



Ichnusa wind power srl

PROGETTO PRELIMINARE

**PARCO EOLICO FLOTTANTE
NEL MARE DI SARDEGNA
SUD OCCIDENTALE**



Progettazione:

ing. Luigi Severini

iLStudio

Engineering & Consulting Studio

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Domanda di Autorizzazione Unica ex art. 12 DLgs 387/ 2003

Ministero dell'Ambiente

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex DLgs 152/2006

RELAZIONE METEOMARINA

R11

F0219U.R011.RELMET.00.0

30 marzo 2020

00	03/2020	EMESSO PER APPROVAZIONE	L. CARRIERI / A. SEVERINI	L.SEVERINI
REV	DATA	DESCRIZIONE	DESIGNER	PLANNER

Codice:

F	0	2	1	9	U	R	0	1	1	R	E	L	M	E	T	0	0	b
NUM.COMM.			ANNO		CODSET	NUM.ELAB.			DESCRIZIONE ELABORATO							REV.	R.I.	

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 3 Di 46

1	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2	INTRODUZIONE.....	4
	2.1 Generalità	4
	2.2 Ubicazione	5
	2.3 Layout dell'impianto.....	6
3	PROFILO ANEMOLOGICO	7
	3.1 Analisi dei dati anemometrici.....	8
4	PROFILO ONDAMETRICO	14
	4.1 Ubicazione dei paraggi	15
	4.2 Analisi dei fetch	16
	4.3 Regime ondoso	18
	4.4 Il metodo della trasposizione	18
	4.5 Valori estremi di moto ondoso a largo	28
5	PROFILO MAREOGRAFICO	30
	5.1 Temperatura del mare.....	30
	5.2 Presenza di ghiaccio	32
	5.3 Densità dell'acqua	32
	5.4 Marine growth mass.....	32
	5.5 Livello relativo di marea	33
	5.6 Livello di salinità	35
	5.7 Profilo batimetrico.....	37
	5.8 Correnti marine	39
6	RIFERIMENTI	43

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 4 Di 46

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione fornisce un inquadramento del profilo meteo marino del sito individuato per l'installazione dell'impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo offshore galleggiante Floating Offshore Wind Farm – FOWF nel Mare della Sardegna Sud Occidentale.

2 INTRODUZIONE

L'analisi svolta ha valutato le caratteristiche meteomarine pertinenti il contesto operativo del parco eolico offshore.

I principali parametri investigati sono:

- il *profilo anemologico* della località (caratterizzazione statistica della direzione e dell'intensità del vento con la quota),
- il *profilo ondametico* (caratterizzazione statistica del moto ondoso nei termini della direzione media di provenienza, periodo medio e di picco, altezza d'onda significativa, rispetto a condizioni ordinarie ed estreme),
- il *profilo mareografico*, (caratterizzazione delle condizioni termo-fisiche del mare, andamento annuale del livello di marea, correnti marine, stima del livello di salinità medio, etc.).

2.1 Generalità

L'impianto eolico offshore in progetto è composto da 42 turbine eoliche, ciascuna con potenza nominale di 12 MW, per una capacità totale dell'impianto pari a 504 MW. Le turbine sono disposte in due gruppi (nel seguito indicati come *sottoparchi*) costituiti da 21 aerogeneratori ciascuno. A sua volta, ogni sottoparco, è suddiviso in *sottocampi* ciascuno di 7 aerogeneratori. Per ogni sottoparco sono inoltre previsti (vedi Figura 2.1):

- una rete di cavi marini in alta tensione (66 kV) per l'interconnessione delle turbine,
- una sottostazione elettrica di elevazione della tensione da 66 a 220 kV,
- un elettrodotto marino in alta tensione (220 kV),
- un punto di giunzione onshore per la transizione mare – terra ed il trasporto elettrico alla sottostazione di consegna da cui effettuare il collegamento alla rete elettrica nazionale.

L'impianto interesserà i seguenti ambiti territoriali:

- la *Piattaforma Continentale Italiana*, per l'installazione delle torri eoliche, dei cavi marini in alta tensione e del primo tratto dell'elettrodotto marino verso terra;
- il *mare territoriale*, per il passaggio dell'elettrodotto marino sino alla terraferma;
- parte del *territorio regionale sardo*, per il passaggio dell'elettrodotto terrestre dal punto di approdo a terra sino al punto di connessione con la RTN (Rete di Trasmissione Nazionale).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020	Pagina 5 Di 46

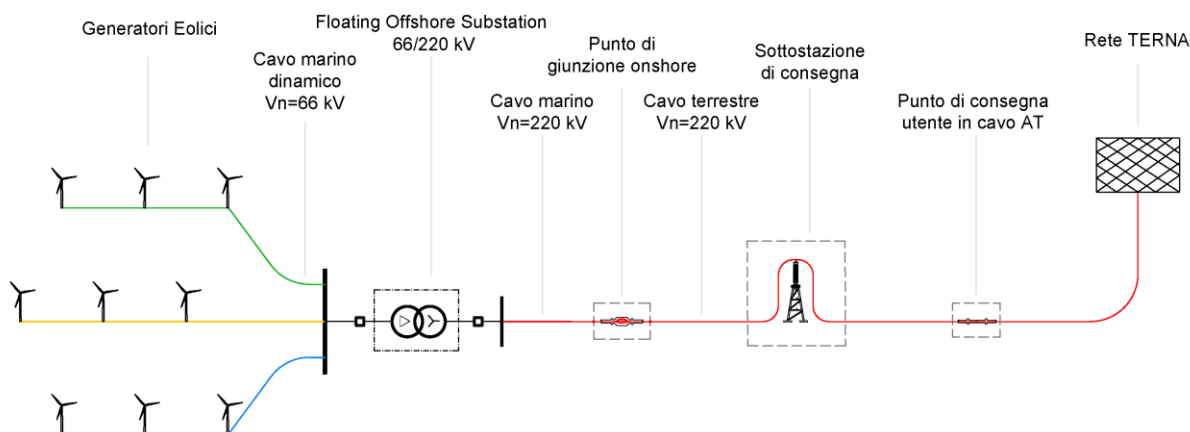


Figura 2.1 – Layout della catena sottoparco – rete Terna. Elaborazione iLStudio.

2.2 Ubicazione

L'impianto di generazione eolica è ubicato nella zona di mare antistante la costa sud - occidentale della Sardegna a circa 35 km dalle coste sarde.

Parco eolico del Mare di Sardegna Sud Occidentale

Ubicazione geografica su mappa batimetrica, distanze dalla costa.

Legenda

- ✚ Aerogeneratore
- ▲ Sotto stazione elettrica
- Buffer 35 km costa

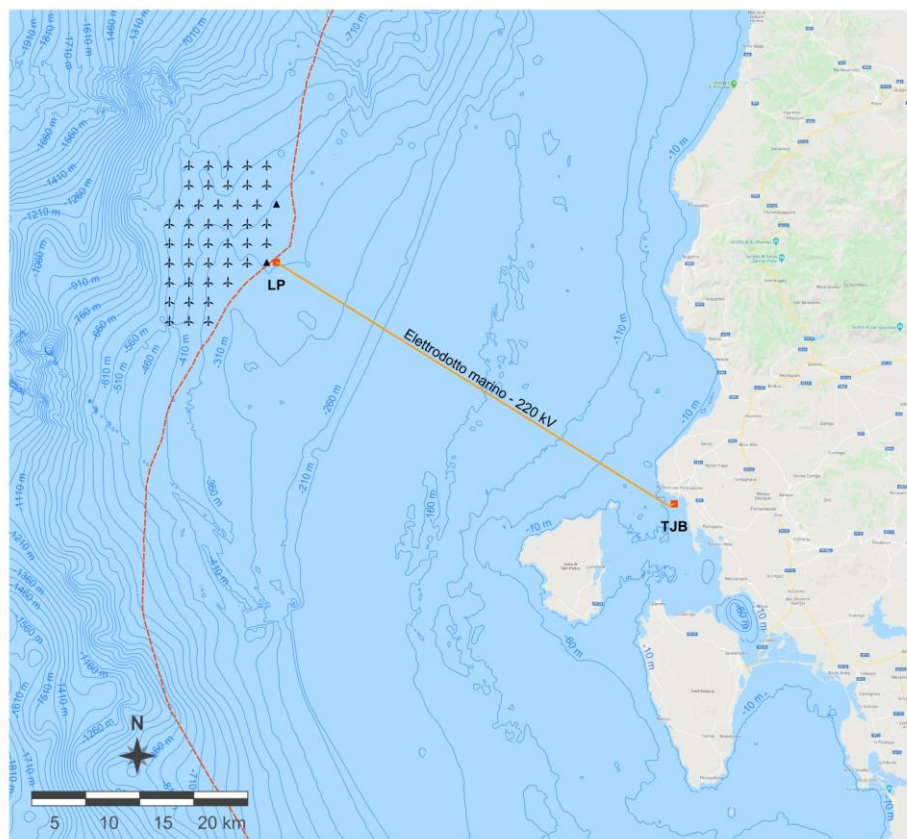


Figura 2.2 – Ubicazione impianto. Elaborazione iLStudio.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 6 Di 46

Il posizionamento del parco sintetizza diversi studi e consultazioni che hanno fornito una conoscenza preliminare delle caratteristiche del sito e delle sue criticità.

Le turbine eoliche galleggianti (a seguire FOWT: Floating Off-Shore Wind Turbine) sono un recente e innovativo sviluppo tecnologico che permette di realizzare fondazioni per parchi eolici offshore su fondali profondi con costi sostenibili e impatti ambientali trascurabili.

Le fondazioni saranno di tipo galleggiante e l'hub della navicella sarà posizionato a circa 160 m di altezza sul livello medio mare.

2.3 Layout dell'impianto

L'impianto eolico comprende in totale 44 fondazioni galleggianti, di cui 42 per turbine OWT e due per le sottostazioni offshore (FOS, Floating Offshore Substation), previste ad Est del parco e indicate in Figura 2.3. Le turbine sono collegate l'una all'altra e alla sottostazione attraverso linee elettriche sottomarine.

Parco eolico del Mare di Sardegna Sud Occidentale

Layout parco eolico su mappa batimetrica, linee sottocampi.

Legenda

-  Aerogeneratore
-  Sotto stazione elettrica
-  Buffer 35 km costa
-  MarineCableLP_TJB
-  MarineCableFOS_LP

Sottocampi

-  SC1A
-  SC1B
-  SC2A
-  SC2B
-  SC3A
-  SC3B

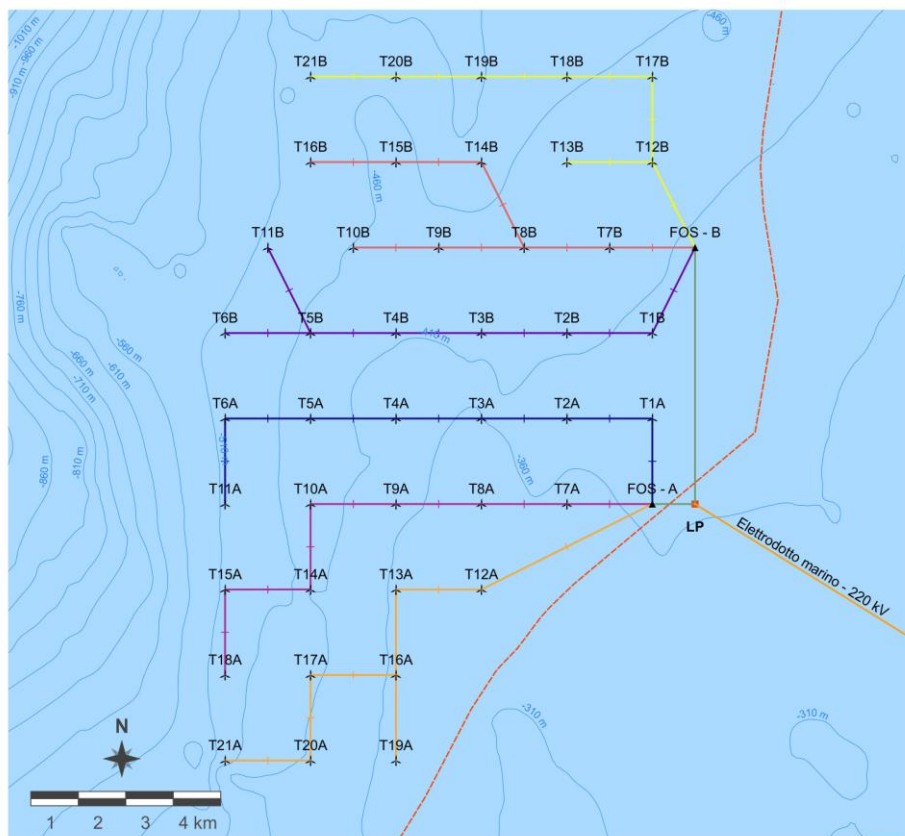


Figura 2.3 – Layout impianto. Elaborazione iLStudio.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 7	Di 46

3 PROFILO ANEMOLOGICO

Il profilo anemologico della località, inteso come mappa di intensità e direzione del vento statisticamente significative per il sito, è stato estrapolato da dati storici del servizio MetOcean (DHI, 2020) elaborati secondo il modello NCEP CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) per il periodo 1 gennaio 1979 – 31 maggio 2019 e relativi alla quota 10 m.s.l.m.

Il modello considera l'interazione termofluidodinamica tra i domini globali aria, terra e acqua fornendone una rappresentazione di stato oraria con ottima risoluzione spaziale, inferiore a 30 km per il comparto offshore nell'immediato intorno del parco. La Figura 3.1 mostra il posizionamento relativo tra il parco e i punti del reticolo di calcolo del modello globale ritenuti significativi per l'analisi.

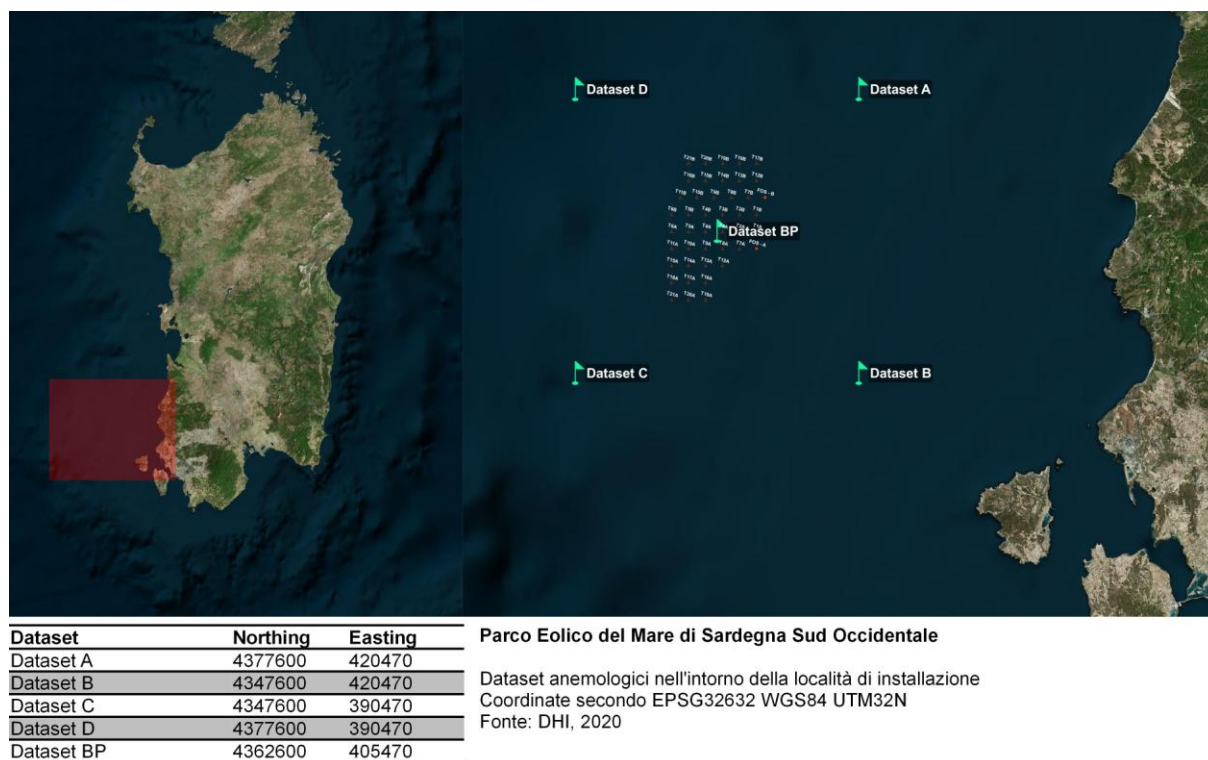


Figura 3.1 – Dataset anemologici disponibili nell'intorno del parco. Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020)

I dataset sono stati elaborati per estrapolare il regime di vento alla quota di 100 m.s.l.m. attraverso la nota wind logarithmic law (Manwell & McGowan, 2009) che descrive il profilo di velocità nella regione dello strato limite atmosferico, sotto le ipotesi di superficie limite piana ed omogenea. La velocità $v(z)$ alla generica quota z vale dunque:

$$v(z) = v(z_{rif}) \frac{\log\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\log\left(\frac{z_{rif}}{z_0}\right)} \quad \text{eq. (1)}$$

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 8	Di 46

nella quale $v(z_{rif})$ è la velocità del vento alla quota di riferimento z_{rif} , z_0 è la quota corrispondente alla rugosità caratteristica della superficie limite. Alcuni valori caratteristici di z_0 sono riportati in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Valori z_0 per diverse tipologie di superficie limite

z_0 [mm]	Caratteristiche della superficie limite
0.01	Ghiaccio o fango molto lisci
0.20	Mare calmo
0.50	Mare mosso
3.00	Superficie innevata
8.00	Erba da prato
50.00	Colture
100.00	Pochi alberi
250.00	Molti alberi, siepi, pochi edifici
500.00	Foreste e boschi
1500.00	Periferia urbana
3000.00	Centro cittadino con edifici alti

Per il caso in esame, volendo tenere in conto gli effetti dei possibili stati di mare sullo sviluppo dello strato limite, il profilo di velocità è stato dedotto nelle due condizioni di “mare calmo” e “mare mosso” assumendo valori di z_0 rispettivamente pari a 0.20 e 0.50 mm.

3.1 Analisi dei dati anemometrici

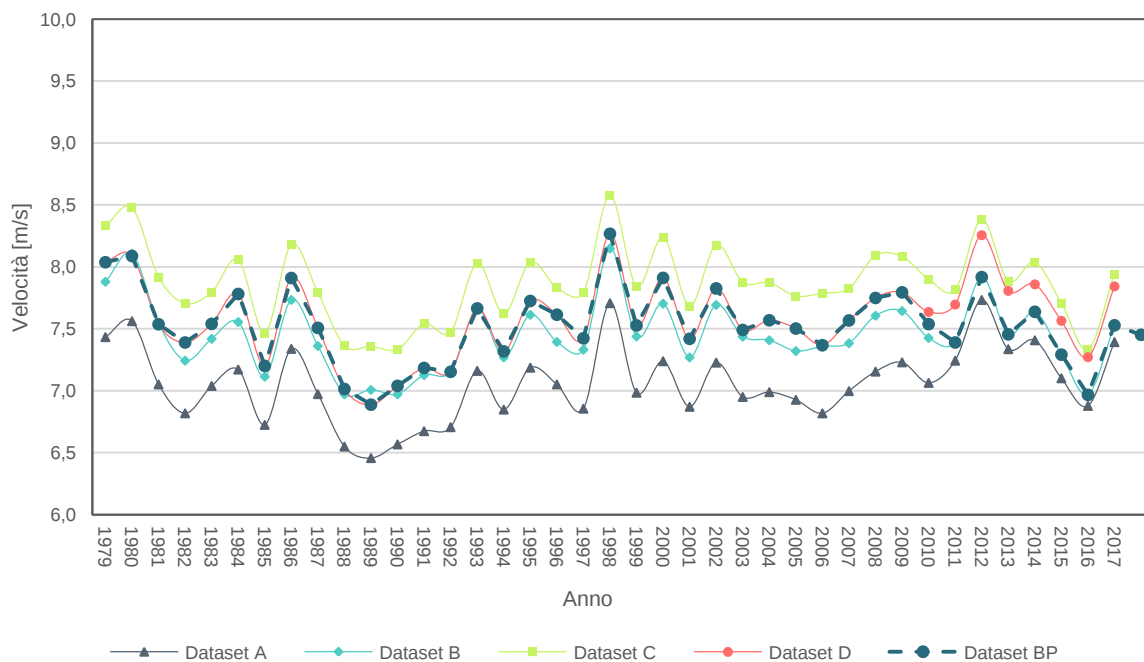
La sensibilità del dato anemometrico rispetto alle condizioni al contorno (riferimento geografico del dataset e caratteristiche della superficie limite) è stata vagliata attraverso l'analisi e il confronto diretto dei dati disponibili.

La Figura 3.2 raffronta le velocità medie annuali a 100 m.s.l.m. per ciascun dataset. In Figura 3.3 si propone invece il medesimo confronto relativamente al parametro velocità massima del vento. Il trend generale vede la velocità media crescere nella direzione sud – ovest ove, certamente, i flussi risentono meno della presenza della terraferma.

I dataset non esibiscono differenze significative, almeno da un punto di vista qualitativo, così come non è significativo lo scostamento rispetto alle caratteristiche della superficie limite (z_0). In ogni caso l'errore massimo sulla velocità media in relazione al dataset scelto è, in modulo, generalmente attorno ad 1 m/s.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	9 Di 46

CONFRONTO DATASET ANEMOLOGICI
Velocità media annuale
 $(z_0 = 0,20 \text{ mm})$



CONFRONTO DATASET ANEMOLOGICI
Velocità media annuale
 $(z_0 = 0,50 \text{ mm})$

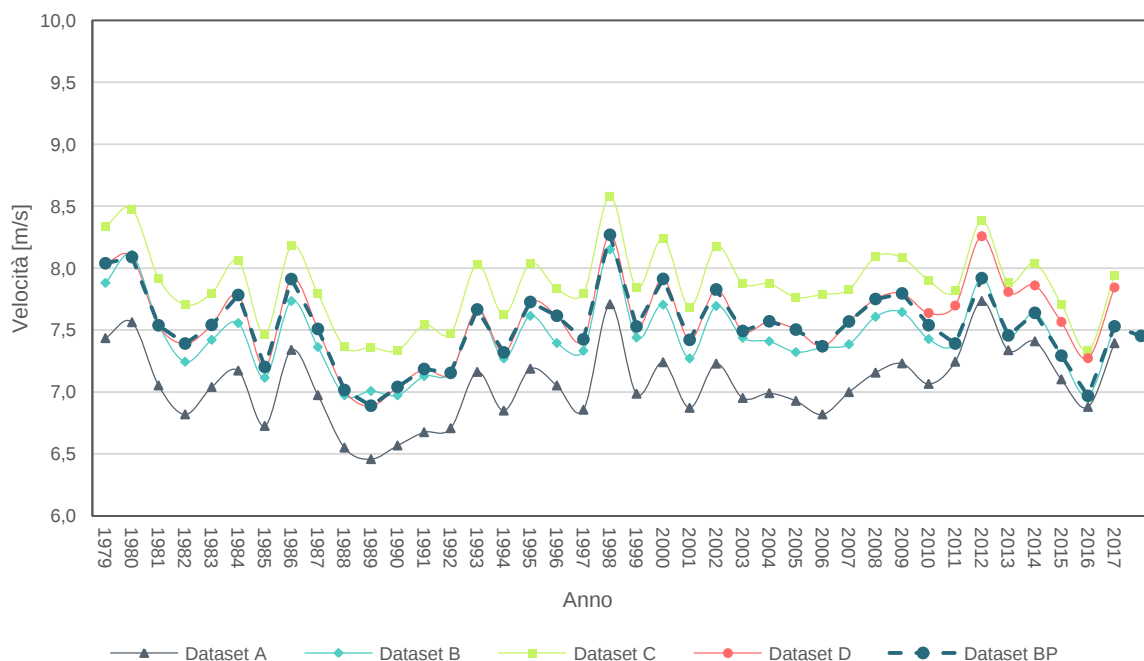


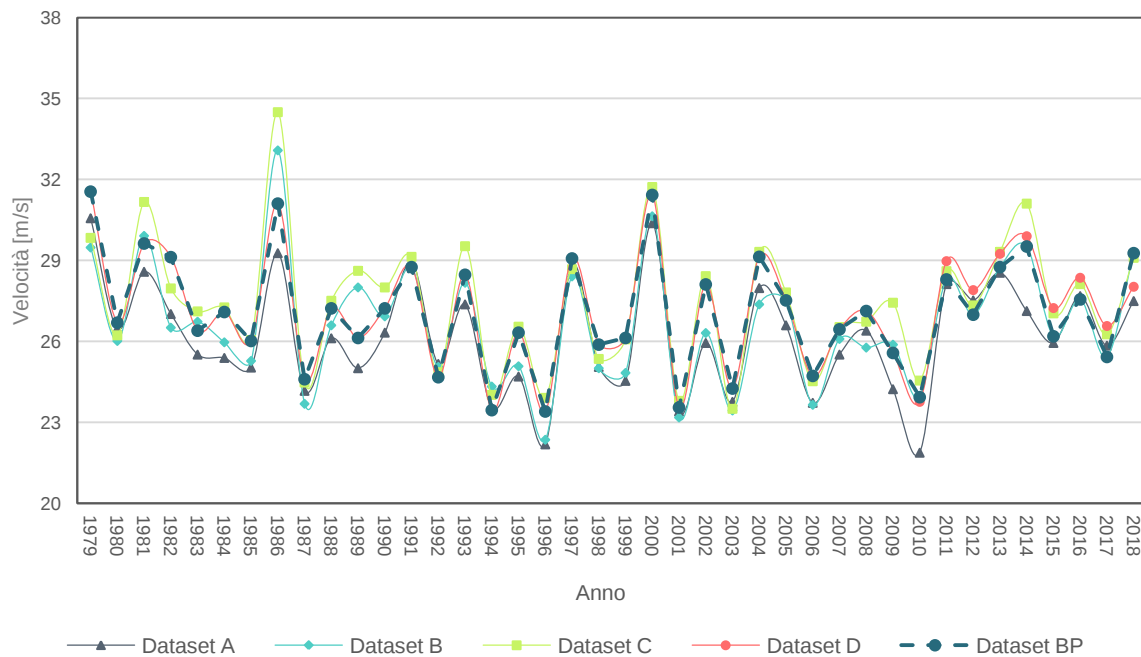
Figura 3.2 –Velocità media annuale, confronto dataset. Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE			Documento F0219U.R011.RELMET.00.b		
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE			Data	Marzo 2020	
	RELAZIONE METEOMARINA			Pagina	10	Di

CONFRONTO DATASET ANEMOLOGICI

Velocità massima annuale

($z_0 = 0,20$ mm)



CONFRONTO DATASET ANEMOLOGICI

Velocità massima annuale

($z_0 = 0,50$ mm)

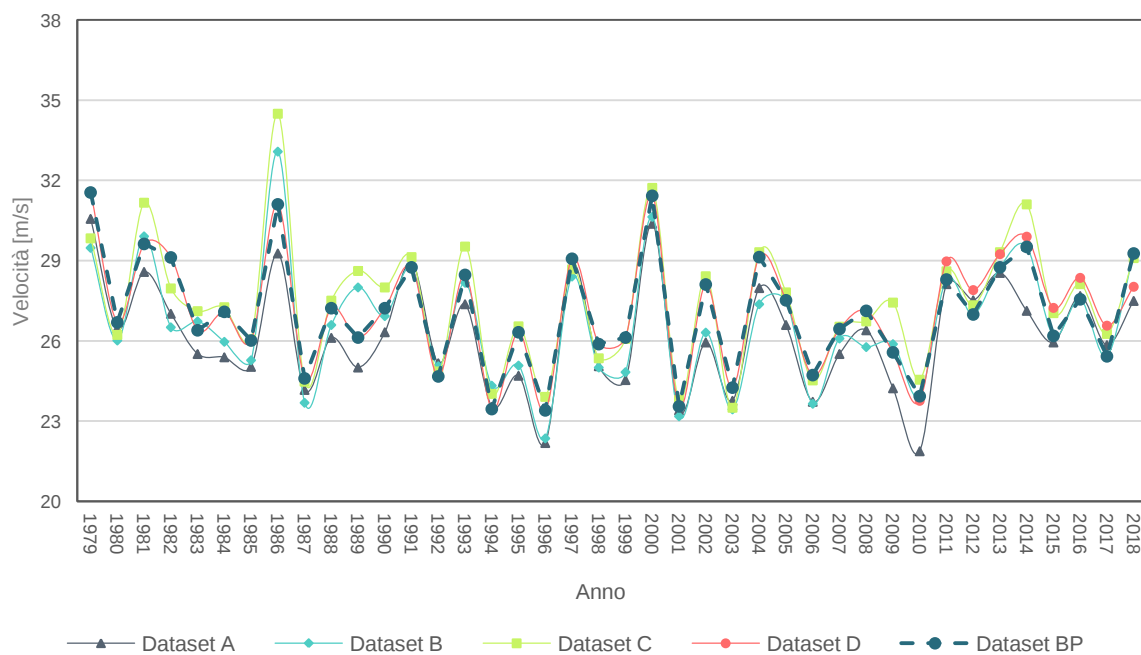


Figura 3.3 –Velocità massima annuale, confronto dataset. Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 11 Di 46

La Figura 3.4 confronta la velocità media (aritmetica) calcolata su ciascun dataset al variare sia di z_0 ; nella stessa figura, fissate le velocità di cut - in e cut - off della turbina (scelte a valori 3 e 28 m/s rispettivamente) sono anche riportate le frequenze di funzionamento annuale in regime di produzione.

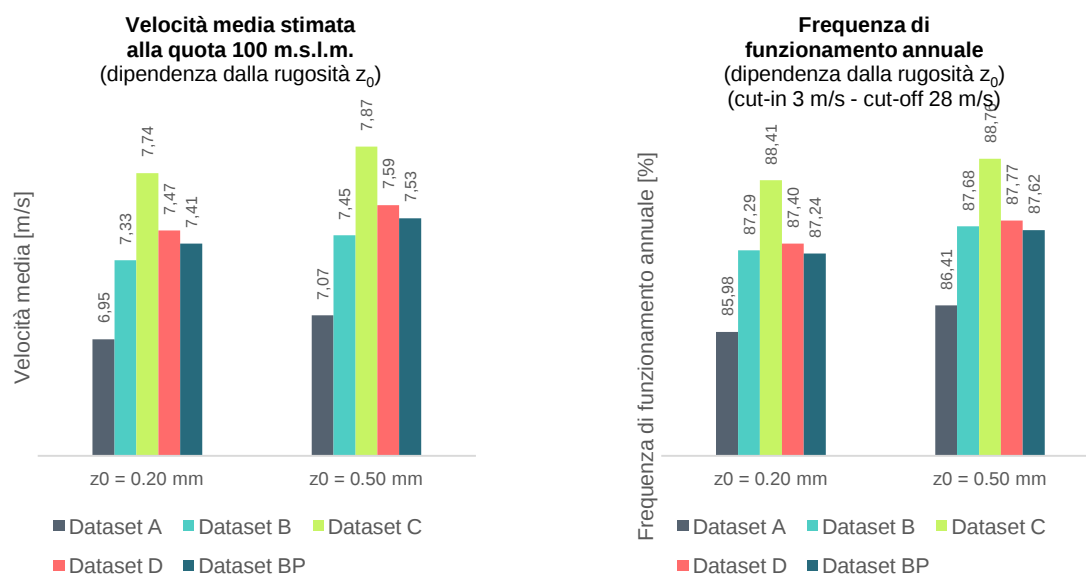


Figura 3.4 – Influenza della posizione geografica e delle caratteristiche della superficie limite sulla velocità media del vento e sulla frequenza annuale di funzionamento dell'impianto. Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020).

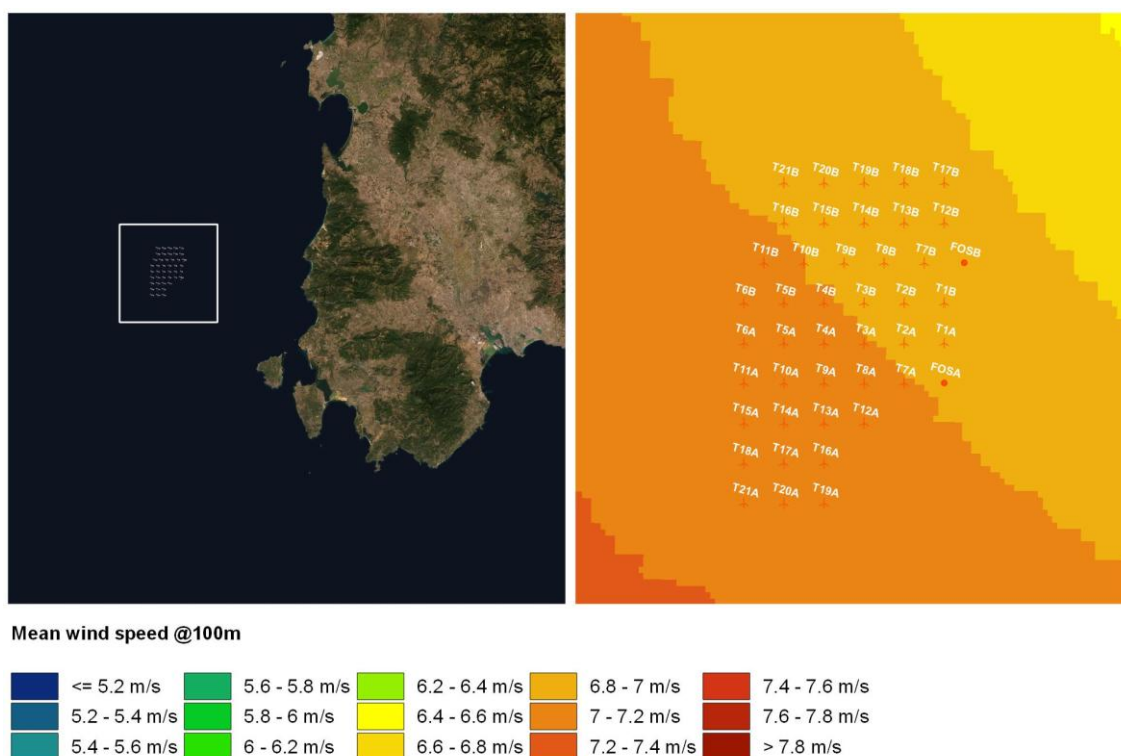


Figura 3.5 – Mappa della ventosità media annuale a 100 m.s.l.m. Elaborazione iLStudio su dati (Technical University of Denmark (DTU), 2020).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
		Data	Marzo 2020
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina	12
	RELAZIONE METEOMARINA	Di	46

I valori sono compatibili con i dati anemologici del dataset di vento del Global Wind Atlas (Technical University of Denmark (DTU), 2020) riportati in (Figura 3.5) per la zona di indagine.

Anche la direzione di vento e la relativa frequenza sono coerenti tra i diversi dataset disponibili come mostrato in Figura 3.6. Si riconosce in particolare la direzione di vento prevalente da nord – ovest verso sud – est nel settore centrato sui 330 gradi nord.

CONFRONTO DATASET ANEMOLOGICI
Frequenza vento per direzione

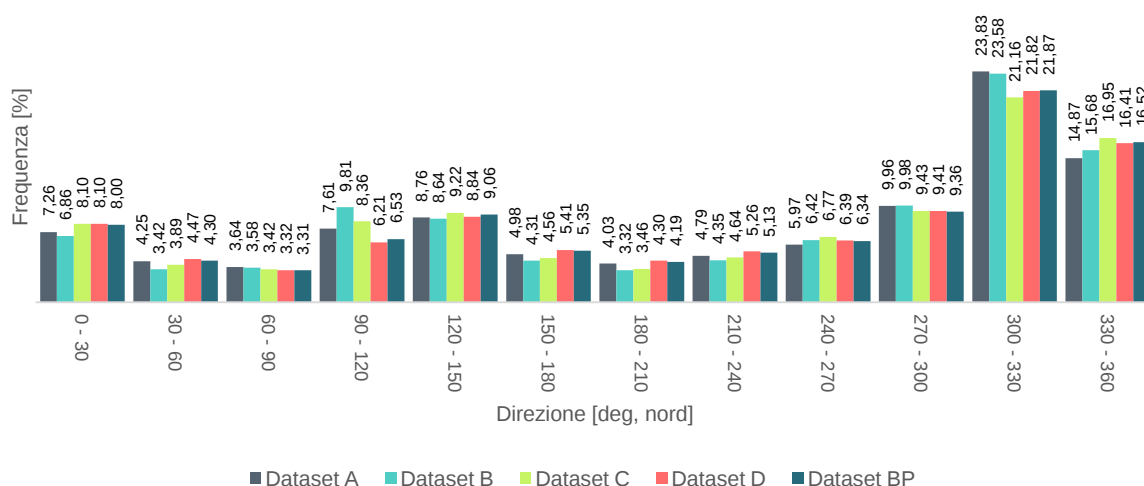


Figura 3.6 – Frequenze di vento per direzione, variazione con la posizione geografica.
Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020).

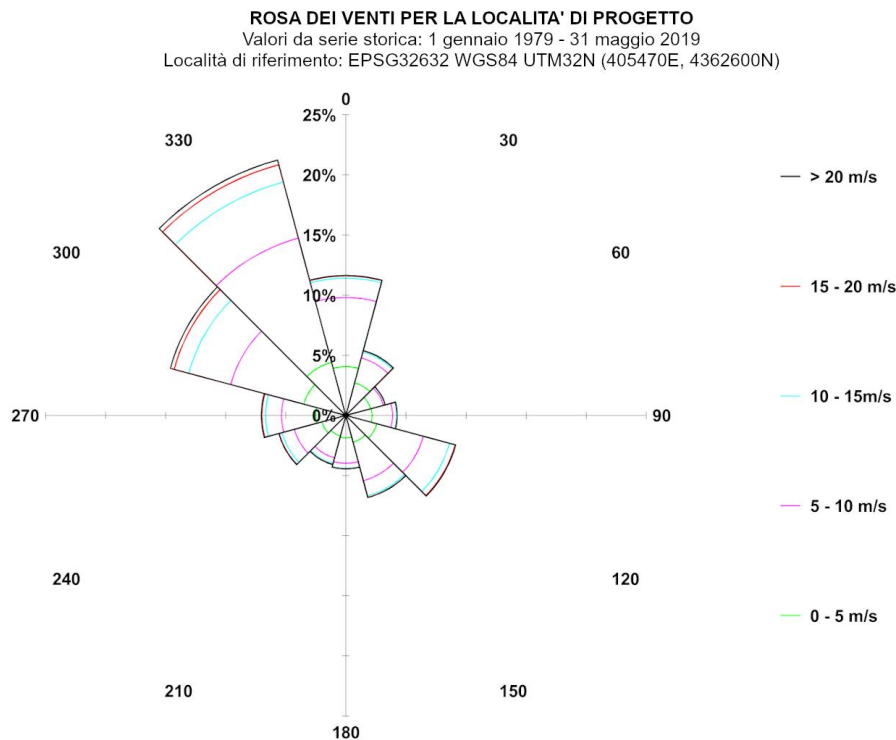
Vista l'estensione geografica del parco, valutata la sua posizione rispetto alle mappe di ventosità del Global Wind Atlas (Figura 3.5), esaminati inoltre gli andamenti dei parametri di interesse (Figura 3.2 e Figura 3.4), i dataset BP e D sono stati eletti quali migliori rappresentanti del regime di vento nell'area del parco.

L'analisi MCP (misura – correlazione – predizione) operata su tali dataset restituisce una velocità media di vento di lungo periodo pari a 7.35 m/s a 100 m.s.l.m ovvero 7.61 m/s alla quota hub 160 m.s.l.m.

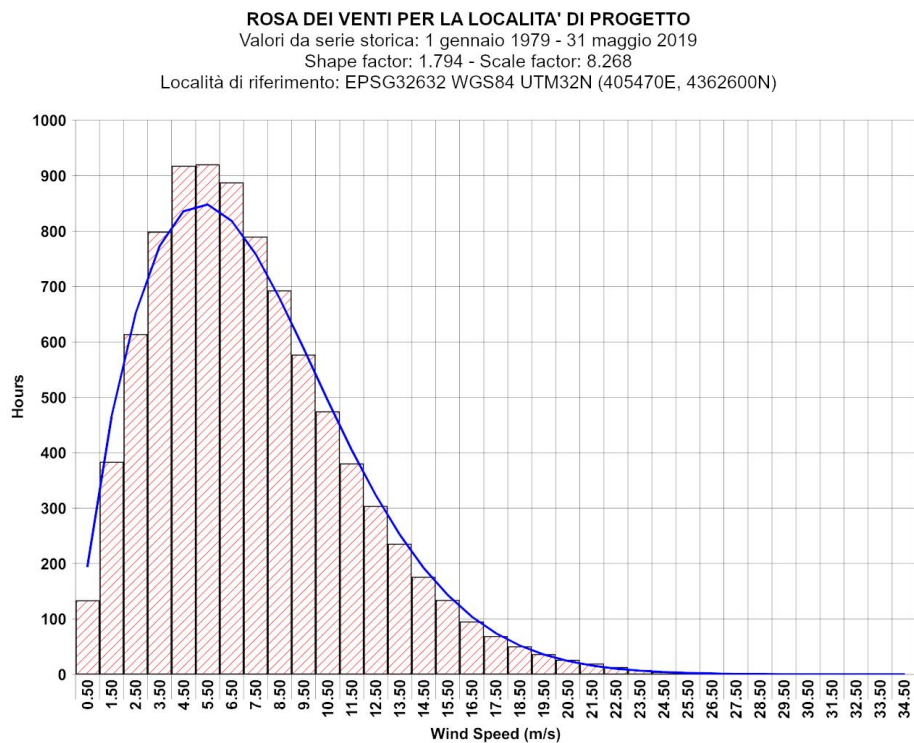
La rosa dei venti e l'istogramma delle frequenze che ne derivano sono mostrati in Figura 3.7 e Figura 3.8 (direzione di riferimento per il vento 0 deg N).

La stima del tempo operativo medio dell'impianto in regime di produzione, ottenuta censurando il dataset storico rispetto alle velocità di cut – in e cut – off degli aerogeneratori (rispettivamente 3 e 28 m/s) è statisticamente compresa tra l'85 e il 90% (su base annuale) a conferma della stabile e cospicua risorsa energetica disponibile nel sito.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 13 Di 46



*Figura 3.7 – Rosa dei venti per la località del parco.
Elaborazione iLStudio mediante software WindFarm basata su dati (DHI, 2020).*



*Figura 3.8 – Istogramma delle frequenze di vento.
Elaborazione iLStudio mediante software WindFarm basata su dati (DHI, 2020).*

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 14	Di 46

4 PROFILO ONDAMETRICO

La ricostruzione del moto ondoso, intesa come caratterizzazione dell'onda significativa in termini di altezza, periodo, direzione e frequenza, è stata effettuata con l'impiego di dati provenienti dai rilievi ondametrici del sistema RON (Rete Ondametrica Nazionale) trasposti su di una Boa virtuale nelle vicinanze della località di progetto.

I dataset RON si basano su rilevazioni dirette del regime d'onda attraverso boe ondametriche, opportunamente strumentate, con periodo di campionamento teorico non inferiore a trenta minuti ogni tre ore e comunque variabile in ragione diretta dell'altezza d'onda (con acquisizione in continuo per onde con altezza significativa superiore a 3 m).

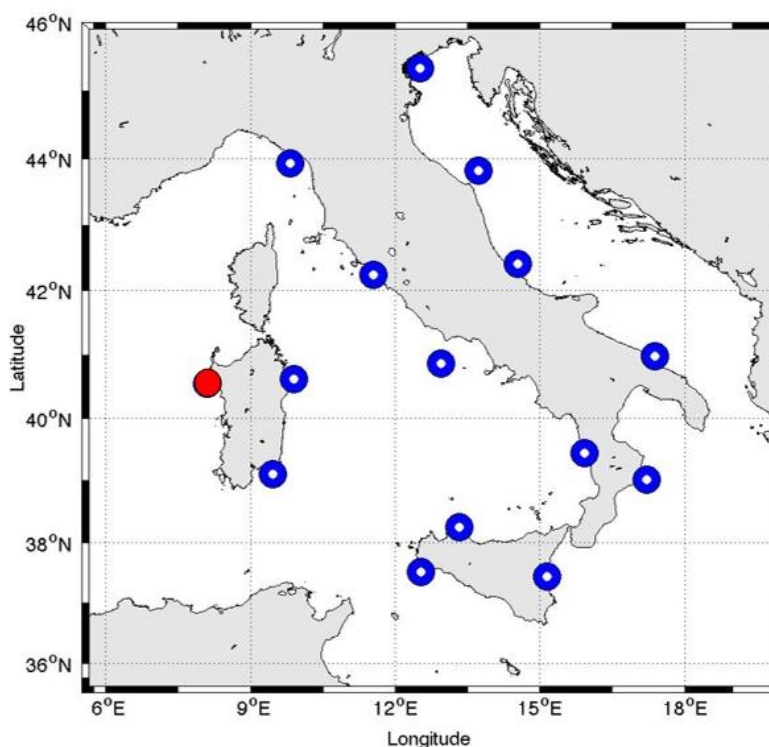


Figura 4.1 – Dislocazione Boe RON (Rete Ondametrica Nazionale) e individuazione Boa RON Alghero.

Come si può osservare in Figura 4.1 la boa RON più vicina all'area di interesse e rappresentativa del paraggio del Sulcis è quella di Alghero, localizzata a sud ovest di Capo Caccia ad una profondità di circa 80 m (coordinate 424387E, 4489077N EPSG32632 WGS84 UTM32N).

I dati ondametrici di Alghero sono stati elaborati mediante trasposizione sul punto di estrazione della boa virtuale (Boa Virtuale Sulcis), indicata in Figura 4.2 e si riferiscono alla serie storica registrata dal 01/07/89 al 05/04/08.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	15 Di 46

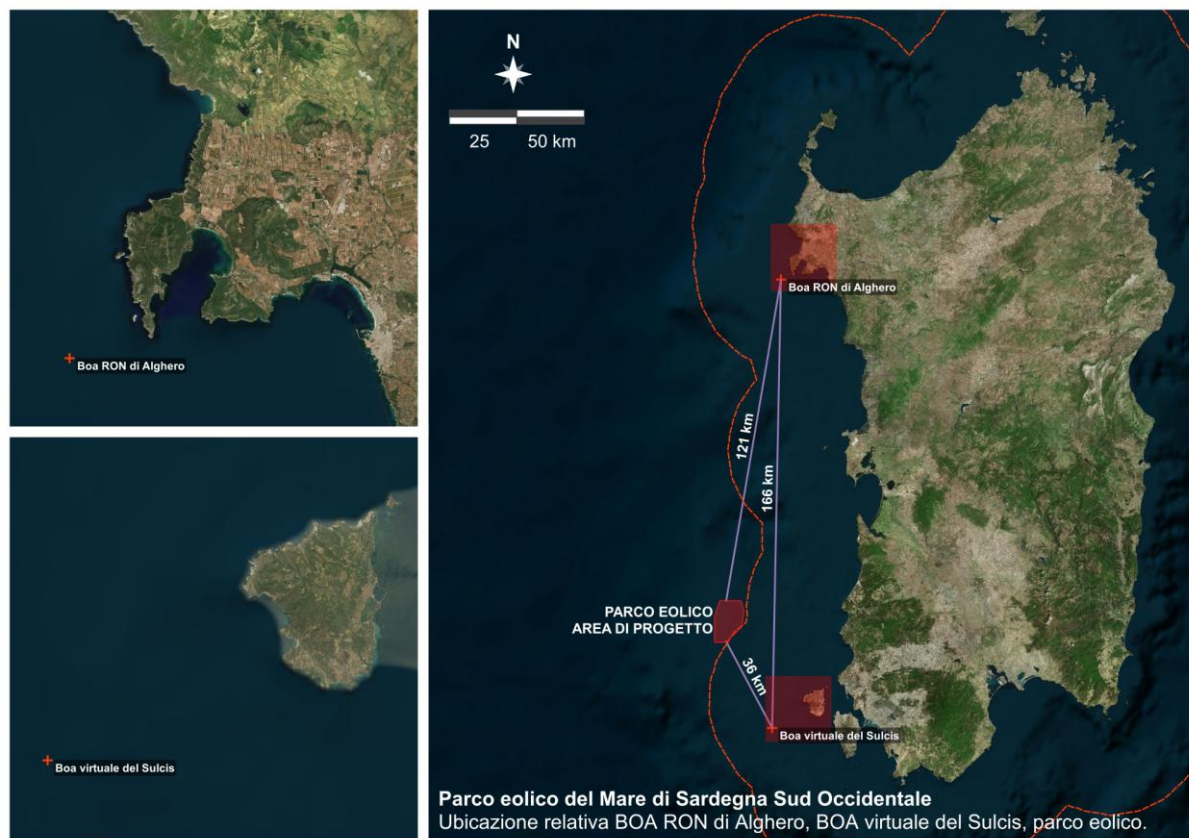


Figura 4.2 – Ubicazione relativa della boa ondometrica RON di Alghero e della boa virtuale “Sulcis” rispetto al parco eolico offshore. Elaborazione iLStudio.

La boa virtuale del Sulcis (coordinate EPSG 32632 WGS84 UTM 32N, 421148 E - 4323179 N), come indicato in Figura 4.2, dista poco meno di 40 km dal sito di installazione del parco eolico. Tale distanza non inficia l’attendibilità dei risultati, in quanto nel tratto di mare indagato, rispetto a quello di installazione, non sono presenti sostanziali modifiche meteomarine. Si rimanda a fasi più avanzate del progetto lo studio specifico delle condizioni ondamiche del sito di installazione.

4.1 Ubicazione dei paraggi

La determinazione delle condizioni ondose in un certo paraggio è fondamentale per una duplice finalità:

- Definire la probabilità di occorrenza di agitazioni estreme prevedibili durante la vita economica di un’opera;
- Ricostruire il regime ondoso medio e di circolazione idrodinamica costiera.

L’esposizione di un paraggio è data dall’intensità delle agitazioni ondose che possono raggiungerlo per effetto dei venti foranei, cioè dei venti provenienti dal largo.

Per un paraggio costiero il regime ondoso è limitato geograficamente alle sole direzioni di traversia, ovvero alle direzioni da cui possono arrivare le agitazioni ondose (nel seguito *mar*); tale settore di traversia viene suddiviso usualmente in:

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Pagina 16	Marzo 2020 Di 46

- *Traversia principale*, da cui provengono i mari più violenti;
- *Traversia secondaria*, che include le direzioni meno pericolose.

Per un'analisi del settore di traversia si fa riferimento al cosiddetto *fetch efficace*, ovvero alla porzione di mare che costituisce, sotto l'azione diretta dei venti, l'area di generazione dell'evento di moto ondoso.

4.2 Analisi dei fetch

L'analisi della porzione di mare investigata determina sia il *fetch geografico* (estensione di mare aperto in una determinata direzione) che il *fetch efficace* (porzione di mare effettivamente coinvolta dal fenomeno di generazione del moto ondoso).

Per la trasformazione dei dati di fetch da geografici ad efficaci si è fatto riferimento ad una relazione, derivata dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come *metodo S.M.B.* (Sverdrup, Munk e Bretshneider, 1947) e successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977, S.P.M. 1984, Smith 1991), di seguito riportata nella sua forma più generale:

$$F_{e,w} = \frac{\sum_{\Phi_i=\Phi_w-\theta}^{\Phi_w+\theta} F_i \cos^{n+1}(\Phi_i - \Phi_w)}{\sum_{\Phi_i=\Phi_w-\theta}^{\Phi_w+\theta} F_i \cos^n(\Phi_i - \Phi_w)} \quad \text{eq. (2)}$$

dove:

- Φ_w è la direzione media (riferita al nord geografico) di possibile provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso lungo la traversia;
- $\Phi_i \leq \Phi_w \pm \theta$ è la direzione i-esima (riferita al nord geografico) relativa ad un settore di 2θ considerato nell'intorno della direzione Φ_w . Il metodo classico di Saville prevede un valore di θ pari a 45° , mentre la metodologia sviluppata da Seymour fa riferimento ad un valore di 90° ;
- $F_{e,w}$ è la lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione Φ_w ;
- F_i è la lunghezza del fetch geografico relativa alla direzione i-esima Φ_i (si fa riferimento alla lunghezza calcolata su base cartografica), eventualmente assunta come valore medio relativo ad un settore di 15° nell'intorno della direzione i-esima Φ_i ;
- n è il termine esponenziale definito in funzione della legge di distribuzione direzionale degli spettri di moto ondoso che caratterizzano il sito in esame (solitamente si assume n pari a 2).

La definizione del clima meteomarino a largo è stata effettuata individuando una boa virtuale, identificata come "Boa Virtuale Sulcis" posta a profondità di circa 150 m (in condizioni di acque alte, in cui non si risente dell'attrito di fondo).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 17 Di 46

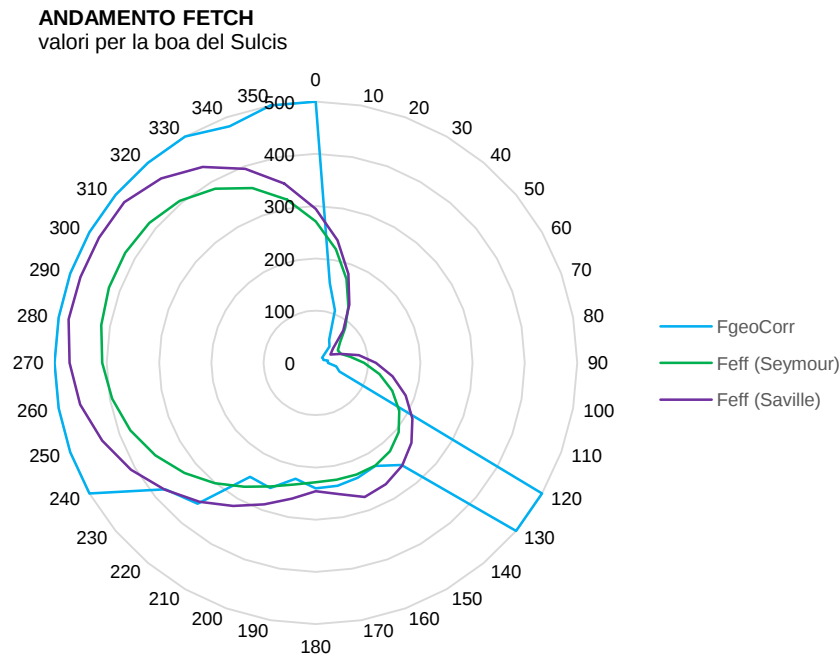


Figura 4.3 –Andamento dei fetch per la boa virtuale “Sulcis”

Di seguito sono riportati i dati, divisi per direzione, di fetch geografico, geografico corretto ed efficace secondo la teoria di Seymour e quella di Saville della boa virtuale “Sulcis”.

Tabella 4.1 – Dati di fetch alla boa virtuale “Sulcis”

DIR (°N)	F _{geo} [km]	F _{geo,corr} [km]	F _{eff} Seymour [km]	F _{eff} Saville [km]	DIR (°N)	F _{geo} [km]	F _{geo,corr} [km]	F _{eff} Seymour [km]	F _{eff} Saville [km]
0	561	500	271.1	294.9	190	225	225	236.19	263.7
10	155	155	220.9	238.1	200	255	255	251.58	288.3
20	107	107	170.8	181.1	210	252	252	273.85	316.4
30	51	51	124.9	128.7	220	352	352	300.33	346.6
40	41	41	87.1	81.2	230	376	376	328.01	377.7
50	15.3	15.3	60.7	42.9	240	544	500	354.44	408.7
60	15.7	15.7	48.4	32.5	250	1180	500	377.56	435.1
70	15.7	15.7	50.97	50.8	260	748	500	395.97	458.1
80	23.4	23.4	66.805	84	270	703	500	409.08	471.3
90	23.3	23.3	92.41	115.2	280	678	500	417.21	480.2
100	39.4	39.4	123.4	149.2	290	626	500	421.16	479.33
110	47.7	47.7	155.36	182.6	300	546	500	421.1	478.9
120	1291	500	184.12	213.2	310	543	500	416.2	478.6
130	1335	500	206.4	238.4	320	611	500	404.9	460.7
140	255	255	220.51	256.5	330	561	500	385.1	433.1
150	228	228	226.79	268.1	340	482	482	355.8	394.8
160	234	234	227.59	273	350	514	500	317.2	348.4
170	239	239	226.72	254.9					
180	240	240	228.44	245.7					

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio		Data Pagina	Marzo 2020 18 Di 46

4.3 Regime ondosso

Per una corretta analisi è necessario conoscere il regime di moto ondosso ed in particolare la distribuzione di frequenza congiunta altezza d'onda - direzione di provenienza.

Il paraggio del Mare di Sardegna Sud - Occidentale non è dotato di stazione ondometrica e, come indicato nel paragrafo introduttivo, la boa di riferimento più vicina e con le caratteristiche di fetch simili, risulta quella di Alghero posta a circa 170 km a nord.

Il criterio adottato consiste nell'applicazione del metodo della trasposizione del moto ondosso dalla boa di Alghero alla boa virtuale Sulcis per le onde del III e IV quadrante.

4.4 Il metodo della trasposizione

Il metodo di trasposizione dei dati si basa sull'ipotesi che il moto ondosso registrato dall'ondametro sia stato generato da un evento climatico in grado di interessare l'area di generazione delle mareggiate che investono il paraggio in esame.

Sotto questa ipotesi e considerando costante il fattore di velocità del vento, si determina la corrispondenza tra le direzioni, le altezze ed i periodi del moto ondosso relative al punto di collocazione dell'ondametro (O) e il punto di interesse (P) mediante la seguente formula:

$$\frac{H_{mo}^P}{H_{mo}^O} = \left(\frac{F^P}{F^O} \right)^{1/2} \quad \text{eq. (3)}$$

dove F^P ed F^O sono le lunghezze dei fetch efficaci per una data direzione. All'onda generata con il metodo della trasposizione deve essere previsto un massimo di altezza in funzione della velocità massima del vento prevedibile e della lunghezza di fetch efficace disponibile in una determinata direzione.

Ai fini dell'analisi è quindi necessario definire anche le caratteristiche di fetch della boa RON di Alghero.

Come individuabile in Figura 4.4 la traversia principale è disposta tra 210 e 310 °N e risulta leggermente più ampia di quanto determinato per la Boa virtuale "Sulcis".

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 19	Di 46

ANDAMENTO FETCH
valori per la boa di Alghero

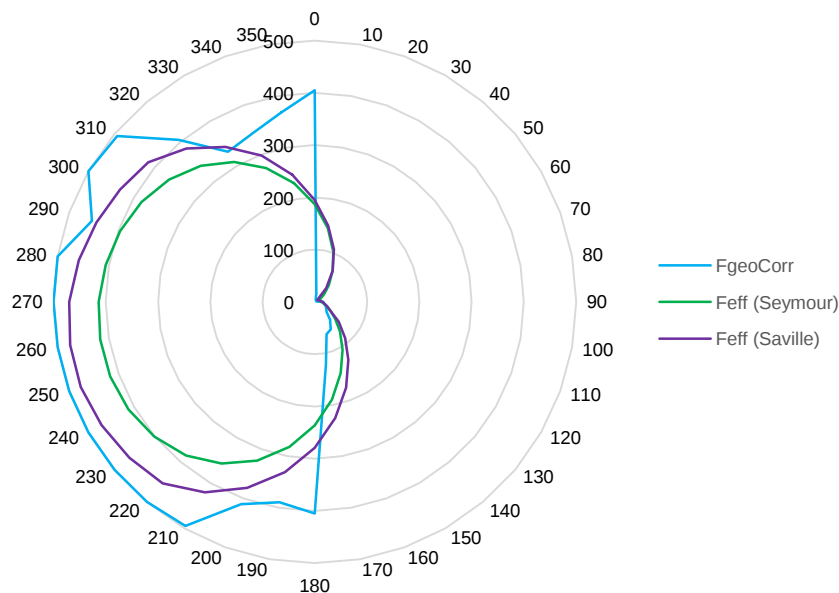


Figura 4.4 – Fetch per il paraggio di Alghero

Tabella 4.2 – Dati di fetch alla boa RON di Alghero

DIR (°N)	F _{geo} [km]	F _{geo,corr} [km]	F _{eff} Seymour [km]	F _{eff} Saville [km]	DIR (°N)	F _{geo} [km]	F _{geo,corr} [km]	F _{eff} Seymour [km]	F _{eff} Saville [km]
0	405	405	186.6	194.7	190	389	389	281.75	331.1
10	17	17	142.9	148.1	200	412	412	322.97	378.9
20	5	5	102.6	107.1	210	495	495	357.33	420.9
30	4	4	68.4	68.4	220	530	500	383.42	452.9
40	3	3	41.9	34.3	230	694	500	401.18	463.5
50	3	3	23.6	5.9	240	1190	500	411.69	471.1
60	3	3	13.3	6.4	250	776	500	416.49	476.6
70	3	3	9.34	8.3	260	724	500	416.86	475.7
80	4	4	9.797	10.8	270	628	500	413.45	470
90	16	16	12.65	14.4	280	514	500	406.52	458.8
100	17	17	16.95	19.3	290	454	454	396.36	445.04
110	22	22	23.6	25.2	300	509	500	382.6	430.2
120	25	25	34.3	34.3	310	494	494	364.1	416
130	29	29	50.83	59.3	320	405	405	339.8	382.8
140	45	45	74.65	89.9	330	332	332	309.1	342.3
150	61	61	106.33	127.7	340	344	344	272.3	298.2
160	66	66	145.26	174.4	350	368	368	230.7	247
170	122	122	189.52	225.9					
180	405	405	236.17	279.3					

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b		
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020		
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 20	Di	46

Di seguito (da Figura 4.5 a Figura 4.10) sono rappresentati i grafici del clima ondoso registrato dall'ondametro di Alghero.

Nella rosa dei mari, gli eventi di moto ondoso (il cui numero indicato è in *per mille*) sono suddivisi per classi di altezza d'onda significativa H_s e direzione di provenienza ($^{\circ}$ N).

Come indicato nella legenda, le classi individuate sono 10 con passo 1 m, mentre per le direzioni di provenienza si considerano 36 settori di ampiezza pari a 10° ciascuno.

Appare evidente che per l'ondametro di Alghero la direzione regnante coincide con la direzione dominante e si colloca intorno ai 300° N.

I dati tabellari (in termini per mille) che forniscono le relazioni tra direzione di provenienza ed altezza d'onda e tra periodo ed altezza sono riportate in Tabella 4.3 e

Dir. ($^{\circ}$ N)	Altezza d'onda [m]										Totale
	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9	
0-10	12.52	2.47	0.8	0.25	0.11	0.01	0.01	0	0	0	16.17
10-20	5.74	1.37	0.7	0.47	0.07	0.02	0.02	0.02	0	0	8.41
20-30	4.53	1.36	0.6	0.26	0.1	0.03	0	0	0	0	6.88
30-40	4.56	1.13	0.55	0.21	0.04	0.02	0	0	0	0	6.51
40-50	3.82	1.24	0.33	0.19	0.06	0.02	0	0	0	0	5.66
50-60	3.99	0.99	0.31	0.13	0.05	0.03	0	0	0	0	5.5
60-70	3.96	0.92	0.33	0.11	0.07	0	0	0	0	0	5.39
70-80	3.53	0.9	0.21	0.13	0.04	0.02	0	0	0	0	4.83
80-90	3.82	1.03	0.26	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	5.26
90-100	3.91	1.02	0.38	0.14	0.05	0.04	0	0	0	0	5.54
100-110	3.4	0.84	0.23	0.11	0.02	0.02	0.01	0	0	0	4.63
110-120	3.13	0.89	0.31	0.04	0.04	0	0	0	0	0	4.41
120-130	3.16	0.8	0.28	0.02	0.05	0.01	0	0	0	0	4.32
130-140	3.56	0.75	0.22	0.1	0.02	0.01	0	0.01	0	0	4.67
140-150	3.77	0.99	0.37	0.12	0	0.02	0	0	0	0	5.27
150-160	4.67	1.29	0.34	0.13	0.01	0.01	0	0	0	0	6.45
160-170	8.32	2.49	0.45	0.12	0.05	0.02	0	0	0	0	11.45
170-180	19.34	4.26	0.5	0.16	0.05	0.02	0	0	0	0	24.33
180-190	26.68	4.95	0.65	0.19	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	32.55
190-200	26.48	4.08	0.9	0.37	0.11	0	0	0	0	0	31.94
200-210	21.24	4.49	0.99	0.41	0.08	0.01	0	0	0	0	27.22
210-220	19.4	4.96	1.47	0.37	0.07	0.02	0.01	0	0	0	26.3
220-230	19.93	6.83	1.8	0.46	0.14	0.01	0.01	0	0	0	29.18
230-240	23.45	9.55	3.14	0.88	0.16	0.11	0	0.01	0.01	0	37.31
240-250	23.3	11.16	3.55	1.11	0.28	0.09	0.02	0.04	0.01	0	39.56
250-260	23.01	9.02	2.76	1.09	0.26	0.24	0.05	0.01	0.01	0	36.45
260-270	23.19	7.39	2.98	0.78	0.45	0.11	0.04	0	0	0	34.94
270-280	26.65	8.43	3.37	1.11	0.52	0.26	0.06	0	0	0	40.4

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 21 Di 46

280-290	35.4	13.57	5.59	1.78	0.7	0.51	0.07	0.02	0	0	57.64
290-300	48.95	35.02	18.24	7.01	2.68	1.52	0.61	0.17	0.03	0.01	114.24
300-310	51.3	45.49	27.64	12.66	6.11	7.44	3.03	0.61	0.03	0	154.31
310-320	39.9	24.03	12.31	5.42	2.38	2.8	0.89	0.33	0.08	0.02	88.16
320-330	30.07	6.55	2.29	0.98	0.26	0.11	0.05	0.03	0	0	40.34
330-340	25.48	4.65	1.27	0.47	0.14	0.05	0	0	0	0	32.06
340-350	20.38	5.76	1	0.39	0.12	0.04	0	0	0	0	27.69
350-360	10.38	2.59	0.7	0.26	0.11	0.05	0	0	0	0	14.09
Totale	594.92	233.26	97.82	38.54	15.47	13.7	4.89	1.26	0.17	0.03	1000

Tabella 4.4.

ROSA DEI MARI

valori per la boa di Alghero - Altezza d'onda vs Frequenza vs Direzione

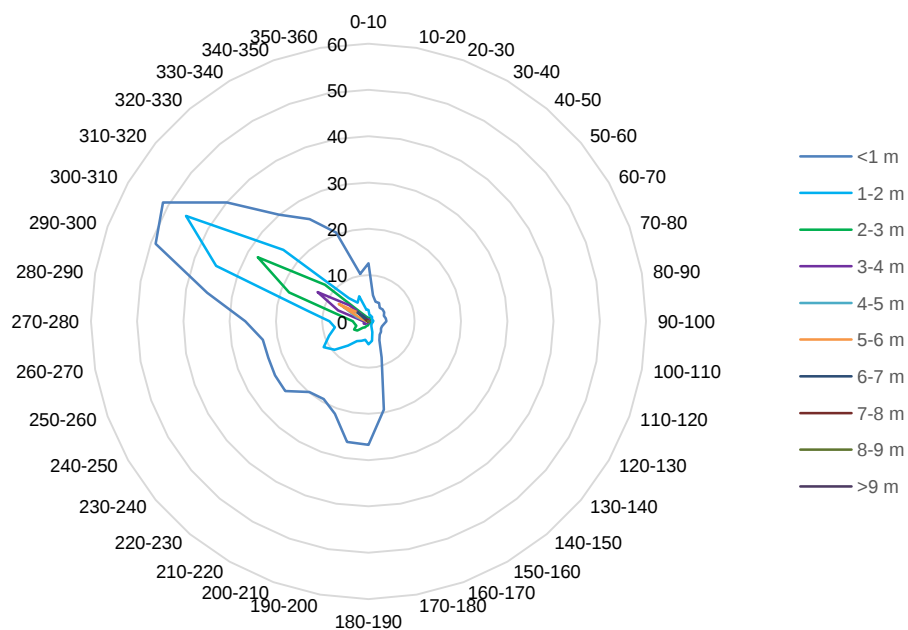


Figura 4.5 – Rosa dei mari alla boa RON di Alghero

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 22	Di 46

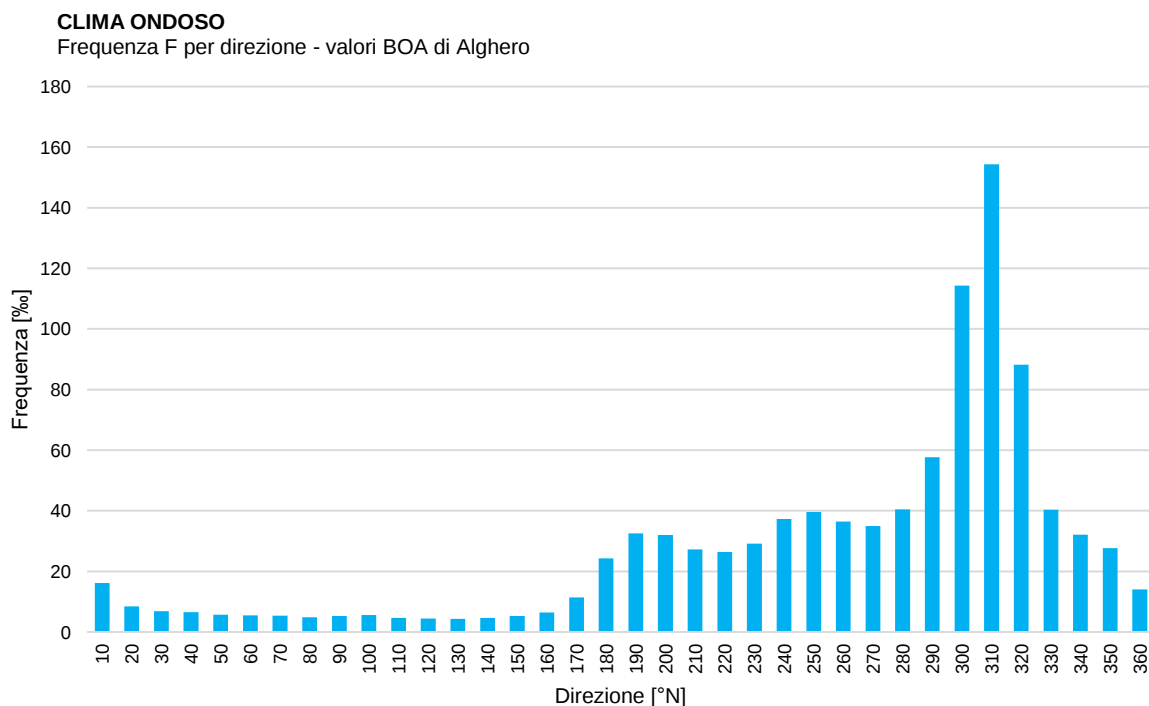


Figura 4.6 – Clima ondoso boa RON di Alghero. Frequenza di accadimento ‰ – Direzione

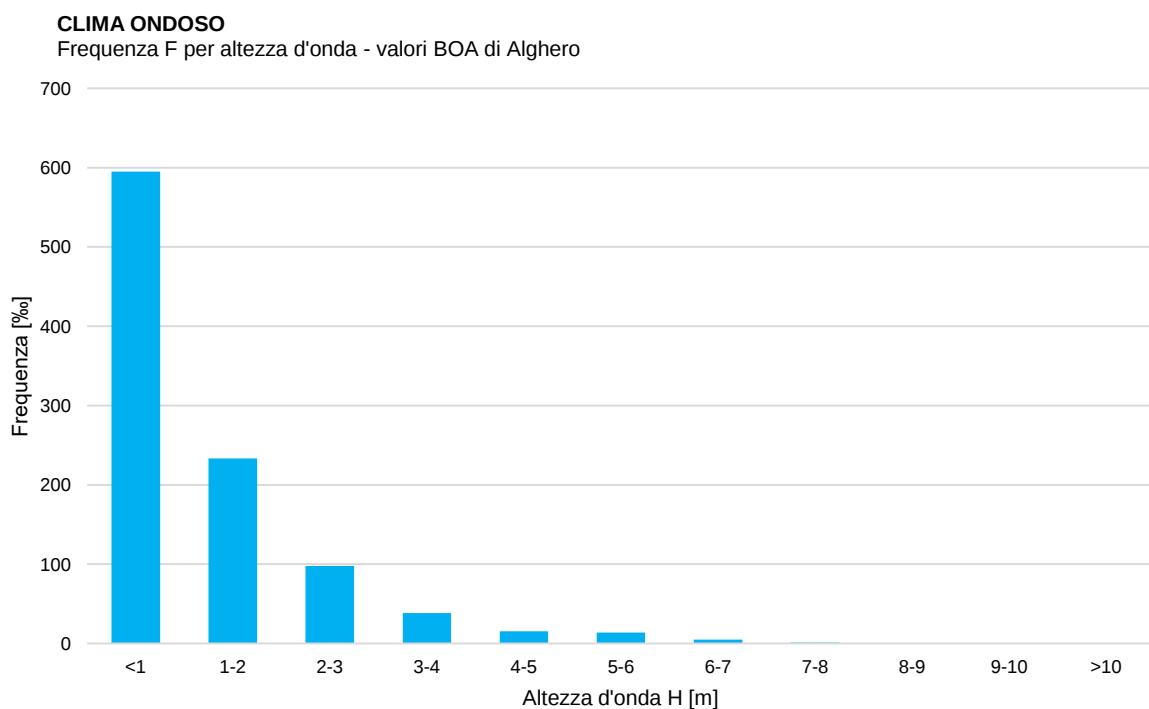


Figura 4.7 – Clima ondoso boa RON di Alghero. Frequenza di accadimento ‰ – Altezza d'onda

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 23 Di 46

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per periodo d'onda - valori BOA di Alghero

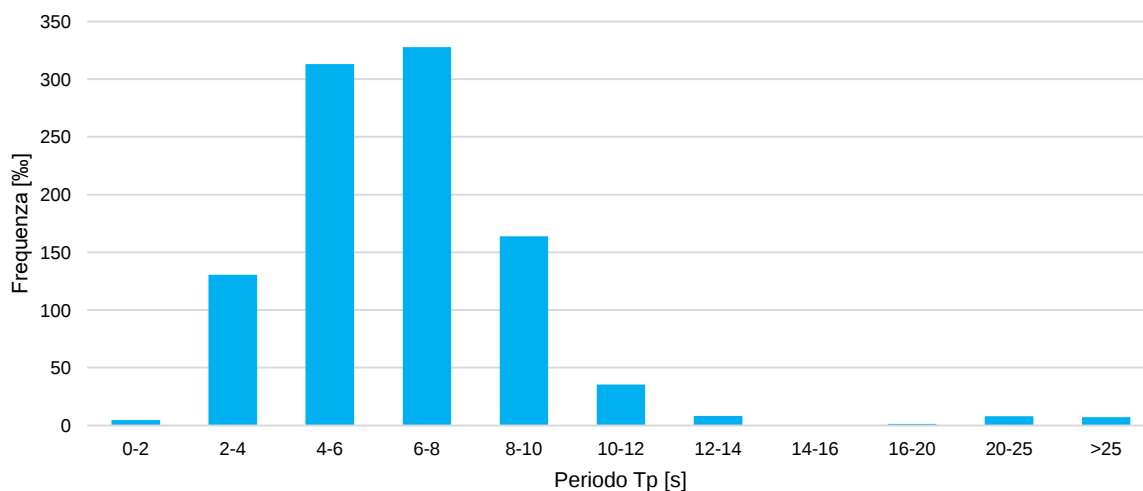


Figura 4.8 – Clima ondoso boa RON di Alghero. Frequenza di accadimento % – Periodo T_p

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per direzione e classe di altezza d'onda - valori BOA di Alghero

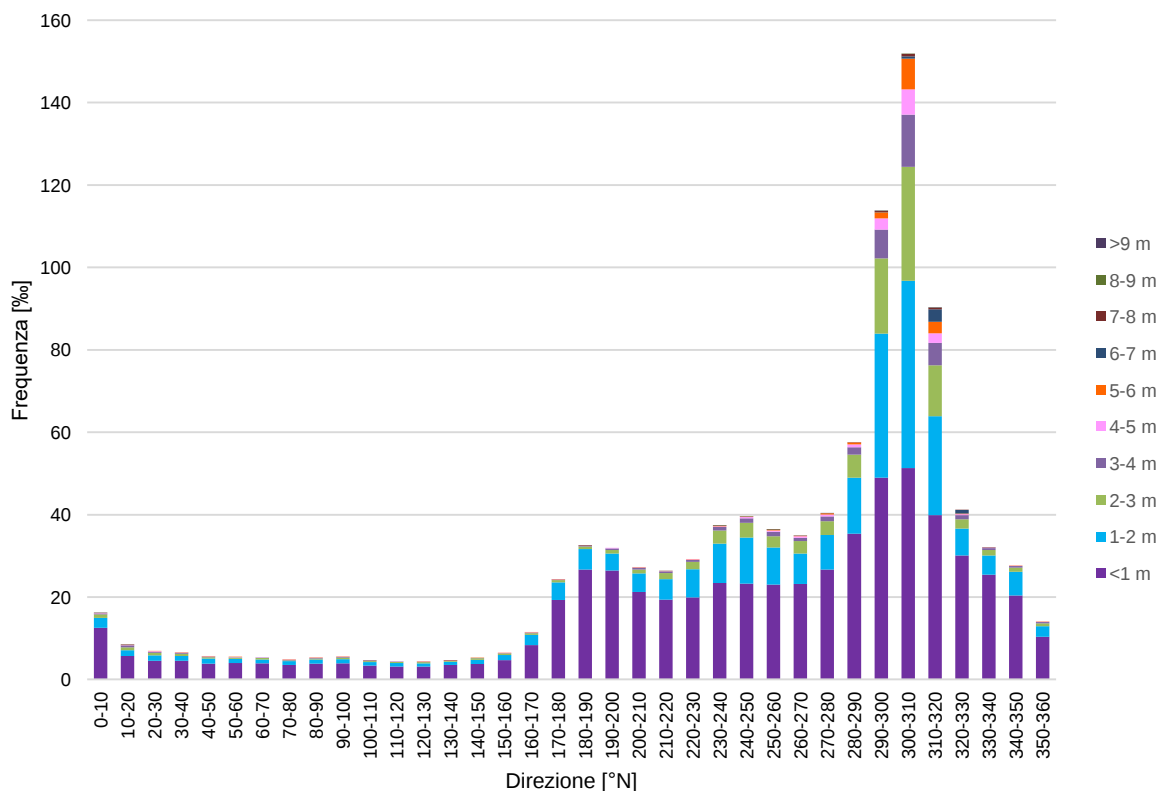


Figura 4.9 – Clima ondoso boa RON di Alghero. Dati divisi per direzione e classi di altezza d'onda

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 24 Di 46

Tabella 4.3 – Dati alla Boa RON di Alghero. Tabella direzioni – altezza - % di accadimento

Dir. (°N)	Altezza d'onda [m]										Totale
	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9	
0-10	12.52	2.47	0.8	0.25	0.11	0.01	0.01	0	0	0	16.17
10-20	5.74	1.37	0.7	0.47	0.07	0.02	0.02	0.02	0	0	8.41
20-30	4.53	1.36	0.6	0.26	0.1	0.03	0	0	0	0	6.88
30-40	4.56	1.13	0.55	0.21	0.04	0.02	0	0	0	0	6.51
40-50	3.82	1.24	0.33	0.19	0.06	0.02	0	0	0	0	5.66
50-60	3.99	0.99	0.31	0.13	0.05	0.03	0	0	0	0	5.5
60-70	3.96	0.92	0.33	0.11	0.07	0	0	0	0	0	5.39
70-80	3.53	0.9	0.21	0.13	0.04	0.02	0	0	0	0	4.83
80-90	3.82	1.03	0.26	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	5.26
90-100	3.91	1.02	0.38	0.14	0.05	0.04	0	0	0	0	5.54
100-110	3.4	0.84	0.23	0.11	0.02	0.02	0.01	0	0	0	4.63
110-120	3.13	0.89	0.31	0.04	0.04	0	0	0	0	0	4.41
120-130	3.16	0.8	0.28	0.02	0.05	0.01	0	0	0	0	4.32
130-140	3.56	0.75	0.22	0.1	0.02	0.01	0	0.01	0	0	4.67
140-150	3.77	0.99	0.37	0.12	0	0.02	0	0	0	0	5.27
150-160	4.67	1.29	0.34	0.13	0.01	0.01	0	0	0	0	6.45
160-170	8.32	2.49	0.45	0.12	0.05	0.02	0	0	0	0	11.45
170-180	19.34	4.26	0.5	0.16	0.05	0.02	0	0	0	0	24.33
180-190	26.68	4.95	0.65	0.19	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	32.55
190-200	26.48	4.08	0.9	0.37	0.11	0	0	0	0	0	31.94
200-210	21.24	4.49	0.99	0.41	0.08	0.01	0	0	0	0	27.22
210-220	19.4	4.96	1.47	0.37	0.07	0.02	0.01	0	0	0	26.3
220-230	19.93	6.83	1.8	0.46	0.14	0.01	0.01	0	0	0	29.18
230-240	23.45	9.55	3.14	0.88	0.16	0.11	0	0.01	0.01	0	37.31
240-250	23.3	11.16	3.55	1.11	0.28	0.09	0.02	0.04	0.01	0	39.56
250-260	23.01	9.02	2.76	1.09	0.26	0.24	0.05	0.01	0.01	0	36.45
260-270	23.19	7.39	2.98	0.78	0.45	0.11	0.04	0	0	0	34.94
270-280	26.65	8.43	3.37	1.11	0.52	0.26	0.06	0	0	0	40.4
280-290	35.4	13.57	5.59	1.78	0.7	0.51	0.07	0.02	0	0	57.64
290-300	48.95	35.02	18.24	7.01	2.68	1.52	0.61	0.17	0.03	0.01	114.24
300-310	51.3	45.49	27.64	12.66	6.11	7.44	3.03	0.61	0.03	0	154.31
310-320	39.9	24.03	12.31	5.42	2.38	2.8	0.89	0.33	0.08	0.02	88.16
320-330	30.07	6.55	2.29	0.98	0.26	0.11	0.05	0.03	0	0	40.34
330-340	25.48	4.65	1.27	0.47	0.14	0.05	0	0	0	0	32.06
340-350	20.38	5.76	1	0.39	0.12	0.04	0	0	0	0	27.69
350-360	10.38	2.59	0.7	0.26	0.11	0.05	0	0	0	0	14.09
Totale	594.92	233.26	97.82	38.54	15.47	13.7	4.89	1.26	0.17	0.03	1000

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 25 Di 46

Tabella 4.4 – Dati nella Boa RON di Alghero. Tabella periodo – altezza - % di accadimento

Periodo	Altezza d'onda [m]										Totale
	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9	
0-2	4.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.62
2-4	129.81	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	130.47
4-6	274.9	37.54	0.61	0	0	0	0	0	0	0	313.05
6-8	159.18	142.45	24.43	1.62	0.05	0	0	0	0	0	327.73
8-10	9.57	52.18	68.18	26.08	5.6	1.93	0.17	0.02	0	0	163.73
10-12	0.47	0.33	4.58	10.56	8.98	8.45	1.77	0.28	0.01	0	35.43
12-14	0.12	0.01	0.01	0.26	0.79	3.24	2.86	0.86	0.15	0.03	8.33
14-16	0.15	0	0	0	0	0.04	0.08	0.05	0.01	0	0.33
16-20	1.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.21
20-25	7.85	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	7.89
>25	7.06	0.08	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.04	0	0	7.22
Totale	594.94	233.29	97.82	38.52	15.43	13.67	4.89	1.25	0.17	0.03	1000

Applicando il metodo della trasposizione alla boa virtuale “Sulcis” si ottengono i dati riportati di seguito.

La distribuzione delle mareggiate più intense risulta analoga a quella registrata ad Alghero, infatti la direzione delle mareggiate più violente risulta compresa tra 280 e 330°N.

ROSA DEI MARI

valori per la boa di Alghero - Altezza d'onda vs Frequenza vs Direzione

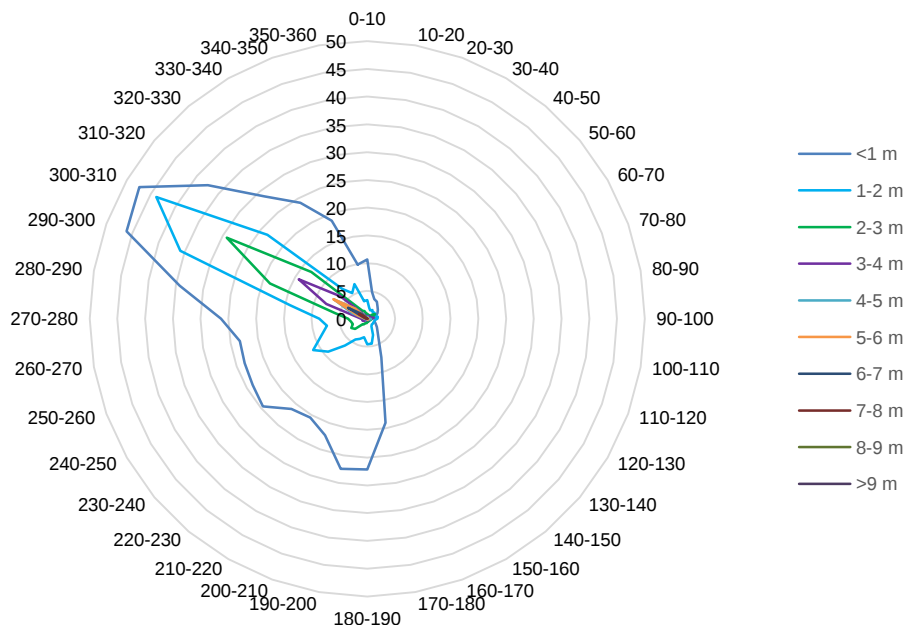


Figura 4.10 – Rosa dei mari alla boa virtuale Sulcis ottenuta dalla trasposizione dei dati d'onda di Alghero

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 26	Di 46

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per direzione - valori BOA virtuale Sulcis da trasposizione dati di Alghero

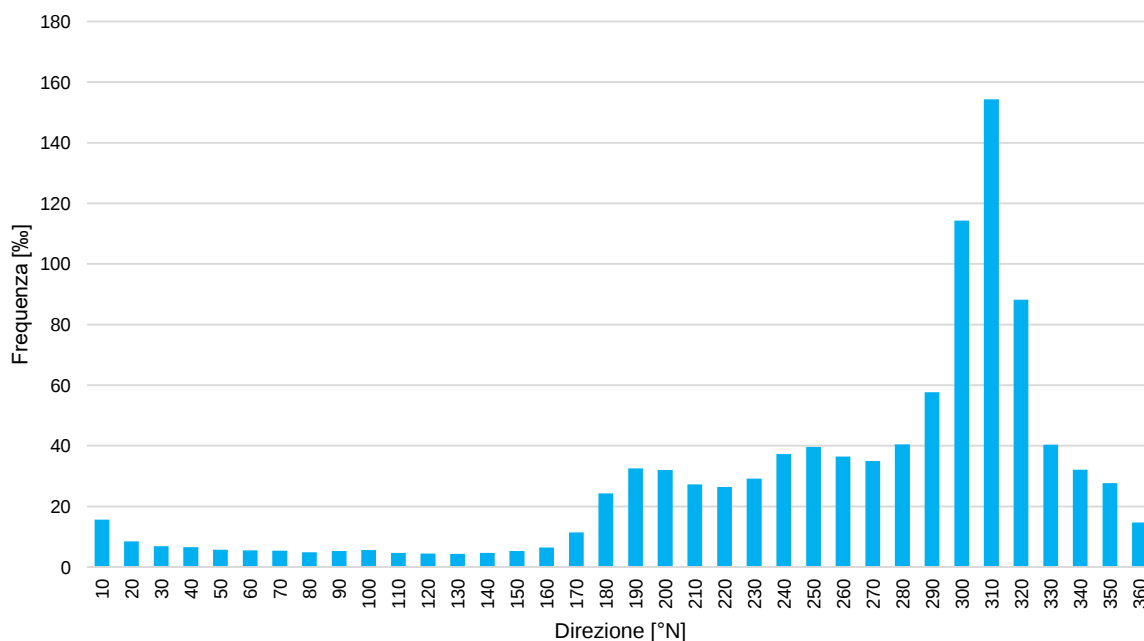


Figura 4.11 – Clima ondoso boa virtuale Sulcis ottenuto dalla trasposizione dei dati d'onda di Alghero.
Frequenza di accadimento % - Direzione

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per altezza d'onda - valori BOA virtuale Sulcis da traspos. dati di Alghero

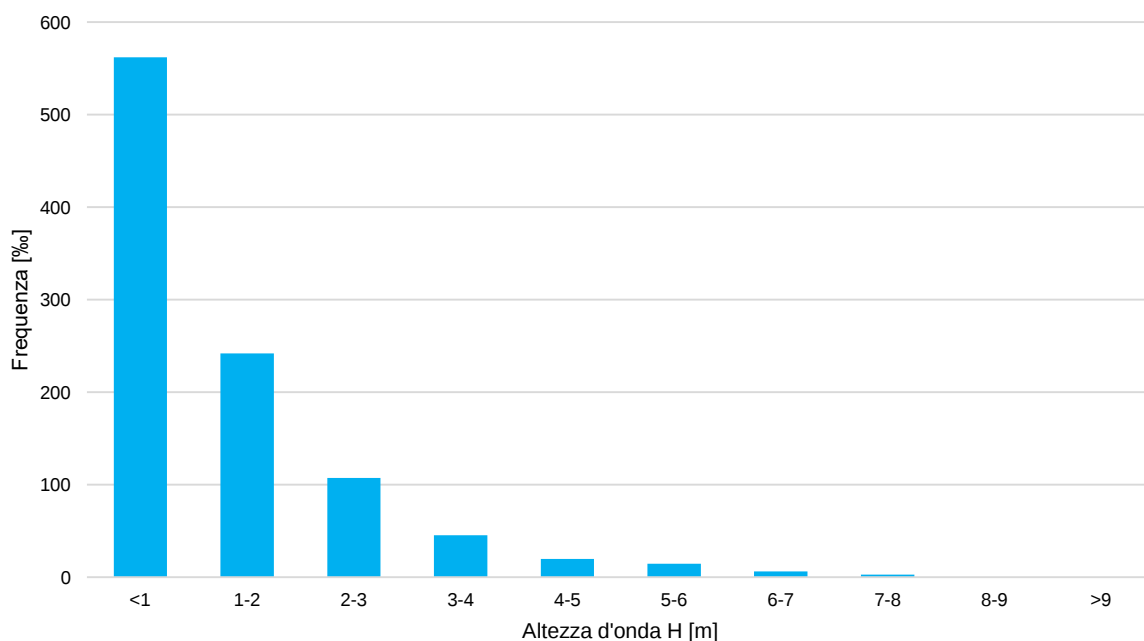


Figura 4.12 – Clima ondoso boa virtuale Sulcis ottenuto dalla trasposizione dei dati d'onda di Alghero.
Frequenza di accadimento % - Altezza d'onda

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	27 Di 46

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per periodo d'onda - valori BOA virtuale Sulcis da trasposizione dati di Alghero

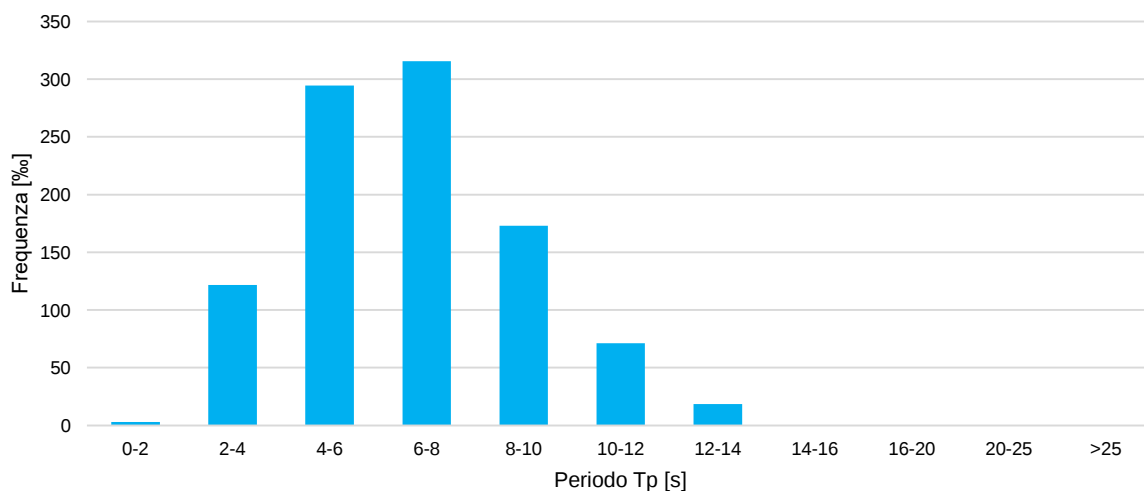


Figura 4.13 – Clima ondoso boa virtuale Sulcis ottenuto dalla trasposizione dei dati d'onda di Alghero
Frequenza di accadimento % - Periodo T_p

CLIMA ONDOSO

Frequenza F per direzione e classe di altezza d'onda - valori BOA virtuale Sulcis da trasposizione dati di Alghero

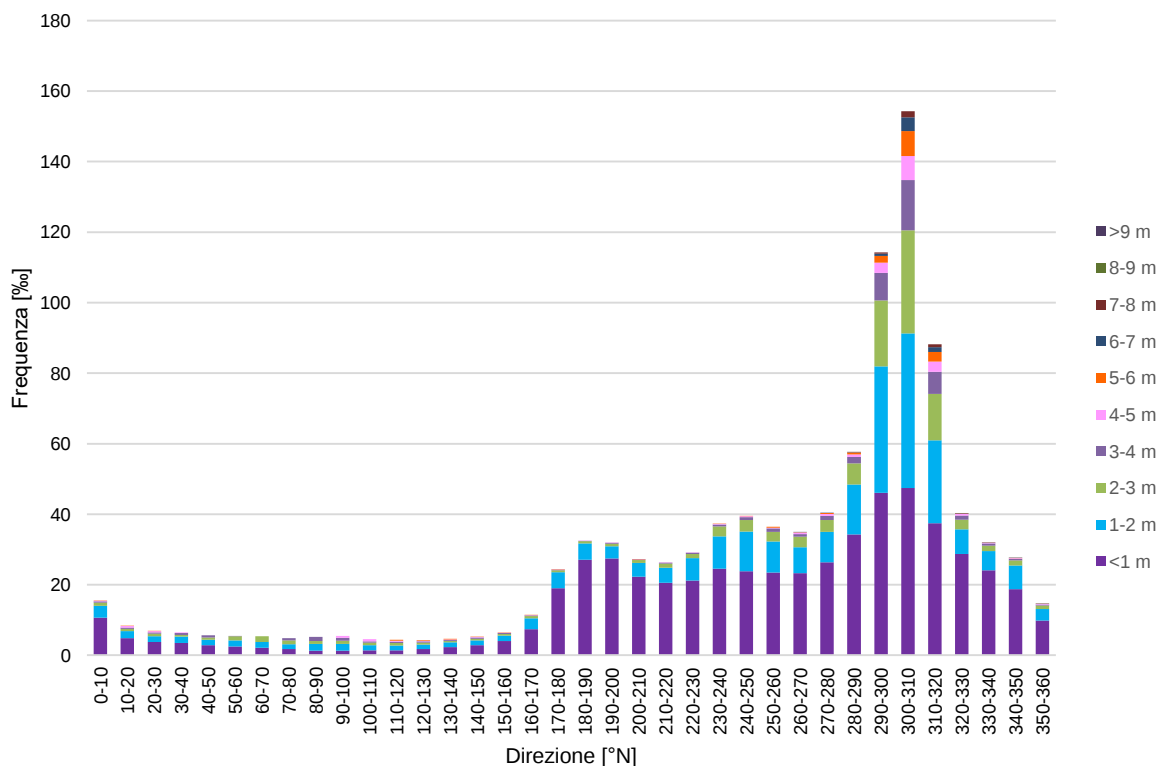


Figura 4.14 – Clima ondoso trasposto alla boa virtuale Sulcis con i dati d'onda trasposti da Alghero.
Dati divisi per direzione e classi di altezza d'onda

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 28 Di 46

Tabella 4.5 – Dati alla Boa virtuale Sulcis (trasposizione da Alghero).
Tabella direzioni - altezza - % di accadimento

Dir. (°N)	Altezza d'onda [m]										Totale
	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9	
0-10	10.69	3.33	0.9	0.41	0.15	0.11	0	0	0	0	15.59
10-20	4.87	1.99	0.59	0.43	0.38	0.14	0	0	0	0	8.41
20-30	3.75	1.62	0.74	0.39	0.37	0.02	0	0	0	0	6.89
30-40	3.51	1.83	0.45	0.55	0.16	0	0	0	0	0	6.51
40-50	2.9	1.54	0.61	0.61	0	0	0	0	0	0	5.66
50-60	2.49	1.69	1.2	0.11	0	0	0	0	0	0	5.49
60-70	2.12	1.64	1.63	0	0	0	0	0	0	0	5.39
70-80	1.73	1.42	1.08	0.59	0	0	0	0	0	0	4.82
80-90	1.33	1.93	0.81	1.19	0	0	0	0	0	0	5.26
90-100	1.34	1.85	0.92	0.83	0.58	0	0	0	0	0	5.52
100-110	1.43	1.39	0.75	0.35	0.7	0	0	0	0	0	4.62
110-120	1.41	1.37	0.71	0.34	0.3	0.27	0	0	0	0	4.41
120-130	1.73	1.3	0.6	0.32	0.14	0.24	0	0	0	0	4.33
130-140	2.3	1.34	0.44	0.26	0.16	0.16	0	0	0	0	4.66
140-150	2.89	1.31	0.48	0.35	0.15	0.1	0	0	0	0	5.28
150-160	4	1.57	0.48	0.23	0.14	0.03	0	0	0	0	6.45
160-170	7.43	3.09	0.59	0.18	0.09	0.05	0	0	0	0	11.43
170-180	18.99	4.58	0.51	0.16	0.06	0.02	0	0	0	0	24.32
180-190	27.14	4.59	0.61	0.13	0.06	0	0	0	0	0	32.53
190-200	27.47	3.41	0.78	0.23	0.04	0	0	0	0	0	31.93
200-210	22.31	3.85	0.81	0.23	0.02	0.01	0	0	0	0	27.23
210-220	20.55	4.29	1.21	0.21	0.04	0	0	0	0	0	26.29
220-230	21.24	6.29	1.23	0.34	0.07	0	0	0	0	0	29.17
230-240	24.53	9.2	2.85	0.5	0.19	0.03	0	0	0	0	37.29
240-250	23.84	11.25	3.29	0.81	0.25	0.12	0	0	0	0	39.56
250-260	23.46	8.79	2.76	0.94	0.26	0.25	0	0	0	0	36.46
260-270	23.29	7.37	2.96	0.75	0.42	0.1	0.04	0	0	0	34.93
270-280	26.33	8.62	3.44	1.15	0.53	0.27	0.07	0	0	0	40.41
280-290	34.3	14.1	5.99	1.82	0.76	0.53	0.13	0.03	0	0	57.66
290-300	46.1	35.83	18.66	7.82	2.9	1.9	0.65	0.38	0	0	114.24
300-310	47.41	43.88	29.23	14.23	6.79	7.08	3.97	1.72	0	0	154.31
310-320	37.45	23.48	13.15	6.28	2.91	2.76	1.37	0.78	0	0	88.18
320-330	28.75	7	2.71	1.13	0.46	0.13	0.1	0.05	0	0	40.33
330-340	24.14	5.37	1.61	0.61	0.22	0.09	0.02	0	0	0	32.06
340-350	18.76	6.66	1.5	0.47	0.19	0.09	0.03	0	0	0	27.69
350-360	9.88	3.24	0.97	0.32	0.17	0.05	0.03	0	0	0	14.67
Totale	561.86	242.01	107.25	45.26	19.66	14.55	6.41	2.96	0	0	1000

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	29 Di 46

*Tabella 4.6 – Dati alla Boa virtuale Sulcis (trasposizione da Alghero).
Tabella periodo - altezza - % di Accadimento*

Periodo	Altezza d'onda [m]										Totale
	<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	>9	
0-2	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9
2-4	123.66	0.98	0	0	0	0	0	0	0	0	124.64
4-6	254.99	38.79	0.65	0.01	0	0	0	0	0	0	294.44
6-8	149.74	135.07	26.91	3.71	0.08	0	0	0	0	0	315.51
8-10	16.08	63.57	66.45	21.15	4.97	0.67	0.02	0	0	0	172.91
10-12	6.44	3.52	13.23	19.73	13.06	11.14	3.35	0.65	0	0	71.12
12-14	8.07	0.09	0.04	0.66	1.54	2.74	3.03	2.31	0	0	18.48
14-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale	561.88	242.02	107.28	45.26	19.65	14.55	6.4	2.96	0	0	1000

4.5 Valori estremi di moto ondoso a largo

L'individuazione dei valori estremi di moto ondoso utilizza i dati di vento e di mare trasposti dalla boa RON di Alghero. L'analisi viene effettuata per direzioni di 45°, considerando settori di ampiezza 90° a cavallo dell'assegnata direzione, ed è finalizzata a determinare, per fissati tempi di ritorno e direzioni di provenienza, il valore della altezza significativa massima applicando leggi di distribuzione statistica all'insieme campionario.

Per il calcolo dei valori estremi, a partire dai dati d'onda trasposti da Alghero, si utilizza il metodo delle durate parziali sopra soglia POT "*Peak Over Threshold*" (Goda, 1988). L'indipendenza campionaria della serie dei massimi è assicurata imponendo un valore di soglia relativo ai dati di altezza d'onda $H_s > 2$ m/s e fissando pari a 24 ore l'intervallo che intercorre tra due eventi successivi.

L'analisi statistica è stata condotta per il complesso delle direzioni (verifica omnidirezionale) che interessano la boa virtuale. Ad ogni valore di altezza d'onda è stato associato una probabilità di non superamento così determinata:

$$F(x_i) = 1 - \frac{m - \alpha}{N - \beta} \quad \text{eq. (4)}$$

essendo N il numero complessivo di dati a disposizione, m il numero di ordine dell' i -esimo dato, α e β parametri funzione del tipo di distribuzione statistica adottata, il cui valore è riportato in Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Parametri α e β nelle tre distribuzioni.

DISTRIBUZIONE	α	β
Gumbel	0.44	0.12
Frechet	$0.44 + (0.52/k)$	$0.12 - (0.11/k)$
Weibull	$0.2 + (0.27/\sqrt{k})$	$0.2 + (0.23/\sqrt{k})$

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 30	Di 46

La relazione che lega l'altezza d'onda alla probabilità di non superamento è lineare del tipo $H = Ay + B$ nella variabile ridotta y , determinata a seconda delle distribuzioni:

$$\begin{aligned}
 y &= -\ln(-\ln(-\ln(F))) && \text{Gumbel} \\
 y &= k [(-\ln(F))^{-1/k} - 1] && \text{Frechet} \\
 y &= [(-\ln(1 - F))^{1/k}] && \text{Weibull}
 \end{aligned}
 \tag{eq. (5)}$$

I parametri A e B sono calcolati utilizzando il metodo dei minimi quadrati, mentre k è fissato a priori:

$$\begin{aligned}
 k &= 2.5, 3.33, 5.0, 10.0 && \text{Frechet} \\
 k &= 0.75, 1.0, 1.4, 2.0 && \text{Weibull}
 \end{aligned}
 \tag{eq. (6)}$$

In Figura 4.15 è riportato a titolo esemplificativo l'andamento dei dati estremi e le rette interpolanti sul piano di Gumbel per il settore 180 - 270°N.

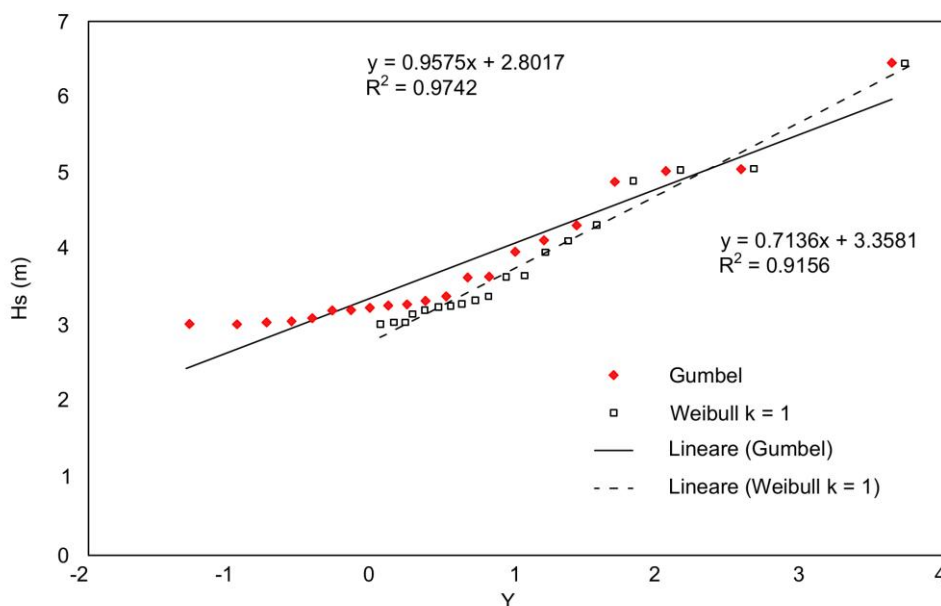


Figura 4.15 – Andamento dei dati sul piano di Gumbel statistica settore 180-270°N (direzione 255°N)

I massimi valori di altezza d'onda significativa al variare del tempo di ritorno con i dati trasposti dall'ondametro di Alghero sono riportati in Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Valori estremi di altezza d'onda nella boa virtuale Sulcis

Dir.	0 °N		45 °N		90 °N		135 °N		180 °N		225 °N		270 °N		315 °N	
T _R	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
2	6.6	10.5	3.8	7.9	4.9	9.1	5.1	9.2	3.1	7.2	3.5	7.7	7.6	11.2	7.6	11.3
10	7.6	11.3	5.5	9.6	5.7	9.8	6	10	5.4	9.5	5.1	9.2	8.5	11.9	8.6	12
30	8.3	11.8	6.7	10.6	6.3	10.2	6.6	10.5	6.9	10.8	6.1	10.1	9.2	12.4	9.2	12.4
50	8.7	12	7.3	11	6.5	10.4	6.9	10.7	7.7	11.3	6.6	10.5	9.5	12.6	9.5	12.6
100	9.1	12.3	8	11.6	6.9	10.7	7.2	11	8.6	12	7.3	11	9.9	12.8	9.9	12.9

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 31	Di 46

5 PROFILO MAREOGRAFICO

L'indagine mareografica ha generalmente lo scopo di determinare gli andamenti, su una definita scala temporale, dei principali aspetti termofisici del mare quali, ad esempio, il livello relativo medio di marea, il profilo di salinità, il livello termico medio, il campo delle correnti locali.

5.1 Temperatura del mare

I dati sui livelli di temperatura del mare per la località di progetto sono stati estratti dal database europeo del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, 2020) in riferimento al dataset MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013 per il periodo gennaio 2018 – dicembre 2019 con una risoluzione spaziale di circa 4.5 km.

La Figura 5.1 mostra il confronto tra i livelli termici medi mensili ad 1 metro di profondità per gli anni 2018 e 2019 rilevati alle coordinate (405470E, 4362600N EPSG32632 WGS84 UTM32N) a partire dalle mappe termiche del tipo in Figura 5.3.

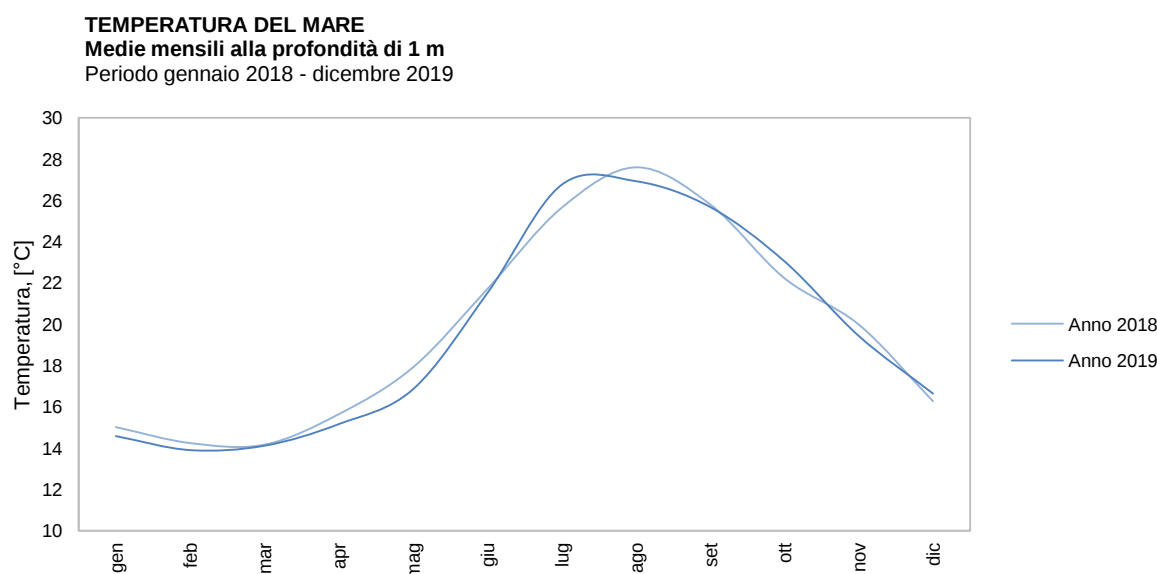


Figura 5.1 – Temperatura del mare a 1 m di profondità per gli anni 2018 e 2019, medie mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2020).

Per gli anni investigati la temperatura superficiale oscilla tra circa 14 e 28°C con media attorno a 21°C. Uno studio (ISPRA, 2018) riferisce inoltre che la temperatura superficiale del Mediterraneo ha subito variazioni decisamente trascurabili nel 2017 rispetto al periodo 2008 – 2016, con variazioni generalmente entro $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Gli andamenti sono dunque riproducibili su base inter - annuale con differenze assolutamente non significative. Guardando invece al profilo di temperatura verticale, la Figura 5.2 riporta gli andamenti della temperatura dell'acqua al variare della profondità. L'analisi delle figure indica una spiccata variabilità della temperatura superficiale, certamente più sensibile alla variazione delle condizioni climatiche

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 32 Di 46

esterne rispetto agli strati più profondi la cui temperatura si mantiene infatti tra 14 e 15°C durante tutto l'anno oltre i 120 m circa di profondità.

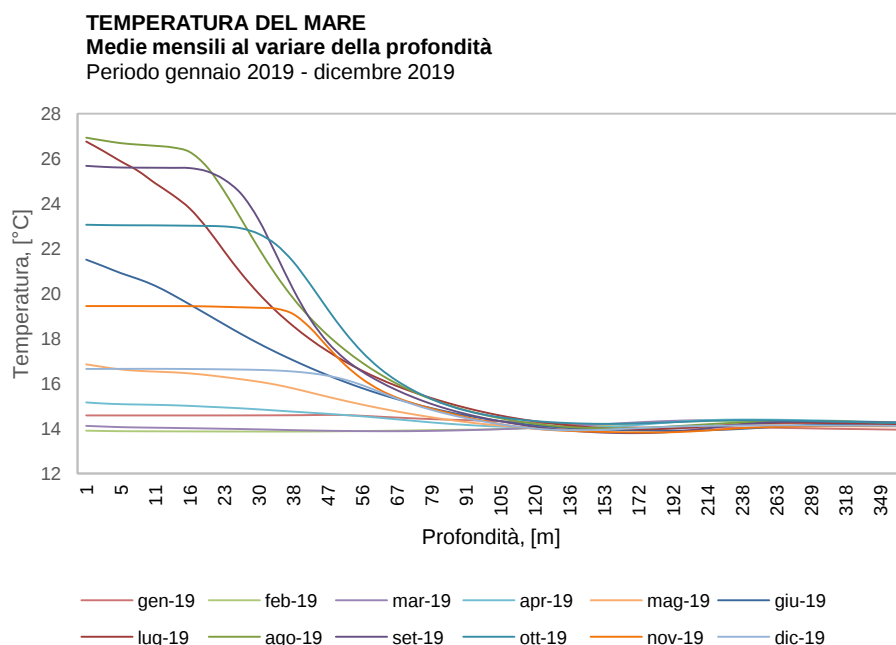
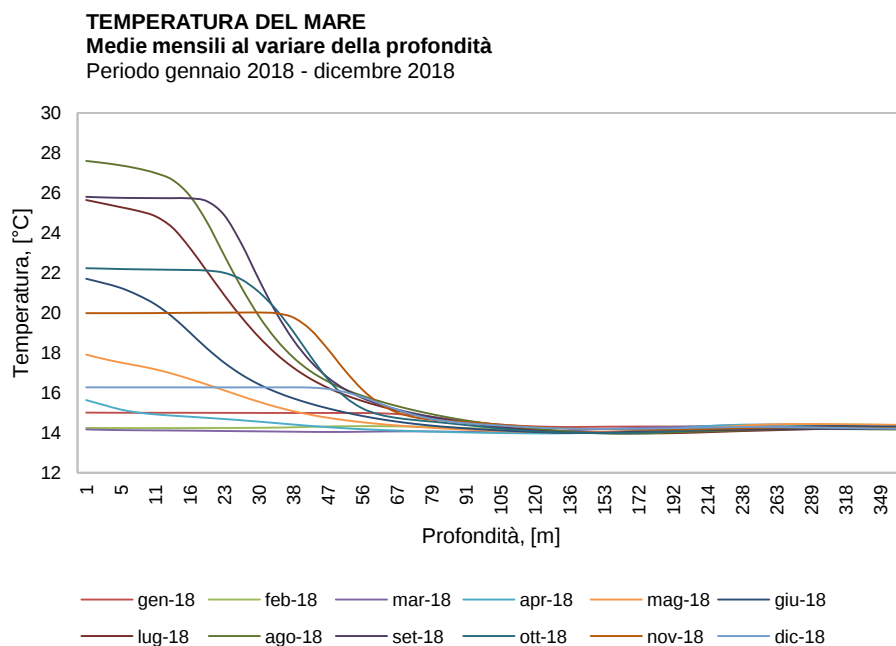


Figura 5.2 – Profilo termico verticale del mare per gli anni 2018 e 2019, valori medi mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2020).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA		Data Marzo 2020 Pagina 33 Di 46

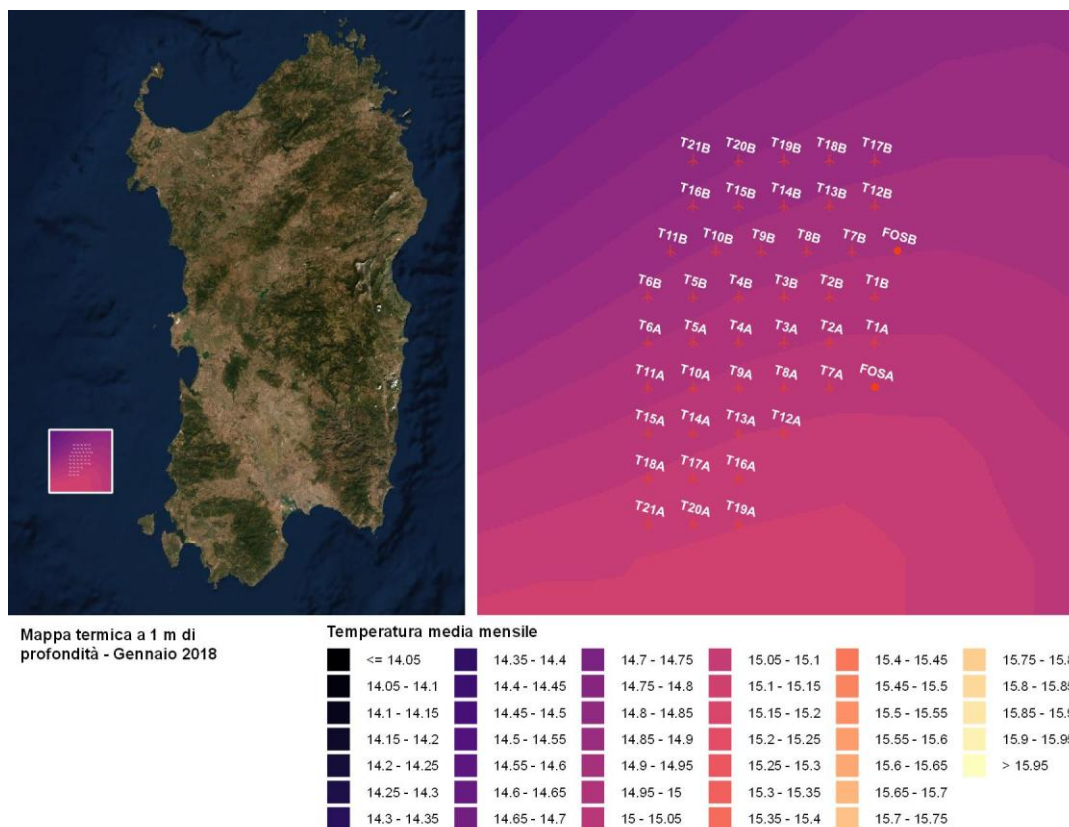


Figura 5.3 – Mappa della temperatura ad 1 metro di profondità nella zona di pertinenza del parco. Valori medi mensili, gennaio 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2020)

5.2 Presenza di ghiaccio

Le condizioni climatiche della località non consentono la formazione di ghiaccio sulla superficie marina.

5.3 Densità dell'acqua

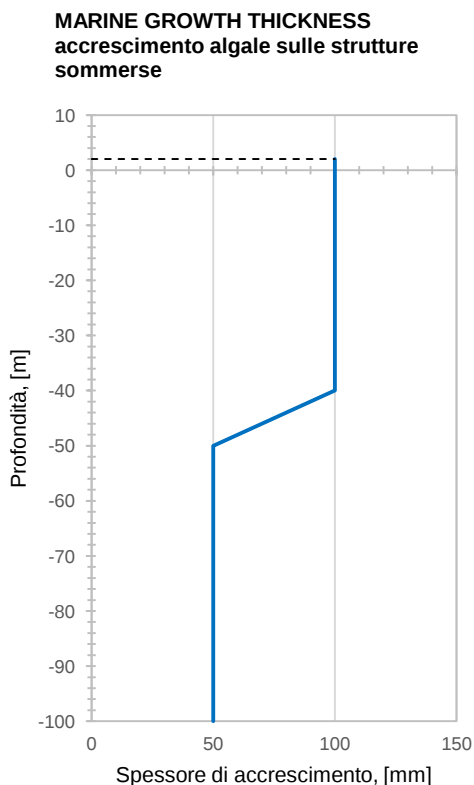
La densità dell'acqua marina può assumersi al valor medio 1026 kg/m³.

5.4 Marine growth mass

Qualsiasi struttura immersa nelle acque marine diviene sede di attecchimento per diversi organismi marini. Questa crescita, generalmente indicata come *biofouling*, è costituita da una varietà di specie a seconda della posizione, profondità e configurazione della struttura. La crescita marina sui dispositivi di energia rinnovabile può avere conseguenze per l'integrità strutturale o l'efficienza idrodinamica e va dunque tenuta in debito conto.

Riferendosi alle linee guida (DNV GL, 2015), l'accrescimento marino è variabile con la profondità secondo il diagramma di Figura 5.4. Si assume inoltre una densità di accrescimento pari a 1325 kg/m³.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 34	Di 46



*Figura 5.4 – Spessore di accrescimento marino sulle strutture sommerse al variare della profondità.
Elaborazione da (DNV GL, 2015).*

5.5 Livello relativo di marea

I dati per la caratterizzazione del livello di marea della località sono stati estratti dal database europeo del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, 2020) in riferimento al dataset MEDSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_006_013 le cui informazioni sono estrapolazioni numeriche pseudo - puntuali ottenute mediante l'applicazione di un modello numerico globale ad alta risoluzione spaziale (circa 4.5 km).

Il livello medio di marea del dataset è espresso in metri relativi al geoide di riferimento. L'informazione, estrapolata per il periodo gennaio 2018 – dicembre 2019 sottoforma di media mensile alle coordinate (405470E, 4362600N EPSG32632 WGS84 UTM32N), è mostrata in Figura 5.5.

I dati mostrano una generale depressione del livello medio mare nella zona di progetto con media circa pari a -0.4 m sul livello di riferimento e valori compresi tra -0.53 m e -0.30 m.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 35	Di 46

SEA SURFACE HEIGHT (above geoid)
Livello di marea medio mensile (rispetto al geoide)
Periodo gennaio 2018 - dicembre 2019

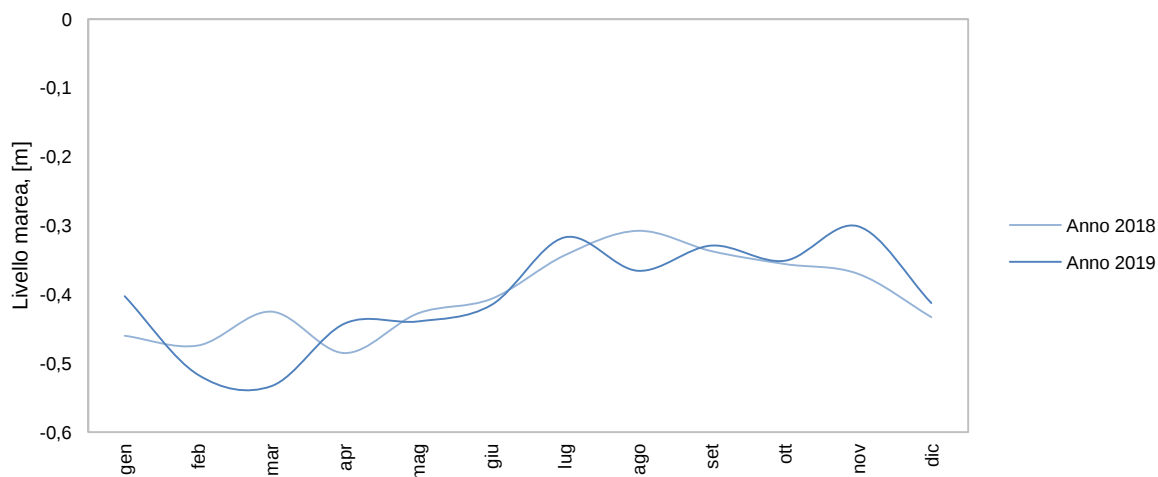


Figura 5.5 – Livello relativo medio di marea per gli anni 2018 e 2019, medie mensili.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2020).

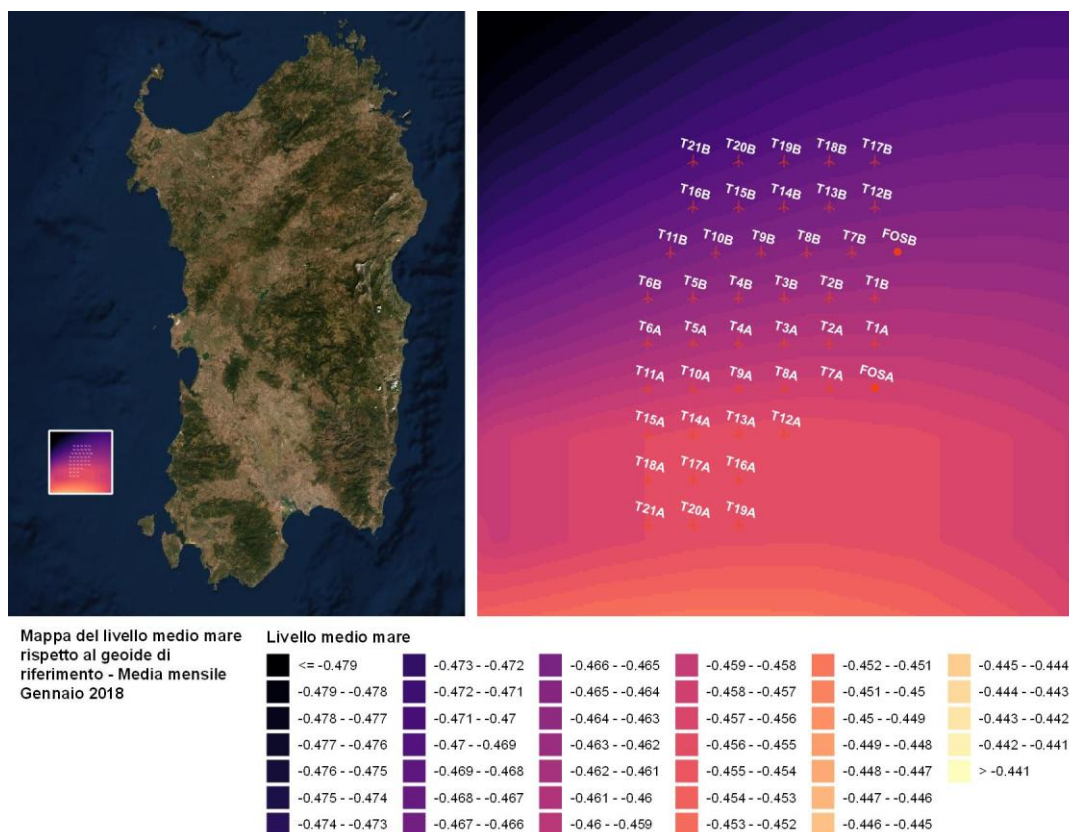


Figura 5.6 – Livello marea medio mensile rispetto al geoide, gennaio 2018. *Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2020).*

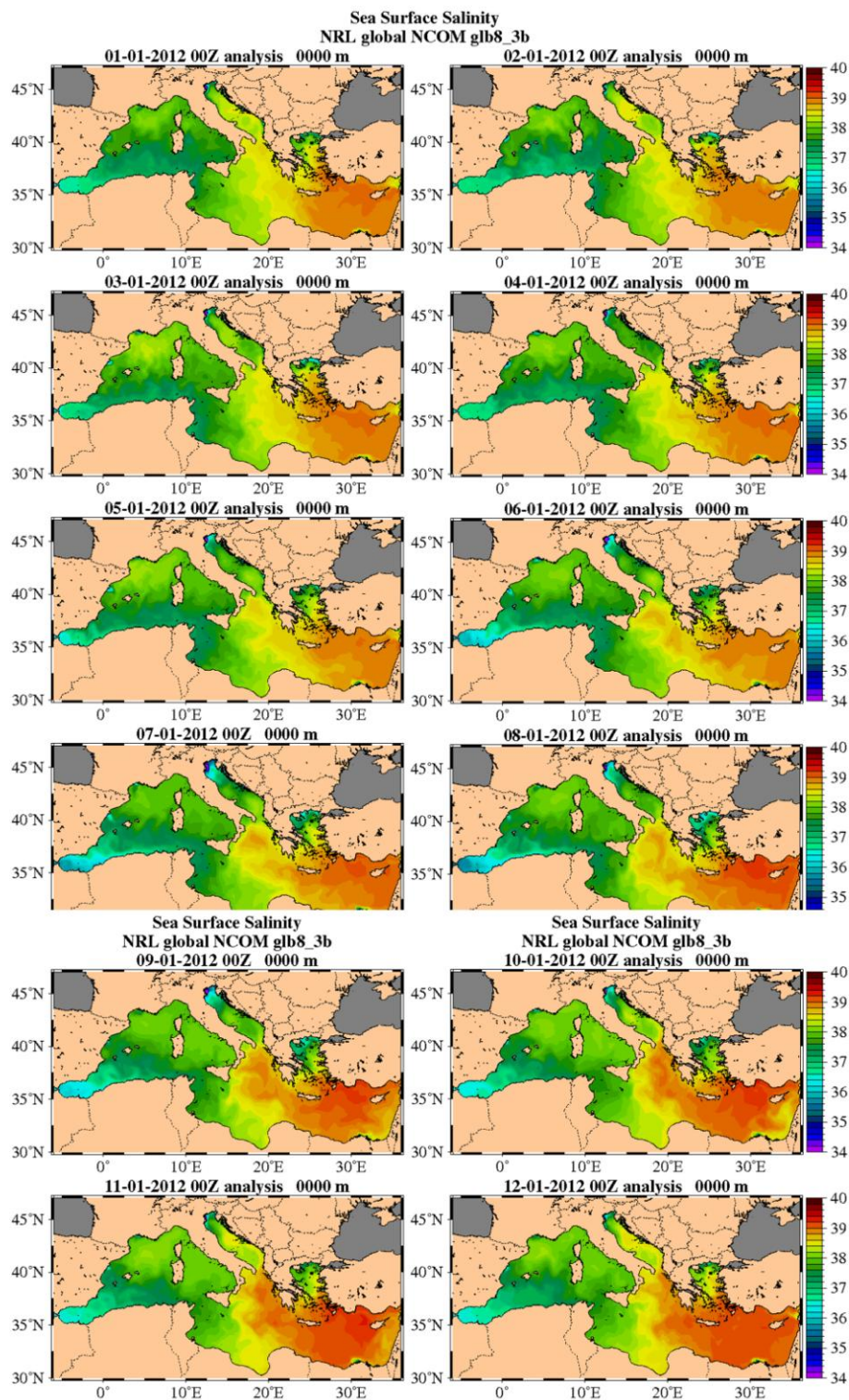
 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE		Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020	
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 36	Di 46

5.6 Livello di salinità

A causa dell'esigua comunicazione idrica tra il Mar Mediterraneo e gli oceani Atlantico e Indiano, oltreché per la forte evaporazione, le acque del bacino mediterraneo sono generalmente molto salate; la salinità media si aggira infatti attorno al 38,5‰ con un livello locale variabile tra il 36‰ e 39‰ muovendosi dalle regioni dello Stretto di Gibilterra verso il Mar di Levante (Treccani, 2019).

L'analisi delle mappe di salinità del Naval Research Laboratory (Figura 5.7) ottenute a partire dal modello globale Navy Coastal Ocean Model (NCOM) (NRL, 2015), evidenzia, per la località di progetto, una generale costanza del livello di salinità su base annuale; le mappe, relative al primo giorno del mese per l'anno 2012, mostrano un livello di salinità superficiale variabile con buona approssimazione nell'intervallo 37 - 38‰.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	37 Di 46



**Figura 5.7 – Mappa della salinità superficiale nel Mar Mediterraneo, valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012.
Dati da (NRL, 2015)**

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina	38 Di 46

5.7 Profilo batimetrico

Il parco eolico insiste su un ambito territoriale, quello del Mare di Sardegna Sud Occidentale, caratterizzato da un andamento batimetrico abbastanza regolare variabile con buona continuità, entro i primi 35 - 40 km dalla costa, fino a circa -500 m con una accentuata discontinuità di gradiente oltre i 50 km dalla costa. Tale discontinuità determina un rapido aumento della profondità anche oltre i -1800 m. La Figura 5.8 mostra il layout del parco sulla mappa batimetrica del dataset (EMODnet, 2020).

La profondità del fondale, valutata lungo l'asse delle torri di generazione, varia tra un minimo di circa -337 m in corrispondenza della turbina T12A ad un massimo attorno a -523 m al di sotto della turbina T19B.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020	Pagina 39 Di 46

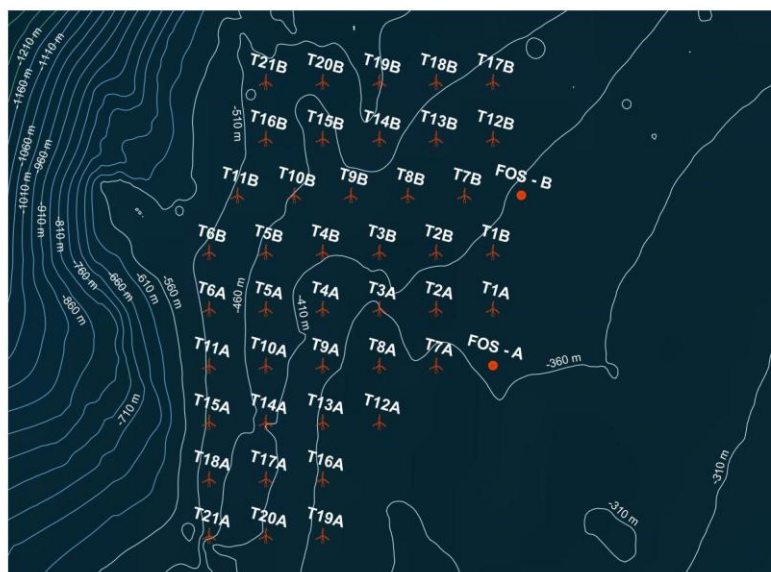
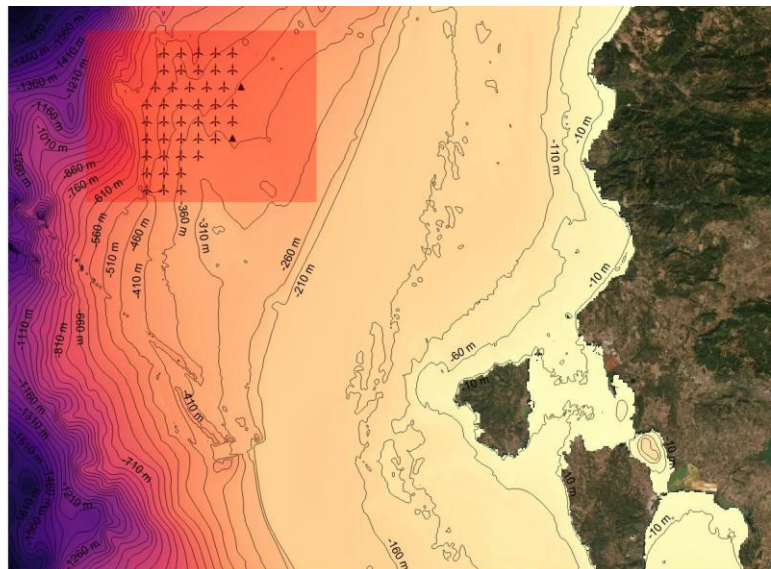


Mappa batimetrica della località di installazione del parco eolico

Coordinate secondo: EPSG32632 WGS84 UTM32N
Dati secondo: EMODNET (2020)

Livello batimetrico

-1900 m	-1216 m	-532 m
-1824 m	-1140 m	-456 m
-1748 m	-1064 m	-380 m
-1672 m	-988 m	-304 m
-1596 m	-912 m	-228 m
-1520 m	-836 m	-152 m
-1444 m	-760 m	-76 m
-1368 m	-684 m	0 m
-1292 m	-608 m	



NOM	Northing	Easting	Depth [m]	NOM	Northing	Easting	Depth [m]	NOM	Northing	Easting	Depth [m]	NOM	Northing	Easting	Depth [m]
T12A	4358950	405720	-337.4	T19A	4355350	403920	-347.4	T7B	4366150	408420	-423	T20B	4369750	403920	-474.6
T8A	4360750	405720	-347.8	T16A	4357150	403920	-354.8	T12B	4367950	409320	-430	T21B	4369750	402120	-488.6
T7A	4360750	407520	-351.2	T20A	4355350	402120	-406.6	T8B	4366150	406620	-440	T19B	4369750	405720	-523
T13A	4358950	403920	-356.6	T1B	4364350	409320	-406.6	T13B	4367950	407520	-444.8				
T3A	4362550	405720	-359	T4B	4364350	403920	-413.6	T15B	4367950	403920	-448.2				
T9A	4360750	403920	-371.8	T2B	4364350	407520	-415.2	T9B	4366150	404820	-448.2				
T2A	4362550	407520	-387	T14A	4358950	402120	-418.8	T17B	4369750	409320	-449.4				
T4A	4362550	403920	-392	T17A	4357150	402120	-419.2	T10B	4366150	403020	-460				
T1A	4362550	409320	-397.2	T3B	4364350	405720	-429.6	T18B	4369750	407520	-466.6				
T5A	4362550	402120	-441.2	T5B	4364350	402120	-451.2	T14B	4367950	405720	-482.6				
T10A	4360750	402120	-445	T21A	4355350	400320	-482.2	T16B	4367950	402120	-494.4				
T6A	4362550	400320	-500.6	T18A	4357150	400320	-484.8	T6B	4364350	400320	-500.6				
T11A	4360750	400320	-507	T15A	4358950	400320	-507	T11B	4366150	401220	-503.8				

Figura 5.8 – Mappa batimetrica per la località di installazione del parco eolico. Indicazione della profondità del fondale in corrispondenza dei generatori eolici del parco. Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2020).

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Marzo 2020
	RELAZIONE METEOMARINA	Pagina 40	Di 46

5.8 Correnti marine

La circolazione del Mar di Sardegna è largamente influenzata dalla dinamica nell'intero bacino del Mediterraneo. L'attrito tra le coste algerine e la corrente proveniente dall'Oceano Atlantico determina la formazione di vortici a mesoscala che influenzano la dinamica superficiale mentre la circolazione nella zona intermedia e profonda risente delle masse d'acqua generate nella parte orientale del bacino mediterraneo.

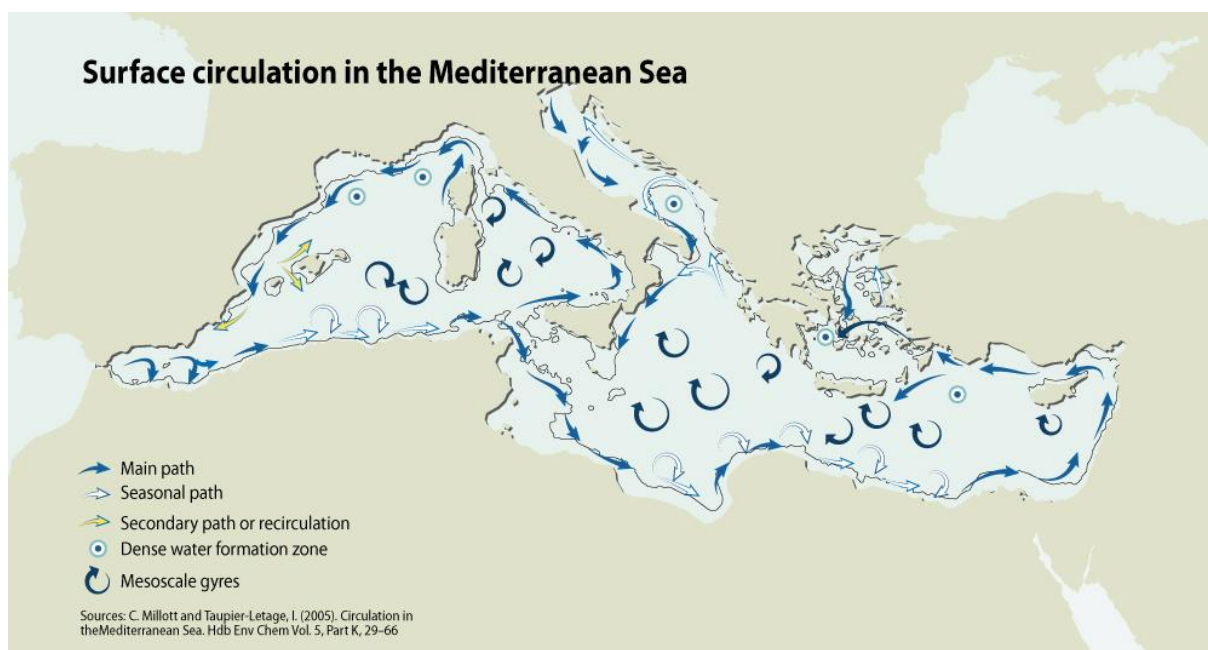


Figura 5.9 – Mappa delle correnti marine superficiali nel Mar Mediterraneo. Fonte: (GRID Arendal, 2020)

Le mappe di Figura 5.10, riferite ai risultati del modello OPA sviluppato da INGV di Bologna, riportano le caratteristiche del campo idrodinamico a diverse profondità per la zona del Mediterraneo Occidentale.

L'analisi evidenzia la presenza di vortici anticiclonici nella parte meridionale del Mar di Sardegna caratterizzati da velocità molto moderate, tipicamente inferiori a 0.5 m/s, come confermato anche delle mappe del Naval Research Laboratory, elaborate a partire dal modello globale Navy Coastal Ocean Model (NCOM) (NRL, 2015), intese come media giornaliera per il primo giorno del mese e per l'anno 2012.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 41	Di 46

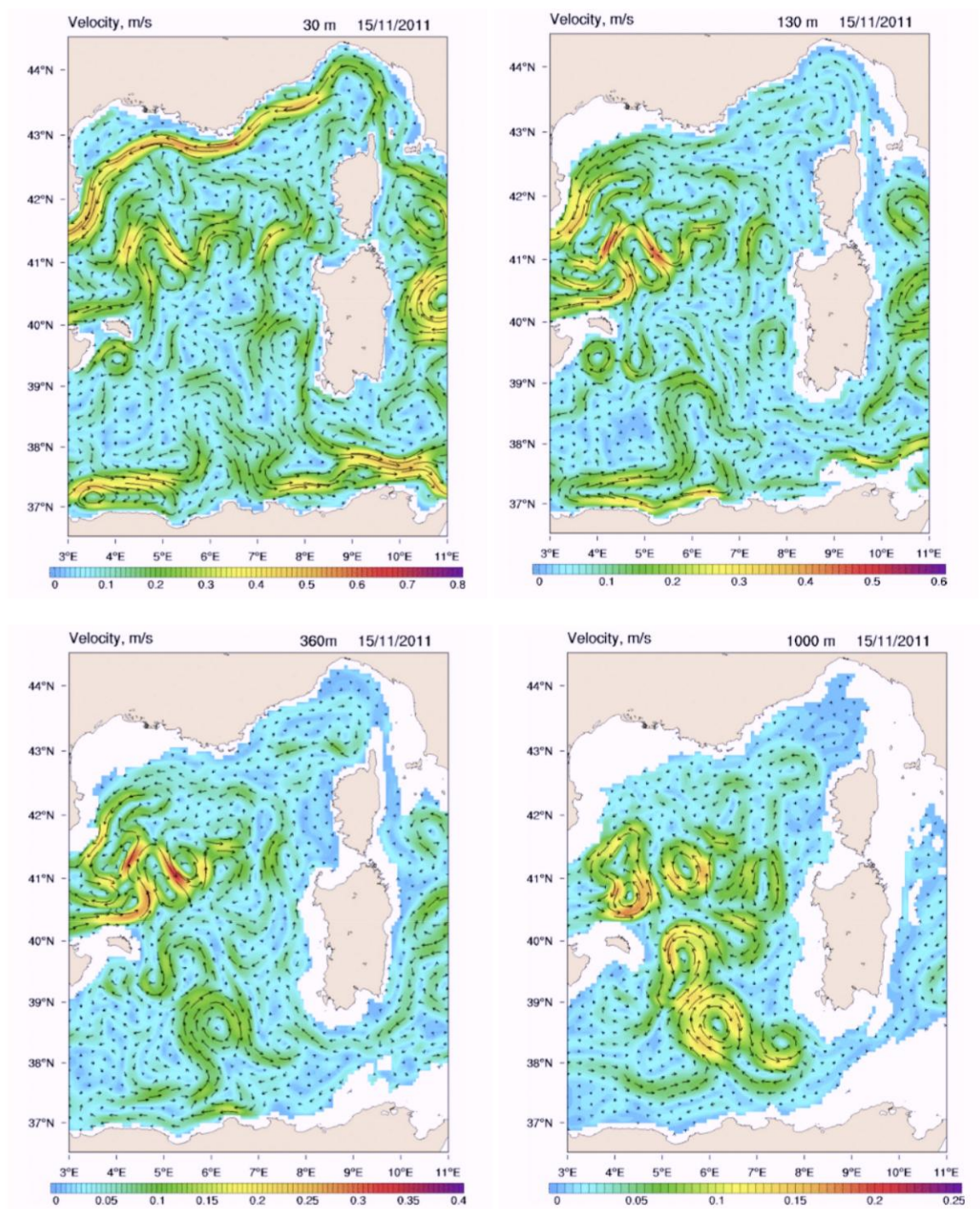
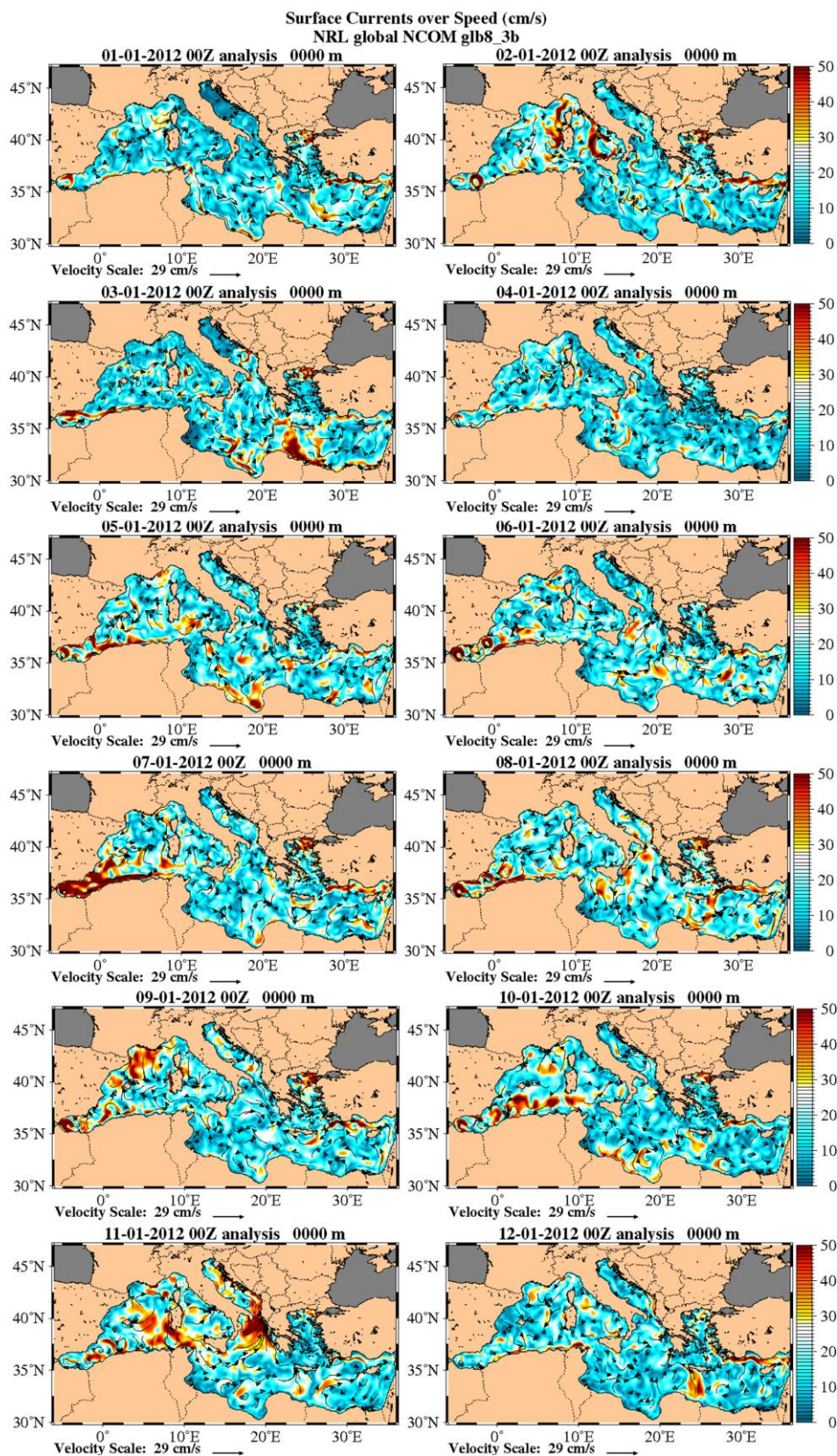


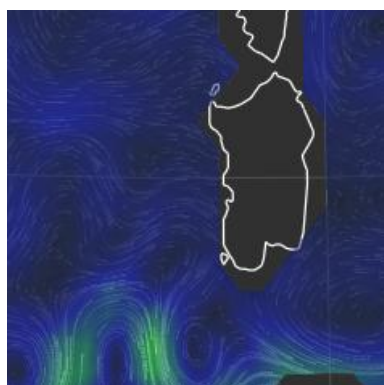
Figura 5.10 –Correnti marine nella zona del mare di Sardegna. Mappa per profondità 30, 130, 360 e 1000 m.
Fonte: (Peviani, et al., 2012)

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 42 Di 46

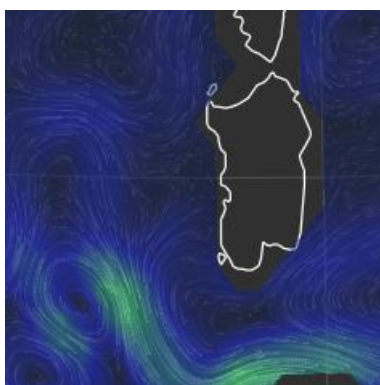


**Figura 5.11 – Mappa delle correnti marine superficiali nel Mar Mediterraneo.
Valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012. Dati da (NRL, 2015)**

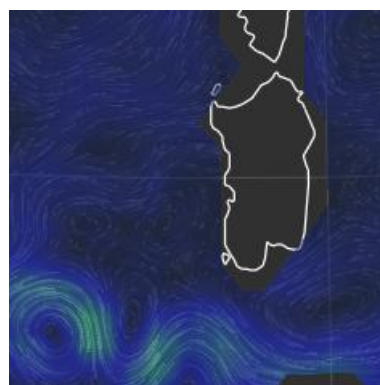
 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE		Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020	
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 43	Di 46



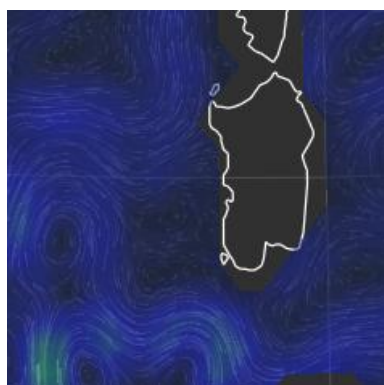
GENNAIO 2019



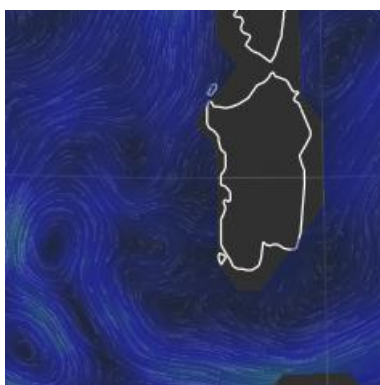
FEBBRAIO 2019



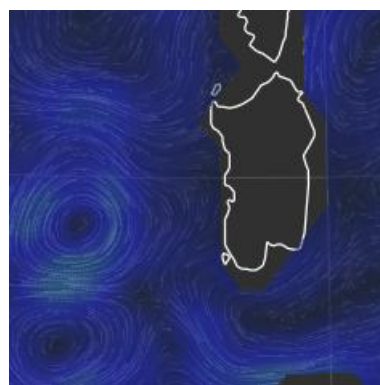
MARZO 2019



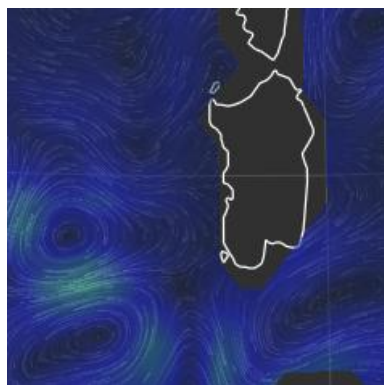
APRILE 2019



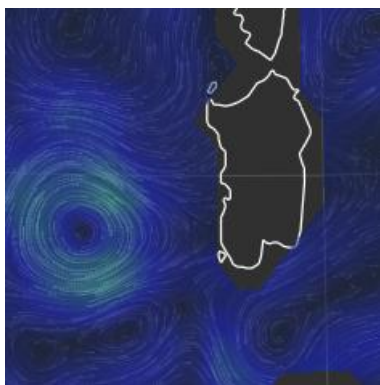
MAGGIO 2019



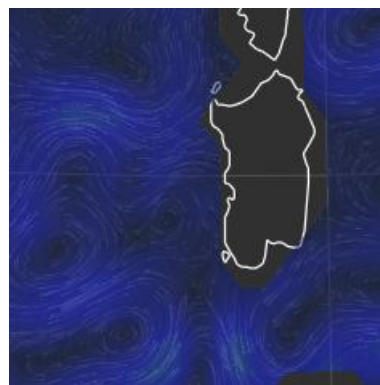
GIUGNO 2019



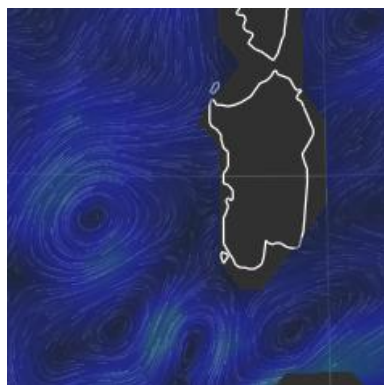
LUGLIO 2019



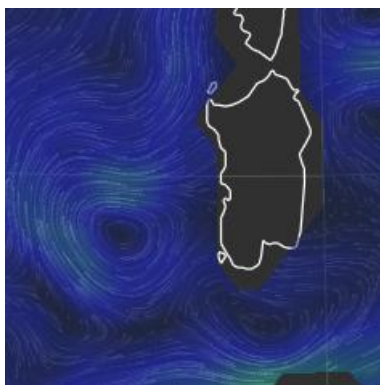
AGOSTO 2019



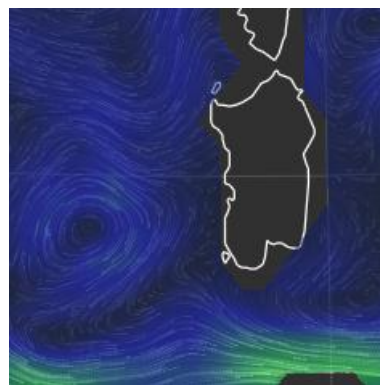
SETTEMBRE 2019



OTTOBRE 2019



NOVEMBRE 2019



DICEMBRE 2019

*Figura 5.12 – Mappa delle correnti marine superficiali nel Mare di Sardegna.
Elaborazioni per il primo giorno del mese, anno 2019. Fonte: (Beccario, 2020)*

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219U.R011.RELMET.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE METEOMARINA	Data Marzo 2020 Pagina 44 Di 46

6 RIFERIMENTI

APAT, 2006. *Atlante delle onde nei mari italiani*. Roma: APAT.

Beccario, C., 2020. *earth*. [Online]
Available at: <https://earth.nullschool.net/>

CMEMS, 2020. *CMEMS, Copernicus Marine Environment Monitoring Service*. [Online]
Available at: <http://marine.copernicus.eu>

Criteria, 2012. *Provincia di Carbonia - Iglesias, 2012. Studio meteomarinario del sistema portuale del Sulcis - Iglesiente.*, s.l.: s.n.

DHI, 2020. *MetOcean Data Portal, On demand data and analytics globally*. [Online]
Available at: <http://www.metocean-on-demand.com>

DHI, 2020. *MetOcean Data Portal, On demand data and analytics globally*. [Online]
Available at: <http://www.metocean-on-demand.com>

DNV GL, 2015. *DNVGL-OS-E301 - Offshore Standard: Position mooring*, s.l.: s.n.

EMODnet, 2020. *EMODnet Bathymetry*. [Online]
Available at: <http://www.emodnet-bathymetry.eu>

Goda, Y., 1988. On the methodology of selecting design wave height. *Coastal Engineering Proceedings*.

Goda, Y. & Kobune, K., 1990. Distribution function fitting for storm wave data. *Coastal Engineering Proceedings*.

GRID Arendal, 2020. [Online]
Available at: <https://www.grida.no/resources/5915>

ISPRA, 2018. *Annuario in cifre - Annuario dei Dati Ambientali 2018*. [Online]
Available at: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-in-cifre-annuario-dei-dati-ambientali-2018>

ISPRA, 2019. *RON, Rete Ondametrica Nazionale*. [Online]
Available at: <http://dati.isprambiente.it/dataset/ron-rete-ondametrica-nazionale/>

Manwell, J. F. & McGowan, J. G., 2009. *Wind energy explained, theory design and application*. 2nd a cura di s.l.:Wiley.

Navionics, 2019. *Chart viewer*. [Online]
Available at: <https://www.navionics.com>

NRL, 2015. *Mediterranean region SSS*. [Online]
Available at:
https://www7320.nrlssc.navy.mil/global_ncom/glb8_3b/html/Links/sss_list_med.html

Peviani, M., Meghella, M., Mazzocchi, L. & Negri, A., 2012. *Metodi di valutazione del potenziale energetico dal moto ondoso a scala regionale e locale, caso applicativo nella costa occidentale della Sardegna*, Milano: RSE.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE		Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020	
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 45	Di 46

RSE, 2019. *Atlante eolico interattivo*. [Online]

Available at: <http://atlanteeolico.rse-web.it>

Technical University of Denmark (DTU), 2020. *Global Wind Atlas*. [Online]

Available at: <https://globalwindatlas.info/>

[Consultato il giorno Marzo 2020].

Treccani, 2019. *Mediterraneo, Mare*. [Online]

Available at: <http://www.treccani.it/enciclopedia/mare-mediterraneo/>

Troen, I. & Lundtang Petersen, E., 1989. *European Wind Atlas*. s.l.:Risø National Laboratory.

U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984. *Shore Protection Manual*. s.l.:s.n.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE		Documento F0219U.R011.RELMET.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020	
	RELAZIONE METEOMARINA		Pagina 46	Di 46

Il presente documento, composto da n. 46 pagine è protetto dalle leggi nazionali e comunitarie in tema di proprietà intellettuali delle opere professionali e non può essere riprodotto o copiato senza specifica autorizzazione.

Taranto, Marzo 2020

Dott. Ing. Luigi Severini