

REGIONE SICILIA
Provincia di Palermo
COMUNI DI PARTINICO E MONREALE

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO - MONREALE



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



PROGETTISTA:



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP..	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	06/05/2018	/	1 di 25	A4	PAR	ENG	REL	0037	00

NOME FILE: PAR-ENG-REL-0037_00.docx

ERG Wind Sicilia 4 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	2
PAR	ENG	REL	0037	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	06/05/2018	PRIMA EMISSIONE	FG	VF	MG

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	3
PAR	ENG	REL	0037	00		

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	8
3.1.	ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO	8
3.2.	INTERAZIONE TRA LA VIABILITÀ ED I BACINI SCOLANTI	9
3.3.	INTERFERENZA TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO	10
3.4.	BACINO DEL FIUME JATO	11
3.4.1	<i>Analisi territoriale</i>	11
3.4.2	<i>Idrografia</i>	11
3.4.3	<i>Pluviometria e climatologia</i>	12
3.4.4	<i>Morfologia</i>	12
4.	INFORMAZIONE IDROLOGICA	14
4.1.	METODO TCEV SICILIA	14
4.2.	CALCOLO DELLA C.P.P.	18
4.3.	PIOGGE BREVI	20
4.4.	SUPERFICI DI INFLUENZA	20
5.	ALLEGATI	22
5.1.	ALLEGATO 1: RETICOLO IDROGRAFICO SU ORTOFOTO	23
5.2.	ALLEGATO 2 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO: UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO CON RIFERIMENTO AI BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI	24
5.3.	ALLEGATO 3: PERIMETRAZIONE DEI BACINI SCOLANTI INTERCETTATI DALLA VIABILITÀ DEL PARCO	25

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	4
PAR	ENG	REL	0037	00		

1. PREMESSA

La società *Hydro Engineering s.s.* è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico (composto da n. 19 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza complessiva di 16,15 MW), ubicato nei Comuni di Monreale e Partinico, in Provincia di Palermo, e di proprietà della società ERG Wind Sicilia 4 Srl.

L'impianto esistente è attualmente in esercizio, giuste Concessioni edilizie rilasciate dai Comuni predetti.

Il progetto definitivo di potenziamento consiste nella sostituzione dei 19 aerogeneratori esistenti da 0.85 MW con 10 aerogeneratori da 4,2 MW, per una potenza complessiva pari a 42,0 MW.

L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 19 esistenti alle 10 proposte riducendo inoltre l'impatto visivo, che talvolta può trasformarsi nel cosiddetto "effetto selva".

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio, porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

La produzione di energia sarà incrementata sino a 3,23 volte quella attuale e, con la medesima proporzione, avverrà l'abbattimento di produzione di CO₂ equivalente.

In relazione al proponente, ERG Wind Sicilia 4 Srl, si precisa che:

- il parco esistente è stato autorizzato sulla base della normativa vigente all'epoca, mediante le concessioni edilizie dei Comuni di Monreale e Partinico, rilasciate all'allora Società IVPC Sicilia 4 Srl;
- il progetto del parco esistente è, altresì, corredato da un giudizio positivo di compatibilità ambientale, mediante *Decreto dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana* n. 359 del 07/06/2002, intestato alla Società IVPC Sicilia 4 e alla società IVPC Sicilia 2 per il parco limitrofo di Camporeale;
- la menzionata società è entrata a far parte del gruppo ERG, assumendo l'attuale denominazione di ERG Wind Sicilia 4 Srl, in data 13 febbraio 2013, nell'ambito di una più complessa operazione societaria.

La **presente relazione** ha come obiettivo (i) l'analisi dell'interazione tra le opere in progetto ed il reticolo idrografico esistente e (ii) la redazione dello studio idrologico propedeutico alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole del parco eolico Partinico-Monreale.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	5
PAR	ENG	REL	0037	00		

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

- *Capitolo 2 – Inquadramento territoriale:* vengono riportate le informazioni necessarie per l'individuazione cartografica del sito.
- *Capitolo 3 – Inquadramento idrografico:* illustra la posizione del parco rispetto ai bacini idrografici esistenti e le caratteristiche principali di tali bacini.
- *Capitolo 4 – Informazione idrologica:* analisi dei dati esistenti per la stima della curva di probabilità pluviometrica di progetto.
- *Capitolo 5 – Allegati.*

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	6
PAR	ENG	REL	0037	00		

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il nuovo impianto insisterà nei territori dei Comuni di Monreale e Partinico. In particolare,

- nel Comune di Monreale saranno installati n°5 aerogeneratori, aventi le seguenti sigle, R-MR01, R-MR02, R-MR03, R-MR04, R-MR05,
- nel Comune di Partinico saranno installati n°5 aerogeneratori, aventi le seguenti sigle, R-PAR01, R-PAR02, R-PAR03, R-PAR04, R-PAR05.

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono in agro dei Comuni di Monreale e Partinico, in provincia di Palermo, all'interno delle seguenti cartografie e Fogli di Mappa:

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche “249_IV_SO-Balestrate”, “258_IV_NE-San Cipirrello” e “258_IV_NO-Alcamo”.
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, fogli n°594130, n° 607010 e n° 607020.
- Fogli di mappa catastale del Comune di Monreale n° 103, 104, 106 e 107.
- Fogli di mappa catastale del Comune di Partinico n° 82, 98, 106, 114, 115, 116, 119, 121, 122, 123, 124 e 125.

Di seguito (figg. 2.1 e 2.2) sono riportate un'immagine di inquadramento territoriale ed il layout dell'impianto in progetto su ortofoto.



Figura 2.1: Inquadramento generale del territorio oggetto delle opere in progetto.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	7
PAR	ENG	REL	0037	00		

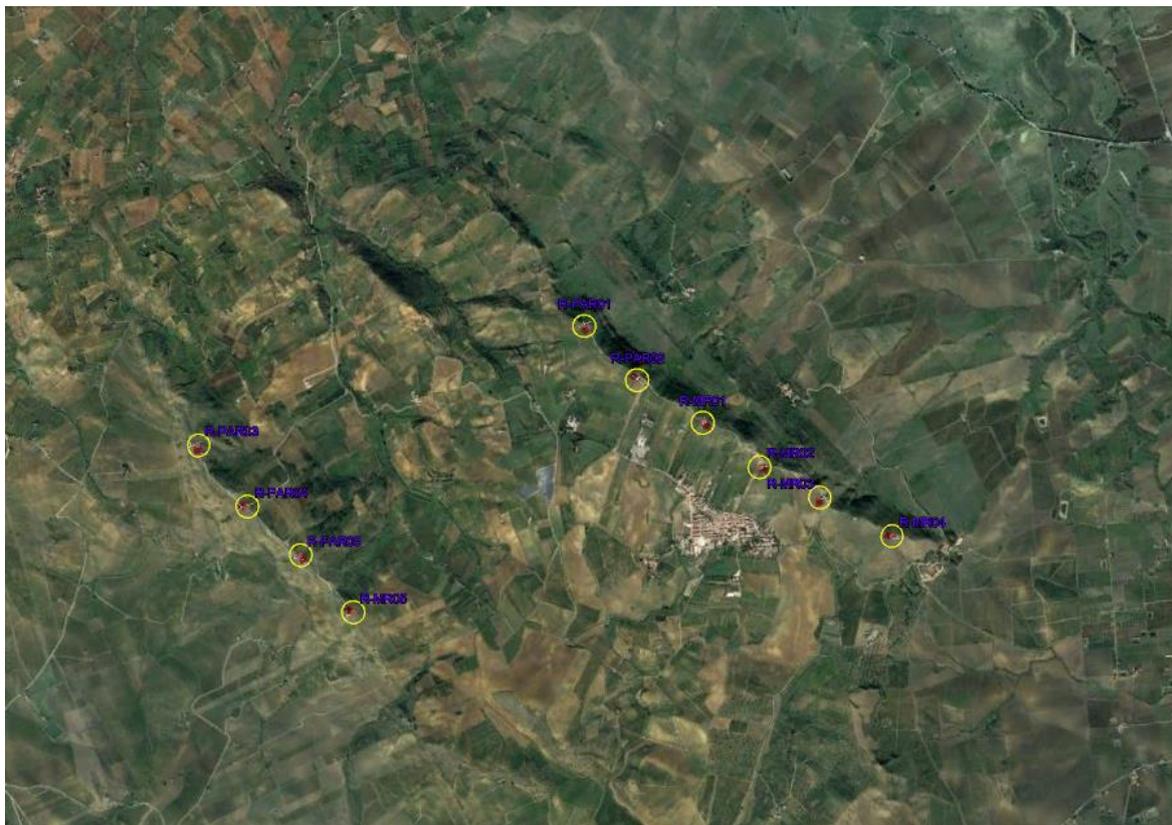


Figura 2.2: Layout dell'impianto su ortofoto.

La linea ideale che congiunge gli assi degli aerogeneratori si sviluppa lungo due crinali:

- *Crinale 1 in corrispondenza del Monte Castelluccio* lungo cui saranno localizzati i seguenti aerogeneratori: R-MR01, R-MR02, R-MR03, R-MR04, R-PAR01, R-PAR02.
- *Crinale 2 in corrispondenza di Costa Bisaccia* lungo cui saranno localizzati i seguenti aerogeneratori: R-MR05, R-PAR03, R-PAR04 e R-PAR05.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	8
PAR	ENG	REL	0037	00		

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

3.1. ANALISI IDROGRAFICA NELL'AREA DELL'IMPIANTO

L'area interessata dall'impianto si sviluppa prevalentemente lungo due differenti crinali: uno (area impianto Est) ubicato all'interno del bacino del fiume *Jato* e l'altro (area impianto Ovest), in corrispondenza dello spartiacque superficiale tra i bacini dei fiumi *Jato* e *San Bartolomeo*. Inoltre, una minima parte dell'impianto è ubicata all'interno dell'Area Territoriale tra il bacino del Fiume *Jato* ed il bacino del Fiume *S. Bartolomeo* (fig. 3.1).

A valle degli aerogeneratori est (in corrispondenza del *Monte Castelluccio*, versante Est), il territorio si presenta inciso da diversi impluvi che convogliano le acque verso il *Fiume Jato* o direttamente presso l'invaso *Poma*.

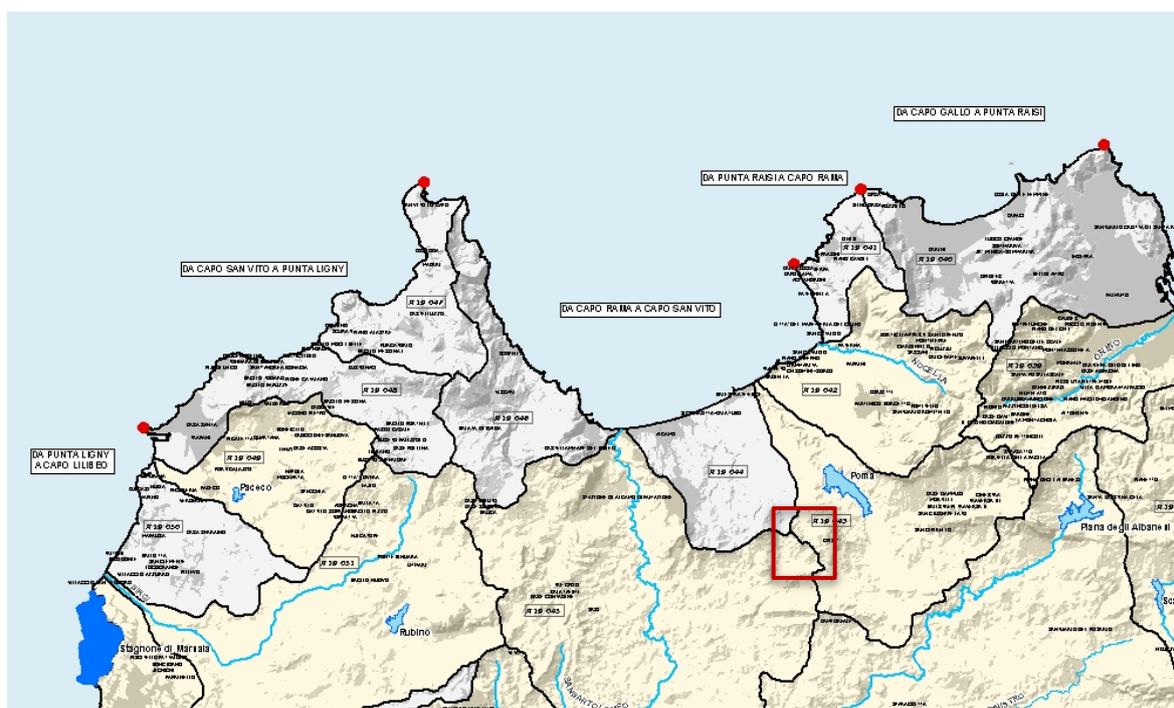


Figura 3.1: Stralcio dell'allegato A.1.1 al Piano di Tutela delle Acque, con l'individuazione dei bacini idrografici nell'area della Sicilia nord-occidentale. In rosso l'area di ubicazione delle opere in progetto.

Tali incisioni, per circa 500 m a valle del crinale, hanno caratteristiche “miste”, con pendenze elevate ma sezioni fluviali non molto definite. Nei tratti successivi, collinari, le pendenze si riducono e le sezioni idrauliche diventano incise, sebbene non molto regolari.

In corrispondenza del versante ovest del *Monte Castelluccio*, a monte della frazione di Grisi, la situazione è analoga. In questo caso, i torrenti e le incisioni presenti nel territorio risultano

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	9
PAR	ENG	REL	0037	00		

essere affluenti del *fiume Jato*, in sinistra idraulica, circa 18 km a monte della diga *Poma*. Anche a valle degli aerogeneratori ovest (in corrispondenza di *Costa Bisaccia*, versante Est), il territorio si presenta inciso da diversi impluvi, che convogliano le acque verso il *Vallone Ciurro Murro*, affluente del *fiume Jato* in prossimità dell'attraversamento dell'autostrada A29. In corrispondenza del versante ovest del promontorio di *Costa bisaccia*, una parte delle incisioni e degli impluvi confluisce nel *Vallone Ciurro Murro* (bacino Jato); l'altra parte, trovandosi all'interno del bacino idrografico del *fiume San Bartolomeo*, confluisce a valle verso il *Fiume Freddo*.

Il reticolo idrografico – in uno con le opere in progetto - è riportato su ortofoto in Allegato 1. Nell'immagine 3.2 è individuato il reticolo idrografico su CTR.

La planimetria con l'ubicazione delle opere in progetto in relazione ai bacini *San Bartolomeo* e *Jato* è riportata in Allegato 2.

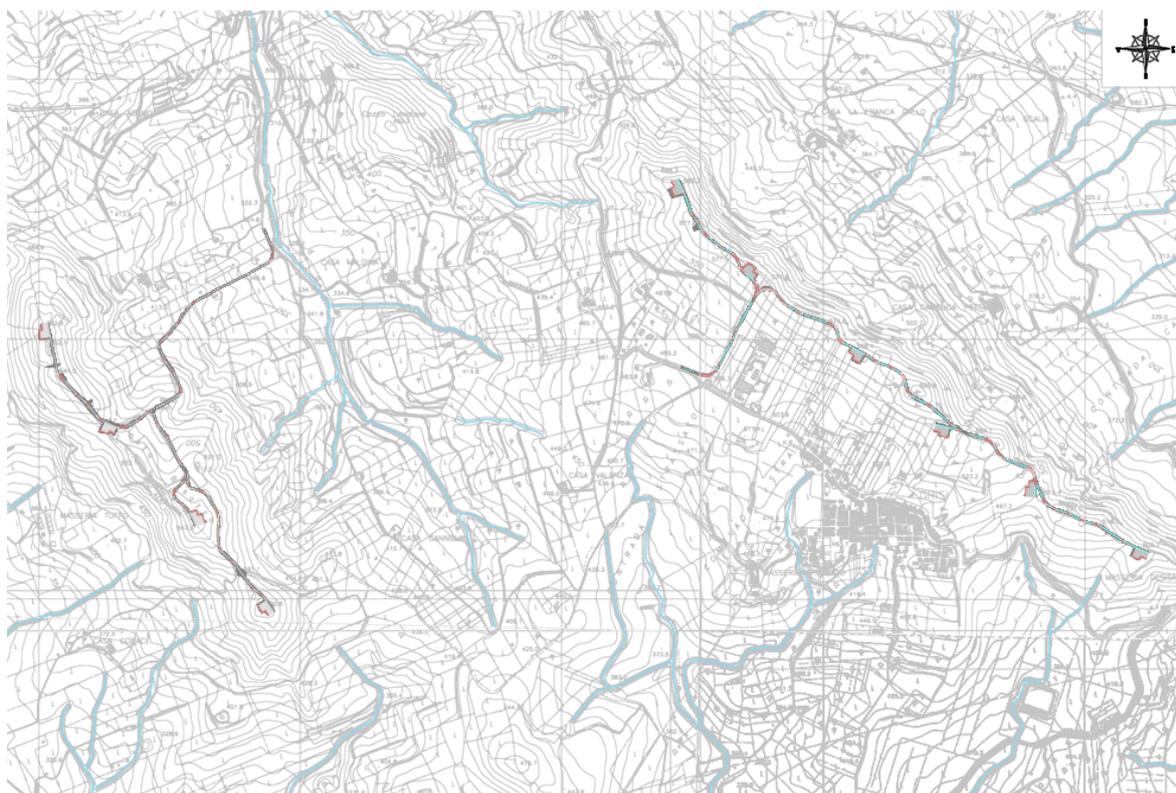


Figura 3.2: Reticolo idrografico su CTR, con riferimento alle opere oggetto di progettazione definitiva.

3.2. INTERAZIONE TRA LA VIABILITÀ ED I BACINI SCOLANTI

La parte Ovest dell'impianto, come detto nel paragrafo precedente, si sviluppa

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	10
PAR	ENG	REL	0037	00		

prevalentemente sulla dorsale di separazione tra il bacino idrografico del *fiume Jato* ed il bacino del *fiume San Bartolomeo*.

La parte Est, invece, benché ubicata sul promontorio del *Monte Castelluccio*, si trova interamente all'interno del bacino del *Fiume Jato*.

Tale posizionamento implica che i bacini scolanti “intercettati” dalla viabilità (esistente ed in progetto) siano di piccola estensione, con percorsi di corrivazione spesso dipendenti dal percorso dei fossi di guardia.

In allegato 3 è riportata una planimetria con la perimetrazione dei bacini scolanti sottesi alla viabilità del parco, il cui deflusso superficiale deve essere “smaltito” ed allontanato dalle opere idrauliche in progetto. Tali bacini hanno una dimensione variabile in un *range* compreso tra 0,0018 km² e 0,0408 km².

3.3. INTERAZIONE TRA LE OPERE IN PROGETTO E IL RETICOLO IDROGRAFICO

La realizzazione del nuovo impianto e il suo esercizio (così come l'esercizio di quello esistente) non inficiano le caratteristiche dei corpi idrici superficiali, né tantomeno quello dei corpi idrici sotterranei.

Con riferimento alla possibile interferenza tra le opere in progetto e i corpi idrici superficiali si osserva che aerogeneratori, piazzole e viabilità sono previsti nei pressi delle linee di displuvio che delimitano i Bacini Idrografici individuati: pertanto, non interferiscono con la rete idrografica del sito.

Inoltre, si fa presente che il progetto della viabilità interessa quella esistente e già a servizio del parco eolico ad oggi in esercizio e da dismettere.

Tale viabilità (come meglio esplicitato nell'elaborato “*Relazione idraulica*” PAR-ENG-REL-0038) sarà oggetto di opportune opere di adeguamento per la realizzazione del nuovo impianto e sarà dotata di opere di intercettazione e allontanamento delle acque meteoriche presso gli impluvi più vicini.

In modo analogo, le opere idrauliche saranno previste per la viabilità di nuova realizzazione che, comunque, avrà sviluppo limitato rispetto a quella esistente da adeguare.

Sarà posta particolare cura nella realizzazione delle opere di scarico delle acque intercettate dalla viabilità, prediligendo la realizzazione di più punti di scarico in modo non alterare il regime idrico superficiale esistente (opere ad “impatto zero”): in questo modo, le incisioni e gli impluvi non saranno interessati da immissioni idriche concentrate.

Anche la posa dei cavi MT di potenza non interferirà con il reticolo idrografico, in quanto i cavi correranno al di sotto della viabilità di servizio che, come ricordato, trova propria ubicazione nelle immediate adiacenze delle linee di displuvio di confine tra i Bacini Idrografici.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	11
PAR	ENG	REL	0037	00		

Infine, le opere in oggetto non prevedono nessuna forma di scarico sui corpi idrici superficiali, né tantomeno attingimenti dagli stessi.

3.4. BACINO DEL FIUME JATO

3.4.1 Analisi territoriale

Il bacino idrografico del F. Jato ricade nel versante settentrionale della Sicilia, nel territorio della provincia di Palermo, e si estende, per circa 195 km², dal *Monte Pizzuta* e dal centro abitato di Camporeale sino al Mar Tirreno, in Contrada Forgia, nel territorio di Balestrate.

Esso si inserisce tra i bacini del F. Belice e del F. Oreto ad est e l'area tra *F. Jato* e *F. San Bartolomeo* ad ovest, mentre si inserisce tra i bacini del *F. S. Bartolomeo* e del *F. Belice* a sud e *F. Nocella* e l'area tra il *F. Nocella* e *F. Jato* a nord.

Il serbatoio artificiale denominato Poma, è situato nell'alta valle del fiume in località *C./da Lazzarola*, nel comune di Partinico.

Il fiume Jato si sviluppa per circa 33 km e lungo il suo percorso riceve le acque di diversi affluenti tra i quali il *fosso della Ginestra* nella parte di monte, il *vallone Desisa*, nella parte centrale, a monte del lago Poma, ed il *vallone di Passerello* nelle vicinanze Santuario di Madonna del Ponte.

L'asta fluviale, dallo sbarramento Poma fino al mare, ha una lunghezza complessiva di circa 14 km. La morfologia del cavo fluviale è caratterizzata da tre differenti aspetti, differenziati secondo la pendenza, l'incasso dell'alveo, larghezza della vallata e sinuosità del tracciato.

3.4.2 Idrografia

La rete idrografica si presenta con andamento "pinnato" nella porzione nord-orientale del bacino, ove si imposta su versanti rocciosi morfologicamente ripidi e caratterizzati da vallette a V, poi evolve con andamento dendritico nelle aree caratterizzate da litologie a comportamento incoerente. Nell'area centrale del bacino il reticolo assume un andamento sub-dendritico, poiché alle basse pendenze dei versanti si associano litologie a permeabilità differente che determinano diverso grado di erosione ad opera delle acque dilavanti.

L'asta principale si presenta a meandri incassati, con due distinti gradi di maturità evolutiva: uno stadio più maturo nella parte terminale, dopo lo sbarramento, ed uno stadio meno maturo a monte del Lago Poma dove il fondo vallivo non è minimamente calibrato.

Nella parte terminale dello Jato vi scorre parallelamente un affluente che si origina dalle colline di Grisi, impostandosi con iniziale andamento dendritico su terreni argillosi, poi rettilineo sulle litologie a comportamento marnoso dei *Valloni Ciurro Murro* e *Passarellino*, in località Pantalina

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	12
PAR	ENG	REL	0037	00		

confluisce nell'asta principale dello Jato.

3.4.3 Pluviometria e climatologia

La zona interessata dal bacino imbrifero è caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, con addensamento delle piogge nel semestre invernale/primaverile (da ottobre a marzo). Le precipitazioni talvolta sono di notevole intensità e possono determinare piene elevate anche se di durata breve.

Dai dati pluviometrici presenti nel PAI si rileva come la precipitazione media annua dell'intero bacino nel periodo di osservazione trentennale è di 674 mm, le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia occidentale di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso da Ottobre ad Aprile (80 % circa del totale annuo) e minimi stagionali da Giugno ad Agosto, con il mese di Maggio che segna l'inizio del periodo arido, mentre il mese di Ottobre segna l'inizio della stagione piovosa.

Le punte minime, in generale, si registrano nel mese di Luglio, mentre le massime precipitazioni si verificano, con qualche eccezione, nel mese di Dicembre.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee ed essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-dolomitica che, a causa dell'elevata permeabilità (*per fessurazione*) favoriscono l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Considerato che le precipitazioni più basse sono durante i mesi a temperatura più elevata, tenendo conto del fatto che ci troviamo in presenza di rocce intensamente fessurate, le perdite per evapotraspirazione risultano alquanto limitate poiché l'acqua si infiltra velocemente nel sottosuolo, sottraendosi in gran parte agli effetti prodotti dal clima.

Quindi, la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso Ottobre-Aprile mentre, durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

La correlazione, effettuata con regressione lineare, tra le precipitazioni e l'altitudine si rileva abbastanza regolare, rispettando i principali modelli pluvio-altimetrici. I venti dominanti nell'area sono orientati prevalentemente da WSW.

3.4.4 Morfologia

L'area del bacino del Fiume Jato è caratterizzata da un assetto geomorfologico che dipende dal

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	13
PAR	ENG	REL	0037	00		

modello tettonico delle strutture geologiche presenti e dalla differente azione degli agenti erosivi sulle diverse litologie.

I paesaggi dominanti sono due: uno prevalentemente collinare che caratterizza il bacino dalla sua porzione meridionale (le colline di Camporeale), ove il maggiore rilievo presente è quello di *Monte Spezzapignate* (610 m s.l.m.), fino alle falde della *Dorsale Kumeta* ad Est e i monti che costituiscono gli spartiacque orientale e settentrionale; uno prevalentemente montuoso caratterizzato da aspri rilievi, fra i quali spiccano le *cime de La Pizzuta* (1.333 m s.l.m.), del *Monte Maja* e *Pelavet* (1.279 m s.l.m.), del *Pizzo della Nespola* (1.086 m s.l.m.), del *Monte Signora* (1.131 m s.l.m.) e del *Monte Matassaro Renna* (1.131 m s.l.m.).

A questi due paesaggi predominanti si aggiunge la piana di Partinico, il cui assetto morfologico è il risultato dei sollevamenti della piana stessa nel Pleistocene e dell'erosione di fondo dei corsi d'acqua che ha determinato il loro caratteristico andamento meandriforme incassato.

I corsi d'acqua presenti nel bacino hanno un orientamento prevalente N-W e si presentano estremamente sinuosi, adattandosi manifestatamente alle fratture impostatesi nelle arenarie pleistoceniche. Il Fiume Jato è incassato in una stretta gola a meandri, ove nessun terrazzo medio si è più conservato.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	14
PAR	ENG	REL	0037	00		

4. INFORMAZIONE IDROLOGICA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole del parco eolico *Partinico-Monreale*.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni metereologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata.

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 oggetto, 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 "*Partinico-Monreale*".

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

4.1. METODO TCEV SICILIA

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia b e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI¹.

¹ Il Progetto VAPI (VALutazione PIene) sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	15
PAR	ENG	REL	0037	00		

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. 4.1).

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo Λ_1 (tabella 4.1), 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

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	16
PAR	ENG	REL	0037	00		

del parametro Λ_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 μ 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 (tabella 4.2).

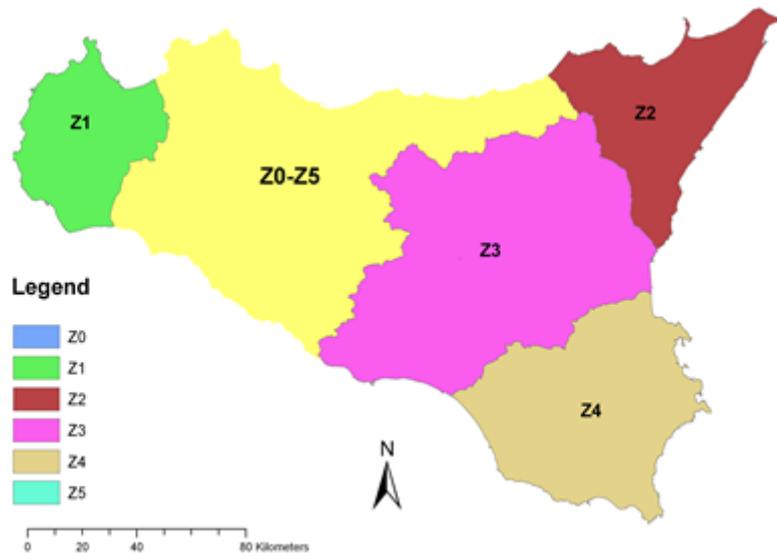


Figura 4.1: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

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.

Sottozona Parametro	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Λ_1	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 4.1: Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	17
PAR	ENG	REL	0037	00		

et al, 2007).

Sottozona Parametro	Z₀-Z₅	Z₁	Z₂	Z₃	Z₄
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 4.2: 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 μ 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 μ 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). Nelle figg. (4.2) e (4.3) è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	18
PAR	ENG	REL	0037	00		

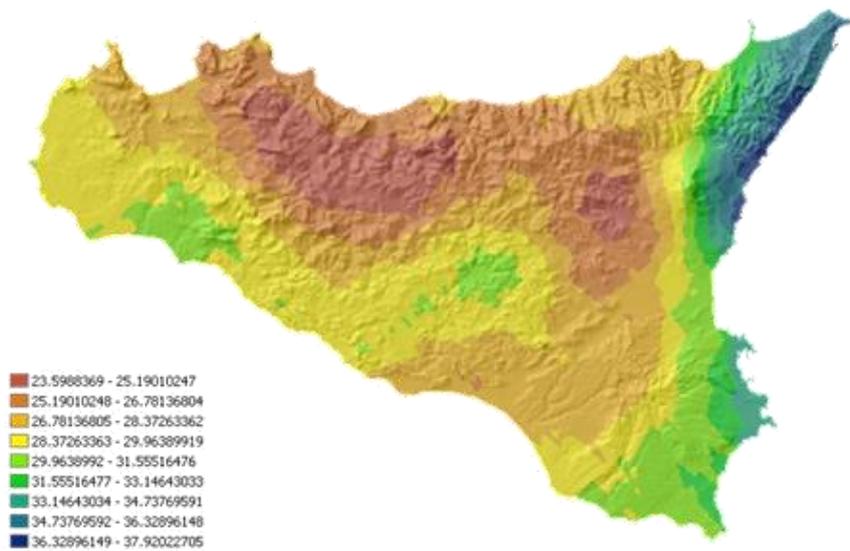


Figura 4.2: Valori dei coefficienti *a* per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

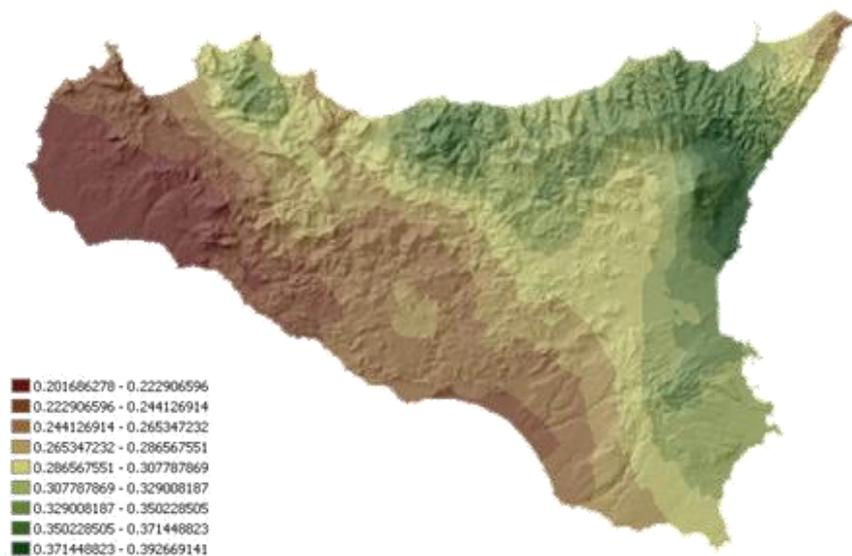


Figura 4.3: Valori dei coefficienti *n* per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse $T = 25$ anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata $h_{t,T}$ e la legge di probabilità pluviometrica.

4.2. CALCOLO DELLA C.P.P.

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea $Z_0 - Z_5$: il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti *a* e *b* (in base ai valori della tabella 4.2):

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	19
PAR	ENG	REL	0037	00		

$$K_T = 0.4485 \ln(T) + 0.5117$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto - pari a 25 anni - ed individuata la stazione pluviometrica più vicina al sito in esame, è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

La stazione pluviometrica di riferimento è la seguente:

○ **Fellamonica**

Anni di funzionamento: 28

Sensori presenti: Pluviometro

Altitudine: 226 m.s.l.m.

Per essa, come per le restanti stazioni pluviometriche siciliane, i valori di a ed n risultano tabellati. Per tale stazione sono individuati i seguenti valori: $a = 26,174$ ed $n = 0,289$.

E' quindi possibile individuare la curva di probabilità pluviometrica per il sito in esame, corrispondente ad un tempo di ritorno $T=25$ anni.

Valori $h_{t,T}$ [mm]

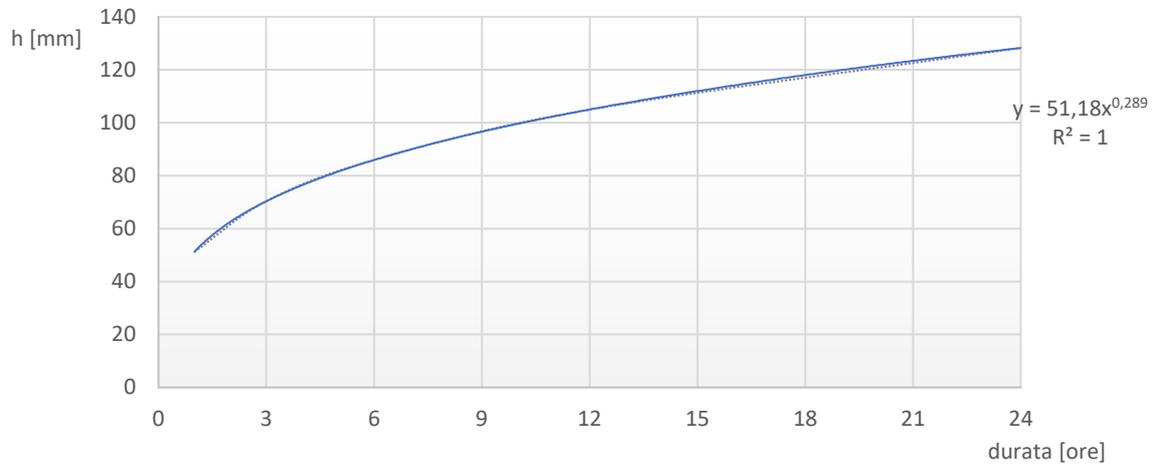
t [ore]	$T=25$ anni
1	51.18
3	70.30
6	85.90
12	104.95
24	128.23

L'espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica è la seguente:

$$T = 25 \text{ anni} \quad h(t) = 51,18 \cdot t^{0.289}$$

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	20
PAR	ENG	REL	0037	00		

Curva di probabilità pluviometrica (ADF)



4.3. PIOGGE BREVI

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze h_t aventi durate $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente s è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996*).

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0,386}$$

4.4. SUPERFICI DI INFLUENZA

La principale caratteristica delle misure di precipitazione è di essere *puntuali*, cioè di riferirsi al punto in cui è posizionato lo strumento. La quantità di precipitazione che affluisce in un fissato intervallo di tempo in una data *area* deve essere valutata, in linea di principio, a partire dalle misure puntuali effettuate dalle stazioni di misura ricadenti nell'area o in essa limitrofe.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	21
PAR	ENG	REL	0037	00		

Tuttavia, data la vicinanza della stazione considerata ai bacini scolanti e le ridotte dimensioni di tali bacini, non si individuano le superfici di influenza nell'ipotesi che le caratteristiche di precipitazione all'interno del bacino siano legate esclusivamente a quelle della stazione pluviometrica "Fellamonica".

Inoltre, date le ridotte dimensioni dei bacini ($S < 10 \text{ km}^2$), non verrà effettuato il ragguglio spaziale delle precipitazioni ($ARF=1$).

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	22
PAR	ENG	REL	0037	00		

5. ALLEGATI

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	23
PAR	ENG	REL	0037	00		

5.1. ALLEGATO 1: RETICOLO IDROGRAFICO SU ORTOFOTO.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	24
PAR	ENG	REL	0037	00		

5.2. ALLEGATO 2 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO: UBICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO CON RIFERIMENTO AI BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO PARTINICO-MONREALE RELAZIONE IDROLOGICA	25
PAR	ENG	REL	0037	00		

**5.3. ALLEGATO 3: PERIMETRAZIONE DEI BACINI SCOLANTI
INTERCETTATI DALLA VIABILITÀ DEL PARCO.**