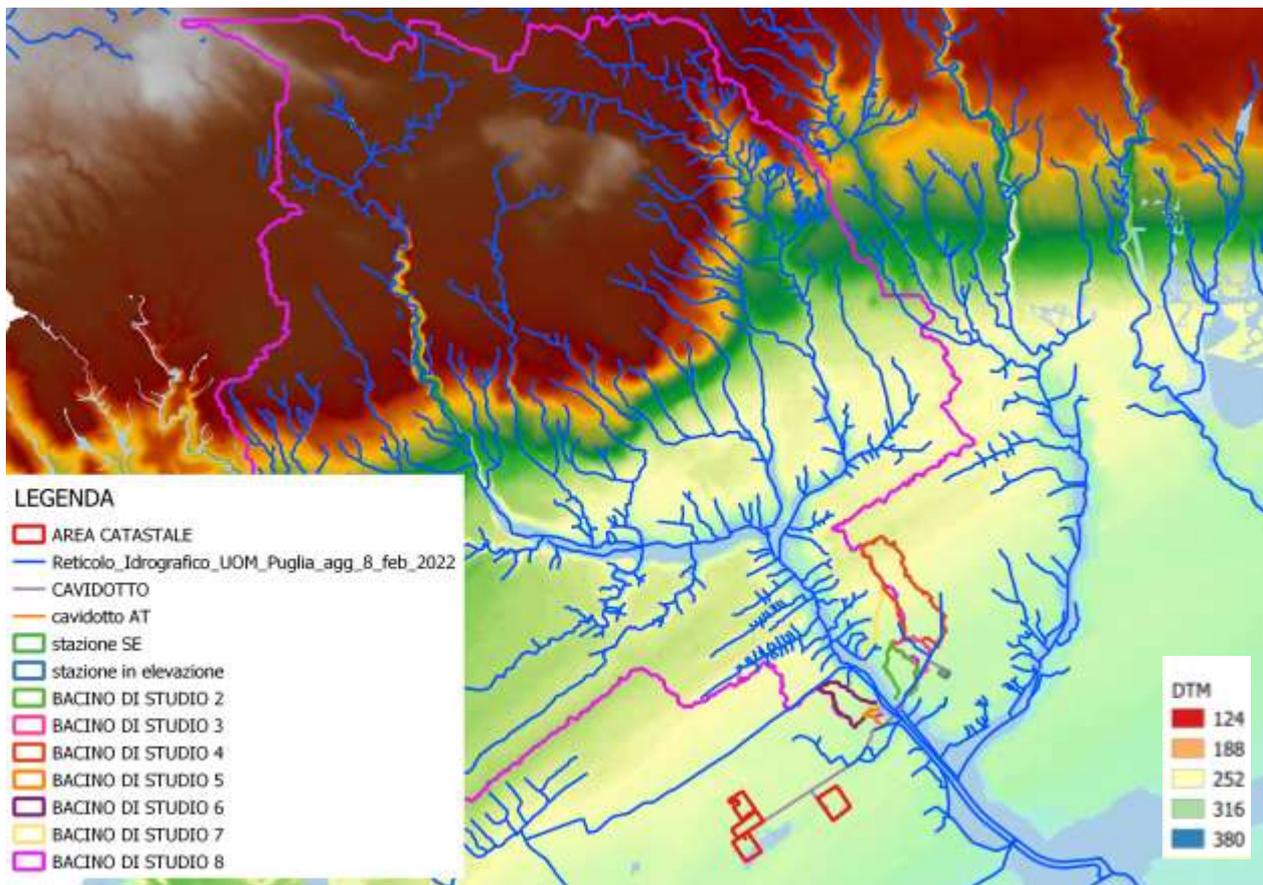
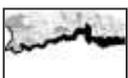


Figura 8: Rappresentazione DTM del territorio nei dintorni dell'area di intervento (Fonte:

http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/)

8.05) Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano un bacino idrografico e, di conseguenza, le sue infrastrutture, centri abitati, elementi vulnerabili. L'analisi pluviometrica consente di determinare il dato di input nei modelli di calcolo idraulici, attraverso l'analisi delle serie storiche dei dati di pioggia orari, registrati negli scorsi decenni ed elaborati attraverso applicazioni statistiche che consentono di ricostruire la distribuzione delle probabilità del loro verificarsi. L'analisi statistica fornisce risultati attendibili se l'esame degli eventi piovosi verificatisi in passato sono adeguatamente rappresentati da un campione significativo di dati, in modo da poter ricostruire le Curve di Possibilità Pluviometrica



(CPP) dalle quali si determina lo ietogramma di pioggia.

Nelle applicazioni idrologiche, si presenta spesso la necessità di stimare valori di una determinata grandezza, per esempio la precipitazione, in siti privi di stazioni di misura, oppure con dati misurati che si giudicano insufficienti per numero e qualità. A ciò rispondono le procedure regionali, sia quelle classiche, sia quelle proposte con i più recenti studi inerenti l'elaborazione statistica di dati spaziali. Per la stima della precipitazione critica del bacino in esame è stata applicata una procedura di analisi regionale, VAPI, che consente la valutazione dell'altezza di pioggia anche in bacini non strumentati o comunque in aree dove i dati misurati risultano insufficienti.

8.06) Il metodo VAPI

In Puglia le stazioni di misura idrometriche sono in numero assai limitato, se confrontato con quelle di misura pluviometriche; pertanto il calcolo della portata di piena deve spesso essere realizzato attraverso un modello di trasformazione afflussi-deflussi. Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, *"ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno ... dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR"*.

Per rispondere alle indicazioni dell'Autorità di Bacino della Puglia, in linea con la normativa nazionale, in questo studio si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (VALutazione Plene) Puglia. Nel VAPI si fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione degli estremi idrologici, quindi non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore (di altezza e/o di portata) viene associata una probabilità che si verifichino eventi con valori superiori. In termini probabilistici, nella metodologia VAPI viene adottata una distribuzione di probabilità a doppia componente, la TCEV (Two Component Extreme Value Distribution), che traduce in



termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, interpretando gli eventi massimi annuali come il valore estratto da una miscela di due popolazioni distinte (che avrebbero come massimo annuale due diverse funzioni di probabilità di tipo Gumbel): la prima produce gli eventi massimi ordinari, componente ordinaria, più frequenti e meno intensi in media; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, componente straordinaria, meno frequenti e più intensi (Rossi et al. 1984).

La TCEV ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Per ovviare a questo problema il GNDCl ha messo a punto una procedura di regionalizzazione (Beran et al. 1986) che ha permesso di determinare i parametri della TCEV su tutto il territorio pugliese estendendo, in questo modo, la lunghezza delle serie storiche.

Le portate al colmo di piena con i diversi tempi di ritorno sono state stimate con il metodo del Curve Number.

8.07) Definizione della curva di possibilità climatica

Al fine di procedere nell'elaborazione dello studio di compatibilità idrologica ed idraulica, si riportano di seguito le procedure ed i dati relativi alla definizione della curva segnalatrice di possibilità climatica (curva di pioggia). L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura delle piogge si svolge ricercando la relazione esistente tra l'altezza **h** delle precipitazioni e le loro durate **t**. Affinché le deduzioni siano attendibili è necessario che il periodo di osservazione sia sufficientemente esteso nel tempo: si ammette che un periodo non inferiore a 30/35 anni possa dare discreto fondamento alla elaborazione. Le relazioni **h = h(t)** sono generalmente della forma: **h = atⁿ**, nella quale le costanti **a** e **n** sono determinate caso



per caso. Per costruire le equazioni relative ad una certa località si utilizzano i dati che si estraggono dagli Annali Idrologici. Attualmente, vista la scarsa diffusione di stazioni meteorologiche nel territorio pugliese con dati aggiornati, vengono utilizzate metodologie statistiche, che forniscono dati sufficientemente corretti per la conduzione di studi idraulici. Nel seguito verrà eseguito il calcolo idrologico adottando la metodologia proposta dal VAPI.

Prima di tutto si individua la zona omogenea di appartenenza del bacino, ovvero viene individuata l'area in cui ricade il territorio considerato, nel caso in parola Serracapriola, come meglio riportato nella tavola allegata, nella "zona 5".

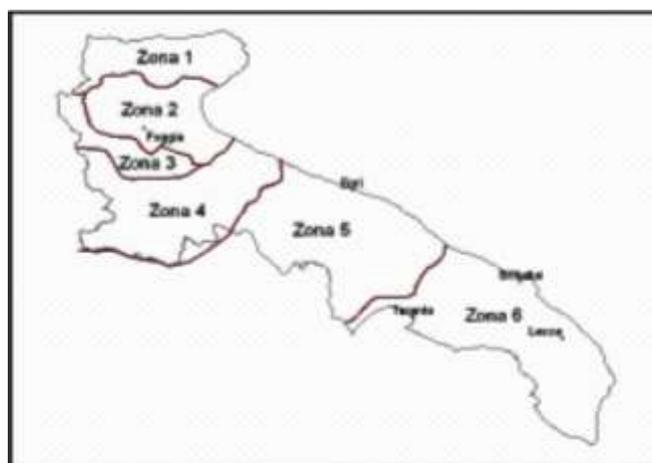


Figura 9: Zone pluviometriche omogenee VAPI

Per tale zona la relazione della curva di possibilità pluviometrica utilizzata è:

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

con Z = quota media assoluta sul livello del mare = 51 m. Ai detti valori vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), che per la zona considerata (*zona 5*), vale:

$$K_T = 0,1599+0,5166 \ln T.$$

Con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni e applicando questi ultimi al valore discreto si ottiene la seguente tabella con le relative curve:



ore	hp	hp x Kt (5)	Tr 30 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
1.00	28.20	27.96	54.06	81.70	95.04
2.00	32.41	32.13	62.13	93.90	109.24
3.00	35.16	34.86	67.40	101.86	118.51
4.00	37.25	36.93	71.41	107.92	125.55
5.00	38.96	38.62	74.68	112.87	131.31
6.00	40.41	40.06	77.47	117.08	136.21
7.00	41.68	41.32	79.90	120.76	140.49
8.00	42.82	42.45	82.08	124.04	144.31
9.00	43.84	43.46	84.04	127.01	147.76
10.00	44.78	44.39	85.84	129.72	150.92
11.00	45.64	45.25	87.50	132.23	153.84
12.00	46.45	46.05	89.04	134.56	156.55
13.00	47.20	46.79	90.48	136.74	159.08
14.00	47.91	47.49	91.84	138.79	161.47
15.00	48.58	48.16	93.12	140.73	163.72
16.00	49.21	48.78	94.33	142.56	165.86
17.00	49.81	49.38	95.49	144.31	167.89
18.00	50.39	49.95	96.59	145.98	169.83
19.00	50.94	50.50	97.65	147.57	171.68
20.00	51.47	51.02	98.66	149.10	173.46
21.00	51.97	51.52	99.63	150.57	175.17
22.00	52.46	52.01	100.56	151.98	176.81
23.00	52.93	52.47	101.47	153.34	178.40
24.00	53.39	52.92	102.34	154.66	179.93

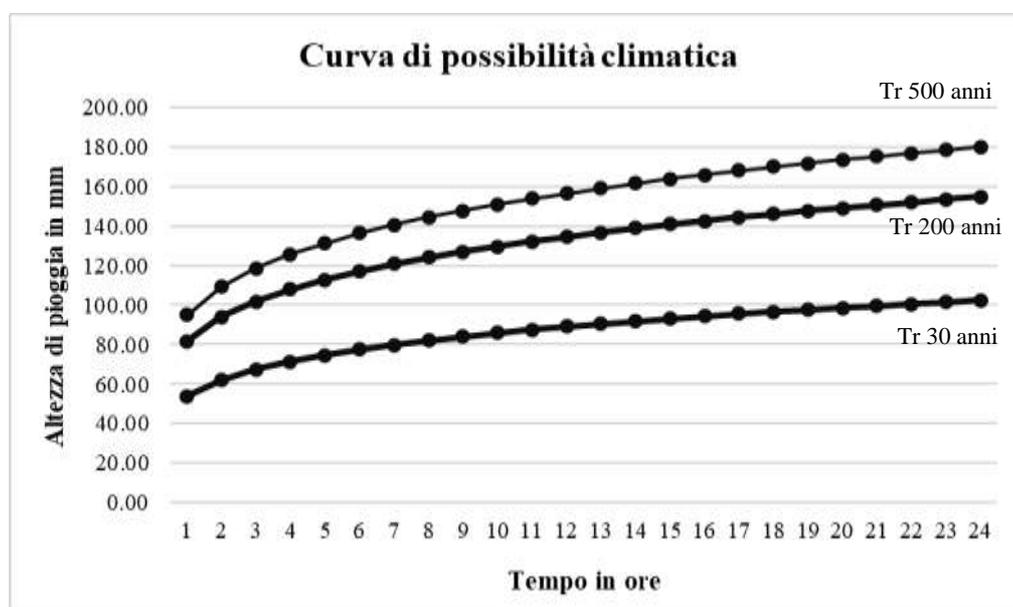


Figura 10: Curva di possibilità pluviometrica Tr 30, 200 e 500 anni – VAPI zona 5 – altitudine 51 m s.l.m.



8.08) Stima delle portate al colmo di piena

La portata al colmo di piena corrisponde alla massima portata generata da una precipitazione di durata critica, tale da mettere in crisi la rete idrografica, e dipende fortemente dall'estensione del bacino. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida, che cade in un punto del bacino, deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

La valutazione della portata idrologica (portata al colmo di piena) è stata condotta applicando il metodo *Curve Number*.

8.09) Metodologia CN SCS

Il metodo usualmente denominato "curve number", ed elaborato dal Soil Conservation Service, è un metodo empirico basato su una semplice equazione, secondo la quale il volume specifico (altezza) di pioggia netta, dall'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , risulta legato al volume specifico di pioggia lorda caduta nel medesimo intervallo temporale. Il volume di deflusso superficiale, Q , è quindi dato dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I)}$$

in cui:

F = volume specifico infiltrato;

S = volume specifico di saturazione di un terreno;

P = precipitazione;

I = assorbimento iniziale (valore limite che il terreno può trattenere senza che si abbia



formazione di deflusso); poiché le perdite iniziali possono essere correlate all'invaso massimo del suolo **I** è assunto pari a $0.2S$;

tenendo conto dell'equazione di continuità:

$$F = P - I - Q$$

dalla precedente, si ottiene:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I + S)}$$

Il volume specifico di saturazione S dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, teoricamente può assumere tutti i valori positivi compresi tra 0 (superfici perfettamente impermeabili) e infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale). La valutazione di S viene condotta attraverso la seguente relazione:

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

in cui:

S₀ è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;

CN è il parametro di cui sopra, che può assumere un valore compreso fra 0 e 100; esso rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso. Tale parametro è funzione della permeabilità, delle condizioni di umidità antecedenti l'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

Per quanto concerne la natura del suolo, l'SCS ha individuato quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:



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

Gruppi geolitologici

GRUPPO A: capacità di infiltrazione molto elevata, scarsa potenzialità di deflusso; molto permeabile;

GRUPPO B: elevata capacità di infiltrazione, moderata potenzialità di deflusso; poco permeabile;

GRUPPO C: scarsa capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso moderatamente alta; quasi impermeabile;

GRUPPO D: scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione, potenzialità di deflusso elevata; impermeabile.

Per quanto riguarda le condizioni di umidità antecedenti la precipitazione, sempre l'SCS ha definito tre classi AMC (Antecedent Moisture Condition), funzione della precipitazione nei cinque giorni precedenti:

<i>Classe AMC</i>	<i>Precipitazione nei 5 giorni precedenti (mm)</i>
I Terreno secco	$0 < P < 50$
II Umidità media	$50 < P < 110$
III Terreno da mediamente umido a saturo	$P > 110$

Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di



crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Il CN(II) è definito da una tabella di letteratura a doppio ingresso, uso del suolo-permeabilità, definita da Maione. Nel caso del sottobacino analizzato, come carta di uso del suolo, si è fatto riferimento allo studio ACLA condotto dal CHIEAM-BARI in cui sono state individuate le seguenti classi alle quali sono stati associati i parametri di CN riscontrati in letteratura scientifica

Uso del Suolo	A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none"> • Aree agricole con presenza di spazi naturali • Seminativi in aree non irrigue • Vigneti non irrigui • Colture temporanee associate a colture permanenti • Frutteti e frutti minori non irrigui 	62	71	78	81
Aree Urbane	92	92	92	92
Area residenziale	77	85	90	92
Bacini d'acqua	100	100	100	100
<ul style="list-style-type: none"> • Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo • Colture orticole a ciclo estivo autunnale/primaverile • Colture orticole a ciclo primaverile-estivo • Frutteti e frutteti minori irrigui • Oliveti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui 	72	81	88	91
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Zone Boscate	45	66	77	83

valori del CN in funzione del gruppo geotologico e dell'uso del suolo

Figura 11: Valori tabellati di CN(II)



Per lo studio in oggetto, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, considerata la permeabilità del suolo e l'uso dello stesso, per ciascun bacino idrografico sono stati calcolati i seguenti valori relativi alle diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento.

8.10) Determinazione della portata al colmo di piena: l'idrogramma di Mockus

Per il calcolo della portata al colmo, si è utilizzata la metodologia proposta dal Soil Conservation Service. Questo metodo considera un idrogramma approssimato di forma triangolare con una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume V , in m^3 , ha la seguente espressione:

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

con t_b durata dell'evento di piena.

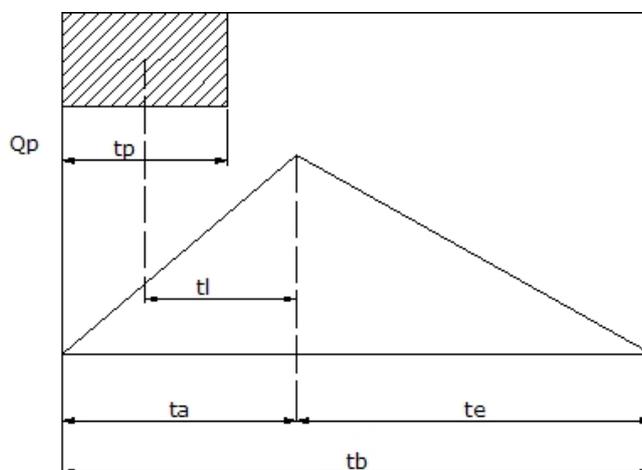


Figura 12: Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo della portata al colmo con il metodo SCS

A seguito di analisi sperimentali dell'SCS è stato stabilito 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:

$$t_b = 2.67 \cdot t_a$$

Di conseguenza è possibile esprimere la portata al colmo secondo la relazione qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a}$$

in cui:

V = volume di deflusso espresso in mm;

A = area del bacino espressa in km²;

t_a = tempo di accumulo espresso in ore.

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 (distanza tra il baricentro dello istogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

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

in cui s è la pendenza del bacino espressa in percentuale, L è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla displuviale espressa in km.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto t_L/t_c è pari a 0,6, con t_c tempo di corrivazione del bacino.

Le piogge critiche per tempo di ritorno si individuano attraverso le curve di possibilità



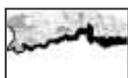
climatiche precedentemente definite, una volta calcolato il tempo di corrivazione del bacino idrografico in esame.

	tr 30	tr 200	tr 500
Bacino di studio 1	32.4	55.35	66.64
Bacino di studio 2	3.76	6.67	8.12
Bacino di studio 3	7.4	13.83	17.09
Bacino di studio 4	6.77	11.76	14.22
Bacino di studio 5	1.89	3.47	4.26
Bacino di studio 6	3.28	5.77	7
Bacino di studio 7	9.22	16.23	19.71
Bacino di studio 8	172.97	324.23	385.03

8.11) Determinazione degli idrogrammi di piena

Definite le portate al colmo di piena si è passati a definire la forma dell'idrogramma di piena. Gli idrogrammi di piena sono stati ricostruiti a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus, ossia una curva dimensionale ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica, che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Q_p , che si verifica all'istante t_a (tempo di accumulo: durata della fase di crescita) con la variabile t/t_a . La determinazione degli idrogrammi di piena è consistita quindi nell'amplificare l'ascissa e l'ordinata dell'idrogramma unitario di Mockus mediante due fattori, rispettivamente pari a t_a e Q_p caratteristici del bacino analizzato e calcolati come descritto in precedenza

t/t_a	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Q/Q_p	0.03	0.1	0.19	0.31	0.47	0.66	0.82	0.93
p	0.99	1	0.99	0.93	0.86	0.78	0.68	0.56
t/t_a	1.7	1.8	1.9	2	2.2	2.4	2.6	2.8
	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.5	5
Q/Q_p	0.46	0.39	0.33	0.28	0.207	0.147	0.107	0.077
p	0.055	0.04	0.029	0.021	0.015	0.011	0.005	0



Definito il valore delle altezze critiche di pioggia, delle portate e dell'idrogramma di piena relativamente al tempo di ritorno di 500 anni, si è proceduto all'analisi del comportamento idraulico dei solchi erosivi, nonché all'individuazione delle aree di allagamento nella zona di interesse attraverso l'utilizzo di un modello di calcolo monodimensionale.

Nei paragrafi successivi verranno descritti gli elementi principali del modello idraulico utilizzato ed esposti i risultati delle modellazioni finalizzate alla rappresentazione dello scenario attuale (nel tempo di ritorno duecentennale).

8.12) Modellazione idraulica

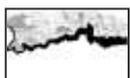
Si fa presente che lo studio idraulico e idrologico è stato redatto utilizzando il programma HEC-RAS 6.3.1 (un software utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali), che permette la simulazione dei deflussi combinando il modello monodimensionale dell'asta fluviale principale, con il modello bidimensionale delle zone esterne. **Nel caso in esame è stato utilizzato esclusivamente il modello monodimensionale, che risulta maggiormente cautelativo rispetto a quello bidimensionale.**

Le caratteristiche principali dell'algorithmo di modellazione sono:

- *Modellazione combinata 1D e 2D* che presuppone la simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario che consente di lavorare su schemi fluviali più complessi, usando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne.

- *Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:*

l'applicativo risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa è gestibile dall'utente, consentendo quindi una notevole flessibilità. Le equazioni di diffusione dell'onda in 2D sono gestite dal software al



meglio garantendo elevata velocità di calcolo unita ad una notevole stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono estendibili ad un intervallo abbastanza esteso, ma la maggior parte dei casi che si presentano può essere modellata con adeguata precisione attraverso le equazioni di diffusione dell'onda.

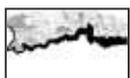
□ *Algoritmo di soluzione ai volumi finiti:* Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale si avvale di un algoritmo implicito ai volumi finiti.

L'algoritmo di soluzione permette di utilizzare step temporali di calcolo maggiori a fronte dei metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti quantifica in modo molto solido i miglioramenti in termini di stabilità e robustezza a fronte alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti.

□ *Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D:* Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente correlati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. Nelle elaborazioni si presentano spesso i questi casi in presenza di tombini.

□ *Maglie computazionali strutturate e non strutturate:* Il software è stato sviluppato per impiegare mesh computazionali strutturate o non strutturate al fine di ottenere il massimo della flessibilità. In pratica le cellule computazionali possono assumere varie forme come triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere un mix di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale ha la forma di un poligono.

□ *Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo:*



All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante digital terrain model (DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborato per sviluppare dei grafici dettagliati sulle proprietà idrauliche basate sul terreno sottostante che vengono utilizzati nella modellazione di HEC. Inoltre, ogni faccia delle celle viene valutata come una sezione trasversale dove vengono elaborate in matrici delle caratteristiche idrauliche. Il flusso idrico si sposta in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati. Questo facilita l'uso delle celle di dimensioni maggiori conservando il dettaglio del terreno sottostante che presiede il movimento del flusso. In questa modalità si svolgono meno di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più rapidi.

□ *Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni:*

La perimetrazione delle aree inondabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS-Mapper. La mappatura delle aree inondate si basa sul modello digitale del terreno e di conseguenza la reale superficie bagnata deriverà dalla morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.

□ *Delimitazione delle aree di esondazione per diversi tempi di ritorno dettati dall'inserimento di uno o più idrogrammi di piena:*

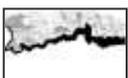
o possibilità di propagare onde di piena aventi scarsa probabilità di alluvioni;

o possibilità di propagare onde di piena aventi media probabilità di alluvioni;

o possibilità di propagare onde di piena possedenti elevata probabilità di alluvioni;

□ *Identificazione dell'altezza del tirante idraulico massimo nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di profondità);*

□ *Stima della velocità massima di propagazione della piena nelle aree esondate*



(con colorazione in scala dei valori di velocità);

- *Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore:* Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-thread presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori saranno in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore;
- *Motori di calcolo a 64 e 32 bit:* HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit con miglioramenti in termini di prestazioni.

Nel caso in parola, una volta definito il valore delle altezze critiche di pioggia, delle portate e dell'idrogramma di piena relativamente al tempo di ritorno di 500 anni, si è proceduto all'analisi del comportamento idraulico dei solchi erosivi, nonché all'individuazione delle aree di allagamento nella zona di interesse, attraverso l'utilizzo del modello di calcolo monodimensionale. Nei paragrafi successivi verranno descritti gli elementi principali del modello idraulico utilizzato ed esposti i risultati delle modellazioni finalizzate alla rappresentazione dello scenario attuale (nel tempo di ritorno duecentennale).

Si precisa che nel reticolo in studio non è stata inserita la parte di reticolo già studiata e pertanto già inserito nelle perimetrazioni del PAI. Per tali parti di reticolo vale quanto previsto nelle NTC del PAI agli articoli 7, 8 e 9 e non quanto previsto negli art. 6 e 10 delle stesse norme.

8.13) Impostazione del modello di calcolo

Come valori di riferimento per le portate di piena relative agli eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni sono stati utilizzati i valori determinati nel corso della precedente analisi idrologica. Tali valori sono stati ottenuti mediante l'utilizzo dell'analisi



statistica secondo la distribuzione data dal metodo VAPI.



Figura 13: Stralcio ortofoto dell'area di studio



Figura 14: Stralcio da RAS Mapper dell'area di studio

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni



cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente. Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente secondo Manning pari a $0,045 \text{ s/m}^{1/3}$ per la zona laterale e pari a $0,03 \text{ s/m}^{1/3}$ nella zona centrale.

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all' interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83a edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "fiumi di montagna con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi, lati ripidi".

9) Risultati

Dopo la preparazione dei dati richiesti dei modelli si è passati alle simulazioni con l'utilizzo del software monodimensionale.

Le simulazioni sono state svolte con l'introduzione dei dati relativi agli eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30 anni, 200 anni e 500 anni ed hanno condotto alla elaborazione di mappe relative a tirante e velocità per i suddetti tempi di ritorno.

Nella valutazione della pericolosità in un punto non si considera solo il tirante dell'acqua nel punto ma anche la sua velocità.

Se si prendono in esame ad esempio le mappe con tempo di ritorno 30 anni, dalle aree allagabili (ove il tirante >0) si perviene alle aree ad alta pericolosità depurando le aree marginali ove il tirante idrico e il carico dinamico sono tali da non rappresentare pericolo per la vita umana.

Le figure seguenti riportano, rispettivamente, il tirante idrico e la velocità delle relative simulazioni con portata di 30, 200 e 500 anni di ritorno. Alle immagini è sovrapposta l'impronta dell'impianto agrivoltaico.

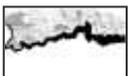




Figura 15: Planimetria tiranti idrici, TR= 30 anni



Figura 16: Planimetri delle velocità, TR= 30 anni



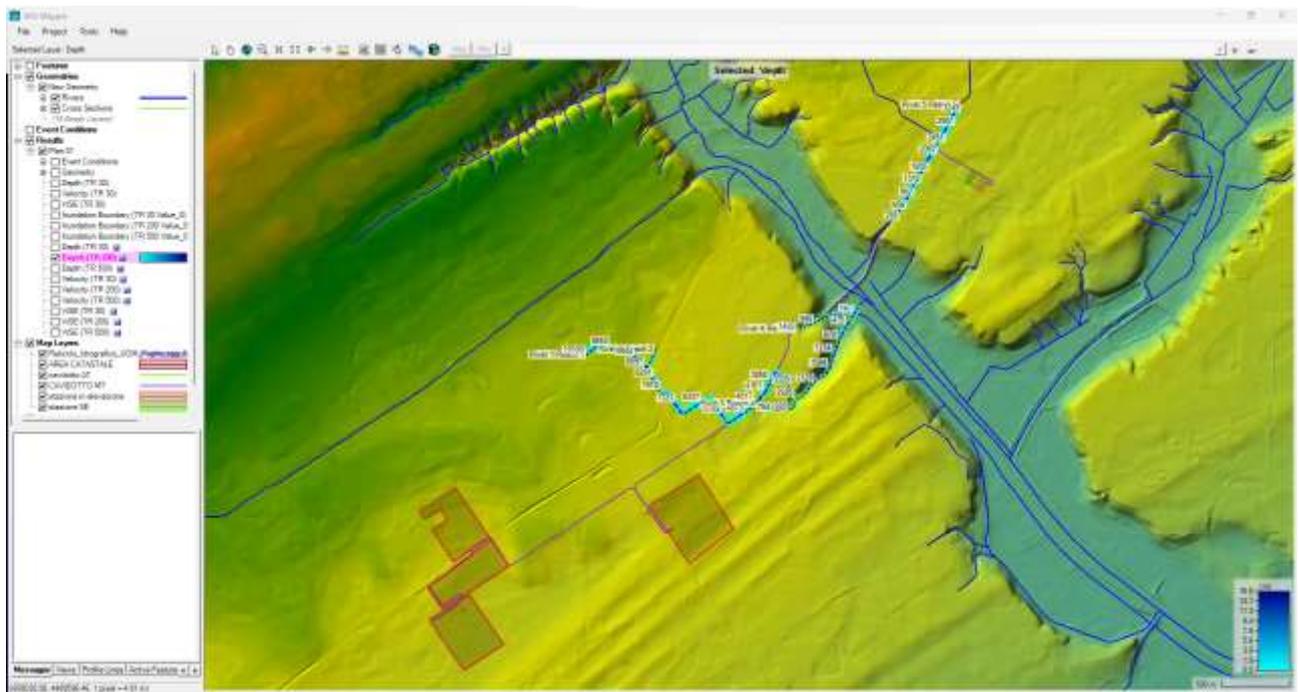


Figura 17: Planimetria tiranti idrici, TR= 200 anni



Figura 18: Planimetri delle velocità, TR= 200 anni

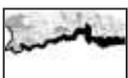




Figura 19: Planimetria tiranti idrici, TR= 500 anni

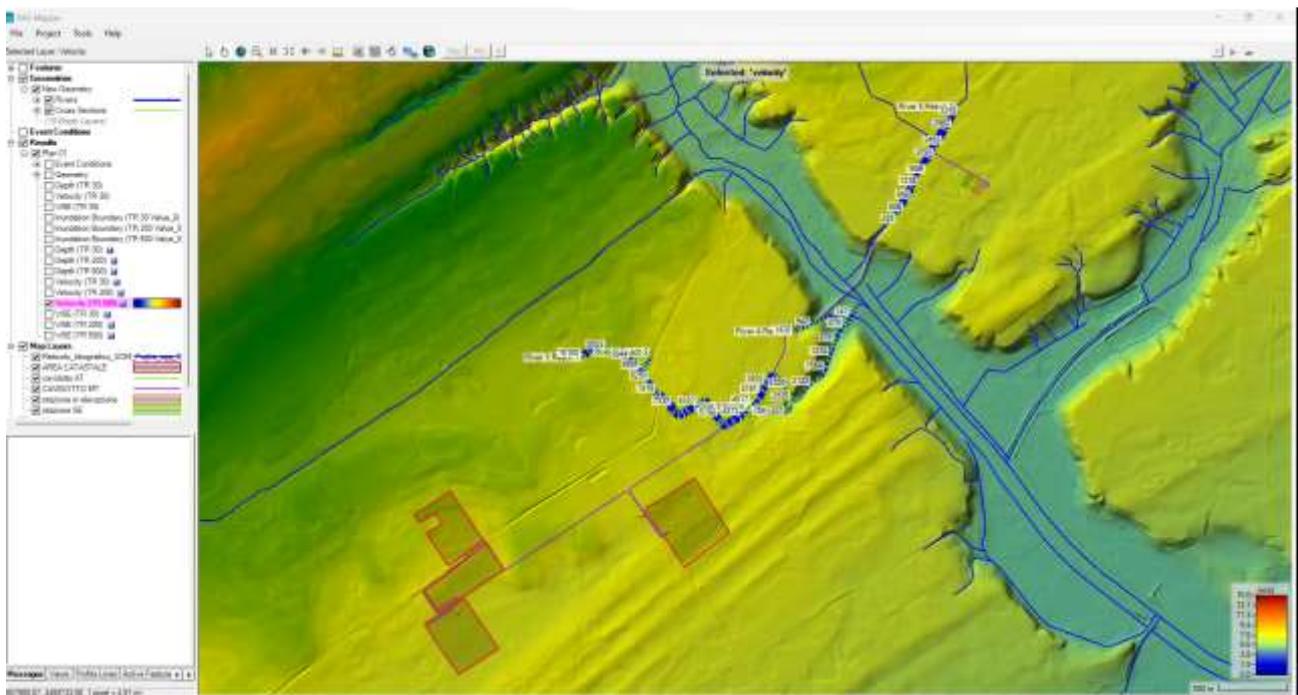
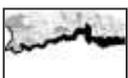


Figura 20: Planimetri delle velocità, TR= 500 anni

La seguente mappatura della pericolosità idraulica è il risultato fuori dell'elaborazione con il metodo sopra descritto:



Comune di Castellaneta (TA) - Località: S. Andrea - Realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 38,512 MWp denominato "Santacroce" e delle relative opere di connessione alla RTN
 Proponente: PIVEXO 10 Srl - Sviluppatore: GREENERGY Srl - **Studio di compatibilità idrologica ed idraulica**
 Dott. Geol. Pasquale Lopresto - Via R. Scotellaro, 23 - 74018 Palagianello (TA) - ☎ 0998495345

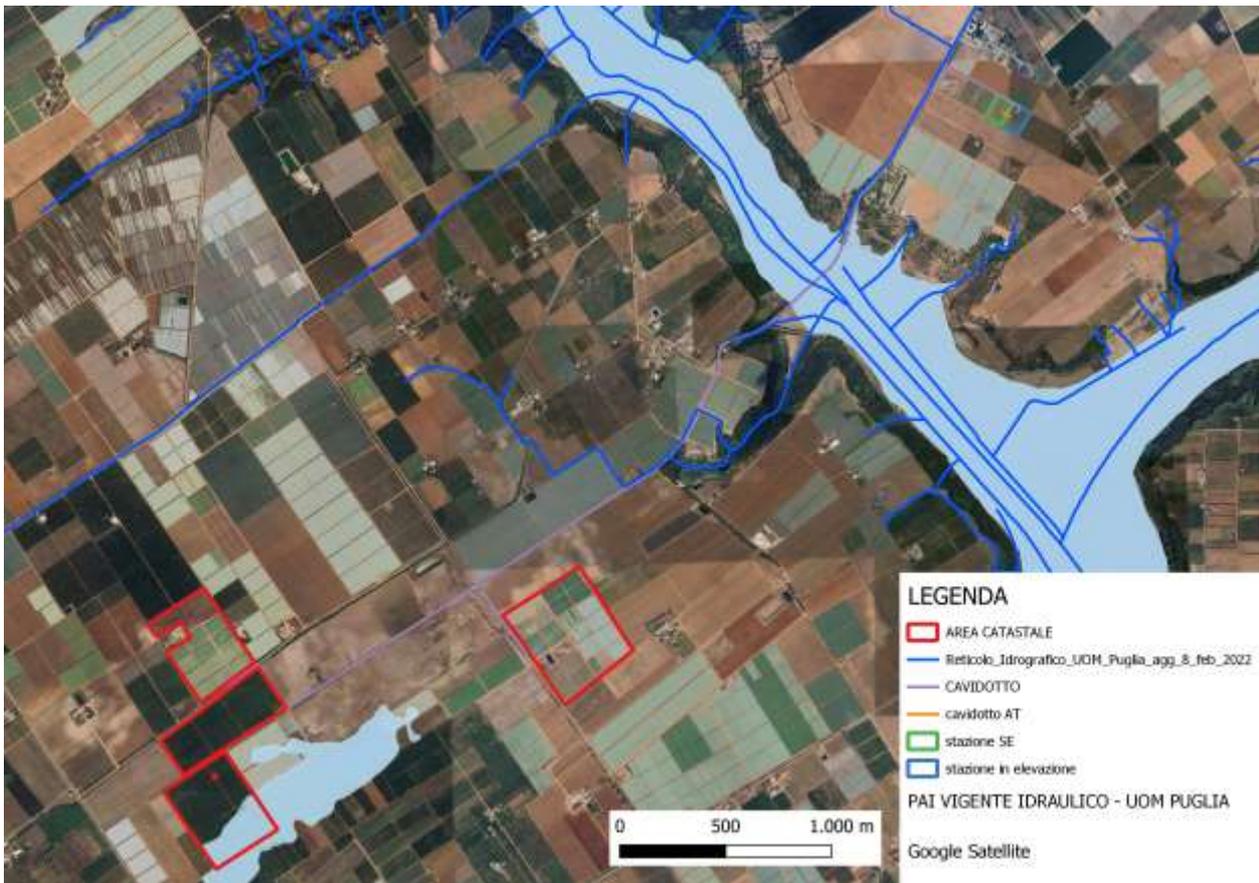


Figura 21: Stralcio PAI AdB Puglia - Pericolosità Idraulica

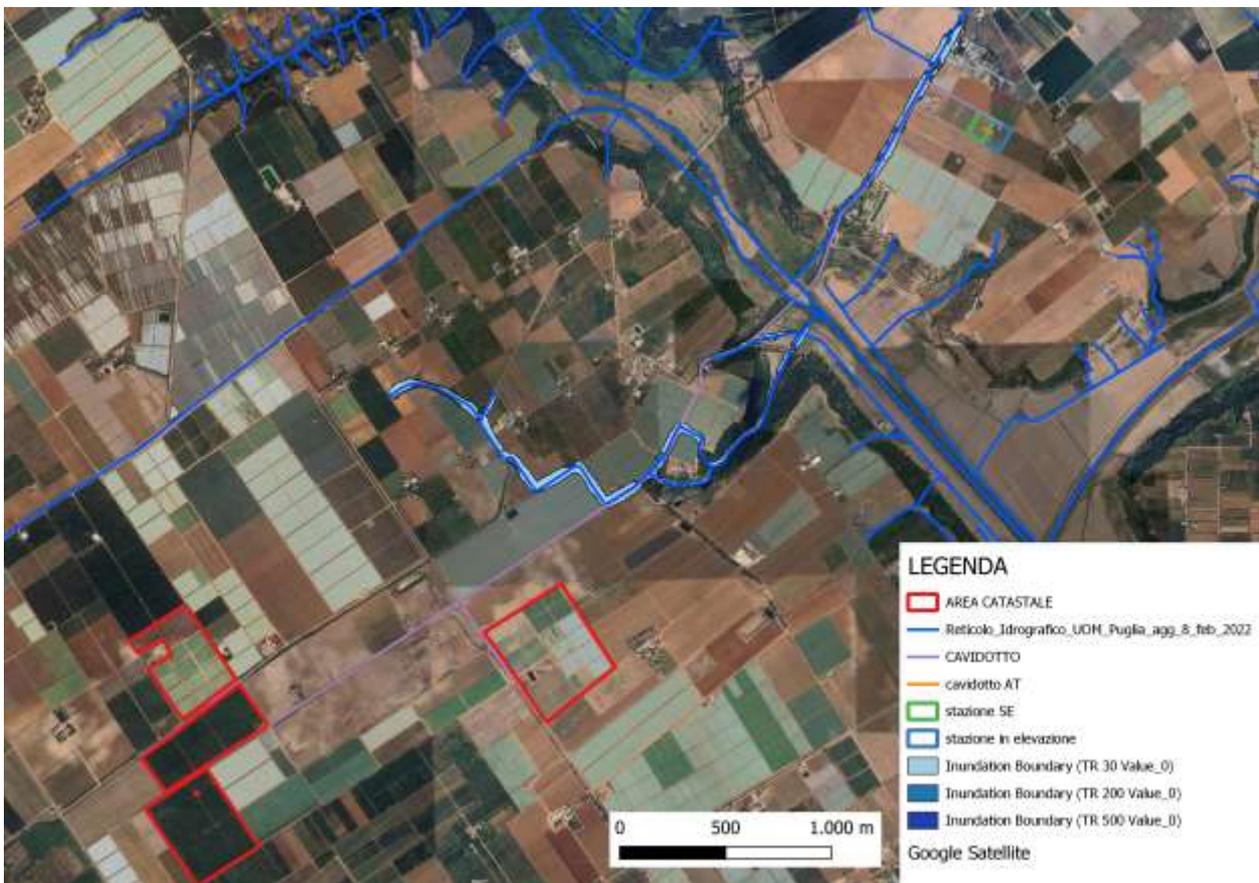


Figura 22: Aree a pericolosità idraulica derivanti dallo studio idraulico



10) Conclusioni

La società PIVEXO 10 S.r.l. prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Santacroce" con relative opere di connessione in media tensione, per la produzione di energia elettrica da fonte solare, con potenza pari a 38,512 MWp da localizzarsi su terreni agricoli nel comune di Castellaneta (TA) a circa 15,5 km a meridione dal centro abitato. Il progetto in oggetto non attraversa aree a pericolosità idraulica identificate dal PAI, mentre il sito, che sarà interessato dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, è caratterizzato dalla presenza nelle vicinanze di reticoli idrografici ramificati.

Il presente studio idrologico ed idraulico è in sintesi:

- studio morfologico dei bacini idrografici di studio;
- studio idrologico, finalizzato al calcolo dei dati pluviometrici necessari a calcolare la portata al colmo di piena per un periodo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, in riferimento alla procedura VaPi Puglia, per le sezioni di interesse lungo il reticolo di studio;
- studio idraulico, consistente nel valutare la capacità di smaltimento del tratto del reticolo idrografico con modello monodimensionale;
- definizione delle aree allagabili nei periodi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Si precisa che nel reticolo in studio non è stato inserito la parte di reticolo già studiata e pertanto già inserito nel PAI. Per tali parti di reticolo vale quanto previsto nelle NTC del PAI agli articoli 7, 8 e 9 e non quanto previsto negli art. 6 e 10 delle stesse norme.

È ragionevole sottolineare che le portate di piena sono state determinate con il metodo VAPI Puglia (come previsto all' interno del citato P.A.I.) al fine di stabilire le



portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica.

L'area allagabile, calcolata per periodi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, non interessa l'impianto agrivoltaico in progetto.

Il cavidotto previsto per la connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale RTN, necessario per la cessione dell'energia prodotta, intercetta/incrocia alcuni reticoli idrografici ed un canale di distribuzione delle acque dell'Ente Irrigazione. Per il superamento di tali ostacoli si potrà utilizzare la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC) o eventuali altre tecniche che possono risultare più vantaggiose sia dal punto di vista economico che tecnico.

