



Green Power

Engineering &amp; Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.73.IT.W.11629.12.004.00

PAGINA

1 di/of 13

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI SCLAFANI BAGNI

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione idrologica



File: GRE.EEC.R.73.IT.W.11629.12.004.00 - Relazione idrologica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	15/01/2021	Prima emissione	D. Mansi	N. Novati M. Terzi	L. Lavazza

#### GRE VALIDATION

<i>Sabatino</i>	<i>Bellorini</i>	<i>Iacofano</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT <b>Sclafani Bagni</b>	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	<b>GRE</b>	<b>EEC</b>	<b>R</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>W</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
CLASSIFICATION	<b>PUBLIC</b>				UTILIZATION SCOPE	<b>BASIC DESIGN</b>													

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

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	6
3.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI .....	6
3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME TORTO .....	6
4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA .....	10
4.1. MODELLO TCEV .....	10
4.2. RISULTATI .....	11
5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO .....	13
5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI .....	13

## **1. INTRODUZIONE**

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power S.p.A. ("EGP") di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nei Comuni di Sclafani Bagni (PA) e Alia (PA), in località "Incatena-Cugno", costituito da 23 aerogeneratori, dei quali 9 di potenza nominale pari a 0,66 MW e 14 di potenza nominale pari a 0,85, per una potenza totale installata di 17,84 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, viene convogliata alle cabine di media tensione presenti nell'area dell'impianto, attraverso le quali l'impianto è connesso alla rete elettrica nazionale.

Il progetto proposto prevede l'installazione di nuove turbine eoliche in sostituzione delle esistenti, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, e consentirà di ridurre il numero di macchine da 23 a 6, per una nuova potenza installata prevista pari a 36 MW, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporterà un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO<sub>2</sub> equivalente.

In aggiunta alla stessa sottostazione sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) da 20 MW.

### **1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE**

Enel Green Power S.p.A., in qualità di soggetto proponente del progetto, è la società del Gruppo Enel che dal 2008 si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili.

Enel Green Power è presente in 29 Paesi nel mondo: in 18 gestisce delle capacità produttive mentre in 11 è impegnata nello sviluppo e costruzione di nuovi impianti. La capacità gestita totale è di circa 46 GW, corrispondenti a più di 1.200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato da tutte le 5 tecnologie rinnovabili del gruppo: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia e biomassa. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

### **1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE**

La presente relazione costituisce la relazione idrologica del progetto definitivo.

Il capitolo 2 definisce l'inquadramento territoriale dell'opera.

Nel capitolo 3 si definisce l'inquadramento idrografico dell'opera in progetto, identificandone i differenti bacini idrografici. Viene fornita una descrizione di ogni bacino interessato.

Il capitolo 4 illustra la metodologia di calcolo per la stima della possibilità pluviometrica ed i risultati di tale calcolo.

Infine, nel capitolo 5 vengono discussi i risultati del capitolo precedente contestualizzandoli con l'opera in progetto.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Palermo, circa 10 km in direzione sud-ovest rispetto al comune di Caltavuturo, circa 6 km a est di Alia e 7 km a sud di Montemaggiore Belsito.

L'area interessa un territorio delimitato a Nord dalla dorsale che abbraccia Cozzo Comunello (933 m s.l.m.), Cozzo Pidocchio (898 m s.l.m.) e Cozzo Cugno (866 m s.l.l.) ed a Sud dall'altopiano di Serra Incatena, racchiudendo la conca di Contrada Cugno dell'Oro.

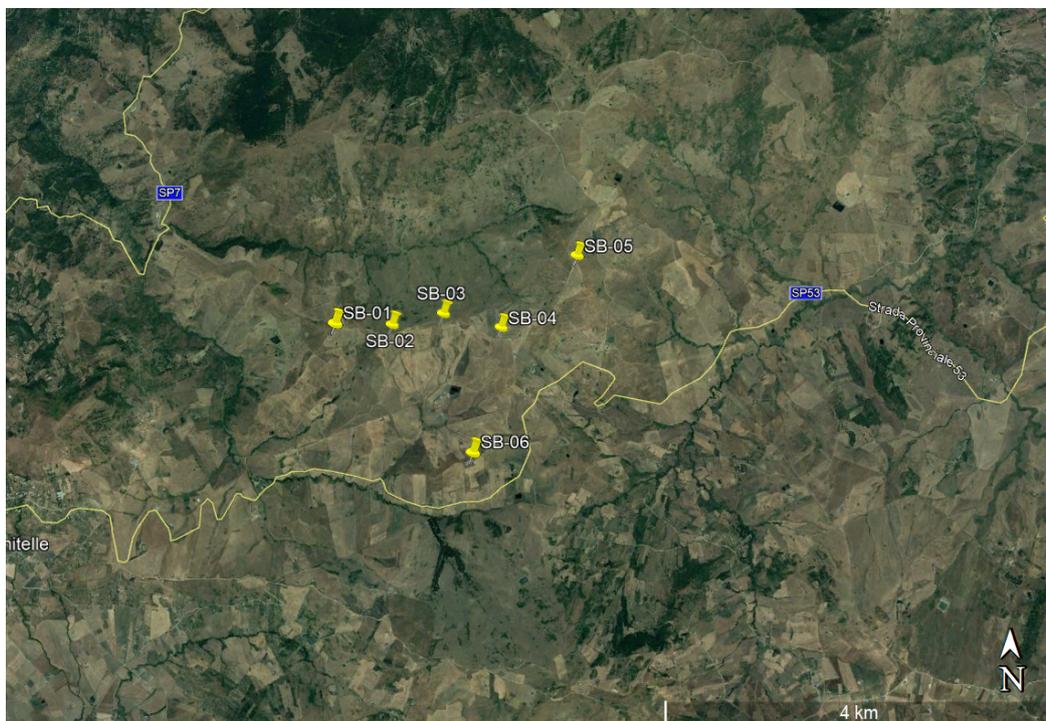
L'impianto in progetto ricade entro i confini comunali di Sclafani Bagni, in particolare all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- Foglio di mappa catastale del Comune di Sclafani Bagni n° 12, 13, e 18;
- Foglio di mappa catastale del Comune di Alia n° 19;
- Foglio I.G.M. in scala 1:25.000, codificato 259 II-NO Alia;
- Carta tecnica regionale CTR in scala 1:10.000, foglio n° 621020.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto.



**Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto**



**Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto**

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla locazione delle WTG di nuova costruzione:

ID	Comune	Est	Nord	Altitudine [m s.l.m.]
<b>SB-01</b>	Sclafani Bagni	391303	4183127	844
<b>SB-02</b>	Sclafani Bagni	391894	4183120	854
<b>SB-03</b>	Sclafani Bagni	392423	4183228	853
<b>SB-04</b>	Sclafani Bagni	393014	4183077	871
<b>SB-05</b>	Sclafani Bagni	393799	4183807	910
<b>SB-06</b>	Alia	392704	4181775	832

**Tabella 1: Coordinate degli aerogeneratori**

### 3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

In termini idrografici, l'intero impianto eolico di Sclafani Bagni ricade nel bacino idrografico del Fiume Torto. Gli aerogeneratori sono infatti disposti lungo il crinale con andamento OSO-ENE e quell con andamento SSO-NNE, quest'ultimo spartiacque tra il bacino del Fiume Torto e Fiume Imera Settentrionale.

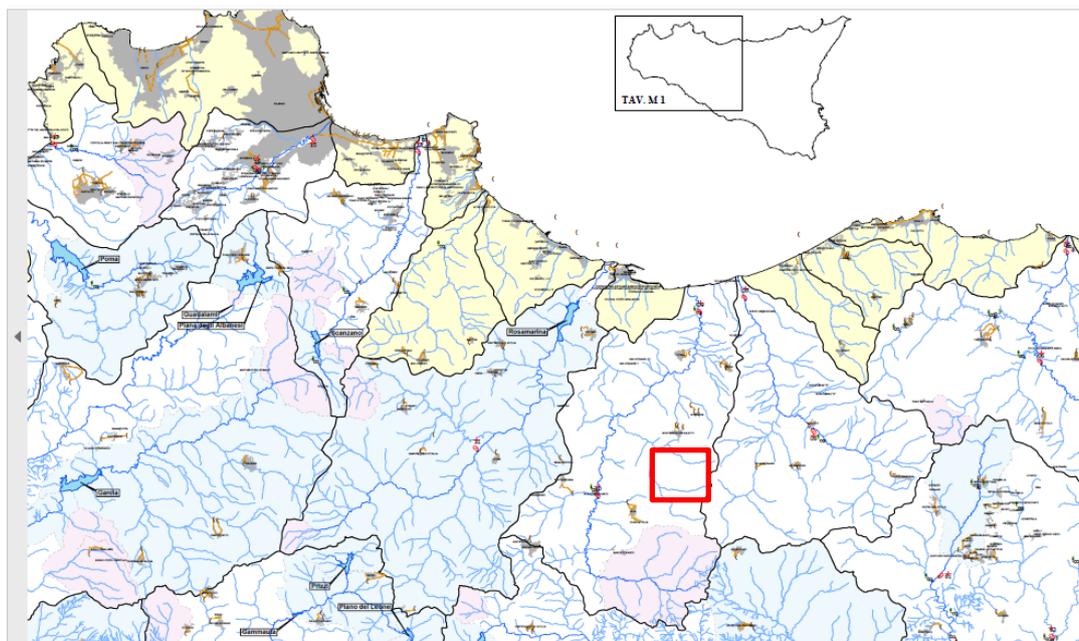


Figura 3-1: Stralcio all'allegato A.1.1. del PTA - Piano di Tutela delle Acque. L'area di progetto è evidenziata in rosso

#### 3.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI

L'area di progetto ricade lungo il crinale collinare con andamento E-O ed il crinale con andamento N-S che separa invece i due bacini idrografici principali presenti nell'area del sito: il bacino del Fiume Imera Settentrionale a est, non interessato dal progetto, e il bacino del Fiume Torto a ovest.

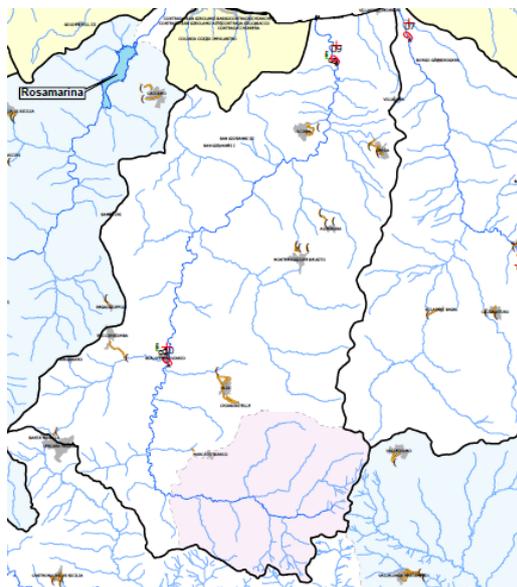


Figura 3-2: Dettaglio del bacino idrografico del Fiume Torto

Di seguito vengono presentate le caratteristiche principali dei bacini idrografici presentati.

##### 3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME TORTO

### 3.1.1.1. *Inquadramento territoriale*

Il bacino idrografico del Fiume Torto, l'area compresa tra il bacino del Fiume San Leonardo ed il bacino del Fiume Torto e l'area compresa tra il bacino del F. Torto e il bacino del F. Imera Settentrionale ricadono nel versante settentrionale della Sicilia, sviluppandosi principalmente nei territori comunali della provincia di Palermo e marginalmente nei territori delle province di Agrigento e Caltanissetta.

Complessivamente il bacino e le due aree intermedie si estendono per 469,21 km<sup>2</sup>, in particolare il bacino del Fiume Torto occupa un'area di 423,41 km<sup>2</sup>, l'area intermedia tra il bacino del Fiume San Leonardo ed il bacino del Fiume Torto insiste su una superficie complessiva di 32,13 km<sup>2</sup> e l'area compresa tra il bacino del F. Torto e il bacino del F. Imera Settentrionale ricopre 13,67 km<sup>2</sup>.

Geograficamente il bacino si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini a Ovest; dal punto di vista idrografico, invece, esso confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, a ovest con il bacino del Fiume San Leonardo.

I territori comunali ricadenti all'interno dell'area in esame, suddivisi in base alle province di appartenenza, sono di seguito riportati:

- Provincia di Agrigento: Cammarata;
- Provincia di Caltanissetta: Valledlunga Pratameno;
- Provincia di Palermo: Alia, Aliminusa, Caccamo, Castronovo di Sicilia, Cerda, Lercara Friddi, Montemaggiore Belsito, Roccapalumba, Sciara, Sclafani Bagni, Termini Imerese, Valledolmo, Vicari.

Il Bacino copre quasi il 30% dell'area del comune di Sclafani Bagni.



Figura 3-3: Inquadramento territoriale del bacino del Fiume Torto

### 3.1.1.2. *Morfologia*

Il bacino idrografico del Fiume Torto presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, sviluppando il suo territorio tra due complessi montuosi (Madonie e Monti di Termini) e comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani. Gran parte di Monte San Calogero risulta compreso all'interno del bacino idrografico in corrispondenza dell'ultima sua porzione, in sinistra orografica. Le quote maggiori si riscontrano proprio con la cima di questo monte (circa 1370 m s.l.m.), mentre nella parte alta del bacino le quote diminuiscono, con valori massimi di poco superiori ai 900 metri s.l.m.

Tra gli elementi che determinano l'andamento dell'asta principale e dei suoi affluenti principali si ricordano: la dorsale di Monte Roccelito (destra orografica, 1145 m s.l.m.) e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco; la dorsale nord-sud denominata La Montagna che a partire dall'abitato di Roccapalumba e fino al nucleo abitato di Sambuchi, delimita ad ovest il bacino idrografico; le alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, La Montagna (Alia) e Serra Tignino che caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

I contrasti morfologici sono maggiormente presenti nei versanti del tratto che attraversa la catena costiera siciliana, a partire dalla stretta morfologica posta subito a valle della stazione ferroviaria di Montemaggiore Belsito e fino all'ultimo tratto del corso del F. Torto, quando questo attraversa la Piana costiera di Bonfornello.

A monte prevalgono i paesaggi collinari, generalmente omogenei, se si eccettuano le alture arenarie descritte precedentemente, dove i tratti terminali del reticolo idrografico presentano pendenze elevate.

Le aree territoriali comprese tra i due bacini limitrofi, sono morfologicamente differenti.

L'area 031A, tra il F. Torto ed il F. Imera settentrionale ha un andamento con deboli variazioni morfologiche, comprendendo l'altopiano costiero su cui fu fondata Himera e le colline attorno a Cozzo Quaranta Salme.

L'area 032, tra il F. Torto ed il F. S. Leonardo, comprende invece le falde di Monte S. Calogero e quindi presenta morfologie più aspre con pendenze notevoli nei tratti terminali del reticolo, che si dipartono dalle numerose conoidi detritiche poste al piede delle cime del complesso montuoso. Spesso le acque scorrono su incisioni poco sviluppate in ragione delle forti pendenze e del breve tragitto dalle cime alla linea di costa.

### **3.1.1.3. Idrografia**

Nel tratto di monte l'asta principale del fiume, lungo complessivamente circa 57 Km, si sviluppa in direzione est-ovest, parallelamente allo spartiacque meridionale. In questo primo tronco gli affluenti principali sono: il T. Gian Jacopo ed il V.ne Guccia.

Nella zona centrale (che si sviluppa in direzione S-N) fino alla confluenza in sinistra del T. Lisca, il corso d'acqua raccoglie i deflussi del F. S. Filippo e del V.ne Raffo, in sponda sinistra. A valle della confluenza con il T. Lisca, che costituisce il maggiore affluente del F. Torto, il corso d'acqua prosegue in direzione SO-NE fino alla foce, raccogliendo i deflussi del V.ne Finantelli e Scarcella, in sponda sinistra, e il Fosso Zimma ed il V.ne Baglio, in sponda destra.

Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra, con valore della portata praticamente uguale a zero. In 7 anni di osservazione della stazione idrometrica di località Bivio Cerda, si è registrato un numero massimo di 158 giorni consecutivi a portata nulla, mentre nel 50% degli anni si è raggiunto un numero di 118 giorni.

Nell'area compresa tra il F. Torto ed il F. Imera settentrionale si evidenziano solo due incisioni principali: V.ne di Molara e V.ne di Passo di Vicenza, ad andamento sub parallelo, con inizio in corrispondenza delle colline di Contrada Villaurea.

Per l'area 032, tra il F. Torto ed il F. S. Leonardo, solo nella porzione più occidentale si rinvencono incisioni ben sviluppate con i Torrenti Tre Pietre e Barratina, da segnalare quest'ultimo, che sfocia nel porto di Termini Imerese e che nel suo recente passato ha avuto numerosi eventi di piena in prossimità della foce.

### **3.1.1.4. Pluviometria e climatologia**

La caratterizzazione del clima del territorio del bacino del Fiume Torto è basata sui dati registrati dalle stazioni termopluviometriche e pluviometriche ricadenti all'interno del bacino in esame ed elaborati per il trentennio 1965-1994 tra cui: Alia, Caccamo, Cerda, Fattoria Gioia, Lercara Friddi, Monumentale e Vicari.

La temperatura e la pioggia sono misurate dalle stazioni di Fattoria Gioia e Lercara Friddi, stazioni termo-pluviometriche mentre le altre stazioni sono solamente pluviometriche.

La temperatura media annuale dell'area è pari a 15,4 gradi misurati a Lercara Friddi e a Fattoria Gioia, entrambe stazioni lontane al sito. La piovosità media è nella fascia di 480-620 mm all'anno in media. In particolare, il settore nord il più umido e piovoso, ove si

misurano 600 mm all'anno di piovosità. Nel dettaglio i dati della stazione di Cerda, la più vicina al sito, registrano una piovosità come mostrata in tabella seguente:

Mese	Piovosità media [mm] - Cerda
Gennaio	72,8
Febbraio	78,5
Marzo	66,0
Aprile	56,8
Maggio	29,3
Giugno	8,5
Luglio	9,5
Agosto	14,6
Settembre	38,6
Ottobre	76,1
Novembre	81,8
Dicembre	83,2
<b>Anno</b>	<b>615,7</b>

La misura della temperatura, individuata solamente in due stazioni, non permette di evidenziare eventuali variazioni all'interno del bacino.

## 4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Questo capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla successiva progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La procedura di definizione è stata derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio nazionale delle Ricerche. Esso ha l'obiettivo di regionalizzare le piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. Nel caso in esame si è fatto riferimento allo studio condotto nella Regione Sicilia: Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. "Valutazione delle piene in Sicilia" CNR-GNDICI, Palermo 1993.

### 4.1. MODELLO TCEV

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle portate al colmo e delle piogge di assegnata durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri. Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, il modello VAPI si fonda sulla legge di distribuzione di probabilità denominata TCEV - Two Component Extreme Value. Tale distribuzione ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una "ordinaria" e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati.

Essendo i parametri della distribuzione TCEV pari a 4, risulta elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione è spesso limitata. Per ridurre questa incertezza si utilizzano procedure di analisi regionale che permettono di stimare alcuni dei parametri sulla base delle serie storiche di aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre diversi livelli di regionalizzazione in zone e sottozone omogenee.

Nel primo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Sicilia è un'unica zona pluviometrica e idrometrica omogenea, di conseguenza i parametri regionali della distribuzione assumono un valore unico per l'intero territorio siciliano.

Nel secondo livello di regionalizzazione sono state individuate tre sottozone omogenee, che sono risultate coincidenti per l'analisi delle piogge e delle piene.



Figura 4-1: Sottozone omogenee, si evidenzia il bacino idrografico in cui ricade il progetto

Per ciascuna sottozona e per ciascun tempo di ritorno  $T \geq 10$  anni sono state dedotte le seguenti espressioni esplicite approssimate:

- Sottozona A  

$$h'_{t,T} = 0.5391 - 0.001635t + (0.0002212t^2 + 0.00117t + 0.9966) \log T$$
- Sottozona B  

$$h'_{t,T} = 0.5135 - 0.002264t + (0.0001980t^2 + 0.00329t + 1.0508) \log T$$
- Sottozona C  

$$h'_{t,T} = 0.5015 - 0.003516t + (0.0003720t^2 + 0.00102t + 1.0101) \log T$$

In cui  $h'_{t,T}$  è il valore dell'altezza di pioggia di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  rapportata alla media  $\mu$  della TCEV.

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene, infine, moltiplicando ciascuna delle precedenti equazioni per la legge di variazione della media  $\mu$  del modello TCEV con la durata  $t$ , ovvero:

$$h_{t,T} = h'_{t,T} \cdot \mu(t)$$

Per quanto concerne la Sicilia, si è notato che la media teorica  $\mu$  e quella campionaria  $m_c$  possono essere considerate coincidenti, pertanto, il terzo livello di regionalizzazione esprime la media campionaria dipendente dalla durata  $t$  secondo la seguente relazione monomia:

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

I parametri della suddetta relazione,  $a$  ed  $n$ , sono stati stimati per il territorio siciliano sulla base delle osservazioni delle 172 stazioni pluviografiche presenti sul territorio con almeno 10 anni di dati registrati.

## 4.2. RISULTATI

L'applicazione del modello VA.PI. nel caso in esame ha permesso di stimare i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Nella procedura di calcolo si è applicato la formula inerente alla seconda regionalizzazione propria della sottozona A, Per quanto concerne invece i parametri propri del terzo livello di regionalizzazione, si è fatto riferimento alle tavole allegate al modello VA.PI. riportanti le curve *iso-a* e *iso-n* per il territorio siciliano, di seguito riportate con indicazione dell'area d'indagine in rosso.

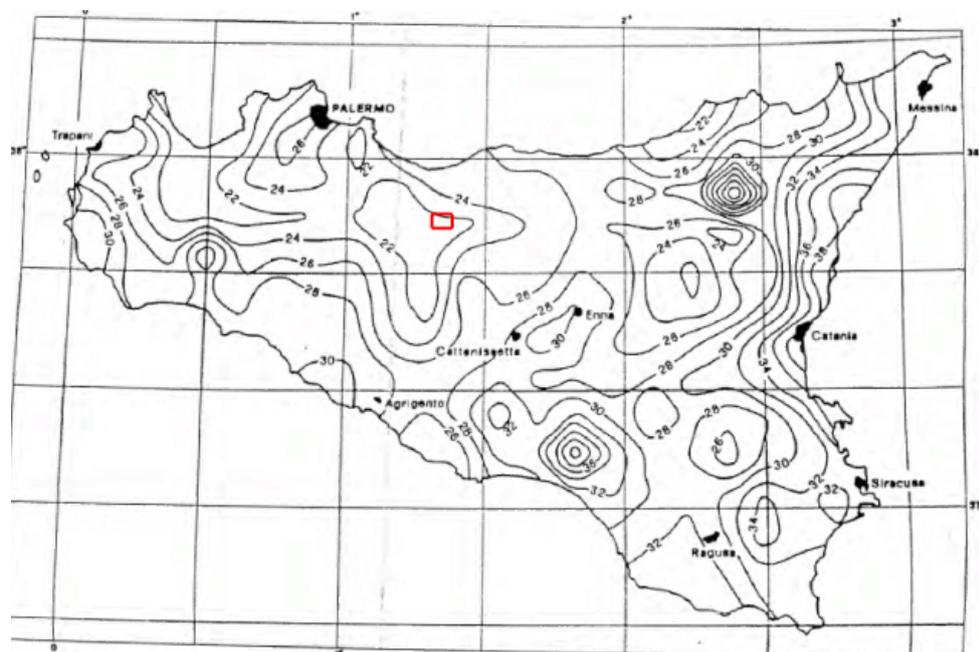


Figura 4-2: Carta delle *iso-a*

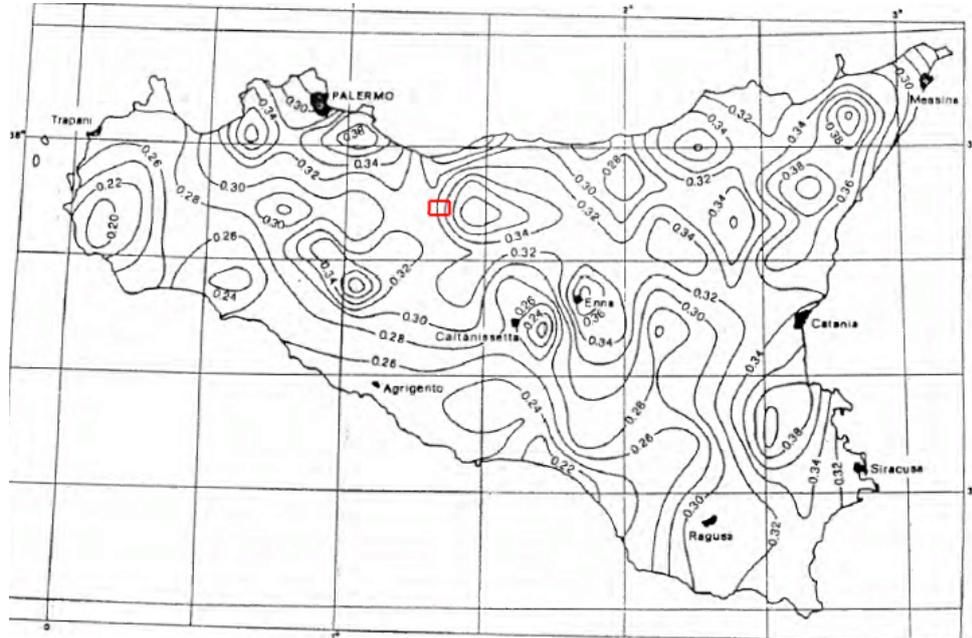


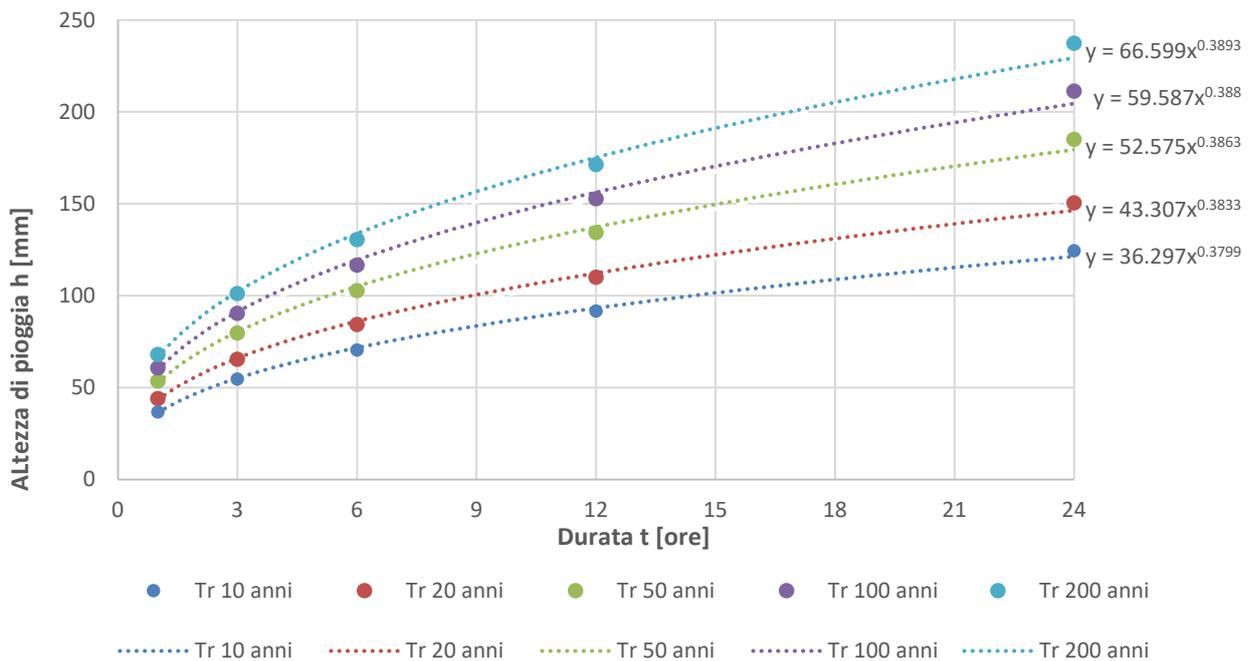
Figura 4-3: Carta delle iso-n

Dato che l'area di impianto ricade in varie curve iso-a e iso-n sono stati utilizzati i seguenti valori:

$$a = 24 \quad n = 0.36$$

Di seguito si riporta le curve di possibilità pluviometrica per eventi con tempi di ritorno pari a 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

### Impianto eolico di Sclafani Bagni



## 5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO

Il presente impianto di Sclafani Bagni, oggetto di ripotenziamento, ed il suo futuro esercizio (così come l'esercizio dell'impianto esistente) non interferiscono con le caratteristiche né dei corpi idrici superficiali né di quelli sotterranei. A tal proposito, è importante notare che tutti gli aerogeneratori in progetto sono posizionati in corrispondenza o in prossimità dello spartiacque che delimita i bacini idrografici del Fiume Torto e del Fiume Imera Settentrionale, pertanto non si rilevano interferenze significative con le reti idrografiche dell'area in oggetto.

In sede di realizzazione del nuovo impianto, saranno da realizzare opere idrauliche per la viabilità di nuova realizzazione che, comunque, avrà sviluppo limitato rispetto a quella esistente da adeguare. Sarà quindi posta particolare attenzione alla realizzazione delle opere di scarico delle acque intercettate dalla viabilità, prediligendo la realizzazione di punti di scarico compatibili con il regime idrico superficiale esistente.

### 5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI

Le porzioni dei sopracitati bacini intercettate dalla viabilità proposta dell'impianto eolico di Sclafani Bagni vengono definiti bacini scolanti e la relativa portata in deflusso sarà gestita dalla rete di drenaggio dell'impianto. La viabilità esistente, infatti, sarà opportunamente adeguata in funzione della costruzione e dell'esercizio del nuovo impianto e sarà dotata di opere di intercettazione e allontanamento delle acque meteoriche in favore dei più vicini impluvi esistenti.

Come detto nei precedenti paragrafi, l'impianto si sviluppa lungo la dorsale spartiacque dei bacini dei fiumi Torto e Imera Settentrionale. Tale configurazione implica che i bacini scolanti intercettati dalla viabilità risultano di estensione contenuta, con percorsi di corrivazione governati dall'andamento dei fossi di guardia. Ad ogni modo, le acque di deflusso da tali bacini scolanti saranno gestite ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto.