



Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l - 70132 Bari - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

1 di/of 20

TITLE: Relazione idrologica

AVAILABLE LANGUAGE: IT

RELAZIONE IDROLOGICA

CANDELA

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00 RELAZIONE IDROLOGICA

00	18/12/2020	EMISSIONE	BFP PIERRI	BFP MIGLIONICO	BFP BISCOTTI
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

MIRRA	CIRILLO	TAMMA
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	5	0	0	1	0	0	0	8	4	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE	Basic Design, Detailed Design, Issue for Construction, etc.
----------------	-------------------	---

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

2 di/of 20

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	5
4. STUDIO IDROLOGICO	8
4.1. Analisi morfologica	8
4.2. Analisi pluviometrica	11
4.3. Metodo scs-cn per il calcolo della pioggia netta o efficace	15
4.4. Metodo di trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate di piena	18
5. CONCLUSIONI	20



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/I – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

3 di/of 20

1. PREMESSA

La presente Relazione Idrologica è parte integrante del progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società Enel Green Power Italia s.r.l., con sede legale in viale Regina Margherita n. 125, Roma.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6.0 MW per una potenza complessiva del parco pari a 48.0 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Candela con opere di connessione alla RTN nel comune di Ascoli Satriano, in Provincia di Foggia (FG), dove sarà ubicata la sottostazione utente di trasformazione AT/MT, in posizione adiacente alla stazione elettrica HV 380/150kV Terna Substation.

La relazione idrologica è redatta in conformità ai criteri dettati dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia, istituita con L. R. n. 19 del 9 dicembre 2002, la quale ha approvato il Piano di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI), di cui alla Legge 183/89, il 30 novembre 2005.

In essa è stato condotto lo studio idrologico per i diversi tempi di ritorno, necessario a definire le portate di piena transitori nei canali per un tempo di ritorno assegnati e, in particolare, per TR di 200 anni, al fine di determinare le condizioni di sicurezza idraulica delle opere a farsi.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell’Autorità di Bacino della Puglia è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005 e pubblicato il 30.12.2005. Esso è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d’uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il P.A.I. costituisce il 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 P.A.I. (art. 1) 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;



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

4 di/of 20

- 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.

Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina 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 zone a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), individuate in rapporto a eventi alluvionali, queste risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, per i restanti reticoli idrografici per i quali non sono state definite le aree a pericolosità idraulica, ai sensi delle NTA del PAI si applicano i contenuti dell'art. 6 per "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e dell'art. 10 per le "Fasce di pertinenza fluviale", la loro delimitazione e tutela segue i seguenti criteri:

- (art. 6 comma 8) 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;
- (art. 10 comma 3) 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 dall'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Laddove esistono perimetrazioni delle aree AP, MP e BP così definite:

- area ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- area a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- area a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;

trovano applicazione le norme contenute negli art. 7, 8 e 9.

Gli obiettivi del PAI sono definiti dall'art. 17 e consistono nel perseguire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica e della qualità ambientale come definite dall'art. 36.

L'art. 36 definisce per sicurezza idraulica la "condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e legata alla non inondabilità per eventi con tempo di ritorno assegnati". *Agli effetti del PAI, infatti, si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.*

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il parco eolico, denominato "WF Candela", si estende nel territorio del Comune di Candela, in provincia di Foggia, ed è costituito da 8 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0 - 170, ciascuno della potenza di 6.0 MW per una potenza complessiva di 48.0 MW.

L'area interessata dal parco eolico di progetto si sviluppa in località "Piano Morto" ed è collocata a sud-est rispetto al centro abitato del comune di Candela (FG), da cui dista circa 2 km (distanza rispetto all'aerogeneratore C01, che è il più vicino), con altitudine media di 250 m s.l.m.

Per quanto riguarda il collegamento alla RTN, la connessione avverrà nella stazione elettrica "HV Terna Substation", sita nel territorio comunale di Ascoli Satriano (FG).

Nella seguente immagine, si riporta uno stralcio aerofotogrammetrico dell'area del parco eolico oggetto del presente studio.

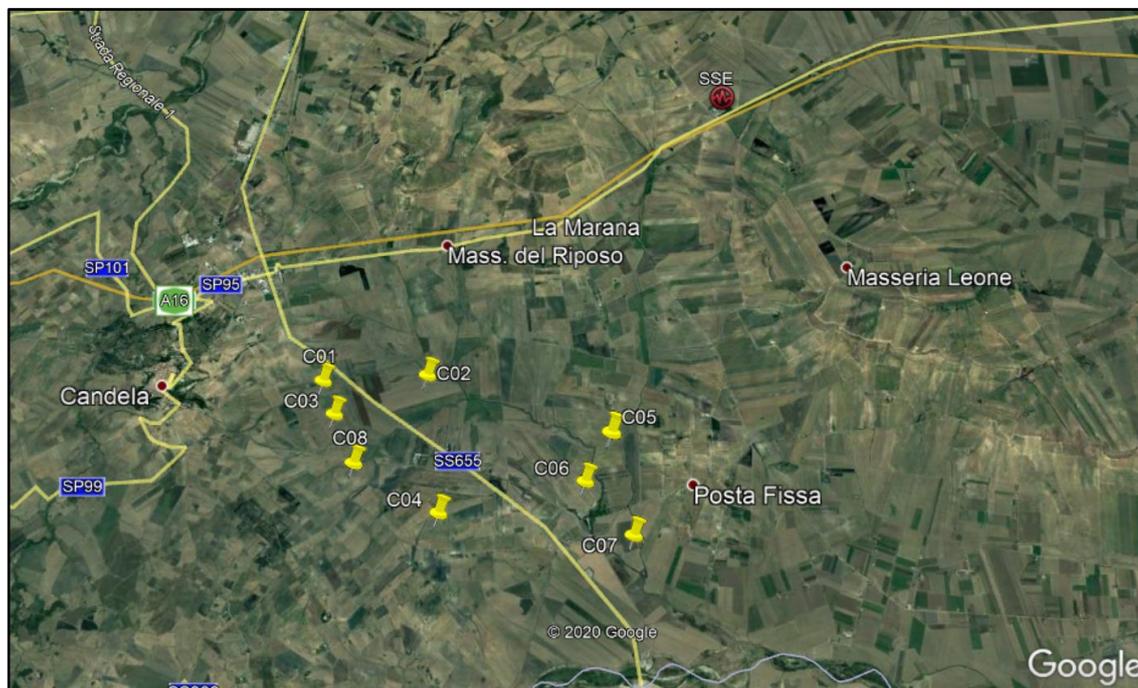


Figura 1: Area WF Candela (Google Earth)

Il territorio comunale di Candela confina con il comune di Ascoli Satriano a nord-est, di Rocchetta Sant'Antonio a sud-ovest, di Sant'Agata di Puglia ad ovest e, infine, di Deliceto a nord-ovest.

Gli aerogeneratori di progetto sono tutti ubicati nel comune di Candela alle seguenti coordinate nel sistema di riferimento WGS84 – UTM zone 33N:

N. WTG	E (m)	N (m)
C01	545404.00	4553758.00
C02	546910.00	4553809.00
C03	545589.00	4553256.00
C04	547103.00	4551786.00
C05	549545.00	4552862.00
C06	549159.00	4552183.00
C07	549817.00	4551406.00
C08	545891.00	4552530.00

Secondo le perimetrazioni del PAI Puglia dell’Autorità di Bacino della Puglia, gli aerogeneratori di progetto risultano essere completamente esterni alle aree a pericolosità geomorfologica PG1, PG2 e PG3 e alle aree a pericolosità idraulica AP, MP e BP, risultando, quindi, compatibili con gli obiettivi e misure di tutela del PAI.

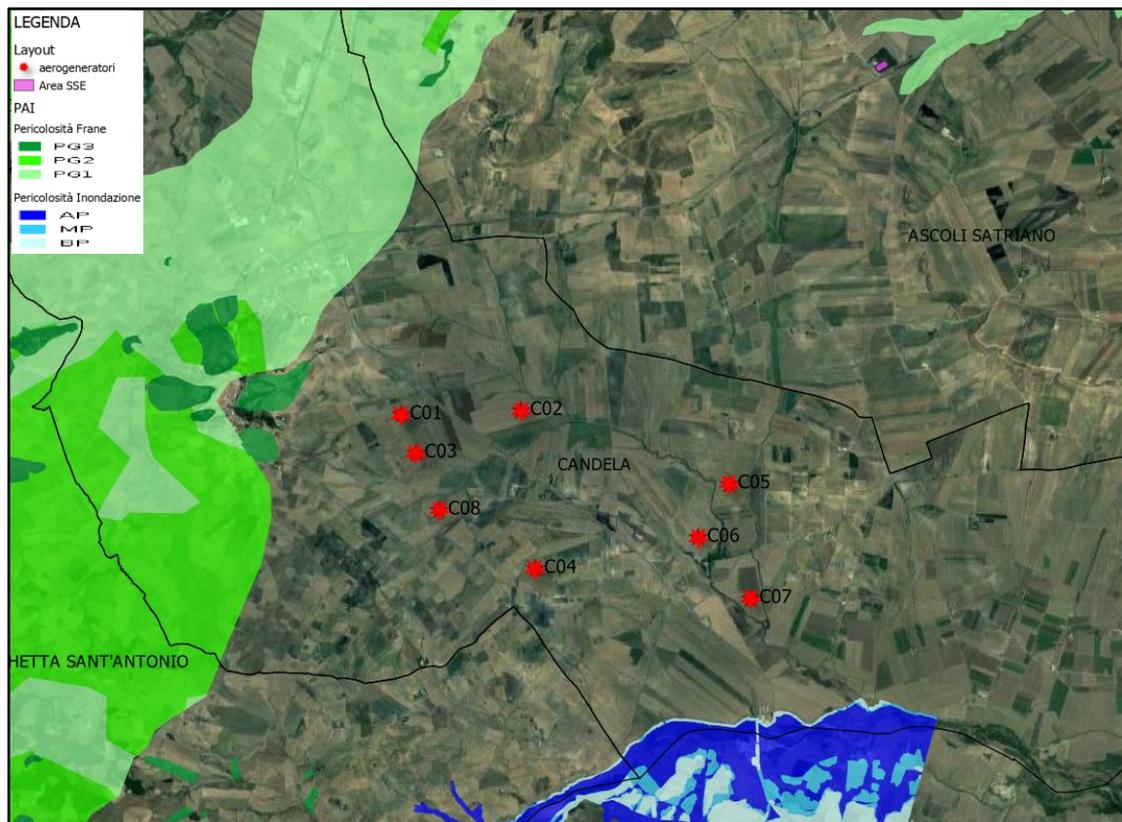


Figura 2: Perimetrazioni PAI Puglia

Relativamente alla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia, l’area interessata dal parco eolico è attraversata da una fitta rete di reticoli idrografici superficiali, di carattere stagionale, che confluiscono nel corso d’acqua denominato “Rio Salso”, affluente in sinistra idraulica del Fiume Ofanto, classificati entrambi dal P.P.T.R. come BP - Fiumi, torrenti e corsi d’acqua iscritti negli elenchi delle acque pubbliche (150 m).

L'Ofanto è il più importante fiume della Puglia; sorge in provincia di Avellino, nell'Altipiano Irpino a circa 715 m di altitudine e scorre per circa 170 km fino a sfociare nel mare Adriatico lungo la costa di Barletta-Margherita di Savoia. Lungo il suo tortuoso percorso, l'Ofanto raccoglie le acque di un bacino di circa 2790 kmq, che si estende nei territori delle regioni Puglia, Basilicata e Campania.

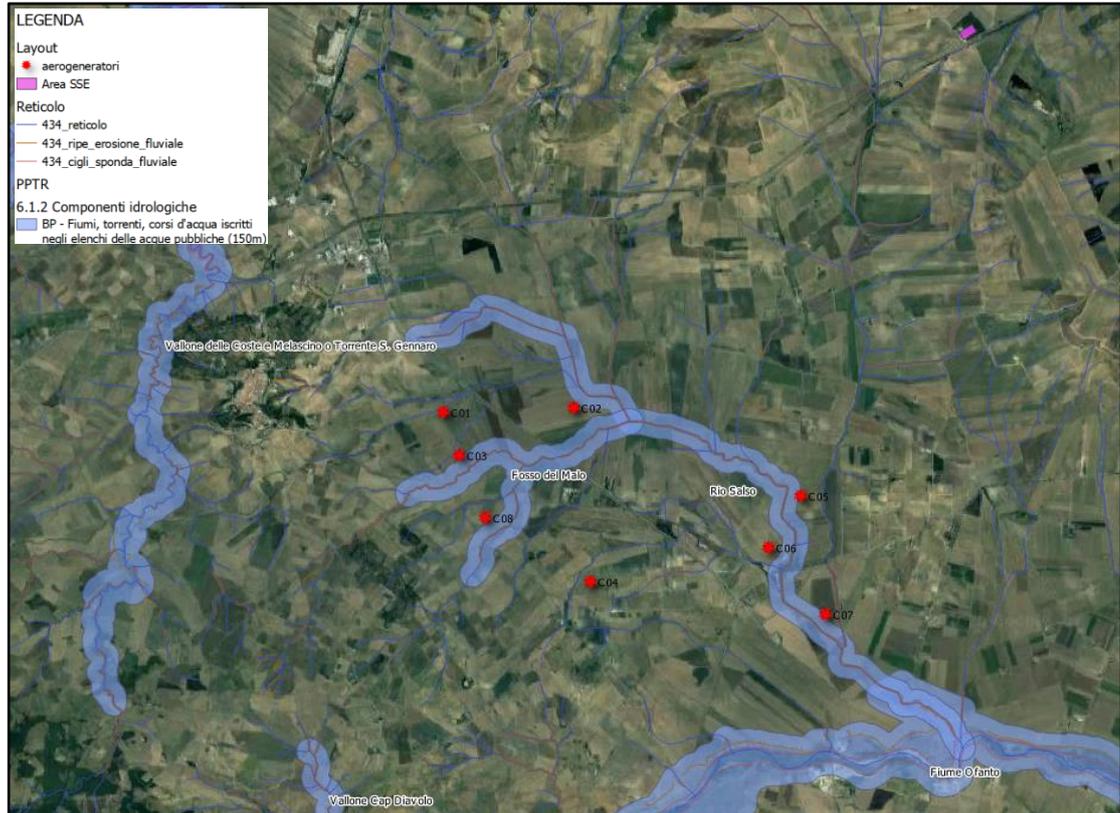


Figura 3: Reticoli della carta idrogeomorfologica della Regione Puglia con fiumi del PPTR

Nello specifico, gli aerogeneratori C01 e C03 rientrano nell'area di rispetto dei 75 m a destra e sinistra idraulica dall'asse del canale, come definita all'art. 6 delle NTA del PAI, mentre gli aerogeneratori C04 e C07 rientrano nella fascia di pertinenza fluviale dei 150 m a destra e sinistra idraulica dall'asse del reticolo, come definita all'art. 10 delle NTA del PAI.

Nel rispetto di quanto prescritto all'art. 10 comma 2 delle NTA del PAI, sono state redatte le seguenti relazioni di compatibilità idrologica e idraulica, al fine di analizzare gli effetti dell'intervento progettuale sul regime idraulico per tempi di ritorno di 200 anni e, quindi, di verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36 delle NTA e precedentemente specificato.

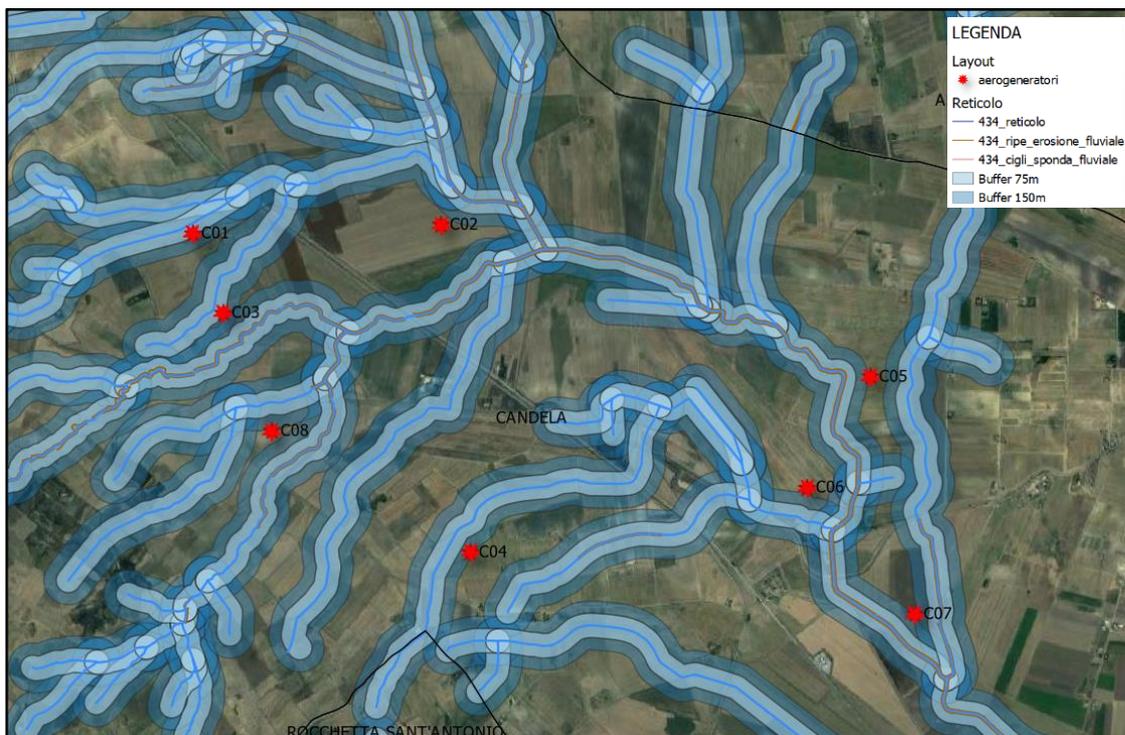


Figura 4: Reticoli della carta idrogeomorfologica con buffer di rispetto l'art. 6 e 10 del PAI

4. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha la finalità di definire le portate generate da un bacino idrografico in conseguenza ad eventi meteorici con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa probabilità, assumendo altresì come riferimento per la condizione di sicurezza idraulica lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni. Lo studio idrologico si compone delle seguenti fasi:

1. analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici;
2. analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione;
3. definizione della precipitazione netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale, pari alla pioggia totale depurata da quella persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione);
4. trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata di piena.

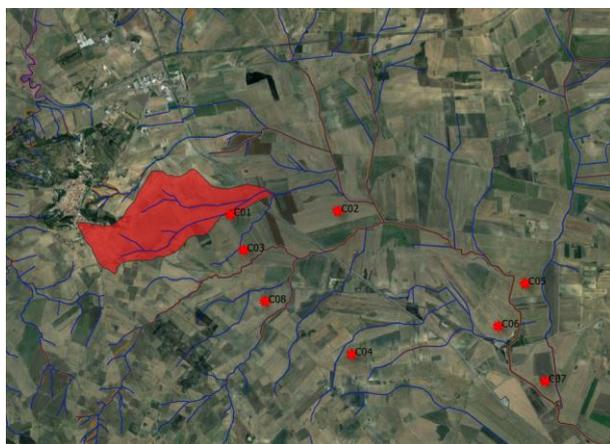
4.1. Analisi morfologica

L'analisi morfologica consiste nella delimitazione dei bacini idrografici e nella determinazione delle caratteristiche geometriche degli stessi. I bacini sono comunemente determinati sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), mediante procedure automatiche in ambiente GIS.

Per poter stimare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena, sono stati calcolati i contributi dei vari sottobacini.

L'analisi idrologica di tutta l'area di impianto è, quindi, rivolta ai 16 bacini di studio:

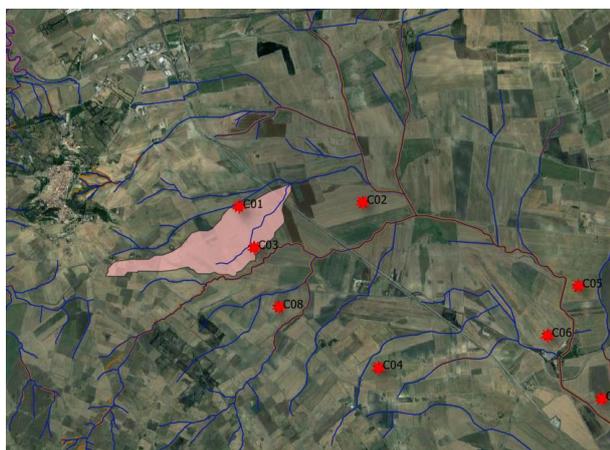
Basin/ Sub-basin	Superficie (Kmq)	L. asta principale (Km)	H _{max} (m.s.l.m)	H _{min} (m.s.l.m)	H _{mean} (m.s.l.m)	Dislivello (m)	Pendenza media bacino (%)	Pendenza asta principale (%)
Basin 1	1.8	2.6	498.46	248.95	316.78	249.51	11.56	9.60
Basin 2	13.7	5.8	513.65	238.33	310.15	275.32	10.08	4.75
Basin 3	1.05	2.5	399.4	248.78	280.9	150.62	5.8	6.02
Basin 4	2.95	4.6	568.06	247.52	378.0	320.54	15.13	6.97
Basin 5	3.48	3.2	504.85	253.25	359.4	251.60	11.15	7.86
Basin 6	1.51	3.5	401.5	230.3	288.1	171.20	6.98	4.89
Basin 7	3.73	4.0	401.5	217.52	261.7	183.98	5.06	4.60
Basin 8	16.3	8.2	492.15	210.71	309.9	281.44	9.68	3.43
Basin 9	32.33	8.8	545.4	219.86	305.95	325.54	9.12	3.70
Basin 10	53.5	9.7	553.77	208.86	302.2	344.91	9.07	3.56
Basin 11	3.50	4.1	468.4	235.16	306.1	233.24	10.3	5.69
Basin 12	1.38	3.25	409.87	239.54	298.35	170.33	7.13	5.24
Basin 13	0.95	1.50	296.75	230.13	246.32	66.62	2.9	4.44
Basin 14	0.80	1.95	290.83	227.33	252.78	63.50	5.3	3.26
Basin 15	0.80	1.85	358.56	257.64	300.13	100.92	7.08	5.46
Basin 16	0.70	1.35	437.3	276.18	327.4	161.12	13.8	11.93



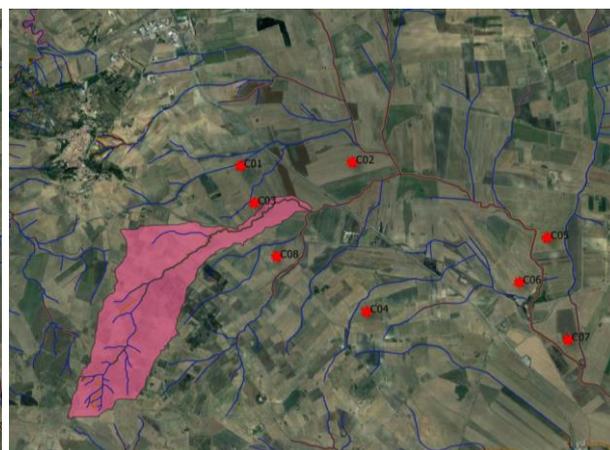
Bacino 1



Bacino 2



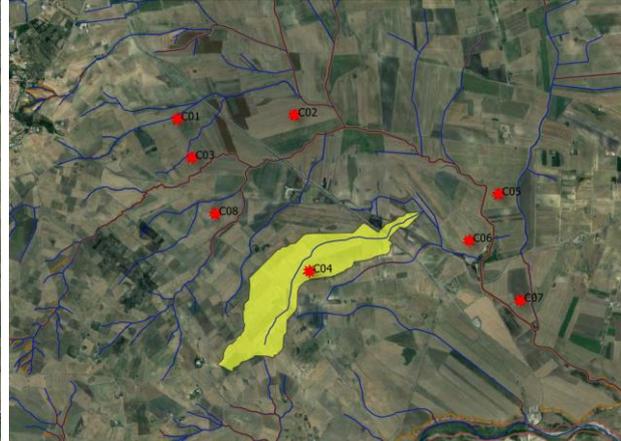
Bacino 3



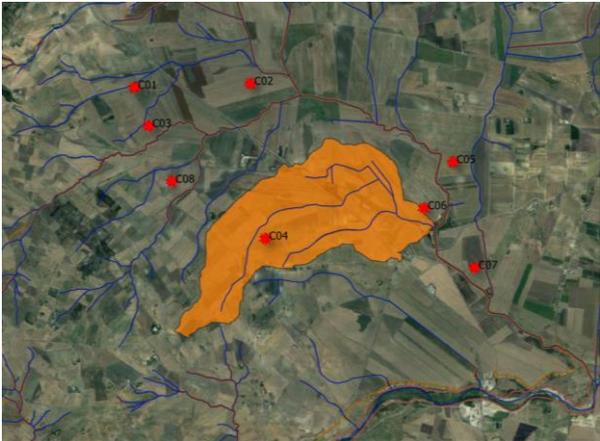
Bacino 4



Bacino 5



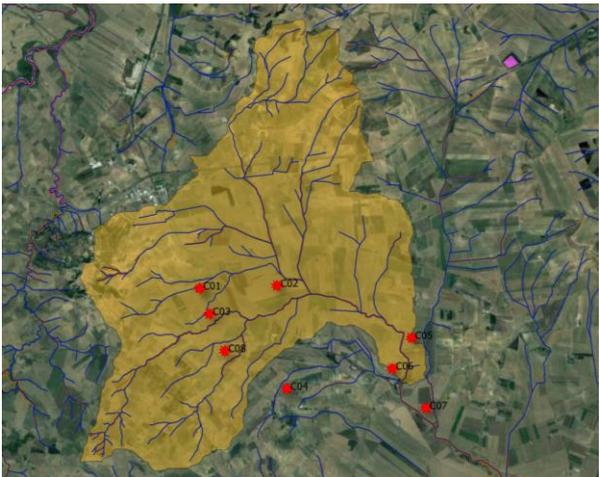
Bacino 6



Bacino 7



Bacino 8



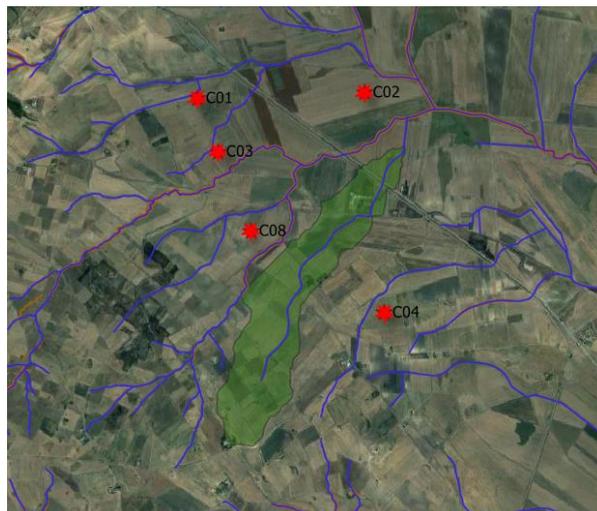
Bacino 9



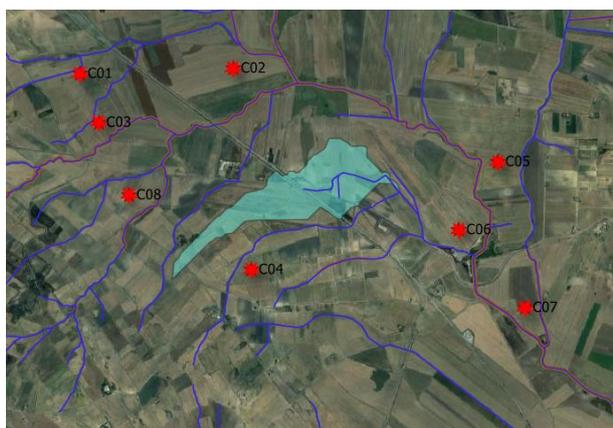
Bacino 10



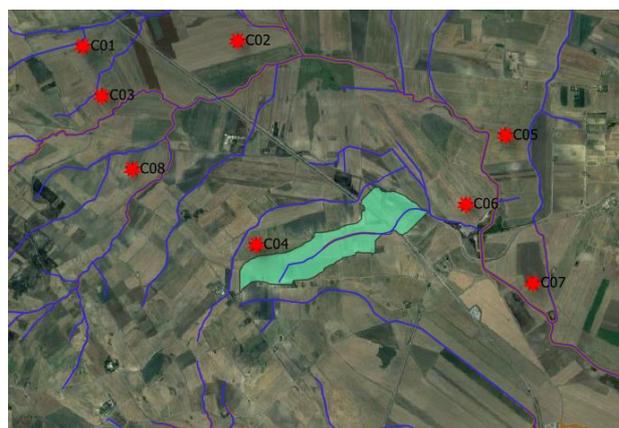
Bacino 11



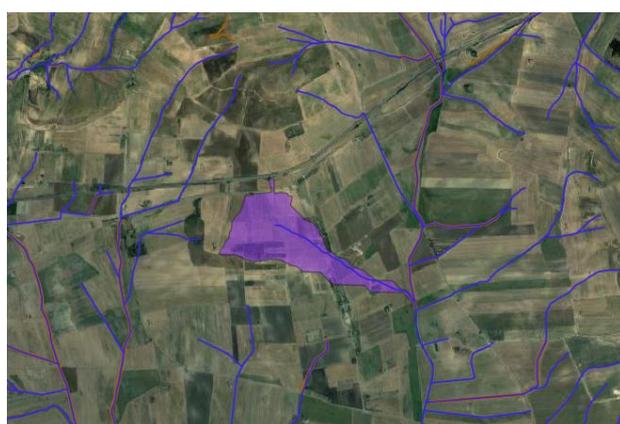
Bacino 12



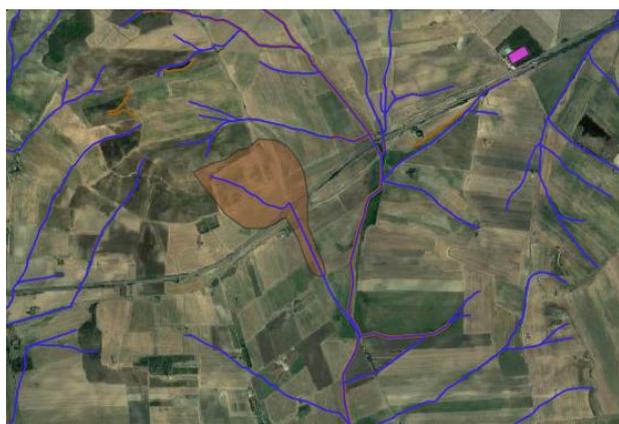
Bacino 13



Bacino 14



Bacino 15



Bacino 16

4.2. Analisi pluviometrica

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica dei bacini idrografici è stata determinata attraverso la procedura propria del progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), metodologia di riferimento delle NTA del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Nel VaPi l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Two Components Extreme Value). La particolarità di questo modello è quella di riuscire a considerare 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 di tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, con due zone omogenee al primo e secondo livello, ovvero Puglia Settentrionale e Puglia Centro – Meridionale, e sei zone omogenee al terzo livello, dove si indaga la variabilità spaziale del valor medio dell'altezza di pioggia, con formulazioni diverse per ognuna di esse.



Figura 5: Zone omogenee al terzo livello del VaPi Puglia

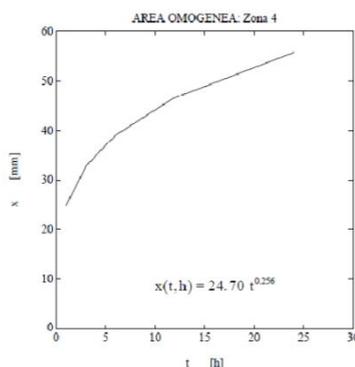


Figura 6: Zone omogenee del VaPi con area di impianto (rettangolo in rosso)

I bacini di studio rientrano nella zona omogenea 4 della Puglia Settentrionale, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$ZONA 4: h = x(t) = 24.70 * t^{0.256}$$

dove la durata di progetto t delle curve pluviometriche si assume pari al tempo di ritardo del bacino espresso in ore, definito come distanza tra il baricentro dello ietogramma e il baricentro dell'onda di piena.



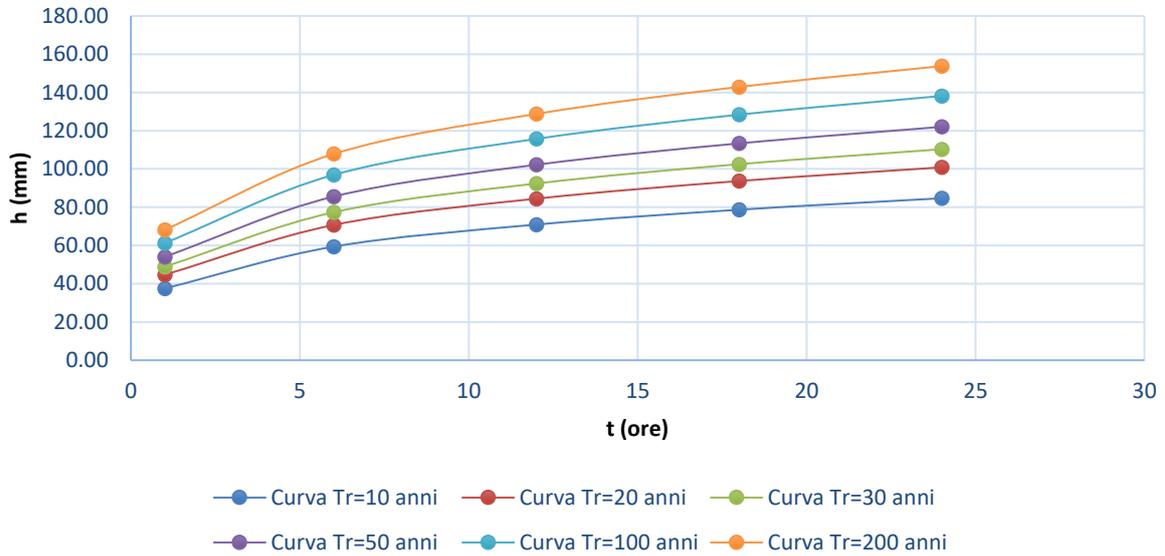
Per quanto concerne il fattore di crescita K_t per la Puglia Settentrionale, esso è espresso dalla seguente espressione: $K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T$. È possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T = K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T.

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	K_T	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9		2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
Formula	K_T	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

t (ore)	h (mm)	K_{t10}	h_{10} (mm)	K_{t20}	h_{20} (mm)	K_{t30}	h_{30} (mm)	K_{t50}	h_{50} (mm)	K_{t100}	h_{100} (mm)	K_{t200}	h_{200} (mm)
1	24.70	1.52	37.54	1.81	44.71	1.98	48.91	2.19	54.09	2.48	61.256	2.76	68.17
6	39.08	1.52	59.39	1.81	70.73	1.98	77.37	2.19	85.58	2.48	96.907	2.76	107.85
12	46.66	1.52	70.93	1.81	84.46	1.98	92.39	2.19	102.2	2.48	115.72	2.76	128.79
18	51.77	1.52	78.68	1.81	93.70	1.98	102.50	2.19	113.4	2.48	128.38	2.76	142.87
24	55.72	1.52	84.70	1.81	100.86	1.98	110.33	2.19	122	2.48	138.19	2.76	153.79

Tr (anni)	10	20	30	50	100	200
t (ore)	h (mm)					
1	37.54	44.71	48.91	54.09	61.26	68.17
6	59.39	70.73	77.37	85.58	96.91	107.85
12	70.93	84.46	92.39	102.19	115.72	128.79
18	78.68	93.70	102.50	113.37	128.38	142.87
24	84.70	100.86	110.33	122.03	138.19	153.79

Curve di possibilità pluviometrica



Per i bacini pugliesi, in accordo con il VaPi, per il calcolo del tempo di ritardo si considera la seguente formula empirica in funzione dell'area del bacino in Km²: $t = tr = 0,344 A^{0,5}$.

Basin/ Sub-basin	Area (Kmq)	t (ore)
Basin 1	1.8	0.46
Basin 2	13.7	1.27
Basin 3	1.05	0.35
Basin 4	2.95	0.59
Basin 5	3.48	0.64
Basin 6	1.51	0.42
Basin 7	3.73	0.66
Basin 8	16.3	1.39
Basin 9	32.33	1.96
Basin 10	53.5	2.52
Basin 11	3.50	0.64
Basin 12	1.38	0.40
Basin 13	0.95	0.34
Basin 14	0.80	0.31
Basin 15	0.80	0.31
Basin 16	0.70	0.29



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
 tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

15 di/of 20

Di seguito si riporta l'altezza di pioggia totale che è pari a $X(t, T) = x(t, z) * K_T$, con K_T fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno.

Basin/ Sub- basin	h (mm)	Kt (TR10)	h ₁₀ (mm)	Kt (TR20)	h ₂₀ (mm)	Kt (TR30)	h ₃₀ (mm)	Kt (TR50)	h ₅₀ (mm)	Kt (TR100)	h ₁₀₀ (mm)	Kt (TR200)	h ₂₀₀ (mm)
Bas.1	20.3	1.52	30.80	1.81	36.68	1.98	40.12	2.19	44.38	2.48	50.26	2.76	55.93
Bas.2	26.3	1.52	39.95	1.81	47.57	1.98	52.04	2.19	57.55	2.48	65.18	2.76	72.53
Bas.3	18.9	1.52	28.75	1.81	34.23	1.98	37.45	2.19	41.42	2.48	46.91	2.76	52.20
Bas.4	21.6	1.52	32.81	1.81	39.07	1.98	42.74	2.19	47.28	2.48	53.54	2.76	59.58
Bas.5	22.0	1.52	33.51	1.81	39.91	1.98	43.66	2.19	48.29	2.48	54.68	2.76	60.85
Bas.6	19.8	1.52	30.12	1.81	35.86	1.98	39.23	2.19	43.39	2.48	49.14	2.76	54.69
Bas.7	22.2	1.52	33.81	1.81	40.26	1.98	44.05	2.19	48.72	2.48	55.17	2.76	61.40
Bas.8	26.9	1.52	40.84	1.81	48.63	1.98	53.20	2.19	58.84	2.48	66.63	2.76	74.15
Bas.9	29.3	1.52	44.58	1.81	53.08	1.98	58.07	2.19	64.23	2.48	72.73	2.76	80.95
Bas.10	31.3	1.52	47.55	1.81	56.62	1.98	61.94	2.19	68.50	2.48	77.58	2.76	86.33
Bas.11	22.1	1.52	33.54	1.81	39.94	1.98	43.69	2.19	48.32	2.48	54.72	2.76	60.90
Bas.12	19.6	1.52	29.77	1.81	35.45	1.98	38.78	2.19	42.89	2.48	48.57	2.76	54.06
Bas.13	18.7	1.52	28.38	1.81	33.80	1.98	36.97	2.19	40.89	2.48	46.31	2.76	51.54
Bas.14	18.3	1.52	27.76	1.81	33.06	1.98	36.17	2.19	40.00	2.48	45.30	2.76	50.42
Bas.15	18.3	1.52	27.76	1.81	33.06	1.98	36.17	2.19	40.00	2.48	45.30	2.76	50.42
Bas.16	18.0	1.52	27.29	1.81	32.50	1.98	35.55	2.19	39.33	2.48	44.53	2.76	49.56

4.3. Metodo SCS-CN per il calcolo della pioggia netta o efficace

La portata idrologica di piena viene calcolata con il metodo del "Soil Conservation Service" (S.C.S.). Per la stima della pioggia netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale pari alla pioggia totale depurata dalla parte di pioggia persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione) si è utilizzata la metodologia del Soil Conservation Service (SCS) che prevede la determinazione del Curve Number (CN).

Il Curve Number è un parametro di fondamentale importanza nelle valutazioni idrologiche, in quanto viene usato per determinare l'aliquota di precipitazione netta, ovvero l'aliquota di precipitazione totale che contribuisce alla formazione del deflusso, indicando l'attitudine del bacino a produrre ruscellamento.

Tale parametro assume valori compresi tra 0 (terreni permeabili) e 100 (terreni impermeabili) e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

La stima del CN è effettuata determinando il gruppo idrologico di appartenenza di ciascun suolo e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN. Gli strati informativi utili alla definizione del Curve Number sono quindi rappresentati dalla Carta Geolitologica e dalla Carta di Uso del Suolo, disponibili sul SIT Puglia.

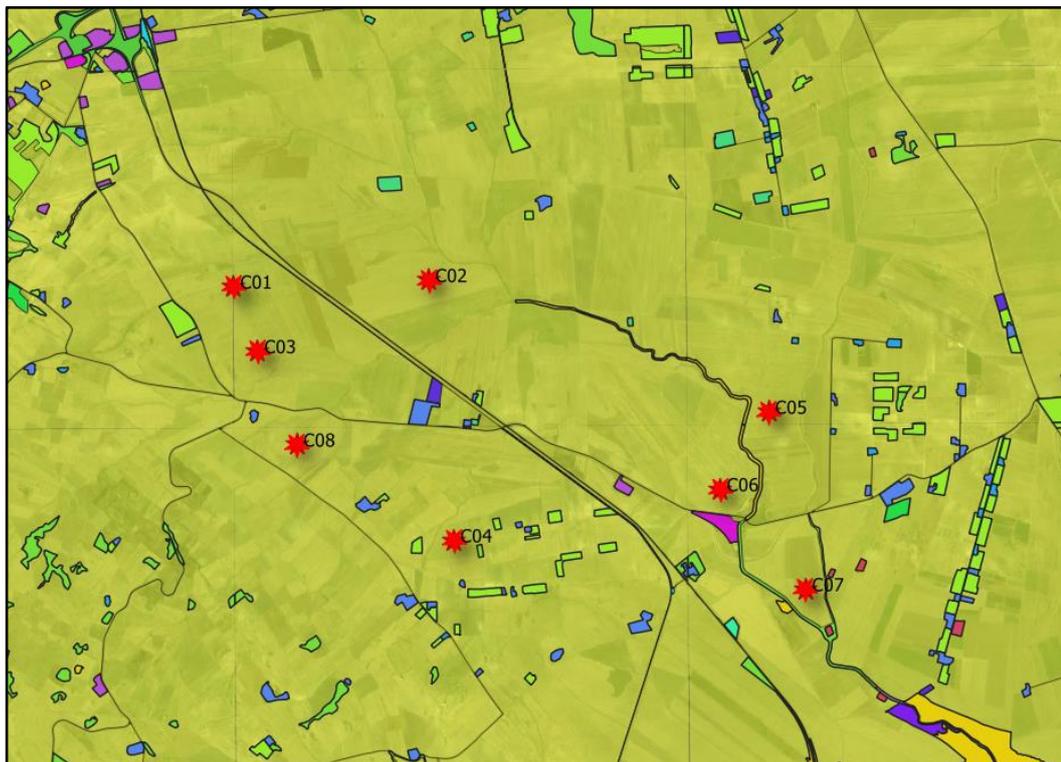
L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D,) del metodo SCS-CN è operata avendo come base cartografica la carta geolitologica della Puglia 1: 250.000. È associato un livello di permeabilità a ciascuna unità geolitologica, valutando in maniera qualitativa porosità,

fessurazione, carsismo e pendenza.

Gruppo A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
Gruppo B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
Gruppo C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
Gruppo D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Gruppi geolitologici

La copertura del suolo è valutata attraverso la Carta di Uso del Suolo (Land Use), pubblicata sul portale del SIT Puglia. Ad ognuna delle 67 tipologie di uso del suolo è associata una macrocategoria di copertura, che comprende 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).



LEGENDA

- | | |
|---|--|
| Layout | insediamenti produttivi agricoli |
| • aerogeneratori | insediamento commerciale |
| Analisi idrologica | insediamento industriale o artigianale con spazi annessi |
| UDS | reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia |
| aree a pascolo naturale, praterie, incolti | reti ferroviarie comprese e le superfici annesse |
| aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc) | reti stradali e spazi accessori |
| bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui | seminativi semplici in aree non irrigue |
| boschi di latifoglie | tessuto residenziale continuo antico e denso |
| boschi misti di conifere e latifoglie | tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso |
| cantieri e spazi in costruzione e scavi | tessuto residenziale discontinuo |
| cespuglieti e arbusteti | tessuto residenziale sparso |
| colture temporanee associate a colture permanenti | uliveti |
| fiumi, torrenti e fossi | vigneti |
| frutteti e frutti minori | |

Figura 7: Carta Uso del Suolo (fonte SIT Puglia)

Gli aerogeneratori ricadono in aree "seminativi semplici in aree non irrigue", non interessando culture di pregio.

Nell'applicazione del metodo SCS sono previste tre classi di CN, rispettivamente la I, la II, e la III 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).

AMC categoria CN	Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni			
	Stagione di riposo		Stagione vegetativa	
	[in]	[mm]	[in]	[mm]
I	< 0,5	< 12,7	< 1,4	< 35,6
II	0,5 - 1,1	12,7 - 27,9	1,4 - 2,1	35,6 - 53,3
III	> 1,1	> 27,9	> 2,1	> 53,3

Nel caso specifico, è stato utilizzato un valore del CN pari alla classe AMC-tipo II legato al CNII, supponendo una condizione standard di umidità del terreno nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico.

Definitivo il parametro del CN è possibile determinare il valore di altezza di pioggia netta Pn, mediante la seguente relazione:

$$Pn = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \text{ espresso in mm}$$

con $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$ che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, in funzione del CN e P rappresenta l'altezza di pioggia totale, precedentemente calcolata con il metodo VaPi, in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno.

Basin/ Sub-basin	CN II medio	S (mm)	P10 (mm)	Pn10 (mm)	P20 (mm)	Pn20 (mm)	P30 (mm)	Pn30 (mm)	P50 (mm)	Pn50 (mm)	P100 (mm)	Pn100 (mm)	P200 (mm)	Pn200 (mm)
Bas.1	79.6	65.10	30.80	3.82	36.68	6.31	40.12	7.97	44.38	10.20	50.26	13.55	55.93	17.05
Bas.2	74.5	86.94	39.95	4.65	47.57	7.78	52.04	9.87	57.55	12.69	65.18	16.95	72.53	21.40
Bas.3	75.5	82.42	28.75	1.59	34.23	3.14	37.45	4.25	41.42	5.79	46.91	8.20	52.20	10.80
Bas.4	80	63.50	32.81	4.84	39.07	7.74	42.74	9.65	47.28	12.19	53.54	15.98	59.58	19.91
Bas.5	79.84	64.14	33.51	5.04	39.91	8.04	43.66	10.01	48.29	12.62	54.68	16.53	60.85	20.56
Bas.6	75.4	82.87	30.12	1.90	35.86	3.64	39.23	4.86	43.39	6.56	49.14	9.19	54.69	12.01
Bas.7	73.8	90.17	33.81	2.35	40.26	4.40	44.05	5.82	48.72	7.79	55.17	10.83	61.40	14.08
Bas.8	74.9	85.12	40.84	5.21	48.63	8.56	53.20	10.79	58.84	13.77	66.63	18.26	74.15	22.94
Bas.9	75.34	83.14	44.58	7.03	53.08	11.11	58.07	13.79	64.23	17.33	72.73	22.61	80.95	28.05
Bas.10	75.0	84.67	47.55	8.13	56.62	12.66	61.94	15.62	68.50	19.52	77.58	25.31	86.33	31.26
Bas.11	72.3	97.31	33.54	1.78	39.94	3.56	43.69	4.83	48.32	6.60	54.72	9.38	60.90	12.37
Bas.12	76.3	78.90	29.77	2.11	35.45	3.93	38.78	5.19	42.89	6.94	48.57	9.63	54.06	12.51
Bas.13	74.1	88.78	28.38	1.14	33.80	2.45	36.97	3.42	40.89	4.78	46.31	6.95	51.54	9.31
Bas.14	71.2	102.64	27.76	0.48	33.06	1.36	36.17	2.07	40.00	3.11	45.30	4.82	50.42	6.74
Bas.15	71.2	102.74	27.76	0.47	33.06	1.36	36.17	2.06	40.00	3.10	45.30	4.81	50.42	6.73
Bas.16	74.5	86.94	27.29	1.01	32.50	2.24	35.55	3.14	39.33	4.42	44.53	6.46	49.56	8.69

4.4. Metodo di trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle portate di piena

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera, come metodo di trasformazione afflussi – deflussi, l'idrogramma di piena triangolare di Mockus, che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento).

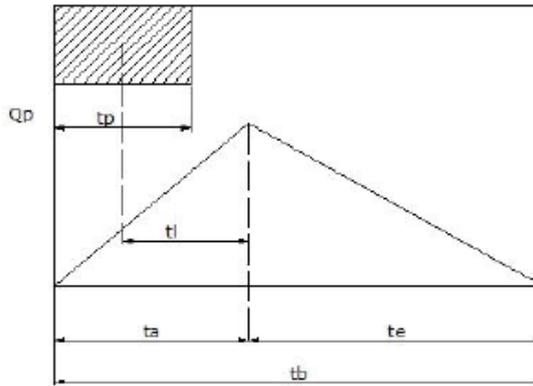


Figura 8: Rappresentazione dell'idrogramma di Mockus

Secondo il metodo SCS, il tempo di ritardo t_L di Mockus, definito come la distanza tra il baricentro dello ietogramma rettangolare e il picco dell'onda di piena, viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

$$t_L = 0.342 * (L^{0.8}/s^{0.5}) * (1000 / CN) - 9)^{0.7}, \text{ dove:}$$

- L è la lunghezza dell'asta principale in Km;
- s è la pendenza media in % del bacino;
- CN curve number, pari a CN I, CN II o CN III a seconda se il bacino è secco o umido.

Il passaggio dal tempo di ritardo al tempo di corrivazione del bacino avviene attraverso la seguente formula: $t_p = t_c = t_L / 0.6$.

Il tempo di accumulo, espresso in ore, è pari a $t_a = 0.5 t_c + t_L$

L'area sottesa da tale triangolo definisce la portata idrologica al colmo di piena che, pertanto, assume la formulazione seguente: $Q_p = 0,208 (Pn * A) / t_a$.

L'ascissa e l'ordinata del picco dell'onda di piena rappresentano, rispettivamente, il tempo di risposta del bacino e la portata al colmo di piena.

Basin/ Sub-basin	L (km)	s (%)	t_L (ore)	t_p (ore)	t_a (ore)	A (kmq)
Bacino 1	2.6	11.56	0.53	0.88	0.96	1.8
Bacino 2	5.8	10.08	1.24	2.07	2.28	13.7
Bacino 3	2.5	5.8	0.81	1.36	1.49	1.05
Bacino 4	4.6	15.13	0.72	1.19	1.31	2.95
Bacino 5	3.2	11.15	0.63	1.05	1.15	3.48
Bacino 6	3.5	6.98	0.97	1.62	1.78	1.51
Bacino 7	4.0	5.06	1.33	2.22	2.44	3.73
Bacino 8	8.2	9.68	1.66	2.76	3.04	16.3
Bacino 9	8.8	9.12	1.78	2.97	3.27	32.33
Bacino 10	9.7	9.07	1.95	3.25	3.58	53.5
Bacino 11	4.1	10.3	0.99	1.65	1.82	3.5



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
 tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

19 di/of 20

Bacino 12	3.3	7.13	0.88	1.47	1.62	1.38
Bacino 13	1.5	2.9	0.80	1.33	1.46	0.95
Bacino 14	2.0	5.3	0.79	1.31	1.44	0.80
Bacino 15	1.9	7.08	0.65	1.09	1.20	0.80
Bacino 16	1.4	13.8	0.33	0.55	0.61	0.70

Pn10 (mm)	Q (Tr=10) (mc/s)	Pn20 (mm)	Q (Tr=20) (mc/s)	Pn30 (mm)	Q (Tr=30) (mc/s)	Pn50 (mm)	Q (Tr=50) (mc/s)	Pn100 (mm)	Q (Tr=100) (mc/s)	Pn200 (mm)	Q (Tr=200) (mc/s)
3.82	1.5	6.31	2.4	7.97	3.1	10.20	4.0	13.55	5.3	17.05	6.6
4.65	5.8	7.78	9.7	9.87	12.3	12.69	15.9	16.95	21.2	21.40	26.8
1.59	0.2	3.14	0.5	4.25	0.6	5.79	0.8	8.20	1.2	10.80	1.6
4.84	2.3	7.74	3.6	9.65	4.5	12.19	5.7	15.98	7.5	19.91	9.3
5.04	3.2	8.04	5.1	10.01	6.3	12.62	7.9	16.53	10.4	20.56	12.9
1.90	0.3	3.64	0.6	4.86	0.9	6.56	1.2	9.19	1.6	12.01	2.1
2.35	0.7	4.40	1.4	5.82	1.9	7.79	2.5	10.83	3.4	14.08	4.5
5.21	5.8	8.56	9.6	10.79	12.0	13.77	15.4	18.26	20.4	22.94	25.6
7.03	14.5	11.11	22.9	13.79	28.4	17.33	35.7	22.61	46.5	28.05	57.7
8.13	25.3	12.66	39.4	15.62	48.6	19.52	60.7	25.31	78.7	31.26	97.2
1.78	0.7	3.56	1.4	4.83	1.9	6.60	2.6	9.38	3.8	12.37	5.0
2.11	0.4	3.93	0.7	5.19	0.9	6.94	1.2	9.63	1.7	12.51	2.2
1.14	0.2	2.45	0.3	3.42	0.5	4.78	0.6	6.95	0.9	9.31	1.3
0.48	0.1	1.36	0.2	2.07	0.2	3.11	0.4	4.82	0.6	6.74	0.8
0.47	0.1	1.36	0.2	2.06	0.3	3.10	0.4	4.81	0.7	6.73	0.9
1.01	0.2	2.24	0.5	3.14	0.8	4.42	1.1	6.46	1.5	8.69	2.1

Lo studio idrologico, quindi, ha l'obiettivo di stimare le portate di piena per i bacini idrografici di studio, per i tempi di ritorno di 10, 20, 30, 50, 100 e 200 anni.

Basin/ Sub-basin	Q (Tr=10) (mc/s)	Q (Tr=20) (mc/s)	Q (Tr=30) (mc/s)	Q (Tr=50) (mc/s)	Q (Tr=100) (mc/s)	Q (Tr=200) (mc/s)
Basin 1	1.5	2.4	3.1	4.0	5.3	6.6
Basin 2	5.8	9.7	12.3	15.9	21.2	26.8
Basin 3	0.2	0.5	0.6	0.8	1.2	1.6
Basin 4	2.3	3.6	4.5	5.7	7.5	9.3
Basin 5	3.2	5.1	6.3	7.9	10.4	12.9
Basin 6	0.3	0.6	0.9	1.2	1.6	2.1
Basin 7	0.7	1.4	1.9	2.5	3.4	4.5
Basin 8	5.8	9.6	12.0	15.4	20.4	25.6
Basin 9	14.5	22.9	28.4	35.7	46.5	57.7
Basin 10	25.3	39.4	48.6	60.7	78.7	97.2
Basin 11	0.7	1.4	1.9	2.6	3.8	5.0
Basin 12	0.4	0.7	0.9	1.2	1.7	2.2
Basin 13	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.3
Basin 14	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8
Basin 15	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9
Basin 16	0.2	0.5	0.8	1.1	1.5	2.1



Green Power

Engineering & Construction



Via Napoli, 363/l – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15001.00.084.00

PAGE

20 di/of 20

5. CONCLUSIONI

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle portate di piena transistanti nei corsi d'acqua per tempi di ritorno assegnati, è stato condotto lo studio idraulico consistente nella modellazione idraulica bidimensionale dello stato "ante-operam" di tutti i corpi idrici che interferiscono con l'impianto eolico, svolta in condizioni di moto non stazionario per tempo di ritorno di 200 anni (Tr associato alla compatibilità idraulica secondo le NTA del PAI), per la quale si rimanda alla "Relazione Idraulica" allegata al progetto definitivo.