



**REGIONE PUGLIA**



**PROVINCIA DI FOGGIA**



**COMUNE DI FOGGIA (FG)**

**OGGETTO:**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 32.503,77 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 25.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "Mass.a Duanera 1<sup>o</sup>"**

ELABORATO N. A03.1_rev1	RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA DEL PROGETTO DEFINITIVO - RELAZIONE IDROLOGICA	Scala /
----------------------------	---	------------

COMMITTENTE	<b>SR PROJECT 1 SRL</b> VIA LARGO GUIDO DONEGANI,2 20121 - MILANO P.IVA 10707680962
-------------	--

Studio Acustico	Dott. Tullio Ciccarone	FIRMA E TIMBRO IL TECNICO	PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO   <b>M.E. Free Srl</b> Via Athena,29 Cap 84047 Capaccio Paestum P.Iva 04596750655 Ing. Giovanni Marsicano
Studio Geologico Idraulico	Dott. Tullio Ciccarone		
Studio Archeologico	Dott. Antonio Mesisca		
Studio Paesaggistico e Agronomico	Dott. Luca Boursier		
Studio Naturalistico e Studio Ambientale	Dott. Giampaolo Pennacchioni		
Studio Elettrico	Ing. Giovanni Marsicano		
Strutturista	Ing. Giovanni Marsicano		
Studio Idraulico	Ing. Leonardo Pio Rosiello		

Aggiornamenti							
	Rev 1	NOVEMBRE 2021	202000068	IT_FGA_A_03.1_rev1	Ing. Leonardo Pio Rosiello	Ing. Giovanni Marsicano	
	N°	Data	Cod. Stmg	Nome File	Eseguito da	Approvato da	

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 1 di 32</p>
---	--	---	--

## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Generalità .....	7
2.2 Ubicazione .....	7
2.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto.....	11
<b>3. IMPOSTAZIONI DELLO STUDIO.....</b>	<b>13</b>
<b>4. AREA DI INTERVENTO E PERIMETRAZIONE DEL P.A.I. DELL'ADB DELLA PUGLIA .....</b>	<b>14</b>
4.1 Ambito territoriale della AdB .....	14
4.2 Pericolosità idraulica e NTA del PAI .....	14
4.3 Compatibilità idraulica degli interventi .....	15
<b>5. INTERFERENZE DELLE OPERE A REALIZZARSI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO INDIVIDUATO SU CARTA IGM SCALA 1:25000 .....</b>	<b>16</b>
5.1 Impianto fotovoltaico e strade interne di cantiere .....	16
5.2 Linea elettrica cavo MT per il collegamento tra l'impianto fotovoltaico fino alla sottostazione di trasformazione .....	16
<b>5.3 Stazione di trasformazione a 150 kV e cavidotto AT .....</b>	<b>17</b>
<b>6 BACINI IDROGRAFICI SOTTESI AI PUNTI D'INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....</b>	<b>18</b>
6.1 Inquadramento generale dell'assetto dell'area .....	18
6.2 Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici .....	19
6.3 Geolitologia dei bacini idrografici .....	22
6.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI .....	23
6.5 USO DEL SUOLO DELLE AREE INTERESSATE DAI BACINI IDROGRAFICI .....	24
<b>7 STUDIO IDROLOGICO .....</b>	<b>26</b>
7.1 Generalità .....	26
7.2 ANALISI IDROLOGICA.....	27
7.3 Analisi regionale delle piogge in Puglia .....	27
7.4 DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	32

IT\_FGA\_A\_03 - ALLEGATO 1 - Layout di progetto su carta IGM 1:25000

IT\_FGA\_A\_04 - ALLEGATO 2 - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica

IT\_FGA\_A\_05 - ALLEGATO 3 - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM e carta idrogeomorfologica

IT\_FGA\_A\_06 - ALLEGATO 4 - Layout di progetto su carta IGM con individuazione dei bacini idrografici

IT\_FGA\_A\_07 - ALLEGATO 5 - Planimetria su CTR con l'individuazione delle aree allagabili determinate considerando un Tr=200 anni

IT\_FGA\_A\_08 - ALLEGATO 6 - Particolari dei punti di attraversamento dei reticoli idrografici con modalità di attraversamento e foto

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 2 di 32</p>
---	--	---	--

**IT\_FGA\_A\_09- ALLEGATO 7** - Output dei risultati ottenuti con il software Hec-Ras cpm modellazione delle aree allagabili per ogni sezione di calcolo

**IT\_FGA\_A\_10 - LLEGATO 8** - Layout di progetto e individuazione delle aree allagabili determinate in regime di moto permanente con  $T_r=200$  anni e individuazione delle sezioni di calcolo nel sistema UTM WGS 84 su supporto digitale (file dwg)

**IT\_FGA\_A\_11 - ALLEGATO 9** - Modelli di calcolo HEC-RAS (Cd room)

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 3 di 32</p>
---	--	---	--

## 1. PREMESSA

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di 32.503,77 kWp a cui corrisponde una potenza di connessione in AC di 25.000 kW. L'impianto fotovoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare mono-assiale. L'inseguitore mono-assiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione. L'inseguitore solare orienta i pannelli fotovoltaici posizionandoli sempre nella direzione migliore per assorbire più radiazione luminosa possibile. L'impianto nel suo complesso prevede l'installazione di 55.562 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di 32.503,77 kWp, raggruppati in stringhe del singolo inseguitore e collegate direttamente sull'ingresso dedicato dell'inverter. Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (inseguitore) saranno fissate al terreno attraverso dei pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni che verranno avvitate nel terreno. Complessivamente saranno installati nr. 424 inseguitori da 104 moduli in configurazione verticale, nr. 99 inseguitori da 78 moduli in configurazione verticale e nr. 72 inseguitori da 52 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 10,75 metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "BiHiKu6" della CANADIAN SOLAR da 585 Wp bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico interesserà complessivamente una superficie contrattualizzata di 44,32 Ha di cui soltanto circa 18 Ha saranno occupati dagli inseguitori, dalle cabine di trasformazione e consegna, dalle strade interne mettendo così a disposizione ampi spazi per le compensazioni ambientali e di mitigazione degli impatti visivi dell'impianto fotovoltaico. L'impianto fotovoltaico sarà realizzato in agro del Comune di Foggia (FG) in località "Mass.a Duanera 1°" ai seguenti Fogli e particelle: Foglio 11 p. 226, 45 e 252

L'immagine a seguire (rif. Elab. IT\_FGA\_A03- allegato 1) mostra l'inquadramento delle opere in progetto su cartografia IGM 1:25000.

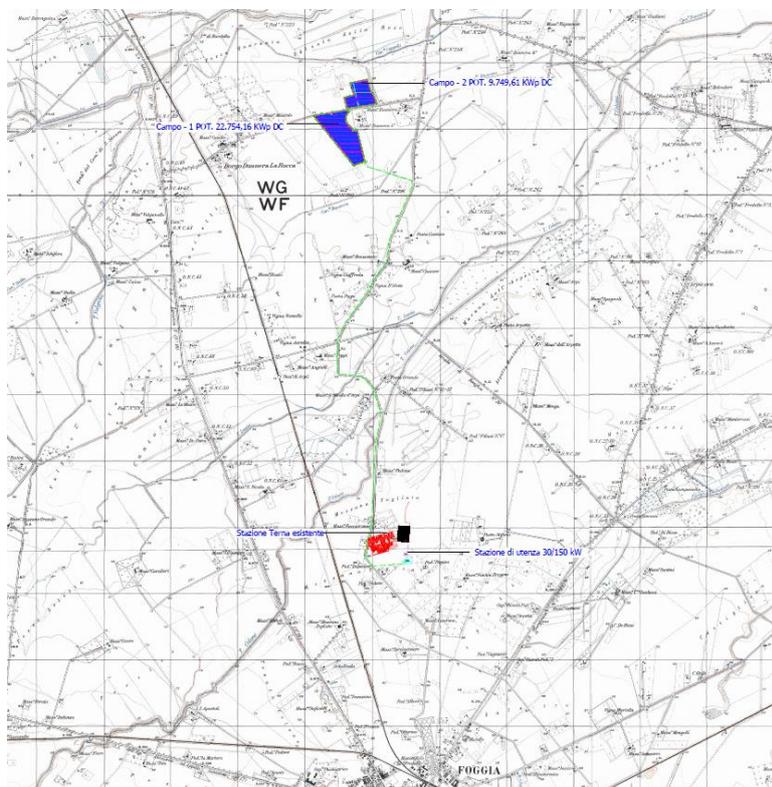


Figura 1 - Layout con ipotesi di progetto

Per il presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica, tutte le verifiche sono state eseguite in condizione di moto permanente determinando la portata con  $T_r$  200 anni.

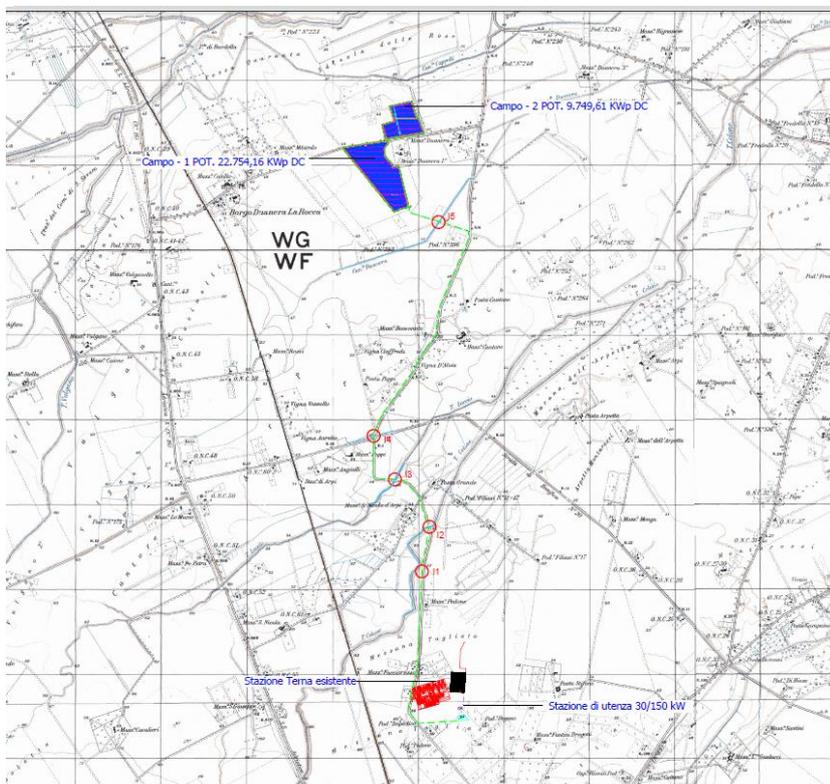
Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione del quadro conoscitivo, con particolare riferimento all'uso del suolo, alla permeabilità e alla determinazione dei bacini idraulici afferenti le sezioni di chiusura in corrispondenza degli attraversamenti per la valutazione delle relative portate e quindi della verifica degli stessi.

In particolare, si forniranno approfondimenti utili a chiarire alcuni aspetti progettuali in rapporto all'assetto idraulico del territorio, come l'insistenza di alcune opere nelle aree golenali e nelle fasce di pertinenza fluviale del reticolo idrografico e si descriveranno le modalità di attraversamento.

In fase di impostazione dello studio, per l'individuazione dei reticoli idrografici si è fatto riferimento alla cartografia I.G.M. 1:25000. Successivamente per meglio definire la morfologia delle aree interessate dalle opere in progetto e dei reticoli idrografici individuati, sono state prese in considerazione la Carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia e la Carta tecnica Regione Puglia, in quanto rappresentano meglio lo stato dei luoghi.

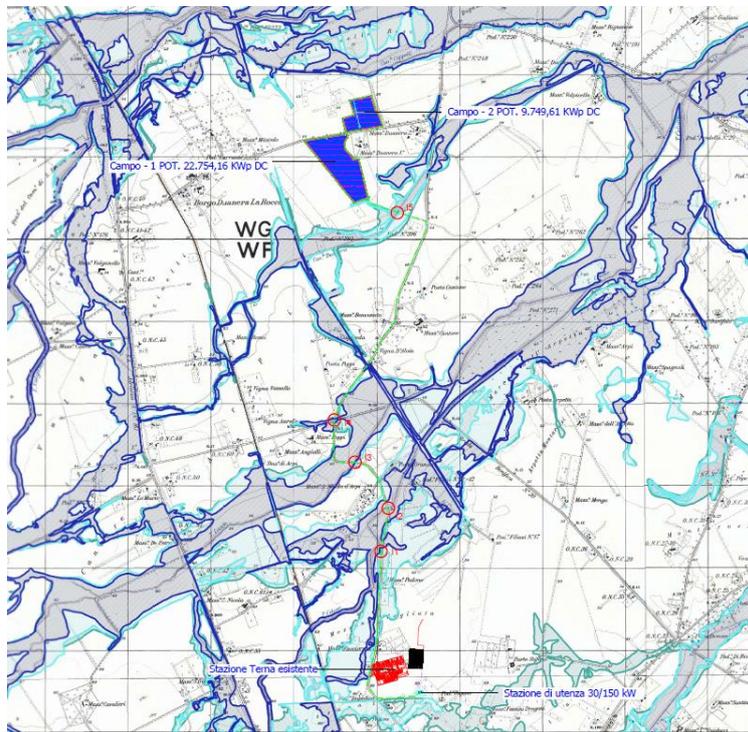
Gli studi idraulici eseguiti con tempo di ritorno di 200 anni in regime di moto permanente, sono volti a caratterizzare le relazioni che si possono stabilire tra le opere in progetto e l'assetto idraulico delle aree, in modo da poter valutare la sussistenza delle condizioni di "sicurezza idraulica" prescritte dalle NTA del PAI Puglia.

L'immagine a seguire (rif. Elab. IT\_FGA\_A04 – allegato 2) mostra l'inquadramento delle opere in progetto su cartografia IGM 1:25000 dove in blu sono individuati i reticoli idrografici e con l'indicazione **Ixx** i punti di interferenza.



**Figura 2 - Individuazione del layout di progetto su carta IGM 1:25000 e individuazione dei punti d'interferenza delle opere in progetto con il reticolo idrografico**

La figura 3 (rif. Elab. IT\_FGA\_A\_05 – allegato 3) mostra il layout di progetto su carta IGM con individuazione delle aree a pericolosità idraulica bassa, media e alta perimetrata dal PAI Adb Puglia.



Legenda:

-  Area campi fotovoltaici
-  Cavidotto MT interrato
-  Punti interferenti con reticolo idrografico

pericolosità\_idraulica

-  AP
-  BP
-  MP

Figura 3 - Layout delle opere in progetto su IGM scala 1:25000 con individuazione della perimetrazione per PAI Puglia

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 7 di 32
---	--	---------------------------------------	--

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO

### 2.1 Generalità

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare di potenza complessiva in AC di 32.503,77 kW e in DC di 25.000 kWp, da installare nel Comune di FOGGIA (FG) in localita "Mass.a Duanera 1o" situato a 7,5 km a nord del centro abitato e avente opere di connessione ricadenti sempre nel Comune di FOGGIA (CB) presso il futuro ampliamento della stazione elettrica 380/150 kV della RTN di Foggia.

Nell'area strettamente interessata dall'impianto i terreni sono di tipo agricolo con l'assoluta prevalenza di colture di cereali.

### 2.2 Ubicazione

Il Comune di Foggia è ubicato a Nord- Ovest della Regione Puglia, al centro del tavoliere delle Puglie. Il Tavoliere è una estesa pianura, vasta circa 400.000 ettari, sviluppatasi lungo la direzione SE- NW, dal fiume Ofanto sino al lago di Lesina. Questa pianura può essere suddivisa nei settori meridionale, centrale e settentrionale. Il settore meridionale è caratterizzato da una serie di ripiani degradanti dall'Appennino verso il mare Adriatico. Quello centrale è racchiuso tra il Subappennino dauno ed il promontorio del Gargano. Quello settentrionale è praticamente riconducibile alla pianura di Lesina, compresa tra la struttura tettonica Torre Mileto-Diga di Occhito e la barra costiera del lago di Lesina. L'intera pianura si è formata a seguito di vari cicli sedimentari marini e continentali alluvionali del Quaternario recente. Questa peculiare configurazione topografica presenta numerose discontinuità che, tuttavia non incidono sull'uniformità climatica dell'intera pianura, ove le differenze termiche sia estive che invernali tra le aree interne e quelle costiere sono poco significative, a parte il tratto meridionale orientale aperto sul mare adriatico sensibilmente più mite per l'effetto barriera del promontorio Garganico a N-NE. La presenza a SW del vicino ed esteso complesso montuoso appenninico accentua la continentalità che costituisce il carattere climatico più incisivo nella determinazione della vegetazione naturale del Tavoliere ormai quasi del tutto cancellata dalle colture. Il territorio comunale sorge in un'area geografica pianeggiante e presenta un'escursione altimetrica di 291 metri, con un'altitudine compresa tra i 19 e i 310 metri. L'area interessata dal progetto ricade a Nord del comune di Foggia a circa 8 km dal perimetro esterno del centro abitato ed è compresa tra il Torrente Vulgano ad ovest, il Canale Cappelli a nord ed il Torrente Celone ad est e sud. Si compone di due aree di diverse dimensioni separate dalla

così ripartite:

- CAMPO 1, circa 30,2 ettari;
- CAMPO 2, circa 14,12 ettari;

Il sito di installazione è ubicato nel Comune di Foggia (FG) nella Provincia di Foggia a 8 km in direzione Nord dal centro abitato di Foggia nella localita "Mass. Duanera 1o". L'area ha un'estensione complessiva di 44,32 Ha ed è suddivisa in 2 CAMPI recintati aventi rispettivamente le seguenti dimensioni e coordinate geografiche:

 <b>M.E. Free S.r.l.</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 8 di 32
--	--	---------------------------------------	--

**L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 2 CAMPI aventi le seguenti estensioni, ubicazioni catastali e coordinate geografiche di riferimento:**

Comune	Campo	Foglio	Particelle	Ha Tot. Particelle	Ha interessati dal progetto fotovoltaico	Ha occupati dalle strutture	Coordinata E (UTM WGS84)	Coordinata N (UTM WGS84)
Foggia (Fg)	1	11	252	31,59	30,2	12,3	544529 m	4600699 m
Foggia (Fg)	2	11	45,226	14,19	14,12	5,7	544732 m	4601323 m
Foggia (Fg)	Sottostazione Elettrica di trasformazione e Lato Utente 30/150 kV	51	55	0,6	0,3		545451 m	4594283 m
Foggia (Fg)	Stazione Elettrica di condivisione con altri produttori	51	139	0,83	0,1		545451 m	4594283 m
				<b>Tot..Ha 46,38</b>	<b>Tot. Ha 44,72</b>	<b>Tot .Ha 18,00</b>		

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 9 di 32</p>
---	--	---	--

Le aree impegnate dalle opere sono costituite da terreni pianeggianti con elevazione s.l.m. di 43 m tali da avere un'esposizione ottimale e una conformazione morfologica ideale per il posizionamento delle strutture di tracker ad inseguimento est-ovest. Le aree di impianto fotovoltaico sono servite da una buona rete di viabilità esistente costituita dalla strada interpodere Duanera che costeggia i CAMPI 1 E 2, la strada provinciale SP 24 che sbocca in prossimità della sottostazione Terna 380/150 kV di Foggia sulla SS 673. La connessione dell'impianto alla RTN è prevista in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV del futuro ampliamento della SE 380/150 kV di terna della RTN di Foggia (anche detta SE 380/150 kV di Foggia nel prosieguo) come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da Terna Spa e regolarmente accettato - STMG cod. id. 202000068. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite un cavidotto interrato di circa 8 km in media tensione alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV (anche detta SE di Utenza nel prosieguo), prevista in adiacenza del futuro ampliamento della SE 380/150 kV di Foggia e precisamente al F. 51 p. 55 del Comune di Foggia (Fg). L'accesso alla SE di Utenza avviene dalla SS 673 che attraversa la particella del F. 51 p. 55 sul lato sud della porzione di terreno che sarà utilizzata per la realizzazione di questa.

Terna SPA con comunicazione prot.72312 del 17/09/2021 (Vedi Allegato alla presente relazione) ha trasmesso alla società Grupotec Solar Italia 7 Srl e per conoscenza anche alla società SR Project 1 S.r.l. il progetto benestariato dell'ampliamento della SE RTN di Foggia sulla quale si dovrà collegare in antenna l'impianto fotovoltaico di progetto della società SR Project 1 Srl. Tale progetto dovrà essere inserito all'interno dell'iter autorizzativo degli impianti di produzione ai sensi del D.Lgs. 387/03. Nella stessa comunicazione Terna Spa ha indicato alle società SR Project 1 Srl, X-Elio Italia 10 Srl, TE Green DEV3 S.R.L. e Photovoltaic Farm Srl lo stallo all'interno dell'ampliamento della SE RTN di Foggia sul quale gli impianti di produzione delle su dette società dovranno collegarsi. Pertanto le società SR Project 1 Srl, X-Elio Italia 10 Srl, TE Green DEV3 SRL hanno siglato in data 3/9/2021 un accordo di condivisione dello stallo assegnato da Terna all'interno del futuro ampliamento della SE RTN 380/150 kV di Foggia per la connessione dei loro impianti e di condivisione di una stazione a 150 kV per far sì che in essa confluiscono tutte le uscite a 150 kV delle stazioni di utenza dei diversi produttori e fuoriesca un unico cavidotto interrato in AT a 150 kV che giunga allo stallo assegnato da Terna. La stazione di Condivisione in AT a 150 KV sarà ubicata nel F. 51 p. 139 del Comune di Foggia. La stazione utente della società SR Project 1 Srl ubicata al F. 51 p. 55 del Comune di Foggia, essa condividerà la parte AT con la stazione utente della società TE GREEN DEV3 SRL sempre all'interno della particella 55 del F. 51 del Comune di Foggia e entrambe le stazioni di trasformazioni di utenza si collegheranno alla Stazione di Condivisione

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 10 di 32</p>
---	--	---	---

a 150 kV con un unico cavidotto interrato in AT a 150 kV della lunghezza di circa 360 metri che attraverserà le particelle 55,139 del Foglio 51 e le particelle 142 del F.37 del Comune di Foggia. Il cavidotto interrato in AT che dalla Stazione di Condivisione a 150 kV in AT giunge sino allo stallo assegnato da Terna all'interno della nuova stazione satellite RTN 380/150 kV di Foggia avrà una lunghezza pari 350 metri e attraverserà le particelle catastali 139 del F. 51 e le particelle catastali 142, 141 del F. 37 del Comune di Foggia . Pertanto il progetto del collegamento elettrico di ciascun impianto di produzione alla RTN prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- a) Rete in cavo interrato in MT dagli impianti di produzione alle stazioni di trasformazione MT/150 KV;
- b) Stazioni elettriche di trasformazione MT/150 kV dei produttori sopra indicati;
- c) Stazione elettrica di Condivisione 150 kV tra i produttori sopra indicati ;
- d) Cavidotto AT interrato di collegamento tra le stazioni utente di trasformazione 30/150 kV delle società SR Project 1 Srl e Te Green Dev 3 Srl con la stazione di Condivisione 150 kV- Si fa presente che sia la stazione Utente di trasformazione 30/150 KV della società SR Project 1 Srl che quella della società Te Green Dev 3 Srl verranno realizzate nella stessa particella 55 del Foglio 51 di Foggia. Le due stazioni 30/150 kV di trasformazioni saranno distinte e separate l'una dall'altra con muri di recinzione per quanto riguarda la parte dei locali tecnici e di misura e la parte di trasformazione MT/AT , mentre avranno le barre a 150 kV in uscita in comune e un unico cavidotto AT interrato di collegamento fino alla stazione di condivisione 150 kV.
- e) Nr. 1 cavo interrato a 150 kV dalla stazione di Condivisione allo stallo assegnato da Terna SPA all'interno della nuova stazione satellite di trasformazione 380/150 kV "Foggia " di Terna;
- f) Nr.1 stallo di arrivo della linea RTN 150kV da realizzarsi all'interno della nuova stazione satellite SE 380/150kV di "Foggia";
- g) Ampliamento della Stazione SE 380/150 kV di "Foggia" mediante una nuova stazione satellite di trasformazione SE 380/150 kV ( progetto già benestariato da Terna Spa)

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 11 di 32</p>
---	--	---	---

Dette opere dovranno essere progettate ed inserite nel Piano Tecnico delle Opere (PTO) da presentare alle amministrazioni competenti per le necessarie autorizzazioni alla realizzazione ed all'esercizio.

Le opere di cui ai punti a), b), c),d),e) costituiscono opere di utenza dei proponenti, mentre le opere di cui ai punti f) e g) costituiscono opere di rete (RTN), le cui autorizzazioni, che saranno rilasciate ai proponenti con Autorizzazione Unica (AU) ai sensi delle L.387/2003, saranno in seguito volturate a Terna S.p.a.

L'intero impianto fotovoltaico occupa un'area contenuta e ricadente completamente nel territorio comunale di Foggia (Fg) ove ricadranno anche le opere di rete per il collegamento alla RTN e della SE di Utenza. Il cavidotto interrato di collegamento dell'impianto alla SE di Utenza è costituito da 2 terne di cavi da 400mmq in un unico scavo che percorrono a partire dai CAMPI 1 e 2 la SP 24 e la SS 673 fino ad arrivare nella località San Giuseppe I° dove sarà ubicata la SE di Utenza e di Condivisione a 150 kV. Il tracciato del cavidotto percorre per intero strade asfaltate.

L'elenco completo delle particelle interessate dalle opere e dalle relative fasce di asservimento è riportato nel Piano Particolare di Esproprio allegato al progetto.

### **2.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto**

Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei principali componenti dell'impianto.

L'impianto fotovoltaico di potenza in immissione in AC pari a 25.000 kW e in DC di 32.610,24 kWp e costituito da 2 CAMPI in agro del Comune di Foggia (Fg) collegati tra di loro mediante cavidotti in media tensione interrati (detto "cavidotti interni"). Dai CAMPI C1, C2 si diparte un cavidotto in MT a 30 kV costituito da 2 terne di cavi ("detto "cavidotto esterno") di lunghezza pari a circa 9,5 km per il collegamento dell'impianto alla sottostazione di trasformazione e consegna 30/150 kV di progetto (SE di Utenza), collocata in adiacenza del futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione esistente (SE 380/150 kV di Foggia) in località San Giuseppe I°. La SE di Utenza sarà collegata al futuro ampliamento della SE 380/150 kV di Foggia in antenna a 150 kV mediante un cavidotto interrato a 150 kV di lunghezza pari a 385 metri, come da preventivo di connessione Codice Pratica 202000068 emesso da Terna ed accettato dal proponente.

L'impianto fotovoltaico sarà essenzialmente costituito da:

N° 2 Campi di generazione fotovoltaica a loro volta suddivisi in un totale di 9 sottocampi

N° 9 cabine inverter e trasformazione o di sottocampo

L'impianto fotovoltaico inoltre prevede:

N° 1 Stazione di trasformazione dell'utente MT/AT, 30kV/150 kV

N° 1 Cabina di controllo, protezione e misure elettriche

-Vie cavi e cavi elettrici di BT, MT, AT

 M.E. Free S.r.l.	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 12 di 32
---	--	---------------------------------------	---

- Impianto di terra
- Impianto di illuminazione
- Impianto di videosorveglianza

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 13 di 32</p>
---	--	---	---

### 3. IMPOSTAZIONI DELLO STUDIO

Gli approfondimenti sull'assetto idraulico delle aree in esame saranno svolti con riferimento a tutte le opere elencate al paragrafo precedente, ad eccezione dei tratti di strada esistenti,.

A tutt'oggi, diversamente dalle aree a pericolosità idraulica, il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI, per cui è uso consolidato intendere "reticolo idrografico", al quale applicare i relativi articoli delle NTA del PAI stesso, tutto quanto rappresentato come tale su cartografia IGM in scala 1:25000.

Gli articoli 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, si riferiscono, rispettivamente, ad "Alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali" ed a "Fasce di pertinenza fluviale", elementi associati al reticolo idrografico.

L'allegato 2 riporta l'ubicazione degli interventi da realizzare con l'individuazione dei punti d'interferenza dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM 1:25000.

Al fine di definire il grado di interferenza tra le opere in progetto e le linee di impluvio che insistono sul territorio, si è ritenuto di dover procedere con uno studio idraulico, a scala di bacino, volto non soltanto a caratterizzarne il regime idraulico, ma, soprattutto, a definirne con la maggiore accuratezza possibile l'andamento sul territorio in relazione agli eventi che stabiliscono le condizioni di "sicurezza idraulica" secondo quanto stabilito dalle N.T.A. del PAI.

Pertanto, si è scelto di pervenire alla completa definizione dell'assetto idraulico per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

Di seguito si illustrano le fasi previste per la redazione dello studio:

- Reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, carta idrogeomorfologica, rilievi aerofotogrammetrici della nuova cartografia CTR 1:5.000 della Regione Puglia, ortofoto) e del modello digitale del terreno (DTM) della Regione Puglia a maglia 8x8 m;
- Integrazione dei dati con un rilievo metrico in sito necessario per definire la geometria del reticolo indagato, come da traccia delle sezioni riportate nell'elaborato grafico allegato 8;
- Individuazione e caratterizzazione dei bacini idrografici che abbracciano i rami del reticolo idrografico oggetto di approfondimento;
- Studio della pluviometria con i tempi di ritorno di 200 anni, di riferimento per le condizioni di sicurezza idraulica, tramite procedure di regionalizzazione proprie del progetto VAPI Puglia in modo da determinare il valore delle portate per tempi di ritorno che vanno da 5 a 200 anni;
- Individuazione delle aree interessate dal transito dei deflussi bicentenari in regime di moto permanente con tempo di ritorno di 200 anni utilizzando il software Hec-Ras.

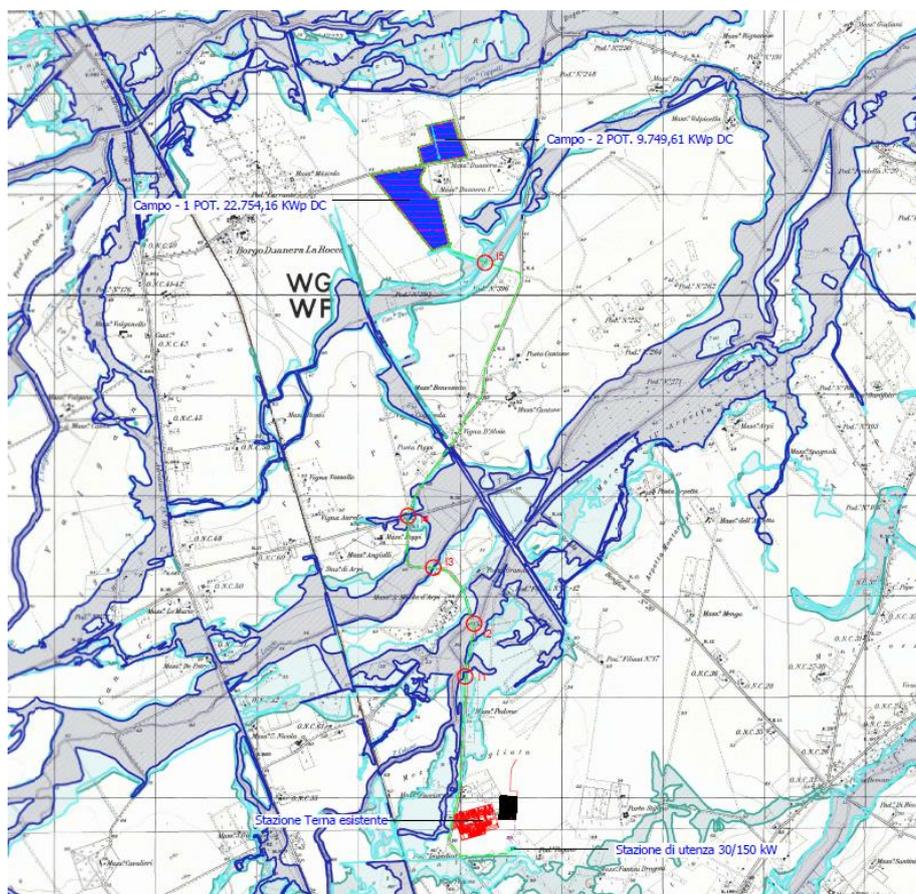
## 4. AREA DI INTERVENTO E PERIMETRAZIONE DEL P.A.I. DELL'ADB DELLA PUGLIA

### 4.1 Ambito territoriale della AdB

L'intervento progettato ricade nel comune Foggia FG); inserito nell'elenco dei comuni di competenza della AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia e inquadrati nell'ambito del PAI Puglia. I reticoli idrografici oggetto di studio sono quelli ricadenti nel bacino del Torrente Celone.

### 4.2 Pericolosità idraulica e NTA del PAI

Dalla perimetrazione del PAI Puglia e come rilevabile dagli allegati grafici si evince che l'area dove sarà ubicato l'impianto fotovoltaico e la stazione di trasformazione non interessano aree perimetrate a pericolosità idraulica e solo il cavidotto MT di collegamento dall'impianto fotovoltaico alla stazione di trasformazione interessa aree perimetrate. Si sottolinea che il cavidotto MT verrà posato su strada esistente e le interferenze le aree perimetrate dal PAI Puglia in corrispondenza dei reticoli idrografici verranno eseguite con TOC.



	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 15 di 32</p>
---	--	---	---



**Figura 4 - Inquadramento dell'area di intervento con le aree a pericolosità individuate dal PAI Puglia**

### 4.3 Compatibilità idraulica degli interventi

Ai sensi delle NTA del PAI Puglia ed in particolare dell'art. 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" è necessario verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica; il comma 2 dell'art. 10 così recita: *"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"*.

L'art. 36 delle NTA definisce la sicurezza idraulica come:

*Condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 16 di 32
---	--	---------------------------------------	---

## 5. INTERFERENZE DELLE OPERE A REALIZZARSI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO INDIVIDUATO SU CARTA IGM SCALA 1:25000

### 5.1 Impianto fotovoltaico e strade interne di cantiere

Il sito di installazione è ubicato nel Comune di Foggia (FG) nella Provincia di Foggia a 8 km in direzione Nord dal centro abitato di Foggia nella località "Mass. Duanera 1o". L'area ha un'estensione complessiva di 44,32 Ha ed è suddivisa in 2 CAMPI recintati aventi rispettivamente le seguenti dimensioni e coordinate geografiche:

Comune	Campo	Ha interessati dal progetto fotovoltaico	Coordinata E (UTM WGS84)	Coordinata N (UTM WGS84)
Foggia (Fg)	1	30,2	544529 m	4600699 m
Foggia (Fg)	2	14,12	545451 m	4594283 m
		<b>Tot. Ha 44,32</b>		

L'allegato 3 (rif. Elab. 0.7.3 – allegato 3), riporta il layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e fasce di pertinenza fluviale reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM SCALA 1:25000. Si evince che l'area interessata dall'impianto fotovoltaico e le strade di cantiere non interessano reticoli idrografici.

### 5.2 Linea elettrica cavo MT per il collegamento tra l'impianto fotovoltaico fino alla sottostazione di trasformazione

Il cavidotto interno MT interferisce con l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

Dall'allegato 3 (rif. Elab. IT\_FGA\_A\_03) si evince che il cavidotto MT interferisce in più punti con il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza fluviale.

Per le interferenze rilevate è stato eseguito studio idraulico per determinare l'area allagabile determinata con tempo di ritorno di 200 anni.

In particolare, per tutti gli attraversamenti del cavidotto in corrispondenza sia delle aree perimetrate, sia delle aree allagabili connesse a reticoli risalenti alla cartografia IGM, si utilizzerà la tecnica della trivellazione orizzontale controllata TOC.

Le interferenze del cavidotto interno da realizzare con il reticolo idrografico sono di seguito elencate:

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I1_I2	Linea di impluvio rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Torrente Celone	Cavidotto MT	Aree perimetrate ad AP_MP_BP del PAI Puglia.
I3	Linea di impluvio rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Torrente Laccio	Cavidotto MT	Aree perimetrate ad AP_MP_BP del PAI Puglia.
I4	Linea di impluvio rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea di impluvio	Cavidotto MT	Aree perimetrate ad AP_MP_BP del PAI Puglia.
I	Linea di impluvio rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea di impluvio	Cavidotto MT	Aree perimetrate ad AP_MP_BP del PAI Puglia.
I6	Linea di impluvio rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea di impluvio	Cavidotto MT	Aree perimetrate ad AP_MP_BP del PAI Puglia.

### 5.3 Stazione di trasformazione a 150 kV e cavidotto AT

Già in fase di progettazione definitiva si è tenuto in debito conto delle fasce di rispetto fluviale scegliendo la posizione della stazione di trasformazione in modo da non interferire con il reticolo idrografico esistente e da non interessare le relative fasce di rispetto fluviale. Dall'allegato 3 (rif. elab. IT\_FGA\_A\_03) si evince che la stazione di trasformazione non interessa il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza fluviale. Anche il cavidotto AT ricade al di fuori di tali ambiti.

## 6 BACINI IDROGRAFICI SOTTESI AI PUNTI D'INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

### 6.1 Inquadramento generale dell'assetto dell'area

L'impianto fotovoltaico ricade nei bacini del Fiume Candelaro (figura 5)

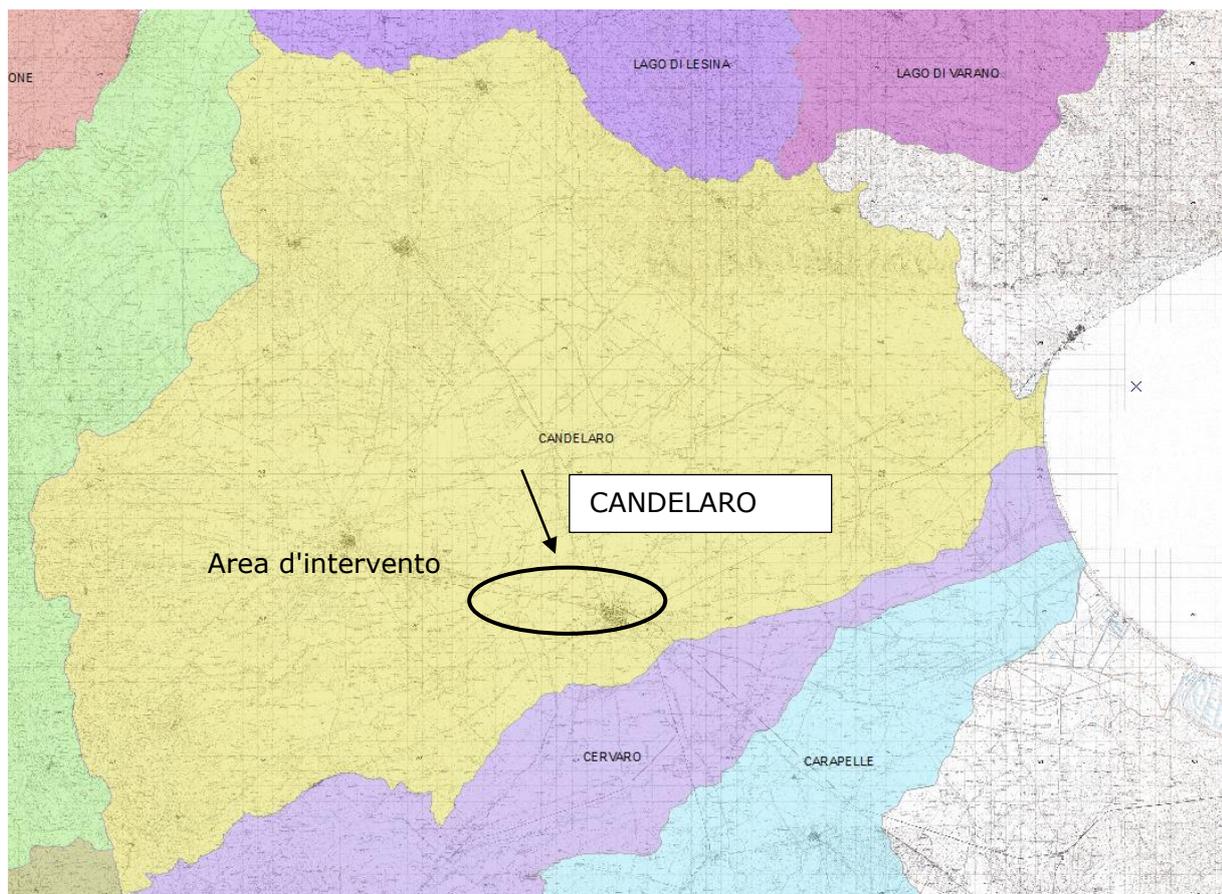


Figura 5 - Individuazione dell'area d'impianto con individuazione del bacino del Torrente Candelaro

Il Candelaro è un fiume della provincia di Foggia, dalla lunghezza di 70 km, utilizzato per l'irrigazione dei campi.

Si presuppone che il fiume Candelaro sia stato l'artefice dell'unificazione geologica del Gargano alla penisola. Infatti, molto probabilmente, il Gargano fu unito dai detriti trasportati dal Candelaro; sulla base di questa teoria si potrebbe quindi affermare che il Gargano fosse un'isola dell'attuale mar Adriatico fino a quando non si è unito alla penisola italiana.[senza fonte]

Suoi affluenti sono: il canale Radicosa, il torrente Triolo, il torrente Salsola e il torrente Celone.

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 19 di 32</p>
---	--	---	---

In epoca contemporanea la portata del Candelaro è diminuita sensibilmente per scopi agricoli e per altre motivazioni naturali.

## **6.2 Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici**

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area si trova nella parte meridionale vasta pianura del Tavoliere.

La morfologia dei luoghi è quella propria di tutta la Capitanata, e cioè con vaste spianate inclinata debolmente verso il mare, interrotte da ampie valli, con fianchi bassi e poco inclinati.

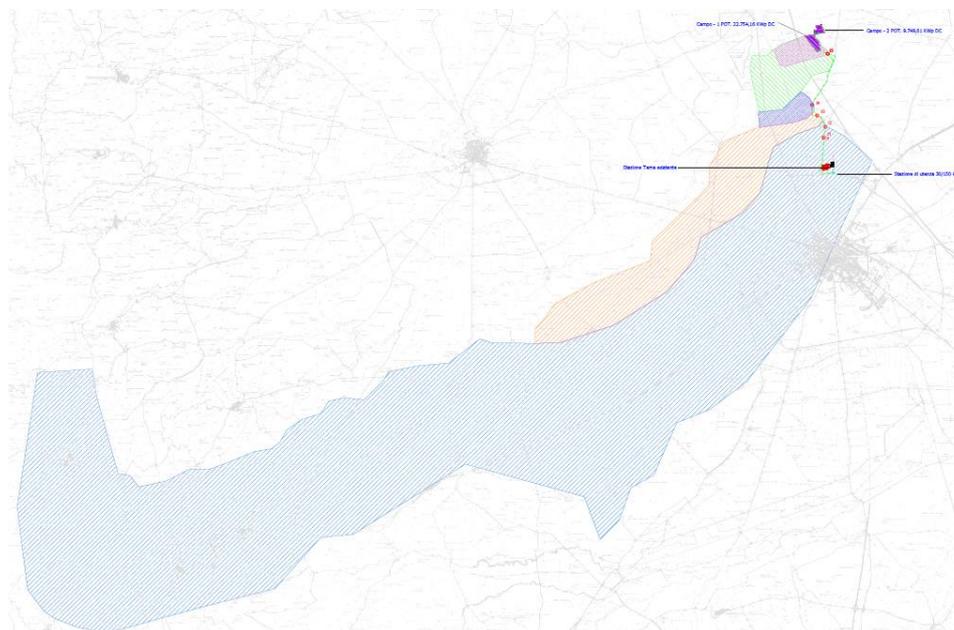
Nel dettaglio, morfologicamente l'area d'intervento si presenta sub-pianeggiante, blandamente ondulata, con quote comprese tra i 175 m ed i 90 m s.l.m., con un debole con pendenza inferiore ai 1-2°, verso Est Nord-Est.

I rilievi geologici di superficie non hanno evidenziato segni morfologici, per cui l'area può essere definita "stabile".

La morfologia dell'area interessata dai bacini idrografici è variabile con l'alternanza di ampie distese pianeggianti ad aree con andamento collinare. Le pendenze, che in taluni casi si azzerano quasi, raggiungono anche valori superiori al 10%. Le opere di progetto sono tutte previste su aree con pendenze relativamente basse.

L'idrografia superficiale è costituita da impluvi superficiale e valloni che drenano verso il Fiume Ofanto che si sviluppano che costituiscono i corsi d'acqua principali interessate dalle opere in progetto.

Le operazioni cartografiche sono state effettuate attraverso l'applicazione di software GIS, costruendo il DEM (Digital Elevation Model) successivamente integrato da rilievi metrici in modo da definire la geometria del reticolo idrografico interessato. La figura 6 mostra i bacini idrografici individuati ed aventi la medesima numerazione dei Punti di interferenza I per i quali sono stati eseguite le verifiche idrauliche (rif. Elab.0.7.4- Allegato 4)



**Legenda:**

-  Area campi fotovoltaici
-  Cavidotto MT interrato
-  Punti interferenti con reticolo idrografico

**Legenda Bacini Idrografici:**

-  Bacino Idrografico I1-I2
-  Bacino Idrografico I3
-  Bacino Idrografico I4
-  Bacino Idrografico I5
-  Bacino Idrografico I6

**Figura 6 - Inquadramento dei bacini idrografici sottesi ai punti di interferenza su carta IGM 1:25000**

Le caratteristiche fisiografiche dei bacini così definiti (nell'ordine: superficie, pendenza media dei versanti, quota minima, massima e media s.l.m., lunghezza totale dell'asta alla cresta spartiacque) sono riportate nelle tabelle a seguire.

Bacino Idrografico I1_I2		
Superficie	313.15	Kmq
Quota max	60.00	m
Quota sez. chiusura	48.00	m
Quota media	54.00	m
Lunghezza asta principale	2802.00	m
Dislivello	12.00	m
Pendenza media	0.004	%

**Tabella 1 – Parametri geomorfologici del bacino I1\_I2.**

Bacino Idrografico I3 – Torrente Laccio		
Superficie	32.33	Kmq
Quota max	60.00	m
Quota sez. chiusura	48.00	m
Quota media	54.00	m
Lunghezza asta principale	2802.00	m
Dislivello	12.00	m
Pendenza media	0.004	%

**Tabella 2** – Parametri geomorfologici del bacino I3.

Bacino Idrografico I4		
Superficie	2.42	Kmq
Quota max	60.00	m
Quota sez. chiusura	48.00	m
Quota media	54.00	m
Lunghezza asta principale	2802.00	m
Dislivello	12.00	m
Pendenza media	0.004	%

**Tabella 3** – Parametri geomorfologici del bacino I4.

Bacino Idrografico I5		
Superficie	9.28	Kmq
Quota max	60.00	m
Quota sez. chiusura	43.10	m
Quota media	51.55	m
Lunghezza asta principale	3927.00	m
Dislivello	16.90	m
Pendenza media	0.004	%

**Tabella 4** – Parametri geomorfologici del bacino I5

Bacino Idrografico I6		
Superficie	2.48	Kmq
Quota max	50.00	m
Quota sez. chiusura	43.10	m
Quota media	46.55	m
Lunghezza asta principale	2574.00	m
Dislivello	6.90	m
Pendenza media	0.003	%

**Tabella 5** – Parametri geomorfologici del bacino I6.

	<p>Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica</p>	<p>Codice Revisione Data Pagina</p>	<p>IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 22 di 32</p>
---	--	---	---

### 6.3 Geolitologia dei bacini idrografici

Morfologicamente il territorio di Foggia e generalmente pianeggiante nella porzione centro settentrionale, mentre la parte sud, dove l'altimetria si fa più importante, è caratterizzato da solchi erosivi che hanno inciso i terreni circostanti. La situazione attuale è certamente differente da quella esistente in passato, anche recente, dopo l'intervento del Consorzio di Bonifica della Capitanata che ha regimentato molti di questi "corsi d'acqua" a carattere essenzialmente stagionale, che non pochi problemi di alluvionamento avevano creato. Il Canale Marana S. Marchitto attraversa per un breve tratto il territorio meridionale di Ortanova da una quota di circa 225 m fino a 180 m.

Come già accennato il territorio indagato è caratterizzato dall'affioramento di sedimenti plio – pleistocenici, aventi grande affinità con quelli compresi nei fogli Gravina in Puglia, Foggia e Lucera, che costituiscono insieme al F175 Cerignola il Tavoliere di Puglia. Si tratta, nel complesso di una serie sabbiosa ed argillosa con episodi conglomeratici alla base ed alla sommità, per cui si può affermare che essa rappresenta un intero ed unico ciclo sedimentario anche se i termini più alti possono comprendere episodi secondari di oscillazioni marine e di alluvionamento. Dalla carta geologica in scala 1:50.000 i terreni vengono indicati come i depositi alluvionali "SISTEMA DI MOTTA DEL LUPO" del Pleistocene Superiore, costituite da sabbie fini alternate a peliti sottilmente stratificate da pochi metri ad un massimo di 10 metri. Con riferimento alla Cartografia Ufficiale dello Stato, l'area di sedimento rientra nell'ambito della tavola I.G.M. N°164 IV-SO "BORGO DUANERA LA ROCCA", in scala 1:25.000, ad una quota di circa 54 m s.l.m, nella tavola topografica N°408 "FOGGIA", in scala 1:50.000 e nella carta geologica d'Italia N°164 "FOGGIA" in scala 1:100.000.

Nell'area di stretto interesse, non si notano segni di instabilità di versante; gli interventi da realizzare non modificheranno né la circolazione idrica sotterranea e superficiale, né di innescare fenomeni di instabilità di tipo gravitativo. In particolare, l'intervento risulta di modesta entità, non sono previsti sbancamenti o riporti significativi; gli scavi saranno ridotti al minimo rispettando le linee di quota e la geometria naturale dei versanti e, può, sicuramente, essere considerato non come fattore alterante, ma, bensì come elemento di integrazione controllata che non modifica gli equilibri idrogeologici e geomorfologici. L'intervento progettuale, infatti, è stato concepito senza alterare l'orografia esistente e le acque saranno, nello stretto interesse dell'opera da realizzare, incanalate e convogliate nei reticoli principali di deflusso naturali. L'area di progetto non rientra in zone a pericolosità da frana e idraulica. Solo alcuni tratti del cavidotto attraversano aree a pericolosità idraulica bassa, Media e Alta, ma, il tracciato del cavidotto percorre esclusivamente strade già esistenti. La realizzazione della linea del cavidotto non andrà a modificare le attuali linee di quota sulle aree a pericolosità da frana e idraulica, per cui, verrà mantenuto inalterato l'attuale equilibrio idrogeologico.

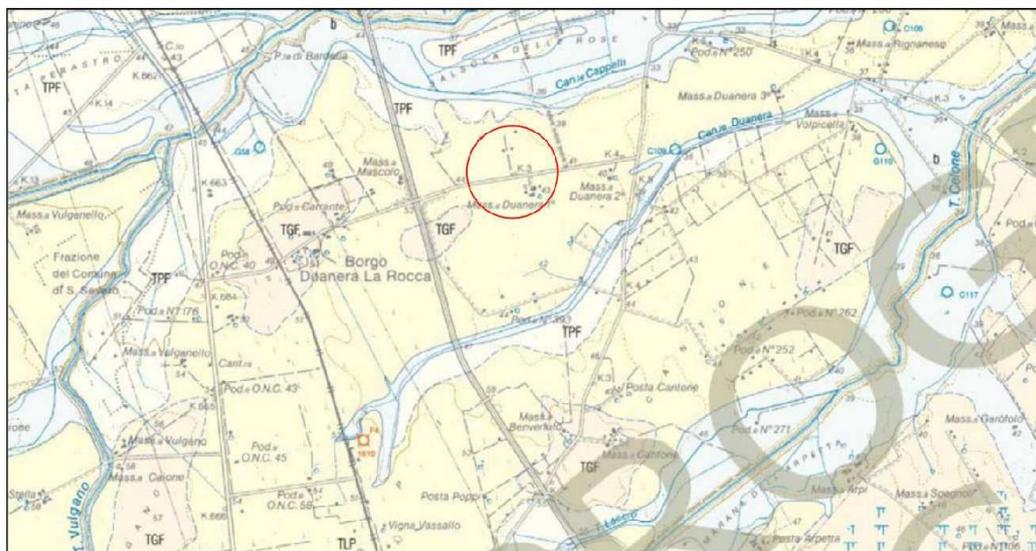


Figura n°6 – Stralcio della carta geologica d'Italia 1:50.000 “FOGGIA” N°408

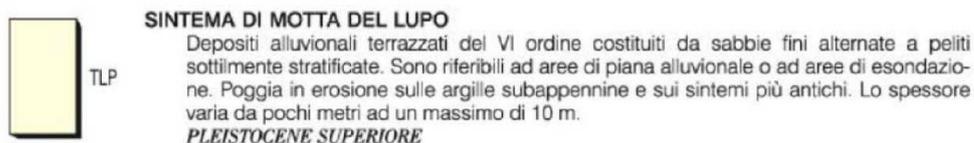


Figura 7 - Inquadramento stralcio carta geologica

#### 6.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

La zona è solcata dal Torrente Celone e da tutta una rete di fiumare di più modeste intensità, tutti a carattere torrentizio a deflusso esclusivamente stagionale, legati alle precipitazioni stagionali.

Le valli dei corsi d'acqua sono assai ampie, con fianchi bassi e poco inclinati. Dal punto di vista idrogeologico, la dominante estensione delle formazioni sabbiose e ciottolose, permeabili per porosità, tale da permettere una falda freatica superficiale ad una profondità superiore ai 20.00 metri dal p.c.

Dal punto di vista idrogeologico, la permeabilità è strettamente condizionata dalla situazione litostratigrafica. Possiamo pertanto definire diverse unità idrogeologiche. L'unità idrogeologica principale, l'acquifero poroso superficiale, è rappresentata dai depositi di copertura quaternaria in cui sono incise le ampie valli dei corsi d'acqua principali. Tale unità, che presenta uno spessore di circa 50 m, è costituita da una successione di terreni sabbioso-ghiaiosociottolosi, permeabili ed acquiferi con intercalazione di livelli argilloso-siltosi a minore permeabilità, con il ruolo di acquitardi.

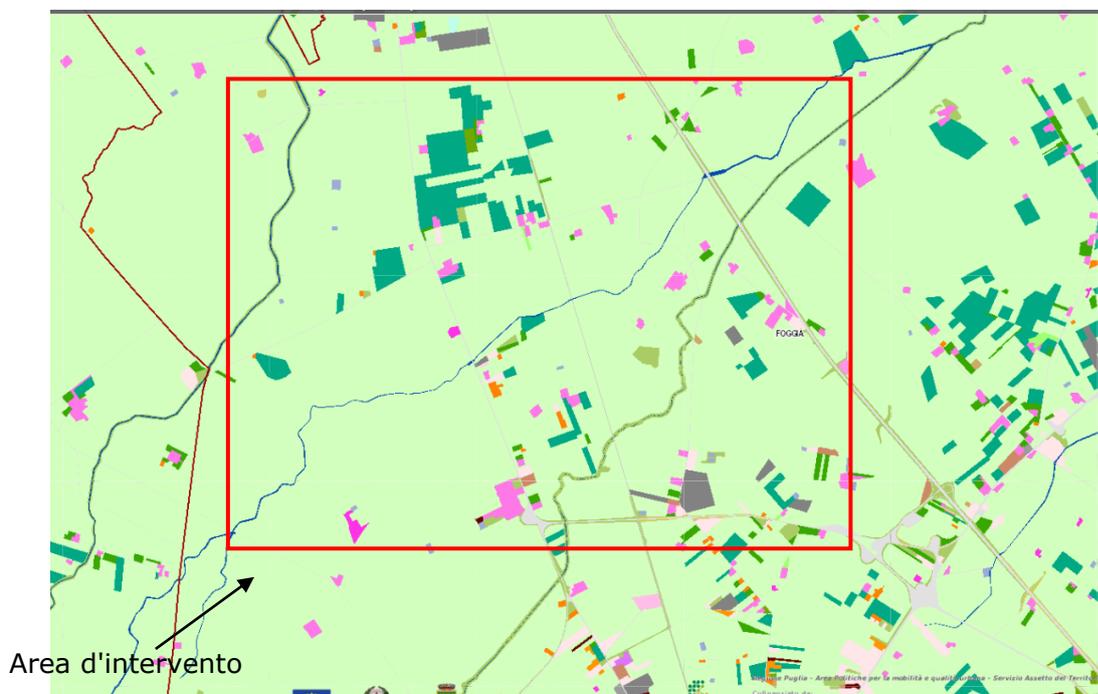
In questa unità l'acqua si rinviene essenzialmente in condizioni di falda libera e coincide, nella parte alta, con la zona di preferenziale ricarica.

L'unità impermeabile di base è rappresentata dalle argille grigio azzurre (argille subappennine) sottostanti. Le variazioni stagionali dei carichi piezometrici, che superano anche il metro, indicano l'esistenza di carichi massimi al termine del periodo invernale.

Interessante è anche la circolazione idrica sotterranea nei depositi marini sabbiosoconglomeratici del ciclo bradanico (sabbie marine e conglomerati di Ascoli Satriano) laddove poggianti sulle argille subappennine. Di un certo rilievo dal punto di vista idrogeologico, è la presenza, all'interno della successione plio-pleistocenica di interstrati costituiti da sabbie e sabbie limose (acquifero poroso profondo) la profondità, tra i 300 e i 500 m, nonché lo spessore di tale successione è estremamente variabile. I livelli acquiferi che esso ospita sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare.

### 6.5 USO DEL SUOLO DELLE AREE INTERESSATE DAI BACINI IDROGRAFICI

Dalla carta dell'uso del suolo del territorio interessato dai bacini idrografici si evince che le aree sono utilizzate per la maggior parte per scopi agricoli (figura 8). In particolare i principali utilizzi sono rappresentati da insediamenti produttivi agricoli discontinui, seminativi semplici in aree non irrigue e uliveti.



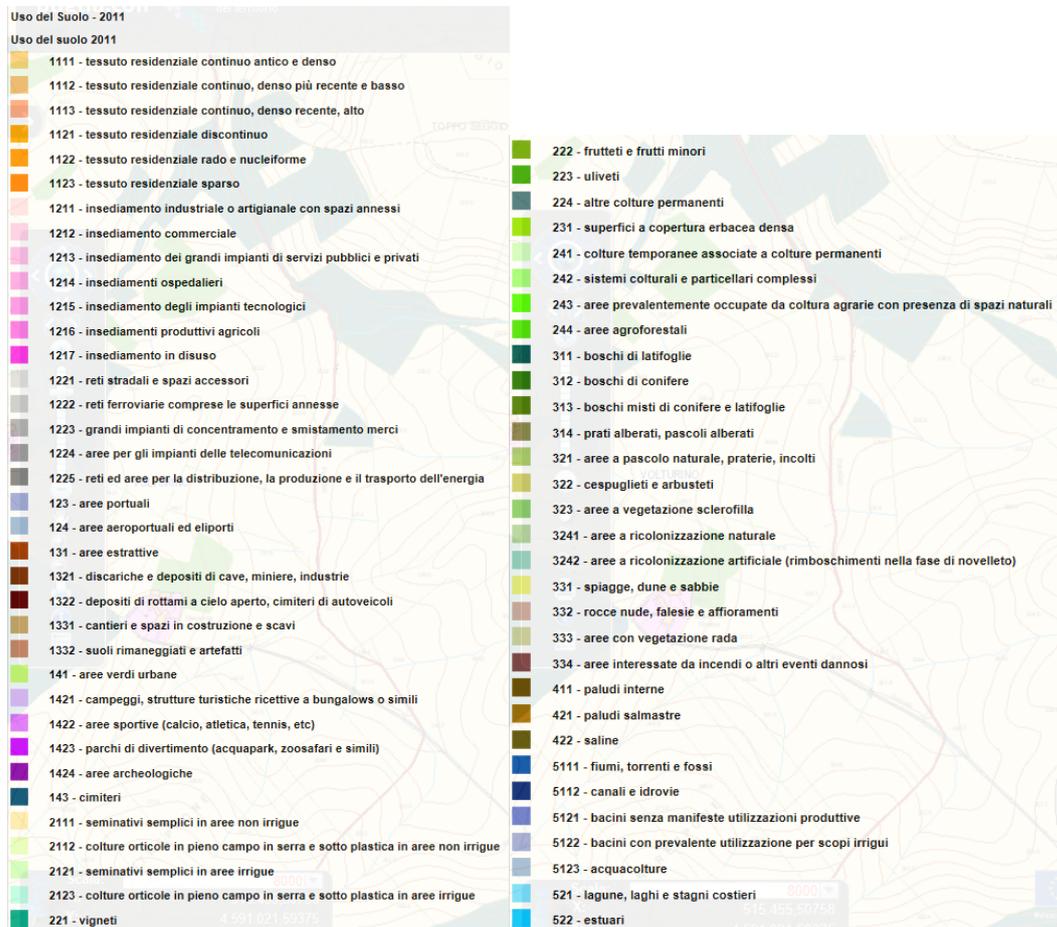


Figura 8 - Carta uso del suolo

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 26 di 32
---	--	---------------------------------------	---

## 7 STUDIO IDROLOGICO

### 7.1 Generalità

Effettuato lo studio morfologico, la metodologia da utilizzare per le analisi idrologiche deve essere individuata in base alle peculiarità del bacino e del reticolo idrografico che lo drena.

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena e dei relativi volumi che, per prefissati tempi di ritorno, interessano il bacino idrografico e, di conseguenza, il territorio e tutti gli elementi vulnerabili in esso presenti.

In congruenza con le finalità dello studio, volto a definire un assetto idraulico dei luoghi di interesse adeguato allo stato di fatto, si deve fare riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 200 anni, attraverso i quali si stabiliscono le condizioni di sicurezza idraulica.

Il D.P.C.M. 29.09.1998, in materia di difesa del suolo, stabilisce che "*Ove possibile è consigliabile che si traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, dalle elaborazioni eseguite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, oppure dai rapporti tecnici del progetto Va. Pi. messo a disposizione dal G.N.D.C.I.- C.N.R.*".

Il progetto VAPI sulla valutazione delle piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, si prefigge l'obiettivo di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Scopo di tale rapporto è quello di fornire uno strumento ed una guida ai ricercatori ed ai tecnici operanti sul territorio, per comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino naturale con il minimo possibile di incertezza.

La metodologia propria del progetto Va.Pi. effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Puglia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.

Il presente studio idrologico è stato condotto rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "*Valutazione delle Piene in Puglia*" (a cura di Vito Antonio Copertino e Mauro Fiorentino, 1994), nel seguito, denominato "**VAPI Puglia**", che, nella sua stesura originaria, era concentrato al territorio a nord del fiume Ofanto e che, in fase successiva, è stato allargato all'intero territorio regionale nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica del Politecnico di Bari, 2001). La procedura adottata e i calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali del corso d'acqua in esame si è fatto ricorso all'analisi comparata dei risultati derivati dall'applicazione di alcuni modelli di trasformazione afflussi-deflussi. In particolare si sono utilizzati i risultati rinvenuti dall'applicazione a scala regionale di due diversi approcci che si sono sinteticamente definiti con il nome di modello empirico e modello razionale e le cui peculiarità e limiti di applicabilità saranno dettagliatamente illustrati nel seguito.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 27 di 32
---	--	---------------------------------------	---

I valori derivati dall'applicazione delle due metodologie su descritte sono stati successivamente confrontati con i risultati ottenuti dall'applicazione di formule semplificate basate sulla stima, di carattere geomorfologico, dei tempi di concentrazione propri del bacino.

## 7.2 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica dell'area in oggetto è stata condotta utilizzando il metodo VAPI elaborato dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'**Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centro-meridionale** (a cura del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari, 2001).

I valori dei tempi di ritorno (**TR**) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

## 7.3 Analisi regionale delle piogge in Puglia

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

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

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

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

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

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

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

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 28 di 32
---	--	---------------------------------------	---

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

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano il periodo dal 1940 al 2000 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie. Le serie sono variabili da un minimo di 19 ad un massimo di 47 dati per un numero totale di stazioni pari a 66, tutte appartenenti alla Puglia centromeridionale.

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

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro  $\Lambda_1$  che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

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

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

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di  $\Lambda_1$ .

 <b>M.E. Free S.r.l.</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 29 di 32
--	--	---------------------------------------	---

Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire (tabella 6) si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$
<b>Puglia settentrionale</b>	2.3515	0.7721	44.629

**Tabella 6** – Parametri d'interesse.

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

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

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

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

L'indipendenza dalla durata di  $K_{TR}$  autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione. Sulla scorta dei valori regionali dei parametri  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$ , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia settentrionale, anche se tale fattore può essere calcolato in funzione di  $T_R$  attraverso la approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

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

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$ .

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

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R$$

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

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R$$

 <b>M.E. Free S.r.l.</b>	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Revisione Data Pagina	IT_FGA_A_01 00 30/06/2020 30 di 32
--	--	---------------------------------------	---

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

I valori di  $KT$  utilizzati nel caso in esame sono riportati nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	50	200	500	5	10	25	100
K(T) Zona 1-2-3-4	2,188	2,764	3,144	1,233	1,520	1,901	2,476
K(T) Zona 5-6	2,181	2,897	3,370	0,991	1,349	1,823	2,539

**Tabella 7.** Valori di  $KT$  al variare della zona e del tempo di ritorno.

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

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

essendo  $a$  ed  $n$  due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di *curva di probabilità pluviometrica*. Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera  $\mu(X_g)$  e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori  $\mu(X_g)$  e le quote sul mare  $h$  (tabella 8):

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

**Tabella 8.** Correlazione tra  $\mu(X_g)$  e la durata di precipitazione

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

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione. Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale (figura 8).

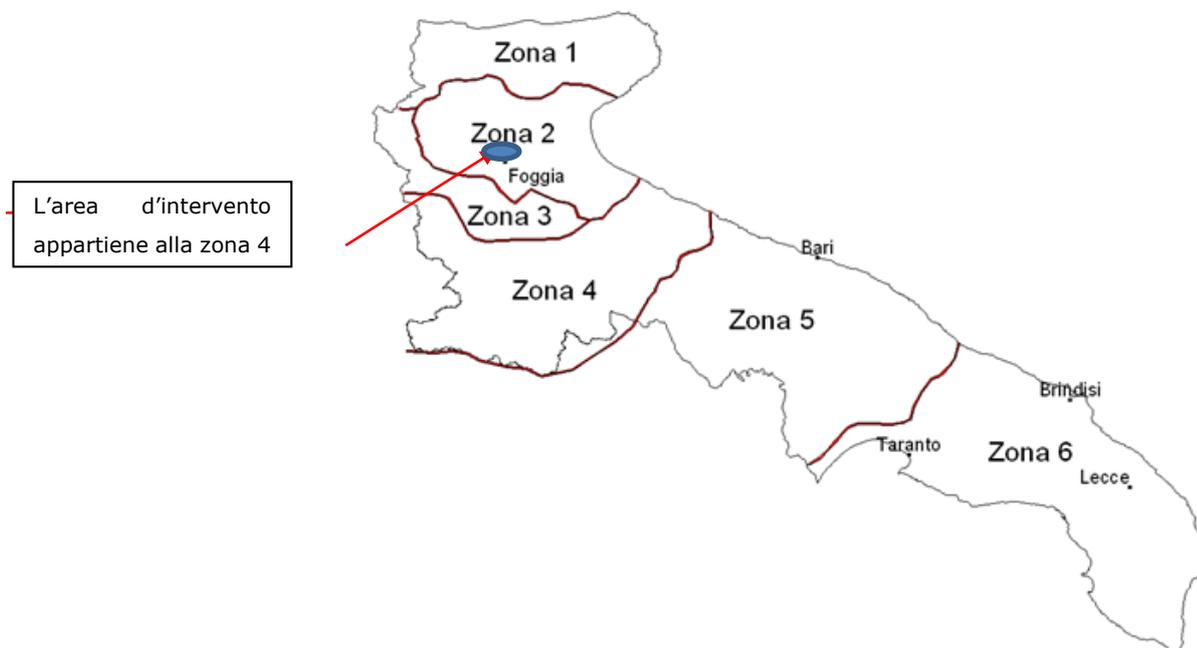


Figura 9 - Regione Puglia: zone omogenee al 4° livello.

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

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

in cui  $a$  è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di  $\mu(X_d)$  relativi alle serie con  $N \geq 10$  anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e  $\alpha = x_g/x_{24}$  è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente  $\alpha$  è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89;  $C$  e  $D$  rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire.

Zona	$\alpha$	$a$	$C$	$D$	$N$
1	0,89	28,66	0,000503	0,720	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	0,696	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	0,628	-
6	0,89	33,7	0,0022	0,666	-

Tabella 9. - Coefficienti del terzo livello di regionalizzazione

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

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

I bacini idrografici determinati ricadono all'interno della zona 2.

#### 7.4 DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le procedure di regionalizzazione descritte in precedenza hanno consentito, quindi, di determinare le curve di possibilità climatiche al variare del tempo di ritorno.

In particolare ricadono i bacini idrografici ricadono interamente nella Zona 2. Il rapporto VAPI Puglia assegna alla Zona 4 la seguente legge di variazione dei valori medi delle altezze di pioggia dei massimi annuali in funzione della durata dell'evento:

**ZONA 2**  $\mu(X_d) = 22.23d^{(0.247)}$

Il metodo precedentemente spiegato porta all'individuazione delle seguenti curve di possibilità climatiche.

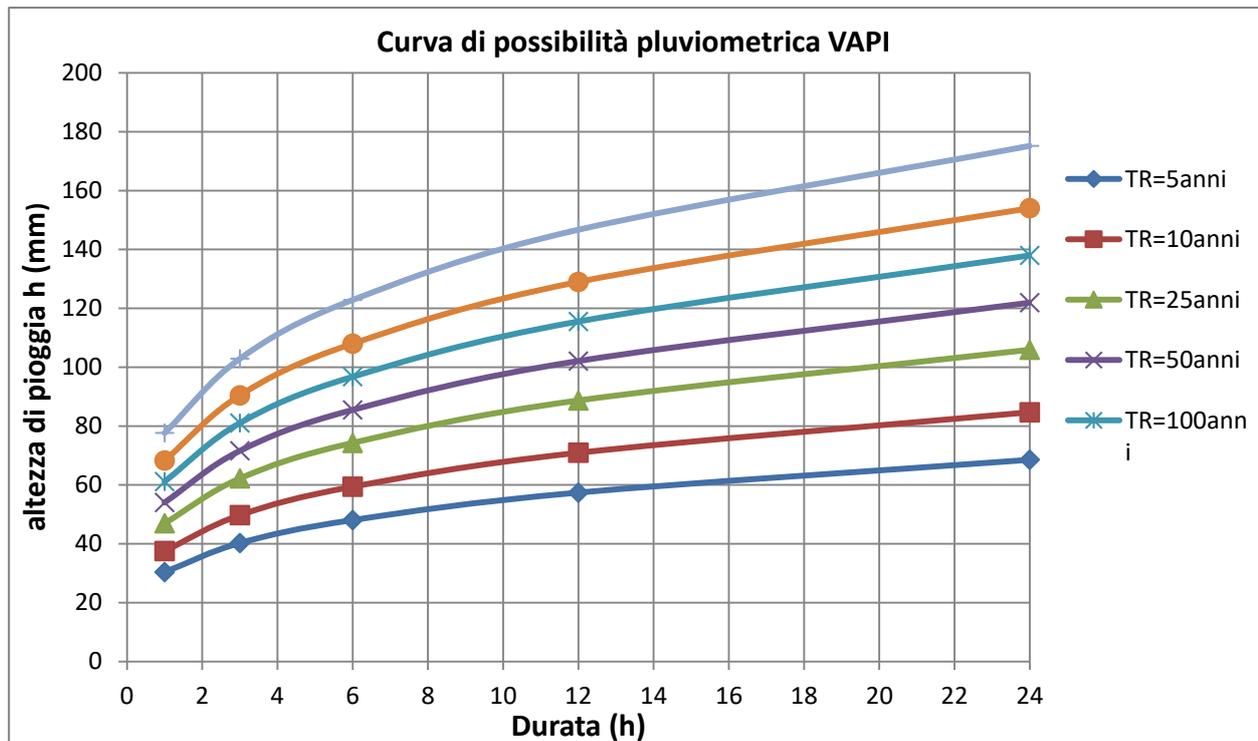


Figura 10 – Legge probabilità pluviometrica zona