

REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA DI POTENZA

Comune:  
**Melfi**

Località "Zona industriale San Nicola di Melfi"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E  
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione: 0

**RELAZIONI GENERALI**

Titolo elaborato:

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA - RELAZIONE IDROLOGICA

N. Elaborato: **1.8.1**

Scala: -

Committente

**VERUS S.r.l.**

Via Della Tecnica,18  
85100 Potenza (PZ)  
P.IVA 02059170767

Progettista

**Ing. Giuseppe Antonino Camarda**



Legale Rappresentante  
**Donato Macchia**

Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	NOVEMBRE 2021	LR sigla	GC sigla	GC sigla	PAS
		Nome File sorgente	Nome file stampa	Formato di stampa: A4	

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 1 di 27
---	--	---	--

**Sommario**

**1. PREMESSA ..... 3**

**2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO ..... 5**

2.1 Generalità..... 5

2.2 Ubicazione..... 6

2.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto ..... 6

**3. IMPOSTAZIONI DELLO STUDIO ..... 7**

**4. AREA DI INTERVENTO E PERIMETRAZIONE DEL P.A.I. DELL'ADB DELLA PUGLIA ..... 9**

4.1 Ambito territoriale della AdB ..... 9

4.2 Pericolosità idraulica e NTA del PAI..... 9

4.3 Compatibilità idraulica degli interventi..... 9

**5. INTERFERENZE DELLE OPERE A REALIZZARSI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO INDIVIDUATO SU CARTA IGM SCALA 1:25000 ..... 11**

5.1 Interferenze delle opere con il reticolo idrografico individuato dalla carta IGM 1:25000 ..... 11

5.2 Linea elettrica cavo MT interrato che collega gli impianti fotovoltaici alla stazione elettrica di trasformazione 11

5.3 Stazione di trasformazione a 150 kV e cavidotto AT ..... 13

**6. BACINI IDROGRAFICI SOTTESI AI PUNTI D'INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO ..... 14**

6.1 Inquadramento generale dell'assetto dell'area ..... 14

6.2 Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici ..... 14

6.3 GEOLITOLOGIA DEI BACINI IDROGRAFICI ..... 17

6.4 USO DEL SUOLO DELLE AREE INTERESSATE DAI BACINI IDROGRAFICI ..... 20

**7. STUDIO IDROLOGICO..... 21**

7.1 Generalità..... 21

7.2 ANALISI IDROLOGICA..... 22

7.3 Analisi regionale delle piogge in Puglia ..... 22

7.4 DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA..... 27

**ALLEGATO 1** - Layout di progetto su IGM con individuazione dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM 1:25000 e carta idrogeomorfologica

**ALLEGATO 2** - 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 scala 1:25000 e carta idrogeomorfologica

**ALLEGATO 3** - Layout di progetto su IGM con individuazione dei bacini idrografici

TEN Project

Sede legale ed operativa: Loc. Chianarile Z.I., 82010 San Martino Sannita (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 2 di 27
---	--	---	--

**ALLEGATO 4** - Planimetria su IGM con l'individuazione delle aree allagabili determinate considerando un  $Tr=200$  anni

**ALLEGATO 5** - Particolari dei punti di attraversamento dei reticoli idrografici con modalità di attraversamento e foto

**ALLEGATO 6** - Output dei risultati ottenuti con il software Hec-Ras in corrispondenza di ogni sezione di calcolo

**ALLEGATO 7** - Layout di progetto con individuazione delle aree allagabili con  $Tr=200$  anni e sezioni di calcolo nel sistema UTM WGS 84 su supporto digitale (Cd room)

**ALLEGATO 8** - Modelli di calcolo HEC-RAS (Cd room)

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 3 di 27
---	--	---	--

## 1. PREMESSA

Obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale a cui è legato il progetto di seguito descritto è la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 75 MW e potenza di picco pari a 76,26 MWp da installare nel comune di Melfi (PZ) in località "Zona industriale San Nicola di Melfi- Area produttiva P.R.", e con opere di connessione ricadenti tutte nello stesso territorio comunale.

Proponente dell'iniziativa è la società Verus S.r.l. con sede a Potenza (PZ) in via Della Tecnica 18. L'impianto fotovoltaico è costituito da 110523 moduli ognuno di potenza pari a 690 Wp. L'impianto è organizzato in gruppi di stringhe collegati alle cabine di campo le quali saranno a loro volta collegate alle cabine di raccolta situate in area impianto. L'impianto è suddiviso in due macro aree, rispettivamente zona Nord e zona Sud. A loro volta si distinguono in "Area Nord 1", "Area Nord 2", "Area Sud 1", "Area Sud 2" e sono prossime alla SP111; le quattro aree campo a destinazione industriale saranno delimitate da recinzione perimetrale e provviste di cancelli di accesso.

L'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di moduli fotovoltaici in corrente continua e viene trasmessa all'inverter che provvede alla conversione in corrente alternata. Ogni inverter è posto all'interno di una cabina di campo all'interno della quale è ubicato il trasformatore MT/BT.

Le linee MT in cavo interrato collegheranno fra loro le 20 cabine di campo e quindi proseguiranno alle cabine di raccolta previste all'interno dell'area d'impianto. Dalle cabine di raccolta si svilupperà la linea MT interrata per il trasferimento dell'energia alla Stazione Elettrica di Trasformazione utente 30/150 kV collegata a sua volta al sistema di sbarre AT dell'area comune a 150 kV esistente ed in esercizio condivisa con altri produttori. L'area comune è a sua volta collegata allo stallo AT 150 kV della Stazione Elettrica RTN 150/380 kV "Melfi".

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

Il presente studio di compatibilità idrologica e idraulica ha lo scopo di valutare le interferenze del cavidotto di collegamento MT interrato che percorre i tre campi fotovoltaici fino alla stazione elettrica sul regime idrologico e idraulico del reticolo idrografico ai sensi delle norme tecniche di attuazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Così, come richiesto dall'AdB del Distretto dell'Appennino Meridionale, il presente studio di compatibilità idrologica e idraulica prevede verifiche idrauliche per le interferenze con il reticolo idrografico in condizione di moto permanente determinate per un Tr 200 anni.

L'intervento in progetto si sviluppa nel territorio del comune di Melfi (PZ) che ricade nel territorio di competenza dall'AdB del Distretto dell'Appennino Meridionale territorio ex della AdB della Puglia.

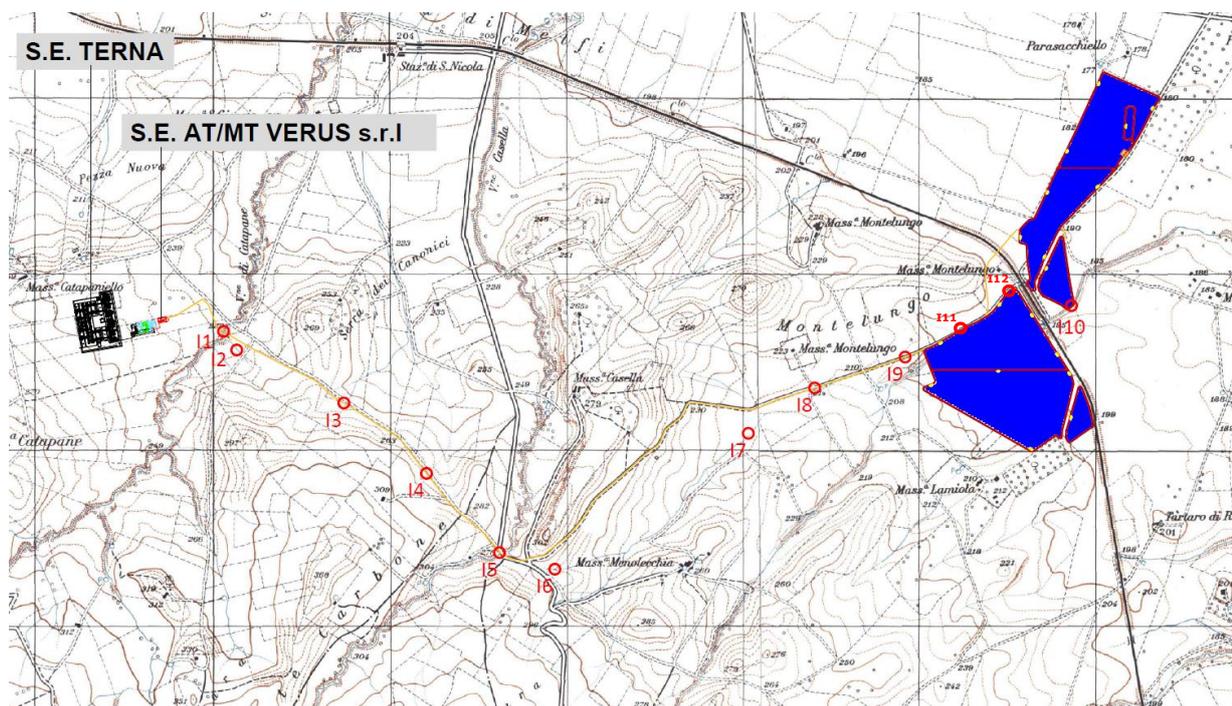
Di seguito sono dapprima descritte le varie fasi del lavoro di ricostruzione del quadro conoscitivo, con particolare riferimento all'uso del suolo, alla permeabilità e alla determinazione dei bacini idraulici afferenti

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 nell'alveo in modellamento attivo e aree golenali e nelle fasce di pertinenza fluviale del reticolo idrografico e si descriveranno le modalità di attraversamento. In fase di impostazione degli studi, per l'individuazione dei reticoli idrografici, si sono considerate le indicazioni idrauliche fornite dalla Carta I.G.M. 1:25000, fonte ufficiale per l'individuazione del reticolo idrografico. Successivamente per meglio definire la morfologia delle aree interessate dalle opere in progetto e dei reticoli idrografici individuati, si è presa in considerazione la Carta tecnica Regione Basilicata, in quanto rappresenta meglio lo stato dei luoghi.

Gli studi effettuati sono stati 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 renderli reciprocamente compatibili secondo quanto prescrive il criterio di conformità al PAI vigente, in relazione alle condizioni di "sicurezza idraulica".

La figura 1 mostra il layout delle opere in progetto con individuazione dei punti d'interferenza con il reticolo idrografico rinvenuto da carta IGM scala 1:25000 (irif. allegato 2 – rif. elab.FV.MEL05.PD.1.8.3).



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

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 5 di 27
---	--	---	--

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO

### 2.1 Generalità

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico da realizzare nel comunale di Melfi in località "C.da San Nicola". L'area è raggiungibile percorrendo la SP111.

L'impianto fotovoltaico di progetto ha una potenza complessiva di picco installata pari a 76,26 MWp. suddetto impianto è costituito da 110523 moduli fotovoltaici, suddivisi in campi, sottocampi e stringhe, i quali sono collegati in serie o in parallelo a seconda del livello. Una serie di moduli costituisce una stringa, la quale si collega in parallelo ad altre stringhe per formare il sottocampo, il quale forma con altri sottocampi sempre collegati in parallelo il campo fotovoltaico.

I pannelli saranno montati su strutture a inseguimento monoassiale (tracker), in configurazione 1X ovvero un tracker con 1 filare.

I tracker su cui sono montati i moduli sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione.

Le strutture dei tracker sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale secondo l'asse nord-sud (mozzo) inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati. L'impianto sarà corredato da 20 cabine di campo, 2 cabine di raccolta. Durante il giorno l'impianto fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Tale corrente è inviata attraverso i quadri di campo e sottocampo agli inverter i quali la trasformano in corrente alternata trifase.

Le uscite c.a. degli inverter di ogni sottocampo si collegano a relativi trasformatori MT/BT che elevano la tensione a 30 kV e in particolare le cabine di sottocampo saranno collegate tra di loro mediante un cavidotto MT interrato denominato "cavidotto interno". Quest'ultimo giungerà alle cabine di raccolta a partire dalle quali si svilupperà un cavidotto MT interrato, denominato "cavidotto esterno" per il collegamento dell'impianto alla Stazione Elettrica di Trasformazione utente 30/150 kV.

L'area d'impianto (ovvero quella destinata all'installazione dei pannelli fotovoltaici), ubicata all'interno della Zona industriale San Nicola di Melfi-Area produttiva PR sarà delimitata da una recinzione realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde collegata a pali in acciaio tinteggiati verdi infissi direttamente nel suolo. Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia si prevede di installare la recinzione in modo da garantire lungo tutto il perimetro dell'impianto un varco di 20 cm rispetto al piano campagna. L'accesso all'area d'impianto avverrà attraverso diversi cancelli carrai a due ante, con luce netta 5 m ed ante montate su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

All'interno dell'area d'impianto e perimetralmente alla recinzione è previsto un sistema di illuminazione e videosorveglianza che sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato. L'illuminazione avverrà dall'alto verso il basso in modo da evitare la dispersione verso il cielo della luce artificiale in accordo con quanto previsto dalla normativa regionale e nazionale in materia di inquinamento luminoso (ad esempio l.r. 23 novembre 2005, n. 15).

A partire dall'area d'impianto si sviluppa il cavidotto di collegamento dell'impianto alla Stazione Elettrica di Trasformazione utente 30/150 kV collegata a sua volta al sistema di sbarre AT dell'area comune a 150 kV

TEN Project

Sede legale ed operativa: Loc. Chianarile Z.I., 82010 San Martino Sannita (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 6 di 27
---	--	---	--

esistente ed in esercizio condivisa con altri produttori. L'area comune è a sua volta collegata allo stallo AT 150 kV della Stazione Elettrica RTN 150/380 kV "Melfi".

## 2.2 Ubicazione

L'impianto fotovoltaico di progetto ricade sul territorio comunale di Melfi (PZ) nell'area industriale denominata "Zona industriale San Nicola di Melfi-Area produttiva PR".

Per il dettaglio dell'ubicazione catastale delle opere di progetto si rimanda alla sezione 3 "Rilievi planoaltimetrici ed elaborati progettuali"

Si fa presente che le aree sulle quali è prevista l'installazione del campo fotovoltaico sono già nella disponibilità della proponente.

## 2.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto

Il progetto prevede l'installazione di tracker su cui verranno installati i moduli fotovoltaici come segue:

- Orientamento dei tracker orizzontali in direzione nord/sud;
- Rotazione lungo l'arco solare (asse est-ovest)

I tracker saranno posizionati in file parallele e opportunamente distanziate per mantenere gli spazi necessari sia per minimizzare il loro reciproco ombreggiamento, sia per la definizione di "corridoi" naturali transitabili con piccole macchine operatrici per la manutenzione ordinaria e straordinaria.

In sintesi l'impianto presenta:

- N. 110523 moduli fotovoltaici da 690 Wp collegati in stringhe installate su strutture di supporto;
- N°20 inverter di potenza nominale 3750 kVA;
- N°20 trasformatori MT/BT di potenza nominale 4500 kVA;
- N°20 cabine di campo all'interno dell'area d'impianto;
- N°2 cabine di raccolta
- N°1 Stazione elettrica di utenza

L'Autorità per l'energia elettrica, il gas e rete idrica con la delibera ARG/elt99/08 (TICA) e s.m.i. stabilisce le condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi per gli impianti di produzione di energia elettrica.

Il campo di applicazione è relativo anche ad impianti di produzione e si prefigge di individuare il punto di inserimento e la relativa connessione, dove per inserimento s'intende l'attività d'individuazione del punto nel quale l'impianto può essere collegato, e per connessione s'intende l'attività di determinazione dei circuiti e dell'impiantistica necessaria al collegamento.

L'impianto fotovoltaico di VERUS S.r.l. avrà una potenza installata di 76,26 MWp, ed una potenza nominale in uscita dagli inverter di 75 MW.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 7 di 27
---	--	---	--

La Soluzione Tecnica Minima Generale trasmessa da Terna con Codice Pratica 202000202 prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della SE di trasformazione a 380/150 kV denominata "Melfi".

### 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, in quanto consentiranno il solo transito dei mezzi per il trasporto speciale in fase di montaggio dell'aerogeneratore.

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 presso l'Autorità di Bacino della Puglia, 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 (rif. elab. 4) 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 previsti per la redazione dello studio:

- reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, rilievi aerofotogrammetrici della nuova cartografia CTR 1:5.000 della Regione Basilicata, ortofoto);
- 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 7 (rif. elab. 5.3.9);
- individuazione e caratterizzazione dei bacini idrografici che abbracciano i rami del reticolo idrografico oggetto di approfondimento;

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 8 di 27
---	--	---	--

- 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.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 9 di 27
---	--	---	--

## 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 di Melfi (PZ); inserito nell'elenco dei comuni di competenza della AdB del Distretto dell'Appennino Meridionale territorio di competenza ex AdB Puglia.

I reticoli idrografici oggetto di studio sono quelli ricadenti nel bacino del Torrente Ofanto.

### 4.2 Pericolosità idraulica e NTA del PAI

Dalla perimetrazione dell'AdB della Puglia si evince che le opere in progetto non ricadono in aree perimetrale del PAI AdB Puglia.

### 4.3 Compatibilità idraulica degli interventi

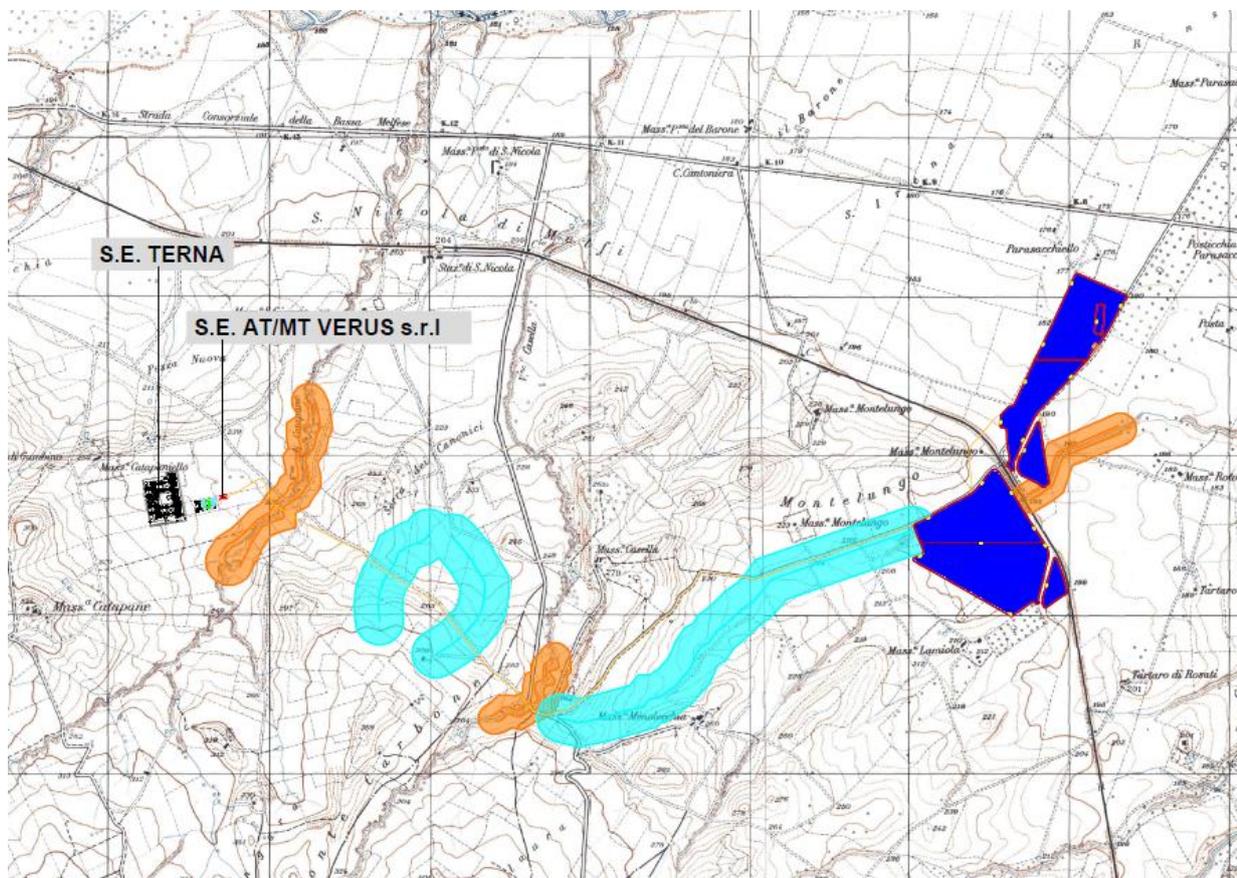
Ai sensi delle NTA della su richiamata AdB ed in particolare dell'art. 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" è necessario verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica; il comma 2 dell'art. 10 così recita:

*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.*

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.*

La figura 2 (allegato 2 – Rif. Elab. FV.MEL05.PD.1.8.4) mostra il layout di progetto su carta IGM con individuazione delle fasce di pertinenza fluviale e alveo in modellamento attivo.



### Legenda

-  Moduli pannelli fotovoltaici
-  Viabilità interna
-  Recinzione
-  Cavidotto di vettoriamento MT
-  buffer 75 m - ALVEO IN MODELLAMENTO ATTIVO
-  buffer 150 m FASCIA PERTINENZA FLUVIALE

**Figura 2 – Layout delle opere in progetto su IGM scala 1:25000 con individuazione dell'alveo in modellamento attivo buffer ed aree golenali Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua art. 6 NTA del PAI e della fascia di pertinenza fluviale Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata artt. 6 e 10.**

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 11 di 27
---	--	---	---

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

### 5.1 Interferenze delle opere con il reticolo idrografico individuato dalla carta IGM 1:25000

Alcune delle opere e porzioni di esse previste in progetto interferiscono con alcuni elementi del reticolo idrografico e relative fasce di pertinenza fluviale di cui agli artt. 6 e 10 della NTA del PAI.

Nell'individuazione dei reticoli idrografici si è fatto riferimento alla carta IGM 1:25000 confrontandola con la carta tecnica regionale della Basilicata che meglio rappresenta lo stato dei luoghi.

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I10	Canale rinvenuto da carta IGM scala 1:25000	Canale privo di denominazione	Impianto fotovoltaico	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I11	Canale rinvenuto da carta IGM scala 1:25000	Canale privo di denominazione	Impianto fotovoltaico	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I12	Canale rinvenuto da carta IGM scala 1:25000	Canale privo di denominazione	Impianto fotovoltaico	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

### 5.2 Linea elettrica cavo MT interrato che collega gli impianti fotovoltaici alla stazione elettrica di trasformazione

Il cavidotto MT interrato interferisce in più punti con i reticoli idrografici interessando l'alveo in modellamento attivo e fasce di pertinenza fluviale, così come definito nelle Norme tecniche di attuazione del PAI artt. 6 e 10.

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

La figura 2 (allegato 2 - rif. elab. PD.FV.MEL05.1.8.4) mostra il layout di progetto su carta IGM con individuazione dell'alveo in modellamento attivo ed aree golenali e delle fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici rinvenuti da carta IGM con indicazione dei punti d'interferenza delle opere in progetto con il reticolo stesso.

CODICE Interferenza/Attraversamento	tipologia alveo	Denom.	parte opera che interferisce	Aree di tutela interessate
I1	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Vallone di Catapane	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I2	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Vallone di Catapane	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I3	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Linea d'impluvio	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I4	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I5	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Vallone Casella	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I6	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Cavidotto MT	<b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I7	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I8	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).
I9	Canale rinvenuta da carta IGM scala 1:25000	Linea d'impluvio	Cavidotto MT	<b>alveo in modellamento attivo ed aree golenali.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra dell'asse del corso d'acqua (art. 6). <b>fascia di pertinenza fluviale.</b> Individuata con 75 metri in destra e sinistra contermini all'area golenale morfologicamente individuata (artt. 6 e 10).

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 13 di 27
---	--	---	---

### 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 e del cavidotto AT per il collegamento alla stazione di terna esistente in modo da non interferire con il reticolo idrografico esistente e da non interessare le relative fasce di rispetto fluviale.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 14 di 27
---	--	---	---

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

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

I reticoli idrografici che interessano le opere in progetto ricadono nel bacino del Torrente Ofanto (figura 5). La sua sorgente si trova sull'Altopiano Irpino a 715 m d'altezza, sotto il piano dell'Angelo, a sud di Torella dei Lombardi, in provincia di Avellino. Attraversa parte della Campania e della Basilicata, scorrendo poi prevalentemente in Puglia. Sfocia nel mare Adriatico, tra Barletta e Margherita di Savoia. Esso è lungo 134 km e si suddivide in Alto Ofanto (parte irpina del fiume) e Basso Ofanto (parte pugliese del fiume).

L'Alto Ofanto attraversa un territorio con una intrinseca fragilità geologica, con frequenti fenomeni di dissesto idrogeologico e forte grado di sismicità, inoltre, interessante è anche l'andamento pluviometrico: si registra una piovosità media pari a 790 mm annui, con punte di 1100–1200 mm. La parte pugliese, cioè il Basso Ofanto, si presenta diversa geologicamente ed è caratterizzata da una minore piovosità (pari a circa la metà di quella che si registra nella parte irpina del fiume), tipica della Puglia.

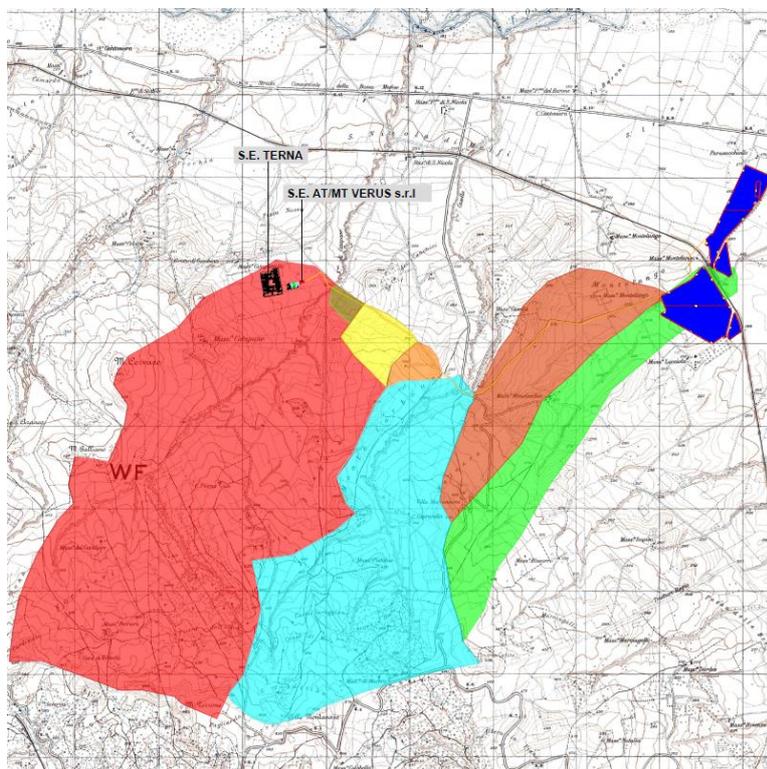
Alla fine del suo corso, l'Ofanto termina con una foce a delta, anche se in rapido arretramento verso un estuario. La pendenza media del fiume è dello 0,533%. L'Ofanto ha un regime marcatamente torrentizio con piene notevoli in autunno e inverno per le precipitazioni e magre notevolissime in estate. A dispetto poi della notevole lunghezza ed estensione di bacino la sua portata media alla foce è abbastanza scarsa (meno di 15 metri cubi al secondo).

### 6.2 Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici

A partire da un ampio territorio, si sono delimitati i bacini di studio, in maniera tale da ricomprendere tutto il reticolo che potesse avere influenza sull'assetto idraulico delle aree di interesse e sulle opere previste. Tale posizione, in considerazione della presenza di infrastrutture stradali esistenti che, pur non interessando direttamente i siti di intervento, possono condizionare il regime idraulico del reticolo che le interseca, in quanto gli attraversamenti avvengono a raso, in assenza di qualunque manufatto di scavalco.

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 3 (allegato 3 – rif. elab. FV.MEL05.PD.1.8.5) mostra i bacini idrografici individuati ed aventi la medesima numerazione dei Punti di interferenza I per i quali sono stati eseguite le verifiche idrauliche.



### Legenda

-  Moduli pannelli fotovoltaici
-  Viabilità interna
-  Recinzione
-  Cavidotto di vettoriamento MT
-  Bacino Idrografico I1
-  Bacino Idrografico I2
-  Bacino Idrografico I3
-  Bacino Idrografico I4
-  Bacino Idrografico I5
-  Bacino Idrografico I7 - I8 - I9 - I11 - I12
-  Bacino Idrografico I10

**Figura 3 - Inquadramento dei bacini idrografici sottesi ai punti di interferenza su CTR**

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		
Superficie	14.84	Kmq
Quota max	661.00	m
Quota sez. chiusura	220.00	m
Quota media	440.50	m
Lunghezza asta principale	6180.00	m
Dislivello	441.00	m
Pendenza media	0.07	%

**Tabella 1** – Parametri geomorfologici del bacino I1

Bacino Idrografico I12		
Superficie	0.10	Kmq
Quota max	261.00	m
Quota sez. chiusura	234.00	m
Quota media	247.50	m
Lunghezza asta principale	418.00	m
Dislivello	27.00	m
Pendenza media	0.06	%

**Tabella 2** – Parametri geomorfologici del bacino I2

Bacino Idrografico I3		
Superficie	0.48	Kmq
Quota max	368.00	m
Quota sez. chiusura	255.00	m
Quota media	311.50	m
Lunghezza asta principale	670.00	m
Dislivello	113.00	m
Pendenza media	0.17	%

**Tabella 3**– Parametri geomorfologici del bacino I3.

Bacino Idrografico I4		
Superficie	0.21	Kmq
Quota max	349.00	m
Quota sez. chiusura	265.00	m
Quota media	307.00	m
Lunghezza asta principale	694.00	m
Dislivello	84.00	m
Pendenza media	0.12	%

**Tabella 4** – Parametri geomorfologici del bacino I4.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice	FV.MEL05.PD.1.8.1
		Data creazione	18/11/2022
		Data ultima modif.	18/11/2022
		Revisione	00
		Pagina	17 di 27

Bacino Idrografico I5		
Superficie	6.80	Kmq
Quota max	362.00	m
Quota sez. chiusura	208.00	m
Quota media	285.00	m
Lunghezza asta principale	2520.00	m
Dislivello	154.00	m
Pendenza media	0.06	%

**Tabella 5**– Parametri geomorfologici del bacino I5

Bacino Idrografico I7_I8_I9_I11_I12		
Superficie	2.74	Kmq
Quota max	440.00	m
Quota sez. chiusura	190.00	m
Quota media	315.00	m
Lunghezza asta principale	3935.00	m
Dislivello	250.00	m
Pendenza media	0.06	%

**Tabella 6** – Parametri geomorfologici del bacino I7\_I8\_I9.

Bacino Idrografico I10		
Superficie	3.04	Kmq
Quota max	516.00	m
Quota sez. chiusura	183.00	m
Quota media	349.50	m
Lunghezza asta principale	5915.00	m
Dislivello	333.00	m
Pendenza media	0.06	%

**Tabella 7**– Parametri geomorfologici del bacino I10.

Le superfici sottese dai bacini, ancorché scelti in maniera più ampia di quelli strettamente riguardanti le aree di interesse, risultano assai modeste, nell'ordine dei 3 Km<sup>2</sup> ad eccezione dei bacini delle interferenze I1\_I2 - I7\_I8\_I9\_I11\_I12 - I10.

### 6.3 GEOLITOLOGIA DEI BACINI IDROGRAFICI

Dal punto di vista geologico generale, la media valle del Fiume Ofanto, nella zona Sudorientale della pianura della Capitanata, posta alle pendici dei Monti della Daunia, ai margini orientali dell'Appennino meridionale, facente parte della Fossa Bradanica.

I rilievi collinari, ad Ovest, costituiti da una potente serie flyscioide prepioceniche, con quote fino a 600 metri s.l.m..



	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 19 di 27
---	--	---	---

- Qt3 Alluvioni terrazzate recenti poco superiori all'alveo, con terre nere e, a volte, con crostoni calcarei evaporitici. (Olocene)
- Qt2 Terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle, costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie localmente torbose. (Pleistocene)
- Qt1 Terrazzi alti circa 90-100 metri sull'aveo attuale dell'Ofanto con ghiaie ed argille nerastre. (Pleistocene)
- PQa Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose. (Pliocene- Calabriano)
- Ps Sabbie di colore giallo brunastre con lenti ciottolose. (Pliocene)
- Pp Puddinghe poligeniche più o meno cementate, con livelli sabbiosi. (Pliocene)
- bcD Formazione Della Daunia: calcari organogeni, microgranulari, arenarie e puddinghe poligeniche. (Miocene)

Mm Marne calcaree, marne ed argille siltose, prevalentemente rossastre con brecciole calcaree, calcari bianchi, arenarie giallo ocracee e livelli di diaspro. (Miocene)

L'area in esame è interessata, per la maggior parte, dall'affioramento dei depositi alluvionali terrazzati medi dell'Ofanto e del Carapelle (Qt2), costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie localmente torbose, dalla formazione delle sabbie giallastre (PQs), e subordinatamente dalle alluvioni recenti e attuali (Q).

Tali depositi da depositi sabbiosi e ciottolosi, ricoprono a luoghi i sottostanti depositi sabbioso e le sottostanti argille grigio-azzurre Preappennine (PQa). Essi mostrano giacitura sub-orizzontale con lieve pendenza verso Est ed il loro spessore varia da luogo a luogo.

Le suddette formazioni, ad assetto sub-orizzontale con immersione costante verso il mare ed inclinazione massima di 5°, rappresentano il risultato dello smantellamento delle falde tettoniche dell'Appennino Dauno e della sedimentazione nell'avanfossa Bradanica avvenuta dapprima in ambiente marino (quindi con grandi continuazioni orizzontali dei terreni) poi in condizioni di emersione totale con la deposizione di terreni a continuità orizzontale locale; a questa ultima modalità di sedimentazione sono da imputare la formazione di lenti a granulometria diversa nell'ambito di una stessa sequenza sedimentaria.

Il "campo1" e il "campo2" gravitano nell'ambito della formazione alluvioni ghiaie e sabbie dei terrazzi medi dell'Ofanto e del Carapelle (Qt2).

Il "campo3" e la Stazione Elettrica Utente gravitano nell'ambito della formazione delle sabbie giallastre (Ps).

Il cavidotto esterno, che si sviluppa quasi totalmente lungo la viabilità esistente, attraversano i terreni ciottolosi e sabbiosi delle alluvioni (Qt2) e (Q), e della formazione delle sabbie giallastre (Ps).

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi alluvionali (Qt2) e (Q), e la formazione delle sabbie giallastre (Ps) presentano solitamente una discreta permeabilità per porosità. Considerato che questi terreni poggiano in generale sulle sottostanti argille grigio-azzurre (Pa), praticamente impermeabili, si ha la formazione di falde acquifere e sorgenti di emergenza o di sbarramento sparse un po' ovunque.

Una possibile falda superficiale può essere rinvenuta oltre la profondità di -5.00 metri dal p.c., con forti oscillazione in funzione delle precipitazioni.

TEN Project

Sede legale ed operativa: Loc. Chianarile Z.I., 82010 San Martino Sannita (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

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

Dal punto di vista dell'uso del suolo del territorio interessato dai bacini idrografici si evince che le aree sono utilizzate per la maggior parte per scopi agricoli. In particolare i principali utilizzi sono rappresentati da insediamenti produttivi agricoli discontinui, seminativi semplici in aree non irrigue e uliveti. Solo piccole porzioni di territorio sono interessate da boschi e macchie.

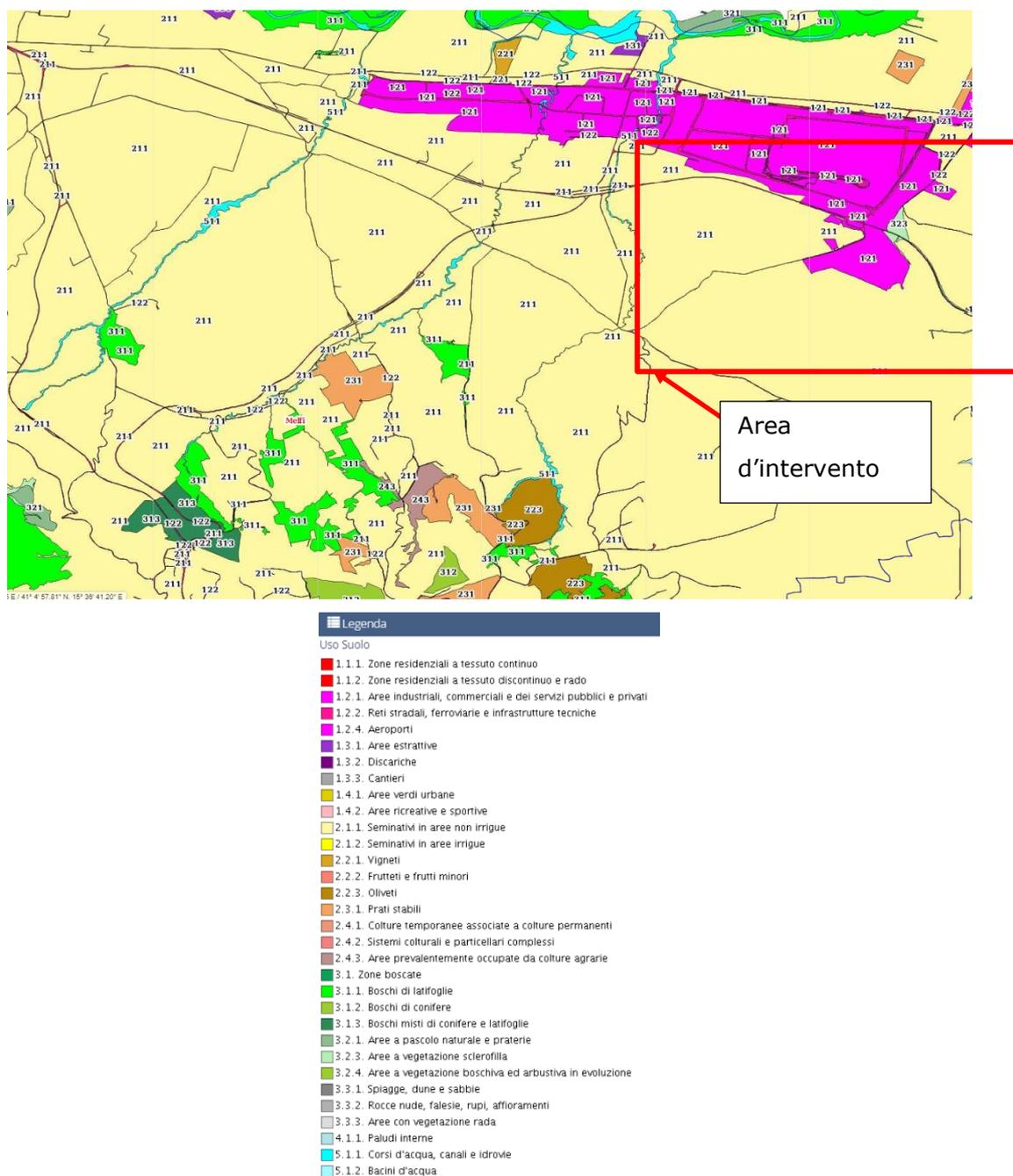


Figura 5 - Inquadramento delle opere in progetto su carta uso del suolo

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 21 di 27
---	--	---	---

## 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 Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 22 di 27
---	--	---	---

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.

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 23 di 27
---	--	---	---

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.

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 sottoregioni 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

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 24 di 27
---	--	---	---

cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di  $\Lambda$  1. Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire (tabella 8) 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 8** – 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  $\Lambda_1$ .

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice	FV.MEL05.PD.1.8.1
		Data creazione	18/11/2022
		Data ultima modif.	18/11/2022
		Revisione	00
		Pagina	25 di 27

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:

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

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  $K_T$  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 9.** Valori di  $K_T$  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 10):

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

**Tabella 10.** Correlazione tra  $\mu(X_g)$  e la durata di precipitazione

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

	Studio di compatibilità idrologica e idraulica - Relazione idrologica	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	FV.MEL05.PD.1.8.1 18/11/2022 18/11/2022 00 26 di 27
---	--	---	---

- 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 6 - Regione Puglia: zone omogenee.**

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:

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 (tabella 11).

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 11 - 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 4.

#### 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 i bacini idrografico ricadono interamente nella Zona 4. 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:

$$\text{ZONA 4} \quad \mu(X_d) = 23.70d^{(0.256)}$$

Nelle figura 4 è riportata la curva di possibilità pluviometrica relativa alla zona 4. Il metodo precedentemente spiegato porta all'individuazione delle seguenti curve di possibilità climatiche.

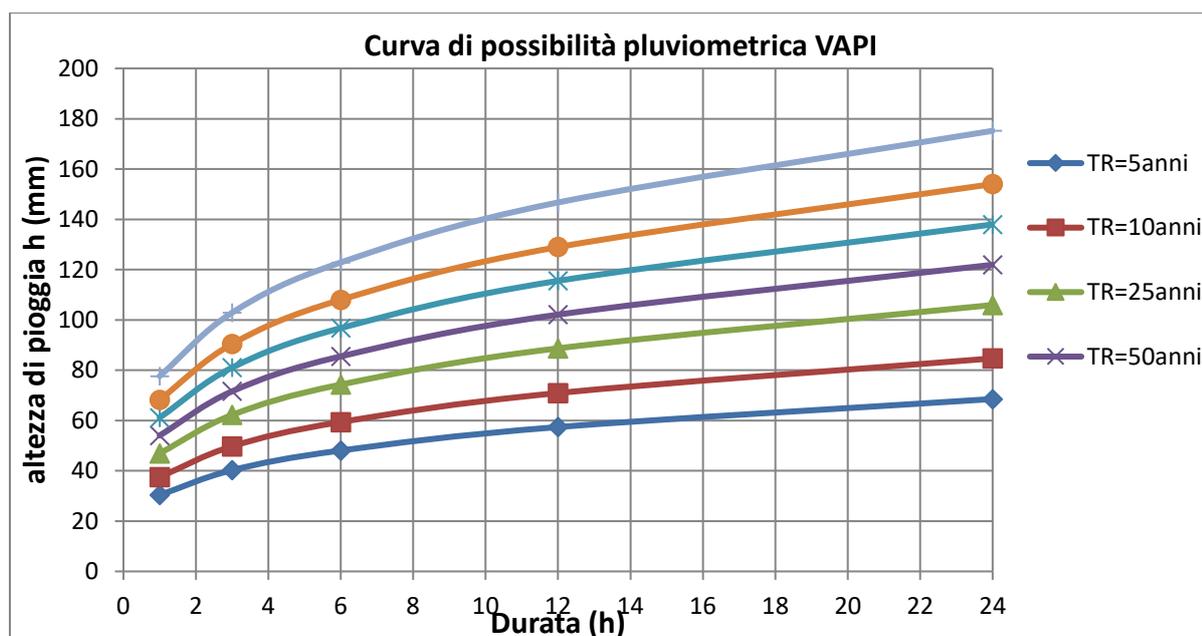


Figura 7 – Legge probabilità pluviometrica zona 4