

PROPONENTE

Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



Tenproject Srl - via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1478

NUOVO PARCO EOLICO CASAMASSIMA "LOC. PARCO SAN NICOLA" e "VILLA ABBADO"
PROVINCIA DI BARI
COMUNI DI CASAMASSIMA - RUTIGLIANO - TURI



PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA –
RELAZIONE IDROLOGICA**

CODICE ELABORATO

0.5

NOME FILE
1478-PD_A_0.5_REL_r00

00	12/2021	PRIMA EMISSIONE	EP	NF	NF
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE

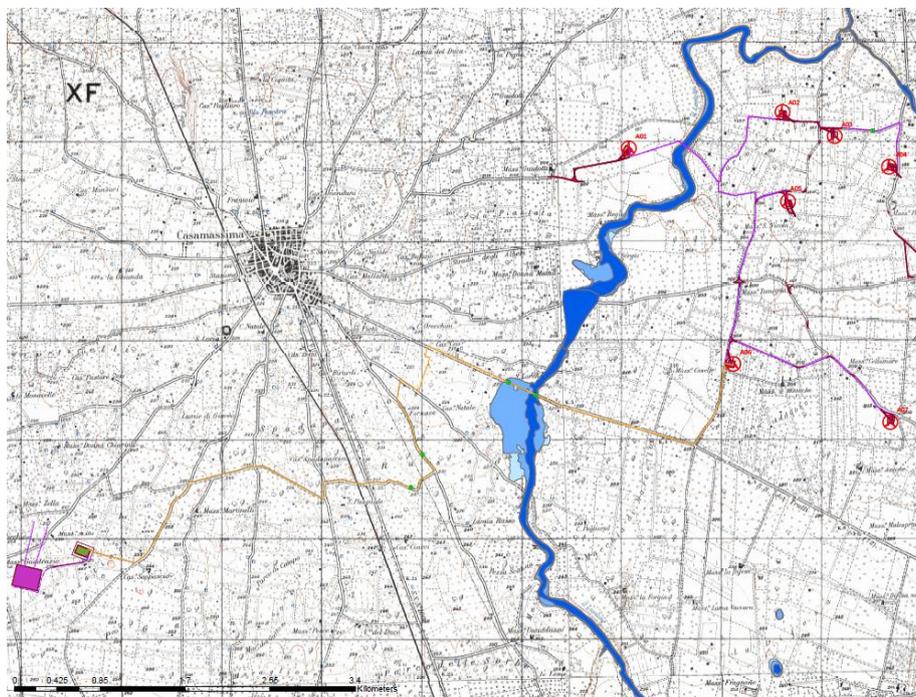
INDICE

1	1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	2
1.1	Premessa	2
1.2	Interventi previsti	4
1.3	Impostazione dello studio idrologico	5
2	ANALISI MORFOLOGICA	8
2.1	Inquadramento generale dell’assetto dell’area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici.....	8
3	ANALISI IDROLOGICA	10
3.1	Analisi pluviometrica	10
3.2	Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini	15
3.2.1	Metodo del CN	15

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 Premessa

Con riferimento al progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW, da installare nei comuni di Rutigliano, Turi e Casamassima, in Provincia di Bari in località “Parco San Nicola” e “Villa Abbado”, con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune di Casamassima in località “Patalino”, con il presente studio si forniscono alcuni approfondimenti di carattere idrologico in ragione delle problematiche idrauliche esistenti nella zona di intervento.



Legend

- AREA ALTA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
- AREA MEDIA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA
- AREA BASSA PERICOLOSITA' IDRAULICA- PAI ADB DAM PUGLIA

Layout

- | | |
|---|--|
| — Aerogeneratori | ■ Allargamenti temporanei |
| — Cavo MT esterno | ■ Area stoccaggio pale |
| - - - Cavo MT esterno - AT | ■ Piazzole appoggio gru ausiliarie |
| - - - Cavo MT interno | ■ Piazzole montaggio |
| - - - Raccordi 380kV | ■ Pista montaggio braccio gru |
| | ■ Strade da adeguare |
| | ■ Stazione Utente |
| | ■ Stazione SE 150-380KV TERNA |

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 3 di 18
---	---	---	--

Proponente dell'iniziativa è la società Repower Renewable SpA (anche solo Repower nel prosieguo).

Il sito di installazione degli aerogeneratori è ubicato tra i centri abitati di Casamassima, Rutigliano e Turi, dai quali gli aerogeneratori più prossimi distano rispettivamente 2,6 km, 4,2 km e 9 km.

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto "cavidotto interno") che sarà posato sempre al di sotto di viabilità esistente.

Dall'aerogeneratore denominato A06 parte il tracciato del cavidotto in media tensione (detto "cavidotto esterno") che percorre anch'esso viabilità esistente fino a raggiungere la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza). Il tracciato del cavidotto esterno è lungo poco meno di 10 km.

La SE di utenza, infine, è collegata in antenna a 150 kV alla sezione 150 kV della prevista stazione elettrica di trasformazione della RTN 380/150 kV di proprietà di Terna SpA (in breve SE Terna), da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST" tramite raccordi aerei di lunghezza inferiore a 500 m.

La futura SE Terna in progetto sarà a servizio anche di altri impianti di produzione di energia elettrica, sia da fonte eolica che da fonte fotovoltaica, e costituirà un vero e proprio hub per la connessione degli impianti di produzione da fonte rinnovabile nell'area vasta di riferimento.

All'interno della stazione utente è prevista l'installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System, basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia. Il sistema di accumulo è dimensionato per 15,2 MW con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 8 Container metallici Batterie HC ISO con relativi sistemi di comando e controllo;
- 4 Container metallici PCS HC ISO per le unità inverter completi di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.

Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori.

In fase di realizzazione dell'impianto sarà necessario predisporre un'area logistica di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore).

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 4 di 18
---	---	---	--

1.2 Interventi previsti

L'impianto eolico di progetto è costituito da 7 aerogeneratori da 6 MW di potenza nominale, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 15,2 MW, per una potenza complessiva in immissione di 57,2 MW.

Nel dettaglio, il progetto prevede la realizzazione/installazione di:

- 7 aerogeneratori;
- 7 cabine di trasformazione poste all'interno della torre di ogni aerogeneratore;
- Opere di fondazione degli aerogeneratori;
- 7 piazzole di montaggio con adiacenti piazzole di stoccaggio;
- Opere temporanee per il montaggio del braccio gru;
- Un'area temporanea di cantiere, manovra e trasbordo;
- Nuova viabilità per una lunghezza complessiva di circa 896 m;
- Viabilità esistente esterna all'impianto da adeguare in alcune parti per garantire una larghezza minima di 5.0 m su tratti complessivi di circa 3000 m;
- Viabilità esistente interna all'impianto da adeguare in alcune parti per garantire una larghezza minima di 5.0 m su tratti complessivi di circa 2000 m;
- Un cavidotto interrato in media tensione interno all'area di impianto che percorre tracciati stradali esistenti per una lunghezza complessiva di 9656 m;
- Un cavidotto interrato in media tensione esterno all'area di impianto che percorre tracciati stradali esistenti necessario al trasferimento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori alla stazione di trasformazione di utenza 30/150 kV; esso percorre un tracciato di lunghezza complessiva pari a 9979 m, calcolato a partire dall'aerogeneratore A06;
- Una stazione elettrica di trasformazione di utenza da realizzarsi in prossimità della prevista stazione elettrica RTN di Casamassima;
- Un cavidotto interrato AT a 150 kV lungo circa 1020 m per il collegamento della stazione di trasformazione di utenza con la futura stazione elettrica RTN 380/150 di Casamassima;
- Uno stallo AT a 150 kV per arrivo linea in cavo nella nuova stazione elettrica RTN 380/150 di Casamassima.

L'energia elettrica viene prodotta da ogni singolo aerogeneratore a bassa tensione trasmessa attraverso una linea in cavo alla cabina MT/BT posta alla base della torre stessa, dove è trasformata a 30kV. Le linee MT in cavo interrato collegheranno fra loro i gruppi di cabine MT/BT e quindi proseguiranno alla stazione di trasformazione 30/150 kV (SE utenza). Da qui l'energia elettrica generata dagli aerogeneratori verrà trasmessa alla SE di utenza da realizzare sempre tramite una linea MT in cavo interrato. Nella SE di utenza l'energia elettrica prodotta viene ulteriormente trasformata alla tensione di 150 kV e consegnata alla RTN tramite un cavidotto AT in cavo interrato collegato alla sezione 150 kV della stazione elettrica di Terna.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 5 di 18
---	---	---	--

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

- **Opere civili:** plinti di fondazione delle macchine eoliche; realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, ampliamento ed adeguamento della rete viaria esistente e realizzazione della viabilità interna all'impianto; realizzazione dell'area temporanea di cantiere e manovra; realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici; realizzazione della stazione elettrica di trasformazione di utenza e realizzazione della stazione RTN.
- **Opere impiantistiche:** installazione degli aerogeneratori con relative apparecchiature di elevazione/trasformazione dell'energia prodotta; esecuzione dei collegamenti elettrici, tramite cavidotti interrati, tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione. Realizzazione degli impianti di terra delle turbine. Realizzazione delle opere elettriche ed elettromeccaniche per la stazione elettrica di trasformazione e per le opere e le infrastrutture di rete per la connessione.

Per i dettagli si rimanda agli elaborati progettuali di riferimento.

1.3 Impostazione dello studio idrologico

Gli approfondimenti sull'assetto idrologico delle aree in esame saranno svolti con riferimento a tutte le opere elencate al paragrafo precedente.

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare che alcuni tratti di cavidotto intersecano aree che sono state già studiate dalla STO dell'AdB DAM Puglia.

Il Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale della Puglia (PAI) oggi Distretto Idrografico dell'Appennino meridionale 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;

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 6 di 18
---	---	---	--

- 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.

Prescrizioni del PAI

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche e geomorfologiche, 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 (relativamente all'assetto idraulico) e agli artt. 13, 14 e 15 (relativamente all'assetto geomorfologico).

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);
- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3) (art. 13);
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2) (art. 14);
- Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) (art. 15).

Relativamente alle aree a diversa pericolosità idraulica e geomorfologia (A.P., M.P., B.P., P.G.3, P.G.2, P.G1), queste risultano realmente 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.

Dalla consultazione degli elaborati grafici si può notare che parte delle aree di progetto sono interessate dal vincolo di Alta, Media e Bassa Pericolosità Idraulica e disciplinate dalle NTA

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 7 di 18
---	---	---	--

allegate al Piano di Assetto idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia- Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale.

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 a pericolosità idraulica, tutte le nuove attività ed i nuovi interventi devono essere tali da:
 - ✓ migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
 - ✓ 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;
 - ✓ non costituire un elemento pregiudizievole all’attenuazione o all’eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
 - ✓ non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
 - ✓ 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;
 - ✓ 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;
 - ✓ rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all’utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.
 - ✓ 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.
 - ✓ 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, sulla base di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica subordinato al parere favorevole dell’Autorità di Bacino.

2 ANALISI MORFOLOGICA

2.1 Inquadramento generale dell'assetto dell'area. Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici

Il territorio di interesse ricade all'interno del bacino di un reticolo denominato il Lamone che confluisce nella Lama San Giorgio e ricade nella macroarea Fascia litoranea barese nell'ambito dei "Bacini del versante adriatico delle murge, con corsi d'acqua tipo "Lame".



Questo ambito è caratterizzato dalla presenza di un'idrografia superficiale di natura fluvio-carsica, costituita da una serie di incisioni e di valli sviluppate su un substrato roccioso prevalentemente calcareo, e contraddistinte da un regime idrologico effimero ed episodico. Tale condizione è conseguenza dell'elevata permeabilità dello stesso substrato calcareo, che favorisce di regola l'infiltrazione delle acque meteoriche, e che solo in concomitanza di eventi pluviometrici rilevanti da origine a deflussi superficiali che interessano l'alveo di queste incisioni e in grado di dare origine a piene consistenti e a luoghi "violente", che riescono a raggiungere il mare solo in occasione del superamento di determinate soglie di intensità e durata della piovosità.

Tutti questi corsi d'acqua hanno origine sulle alture dell'altopiano murgiano, dove la rete di drenaggio appare nel complesso più densa e ramificata, e, con percorsi generalmente poco tortuosi e non privi di discontinuità morfologiche, scendono verso il mare Adriatico. Tra i principali corsi d'acqua presenti in questo ambito meritano menzione quelli afferenti alla cosiddetta "conca di Bari", che da nord verso

sud sono: Lama Balice, Lama Lamasinata, Lama Picone, Lama Valenzano, Lama San Giorgio. L'inviluppo dei bacini imbriferi delle predette incisioni forma una superficie "a ventaglio" con apice grossomodo in corrispondenza dell'abitato di Bari.

Altre Lame significative sono quelle denominate "Ciappetta-Camaggi" al limite settentrionale dell'ambito, e Lama Giotta, presso il limite meridionale. Infine è da considerare che un esteso tratto del reticolo idrografico del T. Tittadegna e un più limitato tratto del "Canale della Piena delle Murge", affluenti in destra idraulica del F. Ofanto, rientrano in questa tipologia in quanto denotano caratteri del tutto compatibili con quelli tipici dello stesso ambito.

Per questi tratti di reticolo si usa il termine di "Lame", caratterizzate, di norma ma non sempre, da profili concavi, ampi e svasati, con fondo piatto per accumulo locale di depositi fini sciolti, cigli di versante spesso netti e improvvisi, affioramenti rocciosi messi a nudo lungo i versanti, e da un basso livello di organizzazione gerarchica della rete lungo i tratti vallivi.

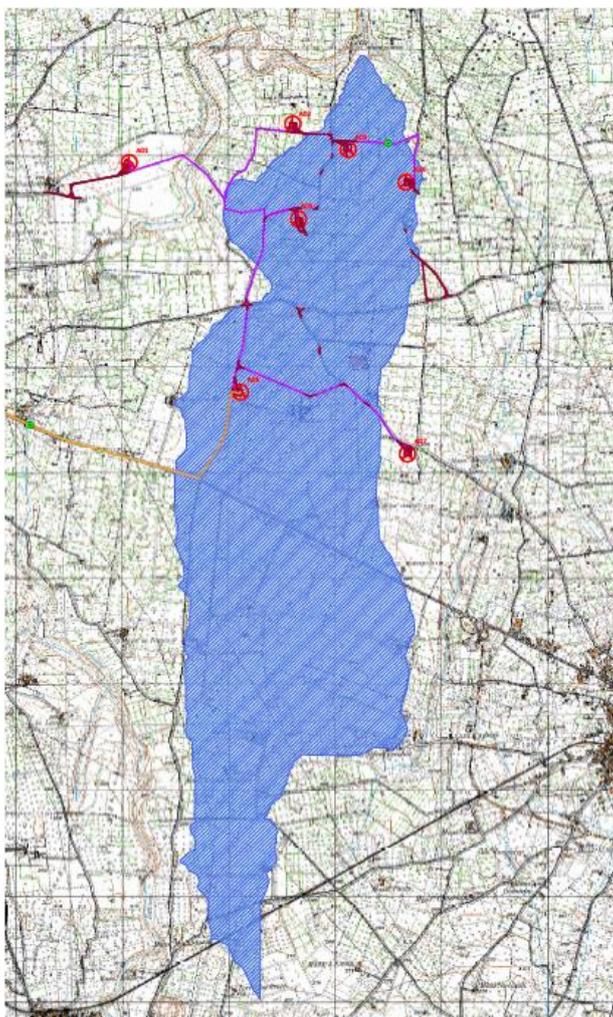


Figura 1 Bacino idrografico di riferimento

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 10 di 18
---	---	---	---

Le caratteristiche fisiografiche del bacino idrografico così definito (nell'ordine: pendenza media dei versanti, quota minima, massima e media s.l.m., lunghezza totale dell'asta alla cresta spartiacque) sono riportate nella tabella a seguire.

CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL CANALE SCOLMATORE					
Area (Km ²)	Sl _{ave} (%)	H _{min} (m s.l.m.)	H _{max} (m s.l.m.)	H _{ave} (m s.l.m.)	L _{max} (Km)
10.61	2.31	177	272	225.13	8.89

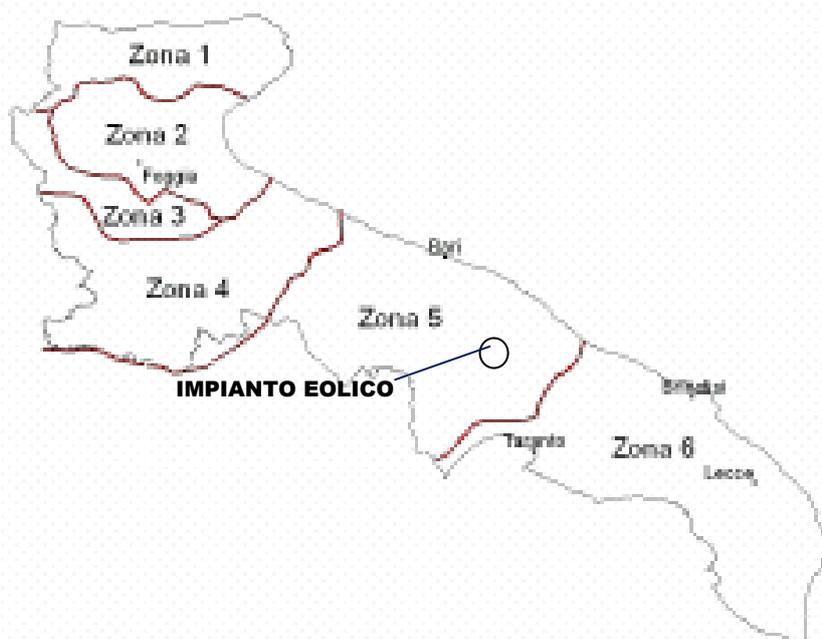
3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 Analisi pluviometrica

In linea con quanto stabilito in merito agli indirizzi forniti dal D.P.C.M 29.09.1998, si è deciso di effettuare la determinazione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini in studio, con riferimento agli eventi di pioggia di breve durata, attraverso la metodologia propria del progetto Va. Pi. Puglia, progetto all'interno del quale ricade anche l'area di studio.

A conforto di tale posizione i risultati forniti dal rapporto sintetico desunti e tarati dalle elaborazioni effettuate sui dati pluviometrici delle stazioni presenti nell'area considerata.

Il metodo 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.



	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 11 di 18
---	---	---	---

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al 1984); la peculiarità di questo modello e quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali. La TCEV (two components extreme value - legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente) ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Tale legge 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 (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al 1984).

Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e quella ordinaria, appartengano a popolazioni diverse ma tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano. Il processo individua una variabile X che rappresenta il massimo valore in una certa durata D , di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y_1 e Y_2) con funzione di probabilità cumulata (CDF):

$$FY(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\Theta_1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\Theta_2}); Y \geq 0 \quad 0 < p \leq 1$$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K , cioè il numero di superamenti della variabile Y , in una durata D , è distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a Λ_1 e Λ_2 tali che:

$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[Kt]$$

in cui Λ rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti. Ipotizzando che Y_1 e Y_2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

$$\Theta_1 = E[Y_1] \quad \Theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$F_{kt}(k) = \exp [-\Lambda_1 \exp(-k/\Theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\Theta_2)]$$

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 12 di 18
---	---	---	---

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità p_2 che un certo valore della X provenga dalla componente straordinaria e espresso dalla relazione:

$$p_2 = \frac{\Lambda \cdot \Theta \cdot \sum_{j=1}^{\infty} (-1)^j / j! \cdot \Lambda^{-j} \Gamma(j+1 / \Theta)}{\Lambda \cdot \Theta}$$

nella quale Γ è la funzione speciale e:

$$\Theta = \Theta_2 / \Theta_1, \quad \Lambda = \Lambda_2 / (\Lambda_1^{1/\Theta})$$

Se si dispone di un campione $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ della variabile X (massimo annuale delle Y) osservato in n anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

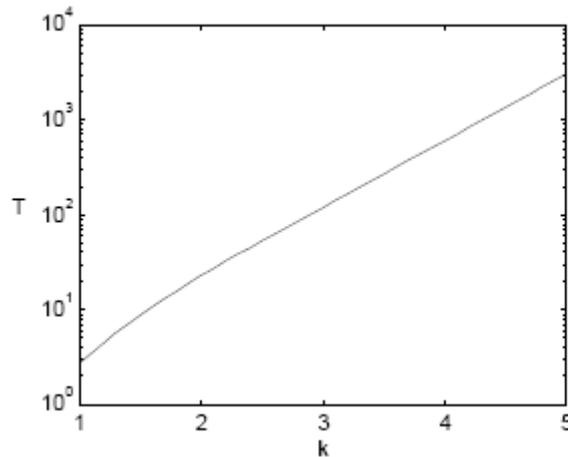
L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (G), quindi risultano costanti i due parametri \square^* e \square^* 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 Λ_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 della X 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. L'analisi condotta per l'intero territorio pugliese suggerisce la presenza di una unica zona omogenea di primo livello (cioè caratterizzate dalla costanza di \square^* e \square^*), comprensiva di tutte le stazioni della Puglia, e di due sottoregioni omogenee al secondo livello.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge $F(Xt)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata Xt come prodotto tra il suo valore medio $\square(Xt)$ ed una quantità Kt, T, t , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$Kt, T = Xt, T / \square(Xt) \quad (a)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

È possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T=K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T_r ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.



Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno

In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di KT può essere ricavato direttamente in funzione di T_r attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. È utile sottolineare che l'uso di questa approssimazione comporta una leggera sottostima del fattore di crescita, con valori che sono superiori al 5% solo per $T < 40$ anni. La relazione è la seguente:

$$KT = a + b \ln T \quad (1)$$

in cui:

$$a = (\eta * \ln \eta + \ln \eta) / \eta$$

$$b = \eta - \eta \ln \eta$$

$$\eta = \ln \eta - C - T_0$$

T_0 è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri a e b , e i relativi valori η e T_0 , che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative all'area in esame:

Zona omogenea	a	b	T_0	η
Puglia centro merid.	0.1599	0.5166	-0.6631	4.1053

Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 14 di 18
---	---	---	---

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza 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 (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione e stato possibile correlare il valore medio x_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Si riporta la relazione tra l'altezza media di precipitazione al variare della durata, in dipendenza con la quota del sito oggetto dello studio:

$$x_t = a \cdot t^{(C \cdot h + D + \log \alpha - \log a) / \log 24} \quad (4)$$

dove:

a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di x_1 relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti nella zona omogenea;

$\alpha = x_g / x_{24}$ è rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata $t=24$ ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misura. Per la Puglia il valore del coefficiente a è risultato in pratica costante sull'intera regione e pari a 0.89.

C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento.

I valori delle stime dei parametri sono riportati nel prospetto seguente:

α	a	C	D
0.89	33.7	0.0022	4.1223

Valori delle stime dei parametri utilizzati nella relazione (4)

I bacini di interesse ricadono completamente nell'area omogenea di pioggia denominata "zona 4".

La curva di possibilità pluviometrica di base (C.P.P.) utilizzata per le valutazioni idrologiche è la seguente:

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

appare evidente che la C.P.P. media dipende esclusivamente dalla durata dell'evento (t). A queste andranno poi applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto ed al Fattore di Riduzione Areale K_A che tiene conto della non

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice	1478-PD_A_0.5_REL_r00
		Data creazione	10/12/2021
		Data ultima modif.	22/12/2021
		Revisione	00
		Pagina	15 di 18

contemporaneità dell'evento sull'intera estensione dei bacini. Nel caso in esame il fattore di riduzione delle piogge all'area K_A è stato posto uguale a 1.

Per quanto concerne il Fattore di Crescita esso è espresso come:

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T$$

Di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico e, in corsivo, i valori ricavati dalla formula su esposta il cui uso consente una stima del fattore di crescita con errore inferiore al 3% per tempi di ritorno superiori a 5 anni:

	Tempo di Ritorno (anni)									
	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
K_T	1.26	1.53	1.81	1.98	2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43

TAB 1- valori di K_T al variare del Tempo di Ritorno

3.2 Caratterizzazione del tempo di risposta e della potenzialità al deflusso dei bacini

Effettuato lo studio morfologico dei bacini in esame, è ora possibile individuare, in base alle caratteristiche che gli stessi presentano, la metodologia più idonea per le successive analisi idrologiche con l'approccio più oggettivo.

3.2.1 Metodo del CN

Nell'individuazione delle caratteristiche pluviometriche, riveste particolare importanza la scelta della durata dell'evento, che di norma si assume pari al tempo critico di risposta del bacino oggetto di studio, assimilabile al tempo di corrivazione. È quindi fondamentale la determinazione di detta grandezza che, deve essere desunta attraverso procedure appropriate alla tipologia del bacino. Le peculiarità dei sottobacini in esame spingono la scelta verso il metodo SCS, secondo il quale, il tempo di ritardo del bacino idrografico viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

$$t_r = 0.342 * (((L)^{0.8}) / ((s)^{0.5})) * (((1000/CN) - 9))^{0.7}$$

in cui s è la pendenza (%) del bacino ed L è la lunghezza massima dell'asta principale (Km).

Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula:

$$t_c = t_r / 0,6$$

Il metodo citato si basa innanzi tutto sulla determinazione del Curve Number (CN), parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 16 di 18
---	---	---	---

dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena relative ad eventi estremi, considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino soggetto all'evento meteorico si presenta in condizioni di elevato imbibimento e che il bacino in esame, nella parte di monte, ha pendenze elevate, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato alla classe standard dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi aventi, rispettivamente, potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D). La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

Il bacino scolante viene analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso; si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino viene ricavato poi un valore medio pesato sulle sub aree del parametro CN:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si fa riferimento alla Carta dell'uso del suolo ed alle Carte litologiche.

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 17 di 18
---	---	---	---

Tabella 2 Tabella di sintesi che indica il valore del parametro CN_{II} riferito alle varie zone omogenee.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Infine, i valori dei parametri CN_{II} e quelli dei derivati parametri CN_{III}, determinati come sopra descritto, sono riportati nella tabella a seguire, dove sono indicati anche il tempo di ritardo ed il tempo di corrivazione del bacino calcolato come specificato prima.

Bacino	CNII	CNIII	Tempo di ritardo (ore)	Tempo di corrivazione (ore)
1	65.03	81.00	4.72	7.87

Ai fini dello studio della propagazione dei deflussi, il metodo di trasformazione afflussi – deflussi utilizzato per effettuare la separazione delle piogge, di tipo concettuale, è quello del SCS (Soil Conservation Service) – CN.

Il procedimento consente di ricavare il valore delle portate al colmo di piena Q_p attraverso la determinazione del volume V di deflusso della piena stessa così espresso:

$$V = (h - 0,2S)^2 / (h + 0,8S)$$

	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA – RELAZIONE IDROLOGICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_0.5_REL_r00 10/12/2021 22/12/2021 00 18 di 18
---	---	---	---

ove h è l'altezza di pioggia prima calcolata in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno ed S , che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, è calcolato come:

$$S = 25.4(1000/CN-10)$$

Per il calcolo della portata al colmo si considera un diagramma di piena triangolare, che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

$$t_a = 0.5 t_c + t_r$$

l'area sottesa da tale triangolo definisce la portata al colmo di piena, che, pertanto, assume la formulazione seguente:

$$Q_p = 0,208 V A / t_a$$

di seguito si riportano i valori significativi per il bacino studiato per eventi con tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e per un valore del CN coincidente con quello del CNIII.

Bacino	Q ₃₀ (mc/s)	Q ₂₀₀ (mc/s)	Q ₅₀₀ (mc/s)
1	10.01	19.22	23.91

Bacino	V ₃₀ (mm)	V ₂₀₀ (mm)	V ₅₀₀ (mm)
1	39.33	75.49	93.87