



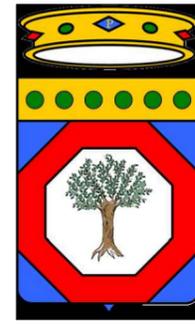
COMUNE DI
FOGGIA



COMUNE DI
LUCERA



COMUNE DI
TROIA



REGIONE PUGLIA



Statkraft

PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO CELONE



PROGETTO

CELONE

SOCIETA'

SKI 05 S.r.l.

RAPPRESENTANTE
LEGALE
DI TILLIO CARLA

PROJECT MANAGER
TORTORICI GIUSEPPE

Titolo dell'allegato:

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

REV	DOCUMENTO	DATA
1		07/06/2022

**CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO
IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE COMPOSTO DA 18
AEROGENERATORI PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 111,6MW
UBICATO NEI COMUNI DI FOGGIA-LUCERA E TROIA**

COMMITTENTE

SKI 05 srl
Via Caradasso,9
20123 Milano(MI)
ski05@unapec.it

Il progettista:

Geo Tecnologie srl
Via della Resistenza 48/49
Bari 70125



SOMMARIO

1	<i>PREMESSA</i>	2
2	<i>QUADRO VINCOLISTICO DI RIFERIMENTO</i>	3
2.1	Finalità e contenuti del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	3
2.1.1	Prescrizioni del PAI relativamente all'Assetto Idraulico.	4
2.	<i>DESCRIZIONE TEMATICA DELL'AREA</i>	8
2.2	Premessa	8
2.3	Modello geologico.....	8
2.4	Modello geomorfologico	9
2.5	Modello Idrogeologico.....	10
2.6	Modello climatico.....	12
3	<i>SCHEMA IDROLOGICO</i>	14
3.1	Premessa	14
3.2	Schema idraulico del reticolo	14
3.3	Stima dei volumi netti.....	16
3.4	Tempo corrivazione.....	17
	Sotto bacino Celone.....	20
3.5	Analisi pluviometrica	22
3.5.1	Rapporto sull'elaborazione probabilistica	28
3.5.2	Rapporto sulla curva di pioggia	40
3.5.3	Rapporto idrogramma:.....	42

1 PREMESSA

La presente relazione idrogeomorfologica (D.M. 11.03.1988 e D.G.R. 6320/89), è stata redatta con lo scopo di valutare l'impatto delle opere da realizzare sul deflusso superficiale, sottosuperficiale ed effetti erosivi, dell'area interessata dal progetto relativo alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica all'interno dei limiti amministrativi dei Comuni di Foggia, Lucera e Troia (Provincia di Foggia).

Il progetto prevede la realizzazione di n.18 aerogeneratori, collegati tramite cavidotto in MT alla stazione primaria di trasformazione. Nella presente relazione si studieranno:

- deflussi superficiali a seguito variazione locale di permeabilità dei terreni;
- interferenze ed interazioni falda;
- vulnerabilità acquifero;
- geomorfologia locale;
- rispondenza progettuale con la normativa vigente, PAI e PUTT

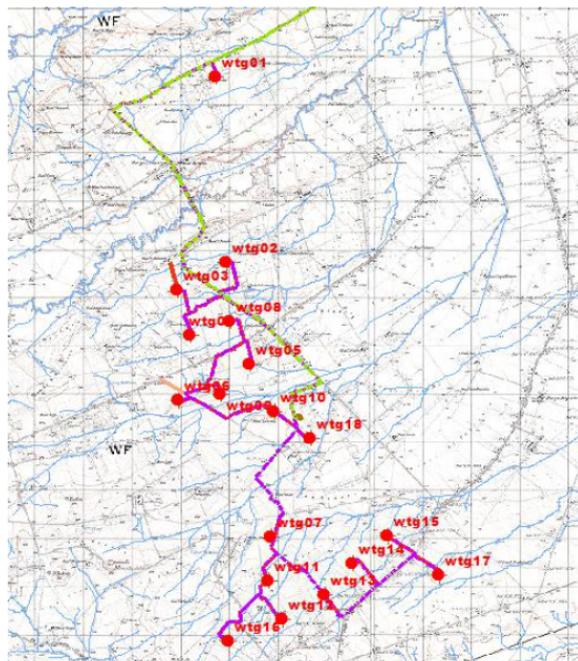


Fig.1 - Corografia

2 QUADRO VINCOLISTICO DI RIFERIMENTO

2.1 Finalità e contenuti del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del Distretto Appennino Meridionale UoO Regione Puglia e Interregionale Ofanto (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 Maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del PAI sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;

- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

2.1.1 Prescrizioni del PAI relativamente all'Assetto Idraulico.

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) (novembre 2005) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10.

In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);
- Fasce di pertinenza fluviale (art. 10);

Relativamente alle aree a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), queste risultano arealmente individuate nelle “Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico” allegate al PAI, mentre, relativamente alle aree definite Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6) e Fasce di pertinenza fluviale (art. 10), la loro ubicazione segue i seguenti criteri:

- Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m.
- Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra

che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata al punto precedente, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

In relazione alle finalità e gli obiettivi generali del PAI, ai fini di assicurare la compatibilità con essi degli interventi sul territorio, le Norme Tecniche di Attuazione prevedono che:

- all'interno delle aree di cui agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10, tutte le nuove attività ed i nuovi interventi devono essere tali da:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- c) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- d) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- e) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- f) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- g) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

- in particolare, all'interno del reticolo idrografico, ossia l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, il PAI

prevede che sia consentita la realizzazione di opere di regimazione idraulica e lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali ed un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone.

- analogamente, all'interno delle fasce di pertinenza fluviale, ai fini della tutela e dell'adeguamento dell'assetto complessivo della rete idrografica, 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 delle NTA.

- l'art. 36 delle suddette N.T.A., definisce per sicurezza idraulica la 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.

Occorre precisare che, 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" tutto quanto rappresentato come tale su cartografia IGM in scala 1:25000. A monte della dovuta indagine in sito, si è pertanto effettuata una analisi preliminare cartografica al fine di evidenziare se nell'area vi fossero vincoli formali che avessero richiesto verifiche di compatibilità, vista anche la vetustà della cartografia I.G.M. in ordine all'evoluzione delle dinamiche idrauliche dei siti.

Nello specifico, le opere principali (piazzole, torri) in progetto risultano, come posizionamento, totalmente esterne ad aree oggetto di perimetrazione idraulica pur rientrando in alcuni casi all'interno di fasce di pertinenza fluviale, per cui saranno oggetto di studi di compatibilità idraulica ed idrologica (fig. 3a).

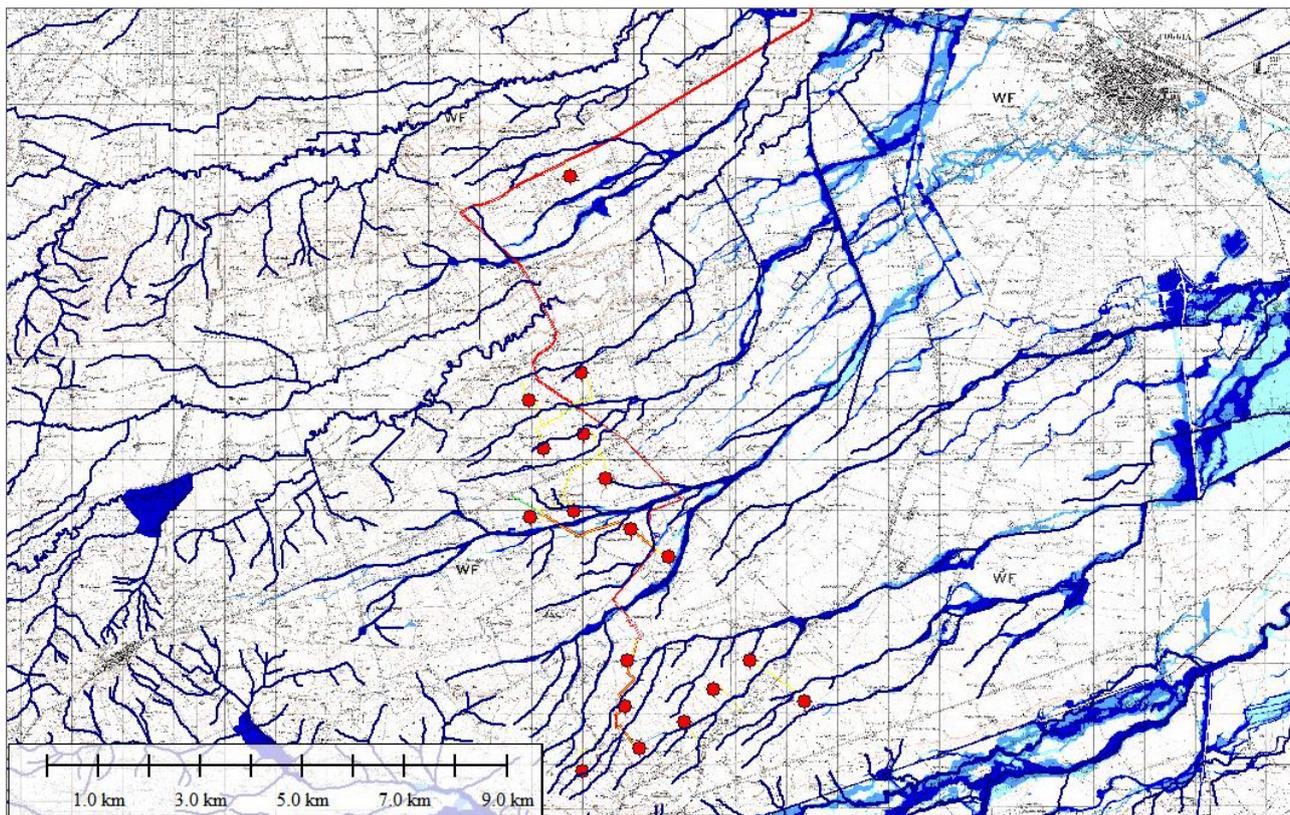


Fig. 3a Inquadramento area di studio - Perimetrazioni PAI (rischio idraulico)

Dal punto di vista geomorfologico solo la viabilità di collegamento ricade in aree classificate PG1 (fig. 3b).

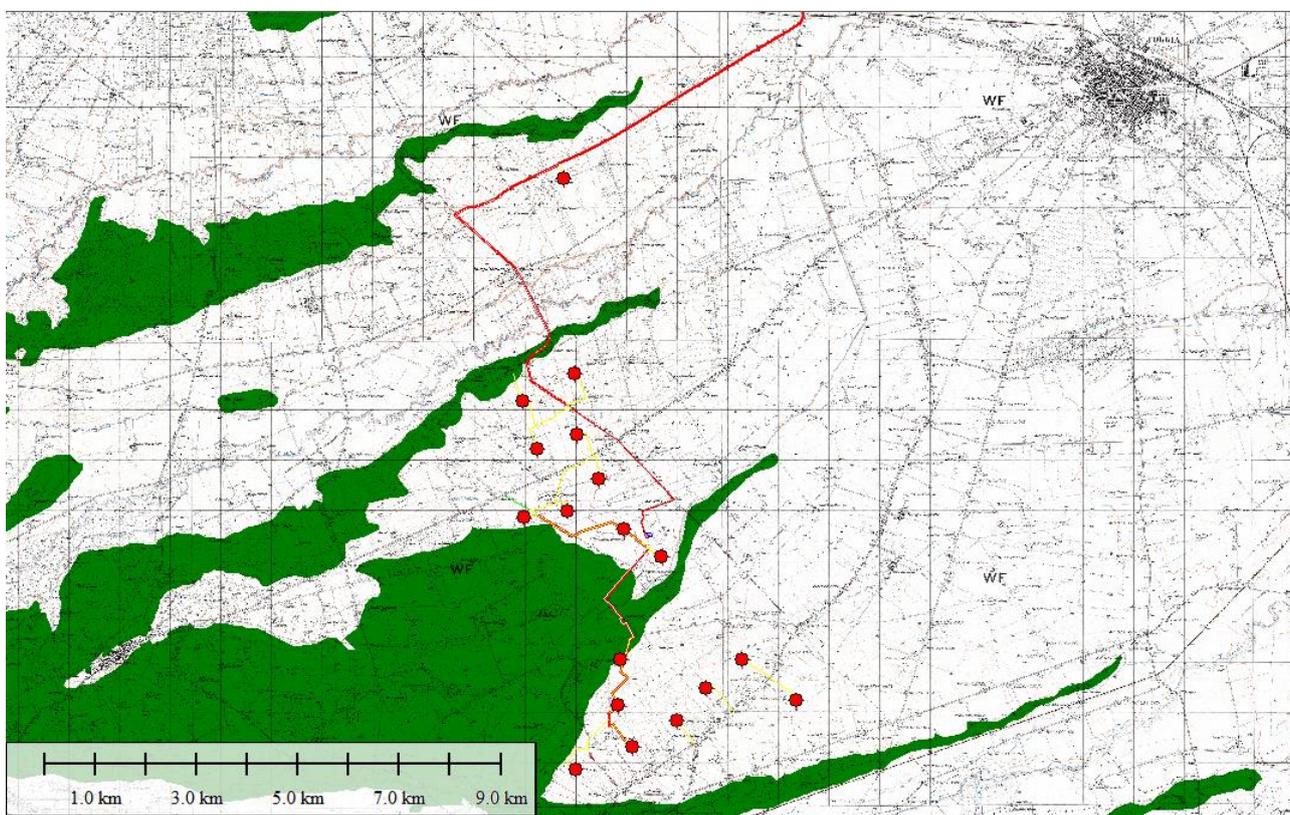


Fig. 3b Inquadramento area di studio - Perimetrazioni PAI (rischio geomorfologico)

2. DESCRIZIONE TEMATICA DELL'AREA

2.2 Premessa

Prima di affrontare lo studio, appare opportuno analizzare le peculiarità della zona nella configurazione attuale, in termini di componenti o fattori interagenti con le opere in progetto, al fine di addivenire ad un quadro d'insieme sui possibili effetti che le opere stesse possano avere sul regime idrologico ed idraulico dell'area.

2.3 Modello geologico

L'area oggetto di studio si colloca nella settore settentrionale del Tavoliere delle Puglie a circa 20 Km dal litorale adriatico e comprende parte della dall'ampia valle del F. Fortore. La gran parte del territorio è occupato da sedimenti prevalentemente clastici riferibili al Pliocene e Pleistocene. Sedimenti di età più antica, con facies litologiche diverse, compaiono in affioramenti di limitata estensione nella zona tra Poggio Imperiale-Apricena; si tratta di calcari e dolomie giurassici, calcari cretacei e calcareniti mioceniche.

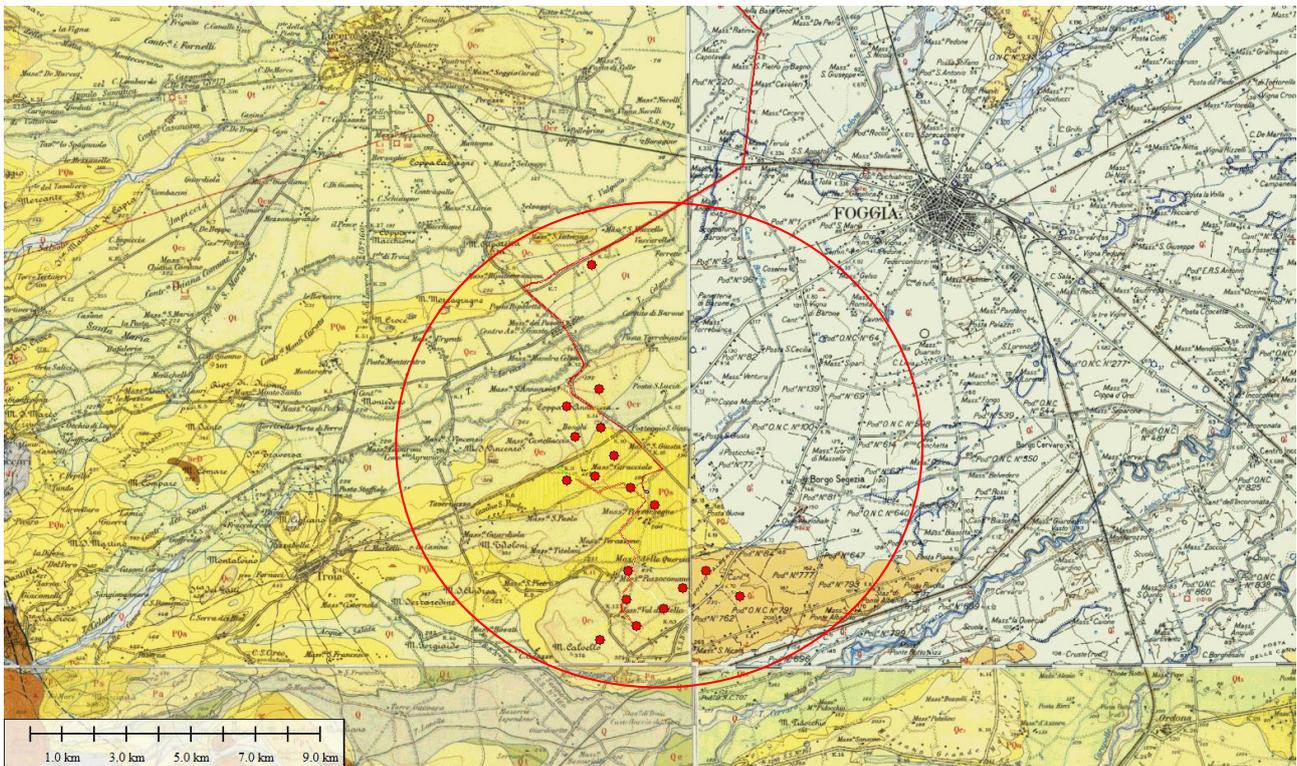


Fig.4 - Stralci della Carta Geologica in scala 1:100.000.

In particolare, i depositi giurassici sono rappresentati da calcari cripto cristallini con rari livelli dolomitici e da calcari oolitici del Cretaceo inferiore (Calcari di Sannicandro). Tali sedimenti, unitamente alle calcareniti organogene del Serravalliano (Calcareniti di Apricena), costituiscono la estrema propaggine occidentale del Gargano.

In seguito al nuovo rilevamento geologico ed elaborazione dei dati raccolti, le formazioni indicate con le sigle PQ^c e Q^c, rispettivamente noti come Conglomerati di Campomarino e le Sabbie di Serracapriola, sono state accorpate in un'unica formazione definita dal punto di vista litologico come “sabbie gialle fini con molluschi litorali” ed attribuita al Pleistocene.

In superficie, nell'area esaminata affiorano prevalentemente sedimenti sabbiosi, fini, di colore giallastro, a cui si intercalano livelli sabbioso-conglomeratici a differente grado di cementazione.

2.4 Modello geomorfologico

Questa porzione settentrionale della provincia foggiana è incisa da tre importanti corsi d'acqua ad andamento parallelo: il Vulgano, il Celone ed il Cervaro, e da una serie di affluenti che costituiscono una rete idrografica secondaria attiva generalmente solo nella stagione piovosa.

Il differente grado di erodibilità che esiste tra i sedimenti argillosi ed i materiali di copertura, a granulometria maggiore, determina l'esistenza, verso l'alto, di gradini subverticali abbastanza pronunciati, in corrispondenza degli affioramenti dei sedimenti sabbioso-ghiaiosi. Al di sotto del gradino morfologico, segue, nei sedimenti argillosi, una scarpata meno ripida, localmente franosa e calanchiva.

In corrispondenza delle porzioni di territorio in cui la copertura superficiale risulta assente perché erosa, il paesaggio è contraddistinto da una morfologia dolce, con colli e dossi poco elevati.

Un altro elemento morfologico riconosciuto nell'area in esame è rappresentato dal fenomeno del terrazzamento dei depositi alluvionali, che si presenta molto pronunciato soprattutto per i ripiani più recenti. In corrispondenza dei ripiani più antichi, invece, i

terrazzamenti sono meno differenziati ed hanno uno sviluppo asimmetrico rispetto all'asse vallivo.

Il sito di progetto mostra un assetto morfologico dolcemente ondulato rappresentato da pianori posti a varie quote ed incisi da linee di impluvio secondarie afferenti ai vari corsi d'acqua che scorrono all'incirca in direzione ovest-est. Gli impluvi secondari, a carattere stagionale e saltuario, attraversano l'area in direzione NW-SW.

2.5 Modello Idrogeologico

L'area in esame appartiene all'unità idrogeologica del Tavoliere, delimitata inferiormente dal corso del Cervaro, lateralmente dal mare Adriatico e dall'arco collinare dell'Appennino Dauno, superiormente dal corso del T. Candelaro.

Gli affioramenti principali sono costituiti da depositi quaternari in facies alluvionale e lacustre e, subordinatamente nelle zone marginali occidentali da argille grigio-azzurre della serie pliocenico-calabriana.

Sinteticamente, quindi, la successione litologica riconosciuta è costituita da:

- basamento impermeabile di argille azzurre;
- ciclo sedimentario plio-calabriano;
- secondo ciclo calabriano di argille sabbiose grigio-azzurre e sabbie;
- depositi discontinui quaternari di conglomerati.

Sulla base della successione litostratigrafica appena descritta, che vede l'alternarsi di terreni a differente permeabilità, caratteristica dell'area è una duplice circolazione idrica sotterranea rappresentata da una falda profonda e da una falda superficiale.

La falda profonda si rinviene a notevoli profondità e non soggetta ad interazioni con le opere in progetto, infatti è posta al di sotto delle argille plioceniche, ed all'interno del basamento carbonatico mesozoico permeabile per fessurazione e carsismo. La falda scorre in pressione e le acque sono caratterizzate da elevato contenuto salino a causa dei frequenti processi di contaminazione e della scarsa alimentazione.

La falda superficiale, di potenzialità molto variabile da zona a zona, circola nei depositi sabbioso-ghiaiosi quaternari ed è delimitata inferiormente dai depositi argillosi impermeabili. La potenza di questo acquifero risulta molto variabile, ma comunque dell'ordine delle diverse decine di metri..

La falda circola generalmente a pelo libero e solo localmente, laddove ricoperta da depositi sabbio-limo-argillosi, da scarsamente a del tutto impermeabili di spessore generalmente superiore alla decina di metri, in pressione. Laddove la falda circola a pelo libero lo spessore dei depositi di copertura si aggira intorno ai 5 – 10 m.

La ricostruzione della circolazione idrica sotterranea dell'area in studio, presente nei terreni sabbioso-conglomeratici di copertura, è stata desunta dai dati stratigrafici e idrogeologici di pozzi e sondaggi censiti nel territorio in esame unitamente ai dati desunti da studi professionali eseguiti nello stesso territorio comunale.

L'acquifero sabbioso-ghiaioso risulta condizionato sia dall'assetto strutturale che da quello geomorfologico e dalle variazioni climatiche stagionali. La distribuzione dei carichi piezometrici risulta fortemente condizionata dalla morfologia del substrato impermeabile, costituito dai depositi argillosi grigio-azzurre.

Le precipitazioni atmosferiche e le condizioni giacitureali dei terreni costituiscono fattori determinanti per la formazione della falda acquifera sotterranea.

Data l'inclinazione della formazione argillosa la direzione preferenziale di scorrimento delle acque sotterranee dovrebbe avvenire in direzione nord-orientale.

I depositi interessati dalla costruzione del parco eolico rientrano per la gran parte nei sedimenti caratterizzati da permeabilità da media ad alta, ad eccezione dei depositi calcarenitici che appartengono alla classe dei sedimenti con permeabilità da bassa a media.

2.6 Modello climatico

Nell'analisi dell'ambiente naturale, la climatologia riveste un ruolo importante nell'identificare quei fattori che condizionano il rapporto tra organismi viventi ed ambiente circostante. È noto infatti che le caratteristiche climatiche di una zona influiscono sulle specie animali e vegetali selezionandole in base al loro grado di adattamento ed è quindi ormai scientificamente corretto identificare un biotopo con una terminologia di chiaro stampo climatologico (foresta pluviale, ambiente desertico, ecc.). Resta tuttavia spesso problematica una definizione del clima come "entità reale", se si tiene conto che esso non rappresenta altro che una elaborazione statistica di un certo numero di dati rilevati convenzionalmente in tempi successivi (ARRIGONI, 1968). Inoltre occorre tenere presente la scala geografica in cui si opera. Infatti nella realtà, non esiste un clima tipo e sempre fedelmente ripetitivo nella sua fenomenologia, bensì esiste un ampio campo di variabilità di parametri, influenzato da fattori geografici, topografici e biotici.

A fronte di tali considerazioni si può quindi distinguere un macroclima, che sintetizza i valori climatici su scala regionale (intesa come una zona più o meno estesa), un mesoclima che comprende le caratteristiche climatiche di un'area a livello locale, ed un microclima, le cui caratteristiche possono essere collegate a fattori biotici ed abiotici anche su piccola scala spaziale (es. il tronco di un albero, una sorgente).

Risulta pertanto evidente la necessità di comprendere le caratteristiche climatiche. Da un punto di vista del tutto generale la caratterizzazione meteoclimatica del territorio può essere effettuata agevolmente consultando la “Carta Bioclimatica d’Italia” elaborata da R.Tomaselli, A. Balduzzi e S. Filipello nel 1972.

In tale Carta il territorio interessato dall'intervento di progetto viene classificato come zona a:

- Clima Mediterraneo: curva termica sempre positiva e un periodo di aridità estiva di durata variabile da uno ad otto mesi;
- Regione xeroterica : sottoregione climatica caratterizzata da un periodo secco estivo, con indice xerotermico compreso tra 40 e 100 ($40 < x < 100$).

- Sottoregione mesomediterranea di tipo C: regione climatica nella quale il periodo di aridità corrisponde ai mesi estivi;

In particolare questa sottoregione è definibile anche come di tipo “C”.

3 SCHEMA IDROLOGICO

3.1 Premessa

L'approccio allo studio idrologico ed idraulico dell'area in esame, non può prescindere, al di là dei vincoli idraulici formali trattati ed osservati nel capitolo 2, comunque per maggiori dettagli si rimando alla relazione specialistica.

La presente analisi, ha come obiettivo quello di valutare la compatibilità idraulica delle opere di progetto previste. Pertanto lo studio verrà effettuato analizzando l'area di studio nelle condizioni *ante e post operam*.

3.2 Schema idraulico del reticolo

Il parco eolico in progetto occupa una porzione di territorio attraversato da affluenti dei T. Cervaro e T. Celone; quest'ultimo scorre da NW verso SE, costeggiando il Promontorio del Gargano, e riversa le proprie acque nel Golfo di Manfredonia. Il sito di progetto è ubicato in sinistra idraulica del T. Candelaro, che mostra un assetto morfologico dolcemente ondulato rappresentato da pianori posti a varie quote ed incisi da linee di impluvio secondarie afferenti al corso d'acqua principale dell'area rappresentato dal T. Cervaro, che scorre all'incirca in direzione ovest-est. Gli impluvi secondari, a carattere stagionale e saltuario, attraversano l'area in direzione NW-SW. E' evidente, quindi, che l'idrografia della zona condiziona sensibilmente la morfologia del territorio (fig. 6).

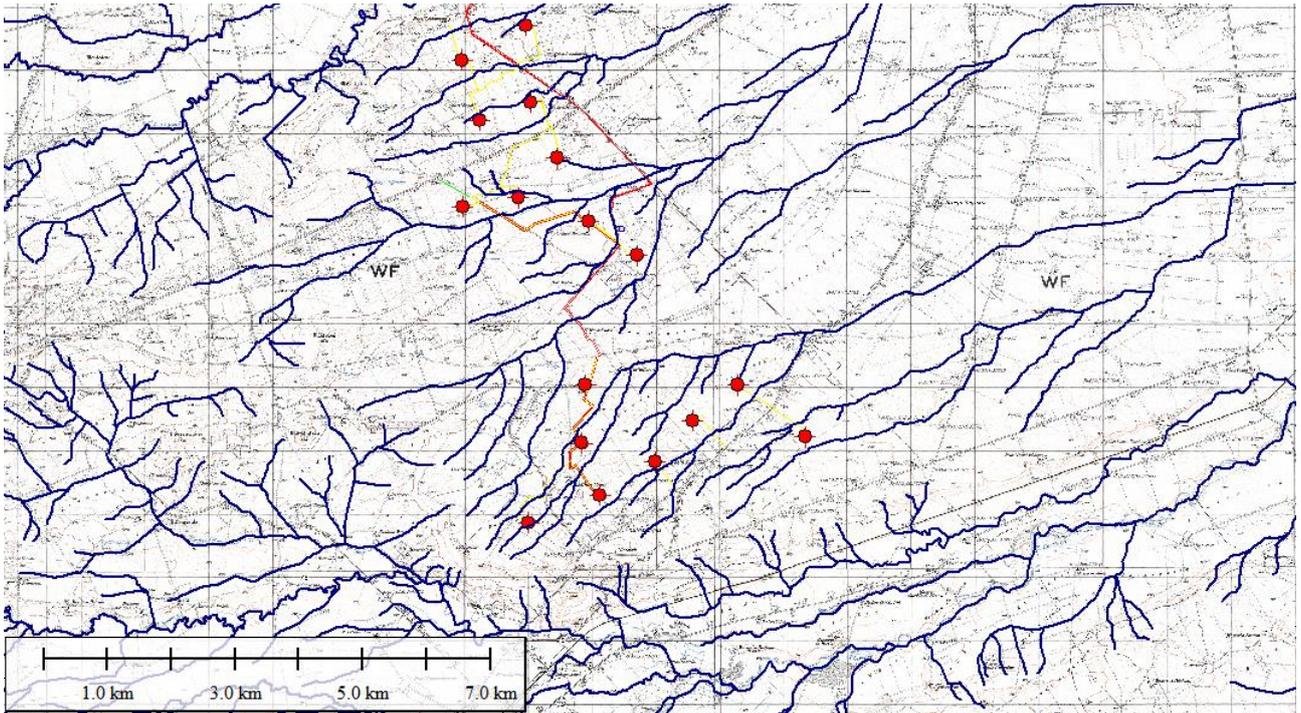


Fig. 6 - Reticolo idrografico

3.3 *Stima dei volumi netti*

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per tempi di ritorno degli eventi considerati di 200 anni. Tali valutazioni sono state ottenute in corrispondenza del CNII, ovvero in condizioni medie di umidità del suolo antecedente l'evento, rappresentative, secondo la metodologia originaria, delle condizioni del bacino nelle previsioni di medio-lungo periodo. Nell'ambito del metodo adottato le condizioni critiche ai fini della determinazione del deflusso si verificano in corrispondenza di una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione.

Il modello idrologico SCS-CN, applicato ai bacino, permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino. I Bacini considerati, sono:

	Area (Km ²)	H _{med} (ms.l.m.)	H _{min} (m s.l.m.)	H _{max} (m s.l.m.)	L _{max} (Km)	I _{med} (%)
Sottobacino Celone	69.07	190	85	370	14.85	5.42
Sottobacino Cervaro	103.09	132	45	365		3.02

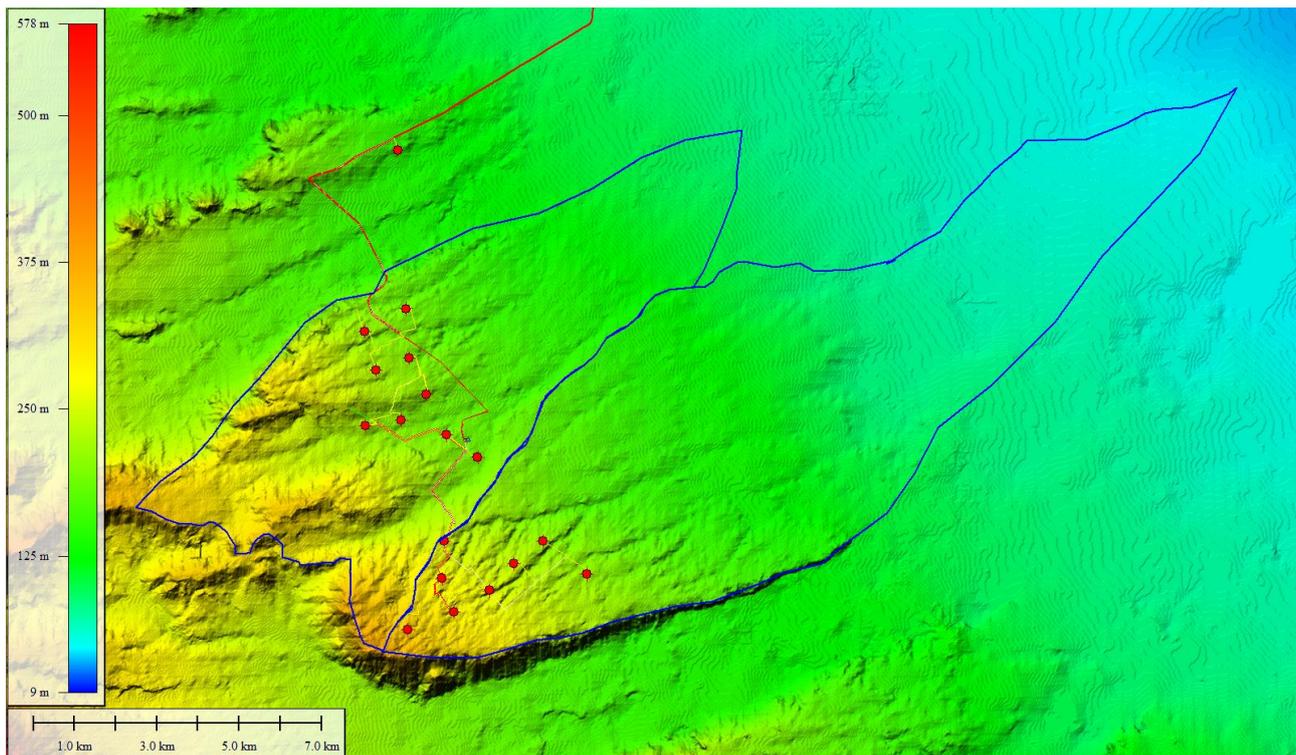


Fig. 7 - Sottobacini imbriferi

Si precisa, che sarà considerata l'area di sedime di ogni torre pari a 19.5 m², mentre l'area delle piazzole di servizio pari a 625 m² a cui si aggiungerà la nuova viabilità.

3.4 Tempo corrivazione

Il tempo di corrivazione valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio naturale è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Esso varia in funzione delle caratteristiche topografiche, pedologiche e geologiche del bacino e degli usi del suolo attuati sullo stesso.

Il tempo di corrivazione t_c , espresso in ore, si determina essenzialmente con l'utilizzo di diverse formule empiriche, quelle utilizzate nella seguente applicazione sono:

Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (Q_{\text{med}} - Q_{\text{min}})^{0.5}}$$

Formula di Kirpick

$$t_c = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

Formula di Johnstone Cross

$$t_c = \frac{3.258 \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{max}}}{i_b}}}{60}$$

Formula California Culvert Practice

$$t_c = \frac{2.855 \cdot L^3}{(3.28084 \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}))^{0.385}}$$

Formula NRCS-SCS

$$t_c = \frac{\left(\frac{1000}{\text{CN}} - 9\right)^{0.7} \cdot (1000 \cdot D_{\text{max}})^{0.8}}{441 \cdot \sqrt{100 \cdot i_b}}$$

Formula Pezzoli

$$t_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Puglisi

$$t_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}}}$$

Formula di Ventura

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

Formula di Tournon

$$t_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_a}{i_b}}\right)^{0.72}$$

Formula di Pasini

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

Formula di Viparelli

$$t_c = \frac{L}{3.5 \cdot V}$$

La forma planimetrica del bacino condiziona alcuni fenomeni idrologici che in esso si verificano come, per esempio, i tempi di trasferimento delle gocce di pioggia cadute sul bacino.

Per caratterizzare la forma di un bacino si utilizzano diversi indici che generalmente confrontano il bacino reale con un cerchio di pari superficie o di pari diametro:

Fattore di forma

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

Coefficiente di uniformità

$$R_u = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}}$$

Rapporto di circolarità

$$R_c = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$$

Rapporto di allungamento

$$R_a = \frac{2 \cdot \sqrt{A}}{L \cdot \sqrt{\pi}}$$

Dove:

A [Km²] Area del bacino idrografico

L [Km] Lunghezza dell'asta principale

Q_{max} [m] Quota massima del bacino idrografico

Q_{med} [m] Quota media del bacino idrografico

Q_{min} [m] Quota minima del bacino idrografico

CN [0-100] Curve Number

D_{max} [Km] Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura

i_b [m/m]	Pendenza media del bacino idrografico
i_a [m/m]	Pendenza media dell'asta principale
V	Velocità media di deflusso all'interno dei canali, i valori suggeriti dell'autore sono compresi tra [1;1.5] m/s, nell'applicazione online si assume il limite superiore.
P[Km]	Perimetro del bacino idrografico

Sotto bacino Celone

Area bacino	69	Km ²
Lunghezza asta	14.85	Km
Quota massima	370	m
Quota media	190	m
Quota minima	85	m
Pendenza media bacino	0.542	
Distanza massima tra lo spartiacque e sezione chiusura	19	Km
Pendenza media asta	0.14	
Perimetro bacino	43.86	Km

tempo di corrivazione in ore calcolo del tempo di corrivazione (ore)

Giandotti	6.77
-----------	------

Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico

Rapporto di Circolarità	0.45
Coefficiente di Uniformità	1.49
Fattore di Forma	0.31
Rapporto di Allungamento	0.63

Sotto bacino Cervaro

Area bacino	103	Km ²
Lunghezza asta	23	Km
Quota massima	365	m
Quota media	132	m
Quota minima	45	m
Pendenza media bacino	0.302	

Distanza massima tra lo spartiacque e sezione chiusura 25 Km

Pendenza media asta 0.119

Perimetro bacino 54 Km

tempo di corrivazione in ore calcolo del tempo di corrivazione (ore)

Giandotti 10.06

Parametri adimensionali di forma del bacino idrografico

Rapporto di Circolarità 0.44

Coefficiente di Uniformità 1.50

Fattore di Forma 0.19

Rapporto di Allungamento 0.50

3.5 *Analisi pluviometrica*

Foggia - Istituto agrario

Dati Serie

Serie presenti: 5

Durate presenti: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

Minima dimensione serie: 25

Massima dimensione serie: 27

Serie n. 1	
Nome della serie	Serie osservazioni 1
Durata	1 ora
Descrizione	

Serie n. 2	
Nome della serie	Serie osservazioni 2
Durata	3 ore
Descrizione	

Serie n. 3	
Nome della serie	Serie osservazioni 3
Durata	6 ore
Descrizione	

Serie n. 4	
Nome della serie	Serie osservazioni 4
Durata	12 ore
Descrizione	

Serie n. 5	
Nome della serie	Serie osservazioni 5
Durata	24 ore
Descrizione	

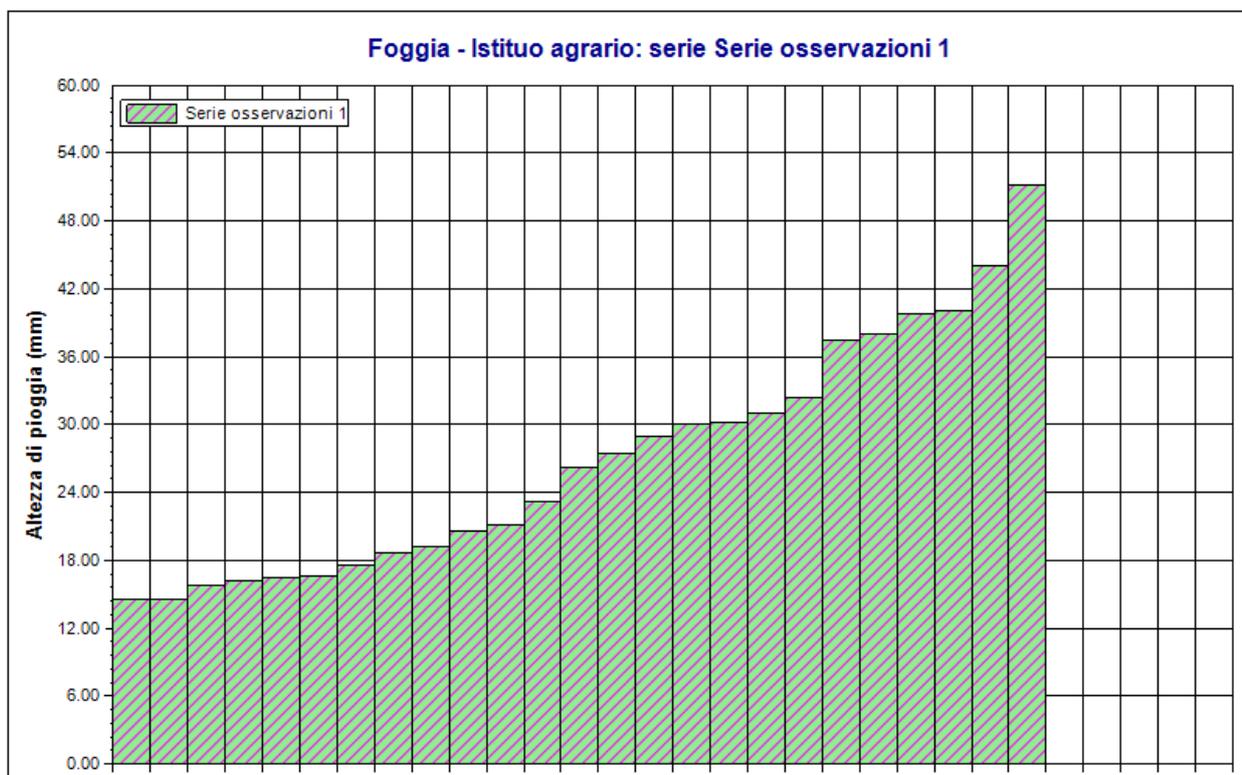
Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	14.6	15.0	18.6	22.2	26.2
2	14.6	15.8	19.4	22.6	28.2
3	15.8	16.6	20.2	26.2	29.8
4	16.2	17.4	21.0	27.6	32.2
5	16.4	18.2	21.4	29.4	32.6
6	16.6	18.6	22.6	29.8	34.0
7	17.6	20.8	23.8	30.0	35.4
8	18.6	21.0	24.2	31.2	35.6
9	19.2	21.6	24.6	31.2	36.4
10	20.6	23.8	25.2	32.6	38.2

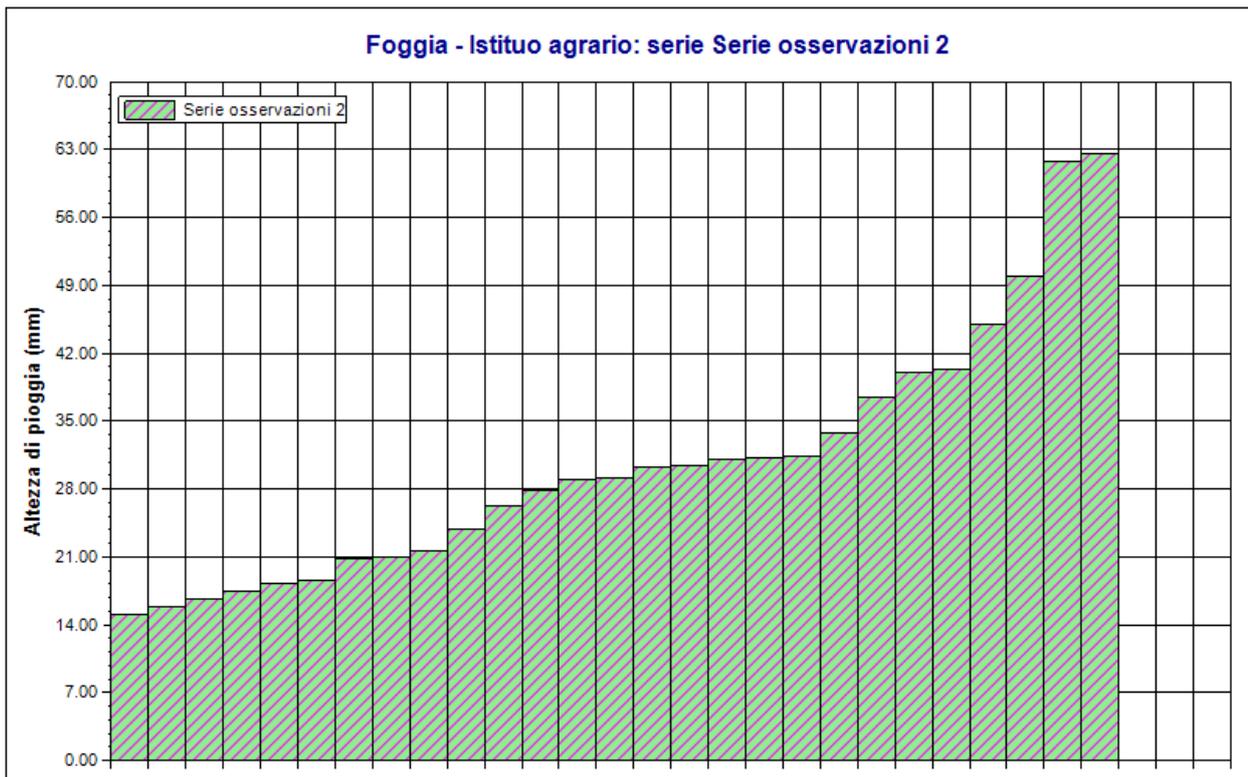
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
11	21.1	26.2	26.2	33.2	39.8
12	23.2	27.8	28.0	35.2	40.6
13	26.2	29.0	29.4	36.0	42.2
14	27.4	29.2	30.0	36.0	42.8
15	29.0	30.2	31.2	37.6	45.0
16	30.0	30.4	33.4	38.6	47.0
17	30.2	31.0	34.8	38.8	47.2
18	31.0	31.2	35.0	40.4	49.6
19	32.4	31.4	35.6	40.6	49.8
20	37.4	33.8	37.2	41.4	50.0
21	38.0	37.4	37.4	41.4	54.2
22	39.8	40.0	40.0	44.4	54.2
23	40.0	40.4	40.4	45.0	57.0
24	44.0	45.0	45.0	47.4	59.8
25	51.2	50.0	50.0	50.0	62.0
26	-	61.8	62.8	63.2	65.8
27	-	62.6	65.6	65.8	66.4

Dati Statistici

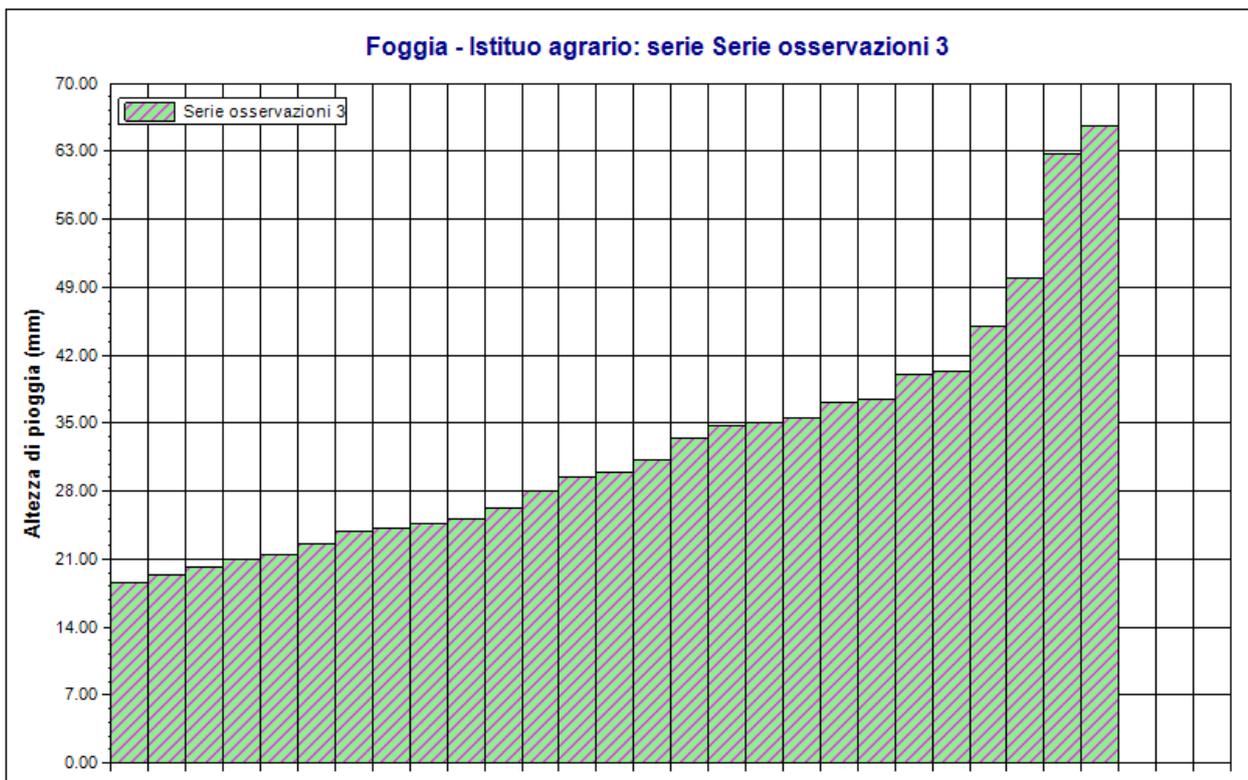
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	25	27	27	27	27
Somma dei dati	671.1	826.2	883.0	1017.8	1202.0
Valore minimo	14.6	15.0	18.6	22.2	26.2
Valore massimo	51.2	62.6	65.6	65.8	66.4
Valore medio	26.84	30.60	32.70	37.70	44.52
Dev. standard	10.38	12.86	12.20	10.50	11.52
Coeff. variazione	0.387	0.420	0.373	0.278	0.259
Coeff. asimmetria	0.653	1.110	1.306	1.091	0.338



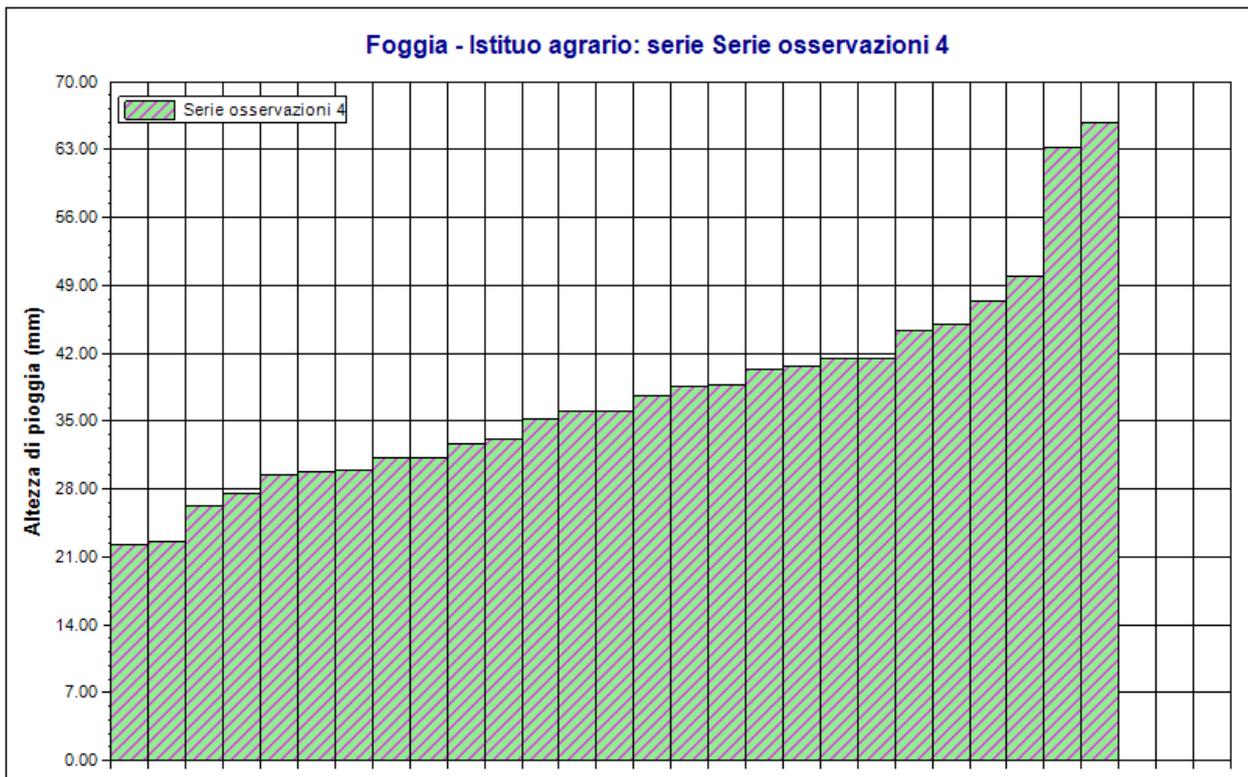
Foggia - Istituto agrario. Serie osservazioni 1. Durata 1 ora



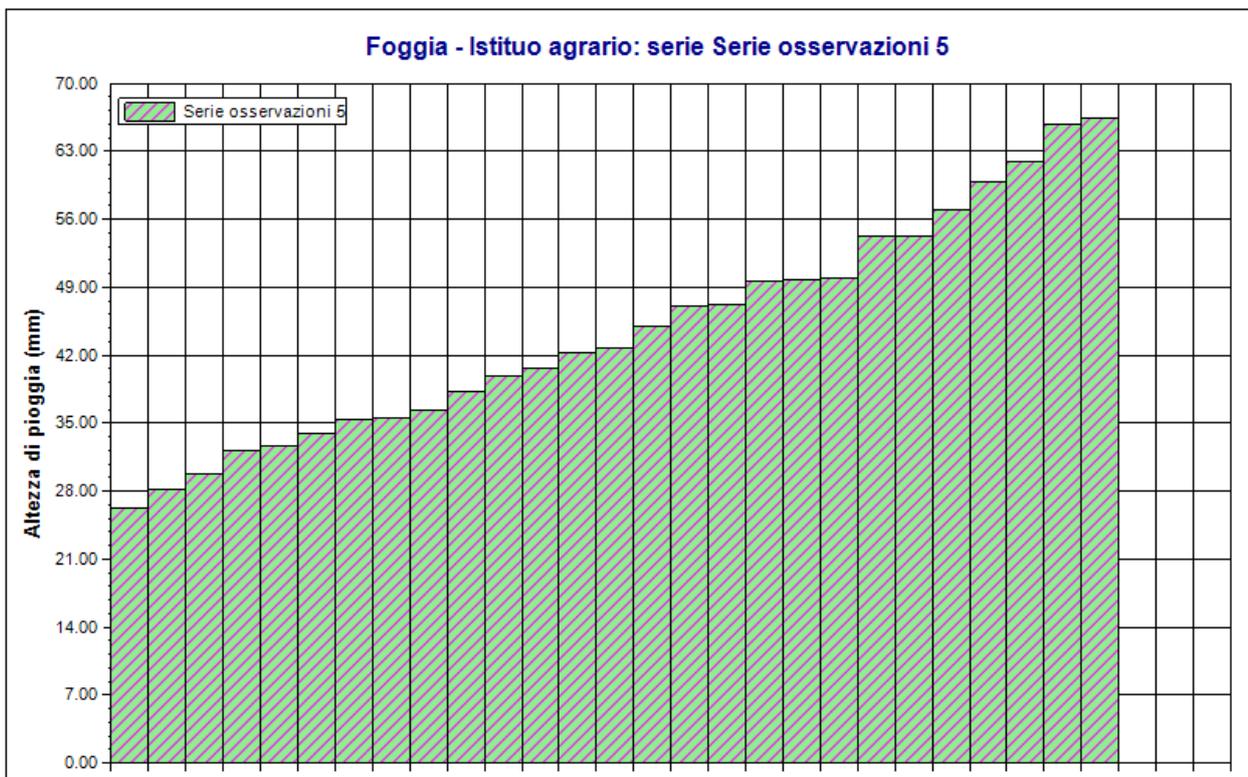
Foggia - Istituto agrario. Serie osservazioni 2. Durata 3 ore



Foggia - Istituto agrario. Serie osservazioni 3. Durata 6 ore



Foggia - Istituto agrario. Serie osservazioni 4. Durata 12 ore



Foggia - Istituto agrario. Serie osservazioni 5. Durata 24 ore

3.5.1 Rapporto sull'elaborazione probabilistica

Modello TCEV (Two Components Extreme Value)

La stima x^T del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile x nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima puntuale, nel secondo caso una stima regionale. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima mista.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di x^T si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV (two components extreme value). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della CDF della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la componente base e con il pedice 2 i parametri relativi alla componente straordinaria.

I parametri Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre \mathcal{G}_1 e \mathcal{G}_2 esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone $\Lambda_2=0$.

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{\mathcal{G}_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la CDF di y è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[- \exp(-y) - \Lambda_* \exp \left(- \frac{y}{\mathcal{G}_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \mathcal{G}_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon) - \mathcal{G}_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left(\frac{j}{\mathcal{G}_*} \right)$$

con $\gamma_\varepsilon=0,5772$, costante di Eulero. Con il simbolo Γ si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dt$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_1 , Λ^* e \mathcal{G}^* ed è quindi indipendente da \mathcal{G}_1 .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ^* e \mathcal{G}^* ed è quindi indipendente da Λ_1 e \mathcal{G}_1 .

Modelli regionali

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro Λ_I .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri Λ^* e \mathcal{G}^* possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri Λ^* , \mathcal{G}^* e Λ_I . Λ_I può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di x/μ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* si ha:

$$F_x(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{\mathcal{G}_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp \left(-\frac{x}{\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_*} \right) \right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\mathcal{G}_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \mathcal{G}_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\mathcal{G}_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di **curva di crescita**.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra x_m e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima x_T di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

a) Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*; \Lambda_*)$$

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* sono stimati a livello regionale e Λ_l e \mathcal{G}_l dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri Λ^* , \mathcal{G}^* e Λ_l sono stimati a livello regionale e \mathcal{G}_l dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1^R; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

Dati Elaborazione

Stazione di misura: Foggia - Istituto agrario

Distribuzione probabilistica: TCEV secondo livello

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	25	27	27	27	27
Valore medio	26.84	30.60	32.70	37.70	44.52
Dev. standard	10.38	12.86	12.20	10.50	11.52
.					
Parametri regionali					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica	Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
Lambda 1	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000	45.00000
.					
Parametri stimati					
Teta 1	4.58854	5.18916	5.83299	7.12313	8.41218
Lambda 2	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506	3.89506
Teta 2	10.79225	12.20490	13.71920	16.75361	19.78544

Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1	$F_x(x) = \exp \left[-45.00 \exp \left(-\frac{x}{4.589} \right) - 3.90 \exp \left(-\frac{x}{10.792} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 2	$F_x(x) = \exp \left[-45.00 \exp \left(-\frac{x}{5.189} \right) - 3.90 \exp \left(-\frac{x}{12.205} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3	$F_x(x) = \exp \left[-45.00 \exp \left(-\frac{x}{5.833} \right) - 3.90 \exp \left(-\frac{x}{13.719} \right) \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 4	$F_x(x) = \exp \left[-45.00 \exp \left(-\frac{x}{7.123} \right) - 3.90 \exp \left(-\frac{x}{16.754} \right) \right]$

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 5	$F_x(x) = \exp \left[-45.00 \exp \left(-\frac{x}{8.412} \right) - 3.90 \exp \left(-\frac{x}{19.785} \right) \right]$
--	---

Espressioni delle Curve di crescita

TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1	$F_x(x) = \exp \left[-45.000 (304.689)^{-x} - 3.895 (11.378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 2	$F_x(x) = \exp \left[-45.000 (304.689)^{-x} - 3.895 (11.378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3	$F_x(x) = \exp \left[-45.000 (304.689)^{-x} - 3.895 (11.378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 4	$F_x(x) = \exp \left[-45.000 (304.689)^{-x} - 3.895 (11.378)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: Serie osservazioni 5	$F_x(x) = \exp \left[-45.000 (304.689)^{-x} - 3.895 (11.378)^{-x} \right]$

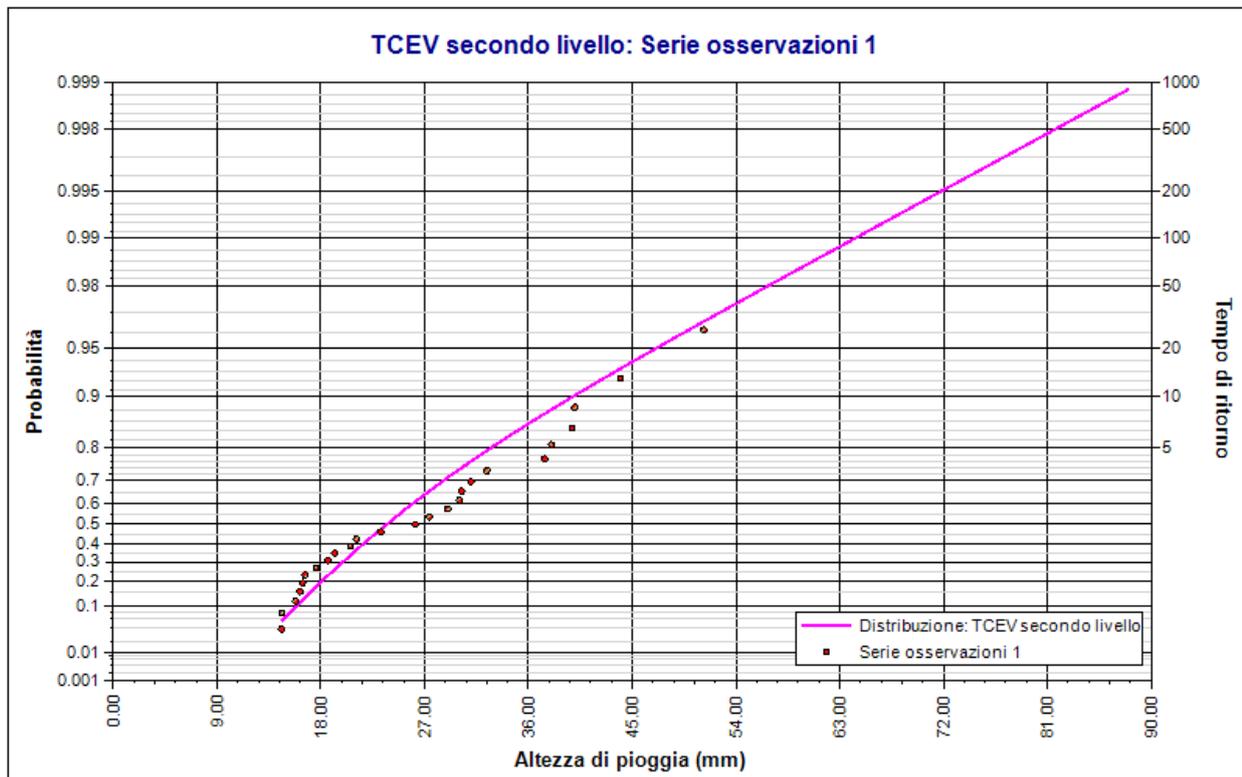
Frattili distribuzioni probabilistiche

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	23.67	26.77	30.09	36.75	43.40
5 anni	32.75	37.03	41.63	50.84	60.04
10 anni	39.78	44.99	50.57	61.76	72.93
20 anni	47.07	53.23	59.83	73.07	86.29
50 anni	56.88	64.33	72.31	88.31	104.29
100 anni	64.36	72.78	81.81	99.91	117.99
200 anni	71.84	81.25	91.33	111.53	131.71
500 anni	81.74	92.44	103.91	126.89	149.85
1000 anni	89.22	100.90	113.42	138.50	163.57

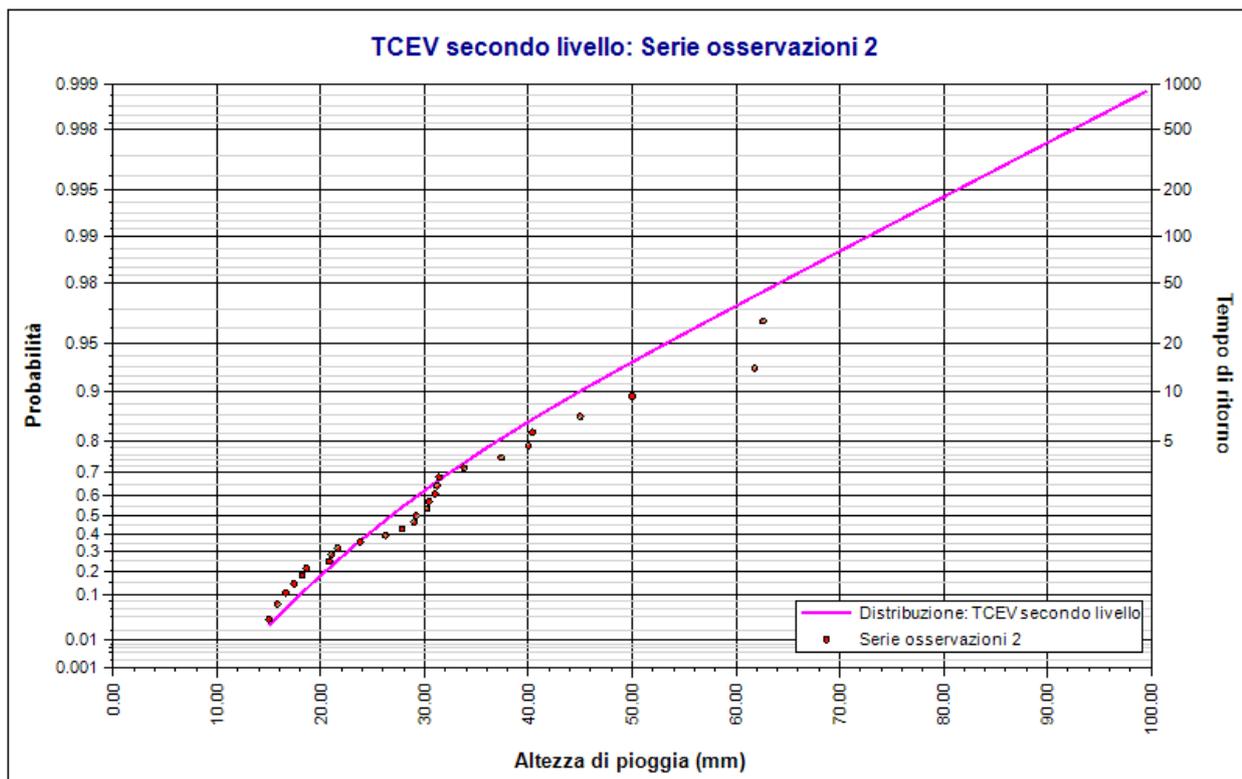
Fattori di crescita

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5 anni	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
10 anni	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
20 anni	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
50 anni	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
100 anni	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
200 anni	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
500 anni	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11

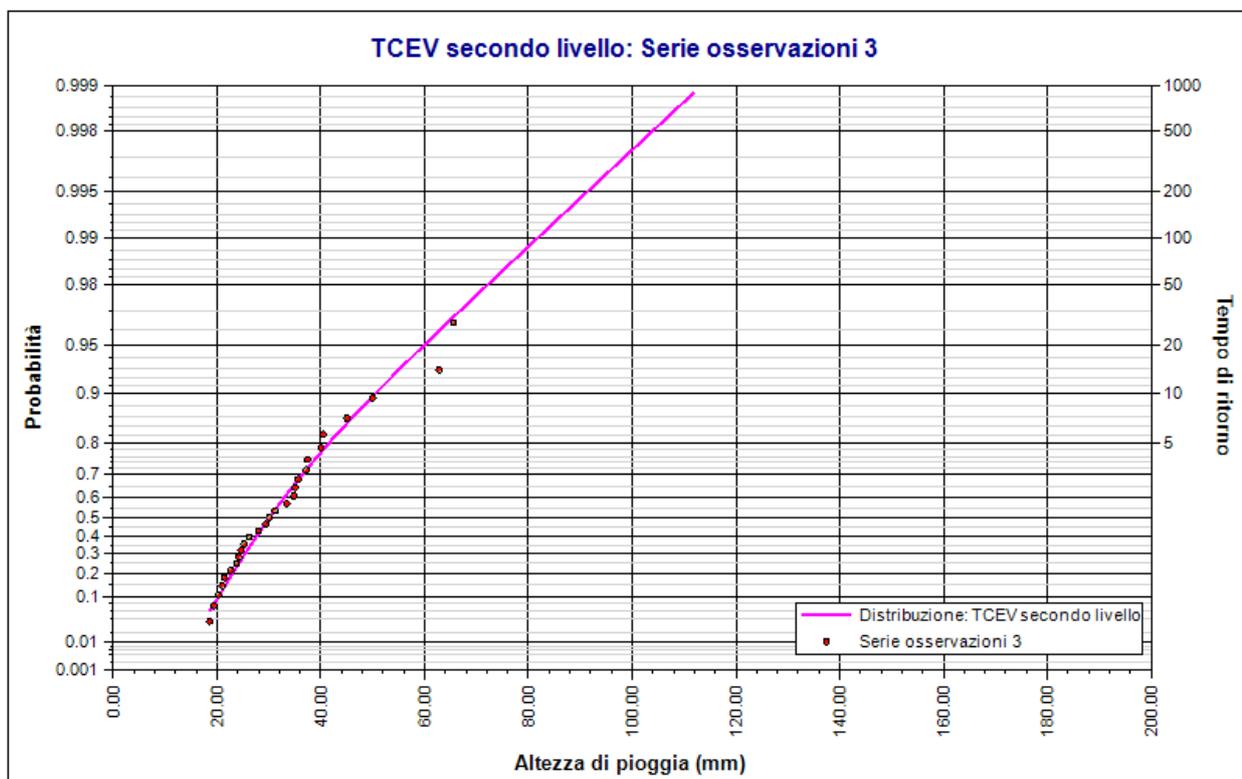
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1000 anni	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40



Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1. Durata 1 ora

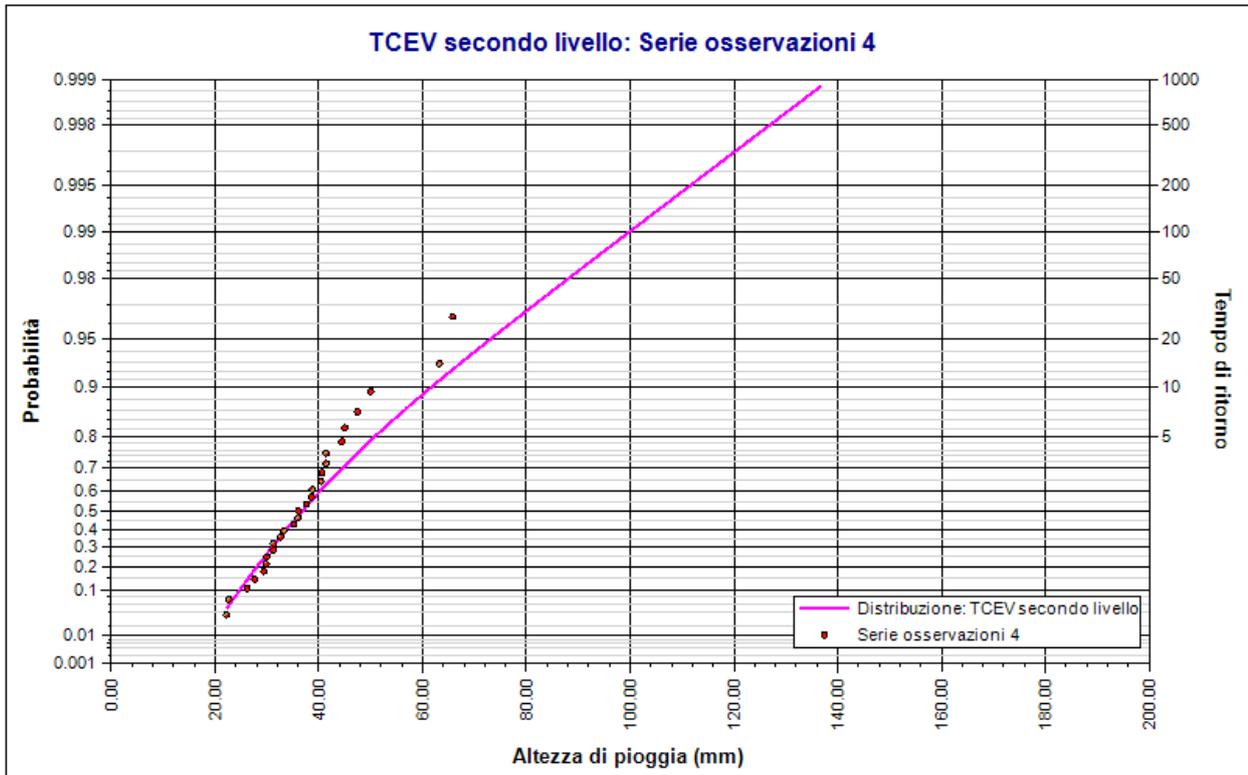


Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 2. Durata 3 ore



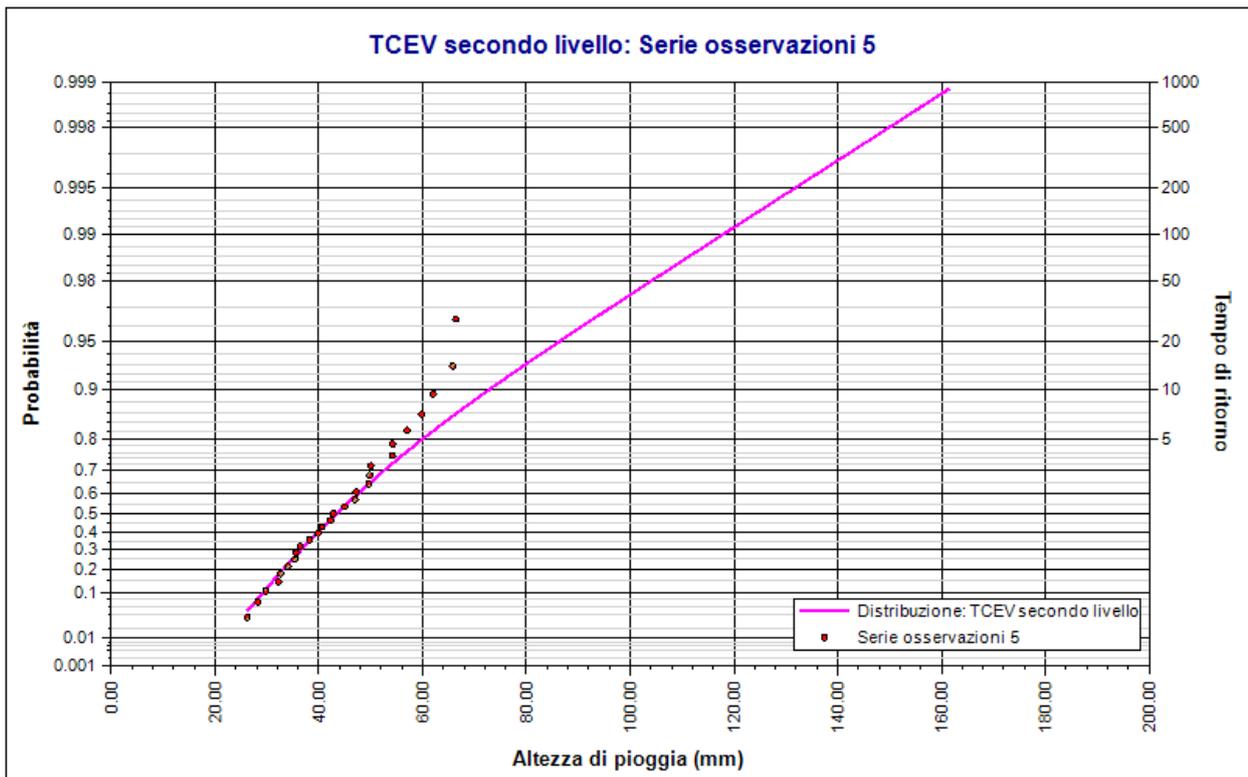
Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia. TCEV secondo livello: Serie osservazioni

3. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia. TCEV secondo livello: Serie osservazioni

4. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 5. Durata 24 ore

3.5.2 Rapporto sulla curva di pioggia

Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello - Foggia

Tempo di ritorno: 10.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	39.783
2	3.000	180	44.990
3	6.000	360	50.572
4	12.000	720	61.757
5	24.000	1440	72.933

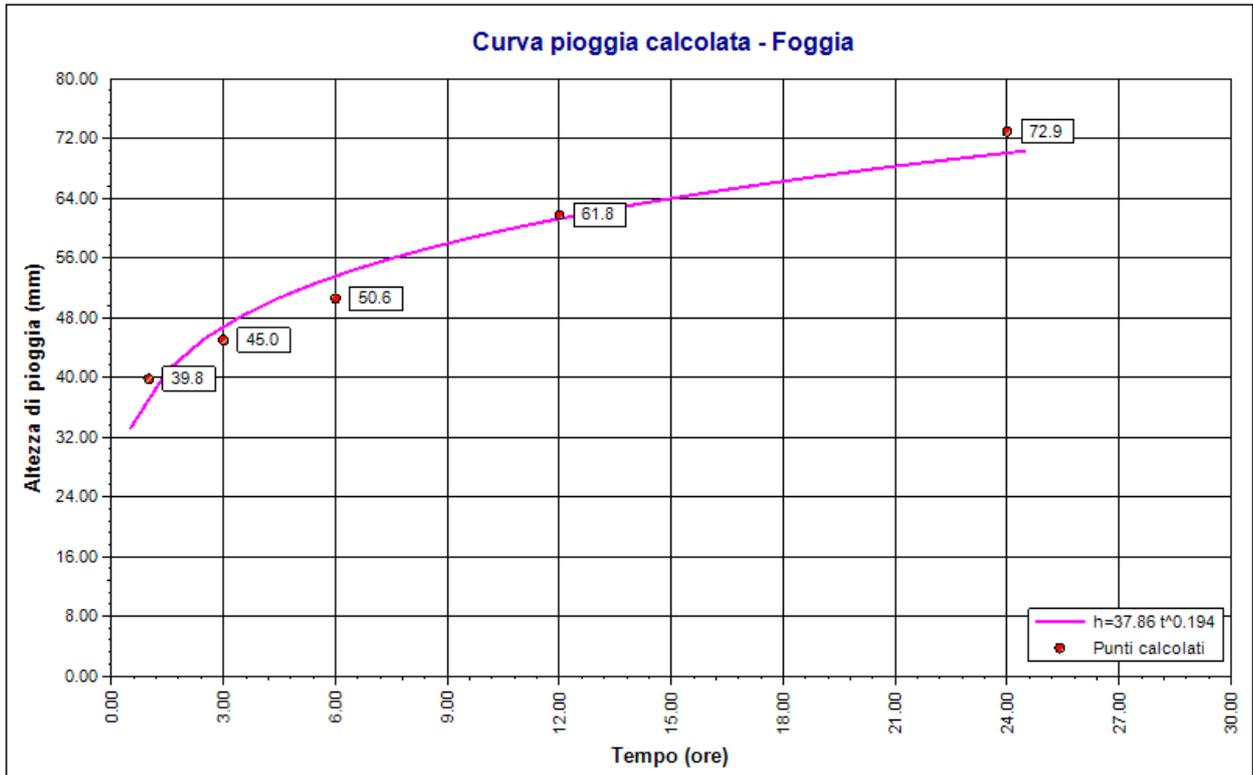
Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
37.86	0.19	0.98	$h(t) = 37.9 t^{0.194}$

Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	37.856	9	57.944	17	65.541
2	43.297	10	59.138	18	66.271
3	46.835	11	60.241	19	66.969
4	49.519	12	61.265	20	67.638

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
5	51.707	13	62.222	21	68.280
6	53.566	14	63.122	22	68.898
7	55.190	15	63.971	23	69.494
8	56.636	16	64.776	24	70.070



Curva pioggia calcolata - Foggia

3.5.3 Rapporto idrogramma:

Modello SCS-CN

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

R è il deflusso fino all'istante t (mm)

P è la precipitazione fino all'istante t (mm)

S sono le perdite fino all'istante t (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite S e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione, S' (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S' .

Considerando che un'aliquota di P si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo Ia (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

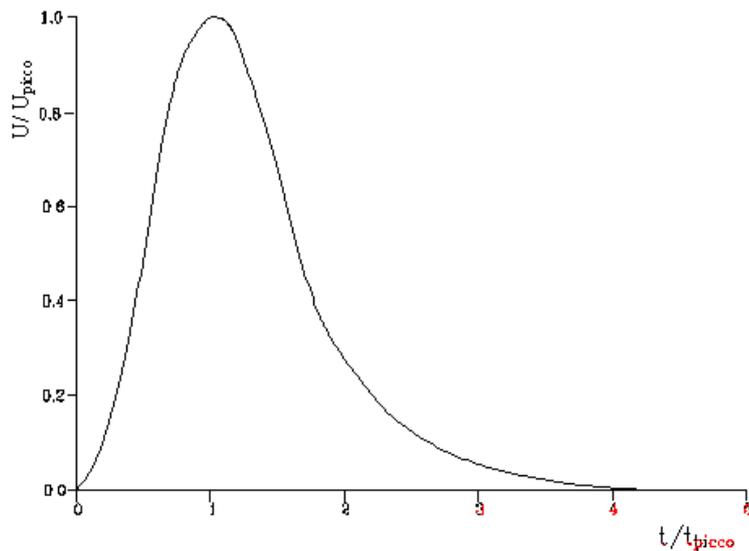
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo t_{LAG} (*ore*) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre $t_{LAG} = 0,6 t_C$ con t_C tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove t_{picco} è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario, Δt è l'intervallo di calcolo espresso in ore, U_{picco} è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in $m^3/s/mm$ e A è l'area del sottobacino misurata in km^2 .



Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove $Q(i)$ è la portata alla fine dell'intervallo i -esimo, $U(j)$ è la j -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e $P(i)$ è la pioggia netta all'intervallo i -esimo.

Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS
Pluviogramma di input: Pluviogramma sintetico 2
Superficie del bacino: 170.0 kmq
Tlag: 6.000 ore
Astrazione iniziale: 3.0 mm
Curve Number: 75.0
Intervallo di calcolo: 10 minuti

Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	0.223	0.223	0.000	0.0
2	0.167	10	0.229	0.229	0.000	0.0
3	0.333	20	0.235	0.235	0.000	0.0
4	0.500	30	0.241	0.241	0.000	0.0
5	0.667	40	0.249	0.249	0.000	0.0
6	0.833	50	0.257	0.257	0.000	0.0
7	1.000	60	0.265	0.265	0.000	0.0
8	1.167	70	0.273	0.273	0.000	0.0
9	1.333	80	0.283	0.283	0.000	0.0
10	1.500	90	0.296	0.296	0.000	0.0
11	1.667	100	0.306	0.306	0.000	0.0
12	1.833	110	0.318	0.317	0.000	0.0
13	2.000	120	0.330	0.327	0.003	0.0
14	2.167	130	0.350	0.344	0.006	0.0
15	2.333	140	0.366	0.357	0.009	0.0
16	2.500	150	0.383	0.371	0.012	0.0
17	2.667	160	0.402	0.386	0.017	0.0
18	2.833	170	0.430	0.409	0.022	0.0
19	3.000	180	0.460	0.433	0.028	0.0
20	3.167	190	0.491	0.457	0.035	0.0
21	3.333	200	0.526	0.483	0.043	0.0
22	3.500	210	0.572	0.519	0.053	0.0
23	3.667	220	0.640	0.573	0.067	0.0
24	3.833	230	0.710	0.626	0.084	0.1
25	4.000	240	0.796	0.691	0.105	0.1
26	4.167	250	0.902	0.768	0.134	0.1
27	4.333	260	1.148	0.956	0.192	0.2
28	4.500	270	1.487	1.204	0.283	0.2
29	4.667	280	2.265	1.764	0.502	0.3
30	4.833	290	4.785	3.467	1.318	0.4
31	5.000	300	18.918	11.018	7.900	0.6
32	5.167	310	5.486	2.578	2.908	1.0
33	5.333	320	1.735	0.769	0.966	1.6
34	5.500	330	1.275	0.552	0.723	2.6
35	5.667	340	1.008	0.429	0.579	3.9
36	5.833	350	0.838	0.351	0.486	5.3
37	6.000	360	0.744	0.309	0.436	7.1
38	6.167	370	0.669	0.274	0.395	9.0
39	6.333	380	0.607	0.247	0.361	11.2
40	6.500	390	0.541	0.218	0.323	13.6
41	6.667	400	0.505	0.202	0.303	16.1
42	6.833	410	0.473	0.188	0.286	18.9
43	7.000	420	0.445	0.175	0.270	21.9

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
44	7.167	430	0.414	0.162	0.252	25.1
45	7.333	440	0.391	0.152	0.239	28.5
46	7.500	450	0.373	0.144	0.229	32.3
47	7.667	460	0.356	0.137	0.219	36.4
48	7.833	470	0.339	0.130	0.209	40.8
49	8.000	480	0.323	0.123	0.200	45.6
50	8.167	490	0.311	0.118	0.193	50.8
51	8.333	500	0.300	0.113	0.187	56.2
52	8.500	510	0.290	0.109	0.181	61.5
53	8.667	520	0.277	0.104	0.173	66.8
54	8.833	530	0.269	0.100	0.168	72.0
55	9.000	540	0.261	0.097	0.164	77.0
56	9.167	550	0.253	0.094	0.160	81.8
57	9.333	560	0.244	0.090	0.154	86.4
58	9.500	570	0.237	0.087	0.150	90.7
59	9.667	580	0.231	0.085	0.147	94.7
60	9.833	590	0.226	0.082	0.143	98.4
61	10.000	600	0.220	0.080	0.140	101.8
62	10.167	610	0.000	0.000	0.000	104.8
63	10.333	620	0.000	0.000	0.000	107.5
64	10.500	630	0.000	0.000	0.000	109.9
65	10.667	640	0.000	0.000	0.000	111.9
66	10.833	650	0.000	0.000	0.000	113.5
67	11.000	660	0.000	0.000	0.000	114.8
68	11.167	670	0.000	0.000	0.000	116.0
69	11.333	680	0.000	0.000	0.000	117.1
70	11.500	690	0.000	0.000	0.000	118.0
71	11.667	700	0.000	0.000	0.000	118.5
72	11.833	710	0.000	0.000	0.000	118.5
73	12.000	720	0.000	0.000	0.000	118.2
74	12.167	730	0.000	0.000	0.000	117.5
75	12.333	740	0.000	0.000	0.000	116.7
76	12.500	750	0.000	0.000	0.000	115.7
77	12.667	760	0.000	0.000	0.000	114.5
78	12.833	770	0.000	0.000	0.000	113.1
79	13.000	780	0.000	0.000	0.000	111.7
80	13.167	790	0.000	0.000	0.000	110.0
81	13.333	800	0.000	0.000	0.000	108.3
82	13.500	810	0.000	0.000	0.000	106.3
83	13.667	820	0.000	0.000	0.000	104.2
84	13.833	830	0.000	0.000	0.000	101.8
85	14.000	840	0.000	0.000	0.000	99.1
86	14.167	850	0.000	0.000	0.000	95.8

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
87	14.333	860	0.000	0.000	0.000	92.5
88	14.500	870	0.000	0.000	0.000	89.2
89	14.667	880	0.000	0.000	0.000	85.9
90	14.833	890	0.000	0.000	0.000	82.6
91	15.000	900	0.000	0.000	0.000	79.4
92	15.167	910	0.000	0.000	0.000	76.3
93	15.333	920	0.000	0.000	0.000	73.3
94	15.500	930	0.000	0.000	0.000	70.4
95	15.667	940	0.000	0.000	0.000	67.7
96	15.833	950	0.000	0.000	0.000	65.1
97	16.000	960	0.000	0.000	0.000	62.7
98	16.167	970	0.000	0.000	0.000	60.2
99	16.333	980	0.000	0.000	0.000	57.8
100	16.500	990	0.000	0.000	0.000	55.5
101	16.667	1000	0.000	0.000	0.000	53.3
102	16.833	1010	0.000	0.000	0.000	51.1
103	17.000	1020	0.000	0.000	0.000	49.1
104	17.167	1030	0.000	0.000	0.000	47.1
105	17.333	1040	0.000	0.000	0.000	45.2
106	17.500	1050	0.000	0.000	0.000	43.3
107	17.667	1060	0.000	0.000	0.000	41.5
108	17.833	1070	0.000	0.000	0.000	39.8
109	18.000	1080	0.000	0.000	0.000	38.1
110	18.167	1090	0.000	0.000	0.000	36.5
111	18.333	1100	0.000	0.000	0.000	35.0
112	18.500	1110	0.000	0.000	0.000	33.4
113	18.667	1120	0.000	0.000	0.000	32.0
114	18.833	1130	0.000	0.000	0.000	30.5
115	19.000	1140	0.000	0.000	0.000	29.1
116	19.167	1150	0.000	0.000	0.000	27.8
117	19.333	1160	0.000	0.000	0.000	26.5
118	19.500	1170	0.000	0.000	0.000	25.3
119	19.667	1180	0.000	0.000	0.000	24.1
120	19.833	1190	0.000	0.000	0.000	23.0
121	20.000	1200	0.000	0.000	0.000	21.9
122	20.167	1210	0.000	0.000	0.000	20.9
123	20.333	1220	0.000	0.000	0.000	20.0
124	20.500	1230	0.000	0.000	0.000	19.1
125	20.667	1240	0.000	0.000	0.000	18.3
126	20.833	1250	0.000	0.000	0.000	17.6
127	21.000	1260	0.000	0.000	0.000	16.9
128	21.167	1270	0.000	0.000	0.000	16.1
129	21.333	1280	0.000	0.000	0.000	15.4

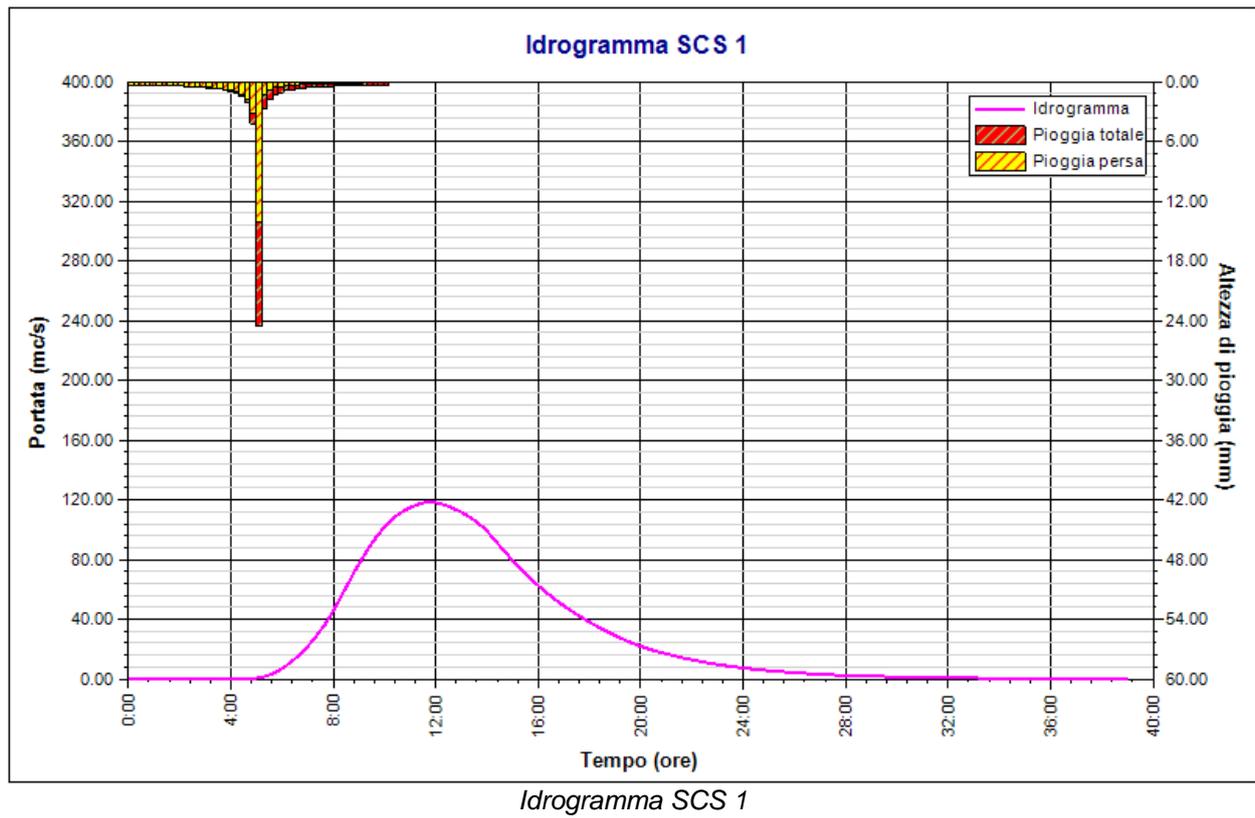
n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
130	21.500	1290	0.000	0.000	0.000	14.7
131	21.667	1300	0.000	0.000	0.000	14.1
132	21.833	1310	0.000	0.000	0.000	13.5
133	22.000	1320	0.000	0.000	0.000	12.9
134	22.167	1330	0.000	0.000	0.000	12.3
135	22.333	1340	0.000	0.000	0.000	11.8
136	22.500	1350	0.000	0.000	0.000	11.2
137	22.667	1360	0.000	0.000	0.000	10.7
138	22.833	1370	0.000	0.000	0.000	10.3
139	23.000	1380	0.000	0.000	0.000	9.8
140	23.167	1390	0.000	0.000	0.000	9.4
141	23.333	1400	0.000	0.000	0.000	8.9
142	23.500	1410	0.000	0.000	0.000	8.5
143	23.667	1420	0.000	0.000	0.000	8.2
144	23.833	1430	0.000	0.000	0.000	7.8
145	24.000	1440	0.000	0.000	0.000	7.4
146	24.167	1450	0.000	0.000	0.000	7.1
147	24.333	1460	0.000	0.000	0.000	6.8
148	24.500	1470	0.000	0.000	0.000	6.5
149	24.667	1480	0.000	0.000	0.000	6.2
150	24.833	1490	0.000	0.000	0.000	5.9
151	25.000	1500	0.000	0.000	0.000	5.6
152	25.167	1510	0.000	0.000	0.000	5.4
153	25.333	1520	0.000	0.000	0.000	5.2
154	25.500	1530	0.000	0.000	0.000	4.9
155	25.667	1540	0.000	0.000	0.000	4.7
156	25.833	1550	0.000	0.000	0.000	4.5
157	26.000	1560	0.000	0.000	0.000	4.3
158	26.167	1570	0.000	0.000	0.000	4.1
159	26.333	1580	0.000	0.000	0.000	3.9
160	26.500	1590	0.000	0.000	0.000	3.7
161	26.667	1600	0.000	0.000	0.000	3.5
162	26.833	1610	0.000	0.000	0.000	3.4
163	27.000	1620	0.000	0.000	0.000	3.2
164	27.167	1630	0.000	0.000	0.000	3.0
165	27.333	1640	0.000	0.000	0.000	2.9
166	27.500	1650	0.000	0.000	0.000	2.8
167	27.667	1660	0.000	0.000	0.000	2.6
168	27.833	1670	0.000	0.000	0.000	2.5
169	28.000	1680	0.000	0.000	0.000	2.4
170	28.167	1690	0.000	0.000	0.000	2.2
171	28.333	1700	0.000	0.000	0.000	2.1
172	28.500	1710	0.000	0.000	0.000	2.0

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
173	28.667	1720	0.000	0.000	0.000	1.9
174	28.833	1730	0.000	0.000	0.000	1.8
175	29.000	1740	0.000	0.000	0.000	1.7
176	29.167	1750	0.000	0.000	0.000	1.7
177	29.333	1760	0.000	0.000	0.000	1.7
178	29.500	1770	0.000	0.000	0.000	1.7
179	29.667	1780	0.000	0.000	0.000	1.6
180	29.833	1790	0.000	0.000	0.000	1.6
181	30.000	1800	0.000	0.000	0.000	1.5
182	30.167	1810	0.000	0.000	0.000	1.4
183	30.333	1820	0.000	0.000	0.000	1.4
184	30.500	1830	0.000	0.000	0.000	1.3
185	30.667	1840	0.000	0.000	0.000	1.3
186	30.833	1850	0.000	0.000	0.000	1.2
187	31.000	1860	0.000	0.000	0.000	1.2
188	31.167	1870	0.000	0.000	0.000	1.1
189	31.333	1880	0.000	0.000	0.000	1.1
190	31.500	1890	0.000	0.000	0.000	1.0
191	31.667	1900	0.000	0.000	0.000	1.0
192	31.833	1910	0.000	0.000	0.000	0.9
193	32.000	1920	0.000	0.000	0.000	0.9
194	32.167	1930	0.000	0.000	0.000	0.9
195	32.333	1940	0.000	0.000	0.000	0.8
196	32.500	1950	0.000	0.000	0.000	0.8
197	32.667	1960	0.000	0.000	0.000	0.7
198	32.833	1970	0.000	0.000	0.000	0.7
199	33.000	1980	0.000	0.000	0.000	0.7
200	33.167	1990	0.000	0.000	0.000	0.6
201	33.333	2000	0.000	0.000	0.000	0.6
202	33.500	2010	0.000	0.000	0.000	0.5
203	33.667	2020	0.000	0.000	0.000	0.5
204	33.833	2030	0.000	0.000	0.000	0.5
205	34.000	2040	0.000	0.000	0.000	0.4
206	34.167	2050	0.000	0.000	0.000	0.4
207	34.333	2060	0.000	0.000	0.000	0.4
208	34.500	2070	0.000	0.000	0.000	0.3
209	34.667	2080	0.000	0.000	0.000	0.3
210	34.833	2090	0.000	0.000	0.000	0.3
211	35.000	2100	0.000	0.000	0.000	0.2
212	35.167	2110	0.000	0.000	0.000	0.2
213	35.333	2120	0.000	0.000	0.000	0.2
214	35.500	2130	0.000	0.000	0.000	0.2
215	35.667	2140	0.000	0.000	0.000	0.1

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
216	35.833	2150	0.000	0.000	0.000	0.1
217	36.000	2160	0.000	0.000	0.000	0.1
218	36.167	2170	0.000	0.000	0.000	0.1
219	36.333	2180	0.000	0.000	0.000	0.1
220	36.500	2190	0.000	0.000	0.000	0.1
221	36.667	2200	0.000	0.000	0.000	0.1
222	36.833	2210	0.000	0.000	0.000	0.1
223	37.000	2220	0.000	0.000	0.000	0.1
224	37.167	2230	0.000	0.000	0.000	0.1
225	37.333	2240	0.000	0.000	0.000	0.0
226	37.500	2250	0.000	0.000	0.000	0.0
227	37.667	2260	0.000	0.000	0.000	0.0
228	37.833	2270	0.000	0.000	0.000	0.0
229	38.000	2280	0.000	0.000	0.000	0.0
230	38.167	2290	0.000	0.000	0.000	0.0
231	38.333	2300	0.000	0.000	0.000	0.0
232	38.500	2310	0.000	0.000	0.000	0.0
233	38.667	2320	0.000	0.000	0.000	0.0
234	38.833	2330	0.000	0.000	0.000	0.0
235	39.000	2340	0.000	0.000	0.000	0.0

Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	118.5	mc/s
Istante picco	11.833	ore
Istante picco	710.0	minuti
Durata totale evento	39.000	ore
Volume afflusso	9996	mc x 1000
Volume deflusso	3771	mc x 1000
Altezza afflusso	58.802	mm
Altezza deflusso	22.180	mm
Coeff. deflusso	0.38	-
Coeff. udometrico	0.70	mc/s/kmq



CONCLUSIONI

Dalla lettura dei dati prodotti nelle diverse fasi di analisi è possibile fornire le seguenti constatazioni:

- Le variazioni di volume in gioco sono talmente esigue da poter affermare che la ipotesi iniziale di impatto nullo risultano essere confermata dai dati ottenuti, infatti, gli interventi progettuali non andranno a modificare la situazione di pericolosità idraulica esistente;
- Le variazioni di volume, infatti, sono irrilevanti come si evince dalla lettura delle tabelle, risultano totalmente gestibili dal sistema idrografico di superficie;
- La falda di particolare interesse, risulta essere profonda, e non intercettata dalle opere in progetto;
- La circolazione idrica superficiale è caratterizzata da esigue portate ed è generalmente a carattere stagionale, l'opera non rappresenta un elemento di criticità ed alterazione della circolazione idrica.

Inoltre si precisa che le opere da eseguire per la costruzione del Campo Eolico consisteranno fondamentalmente in:

- esecuzione di scavi;
- realizzazione delle opere di fondazione degli aerogeneratori da alloggiare negli scavi predisposti;
- realizzazione delle piste di servizio, a carattere temporaneo durante la fase di cantiere, da utilizzare per la movimentazione all'interno dell'area, mediante fondo in misto granulare di pietra calcarea opportunamente cilindrato (macadam);
- realizzazione delle piazzole di servizio, a carattere temporaneo durante la fase di cantiere, da utilizzare all'interno dell'area di cantiere per il montaggio e l'innalzamento degli aerogeneratori, mediante fondo in misto granulare di pietra calcarea opportunamente cilindrato (macadam).

La esecuzione delle opere progettate, per natura e tipologia, non produrrà ostacoli alla rete degli scorrimenti superficiali delle acque meteoriche eliminando così, il rischio di un eventuale instaurarsi di condizioni di fenomeni di dissesto e/o di erosione.

Infine, il progetto non prevede la realizzazione di superfici impermeabili bensì sempre a fondo naturale e, pertanto, permeabili.

In conclusione, si può affermare che collocando le opere previste dal progetto nel contesto spaziale costituito dalla specifica geomorfologia, idrogeologia e dalla idrologia superficiale del sito, il Campo Eolico di progetto non determinerà alcuna interferenza con l'attuale regime di scorrimento delle acque meteoriche superficiali e sotterranee, pertanto, gli impatti di tipo diretto prodotti dal Campo Eolico sulla circolazione delle risorse idriche superficiali sono scarsamente significativi e pressoché nulli.