



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI PIETRAGALLA



COMUNE DI POTENZA



COMUNE DI VAGLIO BASILICATA

Committente:

EXENERGY s.r.l.s.

Via Principe Amedeo, n. 7 – 85010 Pignola (Pz)

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO
"PARCO EOLICO POGGIO D'ORO"

Titolo:

Relazione idrologica e
idraulica

Tavola:

A.3

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

Ing. Paolo Battistella

-Committente:

-Responsabile V.I.A.:

Arch. Antonio De Maio



-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Viviani

| | | | | | |
|----|-----------|---------|------|-------|----------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | Emissione | 06/2019 | MS | BP | Data: Giugno 2019 |
| N° | REVISIONE | DATA | RED. | APPR. | |

SOMMARIO

| | |
|--|----|
| SOMMARIO..... | 1 |
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. IDENTIFICAZIONE DELL'AREA INTERESSATA..... | 2 |
| 2.1. BACINO IDROGRAFICO BRADANO..... | 3 |
| 2.2. BACINO DEL FIUME BASENTO..... | 4 |
| 3. PLUVIOMETRIA..... | 6 |
| 4. CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (1-3-6-12-24 ORE)..... | 9 |
| 4.1. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (MODELLO PROBABILISTICO SU BASE REGIONALE TCEV). . | 9 |
| 4.1.1. TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE..... | 12 |
| 5. IDROMETRIA..... | 17 |

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati i dati idrologici raccolti per caratterizzare l'ambito in cui verrà realizzato un parco eolico nei comuni di Pietragalla – Potenza – Vaglio in Località "Barrata – Cozzo Staccata". I comuni interessati dal progetto ricadono all'interno del territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata e, nello specifico gli aereogeneratori saranno ubicati all'interno dei bacini idrografici del Fiume Bradano a N-NE e del Fiume Basento a S-SW.

Il bacino del fiume Bradano (sup.circa 3000 kmq) ricade per circa il 66% della sua estensione nella Regione Basilicata e per il restante 34% nella Regione Puglia mentre il bacino del fiume Basento (sup. circa 1535 kmq), è incluso totalmente nel territorio della Regione Basilicata.

2. IDENTIFICAZIONE DELL'AREA INTERESSATA

L'area in cui si intende realizzare il parco eolico in progetto ricade nella regione Basilicata, entro la provincia di Potenza e specificatamente si svilupperà in una zona che ricade nei territori dei comuni di Potenza e di Pietragalla mentre le sottostazioni saranno ubicate nel comune di Vaglio di B.

Nella tabella seguente si riportano le ubicazioni degli aereogeneratori che si intende installare.

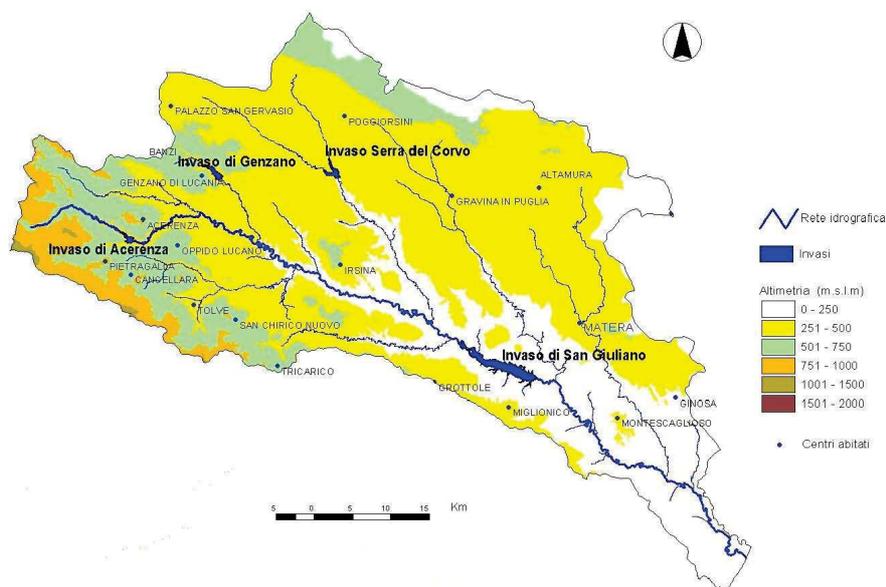
| Numero WTG | Comune | Catasto | | WGS84 UTM 33 | | Gauss-Boaga fuso est | | Quota base torre | Quota TIP |
|----------------|-------------------|---------|---------|--------------|---------|----------------------|---------|------------------|-----------|
| | | Fg | P.IIa | X | Y | X | Y | | |
| 1 | Pietragalla | 59 | 167 | 570951 | 4508730 | 2590960 | 4508737 | 925,0 | 1016,5 |
| 2 | Pietragalla | 59 | 4 | 570890 | 4509204 | 2590899 | 4509211 | 872,9 | 964,4 |
| 3 | Pietragalla | 59 | 248 | 571541 | 4508629 | 2591550 | 4508636 | 925,0 | 1016,5 |
| 4 | Pietragalla | 62 | 178 | 572068 | 4508402 | 2592077 | 4508409 | 911,5 | 1003 |
| 5 | Pietragalla | 62 | 62 | 572547 | 4508203 | 2592556 | 4508210 | 875,0 | 966,5 |
| 6 | Pietragalla | 59 | 382 | 571574 | 4509099 | 2591583 | 4509106 | 875,0 | 966,5 |
| 7 | Pietragalla | 63 | 79 | 573239 | 4507799 | 2593248 | 4507806 | 920,0 | 1011,5 |
| 8 | Potenza | 3 | 653 | 568775 | 4508623 | 2588784 | 4508630 | 950,0 | 1041,5 |
| 9 | Potenza | 3 | 2270 | 568451 | 4508126 | 2588460 | 4508133 | 900,0 | 991,5 |
| 10 | Potenza | 3 | 173 | 568214 | 4507462 | 2588223 | 4507469 | 881,2 | 972,7 |
| 11 | Potenza | 3 | 671 | 568839 | 4507504 | 2588848 | 4507511 | 917,5 | 1009 |
| 12 | Potenza | 6 | 77 | 570115 | 4507600 | 2590123 | 4507606 | 936,7 | 1028,2 |
| 13 | Potenza | 7 | 593 | 571578 | 4506035 | 2591587 | 4506042 | 900,0 | 991,5 |
| sottostazione | Vaglio Basilicata | 3 | 259-234 | 577417 | 4504664 | | | | |
| Stazione Terna | Vaglio Basilicata | 3 | 261 | 577449 | 4504571 | | | | |

Tabella 1: Identificazione dei punti in cui si intende ubicare gli aereogeneratori del parco eolico in progetto

Dal punto di vista idrologico, l'area si posiziona all'interno del territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata e, nello specifico gli aereogeneratori e la stazione del Parco ricadranno all'interno dei bacini idrografici del Fiume Bradano a N-NE e del Fiume Basento a S-SW.

2.1. BACINO IDROGRAFICO BRADANO

E' uno dei bacini maggiori della Basilicata, avente superficie di 2735 Km² ed è il più a Nord di tutti quelli lucani. E' separato da quello del Basento dalle pendici meridionali dei monti Li Foi, Grande e Capolicchio, che, seguendosi l'un l'altro da Ovest verso Est, formano una catena continua, e dalla Puglia dal tavolato delle Murge.



Il vertice del bacino si trova sull'altura della "Mandria Piano del Conte" a quota 828 m s.l.m e da qui sulla destra lo spartiacque con direzione Nord – Sud, passando dal poggio Limitorio (788 m) raggiunge la "Toppa La Taverna" (1212 m), vetta comune con i bacini del

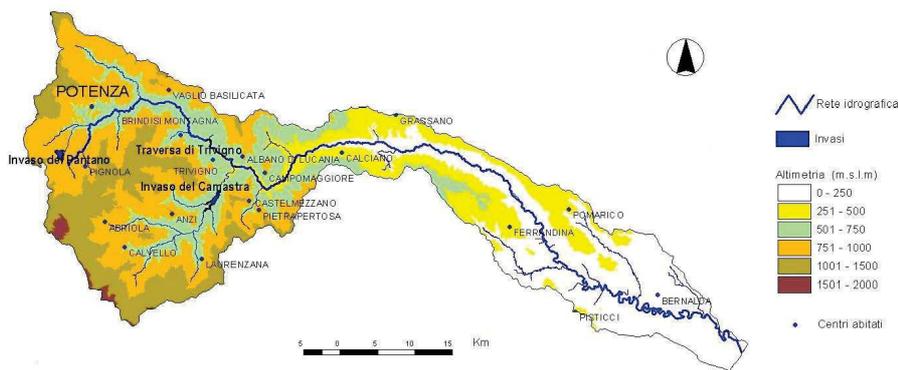
Basento, del Sele e dell'Ofanto. Detto spartiacque acquista quindi un andamento verso Sud.Est e raggiunge subito la vetta di Monte S.Angelo (1126 m); percorre inseguito una lunga schiera di monti man mano degradanti le cui vette principali sono: la Serra Lappese (1014 m), i monti Pazzano (910 m) e Portiglione (806 m), il paese di Tricarico (698 m) le Serre Gravenese (474 m), il Pizzo Colabarile (469 m), le alture el Tinto (273 m) di Buffalara (130 m) e di Campagnolo (110 m). Declina quindi verso la pianura e va a sfociare nello Ionio.

Sulla sponda sinistra, dal predetto vertice del bacino, lo spartiacque si inoltra a Nord passando per le Serre Carriere (1047 m) ed i monti Mezzomo fino al colle Renara (794 m), dirigendosi poi a Sud – Est sul colle del paese di Forenza (762 m). Con un ampio arco ritorna verso Nord e prosegue sugli altopiani di S. Leonardo (500 m), raggiungendo il colle a ponente di Palazzo San Gervasio (483 m); da questo scende al basso crinale che separa il Basentello, affluente del Bradano, dalla fiumara Matinella, affluente dell'Ofanto. Da qui ascende le alture delle Murge, fino a quota 680 m del M.te Caccia, per poi degradare man mano verso la pianura alluvionale e fiancheggiare l'alveo del fiume stesso, terminando in mare. La zona si presenta montuosa e di aspetto piuttosto aspro verso monte e sul versante destro, divenendo, poi, meno tormentata, regolare e con colli tondeggianti, quindi quasi piana avvicinandosi alla foce. Sul versante sinistro, invece, dominano fin dal principio le zone pianeggianti, anche a quota piuttosto elevata, ma con il caratteristico andamento delle Murge di

declinare quasi di un tratto, costituendo sponde abbastanza ripide che in qualche punto sembrano tagliate artificialmente a gradini regolari. L'asta fluviale del Bradano ha una lunghezza di 116 Km e sottende uno dei bacini maggiori della Basilicata, il suo deflusso avviene quasi del tutto in territorio lucano, tranne un piccolo segmento, verso la foce che attraversa la Puglia a Sud di Ginosa.

2.2. BACINO DEL FIUME BASENTO

Il fiume Basento si sviluppa per 149 Km di lunghezza ed è il corso d'acqua più lungo a sud del Volturno. È un tipico corso d'acqua mediterraneo a carattere torrentizio. Presenta una morfologia caratterizzata da zone montuose e collinari e nella parte terminale è pianeggiante.



Ad occidente lo spartiacque in comune con quello del Sele, parte dalla Timpa d'Albano (1652 m s.l.m) e tocca Serra della Criva (1368 m s.l.m.), i monti di Pignola (1004 m

s.l.m.), dove sono situate le sorgenti del Basento (Fossa Cupa), i Monti S. Maria del Carmine (1070 m s.l.m.) e la Timpa La Taverna (1212 m s.l.m.), che rappresenta il punto di incontro degli spartiacque dei bacini del Sele, dell'Ofanto, del Bradano e del Basento. Procedendo verso est lo spartiacque comune tra Basento e Bradano passa per Monte S. Angelo (1126 m s.l.m.), la Serra Lappese (1014 m s.l.m.), il Monte Portiglione (806 m s.l.m.), per la Serra Gravenese (474 m s.l.m.), le alture del Tinto (273 m s.l.m.) digradando poi verso la costa ionica. Partendo dalla Timpa d'Albano lo spartiacque comune con il bacino dell'Agri, tocca le vette dei Monti Serra di Calvello (1568 m s.l.m.), Volturino (1835 m s.l.m.) fino a quello dell'Impiso (1310 m s.l.m.) che è comune agli spartiacque dei tre bacini Agri, Basento e Cavone. Da questo punto esso scende dolcemente verso il mare mantenendosi parallelo allo spartiacque di sinistra separando il bacino del fiume Basento da quello del Cavone. Il Basento presenta caratteristiche morfologiche diverse lungo il suo percorso. Infatti nella parte iniziale (Alto Basento) scorre tra le rocce modellate dall'erosione, attraversa la Città di Potenza per giungere fino alla confluenza con il Torrente Camastra (Medio Basento), che rappresenta il maggiore affluente, e in corrispondenza dello Scalo di Grassano l'alveo si espande acquisendo caratteri morfologici alluvionali. Più a valle si giunge nella valle del Basento (Basso Basento) attraversando la zona industriale di Ferrandina e Pisticci, per poi giungere in corrispondenza della foce situata nel comune di Bernalda dove grazie alla realizzazione di impianti idrovori e tramite canali di bonifica, si ha il convogliamento delle acque verso il mare. Dal punto di

vista geologico le formazioni affioranti sono poche. Si ritrovano rocce permeabilissime come i calcari madreporici a noduli di selce, del trias, calcari compatti cretacei e qualche lembo di dolomia. Nella tabella seguente si riporta l'ubicazione dei suddetti aereogeneratori nei rispettivi bacini idrografici.

| NOME | Bacino idrografico | Vallone di riferimento | Affluente |
|---------|--------------------|---|----------------|
| WTG 1 | BRADANO | Vallone Incornella | TORRENTE ROSSO |
| WTG 2 | BRADANO | Vallone Incornella | TORRENTE ROSSO |
| WTG 3 | BRADANO | Vallone Incornella | TORRENTE ROSSO |
| WTG 4 | BRADANO | Vallone del Tomasiello/Vallone del Fico | TORRENTE ALVO |
| WTG 5 | BRADANO | Vallone del Tomasiello/Vallone del Fico | TORRENTE ALVO |
| WTG 6 | BRADANO | Vallone del Tomasiello/Vallone del Fico | TORRENTE ALVO |
| WTG 7 | BRADANO | Vallone del Tomasiello/Vallone del Fico | TORRENTE ALVO |
| WTG 8 | BASENTO | Torrente Tiera | TORRENTE TIERA |
| WTG 9 | BASENTO | Torrente Tiera | TORRENTE TIERA |
| WTG 10 | BASENTO | Torrente Tiera | TORRENTE TIERA |
| WTG 11 | BASENTO | Vallone Corrado | TORRENTE TIERA |
| WTG 12 | BASENTO | Vallone S. Gerardo | TORRENTE TIERA |
| WTG 13 | BASENTO | Vallone Carpine/ S. Gerardo | TORRENTE TIERA |
| S.S.P.E | BRADANO | Torrente Viggianello | TORRENTE ALVO |

Tabella 2: Identificazione dei bacini idrografici e delle aste idriche di riferimento per ciascun aereogeneratore.

Nelle immagini seguenti si identifica l'area in cui si intende ubicare gli aereogeneratori sulla mappa redatta dall'Autorità di Bacino di Basilicata.



Figura 1: Area di ubicazione degli aereogeneratori sulla carta di identificazione dei bacini idrografici

Come si può evincere dalla seguente immagine satellitare, l'ubicazione degli aereogeneratori è posta nelle parti più distali rispetto alle aste fluviali di riferimento riportate nella Tabella 2.



Figura 3: Identificazione degli aereogeneratori rispetto all'idrografia locale su foto satellitare

3. PLUVIOMETRIA

La presente relazione idrologica è stata redatta sulla scorta dei dati idrologici presenti negli annali redatti dal **DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE UFFICIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI CATANZARO** relativi al periodo 1988-1999.

Il comune di Vaglio di Basilicata e di Pietragalla purtroppo non sono dotati di una stazione termo pluviometrica storica e quindi gli annali idrologici non riportano dati relativi alle precipitazioni mensili e giornaliere e soprattutto non prevedono gli eventi estremi con ricorrenza temporale a 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Gli unici dati in ingresso relativamente alla città di Pietragalla e Vaglio di Basilicata sono quelli relativi ad un lavoro sugli aspetti climatici e zone fitoclimatiche della Basilicata redatto da Cantore V. – Iovino F. – Pontecorvo G. da cui è possibile estrapolare, sulla base storica dei dati presenti, i valori medi delle precipitazioni annue e mensili nonché i giorni piovosi per ciascun mese.

| Valori medi precipitazioni annue e mensili e giorni piovosi – Potenza (65 anni di osservazione) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|--------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|--------|------|----|------|----|------|
| Gen. | | Feb | | Mar | | Apr | | Mag | | Giu | | Lug | | Ago | | Set | | Ott | | Nov | | Dic | | TOTALE | | | | | |
| mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | | |
| 93 | 11 | 77 | 10 | 67 | 10 | 66 | 9 | 60 | 8 | 42 | 6 | 24 | 3 | 33 | 4 | 56 | 6 | 74 | 10 | 101 | 10 | 97 | 11 | 790 | 98 | | | | |
| Valori medi precipitazioni annue e mensili e giorni piovosi – Pietragalla (30 anni di osservazione) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gen. | | Feb | | Mar | | Apr | | Mag | | Giu | | Lug | | Ago | | Set | | Ott | | Nov | | Dic | | TOTALE | | | | | |
| mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. |
| 84 | 9 | 76 | 8 | 67 | 8 | 54 | 7 | 51 | 6 | 38 | 4 | 23 | 3 | 27 | 3 | 52 | 5 | 62 | 7 | 87 | 8 | 94 | 10 | 715 | 78 | | | | |
| Valori medi precipitazioni annue e mensili e giorni piovosi - Vaglio di Basilicata (64 anni di osservazione) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gen. | | Feb | | Mar | | Apr | | Mag | | Giu | | Lug | | Ago | | Set | | Ott | | Nov | | Dic | | TOTALE | | | | | |
| mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. | mm | G.P. |
| 84 | 10 | 75 | 8 | 64 | 8 | 56 | 7 | 52 | 6 | 43 | 5 | 26 | 3 | 29 | 3 | 55 | 5 | 73 | 8 | 89 | 9 | 93 | 11 | 739 | 83 | | | | |
| Precipitazioni medie mensili | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gen. | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | Stazione | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 93 | 77 | 67 | 66 | 60 | 42 | 24 | 33 | 56 | 74 | 101 | 97 | Potenza | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | 76 | 67 | 54 | 51 | 38 | 23 | 27 | 52 | 62 | 87 | 94 | Pietragalla | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | 75 | 64 | 56 | 52 | 43 | 26 | 29 | 55 | 73 | 89 | 93 | Vaglio di B. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorni piovosi mensili | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gen. | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | Stazione | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | 6 | 3 | 4 | 6 | 10 | 10 | 11 | Potenza | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 8 | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | Pietragalla | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | 3 | 3 | 5 | 8 | 9 | 11 | Vaglio di B. | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabella 3: Identificazione dei dati pluviometrici storici per le stazioni di Potenza, Pietragalla, Vaglio di Basilicata

Come è possibile verificare dalle tabelle e dai grafici seguenti, seppure i valori medi di precipitazione ed il numero di giorni piovosi annui registrati per la stazione di Potenza siano maggiori rispetto a quelli registrati per le altre due stazioni, i trend tra le due stazioni so no confrontabili tra loro.

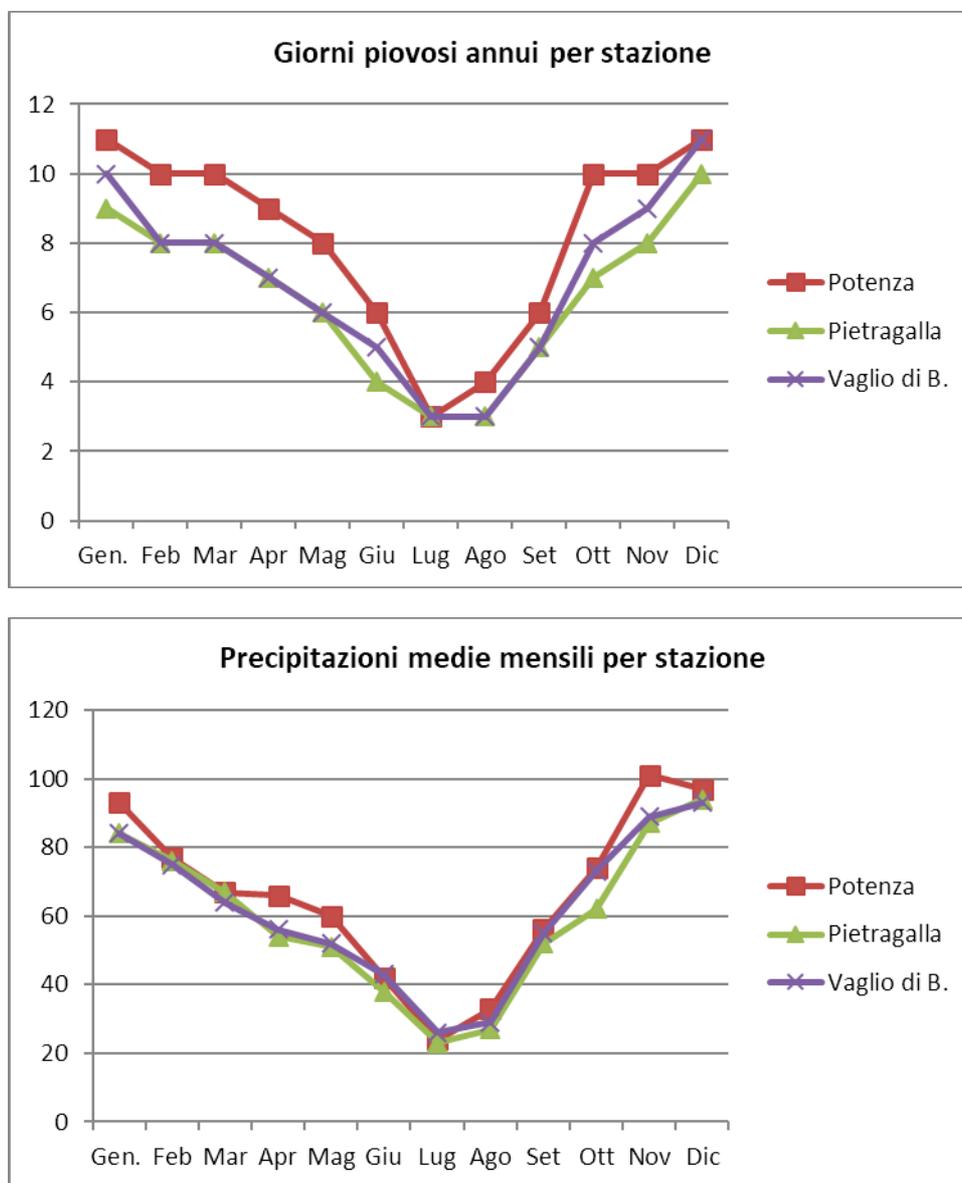


Figura 4: Giorni piovosi e precipitazioni medie mensili delle tre stazioni di riferimento

Sono stati oggetto di studio le criticità idrauliche che potrebbero manifestarsi in occasione di precipitazioni di forte intensità e per periodi di riferimento fino a 200 anni. Infatti il rischio idraulico associato a fenomeni di esondazione attiene alle portate di piena che possono formarsi in occasione di eventi meteorici di particolare intensità, persistenza ed estensione territoriale.

Le situazioni di rischio sono pertanto riferite ad un concetto di probabilità di accadimento, normalmente misurata in termini di “tempo di ritorno”, definito come il numero medio di anni per

il quale la variabile considerata è statisticamente uguagliata o superata almeno una volta.

Per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica, si riporta la seguente metodologia:

1) metodologia V.A.P.I sviluppata dal GNDCI (Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) Gruppo Nazionale di Difesa.

Nell'ambito di tale metodo si è utilizzata l'informazione pluviografica raccolta dal Servizio Idrografico italiano elaborando tecniche di analisi statistica in scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione.

4.1. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (MODELLO PROBABILISTICO SU BASE REGIONALE TCEV)

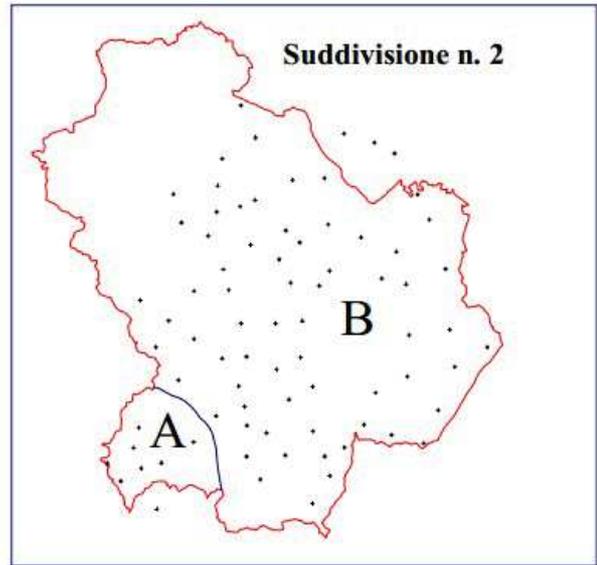
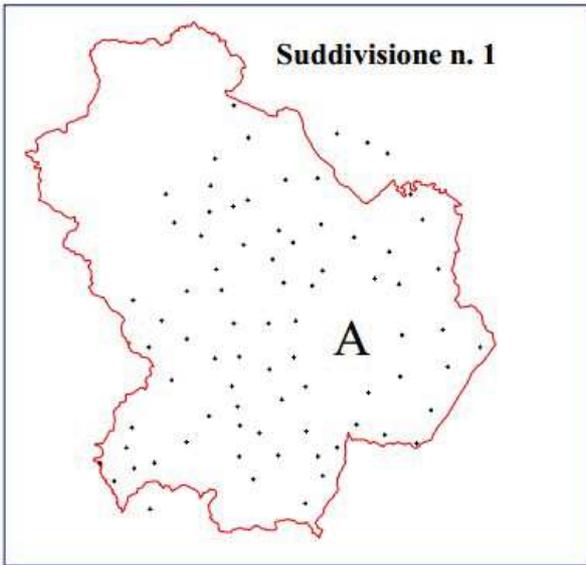
Nel primo livello di regionalizzazione, nell'ipotesi che la Basilicata fosse una zona pluviometrica omogenea si è testata l'applicabilità della legge di distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) o legge di distribuzione a doppia componente.

Il modello probabilistico su base regionale T.C.E.V. ipotizza la serie dei massimi annuali come provenienti da due diverse popolazioni di dati legati a due differenti fenomenologie meteorologiche. I valori estremamente più elevati degli altri (Outliers) ma rari e una componente base o ordinaria che assume valori non elevati ma frequenti. In pratica, per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della Legge T.C.E.V di ordine superiore al primo si è rappresentata 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 valor medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K(t)$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t definito dal rapporto:

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

La variabilità del fattore di crescita con la durata t , legata alla variabilità dei parametri della T.C.E.V. di ordine superiore al primo, è praticamente trascurabile, come segnalato in NERC (1975).

Al II livello sono invece presenti due sottostazioni omogenee (nord e sud-ovest) nelle quali è costante anche il valore del parametro Λ_1 .



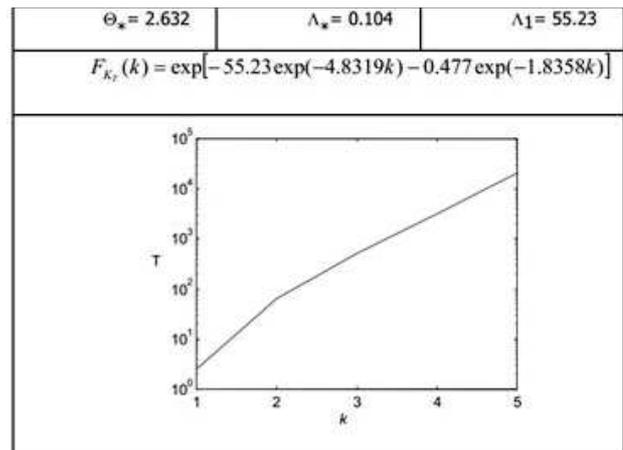
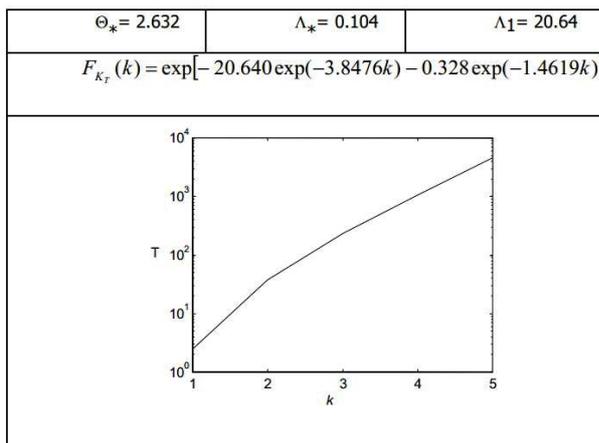
$$F_{kt}(K) = \exp\left[-\Lambda_1 \exp\left(\frac{k}{\Theta}\right)\right] -$$

in cui $\Theta_2 = \Theta^* \Theta_1$ e $\Lambda_2 = \Lambda^* \Lambda_1 t / \Theta^*$, mentre il valore di Θ_1 , si ricava dalla relazione

$$\mu = E[K_T] = \Theta_1 \left[(\ln \Lambda_1 + 0.57722) - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_1^j}{j!} \Gamma(j / \Theta_1) \right]$$

imponendo $E(Kt) = 1$

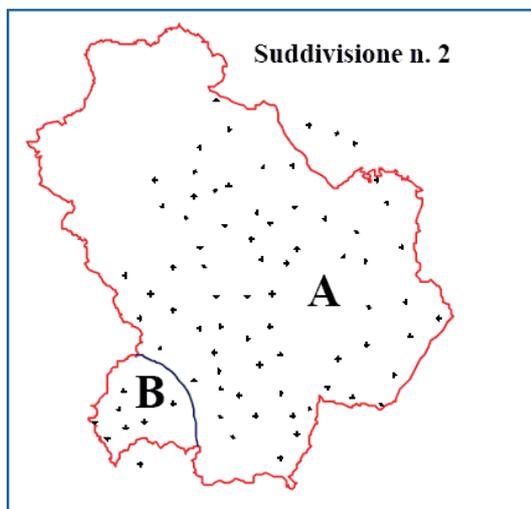
La relazione $F=1-1/T$ tra probabilità cumulata di ritorno consente di determinare $KT = KT(T)$.



In pratica, la dipendenza dal periodo di ritorno è assegnata mediante la distribuzione di KT , mentre i coefficienti della legge intensità-durata sono caratteristici della specifica zona in cui si trova il bacino.

La distribuzione del fattore di crescita è alla base della metodologia adottata nel progetto VAPI, che

fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo. Facendo riferimento all'informazione idrologica disponibile sul territorio, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche, il VAPI ha individuato due sottozone: una sottozona Nord composta da 70 (Sottostazione A) stazioni e ed una sottozona Sud-Ovest comprendente le rimanenti 8 (Sottostazione B).



Parametri regionali

| Sottozona | L^* | q^* | L1 | h |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| A | 0.104 | 2.632 | 20.64 | 3.841 |

Tabella 3: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata

Tabella 4: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, le elaborazioni del VAPI Basilicata hanno consentito di attribuire, per assegnato tempo di ritorno, a ciascuna sottozona valori costanti del fattore di crescita KT

| T (anni) | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 |
|------------------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|-------------|-------------|
| KT (SZOA) | 0.92 | 1.25 | 1.49 | 1.74 | 1.83 | 1.90 | 2.03 | 2.14 | 2.49 | 2.91 | 3.50 |
| KT (SZOB) | 0.97 | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.34 | 1.37 | 1.42 | 1.46 | 1.61 | 1.78 | 2.02 |

Tabella 4: valori di crescita per sottozona e per tempi di ritorno

Il bacino idrografico di interesse ricade nella sottozona A, per cui, utilizzando il VAPI Basilicata, il coefficiente di crescita KT (funzione del periodo di ritorno) è stato così valutato:

K30 = 1.90, K200 = 2.91 e K500 = 3.50.

4.1.1. TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla stima di un parametro di posizione della distribuzione di probabilità (generalmente la media) in un generico sito o come valore caratteristico di un'area. In assenza delle indicazioni su eventuali aree omogenee al III livello, l'analisi delle medie delle piogge brevi è stata effettuata identificando le isoiete x_t , per le diverse durate, utilizzando un metodo geostatico, il *kriging*.

Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale dei dati, secondo un approccio di tipo statistico.

Utilizzando tale tecnica, conoscendo i dati relativi alle 55 stazioni pluviografiche considerate nella regione in esame, sono stati calcolati i valori della funzione casuale x_t in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare. Tramite questi valori si sono tracciate le isolinee di x_t , per le durate $d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore.

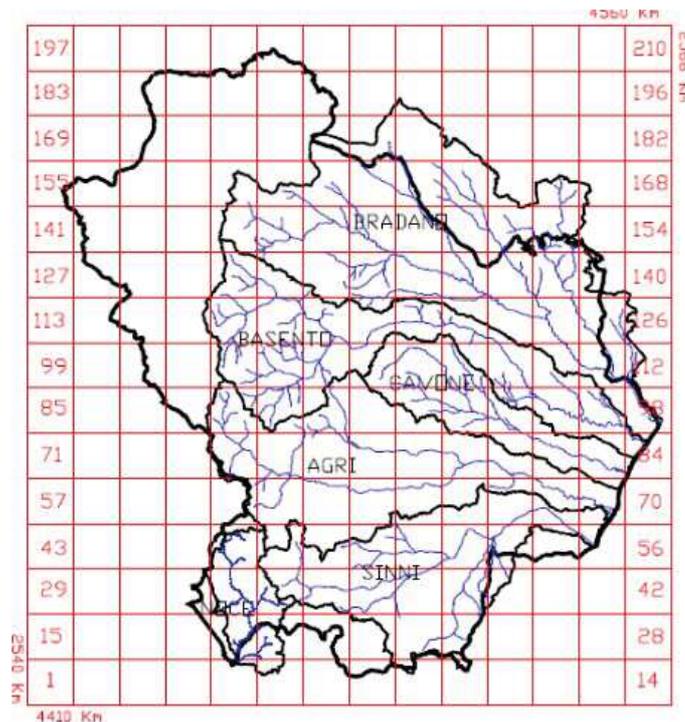


Figura 5: Divisione in celle del territorio regionale

$$x_t = a * t^n$$

Per la determinazione del valore massimo di precipitazione di durata t per fissato periodo di ritorno T relativo all'intera area A del bacino sono necessari i seguenti elementi:

- il fattore di crescita K_T delle precipitazioni con il periodo di ritorno riferito all'area di esame;

- la legge di probabilità pluviometrica x_t ;
- il fattore empirico di riduzione delle piogge all'area (*fattore di riduzione areale*)

La curva di probabilità pluviometrica di un bacino viene quindi determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a ed n della legge di pioggia, rappresentati attraverso curve isoparametriche.

Per effettuare la media spaziale in campo lineare è possibile passare ai logaritmi considerando che:

$$E[\log(\bar{x}_t)] = E[\log(a)] + \log(t) E[n]$$

Si è effettuata la media spaziale

per tutti i bacini monitorati in passato dal SIMN in Basilicata, incluse le arre comprese tra sezioni successive lungo il corso d'acqua e per celle di 10 Km di lato che ricoprono l'intero territorio lucano.

Per i bacini sottesi dalle sezioni monitorate dal SIMN e le aree comprese tra successivi sottobacini vengono forniti, nel rapporto VAPI, i valori dei parametri a ed n relativi alle curve di probabilità pluviometriche medie areali. Sono invece riportati, sempre all'interno del rapporto VAPI, i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle rappresentate della griglia di suddivisione del territorio regionale ed identificate da una numerazione che procede da Ovest verso Est e da Sud verso Nord. Usando i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia ottenuta attraverso la media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

I valori dei coefficienti a ed n riportati sono relativi a medie spaziali degli stessi parametri calcolati in base alle registrazioni di pioggia puntuali nei siti di misura. Questa operazione di media non tiene però conto delle modificazioni che intervengono nel fenomeno di precipitazione in rapporto alla sua scala spaziale. Di fatto, andrebbe considerato che con l'aumentare dell'area del bacino aumenta la probabilità di non contemporaneità dell'evento di pioggia sulla sua superficie.

Di questo aspetto si tiene conto introducendo un fattore di riduzione (fattore di riduzione areale) direttamente dipendente dall'area A e che rappresenta il rapporto:

$$K(A,t,T) = \frac{I_A(t,T)}{I_p(t,T)}$$

tra $I_A(t,T)$ il valore dell'intensità di pioggia areale, per assegnata durata t e fissato periodo di ritorno T , ed il corrispondente valore $I_p(t,T)$ dell'intensità di pioggia puntuale o da esso direttamente derivato.

Da alcune analisi svolte sull'argomento (v.es. U.S. Weather Bureau, 1975-60), risulta che la dipendenza, valida in generale, tra il fattore di riduzione areale (ARF) ed il periodo di ritorno T non è particolarmente evidente, per cui nella pratica progettuale può essere trascurata.

Per tale motivo, l'espressione che lega l'A.R.F all'area del bacino A alla durata t della pioggia potrà essere del tipo:

$$K(A,t) = 1 - f_1(A)f_2(t)$$

in cui le funzioni f_1 e f_2 vanno specificate in modo empirico ma devono essere tali da soddisfare le uguaglianze $f_1(A) = 0$ per $A = 0$ e $f_2(t) = 1$ per $t = 0$

Adottando la formula del U.S Weather Bureau con i coefficienti ricavati per la Basilicata si ha:

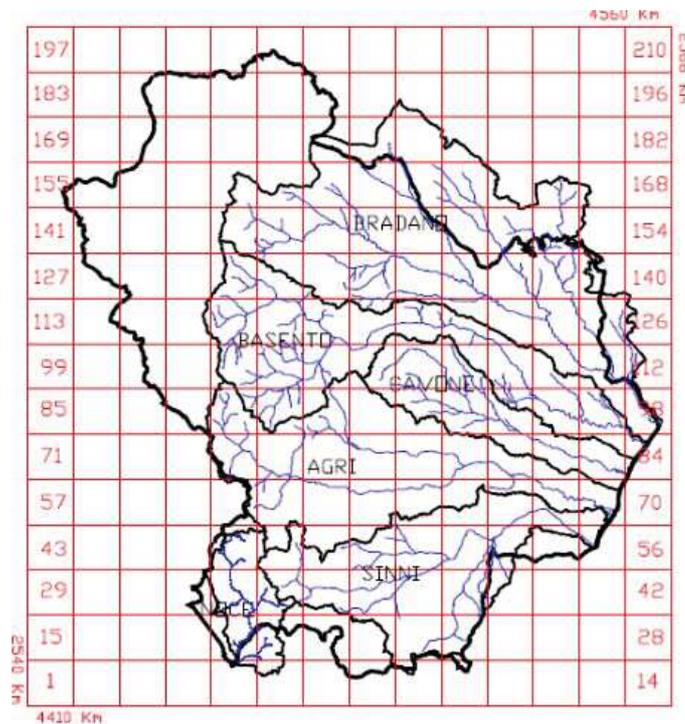
$$K(A,t) = 1 - \left(1 - e^{-A \cdot 2.1 \cdot 10^{-3}}\right) \left(e^{-0.53 \cdot t^{0.25}}\right)$$

Dove t è la durata della pioggia in ore, A è l'area del bacino in Km²

Adottando i risultati del V.A.P.I Basilicata la curva di probabilità pluviometrica relativa alla zona in cui ricade il parco eolico in progetto (**quadrato num 132**) è definito dalla seguente espressione:

| | |
|---------|-------|
| a(mm/h) | 1.324 |
| n | 0.298 |
| N.cella | 132 |

$$h(t,T) = K_T \cdot a \cdot t^n =$$



Atteso ciò, operando in favore di sicurezza, per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica (piogge intense) è stata utilizzata la stazione pluviometrica di Potenza. Come già descritto in precedenza, la stazione termo pluviometrica utilizzata per il calcolo delle portate di piena è quella di POTENZA, ricadente nel bacino idrografico del fiume Basento, posta ad una quota altimetrica di 811 m.s.l.m. alle coordinate: Lat: 40°38'12"; Long: 15°48'06" e, per il calcolo dei

parametri idrologici sono stati utilizzati i dati pluviometrici, riportati negli annali, riferiti a suddetta stazione.

Atteso ciò, si descrive brevemente quanto di seguito sarà esposto in forma numerica.

Nella seguente tabella si riportano i dati relativi alle registrazioni delle precipitazioni mensili nella stazione pluviometrica di riferimento nel periodo di cui sopra:

| Gennaio | Febbraio | Marzo | Aprile | Maggio | Giugno | Luglio | Agosto | Settembre | Ottobre | Novembre | Dicembr e | Totale | Anno |
|---------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|--------------|--------|------|
| 80,2 | 94,4 | 113,4 | 26,8 | 24,6 | 20 | | 50,4 | 103,4 | 41,4 | 85 | 75 | 714,6 | 1988 |
| 12,2 | 70,4 | 46,6 | 56 | 39,8 | 38,6 | 107,2 | 32,8 | 62,2 | 70,4 | 50,6 | 66,2 | 653 | 1989 |
| 8,8 | 6,8 | 39,4 | 97,2 | 44,8 | 2,6 | 24,6 | 69,6 | 24 | 43,6 | 129 | 163,2 | 653,6 | 1990 |
| 54,2 | 44 | 15,6 | 182 | 40,4 | 4,4 | 31,8 | 39,4 | 41,4 | 62,8 | 113,4 | 50,4 | 679,8 | 1991 |
| 19,4 | 4,6 | 29,2 | 69,6 | 43 | 59,8 | 18,8 | 29,6 | 40,2 | 80,8 | 57 | 71,6 | 523,6 | 1992 |
| 21,2 | 44,6 | 64,2 | 69 | 72,6 | 18 | 2 | 3 | 57,4 | 53,8 | 93,6 | 106 | 605,4 | 1993 |
| 104,2 | 115 | 1,6 | 91 | 46,4 | 27,6 | 53,8 | 14,4 | 29,4 | 53,6 | 55,4 | 33,2 | 625,6 | 1994 |
| 39,4 | 45 | 135,8 | 55 | 37 | 14,8 | 36 | 69,6 | 75,4 | 6,2 | 51,4 | 107,4 | 673 | 1995 |
| 43,2 | 98,8 | 63,4 | 53,8 | 53,8 | 12,8 | 56,4 | 5 | 98,6 | 145,8 | 132,4 | 84,8 | 848,8 | 1996 |
| | 33,6 | 24,4 | 50,6 | 17,8 | 2,8 | 21,6 | 35,4 | 45 | 135,2 | 100,8 | 53,8 | 521 | 1997 |
| 71,6 | 78 | 55 | 31,6 | 61,2 | 24,8 | 0,8 | 42,2 | 115,4 | 68,2 | 88,8 | 68,6 | 706,2 | 1998 |
| 69,8 | 87 | 60,4 | 74 | 18,6 | 7 | 43,1 | 21,2 | 64,4 | 40,6 | 109,8 | 81,8 | 677,7 | 1999 |

Consultando tale tabella è possibile evincere che in alcuni anni i dati pluviometrici non sono completi e pertanto per cercare di rendere compatibile nel periodo temporale i dati, sono stati individuati i valori minimi, massimi e medi oltre alla deviazione standard.

Tali valori sono riportati nella tabella seguente:

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Media | 47,7 | 60,2 | 54,1 | 71,4 | 41,7 | 19,4 | 36,0 | 34,4 | 63,1 | 66,9 | 88,9 | 80,2 | 656,9 |
| Minimo | 8,8 | 4,6 | 1,6 | 26,8 | 17,8 | 2,6 | 0,8 | 3 | 24 | 6,2 | 50,6 | 33,2 | 521 |
| Massimo | 104,2 | 115 | 135,8 | 182 | 72,6 | 59,8 | 107,2 | 69,6 | 115,4 | 145,8 | 132,4 | 163,2 | 848,8 |
| Dev. St. | 29,7 | 34,4 | 37,0 | 38,9 | 15,7 | 16,1 | 28,4 | 21,0 | 28,6 | 37,7 | 28,5 | 32,3 | 83,5 |

Al fine di calcolare la portata massima di piena in un tempo di ritorno pari a 10 anni, è stato necessario rilevare, all'interno dei suddetti annali idrologici, i dati di precipitazione in intervalli temporali stabiliti (1h, 3h, 6h, 12h e 24h) e di seguito vengono riportati in tabella.

| DATI PLUVIOGRAFICI | | | | | |
|--|----------------|-------------|-------------------------|--------------|------------|
| (Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive) | | | | | |
| Stazione di: | Potenza | Latitudine: | 40°38'12" | Longitudine: | 15°48'06" |
| Quota: | 811 (m s.l.m.) | | Numero di osservazioni: | | N=8 |
| Anno | t = 1 ora | t = 3 ore | t = 6 ore | t = 12 ore | t = 24 ore |
| | h (mm) | h (mm) | h (mm) | h (mm) | h (mm) |
| 1988 | 25,80 | 26,40 | 31,20 | 48,60 | 60,00 |
| 1991 | 12,40 | 14,40 | 27,40 | 45,60 | 69,00 |
| 1992 | 17,60 | 23,60 | 31,00 | 31,80 | 31,80 |
| 1993 | 15,20 | 18,60 | 18,80 | 19,80 | 21,20 |
| 1994 | 16,60 | 28,20 | 29,80 | 43,80 | 48,20 |
| 1995 | 13,80 | 16,40 | 18,80 | 27,00 | 38,80 |
| 1998 | 28,80 | 47,00 | 49,60 | 52,00 | 55,80 |
| 1999 | 22,40 | 23,40 | 23,60 | 23,60 | 27,20 |

Al fine di regolare le altezze massime di pioggia, è stata effettuata un'analisi statistica dei dati pluviometrici, utilizzando il metodo di calcolo di GUMBEL con cui sono stati ottenuti i parametri seguenti:

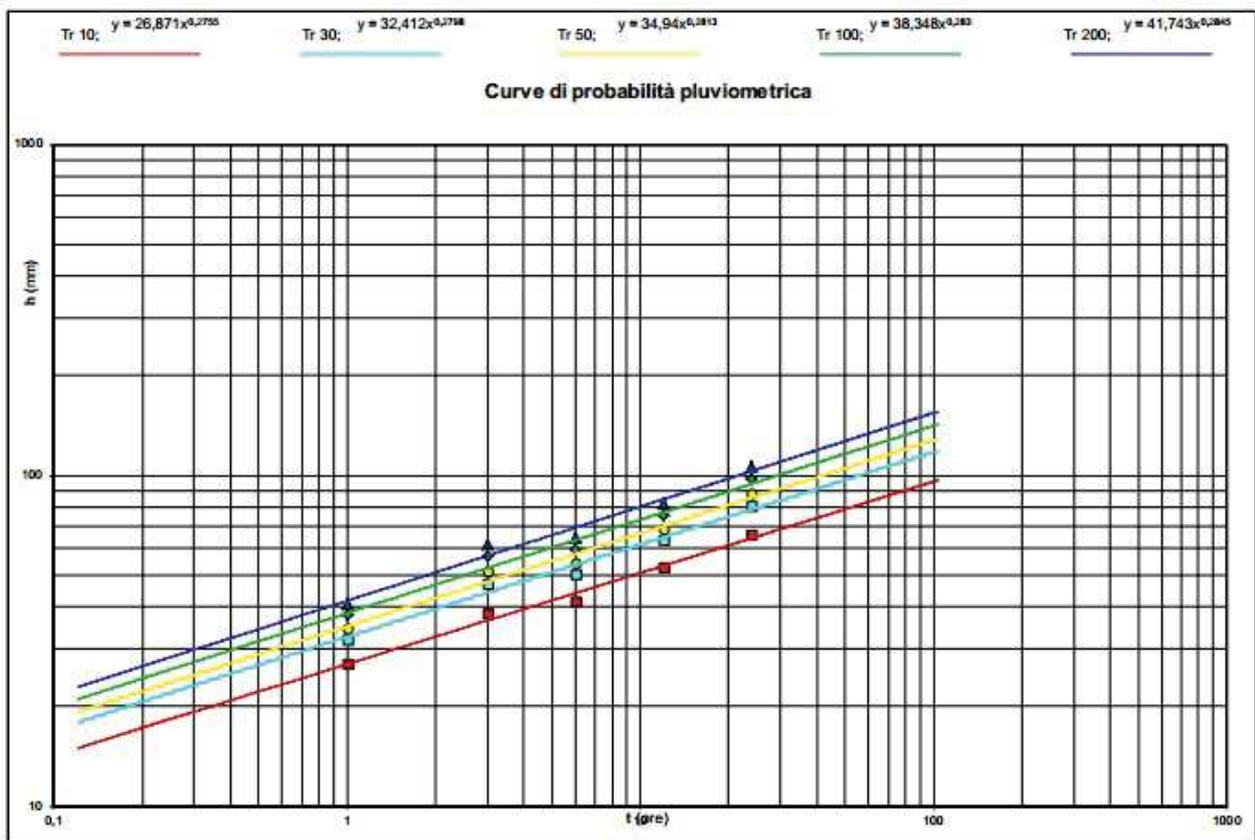
| Tabella 1 | Valori per ciascuna durata t , della media $m(h_t)$, dello scarto quadratico medio $s(h_t)$ e dei due parametri a_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1") | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | N = | t = 1 ora | t = 3 ore | t = 6 ore | t = 12 ore | t = 24 ore |
| | 8 | | | | | |
| $\mu(h_t)$ | | 19,08 | 24,75 | 28,78 | 36,53 | 44,00 |
| $\sigma(h_t)$ | | 5,93 | 10,19 | 9,81 | 12,42 | 16,97 |
| $\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$ | | 0,22 | 0,13 | 0,13 | 0,10 | 0,08 |
| $U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$ | | 16,40 | 20,16 | 24,36 | 30,93 | 36,36 |

| Tabella 2 | Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm) | | | | | |
|-----------|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | | t = 1 ora | t = 3 ore | t = 6 ore | t = 12 ore | t = 24 ore |
| Tr | | | | | | |
| 10 anni | $h_{max} =$ | 26,81 | 38,04 | 41,56 | 52,73 | 66,13 |
| 30 anni | $h_{max} =$ | 32,06 | 47,05 | 50,23 | 63,70 | 81,13 |
| 50 anni | $h_{max} =$ | 34,45 | 51,17 | 54,19 | 68,72 | 87,97 |
| 100 anni | $h_{max} =$ | 37,68 | 56,71 | 59,52 | 75,48 | 97,21 |
| 200 anni | $h_{max} =$ | 40,90 | 62,24 | 64,84 | 82,21 | 106,41 |

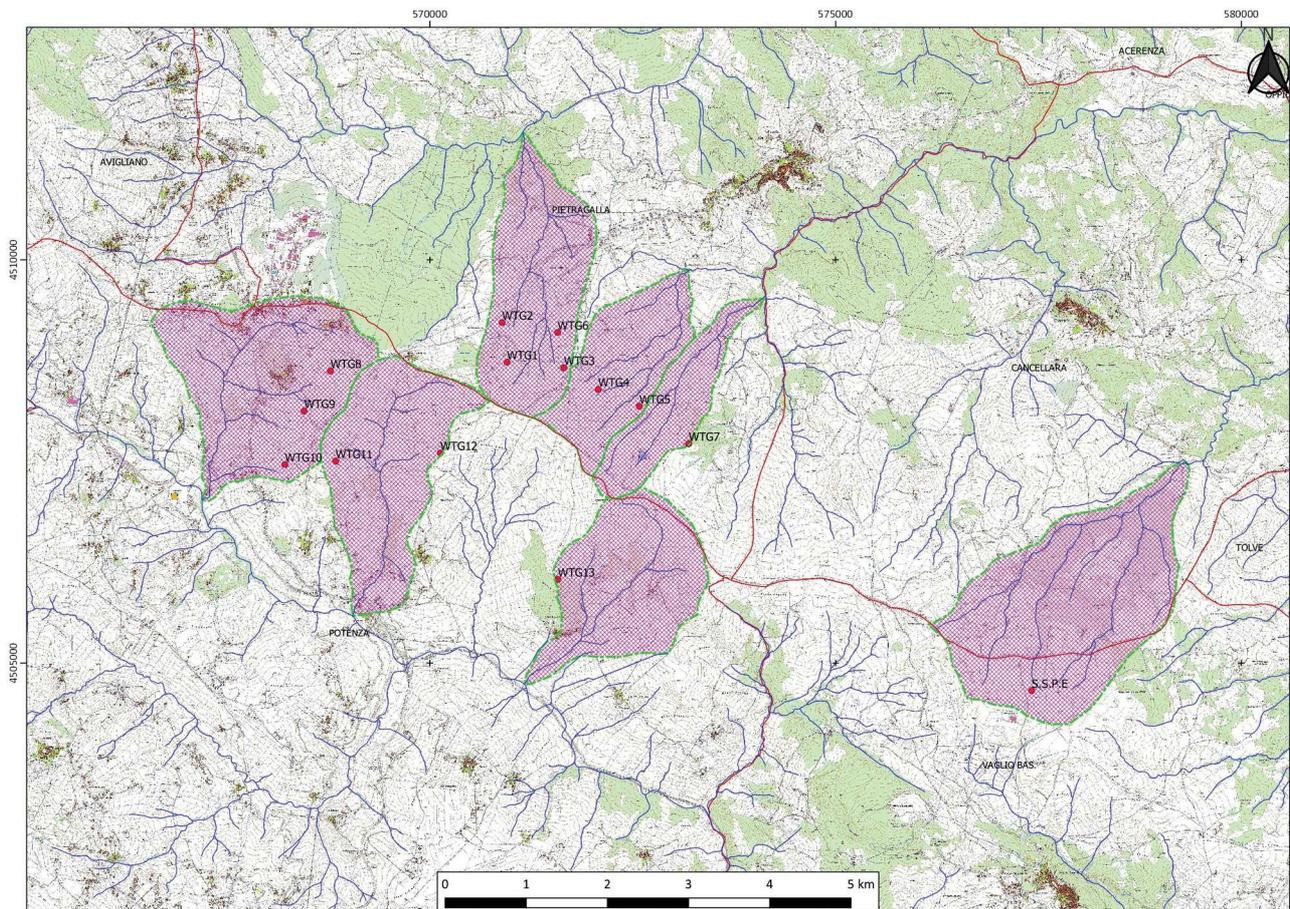
Fatto questo è stato possibile individuare, mediante la legge di pioggia ed il tempo di ritorno stabilito, le curve di probabilità pluviometrica.5

| Tabella 3 - | | |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Tr | LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$ | |
| 10 anni | → | $h=26,871xt^{0,2755}$ |
| 30 anni → | → | $h=32,412xt^{0,2798}$ |
| 50 anni | → | $h=34,94xt^{0,2813}$ |
| 100 anni | → | $h=38,348xt^{0,283}$ |
| 200 anni | → | $h=41,743xt^{0,2845}$ |

5. IDROMETRIA



Tutti gli aereogenitori e la stessa stazione sono ubicati all'interno di piccoli bacini idrografici e sono posti a quote prossime a quelle massime dei bacini idrografici di riferimento e pertanto a monte di aste di 1° ordine gerarchico che solo nei periodi di intensa piovosità possono presentare evidenza di acqua.



Nella tabella sottostante si identificano i caratteri morfometrici di ciascun bacino idrografico in cui ricadono gli aereogeneratori e la stazione del parco indicando l'estensione areale del bacino la quota minima e la quota massima dello stesso.

| NOME | Quota [m.s.l.m.] | Bacino idrografico | Vallone di riferimento | Area bacino [Km ²] | Quota massima [m.s.l.m.] | Quota minima [m.s.l.m.] | Affluente |
|----------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|
| WTG 1 | 925 | BRADANO | Vallone Incornela | ~ 4,4 | 1005,9 | 585 | Torrente Rosso |
| WTG 2 | 872 | | | | | | |
| WTG 3 | 925 | | | | | | |
| WTG 6 | 875 | | | | | | |
| WTG 4 | 911 | BRADANO | Vallone del Tomasiello | ~ 3,1 | 1015 | 700 | Torrente Alvo |
| WTG 5 | 875 | | | | | | |
| WTG 7 | 920 | BRADANO | Vallone del Fico | ~ 2,0 | 1015 | 670 | Torrente Alvo |
| WTG 8 | 950 | BASENTO | Torrente Tiera | ~ 5,8 | 725 | 982 | Torrente Tiera |
| WTG 9 | 900 | | | | | | |
| WTG 10 | 881 | | | | | | |
| WTG 11 | 918 | BASENTO | Vallone Corrado | ~ 4,7 | 1015 | 705 | Torrente Tiera |
| WTG 12 | 937 | | | | | | |
| WTG 13 | 900 | BASENTO | Vallone Carpine | ~ 4,2 | 1031 | 680 m | Torrente Tiera |
| S.S.P.E. | 1029 | BRADANO | Torrente Viggianello | ~ 4,4 | 1050 | 630 m | Torrente Alvo |

Tabella 4: identificazione degli aereogeneratori all'interno dei relativi bacini idrografici di riferimento.

Come si evince dalla tabella sovrastante gli aereogeneratori e la stazione sono tutti posizionati ad una quota topografica prossima alla quota massima del bacino idrografico di riferimento e pertanto, non essendo presenti interferenza con la stessa rete idrografica, qualsiasi intersezione con impluvi non determinerebbero portate idriche apprezzabili.

Data:30/04/2019

Il tecnico
