



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di POGGIO IMPERIALE



Proponente	IVPC Power 6 S.r.l. Via Circumvallazione 108 83100 Avellino Tel. 0825.693711 Fax 0825.781472 P.IVA 02509050643 				
PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO	 STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net   				
Studio Paesaggistico e Ambientale	 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com				
Studio Archeologico	 NOSTOI s.r.l. - Dott.ssa Maria Grazia Liseno Tel. 0972.081259 Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it		Studio Civiltico	 Ing. Tommaso Monaco Tel. 0885.429850 Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it	
Studio Acustico	 Ing. Antonio Falcone Tel. 0884.534378 Fax. 0884.534378 E-Mail: ing.falcone@alice.it		Studio Geologico-geotecnico	Dott. Donato Antonio Fatigato Via G. Matteotti n. 111 - 71121 Foggia tel/fax 0881 745414 / 0881 771533 e-mail: fatigatodonato@tiscali.it	
Consulenza Topografica	Geom. Ercolino Marinucci Palermo Tel. 0874 839190/ cell. 339 1854984 E-Mail: marinucci.e@libero.it		Studio Agronomico	Dr. Agr. Di Mola Gianpietro Via G. Matteotti n. 111 - 71121 Foggia tel/fax 0881 756289 e-mail: gianp.dimola@libero.it	
Opera	Parco Eolico composto da n.16 Aerogeneratori da 3,3 MW per una potenza complessiva di 52,8 MW nel Comune di Poggio Imperiale (FG)				
Oggetto	Folder: A - PROGETTO GENERALE Nome Elaborato: ETK5E66_Doc_A10 Descrizione Elaborato: Relazione idrologico-idraulica				
00	Marzo 2014	Emissione per progetto definitivo - Richiesta V.I.A.	Ing. A. Mezzina	Ing. A. Mezzina	IVPC Power 6 S.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala: / Formato: A4	Codice Pratica ETK5E66				



STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA
MEZZINA dott. ing. Antonio
Via T. Solis, 128 - 71016 San Severo (FG)
P. IVA 02037220718
☎ 0882-228072 / ☎ 0882-243651
✉: info@studiomezzina.net



IVPC POWER 6 s.r.l.

Via Circumvallazione 108

83100 AVELLINO

**PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI
52,8 MW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI POGGIO IMPERIALE (FG)**

RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA
Ing. Mezzina Antonio



INDICE

1	PREMESSA	4
2	Caratteristiche generali del Parco Eolico	7
2.1	Consistenza e ubicazione dell'impianto.....	7
2.2	Linee elettriche di trasporto dell'energia prodotta e relativa consegna.....	7
2.3	Aerogeneratori.....	7
2.4	Torri tubolari.....	7
2.5	Opere Civili.....	8
2.6	Opere di fondazione	8
2.7	Viabilità e piazzole	8
2.8	Opere provvisorie e altri manufatti.....	10
3	STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO	11
3.1	Terzo livello di regionalizzazione.....	14
3.2	Analisi idrologica	16
3.2.1	Il metodo CN SCS.....	16
4	COMPATIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	21

STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA

Ing. Mezzina Antonio



1 OGGETTO

La presente Relazione Tecnica si riferisce al progetto dell'impianto eolico che la IVPC POWER 6 S.r.l. intende realizzare nel comune di Poggio Imperiale (FG).

L'impianto eolico sarà costituito da 16 aerogeneratori della VESTAS V-117, ciascuno della potenza di 3.3MW, con diametro del rotore di 117m, altezza di mozzo 91,5 e quindi con altezza complessiva (TIP) pari a 150m. La potenza complessiva del parco eolico è quindi pari a 52,8 MW.

L'impianto eolico sarà ubicato nell'agro del comune di Poggio Imperiale, fondamentalmente in due macro zone: (i) una parte costituita da 6 aerogeneratori a Ovest rispetto al centro comunale, alle località "Masseria Passo del Compare", "Masseria la Torretta" e "Masseria la Mezzana"; (ii) una parte costituita da 10 aerogeneratori ad Est alle località "Masseria Solimando", "Masseria Carlitto", "Masseria Paolicelli", "Masseria Zappone", "Masseria S. Spirito", "Masseria Pansa".

Scopo della presente relazione è quello di evidenziare la compatibilità idraulica delle opere a farsi.

Nello specifico è stato condotto un apposito studio idrologico-idraulico mirato a:

- definire le interferenze tra le opere in progetto e il reticolo idrografico
- valutare le portate di piena con tempo di ritorno di 200 anni
- verificare che le piazzole delle pale eoliche siano esterne all'alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali così come definito dall'art. 6 delle N.T.A. ovvero siano esterne alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, di 75 m.
- definire le modalità di attraversamento dei cavidotti e della nuova viabilità in corrispondenza dell'intersezione con il reticolo idrografico.



2 PREMESSA -LAYOUT IMPIANTO

Nello studio e definizione del layout dell'impianto particolare attenzione è stata posta affinché risultasse minimo l'impatto delle opere a realizzarsi sull'aspetto idraulico e idrogeologico del territorio.

Ogni aerogeneratore, posizionato all'interno di una piazzola 30,00 m x 50,00m, sarà collegato ad una rete di strade di servizio interne, le quali serviranno a favorire l'accesso dei mezzi al campo per lo svolgimento delle attività di costruzione e di successiva manutenzione delle macchine. Il posizionamento degli aerogeneratori, il tracciato della nuova viabilità da realizzare nonché il percorso degli elettrodotti interrati, tra tutte le altre cose, è stato determinato in modo da ridurre al minimo, mitigare e al limite anche eliminare, le interferenze e gli impatti con idrologia superficiale e l'idraulica del territorio evitando cioè di modificare l'assetto idraulico esistente del territorio sia nella sua parte superficiale che in quella delle sue formazioni nei primi strati sotto il piano di campagna le quali sono fondamentali ai fini della stabilità e dell'assorbimento delle acque. Pertanto, in particolare, si sono posizionati gli aerogeneratori anche per:

1. tenere una distanza minima dai corsi d'acqua e dalle aste idriche presenti nel territorio e comunque al di sopra della distanza di buffer di cui alle NTA del PAI;
2. cercare di utilizzare in massima parte la viabilità esistente, la quale costituisce generalmente un intervento antropico già assorbito dal territorio;
3. cercare di disegnare il tracciato dei cavidotti in modo da correre in massima parte sulla viabilità esistente e su quella di nuova realizzare;
4. realizzare i cavidotti in modo da intercettare il meno possibile corsi d'acqua e aste idriche e qualora intercettate attraversare unicamente con tecniche non invasive (TOC) in modo da non alterare la geomorfologia del suolo e degli alvei;

**STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA**
MEZZINA dott. ing. Antonio
Via T. Solis, 128 - 71016 San Severo (FG)
P. IVA 02037220718
☎ 0882-228072 / 📠 0882-243651
✉: info@studiomezzina.net

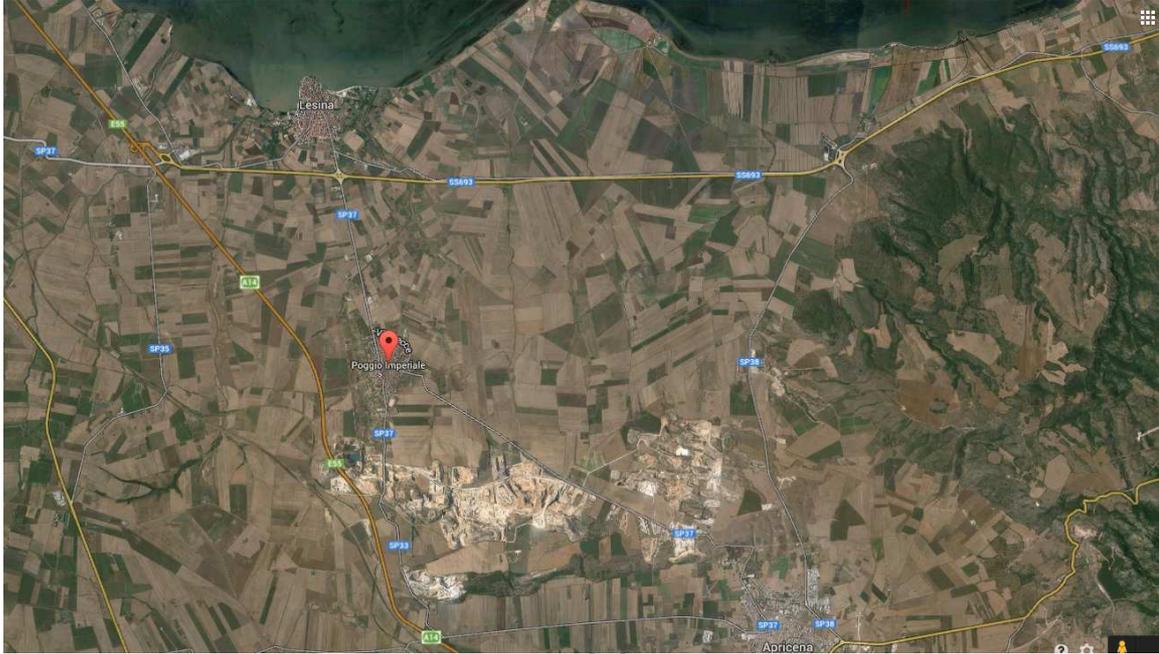


Fig. 1: Area di interesse

STUDIO INGEGNERIA E
Ing. Mezzina Antonio



3 Caratteristiche generali del Parco Eolico

3.1 Consistenza e ubicazione dell'impianto.

L'impianto sarà costituito da 16 aerogeneratori ubicati nel territorio comunale di **Poggio Imperiale (FG)**. Ogni aerogeneratore sviluppa una potenza massima nominale pari a 3.3 MW, per cui la potenza totale massima dell'impianto previsto è pari a 52,80 MW. L'area interessata confina con i Comuni di Apricena, di San Paolo di Civitate e Lesina, ed è interessata da un'altitudine compresa tra i 30 e i 120 m.s.l. La zona è prevalentemente pianeggiante.

3.2 Linee elettriche di trasporto dell'energia prodotta e relativa consegna.

Gli aerogeneratori sono elettricamente collegati tra loro mediante tre linee interrate in MT a 30 kV, ciascuna delle quali collega in entra – esci, un certo numero di aerogeneratori. Le tre linee quindi dopo aver collegato gli aerogeneratori si collegano alla sottostazione produttrice ubicata nel comune di San Paolo Civitate (FG) alla località Marana di Difensola.

3.3 Aerogeneratori

Ogni aerogeneratore, posizionato all'interno di una piazzola 30,00 m x 50,00m, sarà collegato ad una rete di strade di servizio interne, le quali serviranno a favorire l'accesso dei mezzi al campo per lo svolgimento delle attività di costruzione e di successiva manutenzione delle macchine. La distanza tra ciascun aerogeneratore, per ridurre al minimo gli effetti di mutua interferenza aerodinamica, viene mantenuta al di sopra di 351 m, corrispondente a 3 volte il diametro del rotore.

Gli aerogeneratori di cui è previsto l'utilizzo per la realizzazione della centrale hanno una potenza pari a 3.3 MW ciascuno.

3.4 Torri tubolari

Si è previsto, quale sostegni per gli aerogeneratori, l'utilizzo di torri tubolari di forma tronco conica in acciaio zincato ad alta resistenza, di altezza totale 89,1 metri e con base di 3,90 metri. Le torri sono costituite da n. 4 tronchi:

- 1° tronco (bottom) di forma cilindrica con diametro di 3,9 m e lunghezza pari a 15,42 m;
- 2° tronco (middle 1) di forma cilindrica con diametro di 3,9 m e lunghezza pari a 17,08 m;
- 3° tronco (middle 2) di forma tronco conica con diametro inferiore di 3,9 m e diametro superiore di 3,65 m;



- 4° tronco (top) di forma tronco conica con diametro inferiore di 3,65 m e diametro superiore di 3,24 m;

3.5 Opere Civili

Le opere civili strettamente afferenti la realizzazione della centrale eolica possono suddividersi come segue:

- Fondazioni aerogeneratori;
- Viabilità e piazzole

3.6 Opere di fondazione

L'entità degli scarichi fondali nonché le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione del sito sede del parco eolico, suggeriscono l'adozione di una fondazione di tipo a pali, risultando pienamente compatibile con la funzionalità e la sicurezza dell'opera da realizzare, consentendo di limitare i cedimenti differenziali e le distorsioni indotte. Nello specifico le torri saranno fondate su di una platea di fondazione, ancorata a sua volta ad una palificata dal diametro compreso tra gli 80 e i 120 cm e una lunghezza variabile tra i 15 e i 20 m (le misure varieranno in funzione dei risultati della campagna geognostica); ovvero su di una piastra di calcestruzzo di altezza variabile 2.00÷2.50 m, nella quale verrà ancorata la base del primo concio della torre (cfr. grafici dei tipici di fondazione).

3.7 Viabilità e piazzole

Per il convogliamento dell'energia ed il trasporto dei componenti dell'impianto si utilizzeranno per la maggior parte strade esistenti come le strade provinciali SP 35, SP37, SP 38 e SP39, fino ad arrivare all'interno di ogni tratto di impianto dove in alcuni casi (ved. Tavola A05 sulla Viabilità) si realizzeranno tratti di strada nuovi che rappresenteranno il sistema viario interno al campo eolico. Questi tratti di strada di nuova realizzazione di larghezza pari a 5 m, saranno in futuro utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori e verranno realizzate seguendo l'andamento topo-orografico esistente del sito, lungo i confini particellari catastali, cercando di ridurre al minimo gli eventuali movimenti di terra e l'impatto sui terreni di proprietà privata. La strada interna costituisce il sistema di viabilità che dà accesso alle piazzole al centro delle quali sono installati gli aerogeneratori. La funzione della piazzola è quella di accogliere i mezzi di sollevamento durante la sola fase di installazione; al termine della quale ogni piazzola cosiddetta temporanea verrà completamente smantellata per il ripristino completo dello stato dei luoghi. La realizzazione della piazzola avverrà secondo le seguenti fasi:

1. Asportazione di un primo strato di terreno vegetale;



2. Eventuale asportazione dello strato inferiore di terreno fino al raggiungimento della quota del piano di posa della massicciata stradale;
3. Compattazione del piano di posa della massicciata;
4. Realizzazione dello strato di fondazione o massicciata di tipo stradale, costituito da misto granulare di pezzatura compresa tra i 4 cm e i 30 cm, che dovrà essere messo in opera in modo tale da ottenere a costipamento avvenuto uno spessore di circa 50-60 cm.

A montaggio ultimato, l'area attorno alla macchina (piazzola definitiva aerogeneratore) sarà mantenuta piana e carrabile, allo scopo di consentire di effettuare le operazioni di controllo e/o manutenzione, mentre la parte eccedente che viene utilizzata nella fase di cantiere verrà ripristinata prevedendo se necessario il riporto di terreno e la semina di specie erbacee.

Il corpo stradale, così come la porzione della piazzola adibita allo stazionamento dei mezzi di sollevamento durante l'installazione, viene realizzato con fondazione in misto cava dello spessore di 30 cm più 10 cm di misto stabilizzato posato su geotessile e compattato fino a raggiungere in ogni punto un valore della densità non minore del 95% di quella massima della prova AASHO modificata ed un valore del modulo di deformazione non minore di 400 Kg/mq. La carreggiata ha la larghezza di 5 m e sarà realizzata con uno strato di 40 cm di misto di cava e di 20 cm di misto stabilizzato steso e rullato; ed al di sotto verrà posizionato il cavo di potenza.

Le modalità di costruzione della viabilità di servizio sono le seguenti:

- Tracciamento stradale: pulizia del terreno consistente nello scoticamento del terreno vegetale;
- Formazione del sottofondo costituito dal terreno naturale o di riporto, sul quale sarà messa in opera la soprastruttura stradale costituita dallo strato di fondazione e dallo strato di finitura;
- Realizzazione dello strato di fondazione: è il primo livello della soprastruttura, ed ha la funzione di distribuire i carichi sul sottofondo ed è costituito da un opportuno misto granulare;
- Realizzazione dello strato di finitura: costituisce lo strato a diretto contatto con le ruote dei veicoli.

Come già detto, si è avuta particolare cura nel utilizzare il sistema viario esistente, in modo da ridurre al minimo gli impatti temporanei di scavo. A tal proposito gli allargamenti temporanei delle strade di accesso al campo eolico avranno una durata relativa alla sola fase di costruzione per la quale si dovranno trasportare i componenti costituenti le turbine eoliche. La manutenzione ordinaria avverrà, con le strade di accesso definitive che potranno essere utilizzate da normali mezzi di trasporto.



3.8 Opere provvisoriale e altri manufatti

Le opere provvisoriale riguardano sia la predisposizione delle aree da utilizzare durante la fase di cantiere come le piazzole per il montaggio delle torri ed il conseguente carico e trasporto del materiale di risulta, sia l'adeguamento e/o la realizzazione di nuova viabilità per giungere alle posizioni di installazione delle torri.

Tali opere saranno utilizzate solo nella fase di cantiere ed in particolare si riassumono in:

- Piazzole temporanee di cantiere per il montaggio delle torri;
- Adeguamento della viabilità esistente (raccordi sugli incroci, allargamenti della sede stradale).

Montate le torri e installate su ciascuna dello loro sommità la navicella con il rotore e le pale, si procederà a smantellare le piazzole temporanee di cantiere e gli allargamenti temporanei su strade esistenti e di nuova realizzazione, ripristinando così lo status quo ante.

STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA

Ing. Mezzina Antonio



4 STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano un bacino idrografico e, di conseguenza, le sue infrastrutture, centri abitati, elementi vulnerabili.

In Puglia le stazioni di misura idrometriche sono in numero assai limitato, se confrontato con quelle di misura pluviometriche; pertanto il calcolo della portata di piena deve spesso essere realizzato attraverso un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, "ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR". Nel caso dei bacini idrografici oggetto di tale studio, si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (VALutazione Plene), per la determinazione delle altezze critiche di precipitazione e delle curve di possibilità pluviometrica, utilizzate per il calcolo della portata al colmo di piena.

Il primo step, per poter procedere con lo studio idrologico, è quello di individuare i bacini idrografici relativamente al reticolo idrografico esistente.

In particolare, sono stati individuati i bacini idrografici di tutto il reticolo idrografico interferente con il percorso dei cavidotti, individuando ben 25 bacini.

Per ciascuno dei 25 bacini si è proceduto ad individuare le caratteristiche geomorfologiche quali:

- superficie del bacino (km²)
- pendenza media (%)
- Quota massima, minima e media del bacino (m)
- Lunghezza displuviale dell'impluvio



Nella tabella seguente sono riportate per ciascun bacino le caratteristiche geomorfologiche individuate avvalendosi di tecniche GIS:

BACINO	Superficie	L _{displuvio}	H _{media}	H _{min}	H _{max}	i _m
	km ²	km	m	m	m	(%)
1	0.63	0.5	138.6	147.0	127.0	5.30
2	1.81	2.65	162.8	124.0	207.0	5.38
3	18.65	8.10	126.0	68.0	189.0	4.29
4	4.02	4.00	106.2	67.0	140.0	4.41
5	0.75	1.70	99.0	80.0	117.0	3.70
6	0.32	0.70	130.5	117.0	139.0	3.74
7	0.55	1.60	96.3	74.0	118.0	4.46
8	0.25	0.70	36.6	26.0	50.0	3.62
9	7.40	7.40	78.9	17.0	139.0	7.21
10	1.91	3.10	38.2	10.0	82.0	4.23
11	0.82	2.00	32.5	17.0	65.0	3.14
12	9.90	5.60	79.6	21.0	155.0	14.27
13	0.20	0.70	58.7	37.0	72.0	5.43
14	0.55	1.40	65.2	40.0	97.0	5.98
15	1.41	2.00	81.8	35.0	132.0	12.64
16	1.16	1.90	80.1	36.0	157.0	12.28
17	1.20	2.40	83.0	45.0	141.0	10.88
18	0.50	1.90	70.1	43.0	101.0	4.99
19	0.30	1.20	82.7	64.0	100.0	3.90
20	2.20	2.60	99.4	59.0	133.0	5.83
21	3.45	3.90	87.1	42.0	133.0	5.64
22	0.27	1.40	102.4	79.0	130.0	10.52
23	1.20	3.60	77.7	48.0	130.0	6.25
24	0.25	1.00	89.9	66.0	121.0	13.78
25	0.73	1.70	87.2	51.0	130.0	8.55

Tab. 1: caratteristiche geomorfologiche dei bacini alle sezioni di chiusura.



Nelle applicazioni idrologiche, come detto, si presenta spesso la necessità di stimare valori di una determinata grandezza, per esempio la precipitazione, in siti privi di stazioni di misura, oppure con dati misurati che si giudicano insufficienti per numero e qualità.

A ciò rispondono le procedure regionali, sia quelle classiche, sia quelle proposte con i più recenti studi inerenti l'elaborazione statistica di dati spaziali.

Questi ultimi tendono a definire modelli matematici finalizzati ad una interpretazione delle modalità con cui variano nello spazio le diverse grandezze idrologiche.

L'analisi regionale degli estremi idrologici massimi, può essere condotta suddividendo l'area di studio in zone geografiche omogenee nei confronti dei parametri statistici che si è deciso di adottare.

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). In questa distribuzione i parametri fondamentali sono: Θ_1 , Λ_1 , Θ_2 , Λ_2 , che rappresentano il parametro di scala ed il numero medio di osservazioni della variabile casuale Y provenienti dalla componente ordinaria e dalla componente secondaria. Si ottiene:

$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1 \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{\Lambda_1 / \Theta^*}$$

La procedura di regionalizzazione comporta che al primo livello si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali si possano considerare costanti i valori dei parametri Θ^* e Λ^* . Tali parametri devono essere stimati da un elevato numero di dati; questo comporta l'assunzione di una regione omogenea molto ampia. Le sottozone omogenee, caratterizzate oltre che dalla conoscenza di Θ^* e Λ^* anche dalla conoscenza di Λ_1 , sono individuate nel secondo grado di regionalizzazione; anche in questo livello si ipotizza che l'area indagata costituisca una zona omogenea. Si considerano solo le serie più numerose, in quanto la stima dei parametri suddetti è condizionata dalla presenza di dati di pioggia straordinari che hanno probabilità molto bassa di verificarsi in un periodo molto breve.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione di sei zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

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, è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{T,t}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t, definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t)$$



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

La dipendenza del fattore di crescita con la durata si può ritenere trascurabile, infatti, calcolando sulle stazioni disponibili le medie pesate dei coefficienti di asimmetria, C_a , e dei coefficienti di variazione, C_v , alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria. L'indipendenza dalla durata di $K_{t,T}$ (nel seguito indicato con K_T), autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

In base ai valori regionali dei parametri Θ^* , Λ^* e Λ_1 , si ottiene la curva di crescita per la zona della Puglia settentrionale.

Il valore di K_T può essere calcolato in funzione di T attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T$$

in cui :

- $a = (\Theta^* \ln \Lambda^* + \ln \Lambda_1) / \eta$; $b = \Theta^* / \eta$
- $\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_o$
- $C = 0.5772$, (costante di Eulero),
- $T_o = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^i \Lambda_1^i}{i!} \Gamma\left(\frac{i}{\Theta^*}\right)$

Per semplificare la valutazione del fattore di crescita, nella tabella 2 sono riportati i valori di K_T relativi ai valori del periodo di ritorno adottati nella determinazione delle aree soggette a rischio di inondazione.

Anni	30	200	500
Kt	1.98	2.76	3.14

Tab. 2: Valori di K_t Puglia settentrionale

4.1 Terzo livello di regionalizzazione

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.



Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

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

La relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito viene generalizzata nella forma:

$$\mu(X_t) = a t^{(Ch+D+\log \alpha - \log a) / \log 24}$$

in cui α è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_1)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea; $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente α è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

Nella figura 2 si riporta la suddivisione della regione in aree omogenee.

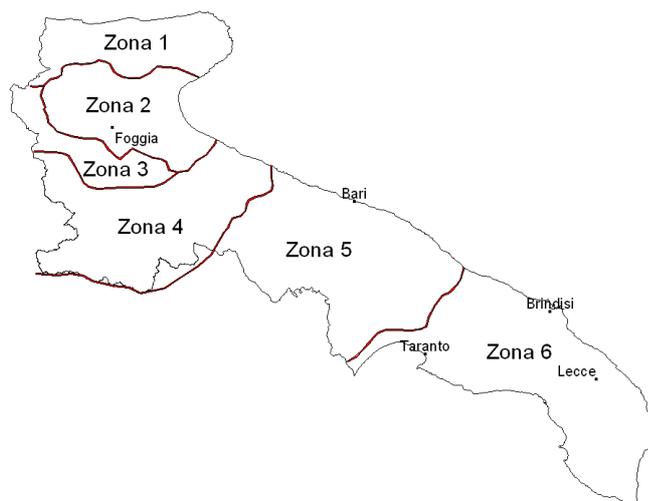


Fig. 2: Zone omogenee, 3° livello



L'area di interesse ricade totalmente nella zona 1 e pertanto per la zona di interesse i valori dei parametri utilizzati sono quelli riportati in tabella 3.

Zona	α	a	C	D	n
1	0.89	26.8	0.00503	3.959	-

Tab. 3: Parametri delle curve di 3° livello

Quindi l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503z)/3.178]}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare.

Ai valori così ottenuti vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al fattore di riduzione areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in Km^2 , e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore). La dimensione areale dei bacini in studio comporta che il relativo fattore di riduzione tenda all'unità; pertanto, a vantaggio di sicurezza, tale parametro non viene preso in considerazione nella valutazione della Curva di Possibilità Pluviometrica.

4.2 Analisi idrologica

Per giungere alla valutazione della portata nelle sezioni di interesse, congruentemente con la modellazione realizzata dalla AdB nella analisi del rischio idraulico, si è utilizzato sia il metodo CN SCS sia il metodo VAPI.

4.2.1 Il metodo CN SCS

Il metodo usualmente denominato "curve number" ed elaborato dal Soil Conservation Service assume che la produzione del volume di deflusso superficiale, Q , sia data dalla seguente espressione:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I)}$$

in cui: F = volume specifico infiltrato;

S = volume specifico di saturazione di un terreno;

P = precipitazione;



I = assorbimento iniziale;

quindi, tenendo conto dell'equazione di continuità:

$$F = P - I - Q$$

dalla precedente, si ottiene :

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I + S)}$$

Il volume specifico di saturazione dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, fattori che vengono espressi, per mezzo del CN, attraverso la seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui:

S_0 è un fattore di scala, pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm;

CN è il parametro di cui sopra, che può essere un valore compreso fra zero e cento.

Tale modello, quindi, prende in considerazione le due variabili I ed S. In realtà, il termine I rappresenta un volume specifico di pioggia, generalmente sottratto a priori al bilancio in esame, che descrive in modo globale diversi processi, quali l'intercettazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, l'imbibimento iniziale del terreno. Nella procedura SCS-CN standard, I viene valutato come una quota parte di S, specificatamente il 20%.

Resta, infine, da definire come si determina il parametro CN. Tale parametro, come abbiamo già accennato, è funzione della permeabilità, dello stato di umidità del suolo al momento dell'evento meteorico in esame e dell'uso del suolo.

Nel presente studio, la valutazione di tale parametro è stata eseguita secondo le indicazioni del Maione sia per quel che riguarda le espressioni matematiche, sia per la tabella uso del suolo-permeabilità, sia per la valutazione dell'umidità del suolo, supportate da valutazioni conseguenti ad indagini effettuate in loco.

Riportiamo di seguito uno schema della metodologia adottata:

- 1) Classificazione del suolo secondo quattro classi di permeabilità ottenute dal confronto delle formazioni geologiche presenti nel bacino con tabelle di conversione estratte da studi precedenti:

A: molto permeabile,

B: poco permeabile,

C: quasi impermeabile,

D: impermeabile,



- 2) Determinazione dell'uso del suolo;
- 3) Determinazione dell'umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico e riconoscimento di tre classi (classi AMC, Antecedent Moisture Condition), in funzione della pioggia caduta nei cinque giorni precedenti.
- 4) Tenendo conto della stagione in cui ricade l'evento in esame, rispetto al periodo di crescita delle piante, si hanno le seguenti espressioni per la valutazione del CN:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Il CN(II) è definito dalla tabella a doppio ingresso uso del suolo-permeabilità.

Per lo studio in oggetto, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS e con l'ausilio della carta delle permeabilità, dell'uso del suolo e delle indagini geologiche effettuate in campo, sono stati calcolati i seguenti valori relativi alle diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento (AMC I, II e III):

BACINO	CN _I	CN _{II}	CN _{III}	BACINO	CN _I	CN _{II}	CN _{III}
1	49	70	84	14	67	83	92
2	53	73	86	15	67	83	92
3	53	73	86	16	66	82	91
4	54	74	87	17	63	80	90
5	57	76	88	18	53	73	86
6	51	71	85	19	60	78	89
7	51	71	85	20	58	77	89
8	64	81	91	21	60	78	89
9	56	75	87	22	42	63	80
10	56	75	87	23	58	77	89
11	56	75	87	24	47	68	83
12	58	77	89	25	47	68	83
13	74	87	94				

Tab 4: Valori del CN nelle diverse condizioni di umidità del suolo (AMC I, AMCII, AMC III)



Tali valori consentono di ricavare il valore della pioggia netta e dell'afflusso nelle ipotesi di ietogramma rettangolare di durata pari al tempo di ritardo del bacino, nel seguito definito e determinato.

Sulla base del valore di CN II determinato si è effettuato il calcolo della portata al colmo, utilizzando la formulazione proposta dal Soil Conservation Service per la determinazione dell'idrogramma, qui di seguito riportata:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{VA}{t_a}$$

in cui:

V = volume di deflusso in mm;

A = area del bacino in Km²;

t_a = tempo di accumulo in h;

la determinazione di t_a, nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante, di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma ed il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0.5 \cdot t_p + t_L$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

In cui s è la pendenza del bacino espressa in percentuale, L è la lunghezza dell'asta principale, prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Sulla base di determinazioni empiriche effettuate dall'SCS, è possibile affermare che il rapporto t_L/t_c è pari a 0.6, con t_c tempo di corrvazione del bacino.

Assumendo la durata critica dell'evento t_p di pioggia pari al t_c, è possibile definire, il tempo di ritorno considerato (200 anni), la corrispondente portata al picco secondo la procedura su riportata:



STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA
 MEZZINA dott. ing. Antonio
 Via T. Solis, 128 - 71016 San Severo (FG)
 P. IVA 02037220718
 ☎ 0882-228072 / ☎ 0882-243651
 ✉: info@studiomezzina.net



BACINO	t_L (ore)	t_c (ore)	Q_{200} (m^3/s)
1	0.27	0.46	1.69
2	0.95	1.58	7.10
3	2.60	4.33	55.91
4	1.42	2.36	13.80
5	0.74	1.23	3.30
6	0.41	0.69	1.06
7	0.74	1.23	1.83
8	0.31	0.52	2.03
9	1.76	2.94	22.82
10	1.15	1.91	6.31
11	0.94	1.56	2.94
12	0.95	1.58	41.67
13	0.21	0.35	2.65
14	0.40	0.67	4.32
15	0.37	0.61	11.20
16	0.37	0.61	8.70
17	0.50	0.84	7.25
18	0.76	1.26	1.82
19	0.51	0.85	1.61
20	0.80	1.33	9.97
21	1.09	1.82	14.62
22	0.53	0.89	0.50
23	1.00	1.67	4.93
24	0.31	0.52	0.68
25	0.61	1.01	2.05

Tab 5: Valori delle portate al picco per differenti tempi di ritorno (metodo CN).



5 COMPATIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Definiti i valori delle portate massime, ovvero i picchi degli idrogrammi di piena relativamente ai tempi di ritorno di 200 si è proceduto a verificare se le opere a farsi interferissero con il reticolo idrografico o se rientrassero nella fascia di 75 m così come definita dall'art. 6 delle norme tecniche di attuazione del PAI.

Dall'esame sovrapposizione del reticolo idrografico con le opere in progetto è evidente (cfr elaborato grafico) che tutte le piazzole previste in progetto, nelle quali saranno posizionate le pale eoliche, risultano esterne alla fascia di pertinenza fluviale così come definita dalle norme tecniche di attuazione.

Risultano invece presenti delle interferenze tra il reticolo idrografico ed il percorso dei cavidotti di collegamento con le diverse stazioni.

Come scelta progettuale si è previsto che per tutti gli attraversamenti si prevede che l'interferenza sia risolta mediante tecnologia T.O.C. ovvero attraversando il reticolo idrografico in sub alveo.

Infatti, tale tecnica definita anche "No dig" risulta essere alternativa allo scavo a cielo aperto e non impatta il terreno perché nel tratto di applicazione non avviene nessuno scavo. Essa, tra tutte le tecniche "No dig" è la meno invasiva e consente di eseguire tratte relativamente lunghe. L'impiego di questo tipo di tecnica, nel caso di specie per i cavidotti elettrici, rende possibile l'attraversamento dei corsi d'acqua, senza onerose deviazioni ma soprattutto senza alcuna movimentazione di terra all'interno dell'area critica di particolare interesse come le fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

In merito alla profondità di posa del cavidotto si è previsto di posizionare lo stesso ad una profondità di 1,5 m da intendersi come distanza minima tra il fondo del canale e la generatrice esterna del controtubo di protezione del cavidotto, il tutto al fine di evitare che possibili erosioni al fondo possano mettere a nudo il cavidotto.

Nelle successive fasi di progettazione si provvederà ad individuare per ciascuna interferenza la sezione trasversale dell'impiuvio e a valutare le azioni al fondo in corrispondenza del passaggio della portata di piena.

Per definire l'effettivo grado di erosione cui è soggetto il terreno interessato dall'evento di piena si utilizzerà la **teoria di Shields**. Tale teoria si basa sull'ipotesi che la spinta esercitata dalla corrente sulla particella solida è proporzionale alla superficie investita, a sua volta funzione del diametro delle particelle solide e sull'assunzione che la forza resistente dipende esclusivamente dalla forma del terreno soggetto ad esondazione.

Definito il parametro di Shields è possibile ricavare la tensione tangenziale di moto incipiente che rappresenta il valore limite delle resistenze del terreno, dopo di cui il materiale subisce erosione.



Confrontando il valore di tensione tangenziale della spinta idrodinamica dell'acqua nelle zone di esondazione con quella critica del moto incipiente sarà possibile verificare se il fondo alveo è o meno soggetto ad erosione.

Dopo aver dimostrato, al verificarsi di un'onda di piena con tempo di ritorno di 200 anni, che le zone assoggettate ad esondazione sono soggette ad erosione, si quantificherà il materiale eroso al fine di determinare la massima profondità a cui tale erosione può arrivare al disotto della quale sarà posato il cavidotto.

In merito invece alle intersezioni tra il reticolo idrografico e la viabilità in progetto per raggiungere le piazzole ove sono posizionate le pale eoliche, si prevederà di realizzare opportune opere d'arte di attraversamento le cui dimensioni saranno tali da garantire il transito della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni garantendo il rispetto del franco di sicurezza di 1 m misurato tra il pelo libero dell'acqua e l'intradosso dell'opera d'arte di attraversamento.

San Severo, Marzo 2014

STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA

Ing. MEZZINA Antonio



STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA

Ing. Mezzina Antonio