

**REGIONE PUGLIA**  
**Comune di Serracapriola**  
**Provincia di Foggia**



Ing. Nicola Roselli - Termoli (CB)  
 email ing.nicolaroselli@gmail.com



**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NECESSARIO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA CON ASSOCIATO IMPIANTO APIARIO E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 46632 KW E POTENZA IN A.C. DI 40000 KW, SITO NEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)**

**TITOLO TAVOLA**  
**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA**

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI
<p>PROGETTISTI</p> <p>Ing. Nicola ROSELLI</p> <p>Ing. Rocco SALOME</p> <p>PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE</p> <p>Per.Ind. Alessandro CORTI</p> <p>CONSULENZE E COLLABORAZIONI</p> <p>Arch. Gianluca DI DONATO                      Dott. Massimo MACCHIAROLA                      Ing. Elvio MURETTA                      Archeol. Gerardo FRATIANNI                      Geol. Vito PLESCIA</p>	<p><b>LIMES 7 S.R.L</b></p> <p>SEDE LEGALE</p> <p>Milano, cap 20121                      via Manzoni n.41                      P.IVA 10307690965</p>	

<b>4.2.5_1</b>	FILE 1YLY2F7_4.2.5_1_RelazioneIdrologica	CODICE PROGETTO <b>1YLY2F7</b>	SCALA
----------------	---	-----------------------------------	-------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	16/01/2023	EMISSIONE	ROSELLI	LIMES7	LIMES7
B					
C					
D					
E					
F					

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione

## Sommario

1.	<a href="#">PREMESSA</a> .....	3
2.	<a href="#">INTERVENTI PREVISTI</a> .....	4
3.	<a href="#">IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO</a> .....	5
4.	<a href="#">INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</a> .....	6
5.	<a href="#">ANALISI MORFOLOGICA E MORFOMETRICA DEI BACINI IDROGRAFICI</a> .....	8
6.	<a href="#">GEOLITOLOGIA DEI BACINI IDROGRAFICI</a> .....	9
7.	<a href="#">CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI</a> .....	13
8.	<a href="#">USO DEL SUOLO DELLE AREE INTERESSATE DAI BACINI IDROGRAFICI</a> .....	15
9.	<a href="#">CONTESTO IDROGRAFICO</a> .....	16
10.	<a href="#">STUDIO IDROLOGICO</a> .....	17
10.1	<a href="#">GENERALITA'</a> .....	17
10.2	<a href="#">ANALISI IDROLOGICA</a> .....	18
10.3	<a href="#">ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA</a> .....	18
10.4	<a href="#">DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</a> .....	24

<a href="#"><u>Figura 1: Inquadramento su ortofoto dell'impianto in progetto</u></a> .....	4
<a href="#"><u>Figura 2: Bacino idrografico del Fortore</u></a> .....	5
<a href="#"><u>Figura 3: Localizzazione del Tavoliere delle Puglie</u></a> .....	7
<a href="#"><u>Figura 4: Bacini idrografici Biferno e minori del Molise, già bacini regionali</u></a> .....	7
<a href="#"><u>Figura 5: Estratto scheda d'ambito PPTR</u></a> .....	9
<a href="#"><u>Figura 6: Schema geologico dell'Italia meridionale (modificato da Pieri et al., 1997)</u></a> .....	9
<a href="#"><u>Figura 7: Stralcio carta geologica d'Italia e legenda litologica – foglio 155 San Severo (fonte: ISPRA)</u></a> .....	11
<a href="#"><u>Figura 8: Sezione geologica schematica Tavoliere - Gargano</u></a> .....	11
<a href="#"><u>Figura 9: Stralcio carta geologica d'Italia – dettaglio dell'area di progetto (fonte: ISPRA)</u></a> .....	13
<a href="#"><u>Figura 10: Sezione idrogeologica (Maggiore et al., 2004)</u></a> .....	14
<a href="#"><u>Figura 11: Stralcio cartografia complessi idrogeologici PTA Puglia</u></a> .....	14
<a href="#"><u>Figura 12: Estratto Carta Idrogeologica (PUG Serracapriola)</u></a> .....	15
<a href="#"><u>Figura 13: Carta Uso Suolo PUG Serracapriola</u></a> .....	15
<a href="#"><u>Figura 14: Struttura idrogeomorfologica Serracapriola</u></a> .....	17
<a href="#"><u>Figura 15: VAPI – Parametri di interesse</u></a> .....	21
<a href="#"><u>Figura 16: VAPI – Valori di KT al variare della zona e del tempo di ritorno</u></a> .....	22
<a href="#"><u>Figura 17: VAPI – Correlazione tra <math>\mu(Xg)</math> e la durata di precipitazione</u></a> .....	22
<a href="#"><u>Figura 18: VAPI – Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello</u></a> .....	23
<a href="#"><u>Figura 19: VAPI – Coefficienti del terzo livello di regionalizzazione</u></a> .....	23
<a href="#"><u>Figura 20: Legge probabilità pluviometrica zona 1</u></a> .....	25

## 1. PREMESSA.

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti idrologici e idraulici relativi al “*Progetto per la costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico necessario alla produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica con associato impianto apiario e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza nominale massima di 46632 kw e potenza in a.c. di 40000 kw, sito nel comune di Serracapriola (FG)*”, come prescritto dal Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del fiume Fortore Assetto idraulico - Unit of Management Fortore - euUoMCode ITI015 (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L.n. 226 del 13/07/99; L.n. 365 del 11/12/00)

In particolare, viene fornita la caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area di interesse e vengono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali.

Vengono determinati inoltre i valori di colmo delle massime portate di piena dei bacini interferiti.

In particolare, vengono affrontati i seguenti punti:

- ❖ inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- ❖ caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- ❖ individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- ❖ delineazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno;
- ❖ analisi dell'interferenza tra le opere di progetto e l'idrografia superficiale.

Nella sezione idrologica della presente relazione viene descritta l'attività di acquisizione ed elaborazione dei dati di pioggia esistenti.

Lo studio e le elaborazioni dei dati raccolti consentiranno di associare, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, una corretta valutazione dell'evento meteorico generatore della portata di colmo.

Vengono determinate, quindi, le curve di possibilità pluviometrica aventi pertinenza sulla zona in esame, necessarie per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate massime da utilizzare nello studio idraulico.

In fase di impostazione degli studi, si è ritenuto opportuno estendere gli approfondimenti non soltanto alle indicazioni idrauliche fornite dalla Carta I.G.M. 1:25000, tuttora fonte ufficiale per l'individuazione del reticolo idrografico, ma anche a quelle della Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004.

In accordo a quanto previsto nella Delibera n. 48/2009, con la quale il Comitato Istituzionale dell'AdB Puglia ha preso atto del parere favorevole del Comitato Tecnico della stessa Autorità, la scala di rappresentazione della nuova Carta Idrogeomorfologica è 1: 25.000.

L'attuale scala di dettaglio evidenzia l'esigenza che la stessa Carta sia oggetto di fasi di verifica e aggiornamento, al fine di renderla conforme a conoscenze territoriali di maggiore precisione, che dovessero rendersi disponibili a seguito sia dei continui approfondimenti conoscitivi che i tecnici dell'AdB Puglia vanno compiendo, sia dei tavoli tecnici per la co-pianificazione degli strumenti di governo del territorio, sia delle istruttorie di progetti ed interventi di competenza dell'AdB Puglia.

Pertanto, pur non avendo ancora, quest'ultima, valore formale, in quanto suscettibile di modifiche fino alla definitiva approvazione; gli elementi in essa contenuti assumono valenza non soltanto paesaggistica, ma, con particolare riferimento al reticolo idrografico, rappresentano un approfondimento del quadro conoscitivo di cui è utile tenere conto.

## 2. INTERVENTI PREVISTI.

L'impianto agrifotovoltaico sarà realizzato in Serracapriola alla località Spandituro; il sito di impianto è a quota 50 m s.l.m.m., e risulta pianeggiante.

Esso è costituito da:

- campo fotovoltaico esteso circa 64 ha e realizzato con pannelli fotovoltaici connessi elettricamente tra di loro;
- cavidotto interrato a 36 kV della lunghezza di circa 3,5 km, collegato a 150 kV ad un futuro ampliamento della Stazione Elettrica prevista nel comune di Serracapriola (FG) e denominata "Rotello".

Al fine di rendere immediata l'individuazione dell'assetto idraulico nella figura n°1 che segue è riportata la vista d'insieme su ortofoto dell'impianto fotovoltaico in progetto:



*Figura 1: Inquadramento su ortofoto dell'impianto in progetto*

### 3. IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO.

Gli approfondimenti sull'assetto idraulico dell'area su cui verrà realizzato l'impianto agrofotovoltaico saranno svolti con riferimento al regime idraulico di moto uniforme che si instaura nei due latitanti canali, denominati "Pozzillo" e "Fontanelle" per assegnato periodo di ritorno, affluenti in sinistra idraulica del Fiume Fortore.

L'area interessata dall'intervento, ubicata nella Regione Puglia, ricade all'interno dell'ambito territoriale del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore; in particolare, le opere di progetto ricadono nel bacino idrografico del Fiume Fortore.



*Figura 2: Bacino idrografico del Fortore*

A tutt'oggi, il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza non sono arealmente individuate nella cartografia allegata al vigente PAI, per cui, è uso consolidato presso l'Autorità di Bacino della Puglia, intendere "reticolo idrografico" al quale applicare i relativi articoli delle NTA dello PAI, tutto quanto rappresentato come tale su cartografia IGM in scala 1:25000.

Negli **allegati nn°1, 2, 3 e 4** si riporta l'ubicazione degli interventi sulla Carta Idrogeomorfologica, su CTR, su ortofoto, e su DTM resi disponibili sul SIT della Regione Puglia, dove è stato segnato anche il reticolo idrografico, che pur non avendo ancora valore formale, si è ritenuto utile tenere in conto, in quanto rappresenta un approfondimento del quadro conoscitivo attuale.

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 propagando le portate con tempo di ritorno di 100 e 200 anni, sui domini monodimensionali sottesi dal reticolo idrografico ivi presente.

Definendo le impronte del transito delle piene cinquantennali e centenarie, che al loro esterno individuano le suddette condizioni di **"sicurezza idraulica"**, sarà possibile determinare, in maniera fisicamente basata, l'andamento del reticolo idrografico ed i parametri idraulici ad esso connessi, e, in tal modo, si potrà effettuare una corretta progettazione in conformità con il PAI vigente.

Negli **allegati nn°5, 6, 7, e 8** si riporta l'ubicazione degli interventi sulla carta degli elementi morfologici, sulla carta della pericolosità e del rischio idraulico, e sulla carta degli elementi a rischio del vigente PAI; dalla sovrapposizione si evince che l'area destinata alla realizzazione dell'impianto è esterna alle fasce di rischio e pericolosità idraulica e dalle fasce di rispetto (150m) definite per i fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche.

Allo scopo di garantire le condizioni di **"sicurezza idraulica"** per il sito oggetto di intervento si analizzeranno le interazioni idrauliche con i due canali esistenti denominati "Pozzillo" e "Fontanelle", affluenti in sinistra idraulica del Fiume Fortore.

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, rilievi aerofotogrammetrici della nuova cartografia CTR 1:5.000 della Regione Puglia, ortofoto della Regione Puglia, Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia);
- ❖ 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 100 e 200 anni, di riferimento per le condizioni di sicurezza idraulica, tramite procedure di regionalizzazione proprie del progetto VAPI Puglia;
- ❖ Definizione della pioggia critica netta e della relativa durata, per la quantificazione del massimo volume di piena, corrispondente al tempo di ritorno di 100 e 200 anni sopra richiamato, attraverso il metodo di trasformazione afflussi-deflussi dell'SCS-CN;
- ❖ Definizione della portata di piena attraverso il metodo SCS (Soil Conservation Service).

#### **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.**

Il territorio si colloca nel comprensorio geografico del Tavoliere delle Puglie che costituisce la più ampia pianura dell'Italia meridionale, compresa tra il fiume Fortore a Nord, i Monti della Daunia ad Ovest, il Gargano ed il mare Adriatico ad Est ed il Fiume Ofanto a Sud; chiusa su tre lati la pianura pugliese è aperta verso l'Adriatico solo a Nord-Ovest, lungo la valle del Fortore, e ad Est verso il golfo di Manfredonia.



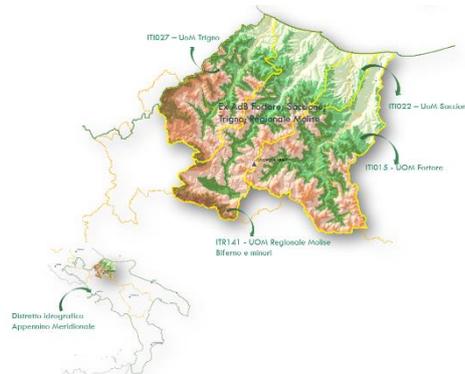
*Figura 3: Localizzazione del Tavoliere delle Puglie.*

A seguito della subsidenza, la Fossa è sede di un'intensa attività sedimentaria con l'accumulo di potenti corpi sabbioso-argillosi.

Nel Pleistocene inferiore, ha inizio una fase di generale sollevamento testimoniata dall'esistenza di depositi sommitali di carattere regressivo.

A questa tendenza regressiva, si sovrappongono le oscillazioni glacio - eustatiche quaternarie che portano alla formazione dei depositi marini terrazzati e dei depositi alluvionali.

In particolare, le opere di progetto ricadono nel bacino idrografico del Fiume Fortore che scorre nelle province di Benevento, Campobasso e Foggia; è il secondo fiume pugliese per lunghezza e portata dopo l'Ofanto.



*Figura 4: Bacini idrografici Biferno e minori del Molise, già bacini regionali.*

Il Fortore nasce presso Montefalcone di Val Fortore in provincia di Benevento a 720 m di altezza e scorre verso nord, separando i monti della Daunia dalla catena principale dell'Appennino.

Dalla confluenza del torrente Tona sino alla foce scorre in territorio pugliese; il suo corso è lungo e tortuoso.

Nella prima parte ha forti pendenze e scarsa portata; nella valle, poi, si allarga tra le tenere formazioni argillose e scistose e forma la cosiddetta Valle del Fortore. Durante il percorso, le sue acque sono aumentate da altri piccoli fiumi quali: La Canonica, Scannamadre, Catola, Loreto, il fiume della Cantara, il Tiano, il Tona.

A valle del comune di Carlantino l'acqua del fiume Fortore è raccolta dalla imponente diga di Occhito (con capacità totale 333 milioni di mc); essa serve sia per l'approvvigionamento idrico, sia per l'irrigazione della Capitanata, dopo essere stata depurata.

Il Fortore sfocia nel mare Adriatico tra il lago di Lesina e Chieuti.

Il torrente Saccione nasce in una zona compresa tra Montelongo e Montorio nei Frentani ed è lungo circa 38 km; alla sorgente raccoglie le acque di diversi piccoli affluenti, bagnando così nei suoi primi chilometri i territori Molisani di Montelongo, Rotello, per poi stabilizzarsi, nella zona pianeggiante più a valle, per un buon tratto, come confine tra il Molise e la Puglia. Sfocia nell'Adriatico tramite un bacino artificiale o piuttosto un largo canale adattato come porticciolo per piccole imbarcazioni e barche da diporto.

Oltre a Montelongo e Rotello, il Saccione tocca i confini dei territori dei comuni molisani di San Martino in Pensilis e Campomarino, e quelli pugliesi di Serracapriola e Chieuti. Non attraversa nessun centro abitato.

## **5. 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.

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 15%.

Le opere di progetto sono tutte previste su aree con pendenze relativamente basse.

Il settore di Tavoliere in cui ricade il comune di Serracapriola è interessato da affioramenti di terreni con diverse granulometrie, dai terreni argillosi a quelli sabbiosi e conglomeratici; tali caratteristiche litologiche e granulometriche influiscono sulla permeabilità dei terreni: la densità di drenaggio è generalmente bassa in corrispondenza dei terreni argillosi, alta in presenza di depositi sabbiosi.

I fiumi Saccione, ad Ovest, e Fortore, ad Est, sono i principali corsi d'acqua che incidono il territorio con andamento SW-NE sub-parallelo tra loro, con il centro abitato che sorge sullo spartiacque tra i due bacini imbriferi.

Nei terreni argillosi l'andamento dei corsi d'acqua è di tipo dendritico, per diventare parallelo nei terreni sabbiosi ed infine meandriforme in prossimità della foce.

I corsi d'acqua secondari sono numerosi: hanno portata tipicamente stagionale e durante la stagione secca possono completamente prosciugarsi, per poi avere, invece, importanti portate idriche e solide durante la stagione piovosa.

Di seguito si riporta un estratto cartografico del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) della Regione Puglia, in cui è riportato il reticolo idrografico dell'area nord-occidentale del Tavoliere; si nota come l'idrografia di superficie sia piuttosto sviluppata, seppure la gran parte dei corsi d'acqua riportati abbia natura episodica.

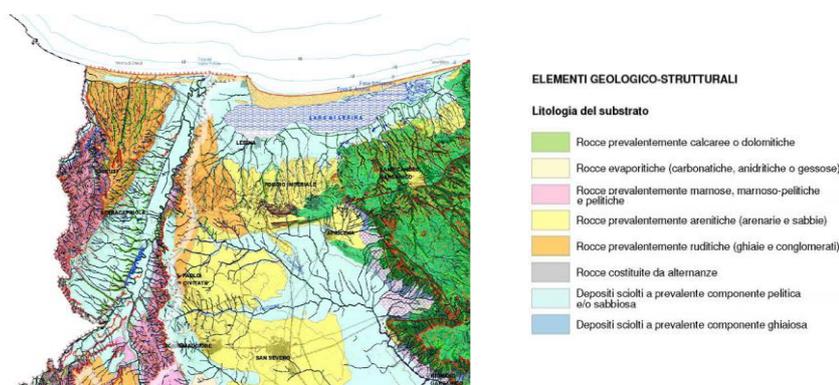


Figura 5: Estratto scheda d'ambito PPTR

## 6. GEOLITOLOGIA DEI BACINI IDROGRAFICI.

Il territorio comunale di Serracapriola rientra nel distretto geologico del Subappennino dauno e del Tavoliere di Puglia, rispetto al quale si trova nell'estrema porzione nord-occidentale.

Il Tavoliere rappresenta un'estesa pianura alluvionale solcata da numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio, limitata a nord dal Fiume Fortore ed a sud dal Fiume Ofanto.

Dal punto di vista morfologico, è caratterizzato da strette ed allungate colline a tetto piatto cui si interpongono larghe valli solcate da numerosi corsi d'acqua che scorrono da ovest verso est, con tracciati paralleli fra loro. Anche la forma dei bacini imbriferi è stretta ed allungata, con linee di spartiacque anch'esse subparallele, isorientate rispetto agli assi dei corsi d'acqua. Dal punto di vista geologico, il Tavoliere di Puglia rappresenta il settore più settentrionale della Fossa Bradanica, limitato ad ovest dal Subappennino dauno e ad est dal Promontorio del Gargano.

Di seguito si riporta schema geologico dell'Italia meridionale, in cui sono riportate le diffusioni areali delle unità dell'Avampese Apulo, della Fossa Bradanica e della Catena Appenninica.

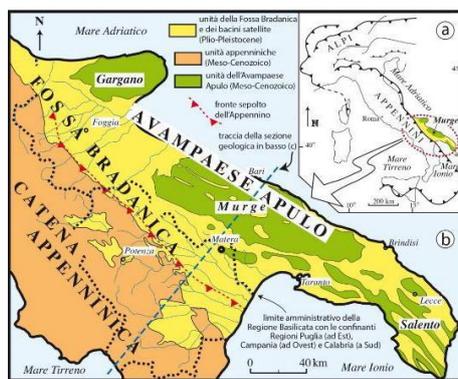


Figura 6: Schema geologico dell'Italia meridionale (modificato da Pieri et al., 1997)

La regione nel corso del Pliocene e del Quaternario è stata interessata da diverse fasi evolutive:

- ❖ Mesozoico – Paleogene: formazione della Piattaforma Carbonatica Apula.
- ❖ Successivamente al Miocene: frammentazione della Piattaforma e susseguente individuazione dell'Avanfossa.
- ❖ Pliocene – Pleistocene inferiore: marcata subsidenza, connessa alla subsidenza del margine interno della piattaforma apula. In questa fase si è avuta la sedimentazione della Formazione della Calcarenite di Gravina, la quale passa verso l'alto e lateralmente alle Argille subappennine, una spessa successione siltoso-argilloso-sabbiosa.
- ❖ Pleistocene inferiore – Pleistocene medio-superiore: sollevamento, legato o ad un riassetamento isostatico post-orogénico (Ricchetti et al., 1988) o ad un fenomeno di buckling dell'avampaese per resistenza alla subduzione (Doglioni et al., 1994). Questo stadio è segnato da depositi regressivi e da depositi terrazzati.

Il basamento pre-pliocenico del Tavoliere è composto da un potente pacco di rocce carbonatiche mesozoiche di facies di piattaforma che localmente possono presentarsi trasgressive coi depositi paleogenici delle 'Calcareniti di Peschici'.

Dal Miocene, durante l'intensa fase di tettonogenesi appenninica, si sono formati l'horst del Gargano (avampaese) ed il semigraben del Tavoliere (avanfossa). In seguito, si è avuto il riempimento dell'Avanfossa con sedimenti prevalentemente pelitici e sabbiosi provenienti dalla catena sita a nord-ovest sotto forma di flussi torbidity (facies bacinale o distale). Tale fase è accompagnata da una tettonica prevalentemente compressiva e da una tendenza alla subsidenza dell'Avanfossa, favorita dal peso del crescente pacco sedimentario.

A partire dal Pliocene superiore si ha la suddivisione dell'Avanfossa in più bacini sedimentari e si ha il completamento del riempimento sedimentario, con terreni riconducibili alla regressione marina del Plio- Pleistocene.

Dal Quaternario si registra un innalzamento tettonico, affiancato da una variazione glacio-eustatica del livello del mare, con terrazzi marini ancora oggi a quote di 400 metri sul livello del mare.

In seguito si sono registrate fasi di regressione marina che hanno comportato sedimentazione continentale di facies fluviolacustre, spesso disposta fino a quattro ordini di terrazzi, rispetto al fondovalle attuale dei corsi d'acqua.

Ogni terrazzo vede la sua superficie di base inclinata verso est con angoli compresi tra 0.5 e 2.5°, con valori sempre più bassi andando verso valle.

Per quanto concerne l'area di interesse, di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100'000, foglio 155 San Severo e la sezione geologica schematica riguardante l'area del Tavoliere-Gargano tratta dalla Carta Geologico-Strutturale Tavola 1 allegata alla "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. XCII"



- ❖ **Sabbie di Serracapriola** (Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore): Dalle argille sottostanti si passa gradualmente a delle sabbie, più o meno cementate, a grana più o meno grossolana con lenti di conglomerati ed argille. Sono giallastre quarzose in grossi banchi ed a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie ben cementate o di argille biancastre o verdognole o di livelli conglomeratici. Poggiano in discordanza sulle Argille di Montesecco ed il limite è convenzionalmente posto alla base dei banchi di sabbia. La formazione ha spessore di circa 30 metri ed affiora diffusamente in corrispondenza del centro abitato di Serracapriola.
- ❖ **Conglomerati di Campomarino** (Pleistocene medio): Ghiaie e conglomerati di facies marina al letto della formazione e continentale al top della stessa. Si compongono di lenti e letti di ghiaie, più o meno cementate, talvolta con livelli di conglomerati compatti, mentre a luoghi sono presenti sabbie a stratificazione incrociata ed intercalazioni di argille verdastre. I conglomerati presentano clasti arrotondati ed appiattiti. Il passaggio dalle Sabbie di Serracapriola ai Conglomerati di Campomarino è concordante e graduale, con cenni di discordanza solo nelle aree più pendenti interne. In prossimità della linea di costa lo spessore della formazione è di circa 20 metri. Questa formazione chiude la successione di facies marina ed in transizione si passa alla facies continentale-alluvionale. Si rileva nei settori nord-orientali del territorio comunale.
- ❖ **Coperture Fluvio-Lacustri dei Pianalti e del I° Ordine dei Terrazzi** (Pleistocene Medio): Depositi di origine continentale, composti da ghiaie poco cementate, livelli lentiformi di travertino, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi ricoperti in genere da ‘terre nere’ ad alto tenore humico. La genesi dei depositi è evidentemente fluviale e/o lacustre, con alternanza di facies fluviale, deltizia e lacustre. Il I° Ordine di Terrazzi affiora soprattutto nel settore orientale del territorio comunale, parallelamente al Fiume Fortore, a quote di circa 100 metri sul livello del mare.
- ❖ **Coperture Fluviali del II° Ordine dei Terrazzi** (Pleistocene Medio - Olocene): Da un punto di vista litologico, i sedimenti di questo ordine di terrazzi sono molto simili a quelli dell’ordine precedente, ma sono posti a quote inferiori, generalmente al di sotto dei 100 metri sul livello del mare. La zona di affioramento è la medesima.
- ❖ **Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III° Ordine dei Terrazzi** (Pleistocene Medio – Olocene): Comprendono depositi più fini con prevalenza di sabbie e argille con rari livelli ghiaiosi. La zona di affioramento è sempre quella del settore orientale del territorio comunale, parallelamente il corso del Fiume Fortore.
- ❖ **Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV° Ordine dei Terrazzi** (Pleistocene Medio –Olocene): In questo ordine di terrazzi si ritrovano limi, argille e sabbie provenienti dall’erosione dei sedimenti compresi nei precedenti ordini di terrazzi. Hanno potenza di oltre 10 metri e sono posti ad una quota di 10 metri sul livello del mare, gradualmente degradante verso la linea di costa. Affiorano lungo il corso attuale e recente del fondovalle del Fiume

Fortore. Localmente l'erosione operata da alcuni affluenti dello stesso fiume ha fatto affiorare i terreni sottostanti ascrivibili alle Sabbie di Serracapriola ed Argille di Montesecco.

La successione sopra esposta riprende il contesto generale caratterizzato da una fase di progressiva regressione marina, accompagnata da innalzamento tettonico, dimostrato dal fatto che i Conglomerati di Campomarino si rinvergono solo su alcuni alti topografici, a causa della loro erosione o mancata deposizione in aree a quote inferiori. Con la regressione marina si sviluppa il reticolo idrico superficiale, testimoniato dalla presenza di depositi fluviali o lacustri in larghi affioramenti, con i primi disposti su quattro ordini di terrazzi. Infine, sulla fascia costiera si ha la deposizione di depositi tipici di ambiente intermedio marino-continentale

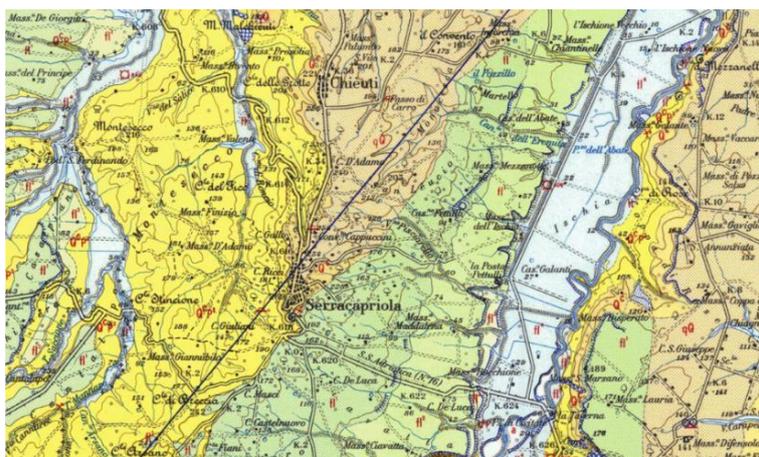


Figura 9: Stralcio carta geologica d'Italia – dettaglio dell'area di progetto (fonte: ISPRA)

## 7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

La particolare conformazione strutturale e stratigrafica del Tavoliere definisce tre unità acquifere principali, situate a differenti profondità (Maggiore et al., 1996):

**Acquifero fessurato-carsico profondo**, costituito da calcari fratturati e carsificati del substrato pre-pleiocenico dell'Avanfossa appenninica. Il corpo idrico è molto esteso ed è collegato lateralmente alle falde idriche del Gargano e delle Murge. La circolazione all'interno dell'acquifero è regolata soprattutto dagli elementi strutturali che determinano le direttrici di flusso preferenziali. Fenomeno importante è quello dell'intrusione salina, la quale causa un forte aumento della salinità della falda all'aumentare della profondità del substrato carbonatico. Tale azione nella zona in esame è contrastata dallo spessore di terreni impermeabili dell'Avanfossa appenninica.

**Acquifero poroso profondo**, rappresentato dagli interstrati di sabbie limose e subordinatamente di ghiaie, presenti a diverse altezze all'interno della successione argillosa plio-pleistocenica. La geometria di tale acquifero è poco nota, così come la sua distribuzione spaziale. Si hanno pochi dati anche circa le modalità di alimentazione e deflusso dell'acquifero e relativamente alla connessione idraulica tra i diversi livelli e le altre falde del Tavoliere. I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 500 m dal piano campagna ed il loro

spessore non supera le poche decine di metri. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità.

**Acquifero poroso superficiale**, rinvenuto nei depositi quaternari che ricoprono con notevole continuità laterale la sottostante formazione delle Argille subappennine. Si evidenzia l'esistenza di una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità. I diversi livelli in cui l'acqua fluisce non costituiscono orizzonti separati ma idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero. Procedendo verso costa si fanno sempre più frequenti e di spessore maggiore le intercalazioni limoso-sabbiose, che svolgono il ruolo di acquitardo. Ne risulta che l'acqua circola in condizioni freatiche nella fascia pedemontana ed in pressione nella zona medio-bassa.

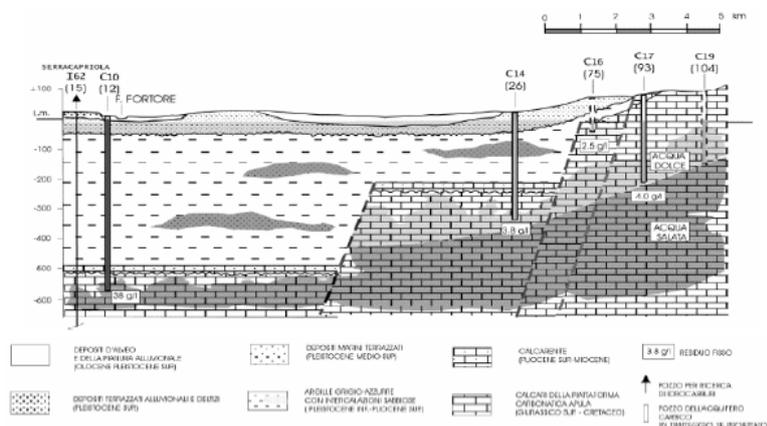


Figura 10: Sezione idrogeologica (Maggiore et al., 2004)

Per quanto concerne l'area del comune di Serracapriola, come è possibile evincere dalla precedente sezione idrogeologica, l'acquifero fessurato-carsico profondo risulta essere presente ad una profondità molto elevata, di circa 700 metri. Per la zona è stato definito il complesso idrogeologico sotterraneo alluvionale del Fortore, come indicato con il numero 9 e retino magenta nella relativa cartografia del PTA della Puglia.

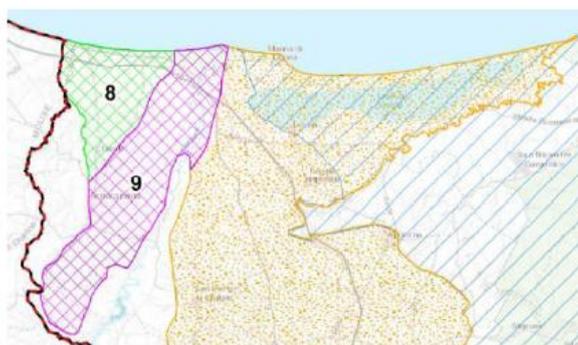
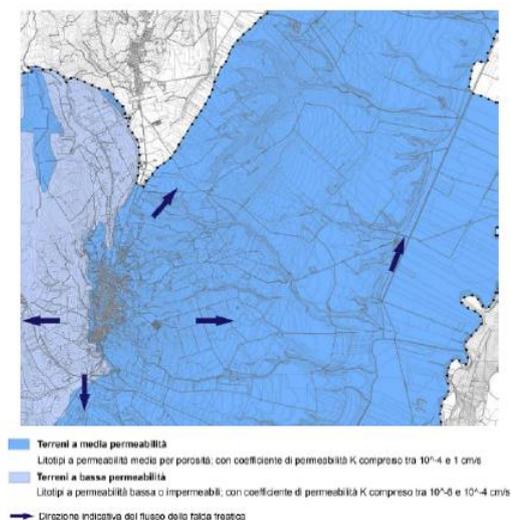


Figura 11: Stralcio cartografia complessi idrogeologici PTA Puglia

Passando ad esaminare nello specifico l'area di progetto, analizzando la Carta Idrogeologica del PUG comunale di Serracapirola si evince come l'area di interesse sia interessata da una media permeabilità per porosità, con coefficiente di permeabilità K compreso tra  $10^{-4}$  ed  $1$  cm/s.

Inoltre la direzione di flusso della falda segue indicativamente il decrescere della quota, in direzione Ovest-Est, diretta verso il corpo idrico superficiale del Fortore.

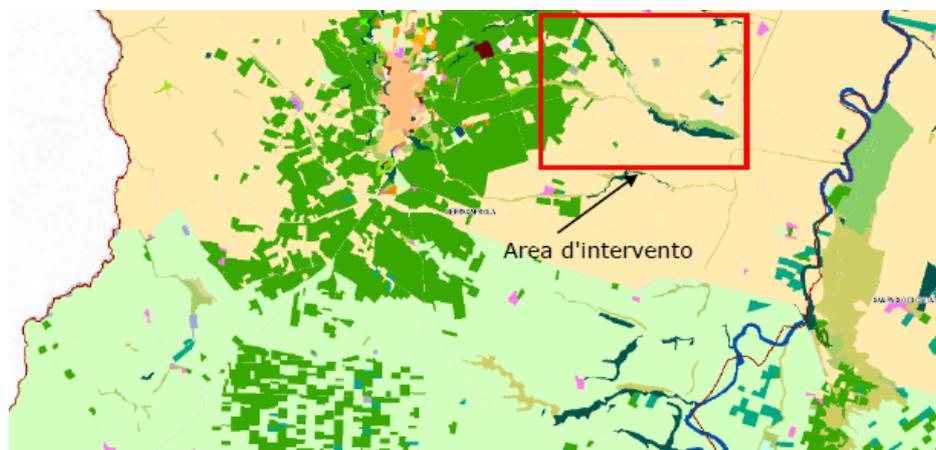


*Figura 12: Estratto Carta Idrogeologica (PUG Serracapirola)*

Infine, per quanto concerne il livello piezometrico, secondo quanto riportato nel Piano Urbanistico Generale comunale, questo risulta attestarsi al di sopra del tetto della Argille di Montesecco, profondo da pochi metri fino a circa 20-30 metri dal piano campagna.

## **8. 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. In particolare i principali utilizzi sono rappresentati da insediamenti produttivi agricoli discontinui, seminativi semplici in aree non irrigue e uliveti.



*Figura 13: Carta Uso Suolo PUG Serracapirola*

## 9. CONTESTO IDROGRAFICO.

Dal punto di vista idrografico il Gargano può essere diviso in quattro zone principali (Morsilli, M., *Il Promontorio del Gargano dal punto di vista geologico, Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Ferrara*):

- ❖ area nord-orientale: quest'area del Gargano è caratterizzata dalla presenza di un esteso reticolo idrografico superficiale che rende la morfologia alquanto accidentata. Strette valli si alternano a dossi collinari ristretti ricoperti da un'estesa vegetazione (Foresta Umbra). La disposizione dei solchi vallivi principali tende a disporsi a raggiera rispetto all'andamento dell'antico margine della piattaforma Apula (Morsilli, 1994, 1998), con direzioni variabili da NE-SO a NO-SE. Alcuni dei principali torrenti (T. Romondato, T. Correntino, V. La Porta) seguono un andamento differente (circa E-O) probabilmente controllato dalla tettonica (Morsilli, 1994), al pari di pochi altri (T. Calinella, T. Chianara, T. Macchio). Nelle aree prossime alla costa tra Peschici e Vieste, l'affioramento di terreni facilmente erodibili (Marne a Fucoidi) ha permesso la formazione di ampi pianori alluvionali spesso terrazzati (Piano Grande, Piano Piccolo, Le Mezzane).
- ❖ area centro-occidentale: nella parte occidentale (area compresa tra i comuni di San Marco in Lamis, Sannicandro e S. Giovanni Rotondo), al cui interno sono presenti i maggiori rilievi garganici (Monte Calvo, Montenero), sono presenti degli estesi pianori in cui l'idrografia superficiale risulta del tutto assente, sostituita da un'elevatissima concentrazione di morfologie carsiche (fino a 80 doline per kmq). Di notevole interesse è la Dolina Pozzatina, una delle maggiori depressioni carsiche italiane (Bissanti, 1966).
- ❖ area meridionale: un primo ampio terrazzo di forma triangolare, che raggiunge la quota di circa 200 m s.l.m., è delimitato a sud-ovest dal Torrente Candelaro mentre verso nord termina in prossimità dei primi rilievi garganici orientati in senso E-O. I limiti di quest'area corrisponderebbero secondo vari autori a superfici di origine tettonica (Cotecchia & Magri, 1966; Bertotti et al., 1999). L'idrografia superficiale risulta quasi del tutto assente, con valli cieche, qualche rara dolina e campi solcati sulle aree rocciose affioranti. In quest'area affiorano ad Ovest la Formazione di Sannicandro e ad Est la Formazione di Monte Spigno.
- ❖ area costiera marina e lagunare: all'interno di quest'area si possono distinguere varie zone con caratteristiche differenti. Le aree costiere settentrionali comprese tra Punta delle Pietre Nere fino a S. Menaio sono prevalentemente sabbiose, con ampie spiagge e dune eoliche (Simeoni et al., 1999). Lo sviluppo di questi cordoni sabbiosi sono responsabili della formazione dei laghi costieri di Lesina e Varano (Cremonini et al., 1971; Morsilli & Scirocco, 2000). Ad est del Lago di Varano la morfologia è dominata dalla presenza di conoidi alluvionali plurichilometriche (Morsilli, 1994). La costa bassa è interrotta nel tratto compreso tra Torre Mileto e Foce di Capoiale, dove sono presenti alcune falesie di modesta elevazione intervallate a piccole spiagge, e in prossimità dell'abitato di Rodi Garganico. Le coste alte sono sviluppate prevalentemente tra S. Menaio e Mattinata, anche in questo caso intervallate

a piccole baie con spiagge sabbiose e ghiaiose. In particolare lungo il tratto di costa compreso tra Testa del Gargano e Mattinata, si osservano delle imponenti falesie di diverse decine di metri di altezza soggette a frequenti crolli (Cherubini & Zezza, 1982).

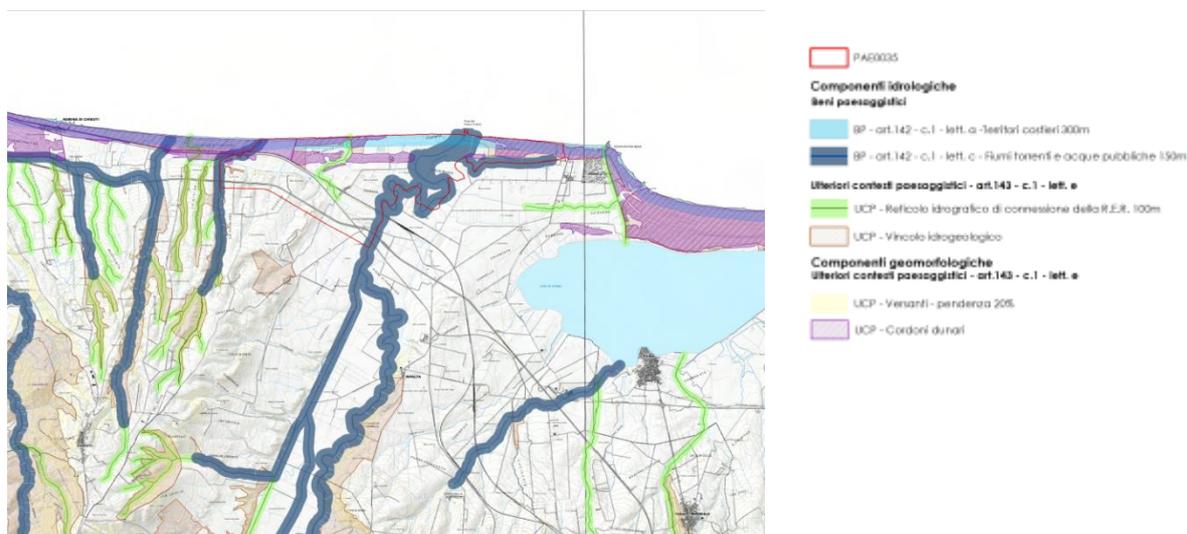


Figura 14: Struttura idrogeomorfologica Serracapriola

## 10. STUDIO IDROLOGICO.

### 10.1 GENERALITA'.

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 100 e 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 dei corsi 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.

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.

## **10.2 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 centromeridionale (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.

## **10.3 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 fisicostocastico, 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 ed 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.

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  $\Lambda_1$ .

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

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio

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

*Figura 15: VAPI – Parametri di 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:

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

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

Figura 16: VAPI – 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  $h$ :

<b>ZONA 1-3</b>	$\mu(h,t) = at^{(C+D+lna - lna)/ln24}$
<b>ZONA 2-4</b>	$\mu(h,t) = at^n$

Figura 17: VAPI – 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 18: VAPI – Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello

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

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

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  $\alpha = xg/x_{24}$  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.

Area omogenea	$\alpha$	$a$ (mm/ora)	$C \cdot 10^4$	$D$	$n$
1	0.89	28.7	50.3	3.959	-
2	0.89	22.2	-	-	0.247
3	0.89	25.3	5.31	3.811	-
4	0.89	24.7	-	-	0.256

Zona	$\alpha$	$a$	$C$	$D$	$N$
5	0.89	28.2	0.0002	4.0837	-
6	“	33.7	0.0022	4.1223	-

Figura 19: VAPI – 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:

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

## 10.4 DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.

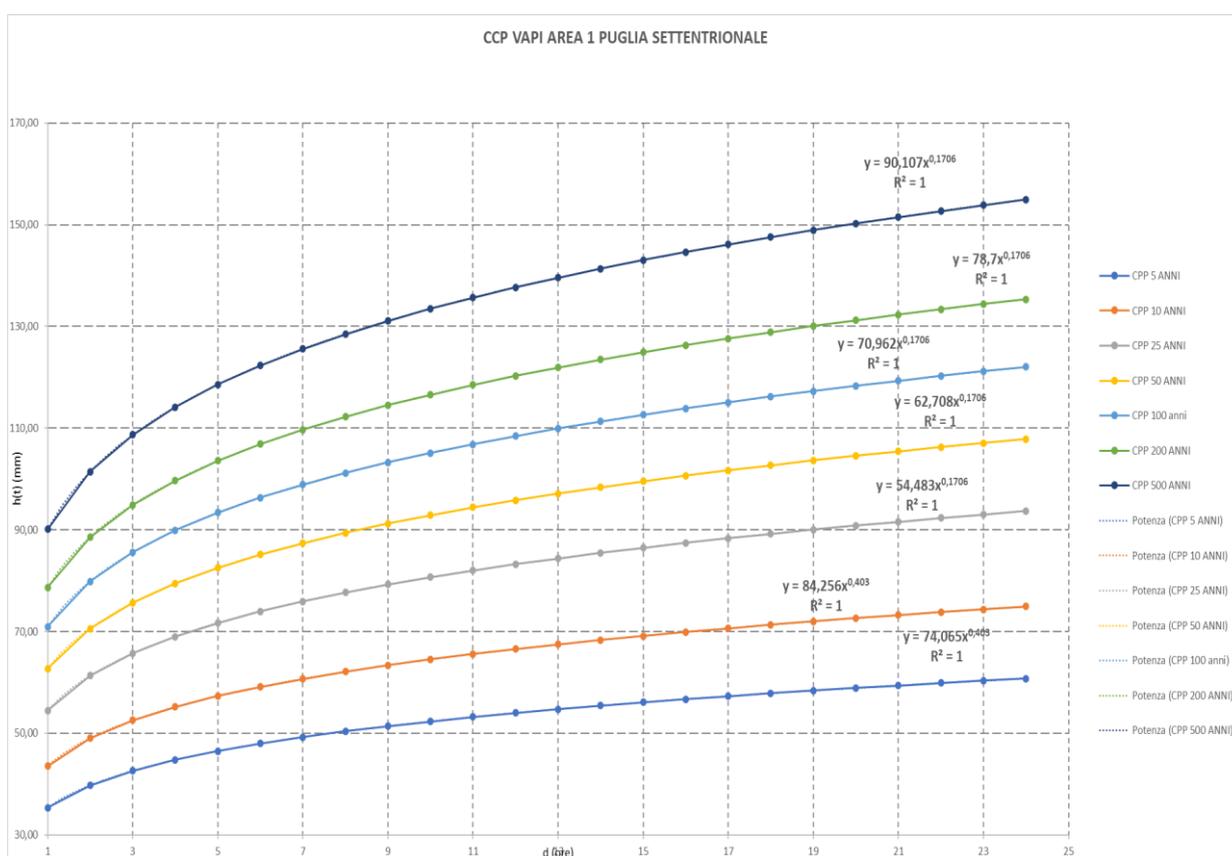
Le procedure di regionalizzazione descritte in precedenza hanno consentito, quindi, di determinare le curve di possibilità climatiche al variare del tempo di ritorno.

In particolare ricadono i bacini idrografici dei due canali esistenti denominati “Pozzillo” e “Fontanelle” ricadono interamente nella Zona 1.

Il rapporto VAPI Puglia assegna alla Zona 1 la seguente legge di variazione dei valori medi delle altezze di pioggia dei massimi annuali in funzione della durata dell’evento:

$$h = 28,66 t^{(Ch+D+ln\alpha - ln\alpha)/ln24}$$

Il metodo precedentemente spiegato porta all’individuazione delle seguenti curve di possibilità climatiche:



t (ore)	H (mm)	H * Kt T=5 anni	H * Kt T=10 anni	H * Kt T=25anni	H * Kt T=50 anni	H * Kt T=100 anni	H * Kt T=200 anni	H * Kt T=500 anni
1	28,66	35,34	43,56	54,48	62,71	70,96	78,70	90,11
2	32,26	39,77	49,03	61,32	70,58	79,87	88,58	101,42
3	34,57	42,62	52,55	65,72	75,64	85,59	94,93	108,69
4	36,31	44,77	55,19	69,02	79,44	89,90	99,70	114,15
5	37,72	46,51	57,33	71,70	82,53	93,39	103,57	118,58
6	38,91	47,98	59,14	73,97	85,13	96,34	106,85	122,33
7	39,95	49,25	60,72	75,94	87,40	98,91	109,69	125,59
8	40,87	50,39	62,12	77,69	89,42	101,19	112,22	128,49
9	41,70	51,41	63,38	79,27	91,23	103,24	114,50	131,10
10	42,45	52,35	64,53	80,70	92,89	105,11	116,58	133,47
11	43,15	53,20	65,59	82,03	94,41	106,84	118,49	135,66
12	43,79	54,00	66,57	83,25	95,82	108,44	120,26	137,69
13	44,40	54,74	67,48	84,40	97,14	109,93	121,91	139,58
14	44,96	55,44	68,34	85,47	98,38	111,33	123,47	141,36
15	45,49	56,09	69,15	86,49	99,54	112,64	124,93	143,04
16	46,00	56,72	69,92	87,44	100,64	113,89	126,31	144,62
17	46,48	57,31	70,64	88,35	101,69	115,08	127,63	146,12
18	46,93	57,87	71,34	89,22	102,69	116,20	128,88	147,56
19	47,37	58,40	72,00	90,05	103,64	117,28	130,07	148,92
20	47,78	58,92	72,63	90,84	104,55	118,31	131,21	150,23
21	48,18	59,41	73,24	91,60	105,42	119,30	132,31	151,49
22	48,57	59,88	73,82	92,33	106,27	120,25	133,37	152,70
23	48,94	60,34	74,38	93,03	107,07	121,17	134,38	153,86
24	49,29	60,78	74,93	93,71	107,85	122,05	135,36	154,98

*Figura 20: Legge probabilità pluviometrica zona 1*