

REGIONE  
SICILIA



Provincia di  
Caltanissetta



Provincia di  
Enna



Committente:

**Novo Wind S.r.l.**  
via Sardegna 40  
00187 Roma  
P.IVA/C.F. 16666841008

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO "PARCO DELLE VITTORIE"**

Elaborato:

**Relazione Idraulica**

| ID PROGETTO   | DISCIPLINA | CAPITOLO | TIPO | REVISIONE | SCALA | FORMATO |
|---------------|------------|----------|------|-----------|-------|---------|
| IT-VesPdV-Gem | CW         | HYD      | TR   | 0         | -     | A4      |

NOME FILE:

IT-VesPdV-Gem-CW-HYD-TR-01-Rev.0\_Relazione idraulica

Progettazione:



**Ing. Saverio Pagliuso**

**Ing. Mario Francesco Perri**

**Ing. Giorgio Salatino**

| Rev: | Data Revisione | Descrizione Revisione | Redatto | Controllato | Approvato        |
|------|----------------|-----------------------|---------|-------------|------------------|
| 00   | Giugno 2023    | PRIMA EMISSIONE       | GEMSA   | GEMSA       | Novo Wind S.r.l. |
|      |                |                       |         |             |                  |
|      |                |                       |         |             |                  |
|      |                |                       |         |             |                  |

## Sommario

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA .....</b>                                      | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>AREA DI INTERVENTO .....</b>                            | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA .....</b> | <b>4</b> |
| 3.1      | FOSSI DI GUARDIA.....                                      | 6        |
| 3.2      | TOMBINI CIRCOLARI.....                                     | 7        |
| <b>4</b> | <b>ANALISI IDROLOGICA .....</b>                            | <b>9</b> |
| 4.1      | MODELLO IDROLOGICO UTILIZZATO - TCEV .....                 | 10       |

## 1 Premessa

La presente relazione descrive gli interventi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle opere per la realizzazione del Parco Eolico “Parco delle Vittorie” in progetto nei territori dei Comuni di Piazza Armerina (EN) e Mazzarino (CL).

Il progetto di costruzione del Parco eolico prevede la realizzazione di n. 3 aerogeneratori tipo modello Vestas V162 con potenza unitaria variabile e potenza complessiva del parco pari a 86,8 MW.

Il Parco eolico in progetto viene proposto dalla società Novo Wind s.r.l., con sede a Roma (RM) in Via Sardegna,40, società interessata alla promozione, realizzazione e sfruttamento di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica mediante aerogeneratori.

All'interno dell'elaborato verranno analizzati i criteri utilizzati per il dimensionamento delle principali opere previste in questa fase di progetto definitivo. Le scelte progettuali sono state condotte in modo tale da avere opere ad “impatto zero” sull'esistente reticolo idrografico, recapitando le acque superficiali convogliate dai fossi di guardia presso gli impluvi ed i solchi di erosione naturali. L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di intercettare e allontanare tempestivamente le acque di scorrimento superficiale, al fine di garantire la vita utile delle opere civili, riducendo le operazioni di manutenzione al minimo indispensabile.

La relazione in oggetto, oltre il presente capitolo, è composta da ulteriori n°4 capitoli, di cui di seguito un breve riepilogo:

- *Capitolo 2 – Area d'intervento:* vengono riportate le informazioni necessarie per l'individuazione cartografica del sito.
- *Capitolo 3 – Progetto delle opere di regimazione idraulica:* illustra i criteri e le linee guida utilizzate per gli interventi in progetto e descrive le opere idrauliche previste.
- *Capitolo 4 –Analisi idrologica:* analisi dei dati esistenti per la stima della curva di probabilità pluviometrica di progetto.

## 2 Area di intervento

Il parco eolico in progetto ricade, per l'agro degli Aerogeneratori, in un'area a Sud-Ovest rispetto al centro abitato del Comune di Piazza Armerina (EN) e in un'area a Nord-Est rispetto al centro abitato del Comune di Mazzarino (CL).

Il territorio oggetto di intervento è caratterizzato fa parte dei Monti Erei che costituiscono un insieme di moderati rilievi e di pianori che dalla catena settentrionale dei Nebrodi-Madonie si dirigono verso S-SE fino all'Altopiano Ibleo. Queste alture formano una linea di displuvio che attraversa la Sicilia centrale separando i bacini idrografici dello Jonio da quelli del Mediterraneo.

La Sicilia è una Regione dal clima molto mite con caratteristiche nettamente mediterranee. Le caratteristiche pluviometriche e termometriche variano, a seconda dell'altitudine, dell'esposizione e del regime dei venti predominanti e sono inoltre condizionate dalla minore o maggiore vicinanza al mare.

Quest'ultimo si distingue dal clima mediterraneo per gli influssi continentali dovuti alla lontananza dal mare (le nevicate avvengono sovente nel periodo tra gennaio e febbraio) e al contempo dall'altitudine di montagna, certamente mitigati, tuttavia, dalla bassa latitudine. In quasi tutto il territorio degli Erei risulta che le massime escursioni termiche giornaliere si verificano nelle zone più interne.

Il regime pluviometrico è quello tipico del clima mediterraneo, in cui le precipitazioni stagionali presentano punte minime nei mesi estivi e punte massime in quelli autunno-invernali.

L'area è per lo più drenata da brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali.

Occorre comunque ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale.

Il reticolo idrografico superficiale, data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

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 Sicilia.

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

### **3 Progetto delle opere di regimazione idraulica**

La durabilità delle opere civili dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:

- i. mantenimento delle condizioni di “equilibrio idrogeologico” preesistenti (ante realizzazione del parco);
- ii. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità (aree tra le stringhe per operazioni di manutenzione) del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le opere civili presenti nell'area.

Il tracciato delle opere di regimazione è stato definito a partire dalla progettazione del layout dell'impianto, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle diverse aree di impianto.

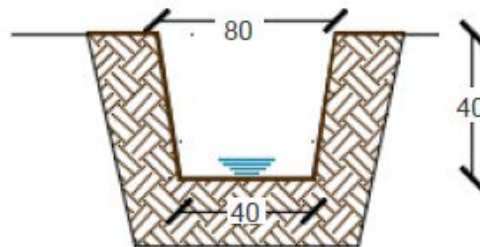
Il sistema di drenaggio delle viabilità è costituito da un insieme di fossi di guardia in terra e tombini idraulici circolari che, captate le acque le convogliano nel reticolo idrografico esistente.

Più in particolare la presenza dei fossi nei tratti in rilevato mitiga i fenomeni erosivi che possono innescarsi per ruscellamento ai piedi della scarpata; nei tratti in trincea la presenza del fosso rende possibile la captazione delle acque prima che queste possano giungere sulla sede stradale e comprometterne l'esercizio

Il parco eolico in progetto prevede la realizzazione di 14 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 dolci che consentono il naturale deflusso delle acque verso recapiti già esistenti su strade provinciali o comunali, oppure per alcune piazzole si è pensato di realizzare tubazioni interrato che terminano poi verso corsi d'acqua esistenti. Si è pensato a tubazioni interrato al fine di non deturpare la naturalezza e di minimizzare la quantità di opere idrauliche da realizzare e per ridurre il più possibile l'interferenza con lo stato di fatto dei luoghi.

Ai lati di ciascuna piazzola 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.

### 3.1 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:

$$Q = K * A * R^{\frac{2}{3}} * i^{0.5}$$

Dove:

K è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza, assunto pari a 40 per i fossi in terra e quelli rivestiti in geocomposito [ $m^{1/3}/s$ ];

A è l'area della sezione idraulica [ $m^2$ ];

i è la pendenza del canale;

R è il raggio idraulico [ $m$ ];

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.

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.

### 3.2 Tombini circolari

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 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 Rck per resistere ai carichi stradali ivi gravanti, inoltre hanno diametri nominali dell'ordine minimo di 800 mm fino ad un massimo di 2000 mm.

Il dimensionamento dei tombini circolari è stato effettuato in funzione di due verifiche:

- 1) Alla sezione di imbocco mediante la seguente legge di portata:

$$Q = CA\sqrt{2gD}$$

con la quale è possibile definire un deflusso a superficie libera all'interno dell'elemento circolare e dove compare il coefficiente C, che tiene conto del tipo di sagomatura all'imbocco. In fase di progettazione si può utilizzare un coefficiente C pari a 0.57-0.60, vista la possibilità di poter definire una tipologia di raccordo (canale – tombino) ottimale.

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  $Q = 0.93 Q_{max}$  quando la sezione è piena (fig.2).

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.

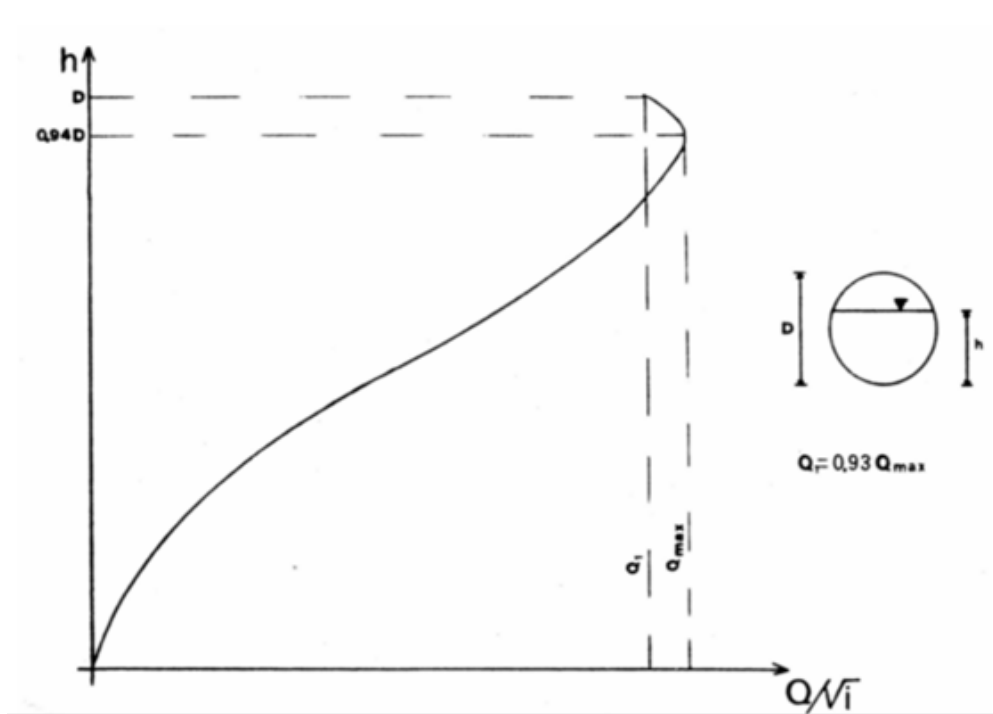


Figura 2 – Scala della portata per sezione circolare.

- 2) Lungo lo sviluppo longitudinale del manufatto, mediante la formula di moto uniforme di Gaukler-Strickler per sezione circolare.

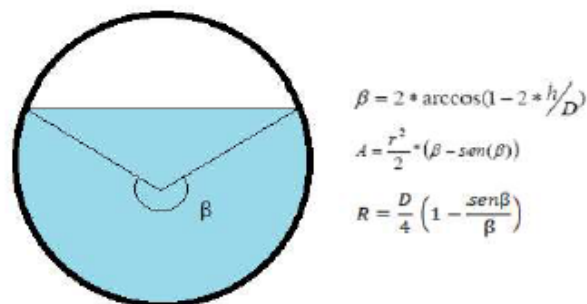


Figura 3-Scala di deflusso circolare

## 4 Analisi Idrologica

Obiettivo dello studio è quello di fornire gli elementi idrologici e idraulici necessari per il mantenimento della continuità della rete di drenaggio naturale sul territorio e il dimensionamento di tutti i manufatti dell'asse stradale, nonché le problematiche idrologiche e idrauliche connesse con l'inserimento del corpo stradale nel contesto naturale preesistente, dalla captazione e allontanamento delle acque di versante dalla piattaforma stradale, alla raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche afferenti l'area di sedime stradale.

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.

La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

Nel caso in esame, infatti, non sono disponibili dati di registrazione delle portate; né, tantomeno, potrebbero essere utilizzati, dal momento che l'obiettivo dell'analisi non è studiare il comportamento idrologico/idraulico dei corsi d'acqua presenti nel territorio, ma approfondire le tematiche idrologiche per il dimensionamento di tutte le opere idrauliche del parco eolico “Parco delle Vittorie”.

Il dimensionamento delle opere idrauliche da progettare verrà effettuata a valle della analisi idrologica della zona oggetto di intervento 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. A tal proposito si rimanda al progetto esecutivo tale studio e dimensionamento delle opere.

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 Modello idrologico utilizzato - TCEV

Per la ricostruzione della pioggia di progetto si ricorre alla curva di probabilità pluviometrica. Essa fornisce, per fissati tempo di ritorno  $T$  e durata  $t$ , l'altezza di pioggia,  $h$ , caduta su un bacino. Tale curva può essere determinata attraverso la scelta della legge di distribuzione di probabilità che meglio si adatta a una serie storica di dati pluviometrici (ad esempio la legge di Gumbel per le altezze di pioggia massime annuali), oppure (nei casi in cui si abbiano scarsi dati storici di precipitazione) attraverso il metodo di regionalizzazione proposto dal progetto VAPI, basato sul modello TCEV. Nel presente studio, per la determinazione delle altezze di pioggia massime si utilizzerà il metodo TCEV.

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni. La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto. Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007. La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^* = 2.24$  e  $\Lambda^* = 0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee:  $Z_0 - Z_5$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$  (fig.1). A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\Lambda_1$ , parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base (tab.1) che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone  $Z_0$  e  $Z_5$ , possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\Lambda_1$ .

In ogni sottozona la variabile adimensionale  $h'_{t,T} = h_t / \mu$  valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = k_T = a \cdot \ln(T) + b$$

In tale relazione i coefficienti  $a$  e  $b$  sono stati tarati in funzione della particolare sottozona (tab.2).

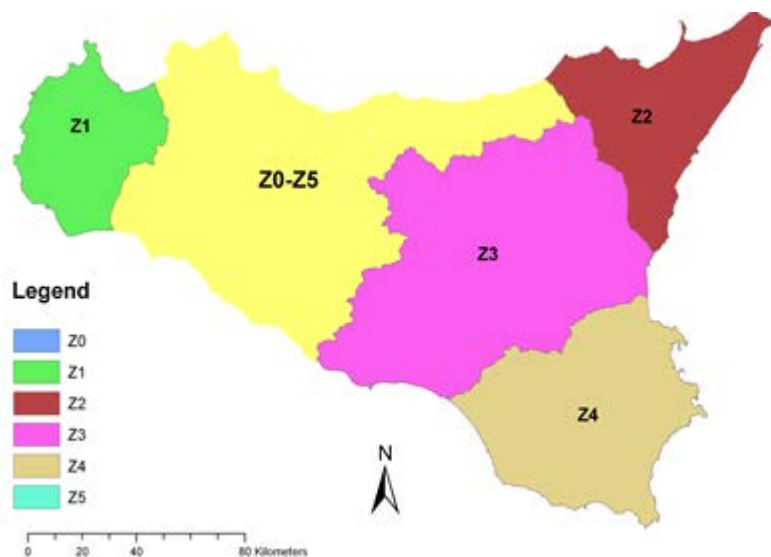


Figura 1: Sottozone pluviometriche omogenee per la Regione Sicilia (Lo Conti et al,2007).

$K_T$  è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

| <i>Sottozona</i><br><i>Parametro</i> | $Z_0$  | $Z_1$ | $Z_2$  | $Z_3$  | $Z_4$  | $Z_5$  |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| $\Lambda_1$                          | 24,429 | 19,58 | 17,669 | 14,517 | 15,397 | 24,402 |

Tabella 1: Valore del parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona in cui è suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

| <i>Sottozona</i><br><i>Parametro</i> | $Z_0 - Z_5$ | $Z_1$  | $Z_2$  | $Z_3$  | $Z_4$  |
|--------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>a</b>                             | 0.4485      | 0.4695 | 0.4799 | 0.5011 | 0.4946 |
| <b>b</b>                             | 0.5117      | 0.4889 | 0.4776 | 0.4545 | 0.4616 |

Tabella 2: valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al, 2007).

Il *terzo livello di regionalizzazione* prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T. Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $\mu$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t:

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

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  (Cannarozzo et al, 1995).