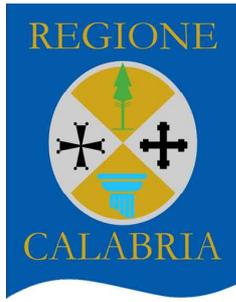


Regione
Calabria



Comune di
Mesoraca



Committente:

ESC WIND S.R.L.
Piazza Europa, 14
87100 Cosenza - Italy
P.IVA: 03884610787

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "MESORACA"

Elaborato:

Relazione Idraulica

PROGETTO	DISCIPLINA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	SCALA
E-MES	P	ID	RE	01	-

NOME FILE:

E-MES-P-ID-RE-01_Relazione Idraulica

Progettazione:



Ing. Saverio Pagliuso

Ing. Mario Francesco Perri

Ing. Giorgio Salatino

Rev:	Prima Emissione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	FEBBRAIO 2024	PRIMA EMISSIONE	GEMSA PRO	GEMSA PRO	ESC WIND S.R.L.

Sommario

1	PREMESSA	2
2	AREA DI INTERVENTO	2
3	ANALISI VINCOLISTICA IDRAULICA	4
4	ANALISI IDROLOGICA	9
4.1	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE	10
4.1.1	Primo e secondo livello TCEV	12
4.1.2	Terzo livello di regionalizzazione: VAPI Calabria	12
5	ANALISI IDRAULICA	15
5.1	DETERMINAZIONE DELLE MASSIME PORTATE AL COLMO DI PIENA	15
5.2	IDRAULICA- REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE	18
5.3	FOSSI DI GUARDIA.....	19
5.4	TOMBINI	20
6	CONCLUSIONI	22

1 Premessa

Lo scopo della presente relazione è lo studio idrologico ed idraulico delle aree interessate dal progetto eolico al fine di individuare i vincoli idraulici presenti e stabilire le modalità di superamento delle interferenze di natura idraulica.

Gli aerogeneratori in progetto sono ubicati in un'area ricadente nella Provincia di Crotona, nel territorio del comune di Mesoraca (13) e Petilia Policastro (1) in Calabria.

Il progetto è costituito da 14 aerogeneratori per una potenza complessiva di 86,8 MW, proposto dalla società ESC WIND s.r.l., con sede a Cosenza (CS) in Piazza Europa, 14, società interessata alla promozione, realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica mediante aerogeneratori.

Tale studio ha lo scopo di valutare la compatibilità di dette opere con il deflusso delle acque superficiali nell'area di studio; in particolare verranno analizzate le caratteristiche idrologiche del territorio interessato in relazione agli interventi e successivamente, in fase esecutiva, attraverso un'analisi probabilistica delle precipitazioni, saranno dimensionate le opere idrauliche previste in progetto.

Le opere idrauliche in progetto saranno parte integrante della rete di raccolta delle acque meteoriche ricadenti nelle aree di progetto e connesse alla rete di bacini idrografici esistenti.

2 Area di intervento

Il parco eolico in progetto ricade nell'area del territorio del Comune di Mesoraca e Petilia Policastro (KR), tra le località Sant'Antonio e Colle Monaca, per l'agro degli Aerogeneratori, mentre la Stazione di utenza verrà realizzata nel Comune di Scandale (KR).

Il territorio di intervento si colloca all'interno del bacino idrografico del fiume Tacina, con una altimetria di montagna interna, ricadenti all'interno del Comprensorio di Bonifica "Ionio Crotonese".

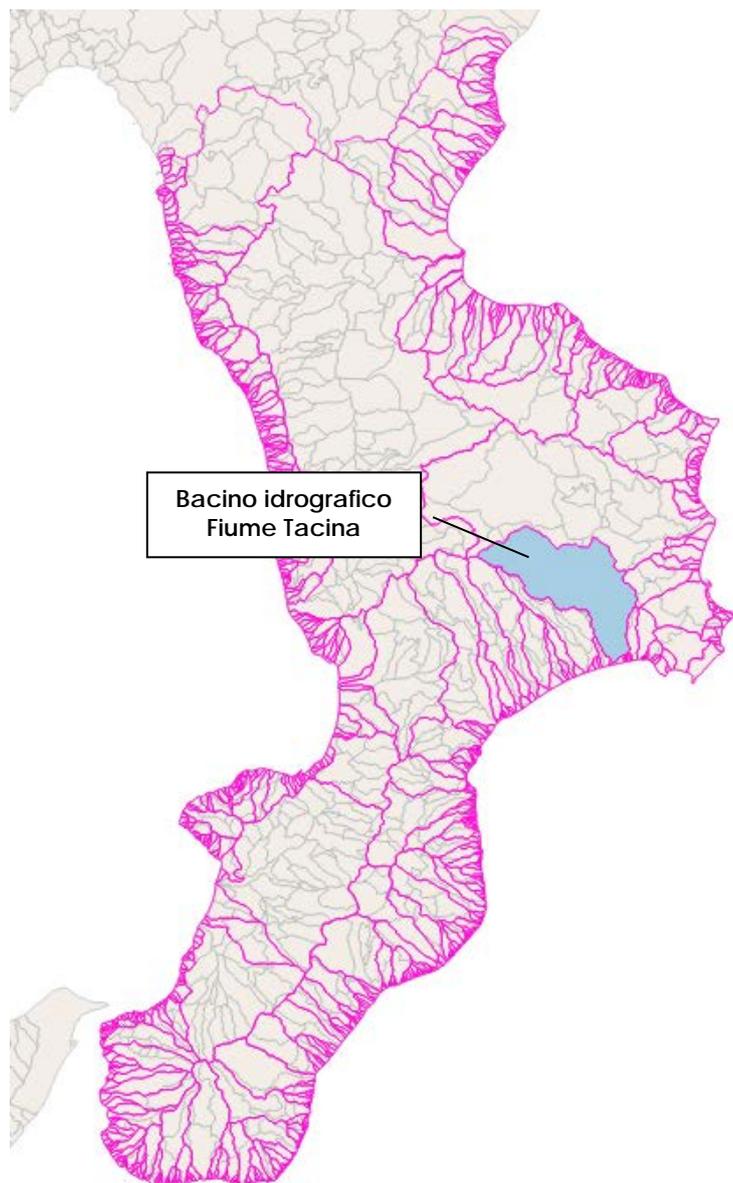


Figura 1-Bacino idrografico interessati da Parco Eolico

La Calabria è una Regione ricca di corsi d'acqua, dovuta principalmente alle copiose precipitazioni che riguardano il suo territorio oltre al clima ed alla natura del terreno prevalentemente di origine argillosa e sabbiosa che trattiene a lungo le acque meteoriche ivi ricadenti.

Nel territorio di intervento l'idrografia è rappresentata da vari torrenti caratterizzati da limitati bacini imbriferi, ripide pendenze, forti trasporti solidi e brevi pianure di foce. Il regime è nettamente variabile, anche per la prevalenza di formazioni geologiche impermeabili.

È stata preliminarmente effettuata una sovrapposizione su interfaccia GIS fra le opere previste per la realizzazione del parco eolico in progetto ed il reticolo idrografico disponibile fra la cartografia ufficiale della Regione Calabria.

La sovrapposizione evidenzia come il Parco eolico in progetto e le sue opere connesse non intersecano in alcun punto il reticolo idrografico.



Figura 2-Reticolo idrografico dei Bacino del Fiume Tacina

3 Analisi Vincolistica Idraulica

Il sito di progetto rientra nel Bacino idrografico del fiume Tacina e minori (Area 7) definito dalla L.R. n.35 del 29 Novembre 1996, in conformità agli indirizzi fissati nel D.P.C.M. 23/3/1990.

Sulla base della cartografia redatta per il P.A.I. – Piano per l’Assetto Idrogeologico¹ – aggiornata al 2022, si può notare come il sito del parco eolico

¹ Il P.A.I. è uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico.

sia ubicato fuori dalle aree di attenzione rispetto al rischio idraulico (vedi Figura 3). Riguardo dette aree, le quali corrispondono per lo più a tratti dei corsi d'acqua principali, le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) aggiornate al 2011, all'art. 24 prescrivono che:

“[...]in mancanza di studi di dettaglio [...] ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio R4.”

Le suddette prescrizioni sono volte a garantire le condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 20-50 anni, nonché il mantenimento e il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

Un altro strumento da prendere in considerazione in questa fase è il PGRA – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni² – del 2015. Allo scopo di uniformare il lavoro delle Autorità di Bacino costituenti il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, le quali hanno adottato diverse metodologie per la perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico; in considerazione dell'importanza assunta dalla perimetrazione della pericolosità idraulica per diversi tempi di ritorno al fine di definire le aree soggette a rischio idraulico, il PGRA applica il metodo seguente per la determinazione di tre livelli di pericolosità:

- Caso 1: AdB che hanno provveduto alla definizione e mappatura delle seguenti fasce fluviali:
 - fascia A → P3 (pericolosità elevata)
 - fascia B → P2 (pericolosità media)
 - fascia C → P1 (pericolosità bassa)

- Caso 2: AdB che hanno provveduto alla definizione e mappatura della pericolosità attraverso 4 classi:
 - P4 e P3 (molto elevata ed elevata) → P3 (pericolosità elevata)

² Il PGRA viene introdotto dalla Direttiva Europea n.2007/60/CE del 23 ottobre 2007, recepita in Italia D. Lgs.49/2010, ed è definito dall'art. 64 del D.lgs. 152/2006; contiene il quadro di gestione delle aree soggette a pericolosità e rischio individuate nei distretti di bacino, delle aree dove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni e dove si possa generare in futuro, nonché delle zone costiere soggette ad erosione.

- P2 (media) → P2 (pericolosità media)
- P1 (moderata) → P1 (pericolosità bassa)
- Caso 3: AdB che hanno provveduto alla definizione e mappatura delle seguenti aree inondabili:
 - aree con elevata probabilità di accadimento ($30 \leq T \leq 50$) → P3 (pericolosità elevata)
 - aree con media probabilità di accadimento ($100 \leq T \leq 200$) → P2 (pericolosità media)
 - aree con bassa probabilità di accadimento ($200 \leq T \leq 500$) → P1 (pericolosità bassa)

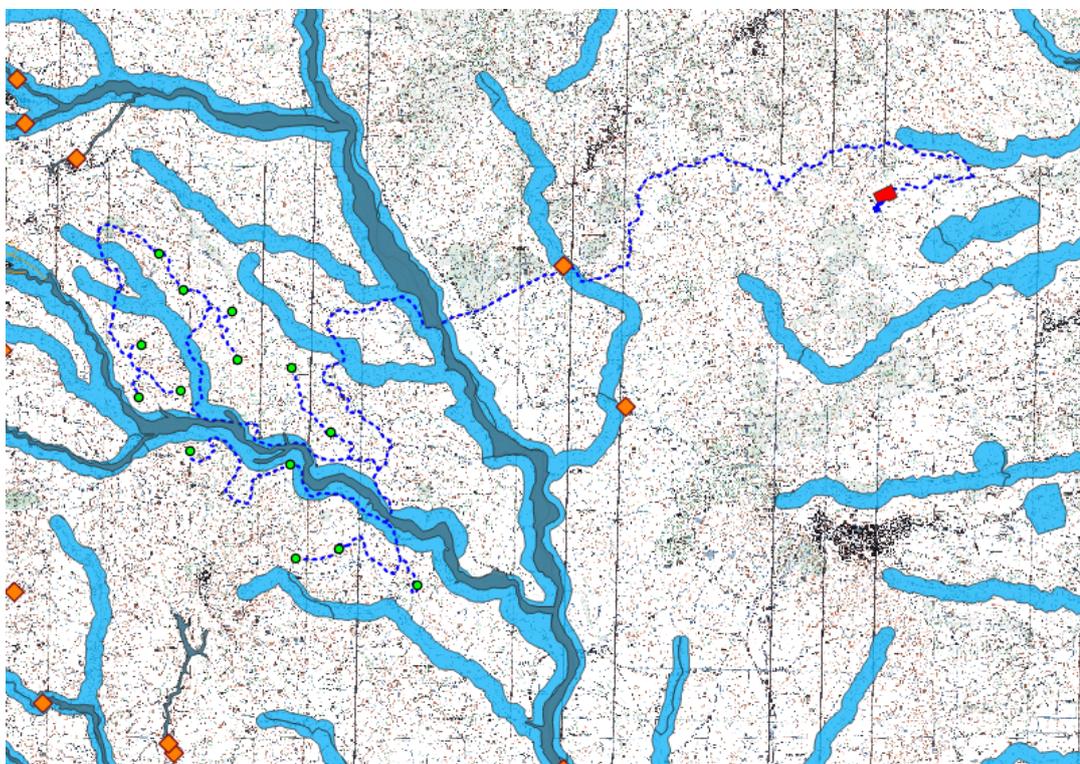


Figura 3-Stralcio della carta del Rischio Idraulico P.A.I aggiornata al 2022 su IGM e buffer 150 metri dei fiumi (scala 1:25.000)

Il caso della Regione Calabria può essere considerato come rientrante nell'ultima condizione. In particolare, il P.A.I. della Calabria individua le aree soggette a rischio idraulico in funzione del tempo di ritorno dell'evento di piena che interessa tali aree. I tempi di ritorno utilizzati sono 50 anni per

l'individuazione delle aree R4, 200 anni per le aree R3 e 500 anni per le aree R2.

In completa coerenza con i contenuti del P.A.I., il PGRA tratta le aree d'attenzione come le aree R4 e quindi le trasforma in aree a pericolosità idraulica P3. Tuttavia, le aree a pericolosità idraulica P3 così ottenute rientrano nelle aree derivanti da analisi di livello base. Ciò comporta la possibilità di aggiornare la perimetrazione sulla base di studi geomorfologici o idrologico-idraulici speditivi, ovvero di studi idrologico idraulici di dettaglio.

Infine, intersecando le classi di pericolosità con quelle di danno (combinazione tra esposizione e vulnerabilità) su tutto il territorio regionale, il PGRA fornisce una cartografia circa il rischio di inondazione basata su quattro classi, le quali sono determinabili a mezzo della Tabella 1.

Tabella 1-Metodologia per la determinazione delle classi di rischio idraulico proposta dal PGRA, a partire dalla classe di pericolo idraulico e quella di danno.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSE DI PERICOLOSITÀ		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R2	R1	R1

Figura 4 e Figura 5 sono riportate rispettivamente le aree a pericolosità e rischio idraulico secondo il PGRA che interessano l'area del parco. Si nota che le aree di impianto e futura Stazione Terna S.p.A. lambiscono con le perimetrazioni delle aree d'attenzione PGRA, per le quali valgono le disposizioni di cui all'articolo 4 delle proposte di misure di salvaguardia. I tratti di cavidotto interrato interferiscono con aree a Rischio R2, R3, R4.

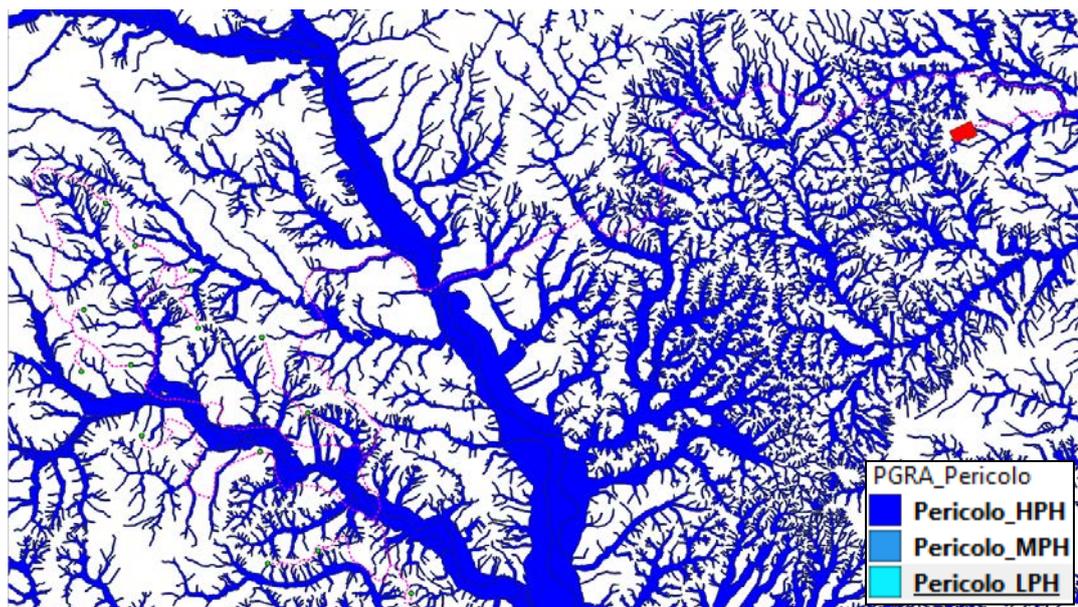


Figura 4-Stralcio della carta della Pericolosità di inondazione PGRA

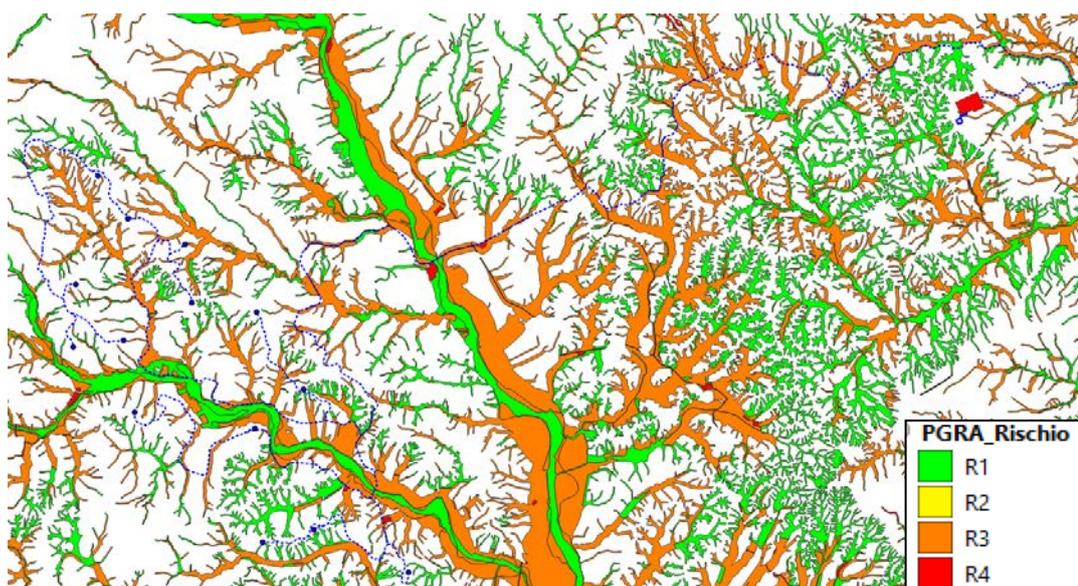


Figura 5- Stralcio della carta del Rischio inondazione PGRA

Secondo i dettami appena esposti, gli interventi di progetto risultano compatibili con le aree PGRA, in quanto ricadenti tra le opere ammissibili del su citato art. 4 di seguito riportato:

Nelle aree di attenzione PGRA sono consentiti esclusivamente:

d) la manutenzione, l'ampliamento, o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non

delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico;

g) tutti gli ulteriori interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, compresi quelli di cui alle lett. b) e c), senza le limitazioni imposte, a condizione che non comportino apprezzabili alterazioni al regime idraulico dei luoghi.

Gli interventi risultano inoltre compatibili con le aree a rischio PAI, in quanto ricadenti nella categoria di cui all'art. 21 comma **2.e, 2.g e 2.k** delle NTA dell'Ex ADB Calabria:

Art. 21 (Disciplina delle aree a rischio d'inondazione R4)

2. Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate: (...)

e) interventi idraulici volti alla mitigazione o rimozione del rischio che non pregiudichino le attuali condizioni di sicurezza a monte e a valle dell'area oggetto dell'intervento, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie e canali); (...)

g) ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o d'interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete (energetiche, di comunicazione, acquedottistiche e di scarico) non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso, o riduzione dell'attuale capacità d'invaso; (...)

k) interventi di manutenzione idraulica ordinaria (esclusa la risagomatura dell'alveo), di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR;

4 Analisi idrologica

Il progetto per la realizzazione del parco eolico prevede la realizzazione della viabilità all'interno dell'area di intervento esistente. La progettazione deve includere, pertanto, la definizione ed il dimensionamento di una rete di drenaggio delle acque meteoriche a protezione della viabilità dalle acque di scorrimento superficiali e per lo smaltimento delle acque di piattaforma stradale.

Il dimensionamento delle opere idrauliche da progettare verrà effettuata a valle di un'analisi idrologica di dettaglio della zona oggetto di intervento, predisposta nel rispetto delle disposizioni del PAI Calabria³ che consentirà di definire i valori di portata di progetto attraverso la definizione della curva di possibilità pluviometrica nonché della definizione dei bacini idrografici afferenti.

L'analisi idrologica terrà conto, pertanto, delle caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici individuati nonché dei tempi di ritorno scelti e della metodologia utilizzata nel corso dello studio.

4.1 Analisi probabilistica delle piogge

Lo studio probabilistico delle piogge, necessario per la definizione delle curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) da utilizzare per lo studio idrologico dei bacini idrografici afferenti alle opere in progetto è stato effettuato sull'analisi delle curve di frequenza cumulata (CDF) costruite per le serie storiche dei massimi annuali di piogge di durata 1,3,6,12,24. Come modello è stato applicato il modello probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value), la cui funzione di probabilità è del tipo

$$F_X(x) = \exp \left[-\lambda_1 \cdot \exp \left(-\frac{x}{\theta_1} \right) - \lambda_2 \cdot \exp \left(-\frac{x}{\theta_2} \right) \right]$$

in cui è possibile distinguere una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa ad eventi più gravosi e rari. La legge risulta essere funzione

di 4 parametri Λ_1 , θ_1 , Λ_2 , θ_2 , esprimenti il numero medio di eventi indipendenti superiori ad una soglia delle due popolazioni (Λ_1 , Λ_2) e il loro valore medio (θ_1 , θ_2).

Ponendo

$$\theta_* = \theta_2 / \theta_1$$
$$\lambda_* = \lambda_2 / \lambda_1^{1/\theta}$$

la funzione di probabilità diventa

³ Linee Guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio inondazione"

$$F_x(x) = \exp \left[-\lambda_1 \cdot \exp \left(-\frac{x}{\theta_1} \right) - \lambda_* \lambda_1^{1/\theta_*} \cdot \exp \left(-\frac{x}{\theta_* \theta_2} \right) \right]$$

e il valore della variabile casuale x , corrispondente al periodo di ritorno T , dipendente dai 4 parametri λ_* , θ_* , λ_1 e θ_1 la cui stima può essere effettuata con il metodo della massima verosimiglianza o dei momenti.

Più in particolare è stato adottato il metodo indice che, in luogo della variabile casuale x_T adopera la variabile adimensionale $x'_T = x_T / \mu$, dove μ (fattore indice) viene assunto pari al valore medio. Con tale approccio la stima di x si ottiene con due passi distinti:

- 1) Stima del fattore di crescita x'_T relativo al tempo di ritorno T , per cui è necessario conoscere i parametri $\lambda_* \theta_* \lambda_1 \theta_1$;
- 2) Stima del valore indice μ , direttamente dai dati campionari o da regressioni empiriche locali.

Per ridurre l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili, si utilizzano delle tecniche di analisi regionale che si basano sull'individuazione di vaste aree, indicate come zone o sottozone omogenee, all'interno delle quali è possibile assumere la costanza di alcuni parametri.

- Al 1° livello di regionalizzazione, i parametri θ_* e λ_* del modello assumono un valore costante all'interno di ampie zone omogenee.
- Al 2° livello di regionalizzazione, oltre alle zone omogenee vengono identificate anche delle sottozone omogenee, per cui oltre ai valori costanti di θ_* e λ_* si può ritenere costante anche il parametro di scala λ_1 .
- Al 3° livello di regionalizzazione si persegue in modo regionale anche alla stima del 4° parametro, che, in dipendenza dal metodo che si vuole adottare, può essere θ_1 o μ , quest'ultimo definito valore indice e rappresentante un valore caratteristico della distribuzione.

L'analisi idrologica per il caso in esame si baserà in fase esecutiva sul secondo e sul terzo livello di regionalizzazione.

4.1.1 Primo e secondo livello TCEV

Al primo livello è possibile ritenere costante il coefficiente di asimmetria campionario, ciò implica, per il legame che intercorre tra il coefficiente di asimmetria teorico ed i parametri θ^* e Λ^* , che nelle zone omogenee questi due parametri risultino essere costanti.

Nell'ipotesi che la Calabria possa essere considerata come un'unica zona pluviometrica omogenea i parametri θ_* , Λ_* si possono ritenere costanti:

$$\theta_* = 0.418$$

$$\Lambda_* = 2.154$$

4.1.2 Terzo livello di regionalizzazione: VAPI Calabria

La stima al terzo livello di regionalizzazione è stata effettuata considerando il rapporto VAPI Calabria (considerato che l'area di intervento ricade nel territorio di competenza dell'ex AdB Calabria), all'interno del quale, al secondo livello di regionalizzazione, il territorio regionale è suddiviso in 3 sottozone omogenee (Tirrenica, Centrale e Ionica) in cui si considerano costanti i parametri riportati nelle tabelle seguenti:

Sottozona	θ^*	Λ^*	Λ_T	η
Tirrenica	2.154	0.418	48.914	5.173
Centrale			22.878	4.414
Ionica			10.987	3.681

E per ciascuna delle quali sono definiti, in funzione del tempo di ritorno T, i fattori di crescita.

Le relazioni matematiche utilizzate nel terzo livello di regionalizzazione per la stima dei valori medi delle piogge giornaliere ed orarie sono le seguenti:

Tabella 2-Coefficiente di crescita

T (anni)	K_T Tirreno	K_T Centro	K_T Ionio
5	1.22	1.26	1.31
10	1.45	1.52	1.63
20	1.69	1.81	1.97
50	2.04	2.21	2.46
100	2.31	2.54	2.84

200	2.59	2.87	3.24
500	2.97	3.31	3.77
1000	3.27	3.65	4.18

Al terzo livello di regionalizzazione è stato inoltre osservato che, in Calabria, all'interno di aree omogenee sussiste una buona relazione tra la media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione e la quota z sul mare

$$m[h_g] = CZ + D$$

in cui C e D sono due parametri variabili da area ad area.

Analizzando i valori delle medie del massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata d, $m[h(d)]$, relative alle diverse stazioni che ricadono in un'APO (Area Pluviometrica Omogenea), si nota che per ogni stazione esiste, per d compreso tra 1 e 24 ore un legame del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n$$

In cui a e n sono parametri variabili da sito a sito. Assumendo:

- $m[h(1)]$, e quindi il parametro a, costante in ciascuna delle aree omogenee e pari al valor medio pesato con gli anni di funzionamento degli x1 relativi alle serie con N³20.
- il rapporto $r = m[h_g] / m[h(24)]$ sia costante in tutta la regione e pari a 0.875;
- in ogni stazione valida la relazione $m[h(d)] = a d^n$ e che in ciascuna area omogenea è nota la relazione $m[h_g] = C Z + D$;

è possibile ottenere:

$$n = \frac{CZ + D - \text{Log } r - \text{Log } a}{\text{Log } 24}$$

La Calabria è stata suddivisa in 13 aree pluviometriche omogenee, per le quali si assumono i seguenti coefficienti:

Tabella 3-Parametri aree omogenee terzo livello

Area Pluviometrica Omogenea		a	c	d
T1	Pollino	27.79	0.00014	1.907
T2	Sila grande -sottozona tirrenica	23.75	0.00021	1.683
T3	Alto e medio Tirreno	26.61	0.00022	1.769
T4	Stretto	26.73	0.00028	1.736
C1	Basso Crati	21.73	0.00049	1.69
C2	Sila grande - sottozona centrale	23.75	0.00021	1.683
C3	Sila greca	31.02	0.00016	1.951
C4	Sila piccola	33.22	0.00032	1.84
C5	Serre orientali	34.99	0.00036	1.815
I1	Alto Ionio	24.37	0.00026	1.778
I2	Marchesato	30.97	0.00025	1.922
I3	Medio e basso Ionio	39.58	0.00043	1.953
I4	Aspromonte merid	34.13	0.00027	1.817

L'area di impianto ricade nell'APO I2.

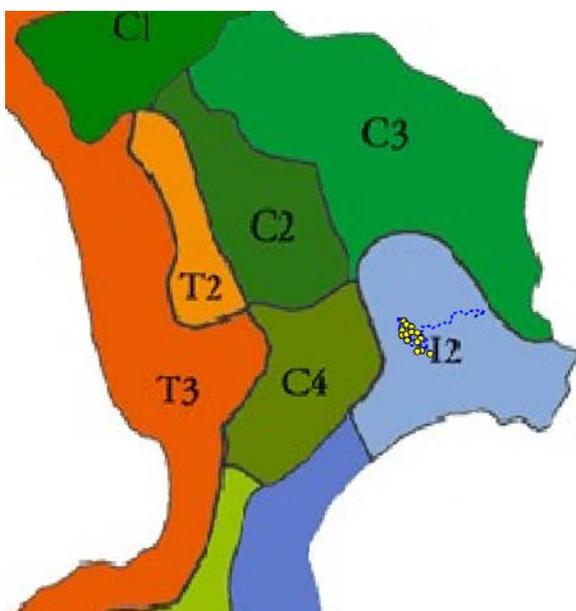


Figura 6-Sovrapposizione area di intervento con perimetri APO VAPI Calabria

Facendo riferimento alla tabella 3, il calcolo dei coefficienti a e n della curva di pioggia, può essere effettuato mediante i seguenti valori:

Tabella 4-Parametri per il calcolo della curva di pioggia al terzo livello di regionalizzazione

APO	a	C	D
12	30.97	0.00025	1.922

5 Analisi idraulica

5.1 Determinazione delle massime portate al colmo di piena

La determinazione delle massime portate al colmo di piena è stata eseguita con il metodo della corrivazione, applicando la formula razionale:

$$Q_p = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{3600}$$

dove:

- Q_p è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata t_c e tempo di ritorno T in $[m^3/s]$
- φ è il coefficiente di afflusso medio del bacino
- A è l'area del bacino in m^2
- i è l'intensità media della pioggia con durata pari al tempo di corrivazione T_c del bacino in mm/h

Il valore del coefficiente di afflusso φ è fortemente variabile in funzione del tipo di suolo del bacino e del suo rivestimento. Cautelativamente è consigliabile adottare un coefficiente pari a 0,6, superiore a quello corrispondente a terreni poco permeabili e soggetti alle pratiche agricole di cui alla tabella di seguito riportata.

Tabella 5-Coefficienti di deflusso da letteratura

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Cultivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

che amplifica i valori di portata di progetto conferendo ampi margini di sicurezza al funzionamento idraulico delle opere progettate.

Secondo questo metodo il bacino imbrifero è visto come un dispositivo atto a trasformare gli afflussi (input) in deflussi (output) con modalità dipendenti da ipotesi di linearità e stazionarietà: la portata transitante attraverso la sezione terminale considerata è calcolata come somma dei contributi delle aree elementari gravanti a monte della sezione stessa.

È possibile quindi individuare per ciascun punto del bacino idrografico un tempo di corrivazione inteso come l'intervallo temporale necessario ad una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura, attraverso il proprio scorrimento superficiale.

Il tempo maggiore rappresenta il tempo di corrivazione del bacino ovvero il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura partendo dal punto idraulicamente più lontano.

Il calcolo dei tempi di corrivazione viene effettuato utilizzando tre diverse espressioni ovvero:

Formula di Pezzoli

$$t_c = \frac{0.055 L}{\sqrt{i}}$$

Dove:

- t_c = tempo di corrivazione (h)
- L= lunghezza dell'asta principale (km)
- i = pendenza media dell'asta principale (-)

Formula di Puglisi

$$t_c = 6L^{2/3}(h_{\max} - h_{\min})^{-1/3}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (h)
- h_{\max} =quota massima del bacino
- h_{\min} = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)
- L =lunghezza dell'asta principale (km)

Formula di Viparelli

$$t_c = \frac{L}{S}$$

dove:

- t_c = tempo di corrivazione (h)
- L =lunghezza dell'asta principale (km)
- S = area del bacino (km²)

Per ciascuno bacino idrografico vengono ricavati i risultalti delle tre espressioni e la loro media viene assunta come tempo di corrivazione.

Assumendo la durata dell'evento piovoso uguale al tempo di corrivazione (situazione più critica) è possibile calcolare l'altezza di pioggia con durata T_c utilizzando l'espressione della curva di probabilità pluviometrica:

$$h_T = a \cdot t^n$$

dove T è il tempo di ritorno (assunto pari a 20 anni), a ed n sono i due coefficienti ricavati dalla curva di probabilità pluviometrica, t è la durata della pioggia espressa in ore.

L'espressione della curva di possibilità pluviometrica, già ricavata all'interno del precedente paragrafo, è:

$$H_{20}=55,57*t^{0,255}$$

Tale curva è valida per gli eventi di durata superiori ad una ora, in caso di eventi di pioggia con durata inferiore ad un'ora tende a sovrastimare le altezze di pioggia ricavate.

Per ovviare a tale scostamento verrà utilizzata per i bacini con tempo di precipitazione inferiori ad una ora la formula di Bell (1969):

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 * d^{0.25} - 0.50$$

Dove d è la durata dell'evento espressa in minuti, T è il tempo di ritorno ed $H_{60,T}$ è l'altezza di pioggia per un evento di pioggia di durata 60 min e tempo di ritorno T, pertanto a seguito delle correzioni da apportare con la formula di Bell, ove necessario, è possibile calcolare l'intensità di pioggia i con un semplice rapporto fra ht e tc:

$$i = \frac{h_T}{tc}$$

5.2 Idraulica- Regimazione delle acque meteoriche

Il parco eolico in progetto prevede la realizzazione di 1 aerogeneratori e della viabilità necessaria per la costruzione degli stessi e per la futura manutenzione e dismissione. L'orografia delle aree di intervento sia degli aerogeneratori che della viabilità è per lo più con pendenze tali da consentire il naturale deflusso delle acque verso recapiti già esistenti su strade provinciali o comunali, in alcuni casi invece si ritiene opportuno realizzare tubazioni interrato che terminano poi verso corsi d'acqua esistenti. L'utilizzo di tubazioni interrato è pensato per non deturpare la naturalezza dei luoghi e ridurre ai minimi termini la quantità di opere idrauliche da realizzare e di conseguenza ridurre così l'interferenza con lo stato di fatto dei luoghi.

Ai lati delle piazzole per la posa della torre, nonché lungo le strade di accesso, vengono realizzati dei fossi di guardia stradali laterali a protezione dei tracciati per canalizzare le acque provenienti dalle porzioni di terreno a monte del tracciato e per raccogliere le acque ricadenti all'interno della piazzola e delle strade di accesso.

I fossi di guardia stradali in progetto verranno realizzati mediante scavo a sezione obbligata sul terreno esistente realizzando una sagoma trapezoidale con altezza pari a 40 cm, base inferiore di 40 cm e base superiore di 80 cm.

Tali fossi di guardia stradali anche mediante la posa di opportuni tombini prefabbricati in cls e pozzetti prefabbricati in cls scaricheranno la portata in una rete idraulica secondaria.

La rete idraulica secondaria è composta sia da fossi di guardia che raccolgono le portate stradali sia da fossi realizzati per proteggere dall'erosione dovuta al consistente scorrimento delle acque superficiali i fronti di scavo e rilevato nonché la viabilità realizzati per consentire la costruzione del parco in progetto.

I fossi appartenenti alla rete idraulica secondaria scaricheranno a loro volte le portate all'interno di fossi naturali esistenti, alcuni censiti all'interno del reticolo idrografico.

5.3 Fossi di guardia

I fossi di guardia in progetto sono stati individuati ai lati delle sezioni stradali della viabilità a servizio delle piazzole di montaggio delle torri sia per la realizzazione della rete di raccolta secondaria delle acque meteoriche fino al loro scarico all'interno dei fossi di scolo naturali.

Ciascun fosso viene dimensionato in base alla portata di progetto, stimata in considerazione del bacino dove il fosso insiste e dell'aliquota di portata del bacino in esso transitante nonché da eventuali scarichi derivanti da altri fossi di guardia e/o tombini.

Il dimensionamento di tali fossi tiene anche conto della scabrezza delle pareti e del fondo, della pendenza e dell'effettivo tirante durante le massime portate.

La verifica idraulica viene condotta nell'ipotesi di moto uniforme, implementando le formule prima illustrate su foglio di calcolo elettronico.

La formula pratica utilizzata per il dimensionamento è la nota espressione di Gaukler-Strikler:

$$V = K_g \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Dove K_s è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza, J è la cadente del canale (coincidente alla pendenza longitudinale del fondo dell'alveo), ed R è il raggio idraulico ovvero il rapporto fra Area della sezione bagnata e il Perimetro della sezione bagnata.

I canali trapezoidali vengono realizzati mediante con uno scavo a sezione obbligata sul terreno esistente, la sezione di alcuni fossi viene rivestita in geocomposito per limitare fenomeni erosivi dovuti a forti pendenze e/o elevate portate.

Il coefficiente di scabrezza K_s è un valore variabile nel tempo, influenzato dalle reali condizioni di conservazione ed usura della superficie delle due differenti tipologie, valore che col tempo non corrisponderà più a quello iniziale: per tale motivo è sufficientemente cautelativo porre tale coefficiente pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le sezioni in terra e per quelle in terre rivestite in geocomposito.

La verifica del corretto funzionamento idraulico dei canali stata eseguita nelle ipotesi di portata massima di progetto verificato che il grado di riempimento medio della sezione non superi il 75% e che la velocità non sia superiore a 8,00 m/s per le differenti sezioni.

5.4 Tombini

Al fine di garantire le diverse connessioni fra i fossi di guardia in progetto all'interno del parco è stata prevista l'installazione di diversi tombini circolari prefabbricati in cls posati ad un'adeguata profondità.

Ogni tombino si dirama da un pozzetto prefabbricato in cls e scarica la propria portata in un ulteriore pozzetto prefabbricato garantendo così una continuità idraulica e ridistribuendo le portate secondo le caratteristiche orografiche e le pendenze delle aree in progetto.

Il progetto prevede la posa di 29 tombini idraulici per consentire il deflusso delle acque meteoriche, raccolte a monte, al di sotto della sede stradale. Tali tombini sono formati con una tubazione circolare in Calcestruzzo Vibrocompresso, con un adeguato R_{ck} per resistere ai carichi stradali ivi gravanti. La verifica idraulica dei tombini avviene mediante l'utilizzo della formula di Gaukler-Strickler, in ipotesi di moto uniforme:

$$V = K_s \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Dove K_s è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza, J è la cadente del canale (coincidente alla pendenza longitudinale del fondo dell'alveo), ed R è il raggio idraulico ovvero il rapporto fra Area della sezione bagnata e il Perimetro della sezione bagnata. Viene imposta una pendenza longitudinale del tombino variabile fra l'1% ed il 2% al fine di permettere un deflusso delle acque tale da poter ottenere un riempimento della sezione inferiore al 75%, in condizioni del colmo di piena.

Nel caso di sezione circolare, la portata massima si ha per un'altezza pari ad $h=0.94 D$; per valori di altezze maggiori, la portata diminuisce gradualmente e raggiunge il valore di $Q_1= 0.93 Q_{max}$ quando la sezione è piena (fig.1).

Per assicurare il funzionamento a superficie libera occorre prevedere, in sede di calcolo, un opportuno franco tra il pelo libero e la sommità della sezione.

Solitamente, esso, per le opere stradali viene assunto pari al 20 ÷ 30 % dell'altezza della sezione.

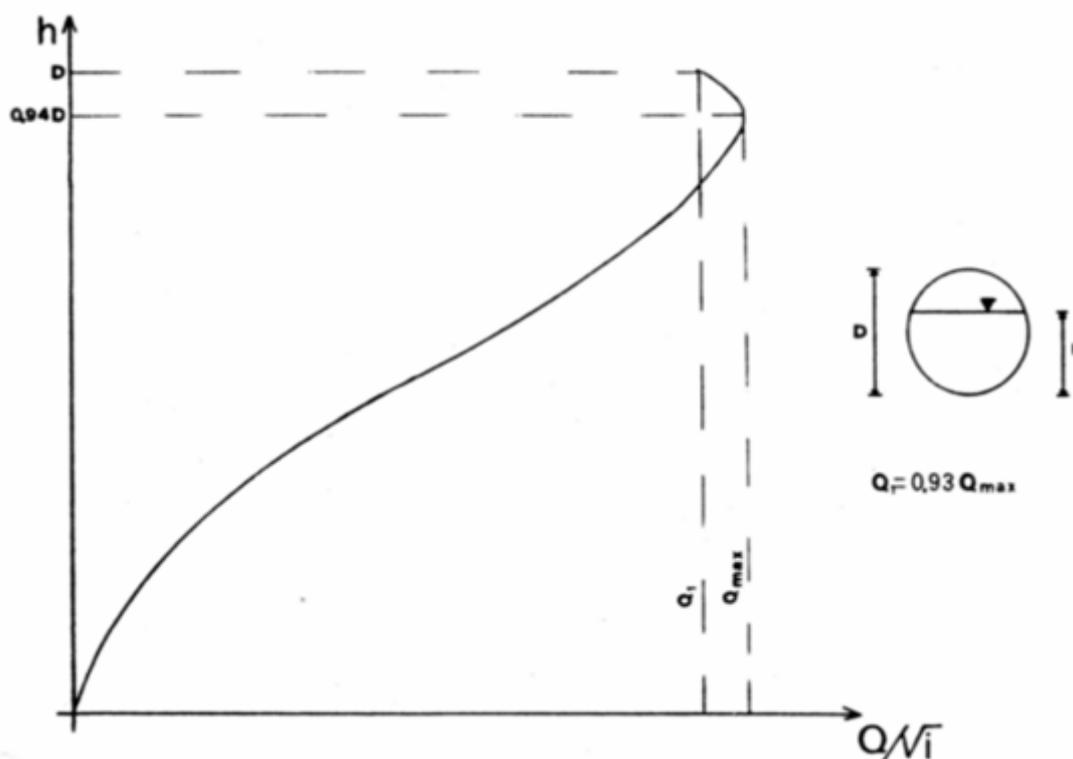


Figura 7-Scala della portata per sezione circolare.

6 Conclusioni

Le misure di invarianza idraulica e idrologica fondamentali per compensare interventi che possono comportare una riduzione della permeabilità del suolo (per effetto della riduzione della infiltrazione efficace delle acque a causa della riduzione di permeabilità del terreno), vanno definite in rapporto alle condizioni preesistente al progetto di intervento antropico che si vuole realizzare, in funzione della permeabilità del sito di riferimento e in rapporto alla superficie interessata dall'intervento, mediante l'utilizzo prioritario di "tecniche di drenaggio antropico sostenibile", con l'obiettivo di limitare la produzione di deflusso superficiale in sede locale (dove esso si forma),facilitando il ripristino dei processi naturali del ciclo idrologico (infiltrazione ed evapotraspirazione).

Il Progetto del parco eolico Mesoraca grazie alle opere di regimentazione previste (fossi di guardia, tombini, materiale permeabile per le strade) non apporterà un aggravio dell'attuale funzionamento idraulico dell'area di territorio esistente.

Inoltre, grazie all'utilizzo delle trivellazioni controllate TOC si garantisce la non influenza fra il funzionamento del reticolo idrografico esistente e la posa dei cavidotti.