

POSEIDON WIND ENERGY

Ministero delle Infrastrutture
e della Mobilità sostenibili

Domanda di Concessione Demaniale
ex art. 36 R.D. 327/1942 agg. L.25/2010

Domanda di Autorizzazione Unica
ex art. 12 D.lgs. 387/ 2003

Ministero della Transizione Ecologica
Ministero della Cultura

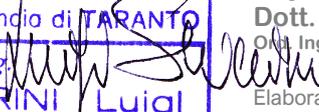
Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale
ex D.lgs. 152/2006

Progetto Preliminare
**PARCO EOLICO OFFSHORE
NEL MAR TIRRENO
NORD - OCCIDENTALE**

Relazione meteomarina

UR05

F0122UR05RELMET00b

ORDINE DEGLI INGEGNERI
della Provincia di TARANTO
Dott. Ing. 
SEVERINI Luigi
N. 776

Progetto
Dott. Ing. Luigi Severini
Ord. Ing. Prov. TA n.776

Elaborazioni
iLStudio.
Engineering & Consulting **Studio**

Concept & Innovations
NiceTechnology®

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina I di V

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	2
2.1.	Ubicazione	2
3.	PROFILO ANEMOLOGICO	4
3.1.	Note sui modelli hindcast.....	4
3.2.	Caratteristiche anemologiche del sito.....	5
3.2.1.	Stima della variabilità spaziale del vento	8
3.2.2.	Analisi del profilo verticale di velocità.....	8
4.	PROFILO ONDAMETRICO	12
4.1.	Studio meteomarina mediante dataset Med-MFC (CMEMS).....	12
4.1.1.	Risultati.....	13
4.2.	Confronto con il dataset della boa RON di Siniscola	18
4.2.1.	Ubicazione dei paraggi	18
4.3.	Analisi del fetch	19
4.3.1.	Il metodo della trasposizione	22
4.3.2.	Risultati e confronto	22
4.4.	Disallineamento vento-onda (<i>wind-wave misalignment</i>)	24
5.	PROFILO MAREOGRAFICO	25
5.1.	Temperatura del mare	25
5.2.	Presenza di ghiaccio	32
5.3.	Densità dell'acqua	32
5.4.	Marine growth mass	32
5.5.	Livello relativo di marea	32
5.6.	Livello di salinità	37
5.7.	Profilo batimetrico.....	38
5.8.	Correnti marine	42

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina II di V

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Schema qualitativo del progetto.....	2
Figura 2.2 – Ubicazione impianto – Sezione offshore.	3
Figura 3.1 – Punto di estrazione del dataset anemologici nell’area del parco eolico.	4
Figura 3.2 – Serie storica della velocità del vento a 10 mMSL estratta dal dataset del servizio metocean DHI.	5
Figura 3.3 – Approssimazione di Weibull del dataset di vento DHI.	6
Figura 3.4 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto.	6
Figura 3.5 – Rose dei venti mensili a 10 mMSL per la località di progetto.	7
Figura 3.6 – Rose dei venti stagionali a 10 mMSL per la località di progetto.	7
Figura 3.7 – Profilo verticale di velocità, estrapolazione con legge logaritmica.	8
Figura 3.8 – Confronto rose dei venti a 10 mMSL ed estrapolazione a 148 mMSL per la località di progetto.	9
Figura 3.9 – Rose dei venti mensili a 148 mMSL per la località di progetto.	10
Figura 3.10 – Rose dei venti stagionali a 148 mMSL per la località di progetto.	10
Figura 3.11 – Mappa della ventosità media annuale a 150 mMSL.	11
Figura 4.1 – Ubicazione della cella di calcolo WAM e della boa RON di Siniscola rispetto all’area del parco eolico.	12
Figura 4.2 – Suddivisione del Mar Mediterraneo in sub-regioni.	13
Figura 4.3 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per direzione di provenienza.	14
Figura 4.4 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa.	15
Figura 4.5 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per periodo di picco.	15
Figura 4.6 – Rosa dei mari per la località di progetto.	16
Figura 4.7 – Posizionamento delle boe RON ed individuazione della boa RON di Siniscola.	18
Figura 4.8 – Andamento del fetch per la boa RON di Siniscola.	20
Figura 4.9 – Andamento del fetch per il centro dell’area del parco eolico offshore.	21
Figura 4.10 – Confronto tra il dataset Med-MFC e il dataset della boa RON di Siniscola.	23
Figura 5.1 – Temperatura del mare a 1 m di profondità per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.	25
Figura 5.2 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l’anno 2017.	26
Figura 5.3 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l’anno 2018.	27
Figura 5.4 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l’anno 2019.	28
Figura 5.5 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.	29
Figura 5.6 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.	30
Figura 5.7 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.	31
Figura 5.8 – Spessore di accrescimento marino sulle strutture sommerse al variare della profondità.	32
Figura 5.9 – Livello relativo medio di marea per gli anni dal 2017 al 2019, medie mensili.	33

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina III di V

Figura 5.10 – Mappa dell’altezza del livello medio mare (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.	34
Figura 5.11 – Mappa dell’altezza del livello medio mare (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.	35
Figura 5.12 – Mappa dell’altezza del livello medio mare (rispetto al geoide di riferimento) nella macro area di indagine.	36
Figura 5.13 – Mappa della salinità superficiale nel Mar Mediterraneo, valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012.	37
Figura 5.14 – Mappa batimetrica per la località di progetto del parco eolico offshore.	40
Figura 5.15 – Mappa della pendenza del fondale per la località di progetto del parco eolico offshore.	41
Figura 5.16 – Mappa delle correnti marine, mesi gennaio (sx) e febbraio (dx).	42
Figura 5.17 – Mappa delle correnti marine, mesi marzo (sx) e aprile (dx).	43
Figura 5.18 – Mappa delle correnti marine, mesi maggio (sx) e giugno (dx).	43
Figura 5.19 – Mappa delle correnti marine, mesi luglio (sx) e agosto (dx).	44
Figura 5.20 – Mappa delle correnti marine, mesi settembre (sx) e ottobre (dx).	44
Figura 5.21 – Mappa delle correnti marine, mesi novembre (sx) e dicembre (dx).	45
Figura 5.22 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.	46
Figura 5.23 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.	47
Figura 5.24 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.	48
Figura 5.25 – Profili verticali della velocità di corrente medi mensili per l’anno 2019.	49

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina IV di V

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.1 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati.	5
Tabella 3.2 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati.	9
Tabella 4.1 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e periodo di picco.....	16
Tabella 4.2 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e direzione.	17
Tabella 4.3 – Fetch geografici ed efficaci per la boa RON di Siniscola.	20
Tabella 4.4 – Fetch geografici ed efficaci per il centro dell’area del parco eolico offshore.....	21
Tabella 4.5 – Percentuale di accadimento del disallineamento vento-onda rispetto alla direzione del vento ed all’entità del disallineamento.....	24
Tabella 5-1 – Coordinate aerogeneratori e profondità locali del fondale in corrispondenza della verticale.	38

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina V di V

INDICE DELLE VOCI

CFSR	Climate Forecast Reanalysis
DHI	Dansk Hydraulisk Institut
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
FOS	Floating Offshore Substation
GWA	Global Wind Atlas
IEA	International Energy Agency
MCP	(analisi) Misura – Correlazione – Predizione
mMSL	Meter Mean Sea Level (metri sul livello medio mare)
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NCOM	Navy Coastal Ocean Model
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NWP	Numerical Weather Prediction
RSE	Ricerca Sistema Elettrico
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
TJB	Transition Joint Bay
WAM	WAve Model
WTG	Wind Turbine Generator

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 1 di 51

1. INTRODUZIONE

Il progetto, proposto da Poseidon Wind Energy S.r.l., consiste nella realizzazione di un impianto offshore per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, collocato nel Mar Tirreno nord occidentale e con capacità elettrica nominale di 1008 MW.

Il presente documento fornisce un inquadramento del profilo meteomarina del sito individuato per le installazioni. I principali parametri investigati sono:

- il *profilo anemologico* della località (caratterizzazione statistica della direzione e dell'intensità del vento con la quota),
- il *profilo ondometrico* (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 termofisiche del mare, andamento annuale del livello di marea, correnti marine, stima del livello di salinità medio, etc.).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 2 di 51

2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

L'impianto di produzione, a realizzarsi nel Mar Tirreno nord - occidentale, a oltre 40 km dalle coste della Sardegna nord - orientale, è composto da 72 aerogeneratori ad asse orizzontale (WTG) e due sottostazioni elettriche di trasformazione (FOS); le turbine e le sottostazioni sono sostenute da innovative fondazioni galleggianti che ne consentono l'installazione in acque profonde e a grande distanza dalle coste.

La collocazione del parco, frutto di una approfondita conoscenza delle caratteristiche del sito, armonizza le risultanze di studi e consultazioni finalizzati alla migliore integrazione delle opere all'interno del contesto naturale e antropico pre-esistente.

Ciascun aerogeneratore è costituito da un rotore tripala con diametro fino a 250 m calettato su torre ad una quota sul livello medio mare fino a 155 m. L'energia elettrica, prodotta dalle turbine alla tensione di 66 kV AC, viene elevata in tensione e convertita in DC mediante apposita sottostazione elettrica di trasformazione offshore galleggiante (FOS) ed esportata, con elettrodotto sottomarino $\pm 320\text{kV}$ HVDC, fino al punto di giunzione a terra (*Transition Joint Bay - TJB*) nei pressi del porto di Civitavecchia ove, mediante un breve tratto in cavo interrato al di sotto della viabilità stradale esistente, una seconda sottostazione di conversione/trasformazione, misura e consegna opera la definitiva riconversione DC/AC e successiva elevazione di tensione per la successiva immissione nella rete elettrica nazionale in corrispondenza del nodo 380 kV AC della centrale elettrica ENEL Torvaldaliga Nord.

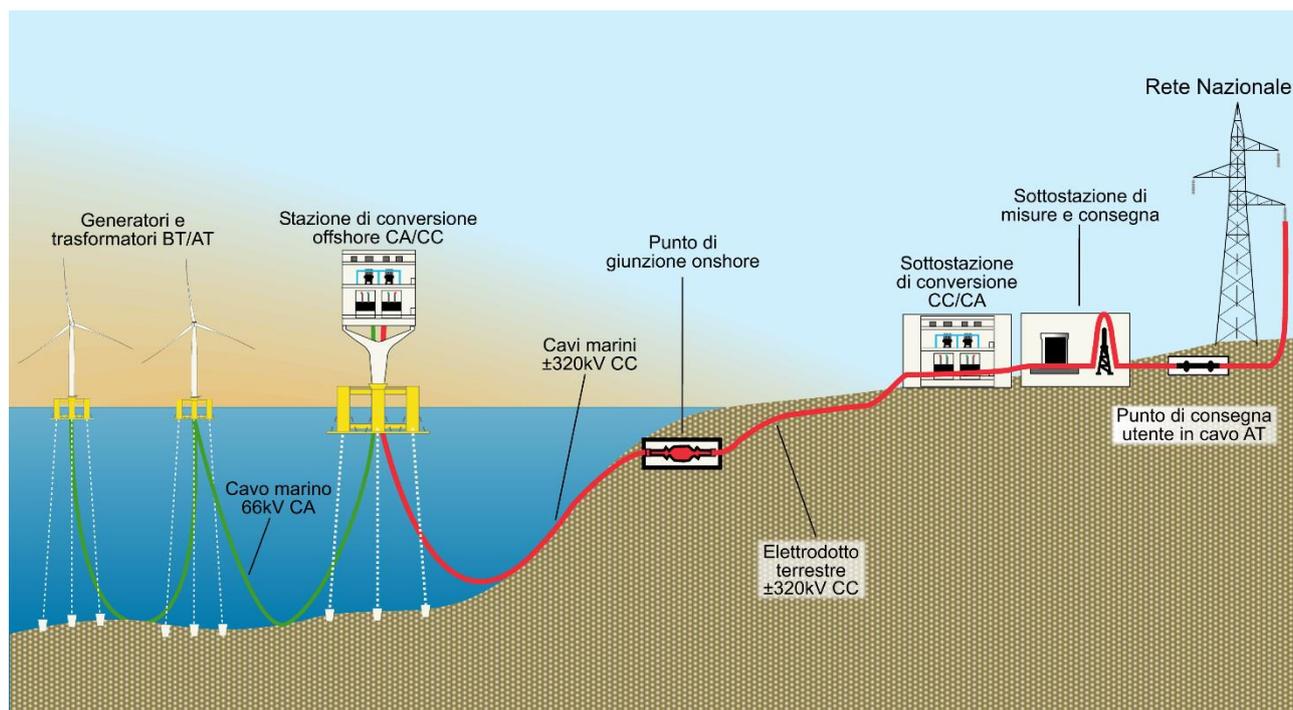


Figura 2.1 – Schema qualitativo del progetto.

Elaborazione iLStudio.

2.1. Ubicazione

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto di generazione eolica è ubicato nel Mar Tirreno nella zona di mare antistante alla Sardegna nord-orientale ad oltre 40 km dalle coste più vicine.

Il posizionamento del parco sintetizza diversi studi e consultazioni che hanno fornito una conoscenza preliminare delle caratteristiche del sito. La macro localizzazione delle strutture sintetizza i requisiti concorrenti di:

PROGETTO PRELIMINARE		PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 3 di 51	

- massimizzazione della producibilità energetica (*energy yield*),
- eliminazione o minimizzazione degli impatti negativi prevedibili sull’ambiente naturale,
- eliminazione o minimizzazione degli impatti negativi prevedibili sull’ambiente antropico,
- mantenimento di elevati standard di sicurezza durante l’intero ciclo di vita dell’opera.



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE
Sezione offshore - layout di impianto.
Elaborazione iLStudio

Figura 2.2 – Ubicazione impianto – Sezione offshore.
Elaborazione iLStudio.

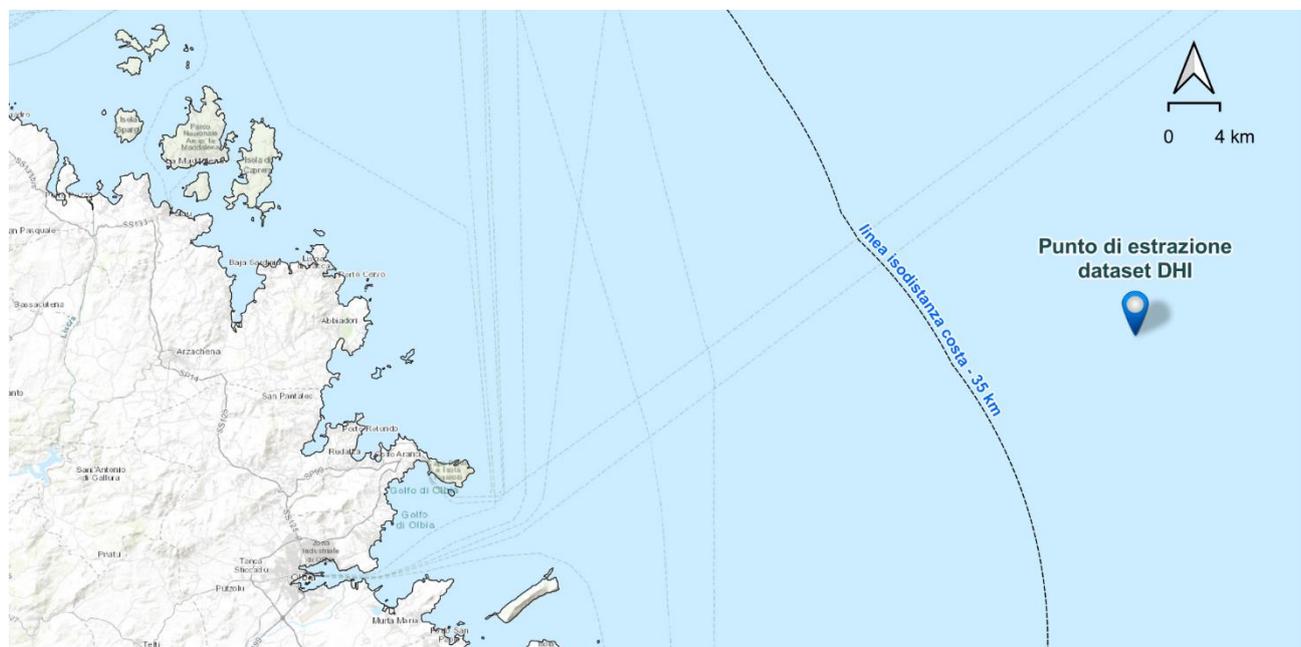
PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 4 di 51

3. PROFILO ANEMOLOGICO

Il profilo anemologico della località, inteso come valutazione dell'intensità e direzione del vento statisticamente significative per il sito, è stato estrapolato dai dati storici di rianalisi (hindcast) del servizio MetOcean (DHI, 2022), (elaborati secondo il modello computazionale di previsione meteorologica (NWP, Numerical Weather Prediction) COSMO (Consortium for Small-Scale Modelling) e relativi al periodo 1 gennaio 1995 – 31 agosto 2019 per la 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 risoluzione spaziale di circa 6 km.

Nello specifico, l'analisi anemologica è stata effettuata interrogando il dataset DHI in corrispondenza del centroide della macro area di indagine (coordinate 607265E, 4549074N EPSG32632, rif. Figura 3.1). A valle, i risultati sono stati confrontati con:

- le mappe della ventosità del Global Wind Atlas;
- le mappe della ventosità dello New European Wind Atlas;
- le mappe della ventosità dell'Atlante Eolico Italiano RSE.



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Caratterizzazione anemologica del sito - punto di estrazione dati dal servizio DHI.

Elaborazione iLStudio

Figura 3.1 – Punto di estrazione del dataset anemologici nell'area del parco eolico.

Elaborazione iLStudio su dati (DHI, 2020).

La valutazione preliminare conserva, in relazione alle caratteristiche dei dataset di input, un'incertezza di risultato riconducibile a errori di estrapolazione del profilo di vento da 10 mMSL alla quota hub mediante l'uso di un profilo logaritmico.

3.1. Note sui modelli hindcast

I set di dati di rianalisi sono prodotti utilizzando dataset di *misurazione atmosferica* in modelli NWP globali che vengono eseguiti su griglie di calcolo medio-grossolane. I set di dati di rianalisi coprono ampi periodi di tempo, in genere più di 30 anni, e sono costituiti da serie temporali con periodi di media dei campioni che vanno da 1 ora a 1 mese. Poiché i dati di rianalisi sono quindi rappresentativi delle condizioni atmosferiche per una data area (scala regionale, tipicamente) e un dato periodo di media, essi non sono direttamente confrontabili con le misurazioni locali "puntuali"; tuttavia, a condizione che siano convalidati utilizzando misurazioni coerenti a lungo

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 5 di 51

termine, offrono una solida base per valutare la variazione a lungo termine della velocità del vento in un certo luogo di misurazione.

3.2. Caratteristiche anemologiche del sito

L'elaborazione delle serie storiche di vento è stata effettuata in ambiente MATLAB confrontando i risultati con le elaborazioni restituite dal software di calcolo Resoft Windfarm e i valori medi anemologici dei servizi Global Wind Atlas (GWA), New European Wind Atlas (NEWA) e Atlante Eolico RSE (RSE). Per quanto riguarda la velocità media del vento, i risultati della valutazione preliminare sono riassunti in Tabella 3.1. Alla quota di riferimento 10 mMSL le stime ottenute a partire dal dataset DHI risultano in linea con i valori del servizio GWA, con una differenza massima attorno al 4% del valore GWA.

Tabella 3.1 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati.

Elaborazione iLStudio.

FONTE	VELOCITÀ MEDIA DEL VENTO
Global Wind Atlas	6.13 m/s @ 10 mMSL, 7.83 m/s @ 100 mMSL
New European Wind Atlas MESO	7.37 m/s @ 50 mMSL, 7.61 m/s @ 100 mMSL
New European Wind Atlas MICRO	7.40 m/s @ 50 mMSL, 7.60 m/s @ 100 mMSL
Atlante Eolico d'Italia	7.27 m/s @ 50 mMSL, 7.60 m/s @ 100 mMSL
DHI Metocean	6.39 m/s @ 10 mMSL

A scopo illustrativo, la Figura 3.2 riporta la serie temporale di velocità e direzione del vento a 10 mMSL estratta dal dataset DHI.

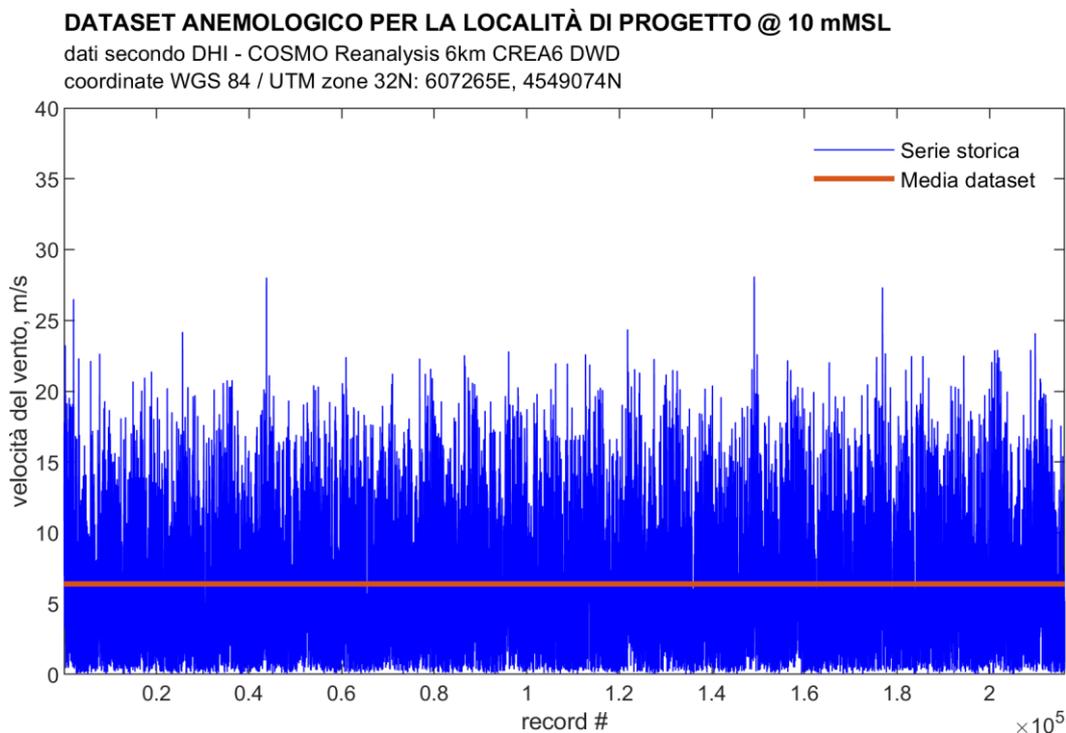


Figura 3.2 – Serie storica della velocità del vento a 10 mMSL estratta dal dataset del servizio metocean DHI.

Elaborazione iLStudio.

La distribuzione delle velocità del vento del set di dati DHI, per il punto di estrazione e per il periodo di riferimento di 24 anni dal 1995 al 2019, è ben approssimata da una distribuzione Weibull omnidirezionale del tipo in Figura 3.3.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 6 di 51

DATASET ANEMOLOGICO PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 10 mMSL

dati secondo DHI - Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N
Weibull fit - Fattore di forma k = 1.8554 - Fattore di forma c = 9.0526

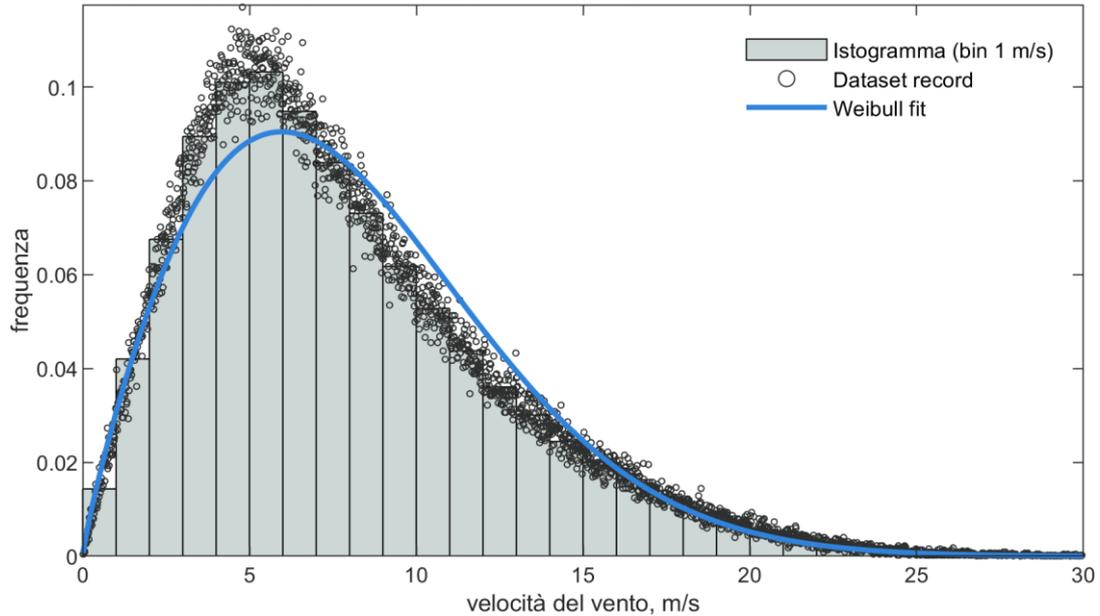


Figura 3.3 – Approssimazione di Weibull del dataset di vento DHI.

Elaborazione iLStudio.

La rosa dei venti media sull'intero dataset di vento (rif. Figura 3.4) mostra una distribuzione con una spiccata intensità e frequenza di vento nel settore 270 gradi nord e ulteriori picchi, seppur di minor entità, nei settori di vento centrati sugli 0, 150 e 300 gradi nord; i risultati sono in accordo con le informazioni del servizio Global Wind Atlas. Tali caratteristiche sono confermate dall'analisi delle rose dei venti medie mensili e stagionali (rif. Figura 3.5 e Figura 3.6). La progettazione del layout ha tenuto conto di queste caratteristiche.

ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 10 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

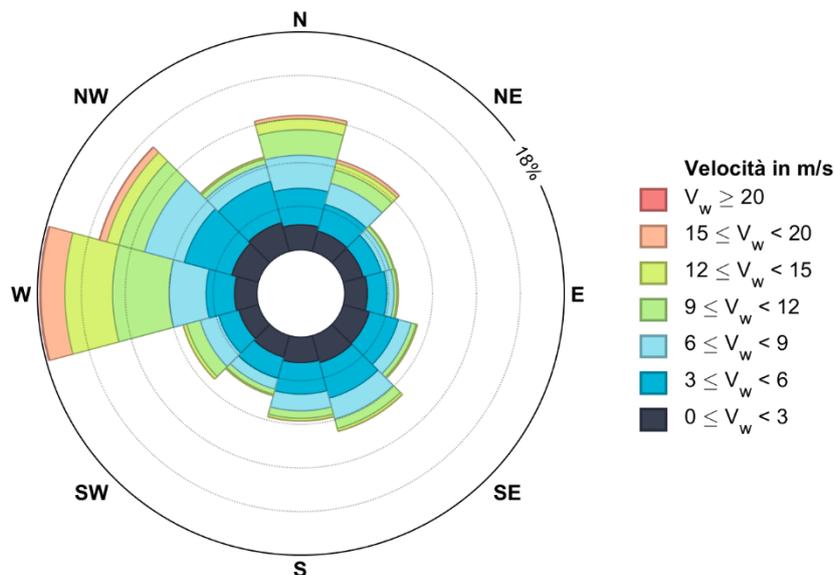


Figura 3.4 – Rose dei venti a 10 mMSL per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 7 di 51

ROSE DEI VENTI MENSILI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 10 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

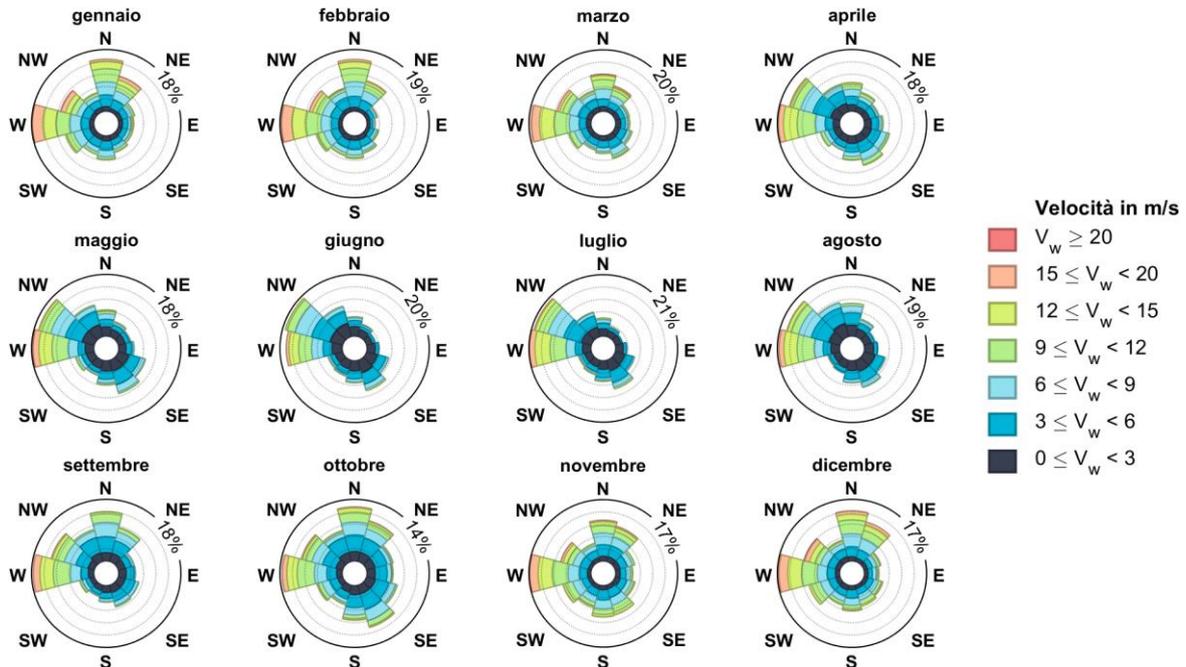


Figura 3.5 – Rose dei venti mensili a 10 mMSL per la località di progetto.
Elaborazione iLStudio.

ROSE DEI VENTI STAGIONALI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 10 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

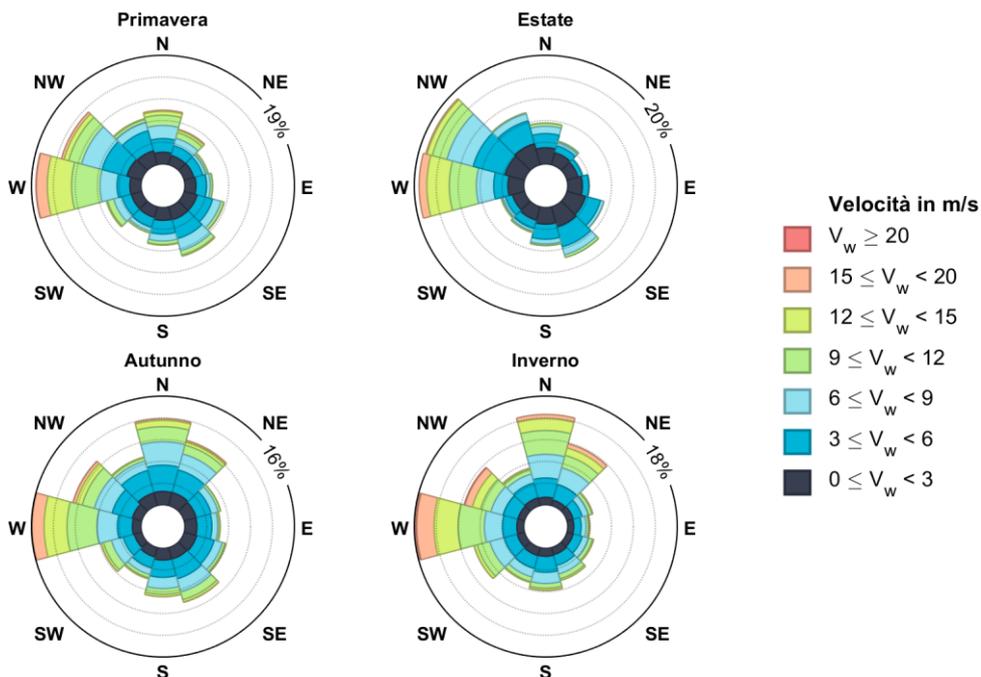


Figura 3.6 – Rose dei venti stagionali a 10 mMSL per la località di progetto.
Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 8 di 51

3.2.1. Stima della variabilità spaziale del vento

Alla data del presente documento, non sono disponibili informazioni dettagliate sulla distribuzione spaziale della ventosità sull'intera area del sito di indagine. Pertanto nel seguito, con buona approssimazione, i parametri di vento e le producibilità specifiche degli aerogeneratori saranno calcolati in riferimento al dataset DHI sul centroide dell'area di indagine.

3.2.2. Analisi del profilo verticale di velocità

L'estrapolazione del profilo di velocità verticale è stata effettuata applicando la *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; il profilo è stato ricavato fino alla quota 300 m ipotizzando una altezza hub degli aerogeneratori tra 148 e 155 m.

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

Operando un fit sui dati puntuali dei profili verticali di velocità dei dataset GWA, NEWA (MESO e MICRO) e RSE, la lunghezza caratteristica z_0 può considerarsi al valore 0.20 mm (ragionevolmente prevedibile per la descrizione di una superficie limite del tipo "mare calmo"); la velocità media nel periodo di riferimento (24 anni), estrapolata alle quote 148 e 155 mMSL, si attesta in tal modo a circa 7.98 m/s e 8.00 m/s rispettivamente con un profilo del tipo in Figura 3.7.

VALUTAZIONE DELLA RISORSA EOLICA DISPONIBILE

stima del profilo verticale di velocità - confronto con i valori dei dataset GWA, NEWA ed RSE
estrapolazione logaritmica con $z_0 = 0.0002$ mm

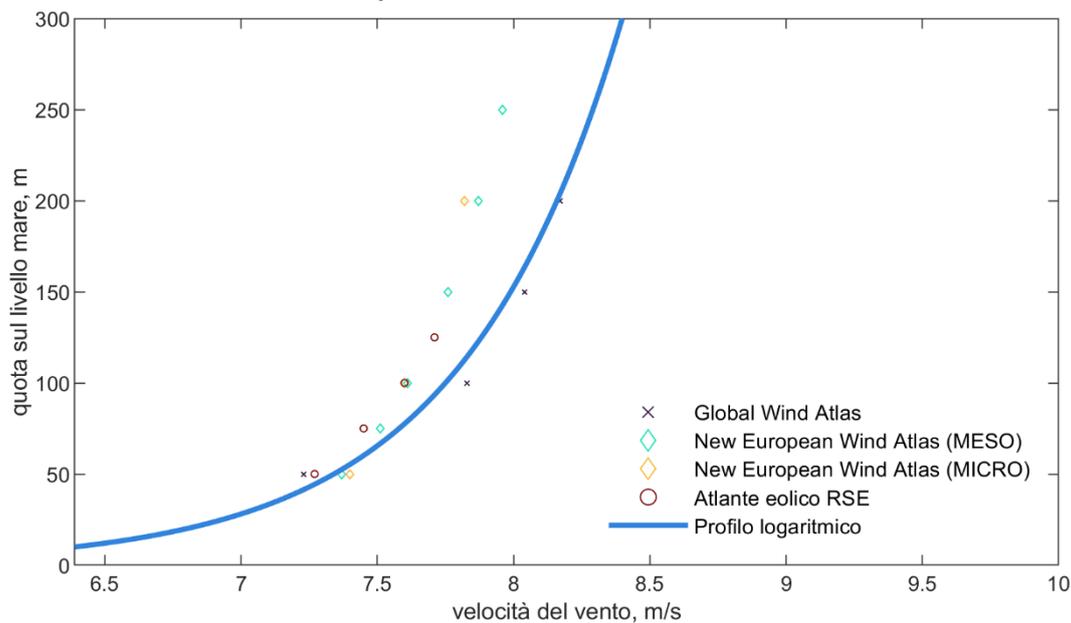


Figura 3.7 – Profilo verticale di velocità, estrapolazione con legge logaritmica.

Elaborazione iLStudio.

La legge logaritmica di sviluppo del profilo verticale di velocità è stata quindi utilizzata per estrapolare i dati anemologici del dataset DHI alla quota hub delle due configurazioni di aerogeneratore analizzate. Le rose dei venti risultanti per la quota hub 148 mMSL sono mostrate a titolo esemplificativo nelle successive figure. Il confronto con i dati puntuali di velocità restituiti a partire dal dataset del Global Wind Atlas interrogato in corrispondenza del punto di estrazione del dataset DHI (rif. Figura 3.11), conferma che la stima elaborata sui dati DHI può ritenersi conservativa.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 9 di 51

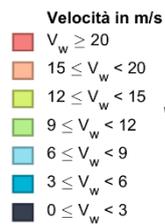
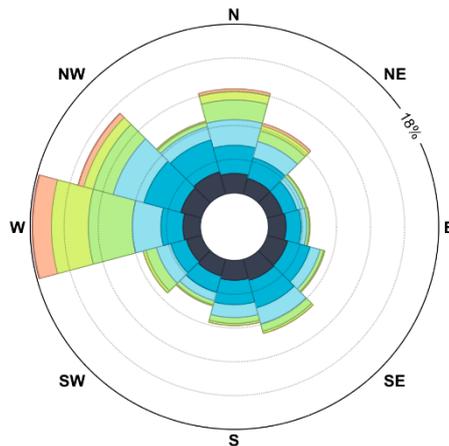
Tabella 3.2 – Velocità media del vento per il sito di progetto. Confronto valori da diverse banche dati.

Elaborazione iLStudio.

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

ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 10 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N



ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 148 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

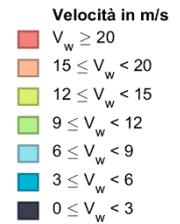
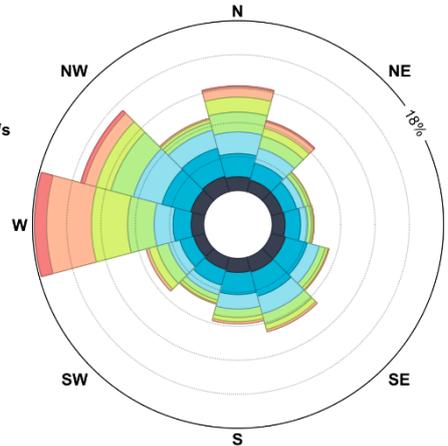


Figura 3.8 – Confronto rose dei venti a 10 mMSL ed estrapolazione a 148 mMSL per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 10 di 51

ROSE DEI VENTI MENSILI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 148 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

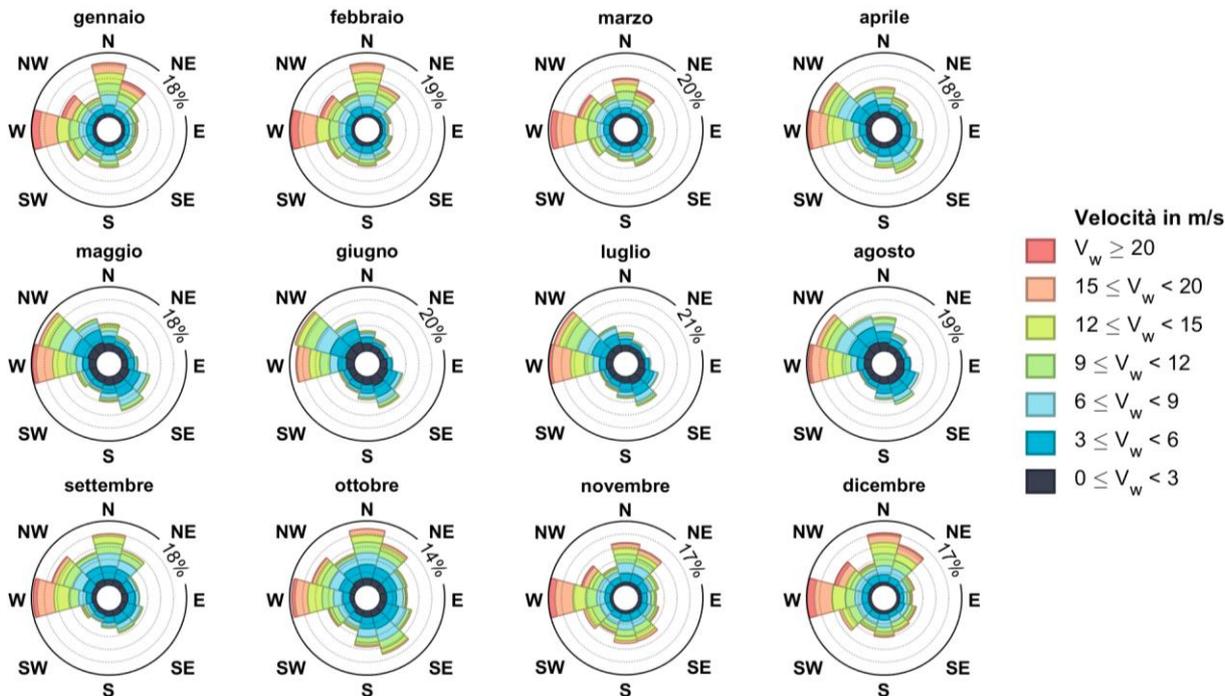


Figura 3.9 – Rose dei venti mensili a 148 mMSL per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio.

ROSA DEI VENTI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO @ 148 mMSL

dati secondo DHI - COSMO Reanalysis 6km CREA6 DWD
coordinate WGS 84 / UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

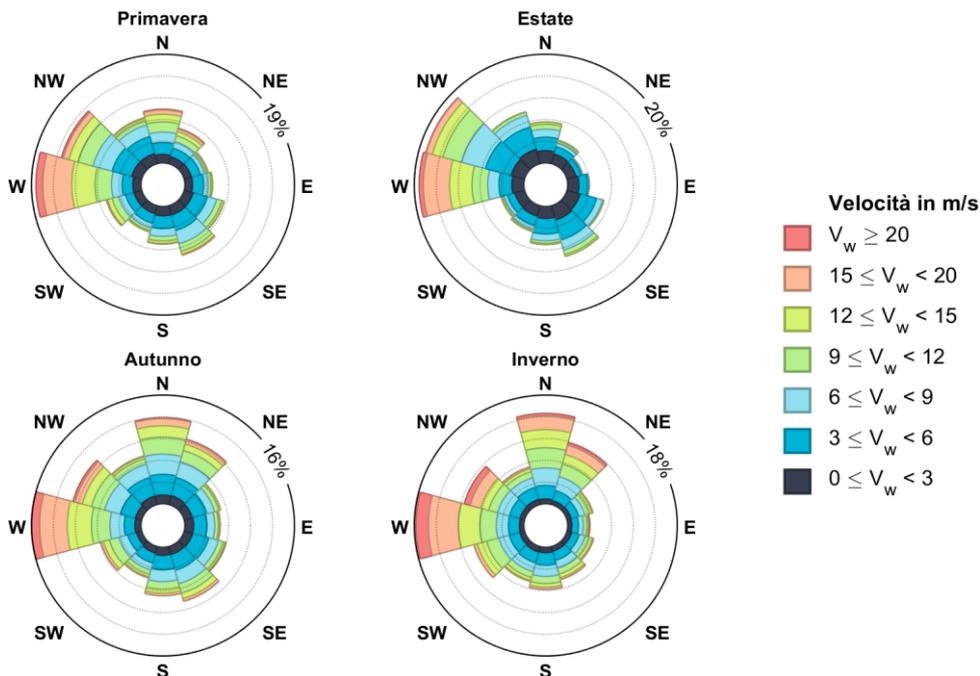
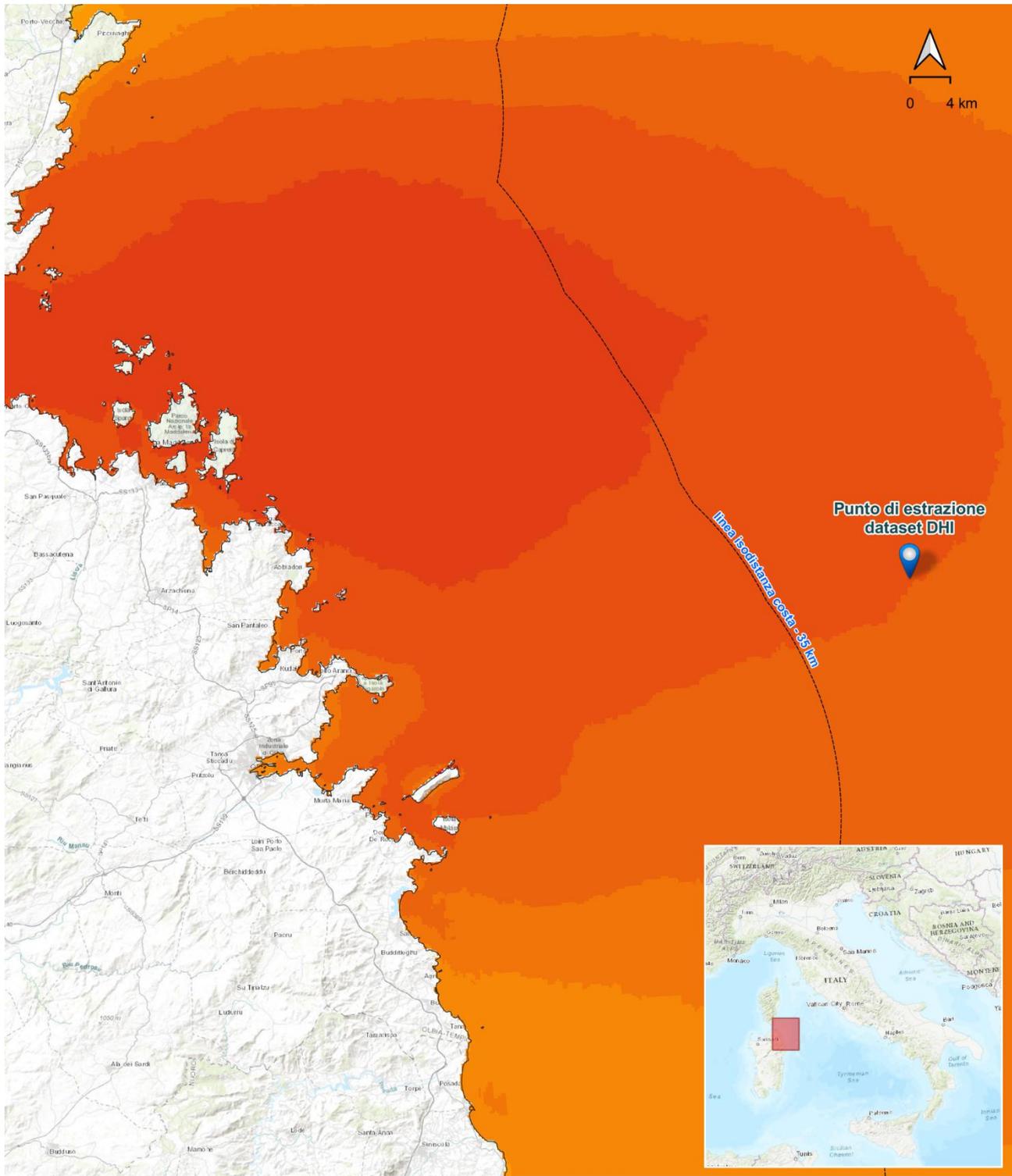


Figura 3.10 – Rose dei venti stagionali a 148 mMSL per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 11 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Clima anemologico - velocità del vento a 150 mMSL.

Elaborazione iLStudio su dati Global Wind Atlas, 2021)

LEGENDA

Velocità, m/s	■ 3.0 - 3.5	■ 4.5 - 5.0	■ 6.0 - 6.5	■ 7.5 - 8.0	■ 9.0 - 9.5	Perimetrazioni
	■ <= 2.5	■ 3.5 - 4.0	■ 5.0 - 5.5	■ 6.5 - 7.0	■ 8.0 - 8.5	--- Linea isodistanza dalla costa - 35 km
	■ 2.5 - 3.0	■ 4.0 - 4.5	■ 5.5 - 6.0	■ 7.0 - 7.5	■ 8.5 - 9.0	

Figura 3.11 – Mappa della ventosità media annuale a 150 mMSL.

Elaborazione iLStudio su dati (Technical University of Denmark (DTU), 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 12 di 51

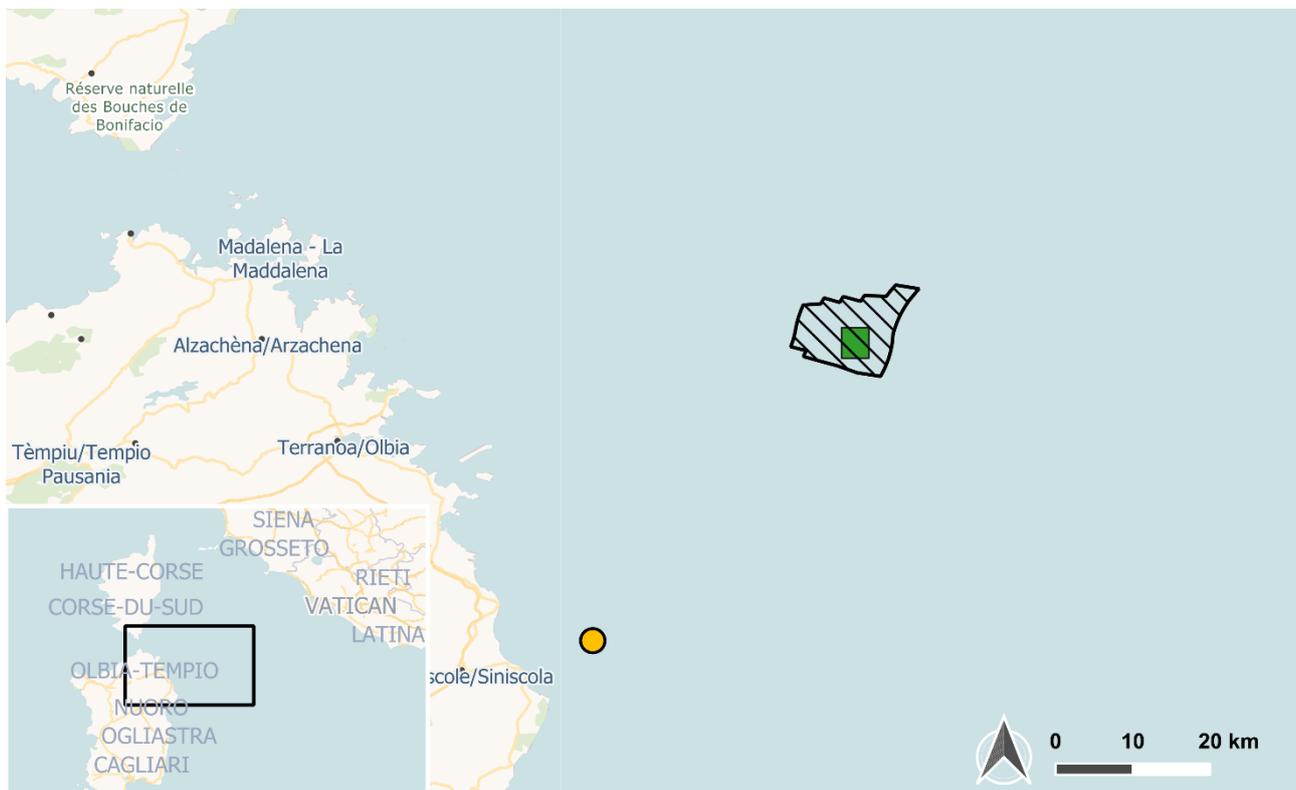
4. PROFILO ONDAMETRICO

La ricostruzione del moto ondoso nella zona di progetto è da intendersi come caratterizzazione dell'onda significativa in termini di altezza, periodo, direzione e frequenza. Lo studio illustrato nel presente paragrafo è stato effettuato tramite l'utilizzo dei dati d'onda presenti nel prodotto MEDSEA_HINDCAST_WAV_006_012 a cura del Mediterranean Monitoring and Forecasting Centre (CMEMS, 2021). Tale prodotto contiene le caratteristiche d'onda ottenute, a partire dai dati di vento, tramite opportuni modelli matematici di trasposizione d'onda di terza generazione (hindcasting).

In aggiunta, con il fine di dare prova della validità dei dati di hindcasting, si è provveduto ad effettuare un breve confronto con le caratteristiche d'onda ottenute per trasposizione geografica nella zona di progetto, a partire dalla serie storica della boa ondometrica di Siniscola 2002 (ISPRA, 2021).

Secondo quanto detto si delineano dunque tre ubicazioni utili per lo studio meteomarino:

- Area del parco eolico;
- Cella di calcolo WAM (WAve Model);
- Boa RON di Siniscola.



LEGENDA

- Boa ondometrica Siniscola
- Area CMEMS
- Area parco eolico

PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD-OCCIDENTALE
Ubicazione della cella di calcolo WAM (CMEMS) e della boa RON di Siniscola rispetto all'area del parco eolico

Figura 4.1 – Ubicazione della cella di calcolo WAM e della boa RON di Siniscola rispetto all'area del parco eolico.

Elaborazione iLStudio.

4.1. Studio meteomarino mediante dataset Med-MFC (CMEMS)

I dati del prodotto MEDSEA_HINDCAST_WAV_006_012 sono frutto di un modello globale di analisi del moto ondoso di terza generazione. Tale modello, denominato WAM Cycle 6.4.2 (WAve Model) permette di

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 13 di 51

determinare le caratteristiche del moto ondoso a partire dai dati di vento, componendo uno spettro del mare tramite la risoluzione delle equazioni di bilancio dell'energia. Ciò che differenzia WAM da modelli di seconda generazione è la possibilità di risolvere l'equazione di trasporto senza alcuna assunzione in merito alla forma dello spettro d'onda. L'equazione è composta, nei suoi termini principali, dalle caratteristiche del vento, dal termine relativo alle dissipazioni dovute al fenomeno del frangimento, da un termine di trasferimento non lineare e da un termine relativo alle interazioni con il fondale.

L'accuratezza del modello è valutata tramite confronto diretto con le osservazioni altimetriche satellitari e con le serie storiche delle boe ondometriche presenti. Nel caso del mar Mediterraneo l'accuratezza relativa ai dati satellitari è stata valutata per 17 sub-regioni a partire dall'Oceano Atlantico sino al Mar di Levante.

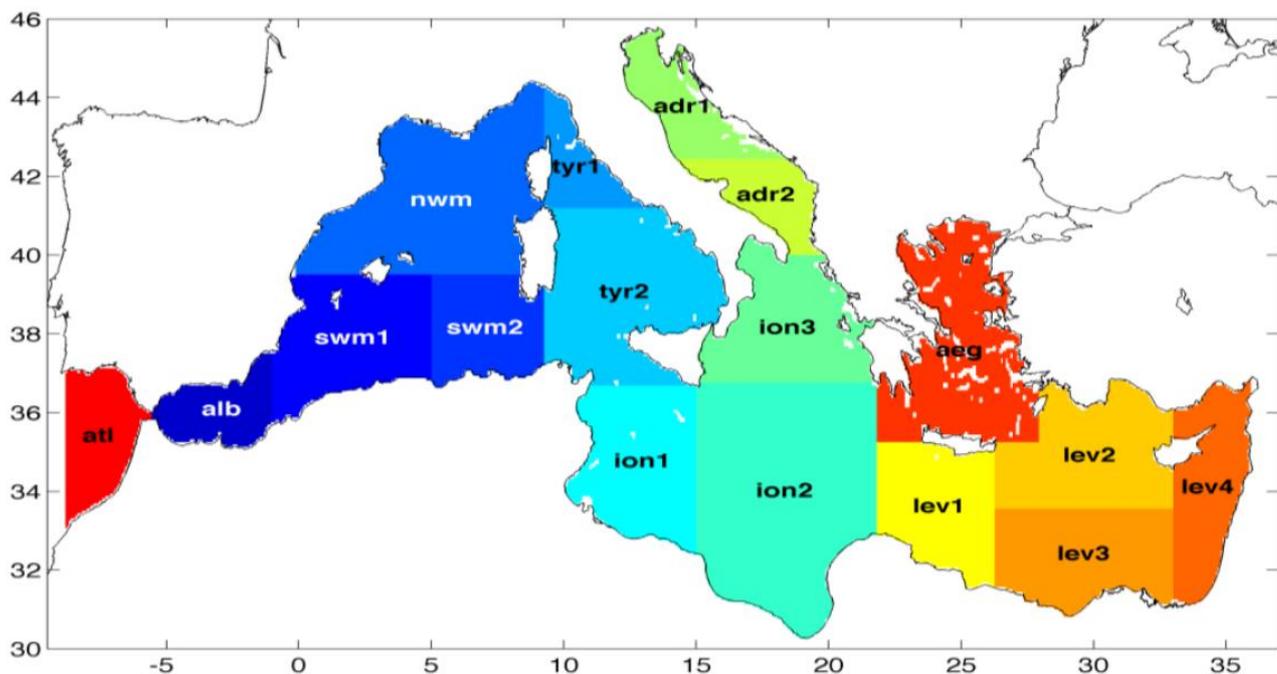


Figura 4.2 – Suddivisione del Mar Mediterraneo in sub-regioni.
(CMEMS, 2021).

Considerando la sub-regione contenente il parco eolico, denominata “tyr2”, questa presenta una media della differenza tra i risultati del modello e le osservazioni satellitari in termini di altezza d’onda significativa pari a $-0.057 \pm 0.012m$. La deviazione standard associata risulta pari a $0.227 \pm 0.012m$.

In merito al confronto effettuato con le serie storiche delle boe ondometriche, si ha una media della differenza pari a $-0.056 \pm 0.022m$ ed una deviazione standard di 0.227 ± 0.012 .

In generale si può affermare che il modello WAM tende a sottostimare i valori dell’altezza d’onda significativa per il Mar Mediterraneo. Tuttavia, nonostante il carattere non conservativo del modello, le differenze sono valutate trascurabili ai fini dello studio meteomarina della zona di progetto.

4.1.1. Risultati

Il dataset preso in considerazione è una re-analisi del moto ondoso su un periodo di 27 anni, a partire dal 1° Gennaio 1993 sino al 31 Dicembre 2019. I parametri d’onda sono riportati con cadenza oraria, con una risoluzione orizzontale della griglia di calcolo pari ad $1/24^\circ$. Nel presente caso i dati estrapolati sono quelli appartenenti alla cella indicata in verde nella Figura 4.1.

Le caratteristiche osservate ai fini dello studio sono:

- altezza d’onda significativa spettrale (Hm0);

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 14 di 51

- periodo di picco (TP);
- periodo d'onda (TM);
- direzione media di provenienza dell'onda (dir).

Per una corretta analisi è stato necessario estrapolare la distribuzione di probabilità per direzione di provenienza del fenomeno ondoso, per altezza d'onda significativa, per periodo di picco ed infine quella congiunta altezza d'onda-direzione di provenienza. Di seguito si riportano gli elaborati grafici.

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per direzione - Dataset Med-MFC

Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N

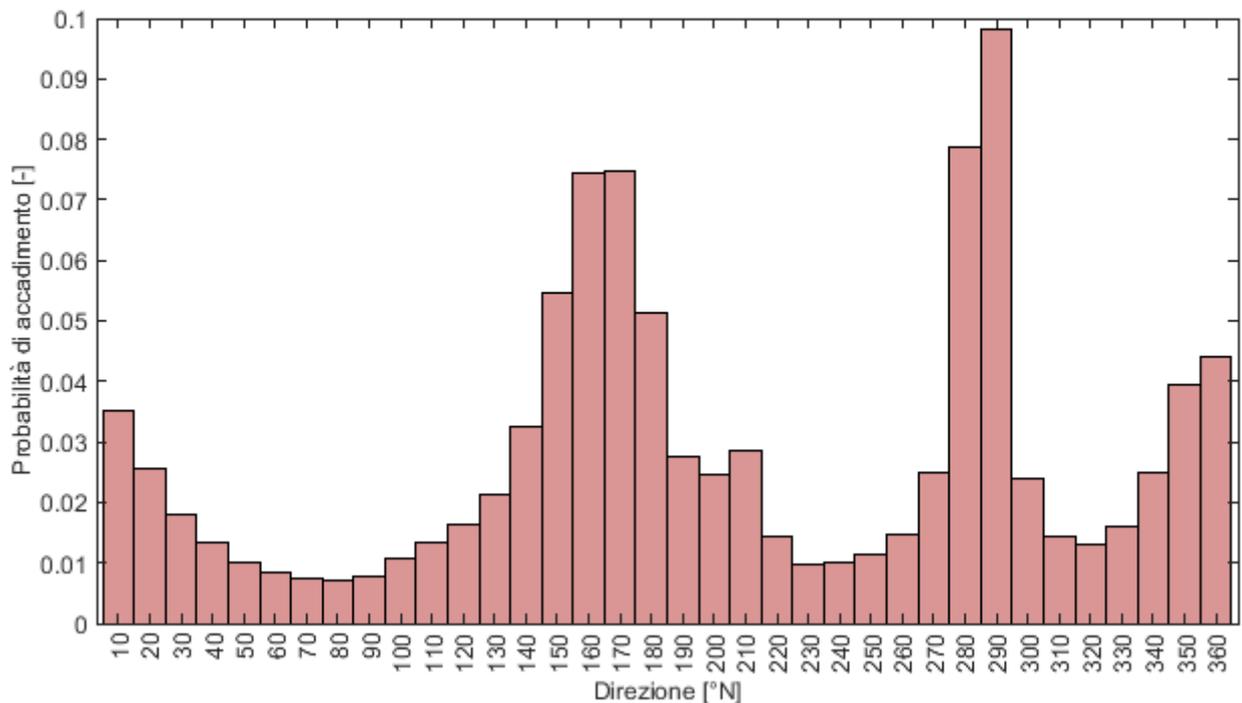


Figura 4.3 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per direzione di provenienza.

Elaborazione iLStudio.

La Figura 4.3 mostra chiaramente la direzione “prevalente” dei fenomeni ondosi che si attesta attorno ai 290°N, con una percentuale di occorrenza sull’intero campione pari a circa il 10%. Questa fa riferimento al settore Ovest-NordOvest, soggetto ai venti provenienti dalle bocche di Bonifacio.

La direzione secondaria risulta essere invece quella attorno ai 160-170°N, corrispondente al settore Sud-SudEst, soggetto ai venti provenienti dal basso Tirreno.

Di seguito si riportano le probabilità di occorrenza delle mareggiate per altezza d’onda significativa e periodo di picco.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 15 di 51

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per altezza d'onda significativa - Dataset Med-MFC

Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N

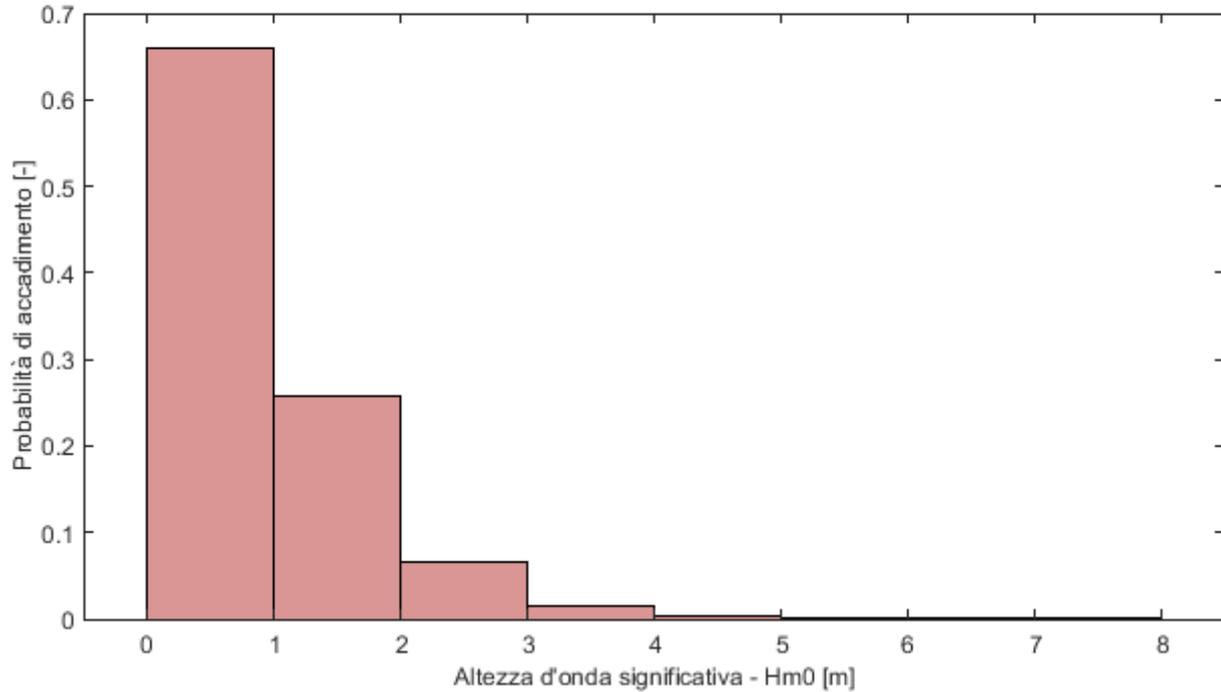


Figura 4.4 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d'onda significativa.

Elaborazione iLStudio.

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per periodo di picco d'onda - Dataset Med-MFC

Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N

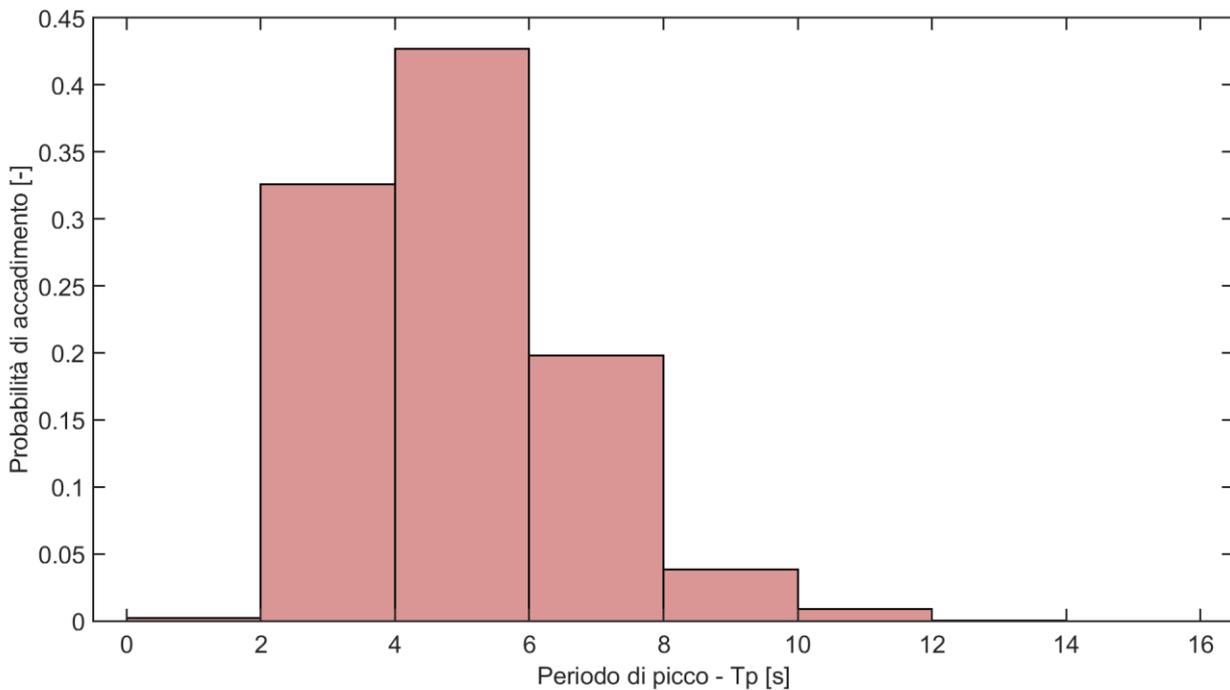


Figura 4.5 – Probabilità di accadimento del fenomeno ondoso per periodo di picco.

Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 16 di 51

Dai grafici riportati nella pagina precedente si può evincere che:

- le altezze d’onda significative più ricorrenti risultano essere quelle inferiori a 1m con un’occorrenza pari a circa il 65% della popolazione (Figura 4.4);
- i periodi di picco più ricorrenti sono quelli compresi tra 4 e 6 s, con un’occorrenza di circa il 42% dell’intera popolazione (Figura 4.5).

ROSA DEI MARI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Dati secondo Med-MFC

Coordinate WGS84 EPSG34632 UTM32N: 607919E, 4550088N

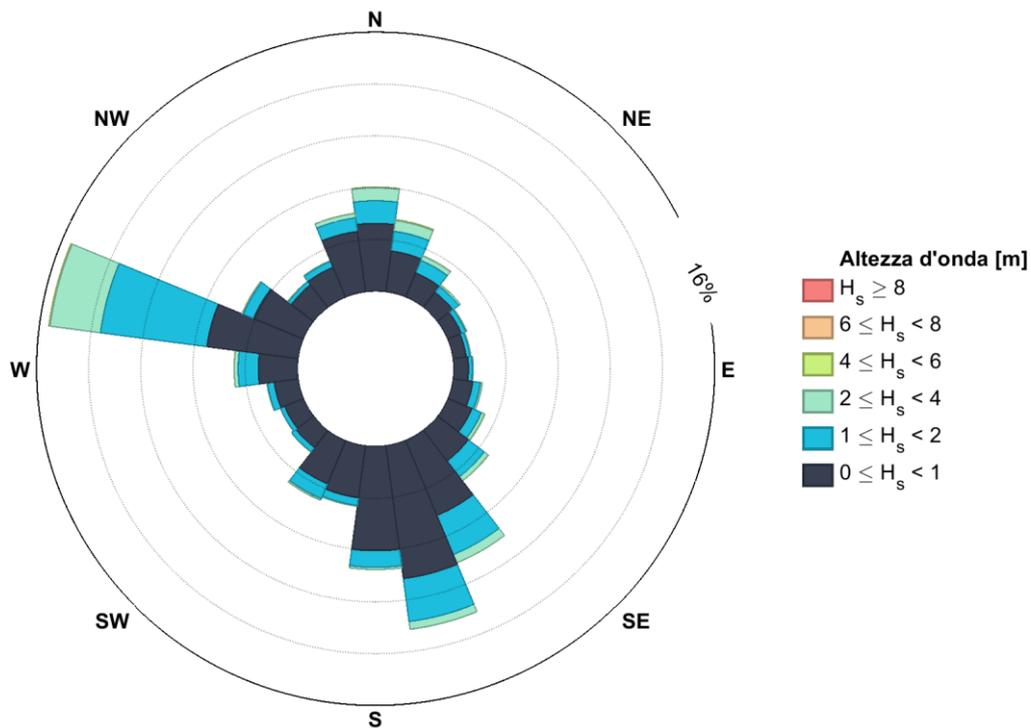


Figura 4.6 – Rosa dei mari per la località di progetto.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

Considerando come mareggiate più intense quelle caratterizzate da altezze d’onda superiori ai 3m, risulta essere dominante”, la direzione che si attesta attorno ai 290°N (O-NO), e che, per quanto detto in precedenza, è anche direzione “regnante”.

Tabella 4.1 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e periodo di picco.

Elaborazione iLStudio.

Periodo [s]	Altezza d’onda significativa [m]								Totale
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
0-2	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%
2-4	32.3%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	32.56%
4-6	24.4%	17.40%	0.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	42.68%
6-8	6.50%	7.10%	5.03%	1.13%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	19.80%
8-10	1.78%	0.92%	0.60%	0.29%	0.20%	0.04%	0.00%	0.00%	3.82%
>10	0.68%	0.17%	0.04%	0.02%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.94%
Totale	65.93%	25.83%	6.51%	1.44%	0.24%	0.04%	0.00%	0.00%	100.00%

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 17 di 51

Tabella 4.2 – Percentuale di accadimento del fenomeno ondoso per altezza d’onda significativa e direzione.

Elaborazione iLStudio.

Direzioni [°N]	Altezza d’onda significative [m]								Totale
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
0-10	2.51%	1.01%	0.39%	0.16%	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	4.11%
10-20	1.67%	0.81%	0.31%	0.12%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	2.95%
20-30	1.22%	0.62%	0.21%	0.08%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	2.15%
30-40	0.93%	0.46%	0.11%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.52%
40-50	0.77%	0.30%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.16%
50-60	0.66%	0.21%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.91%
60-70	0.54%	0.17%	0.04%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.78%
70-80	0.51%	0.15%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.71%
80-90	0.55%	0.16%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.74%
90-100	0.68%	0.21%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.93%
100-110	0.81%	0.30%	0.07%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.20%
110-120	0.94%	0.39%	0.11%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.47%
120-130	1.19%	0.45%	0.13%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	1.81%
130-140	1.55%	0.83%	0.19%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	2.60%
140-150	2.52%	1.40%	0.25%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	4.21%
150-160	4.16%	2.03%	0.38%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.64%
160-170	5.65%	1.77%	0.27%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.73%
170-180	5.47%	1.06%	0.13%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.68%
180-190	3.07%	0.40%	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.53%
190-200	2.11%	0.32%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.47%
200-210	2.19%	0.55%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.79%
210-220	1.48%	0.61%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.16%
220-230	0.85%	0.21%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.07%
230-240	0.81%	0.16%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.98%
240-250	0.84%	0.21%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.06%
250-260	0.97%	0.28%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.28%
260-270	1.31%	0.46%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.84%
270-280	1.98%	1.42%	0.34%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.79%
280-290	3.83%	5.35%	2.35%	0.50%	0.06%	0.01%	0.00%	0.00%	12.10%
290-300	3.34%	1.21%	0.10%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.68%
300-310	1.49%	0.20%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.72%
310-320	1.13%	0.16%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.32%
320-330	1.15%	0.18%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.36%
330-340	1.56%	0.33%	0.05%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%
340-350	2.50%	0.58%	0.14%	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	3.26%
350-360	3.00%	0.84%	0.34%	0.12%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	4.33%
Totale	65.93%	25.83%	6.51%	1.44%	0.24%	0.04%	0.00%	0.00%	100.00%

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 18 di 51

4.2. Confronto con il dataset della boa RON di Siniscola

Come già accennato è stato effettuato un confronto di massima tra i dati di moto ondoso ottenuti dallo studio previsionale regressivo di Med-MFC e quelli appartenenti alla serie storica della boa RON più prossima all'area di progetto, opportunamente trasposti.

I dataset RON (Rete Ondametrica Nazionale) 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).

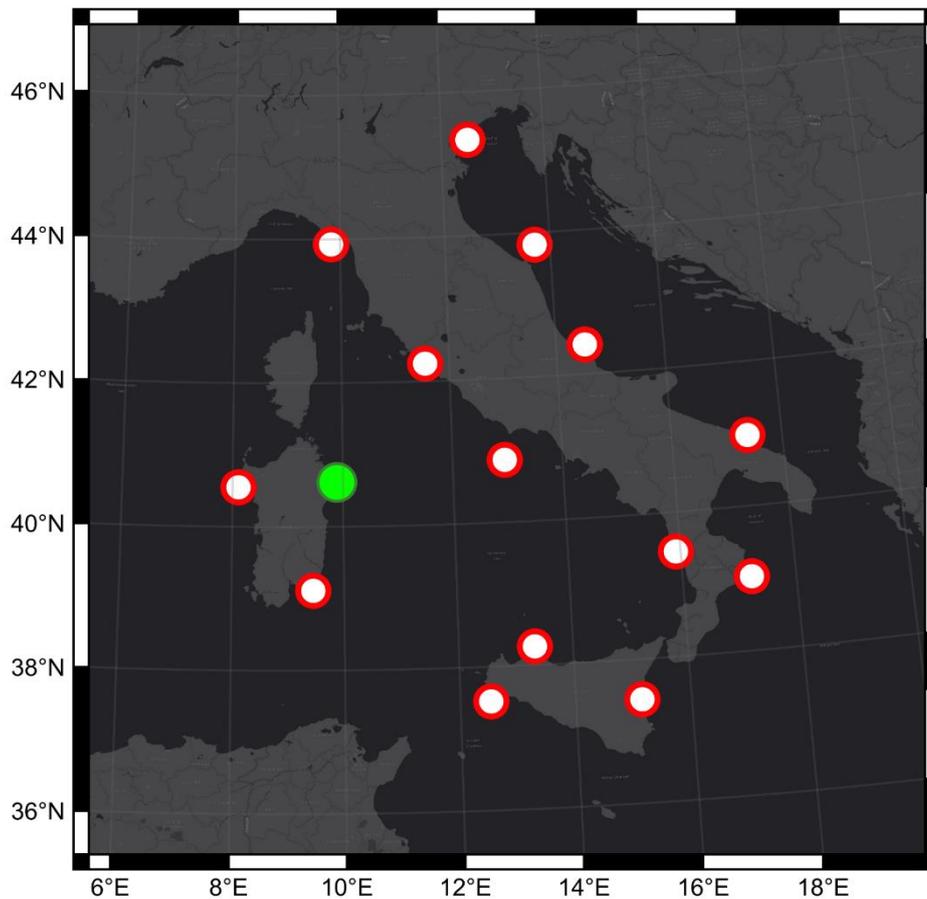


Figura 4.7 – Posizionamento delle boe RON ed individuazione della boa RON di Siniscola.

Fonte: (ISPRA, 2021).

Come si può osservare in Figura 4.7 la boa RON più vicina all'area di interesse è quella di Siniscola, localizzata nella parte nord orientale della Sardegna (coordinate 575452E, 4496624N EPSG32632 WGS84 UTM32N). Il dataset della boa ondametrica di Siniscola fa riferimento alla serie storica registrata a partire dal 01/07/2002 al 30/09/2005.

Per la trasposizione dei dati ondametrici al sito di progetto, sono stati considerati quelli registrati durante gli anni solari 2003 e 2004, perché risultano essere più completi.

4.2.1. Ubicazione dei paraggi

La caratterizzazione delle condizioni di onda in un determinato paraggio è fondamentale per:

- definire la probabilità di occorrenza di agitazioni estreme prevedibili durante la vita economica di un'opera;

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 19 di 51

- 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 mari); tale settore di traversia viene suddiviso usualmente in:

- 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.

4.3. Analisi del 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:

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

ove:

- 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 compreso tra 2 e 6).

La definizione del clima meteomarina nell'area del parco è stata possibile tramite la trasposizione geografica delle caratteristiche del moto ondoso dalla boa RON di Siniscola, di cui è illustrato l'andamento dei fetch in Figura 4.8.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 20 di 51

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Fetch boa di Siniscola - Metodo di Saville

Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 575452E, 4496624N

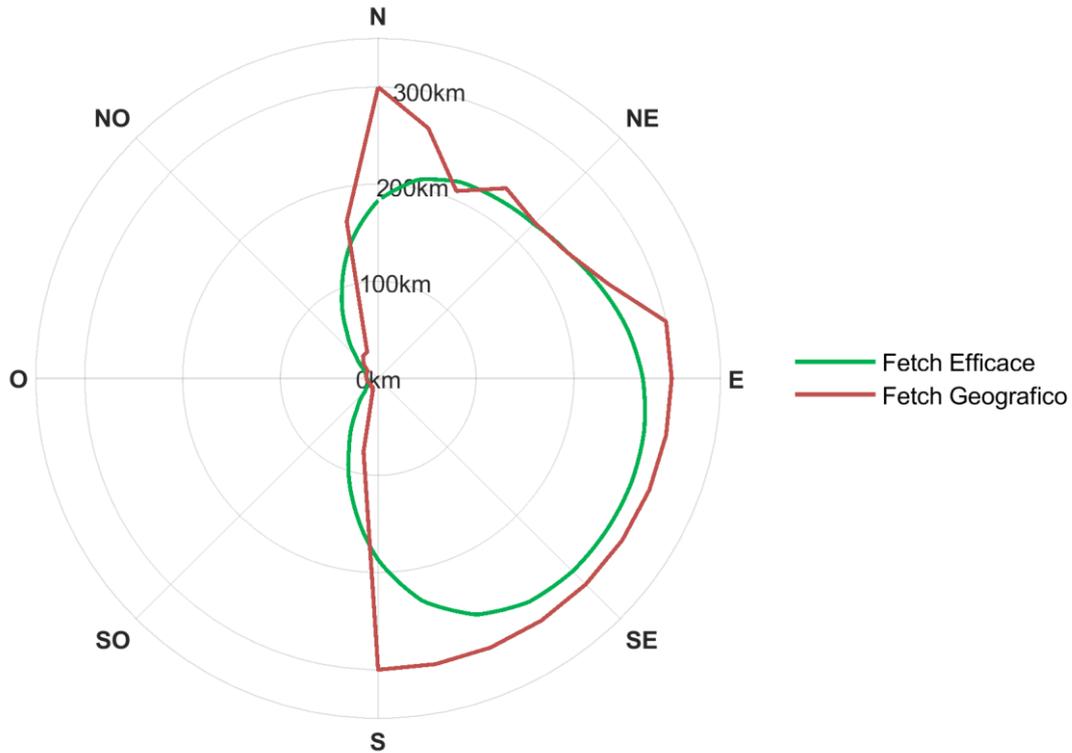


Figura 4.8 – Andamento del fetch per la boa RON di Siniscola.

Elaborazione iLStudio.

Tabella 4.3 – Fetch geografici ed efficaci per la boa RON di Siniscola.

Elaborazione iLStudio.

Direzione [°N]	Fetch geo. [km]	Fetch eff. [km]	Direzione [°N]	Fetch geo. [km]	Fetch eff. [km]
0.00	300	208	180.00	300	130
11.25	263	219	191.25	77	78
22.50	209	222	202.50	15	40
33.75	236	225	213.75	10	19
45.00	227	233	225.00	11	12
56.25	233	246	236.25	10	10
67.50	254	260	247.50	10	11
78.75	300	271	258.75	12	11
90.00	300	277	270.00	12	12
101.25	300	280	281.25	13	14
112.50	300	281	292.50	13	19
123.75	300	281	303.75	13	32
135.00	300	277	315.00	21	58
146.25	300	263	326.25	28	97
157.50	300	234	337.50	29	143
168.75	300	187	348.75	165	183

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 21 di 51

ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Fetch area parco eolico - Metodo di Saville
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N

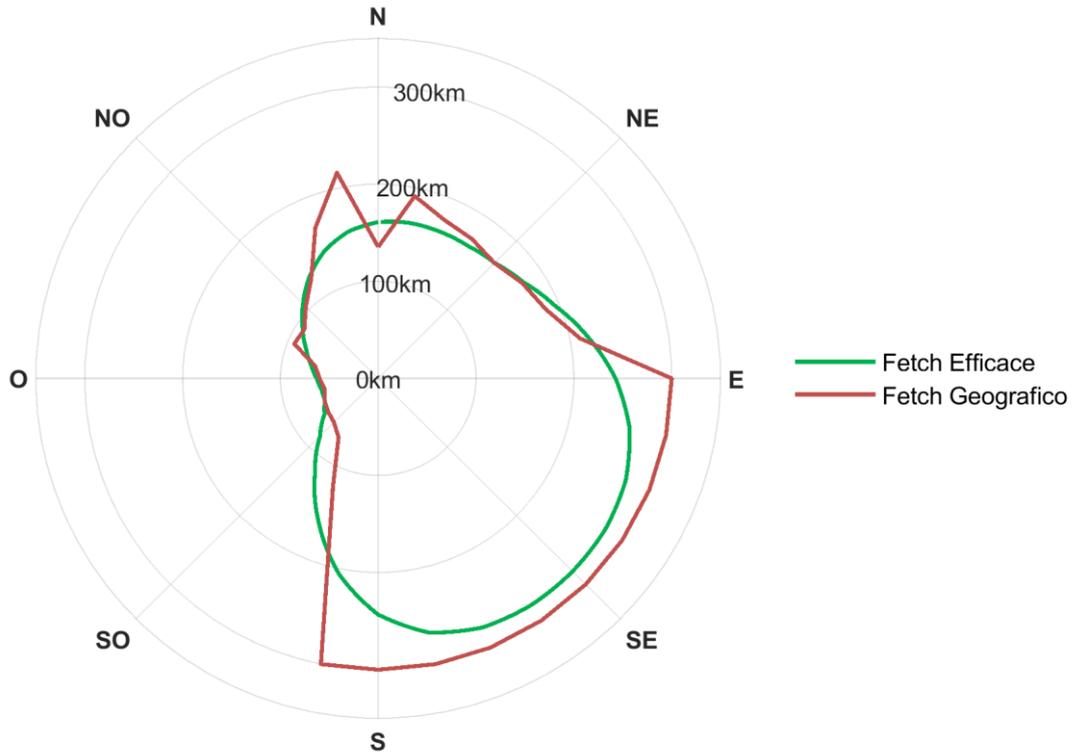


Figura 4.9 – Andamento del fetch per il centro dell’area del parco eolico offshore.

Elaborazione iLStudio.

Tabella 4.4 – Fetch geografici ed efficaci per il centro dell’area del parco eolico offshore.

Elaborazione iLStudio.

Direzione [°N]	Fetch geo. [km]	Fetch eff. [km]	Direzione [°N]	Fetch geo. [km]	Fetch eff. [km]
0.00	135	163	180.00	300	205
11.25	191	164	191.25	300	159
22.50	177	164	202.50	121	116
33.75	173	168	213.75	73	84
45.00	168	178	225.00	64	66
56.25	177	196	236.25	62	59
67.50	186	219	247.50	59	59
78.75	211	243	258.75	56	63
90.00	300	262	270.00	60	70
101.25	300	274	281.25	66	80
112.50	300	279	292.50	93	93
123.75	300	281	303.75	91	109
135.00	300	281	315.00	105	126
146.25	300	278	326.25	123	142
157.50	300	267	337.50	168	154
168.75	300	243	348.75	216	161

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 22 di 51

In Figura 4.9 è illustrato l'andamento del fetch geografico ed efficace per il centro dell'area di progetto. Si nota che il settore di traversia principale è quello che va da 90°N a circa 190°N. Tuttavia il grado di approssimazione del metodo adottato trascura come settore principale quello attorno ai 290°N, corrispondente a fenomeni ondosi provenienti dalle bocche di Bonifacio. Tale limite si giustifica con la presenza dell'arcipelago di La Maddalena.

4.3.1. Il metodo della trasposizione

Il metodo di trasposizione dei dati si basa sull'ipotesi che il moto ondoso 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 ondoso 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.

4.3.2. Risultati e confronto

Il metodo della trasposizione è stato applicato al dataset disponibile della boa Ron di Siniscola per gli interi anni solari 2003 e 2004. In questo modo è stato possibile confrontare tali risultati con quelli estrapolati dal dataset Med-MFC riferito ai medesimi anni.

Di seguito, nella Figura 4.10 si riporta una rappresentazione grafica completa del confronto tra i principali parametri che caratterizzano il moto ondoso. Nella parte sinistra della figura, in rosso, sono riportati i dati statistici riferiti al dataset di hindcasting di Med-MFC; di contro, a destra, in giallo, la trasposizione del dataset RON di Siniscola nell'area di progetto.

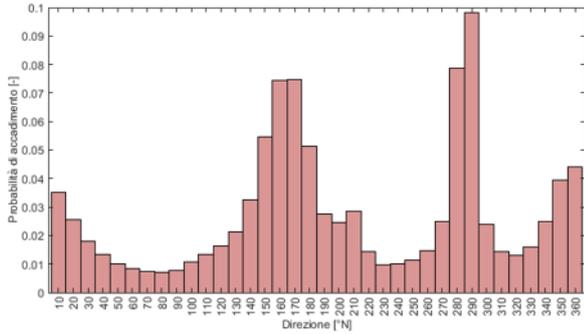
Dal confronto tra le probabilità di accadimento per direzione di mareggiata, si evince che per i dati ottenuti dalla trasposizione (in giallo) si ha una perdita di informazioni attorno al settore di traversia dei 280°N. Infatti, il picco di occorrenze che a sinistra (in rosso) delinea tale settore di traversia come principale, a destra risulta completamente attenuato. Ciò si giustifica per le motivazioni seguenti.

- La posizione della boa RON di Siniscola. Questa infatti è completamente “riparata” dalla costa nord orientale sarda, per quanto riguarda il settore di traversia in questione, determinando così dei fetch di ampiezza limitata. Ciò non accade per l'area di progetto.
- I limiti del modello di trasposizione geografica ed in particolare della valutazione dei fetch con il metodo di Saville. Nel dettaglio, come già specificato per l'analisi del fetch dell'area del parco, la presenza dell'arcipelago di La Maddalena determina una perdita di informazioni nel settore di traversia di 290°N.

Analoghi comportamenti si ritrovano nel confronto tra le rose dei venti.

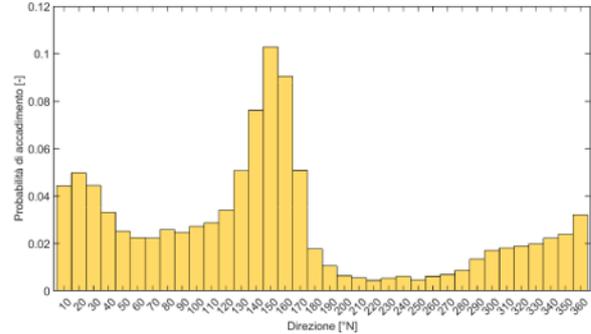
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per direzione - Dataset Med-MFC
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



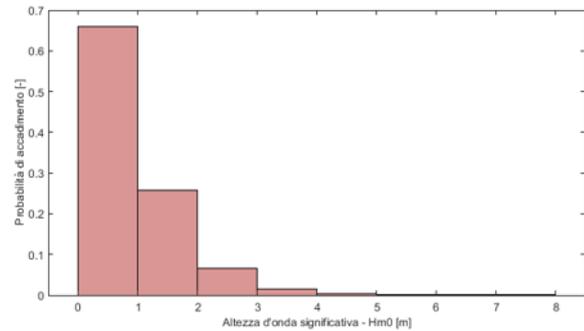
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per direzione - Metodo della trasposizione
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



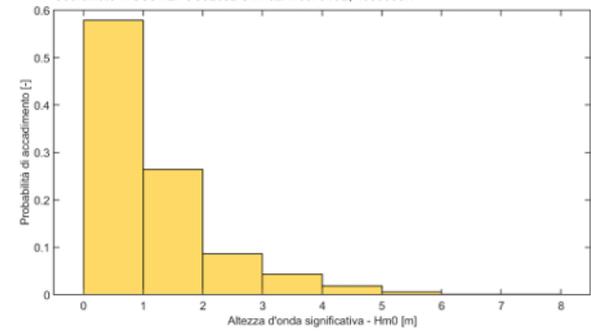
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per altezza d'onda significativa - Dataset Med-MFC
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



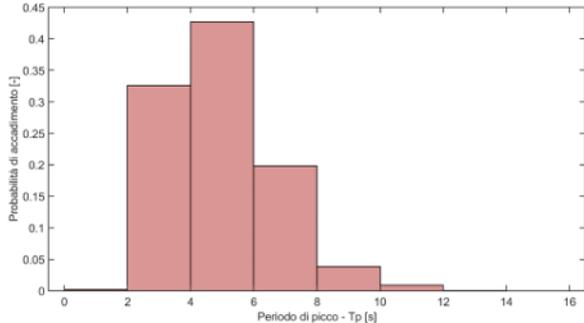
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per altezza d'onda significativa - Metodo della trasposizione
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



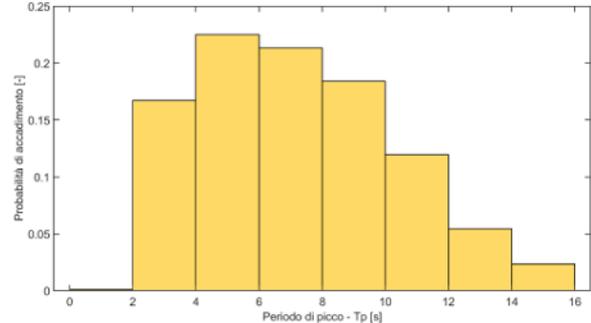
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per periodo di picco d'onda - Dataset Med-MFC
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



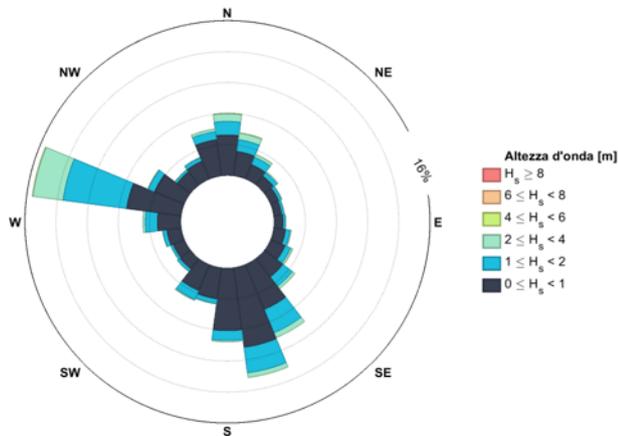
ANALISI ONDAMETRICA PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Probabilità di accadimento per periodo di picco d'onda - Metodo della trasposizione
Coordinate WGS84 EPGS32632 UTM32N: 607919E, 4550088N



ROSA DEI MARI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Dati secondo Med-MFC
Coordinate WGS84 EPGS34632 UTM32N: 607919E, 4550088N



ROSA DEI MARI PER LA LOCALITÀ DI PROGETTO

Dati secondo Med-MFC
Coordinate WGS84 EPGS34632 UTM32N: 607919E, 4550088N

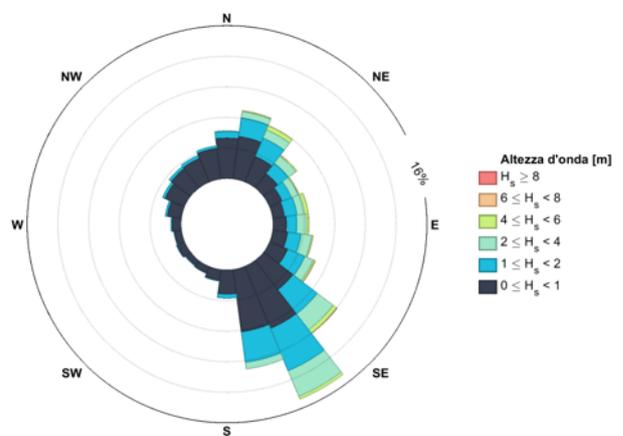


Figura 4.10 – Confronto tra il dataset Med-MFC e il dataset della boa RON di Siniscola.

Elaborazione iLStudio.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE		
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 24 di 51	

Per quanto riguarda invece la probabilità di occorrenza del moto ondoso per altezza d'onda significativa, gli andamenti in entrambi i casi risultano essere comparabili.

In generale si riscontra che per i risultati ottenuti con la trasposizione geografica si ha una maggiore probabilità di accadimento di eventi estremi. Ciò si nota sia per la probabilità di occorrenza per altezza d'onda significativa, sia per periodo di picco.

4.4. Disallineamento vento-onda (*wind-wave misalignment*)

Al fine di consentire la stima dei carichi agenti sulle strutture degli aerogeneratori, è stato effettuato un confronto tra i dati anemometrici e ondametrici dei dataset del servizio MetOcean e Med-MFC (CMEMS, 2021) per valutare la coerenza temporale tra la direzione di azione del vento e quella dei moti ondosi. Confrontando i dati con campionamento orario relativi al periodo che va dal 1° gennaio 1993 al 31 dicembre 2019, è stato calcolato lo scostamento tra la direzione del vento (presa come riferimento) e la direzione d'onda. La frequenza di accadimento e l'entità del disallineamento sono mostrati in Tabella 4.5 per ciascun settore di provenienza del vento.

Tabella 4.5 – Percentuale di accadimento del disallineamento vento-onda rispetto alla direzione del vento ed all'entità del disallineamento.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021) e (DHI, 2020).

Disall. [°]	Direzione del vento [°N]												Tot.
	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
0-9	2.85%	0.44%	0.15%	0.35%	1.60%	4.08%	0.85%	0.28%	1.20%	7.27%	0.89%	2.16%	22.1%
10-19	1.94%	0.40%	0.19%	0.38%	1.84%	2.80%	1.05%	0.35%	2.43%	3.36%	1.40%	1.65%	17.8%
20-29	1.11%	0.35%	0.22%	0.43%	1.65%	1.32%	0.94%	0.49%	1.73%	0.85%	1.41%	0.98%	11.5%
30-39	0.69%	0.33%	0.22%	0.43%	1.07%	0.58%	0.70%	0.59%	0.94%	0.59%	1.07%	0.69%	7.93%
40-49	0.43%	0.33%	0.25%	0.46%	0.57%	0.33%	0.49%	0.64%	0.75%	0.60%	0.67%	0.57%	6.08%
50-59	0.33%	0.28%	0.26%	0.40%	0.29%	0.18%	0.32%	0.62%	0.76%	0.70%	0.38%	0.49%	5.01%
60-69	0.28%	0.26%	0.28%	0.33%	0.15%	0.14%	0.18%	0.55%	0.62%	1.11%	0.26%	0.38%	4.53%
70-79	0.33%	0.21%	0.32%	0.20%	0.11%	0.09%	0.17%	0.36%	0.59%	1.02%	0.19%	0.22%	3.81%
80-89	0.31%	0.19%	0.30%	0.16%	0.08%	0.10%	0.18%	0.21%	0.55%	0.73%	0.17%	0.16%	3.13%
90-99	0.28%	0.21%	0.23%	0.13%	0.09%	0.10%	0.18%	0.11%	0.57%	0.55%	0.18%	0.13%	2.75%
100-109	0.24%	0.24%	0.14%	0.13%	0.10%	0.19%	0.11%	0.09%	0.42%	0.54%	0.18%	0.13%	2.51%
110-119	0.17%	0.25%	0.10%	0.10%	0.12%	0.21%	0.07%	0.09%	0.30%	0.55%	0.20%	0.13%	2.30%
120-129	0.18%	0.19%	0.07%	0.08%	0.14%	0.20%	0.05%	0.09%	0.18%	0.51%	0.21%	0.16%	2.06%
130-139	0.20%	0.12%	0.07%	0.07%	0.19%	0.17%	0.06%	0.09%	0.11%	0.38%	0.27%	0.16%	1.88%
140-149	0.22%	0.07%	0.09%	0.06%	0.24%	0.14%	0.07%	0.08%	0.09%	0.26%	0.32%	0.19%	1.82%
150-159	0.18%	0.06%	0.08%	0.07%	0.16%	0.13%	0.08%	0.06%	0.07%	0.17%	0.33%	0.24%	1.63%
160-169	0.15%	0.05%	0.06%	0.11%	0.12%	0.13%	0.09%	0.04%	0.05%	0.14%	0.29%	0.31%	1.54%
170-180	0.14%	0.04%	0.06%	0.14%	0.08%	0.16%	0.11%	0.04%	0.05%	0.15%	0.28%	0.39%	1.62%
Totale	10.04%	4.01%	3.08%	4.02%	8.61%	11.04%	5.69%	4.78%	11.41%	19.45%	8.69%	9.18%	100%

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 25 di 51

5. PROFILO MAREOGRAFICO

L'indagine mareografica ha 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. Per le analisi che seguono, ove non diversamente indicato si è fatto riferimento al dataset MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004 per il periodo gennaio 2015 – dicembre 2019 contenente il prodotto di rianalisi dello stato fisico del Mar Mediterraneo e costituito da campi media 3D e/o 2D mensili, giornalieri e orari di temperatura potenziale, salinità, velocità e altezza media della superficie acqua con una risoluzione spaziale di circa 4 km.

5.1. Temperatura del mare

I dati sui livelli di temperatura del mare per la località di progetto estratti dal database europeo del Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, 2021) sono mostrati in Figura 5.1 ove si propone il confronto tra i livelli termici medi mensili ad 1 metro di profondità per gli anni dal 2017 al 2019 rilevati per l'area di analisi a partire dalle mappe termiche del tipo in Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7.

TEMPERATURA DELLA COLONNA D'ACQUA NEL SITO DI INTERESSE

profilo annuale della temperatura superficiale (@ 1m) - dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004
coordinate WGS84/UTM zone 32N: 607265E, 4549074N

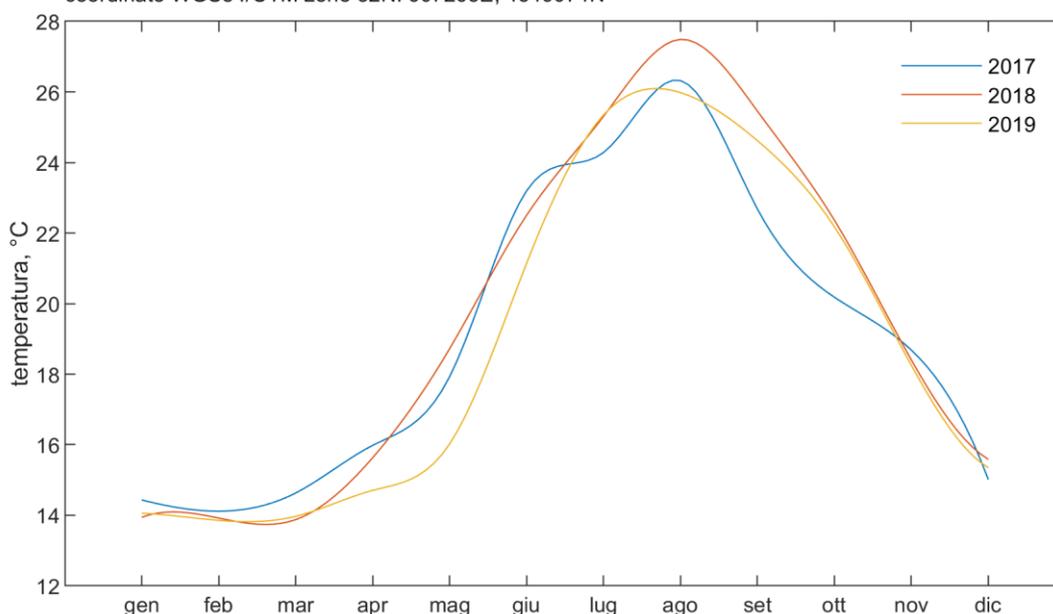


Figura 5.1 – Temperatura del mare a 1 m di profondità per gli anni dal 2015 al 2019, medie mensili.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

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 poco significative rispetto alle finalità dell'indagine. 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 esterne rispetto agli strati più profondi la cui temperatura si mantiene infatti attorno ai 14 °C durante tutto l'anno generalmente oltre i 120 m di profondità.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 26 di 51

TEMPERATURA DELLA COLONNA D'ACQUA NEL SITO DI INTERESSE

profilo verticale della temperatura dell'acqua - dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004
coordinate WGS84/UTM zone 32N: 607265E, 4549074N - anno 2017

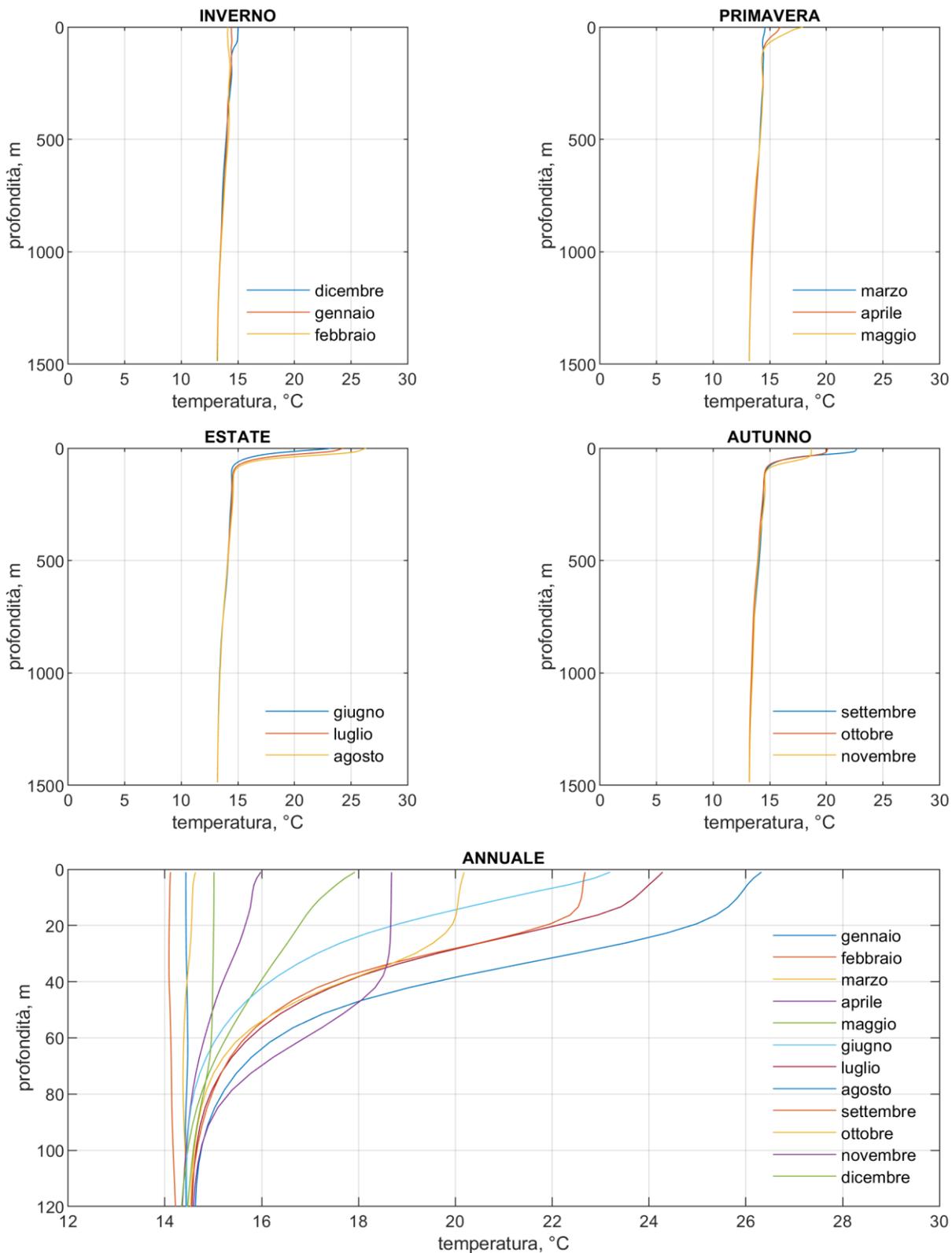


Figura 5.2 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l'anno 2017.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 27 di 51

TEMPERATURA DELLA COLONNA D'ACQUA NEL SITO DI INTERESSE

profilo verticale della temperatura dell'acqua - dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004
coordinate WGS84/UTM zone 32N: 607265E, 4549074N - anno 2018

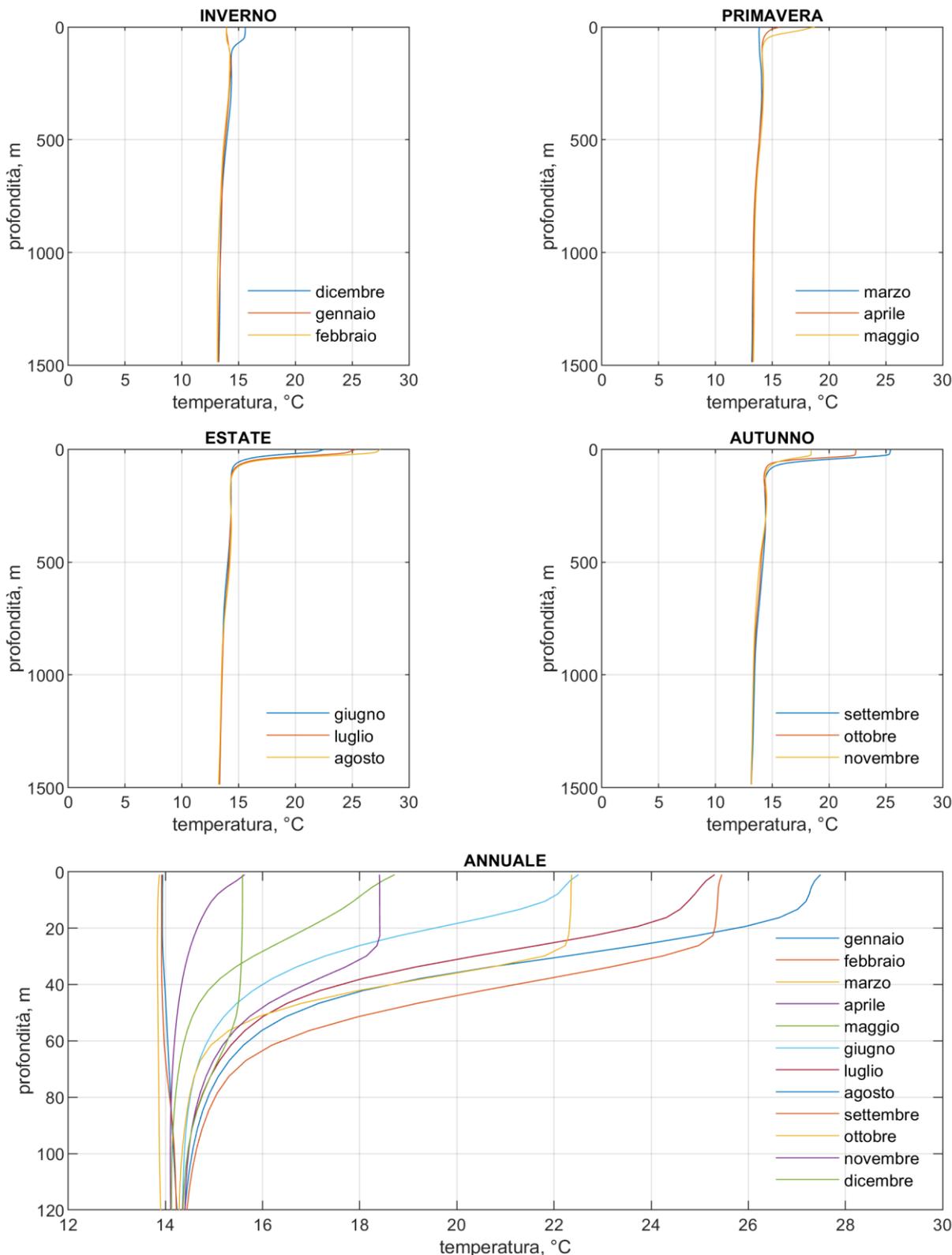


Figura 5.3 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l'anno 2018.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 28 di 51

TEMPERATURA DELLA COLONNA D'ACQUA NEL SITO DI INTERESSE

profilo verticale della temperatura dell'acqua - dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004
coordinate WGS84/UTM zone 32N: 607265E, 4549074N - anno 2019

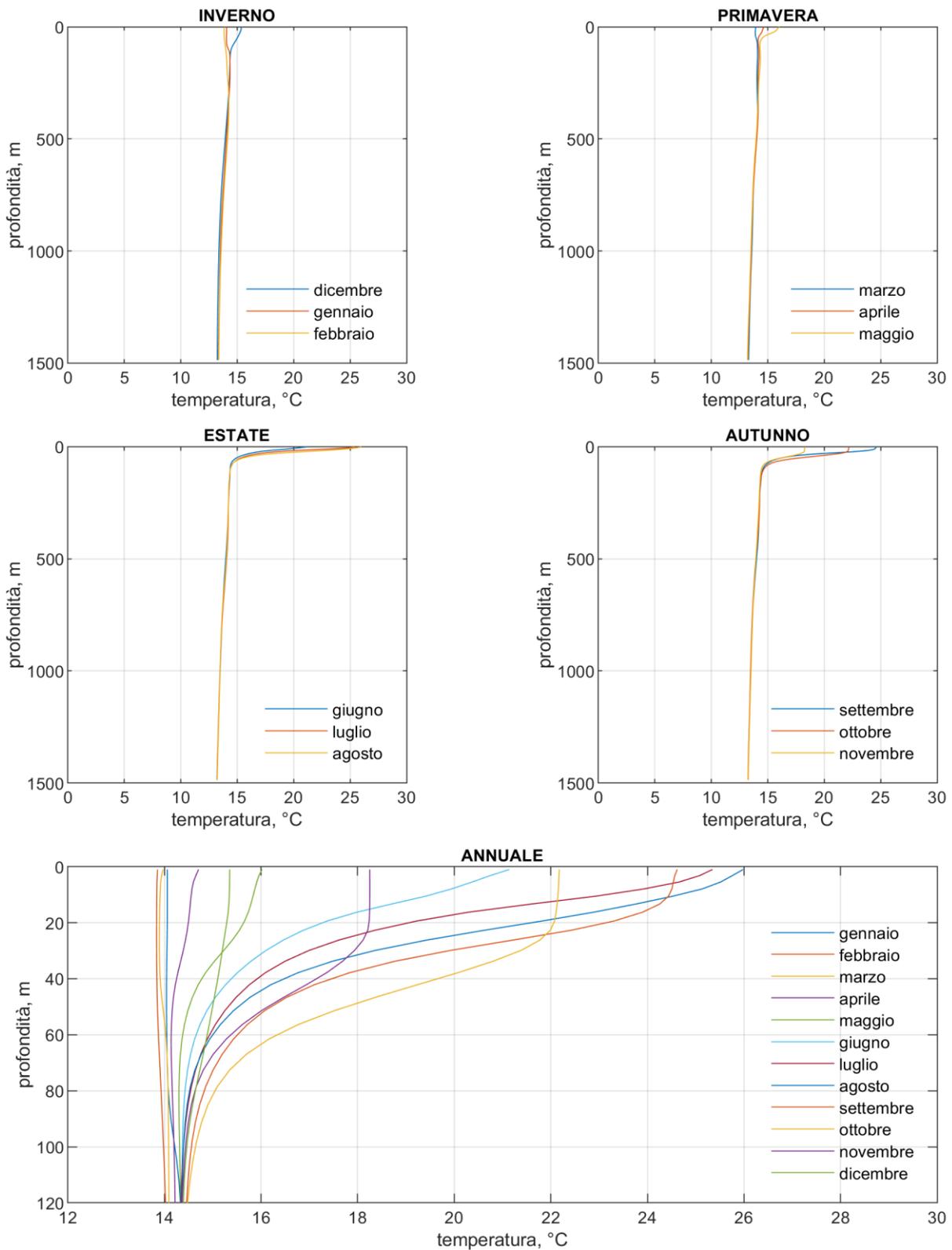
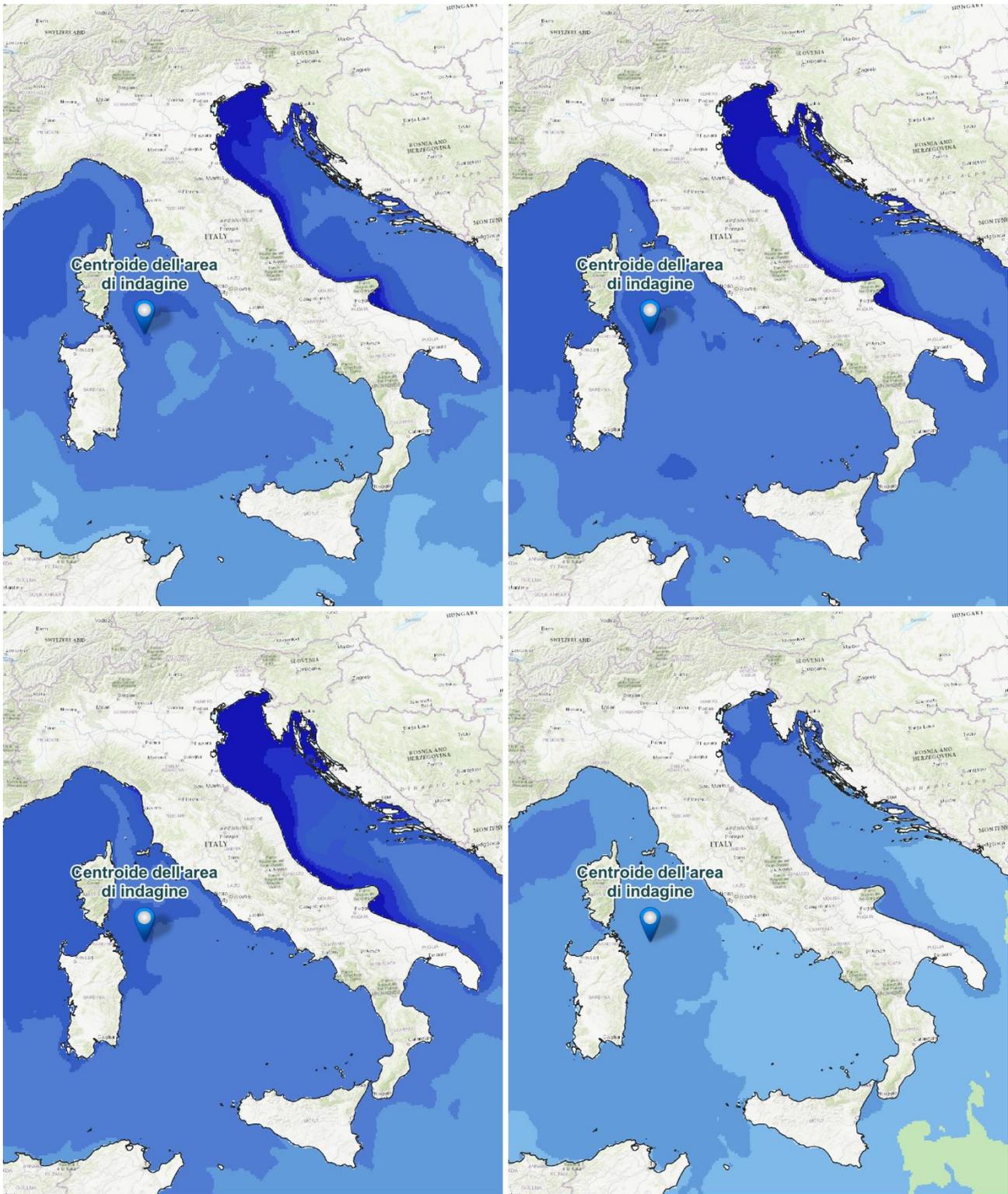


Figura 5.4 – Profilo termico verticale del mare, media mensile per l'anno 2019.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 29 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Temperatura superficiale del mare, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Gen, Feb, Mar, Apr.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

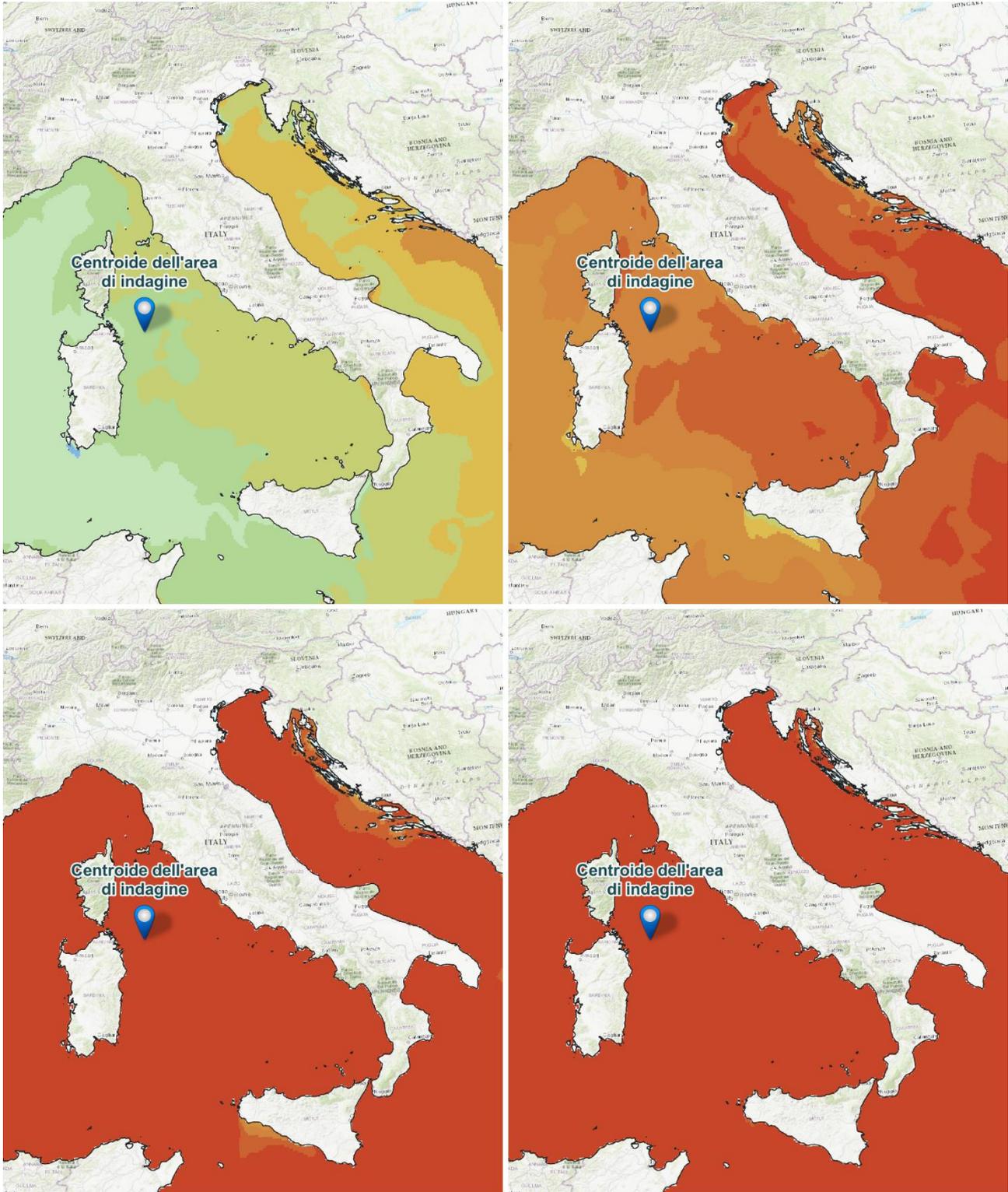
LEGENDA

Temperatura	11 - 12°C	13 - 14°C	15 - 16°C	17 - 18°C	19 - 20°C	21 - 22°C	23 - 24°C	
	<= 11°C	12 - 13°C	14 - 15°C	16 - 17°C	18 - 19°C	20 - 21°C	22 - 23°C	> 24°C

Figura 5.5 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.

Valori medi mensili da gennaio ad aprile per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 30 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Temperatura superficiale del mare, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Mag, Giu, Lug, Ago.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

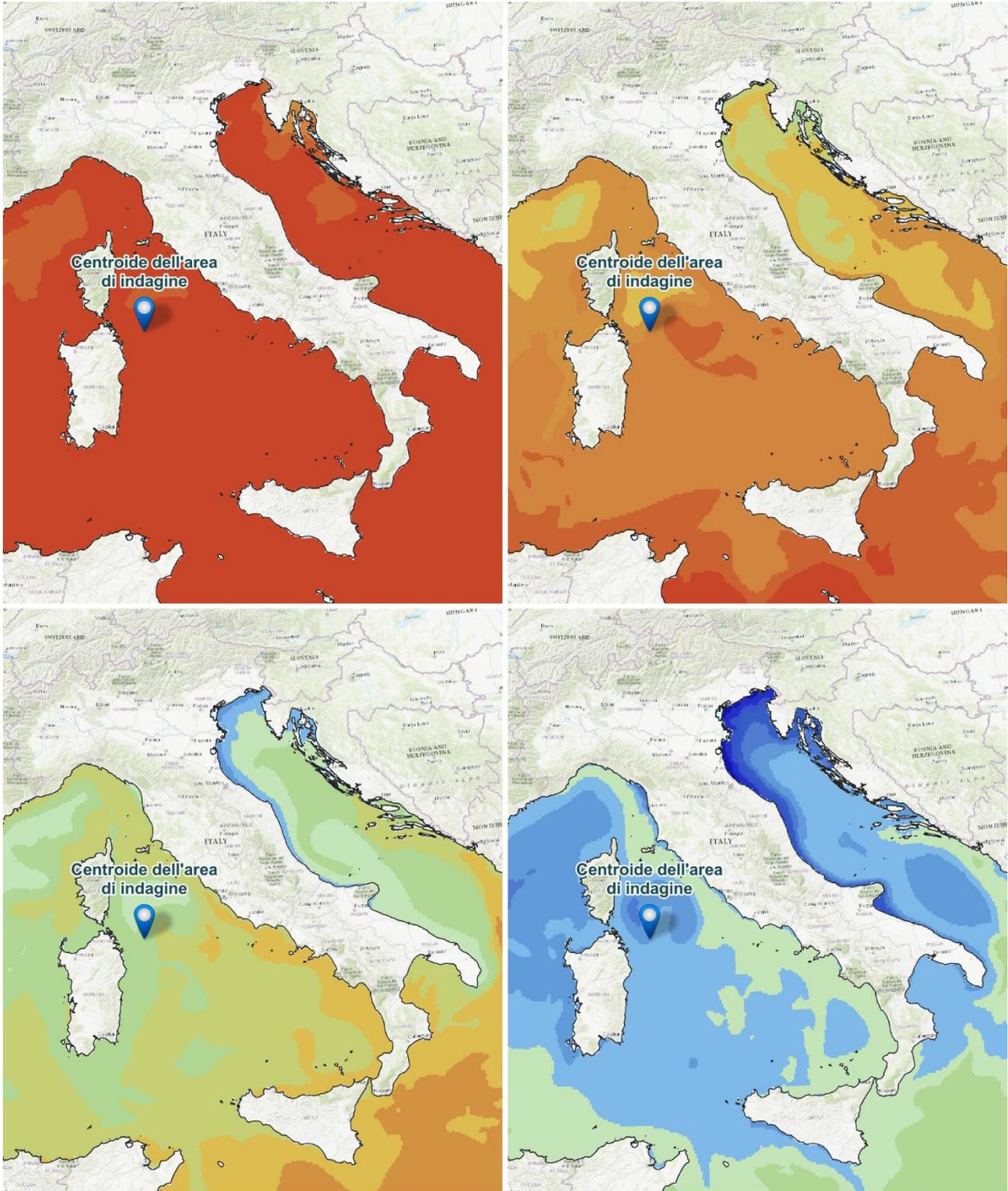
LEGENDA

Temperatura	11 - 12°C	13 - 14°C	15 - 16°C	17 - 18°C	19 - 20°C	21 - 22°C	23 - 24°C
	<= 11°C	12 - 13°C	14 - 15°C	16 - 17°C	18 - 19°C	20 - 21°C	> 24°C

Figura 5.6 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.

Valori medi mensili da maggio ad agosto per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 31 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Temperatura superficiale del mare, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Set, Ott, Nov, Dic.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA

Temperatura	11 - 12°C	13 - 14°C	15 - 16°C	17 - 18°C	19 - 20°C	21 - 22°C	23 - 24°C
	<= 11°C	12 - 13°C	14 - 15°C	16 - 17°C	18 - 19°C	20 - 21°C	22 - 23°C
							> 24°C

Figura 5.7 – Mappa della temperatura ad 1 m di profondità nella macro area di indagine.

Valori medi mensili da settembre a dicembre per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 32 di 51

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 pari a 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, 2018), lo spessore di accrescimento marino è stimabile con la profondità secondo il diagramma di Figura 5.8. Si assume inoltre una densità di accrescimento pari a 1325 kg/m³.

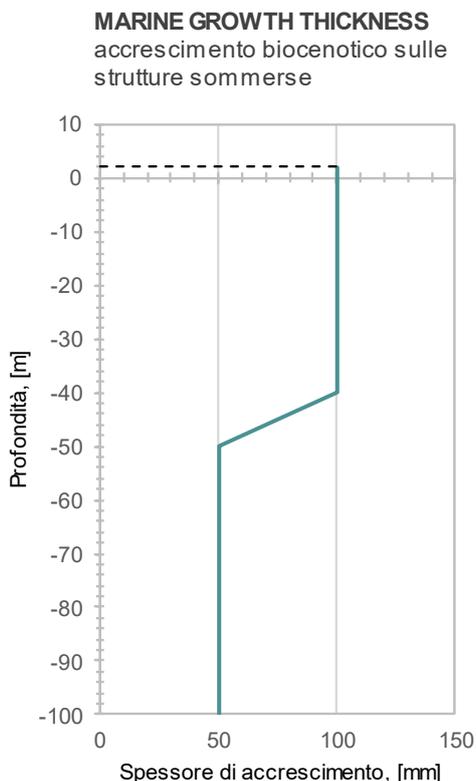


Figura 5.8 – Spessore di accrescimento marino sulle strutture sommerse al variare della profondità.
Elaborazione iLStudio da (DNV, 2018).

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, 2021) in riferimento al dataset MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004.

Il livello medio di marea del dataset è espresso in metri relativi al geoide di riferimento.

L'informazione, estrapolata per il periodo gennaio 2017 – dicembre 2019 sottoforma di media mensile alle

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 33 di 51

coordinate del centroide dell'area parco, è mostrata in Figura 5.9 e fa riferimento a mappe del tipo in Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12.

I dati mostrano una generale depressione del livello medio mare nella zona di progetto con valori compresi tra -0.66 m e -0.17 m con una escursione massima pari a 0.49 m.

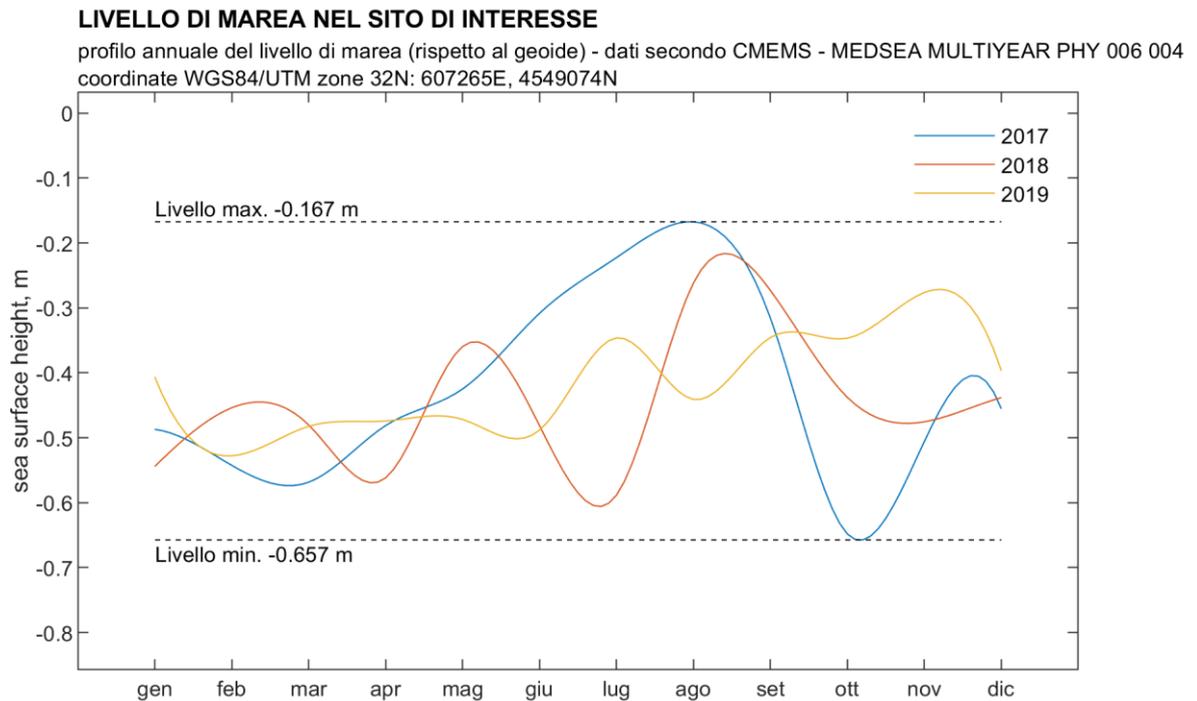
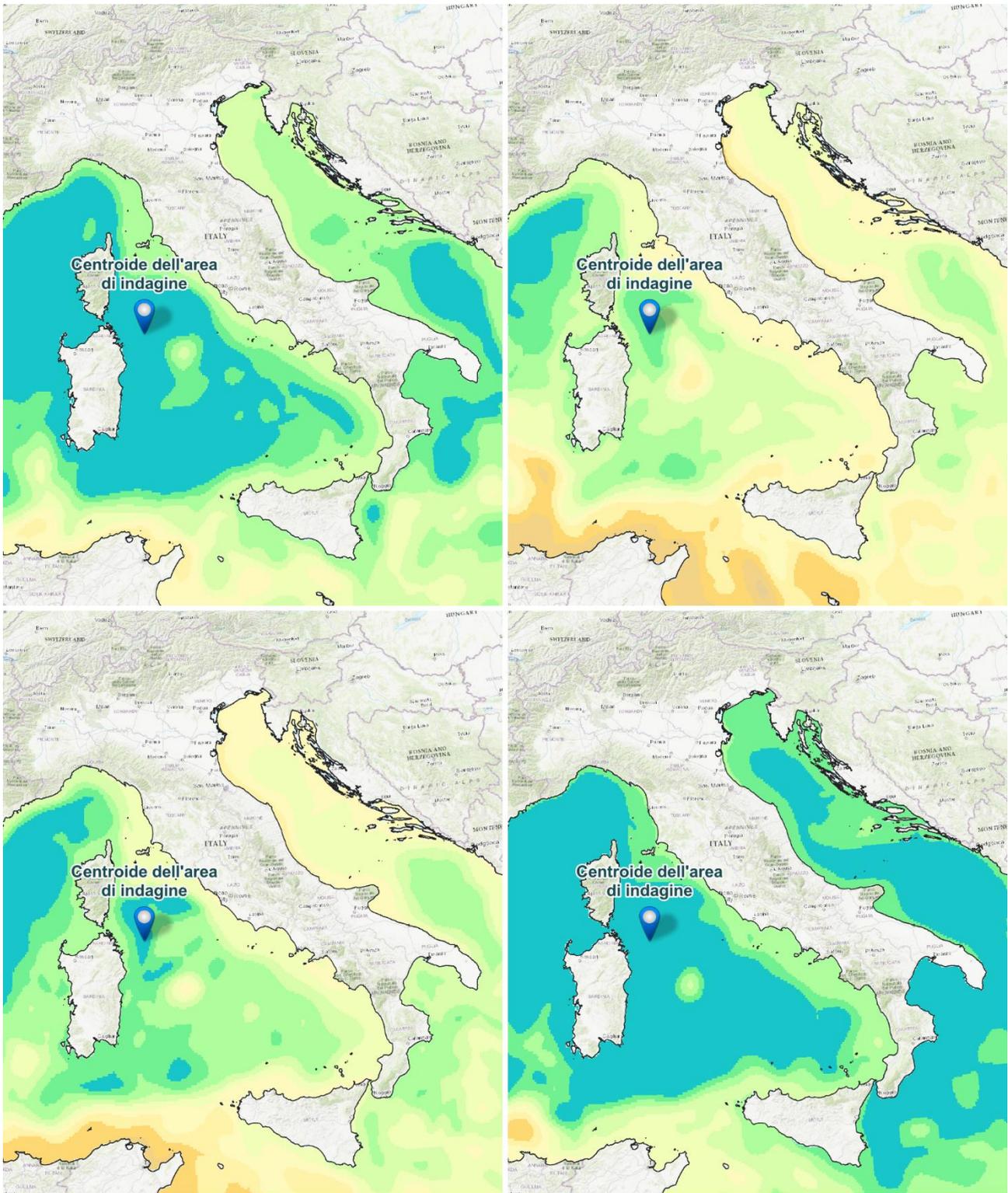


Figura 5.9 – Livello relativo medio di marea per gli anni dal 2017 al 2019, medie mensili.

Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 34 di 51



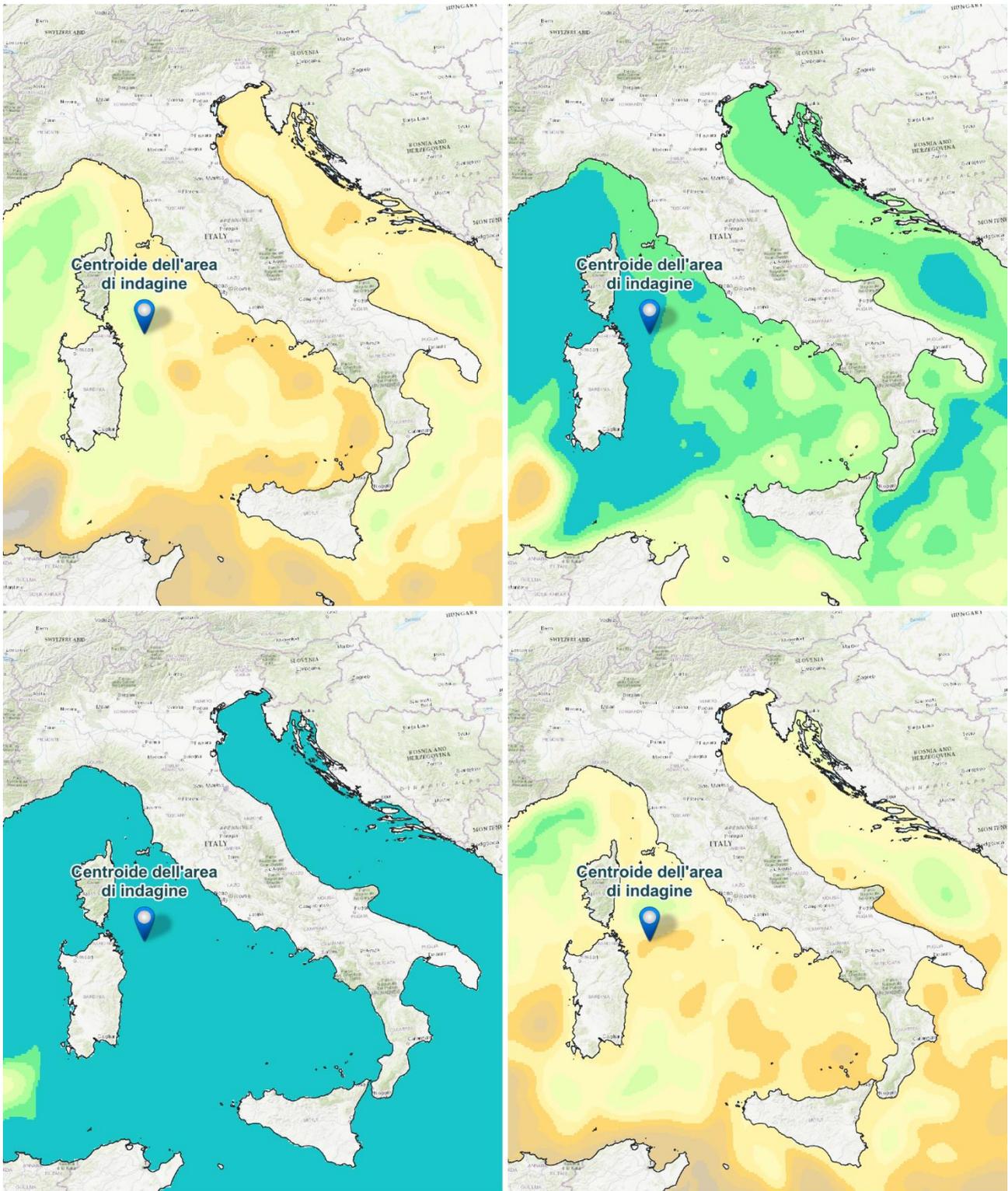
PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE
Sea Surface Height, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Gen, Feb, Mar, Apr.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA

SSH	 -0.47 - -0.43m	 -0.40 - -0.37m	 -0.33 - -0.30m	 -0.27 - -0.23m	 -0.20 - -0.17m	 -0.13 - -0.10m	 -0.07 - -0.03m	
	 <= -0.47m	 -0.43 - -0.40m	 -0.37 - -0.33m	 -0.30 - -0.27m	 -0.23 - -0.20m	 -0.17 - -0.13m	 -0.10 - -0.07m	 > -0.03m

Figura 5.10 – Mappa dell'altezza del livello medio mare (rispetto al geode di riferimento) nella macro area di indagine.
Valori medi mensili da gennaio ad aprile per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 35 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Sea Surface Height, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Mag, Giu, Lug, Ago.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

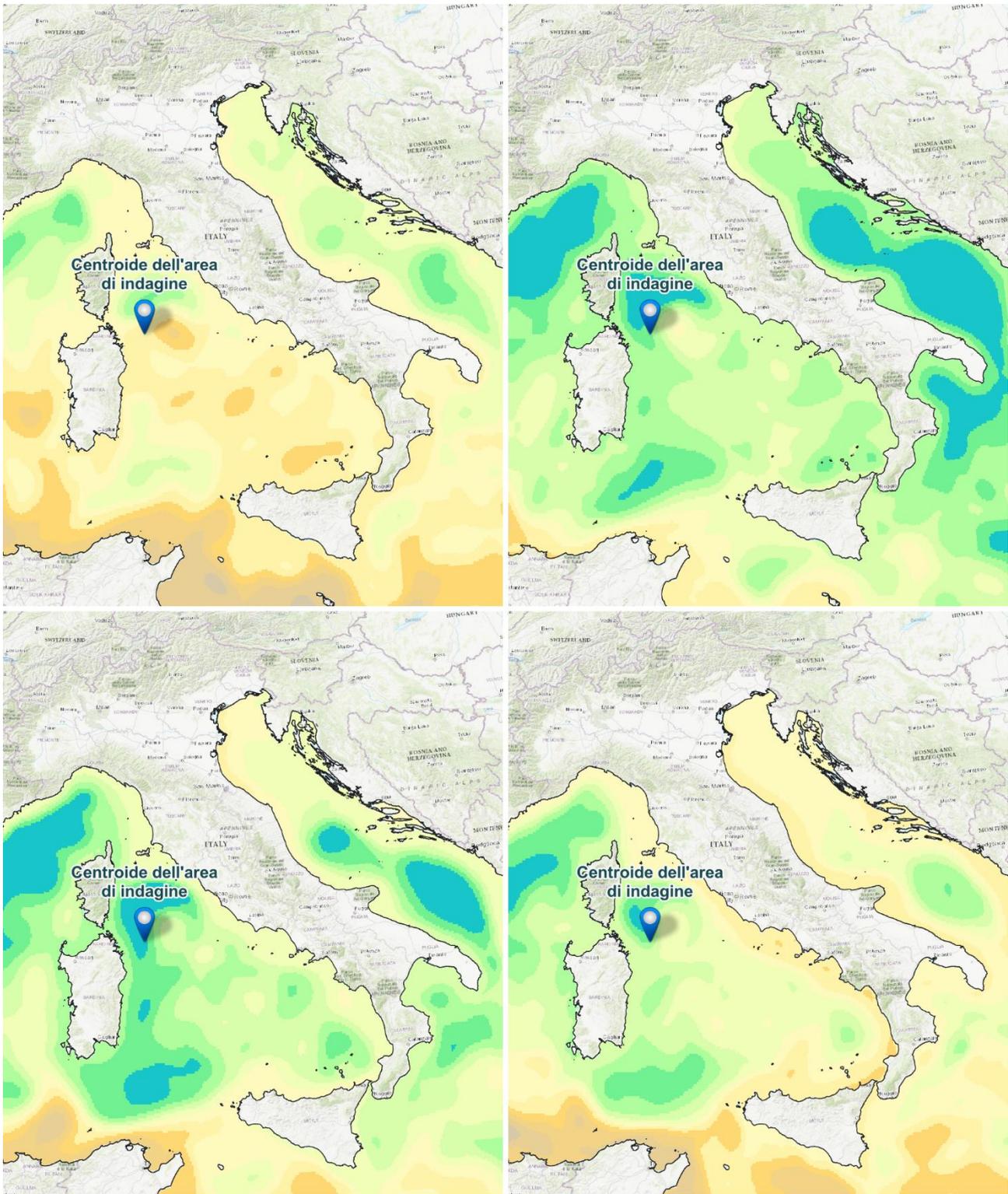
LEGENDA

SSH	 -0.47 - -0.43m	 -0.40 - -0.37m	 -0.33 - -0.30m	 -0.27 - -0.23m	 -0.20 - -0.17m	 -0.13 - -0.10m	 -0.07 - -0.03m	
	 <= -0.47m	 -0.43 - -0.40m	 -0.37 - -0.33m	 -0.30 - -0.27m	 -0.23 - -0.20m	 -0.17 - -0.13m	 -0.10 - -0.07m	 > -0.03m

Figura 5.11 – Mappa dell'altezza del livello medio mare (rispetto al geode di riferimento) nella macro area di indagine.

Valori medi mensili da maggio ad agosto per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 36 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Sea Surface Height, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Set, Ott, Nov, Dic.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA

SSH	 -0.47 - -0.43m	 -0.40 - -0.37m	 -0.33 - -0.30m	 -0.27 - -0.23m	 -0.20 - -0.17m	 -0.13 - -0.10m	 -0.07 - -0.03m	
	 <= -0.47m	 -0.43 - -0.40m	 -0.37 - -0.33m	 -0.30 - -0.27m	 -0.23 - -0.20m	 -0.17 - -0.13m	 -0.10 - -0.07m	 > -0.03m

Figura 5.12 – Mappa dell'altezza del livello medio mare (rispetto al geode di riferimento) nella macro area di indagine.
Valori medi mensili da settembre a dicembre per l'anno solare 2018. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 37 di 51

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).

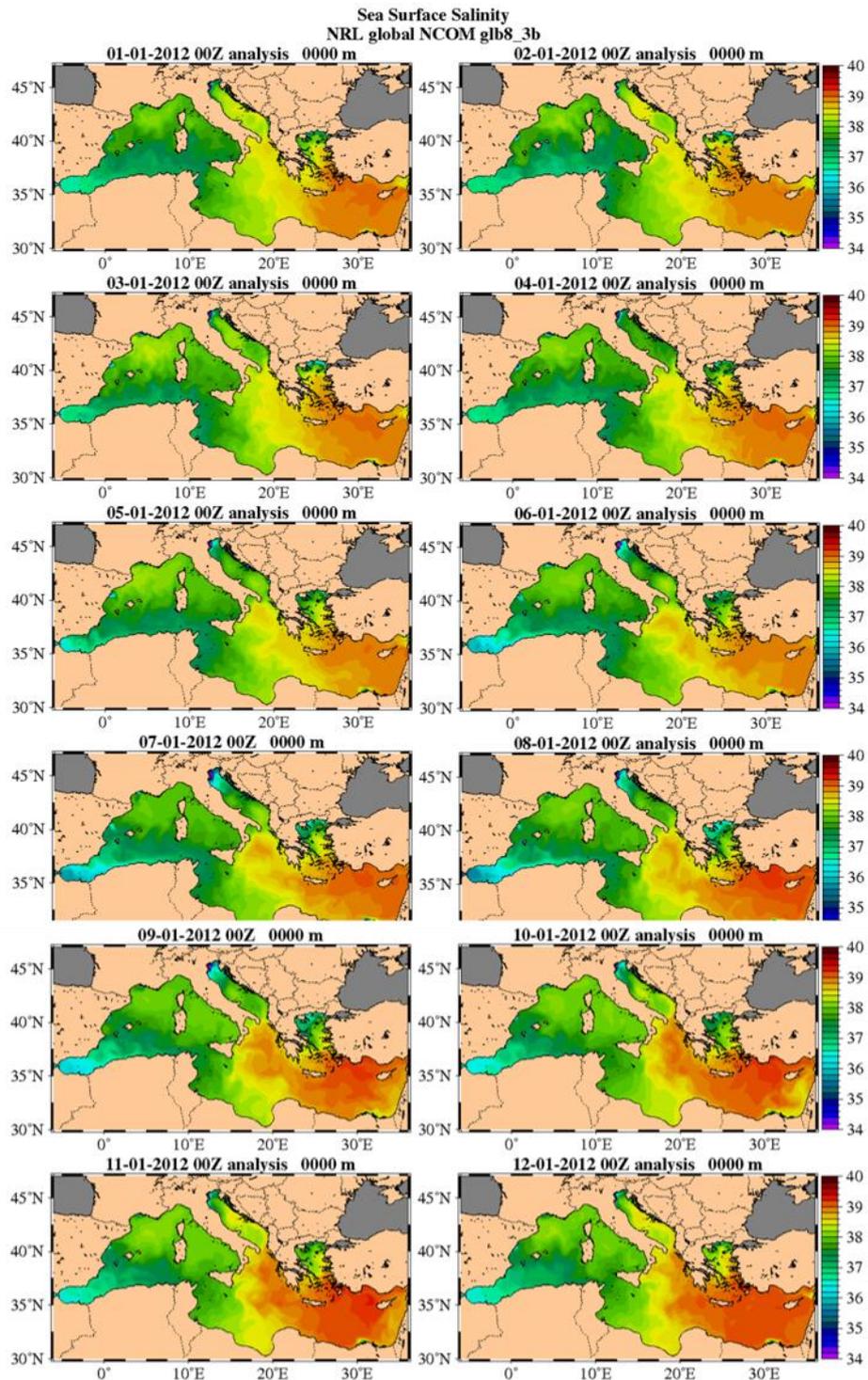


Figura 5.13 – Mappa della salinità superficiale nel Mar Mediterraneo, valori medi per il primo giorno del mese, anno 2012.

Elaborazione iLStudio su dati (NRL, 2015).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE		
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 38 di 51	

L'analisi delle mappe di salinità del Naval Research Laboratory (Figura 5.13) 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‰.

5.7. Profilo batimetrico

Il Parco Eolico insiste su un ambito territoriale, quello del mar Tirreno nella sua porzione a nord est della Sardegna, caratterizzato da un andamento batimetrico abbastanza regolare e variabile con buona continuità nella una fascia di mare entro 20 km circa dalla costa entro cui la profondità media non supera i 250 m per poi aumentare progressivamente e con maggior pendenza fino a circa 1200 m di profondità con una forte discontinuità di gradiente attorno ai 50 km dalle coste. La Figura 5.14 mostra il layout del parco sulla mappa batimetrica estratta dal dataset (EMODnet, 2021).

La profondità del fondale, valutata lungo l'asse delle torri di generazione e rispetto al livello medio mare, varia tra un minimo di circa 1387 m in corrispondenza della turbina WTG3 ad un massimo attorno a 1571 m al di sotto della turbina WTG62.

Tabella 5-1 – Coordinate aerogeneratori e profondità locali del fondale in corrispondenza della verticale.

Elaborazione iLStudio.

ID WTG	Easting	Northing	Batimetria	ID WTG	Easting	Northing	Batimetria
WTG1	601776.35	4554092.7	-1397.8	WTG19	601925.01	4545331	-1470.2
WTG2	601468.92	4553094.19	-1392.6	WTG20	606859.55	4555603.38	-1493.4
WTG3	601214.03	4552073.79	-1387.4	WTG21	606432.92	4554603.38	-1478.4
WTG4	601014.39	4551042.4	-1404.2	WTG22	606069.77	4553603.38	-1472.0
WTG5	600872	4550011	-1408.8	WTG23	605766.74	4552603.38	-1463.0
WTG6	600729.61	4548979.6	-1423.2	WTG24	605520.97	4551603.38	-1453.8
WTG7	600532.41	4547959.21	-1436.4	WTG25	605192.79	4549603.38	-1463.2
WTG8	600284.21	4546960.69	-1451.4	WTG26	605055.45	4548603.38	-1478.2
WTG9	604421.3	4555331	-1454.4	WTG27	604864.61	4547603.38	-1483.4
WTG10	604026.57	4554331	-1430.0	WTG28	604618.84	4546603.38	-1487.8
WTG11	603693.92	4553331	-1425.8	WTG29	604315.8	4545603.38	-1487.2
WTG12	603420.01	4552331	-1422.8	WTG30	603952.65	4544603.38	-1489.0
WTG13	603201.16	4551331	-1423.4	WTG31	609579.32	4555830.23	-1528.4
WTG14	603040.24	4550331	-1433.6	WTG32	609119.89	4554830.23	-1523.4
WTG15	602911.33	4549331	-1440.8	WTG33	608725.15	4553830.23	-1510.2
WTG16	602750.42	4548331	-1455.4	WTG34	608392.5	4552830.23	-1503.2
WTG17	602531.57	4547331	-1467.4	WTG35	608118.59	4551830.23	-1505.2
WTG18	602257.66	4546331	-1477.8	WTG36	607899.74	4550830.23	-1501.2
ID WTG	Easting	Northing	Batimetria	ID WTG	Easting	Northing	Batimetria
WTG37	607738.83	4549830.23	-1495.2	WTG55	609253.45	4543695.21	-1538.8
WTG38	607614.54	4548830.23	-1503.2	WTG56	608867.3	4542647.45	-1540.4
WTG39	607449	4547830.23	-1513.2	WTG57	616536.38	4557080.47	-1568.0

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE		
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 39 di 51	

WTG40	607230.15	4546830.23	-1518.2
WTG41	606956.24	4545830.23	-1515.2
WTG42	606623.59	4544830.23	-1512.2
WTG43	606228.86	4543830.23	-1518.2
WTG44	612374.8	4555727.35	-1546.8
WTG45	611892.4	4554753.02	-1551.2
WTG46	611473.38	4553775.12	-1546.8
WTG47	611114.38	4552793.82	-1542.2
WTG48	610812.55	4551809.29	-1536.0
WTG49	610372	4549831	-1523.2
WTG50	610234.66	4548831	-1532.2
WTG51	610152.79	4547816.25	-1539.0
WTG52	610016.31	4546795.58	-1539.8
WTG53	609822.9	4545768.73	-1538.2
WTG54	609569.73	4544735.39	-1532.8

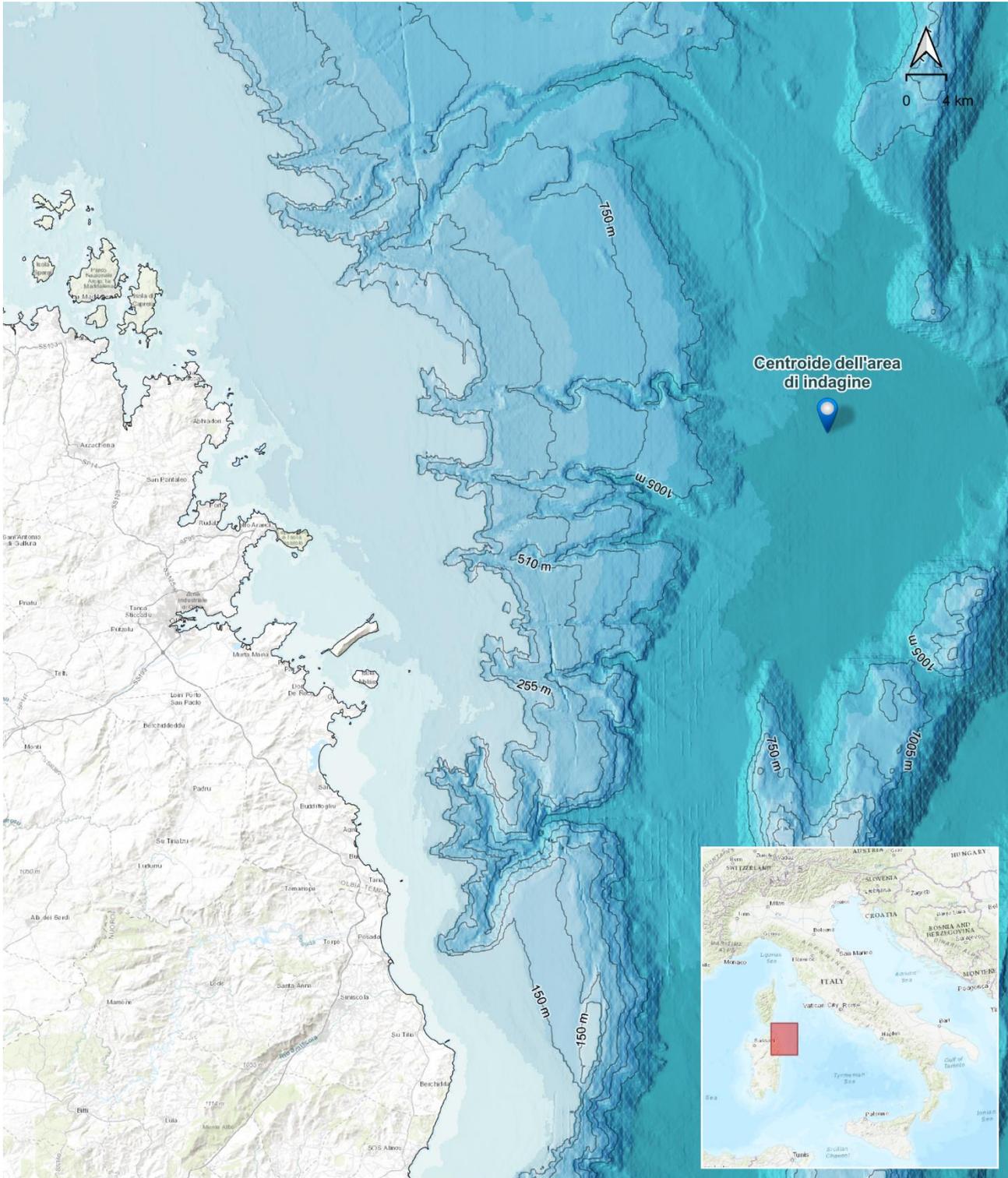
WTG58	615915.26	4556131.1	-1567.4
WTG59	615370.32	4555175.04	-1561.6
WTG60	614889.81	4554213.34	-1567.2
WTG61	614471.15	4553246.21	-1568.2
WTG62	614111.01	4552273.95	-1571.2
WTG63	613805.71	4551296.89	-1561.2
WTG64	613558.13	4550314.76	-1550.0
WTG65	613342.62	4549331	-1548.8
WTG66	613305.84	4548318.8	-1552.0
WTG67	613211.56	4547299.49	-1553.6
WTG68	613062.64	4546273.4	-1552.6
WTG69	612855.43	4545240.1	-1546.6
WTG70	612586.6	4544199.16	-1546.4
WTG71	612253.56	4543150.27	-1550.2
WTG72	611844.64	4542091.99	-1551.2

ID WTG	Easting	Northing	Profondità
FOS A	605318.65	4550685.24	-1454.6

ID WTG	Easting	Northing	Profondità
FOS B	610567.91	4550827.66	-1529.8

In Figura 5.15 è invece riportata la mappa della pendenza del fondale da cui si osserva una buona “dolcezza” del fondale nell’area delle installazioni con pendenza generalmente inferiori a 2 gradi.

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 40 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Caratteristiche morfologiche dei fondali - livelli batimetrici.

Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet Bathymetry, 2021)

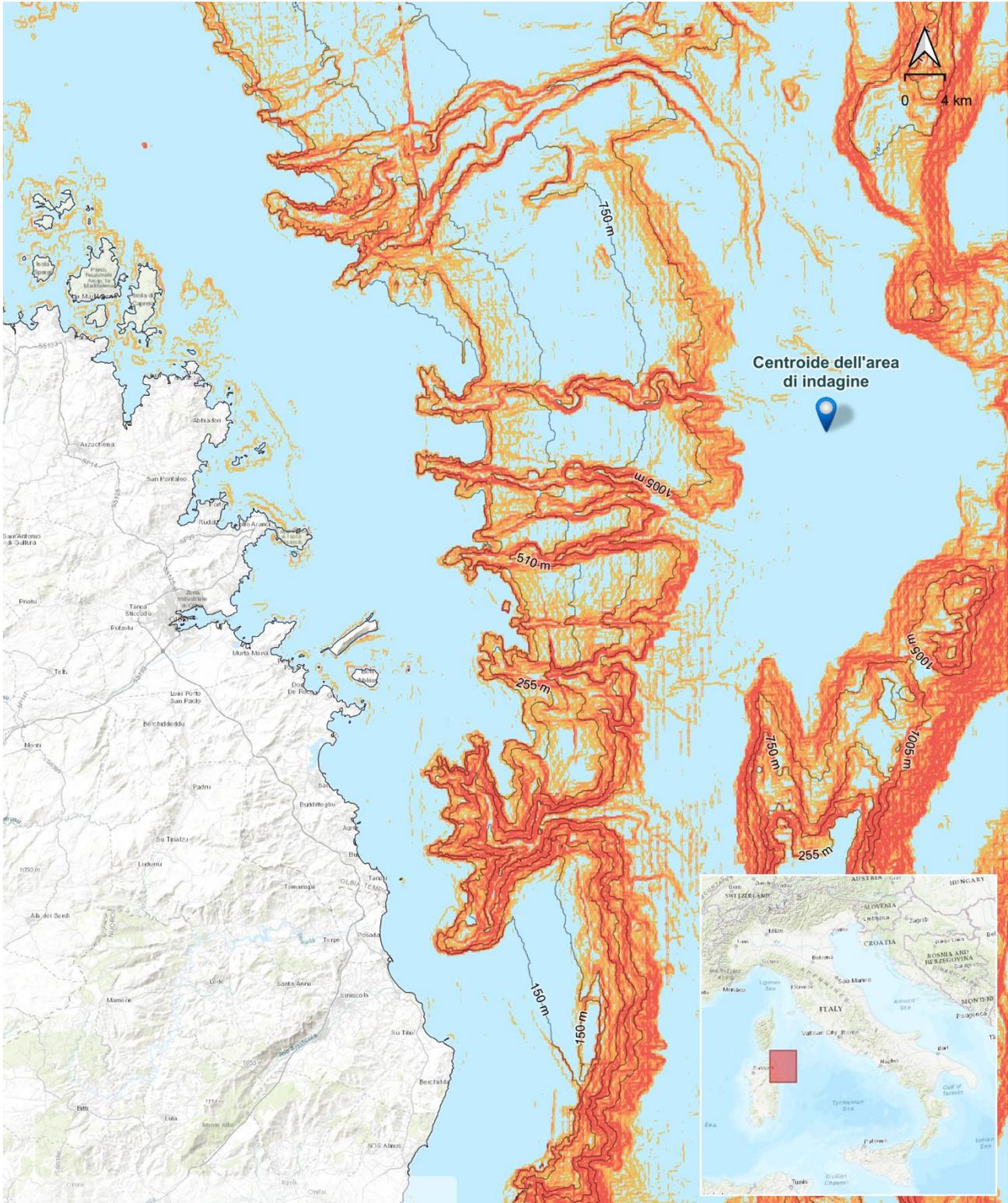
LEGENDA

Batimetria, m	2535 - 2786	1673 - 1936	1022 - 1197	591 - 726	192 - 300	90 - 114	26 - 48
	≥3041	2241 - 2535	1437 - 1673	871 - 1022	438 - 591	141 - 192	70 - 90
	2786 - 3041	1936 - 2241	1197 - 1437	726 - 871	300 - 438	114 - 141	48 - 70

Figura 5.14 – Mappa batimetrica per la località di progetto del parco eolico offshore.

Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 41 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

. Caratteristiche morfologiche dei fondali - pendenza e livelli batimetrici.
Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet Bathymetry, 2021)

LEGENDA

Pendenza, deg ■ <= 3 ■ 3-6 ■ 6-10 ■ 10-15 ■ > 15

Figura 5.15 – Mappa della pendenza del fondale per la località di progetto del parco eolico offshore.
Elaborazione iLStudio su dati (EMODnet, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 42 di 51

5.8. Correnti marine

A Nel bacino del Mediterraneo le correnti superficiali sono solitamente di debole intensità e direzione variabile. La circolazione superficiale è fortemente influenzata dai venti che al largo possono generare correnti di intensità massima attorno a 0.3 m/s.

A livello di macro area, per il bacino del Mediterraneo l'evaporazione non è compensata dall'apporto di acqua fluviale e piovana ed è sempre presente una corrente entrante da ovest in corrispondenza dello Stretto di Gibilterra. Questa corrente si spinge verso est dividendosi in un ramo principale e diversi rami secondari.

Il ramo principale, sotto l'effetto della forza di Coriolis, ripiega verso destra addossandosi alle coste africane e perdendo gran parte dell'intensità fino ad estinguersi. Lungo la penisola italiana invece si sviluppa una corrente modesta di circa 0.08 m/s che muove verso nord salendo lungo le coste del Tirreno e che devia verso ovest per poi ridiscendere in corrispondenza della Sardegna.

Assimilando le condizioni correntometriche dell'area marina di indagine a quelle determinate in corrispondenza del suo centroide, si osserva che, in generale, la corrente marina si sviluppa con orientamento prevalente lungo le coste orientali della Sardegna in direzione N-S come evidenziato nelle mappe dell'Istituto Idrografico della Marina (Istituto Idrografico della Marina, 1982) riportate per i diversi mesi dell'anno nelle figure a seguire (da Figura 5.16 a Figura 5.21).

Per quanto riguarda infine la velocità delle correnti, riferendosi al dataset del servizio Marine Copernicus (CMEMS, 2021) interrogato sulla colonna d'acqua alle coordinate del centroide dell'area di indagine, si ottengono i profili verticali di velocità di Figura 5.25. I profili, raggruppati su base stagionale, corrispondono alle medie mensili per l'anno 2019. La massima velocità di corrente, riscontrabile nei primi strati al di sotto del livello medio mare, si attesta a circa di 0.35 m/s per il mese di novembre mentre valori massimi inferiori a 0.3 m/s sono riscontrabili durante il resto dell'anno.

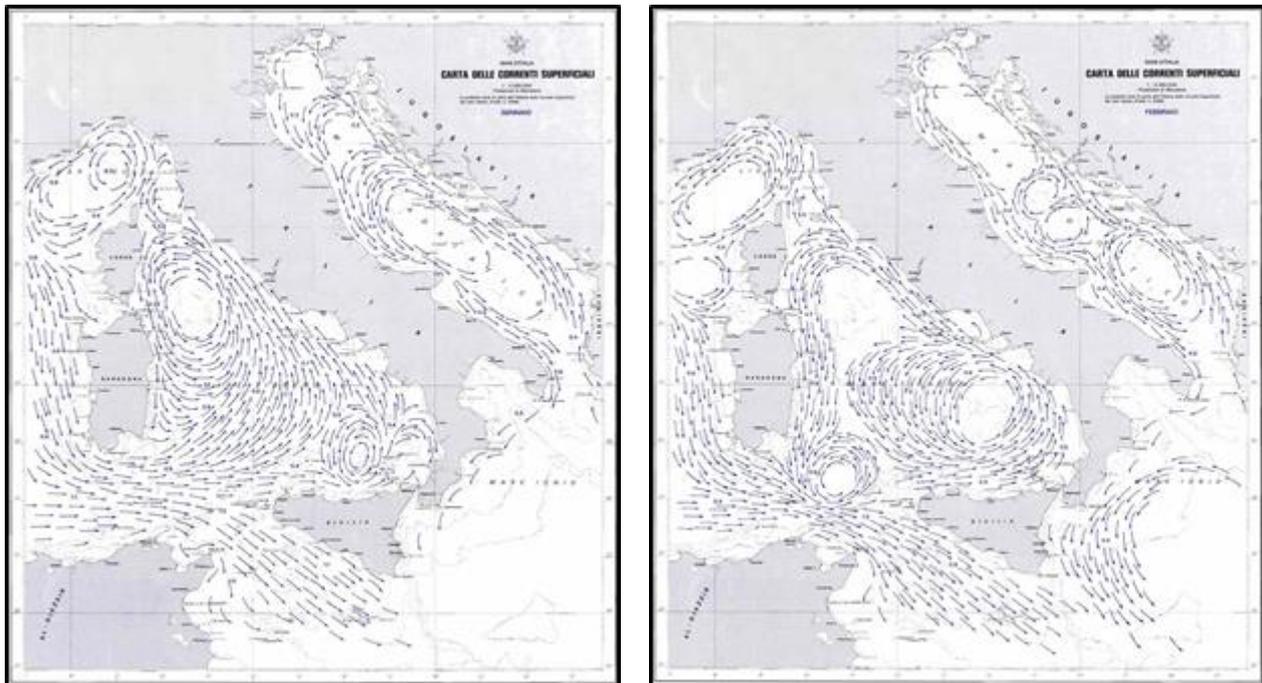


Figura 5.16 – Mappa delle correnti marine, mesi gennaio (sx) e febbraio (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).

PROGETTO PRELIMINARE		PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b		Data emissione: Maggio 2022	Pagina 43 di 51

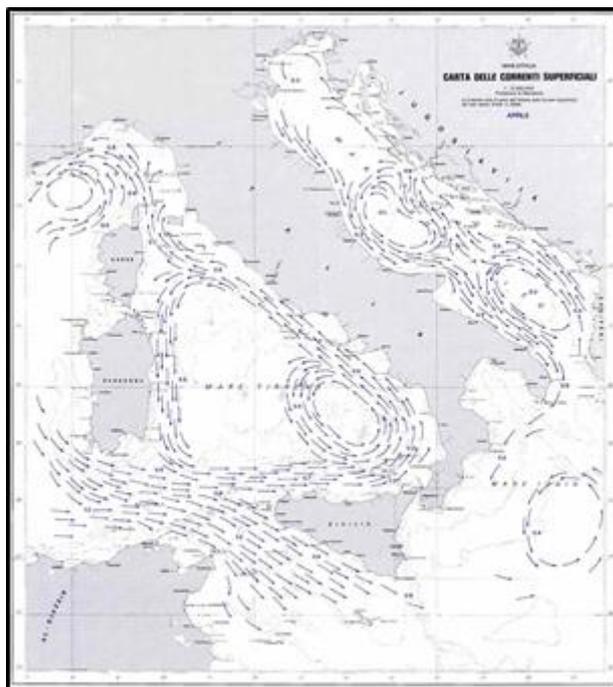


Figura 5.17 – Mappa delle correnti marine, mesi marzo (sx) e aprile (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).



Figura 5.18 – Mappa delle correnti marine, mesi maggio (sx) e giugno (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).

PROGETTO PRELIMINARE		PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina			
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 44 di 51	

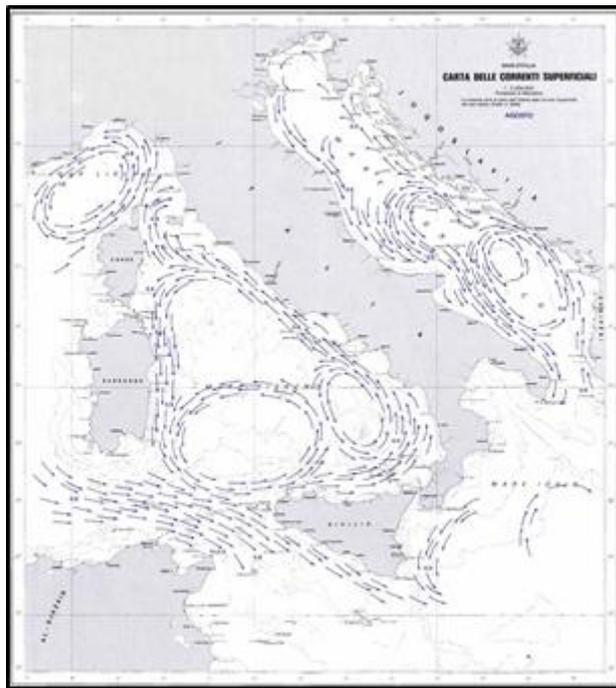


Figura 5.19 – Mappa delle correnti marine, mesi luglio (sx) e agosto (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).



Figura 5.20 – Mappa delle correnti marine, mesi settembre (sx) e ottobre (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 45 di 51

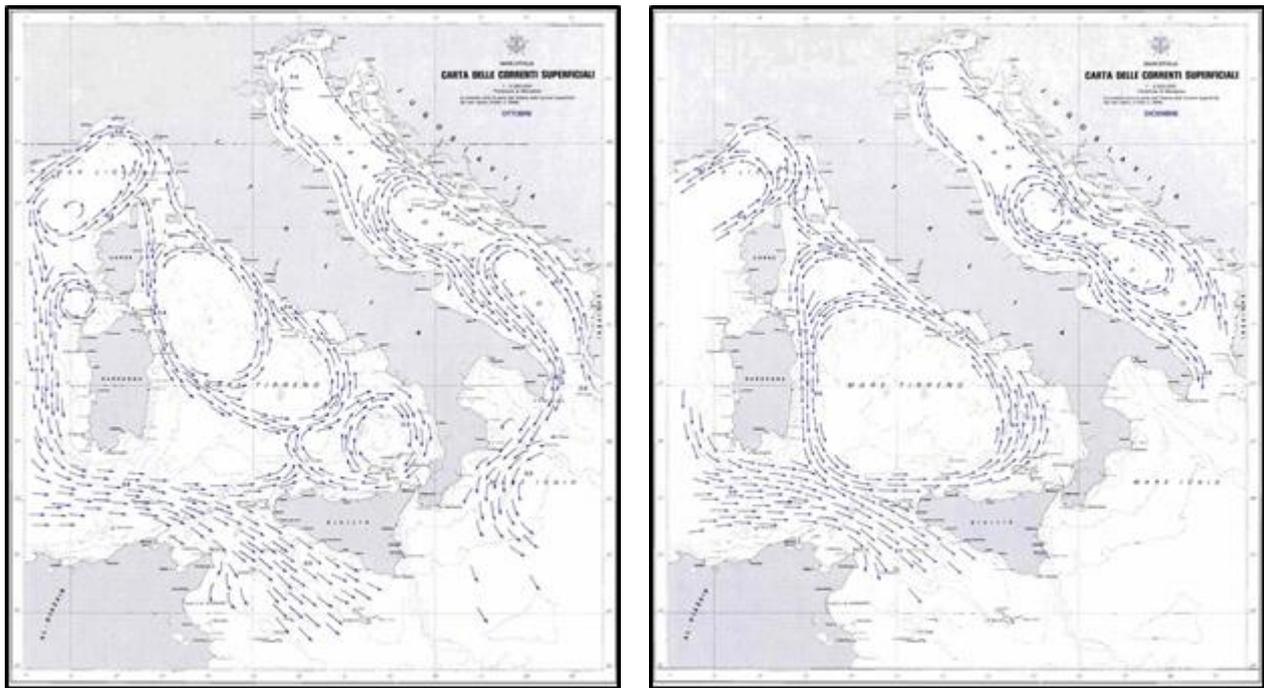
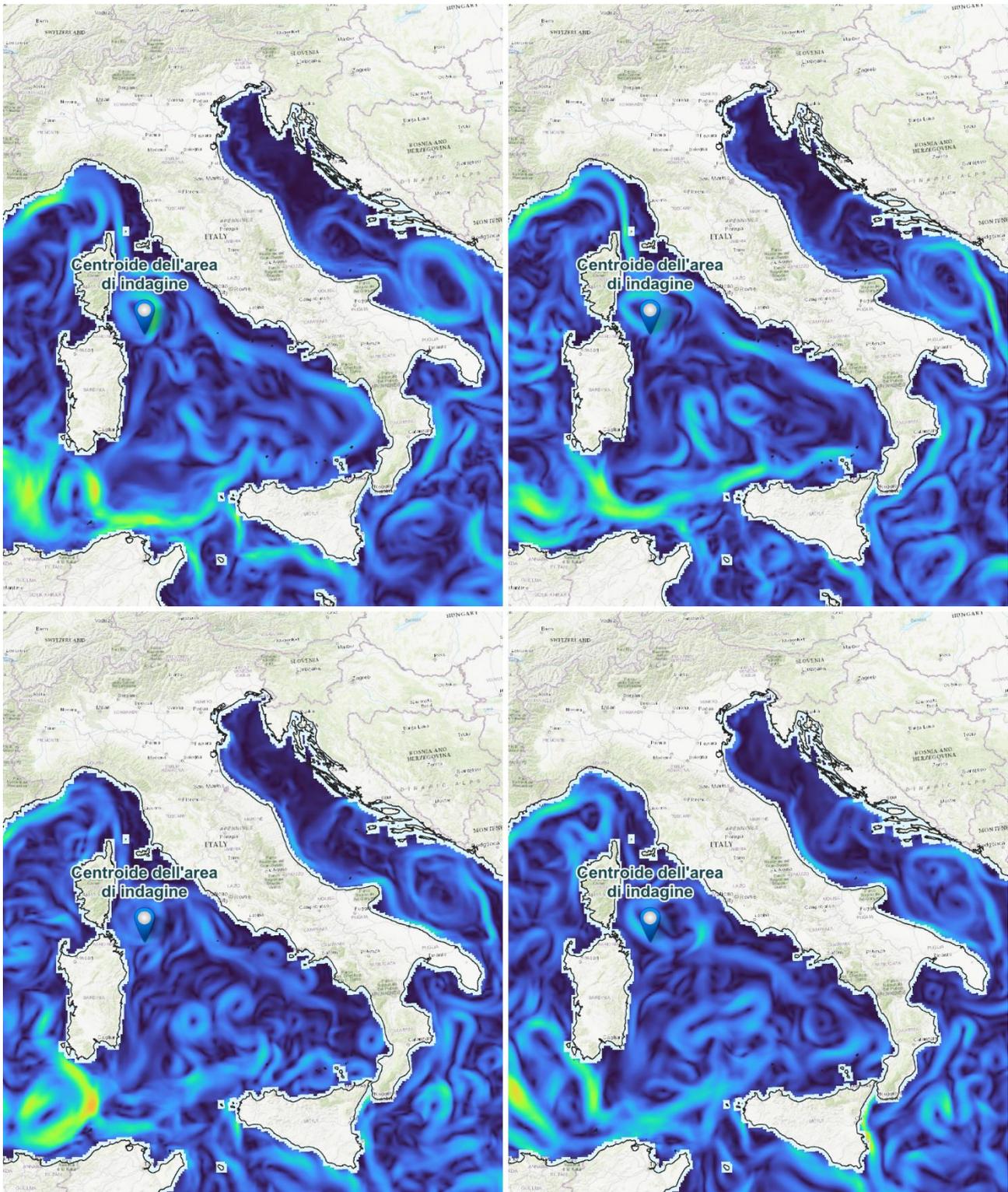


Figura 5.21 – Mappa delle correnti marine, mesi novembre (sx) e dicembre (dx).

Fonte: (Istituto Idrografico della Marina, 1982).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 46 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

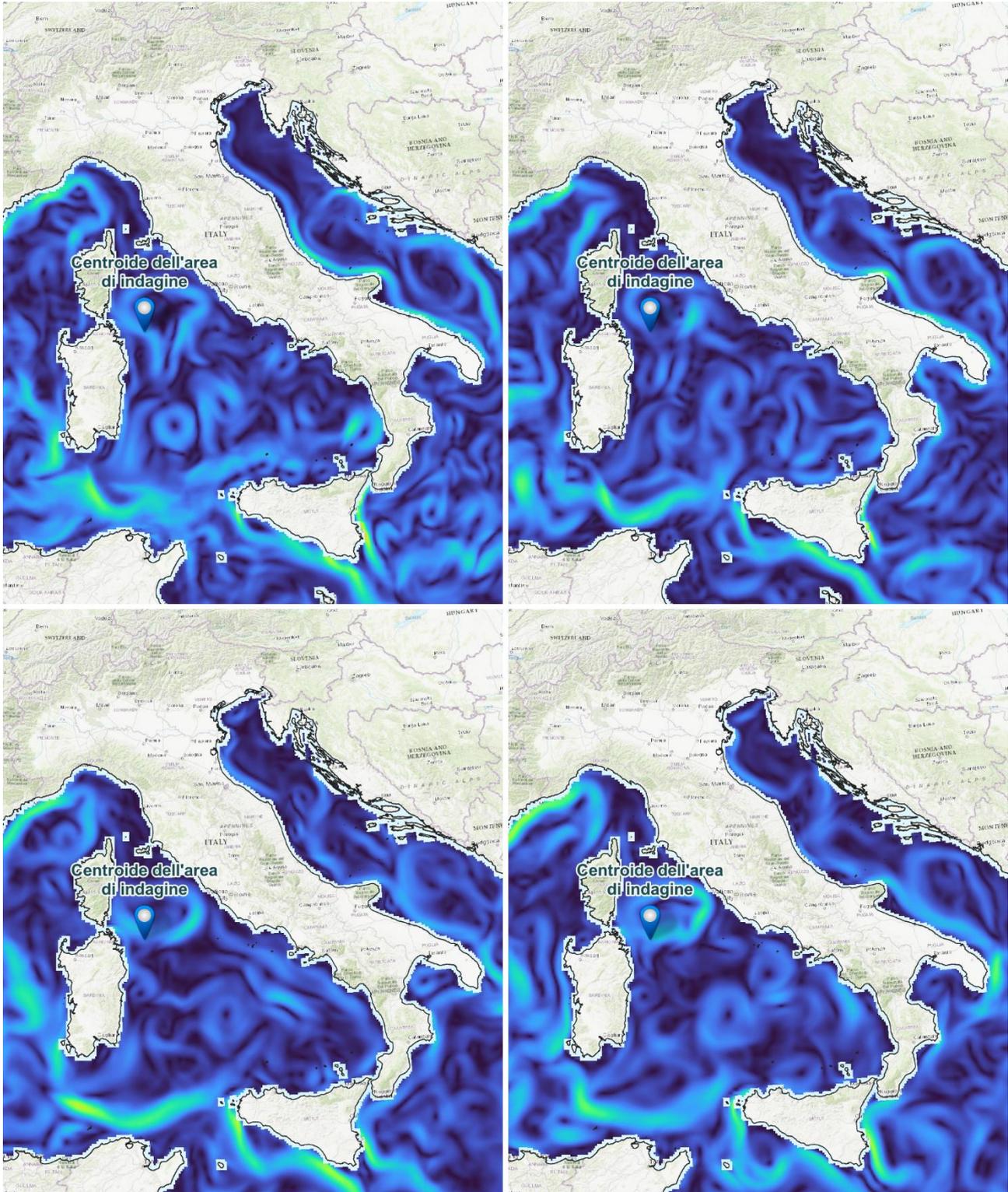
Velocità delle correnti marine @1m, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Gen, Feb, Mar, Apr.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA



Figura 5.22 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.
Valori per i mesi da gennaio ad aprile. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 47 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

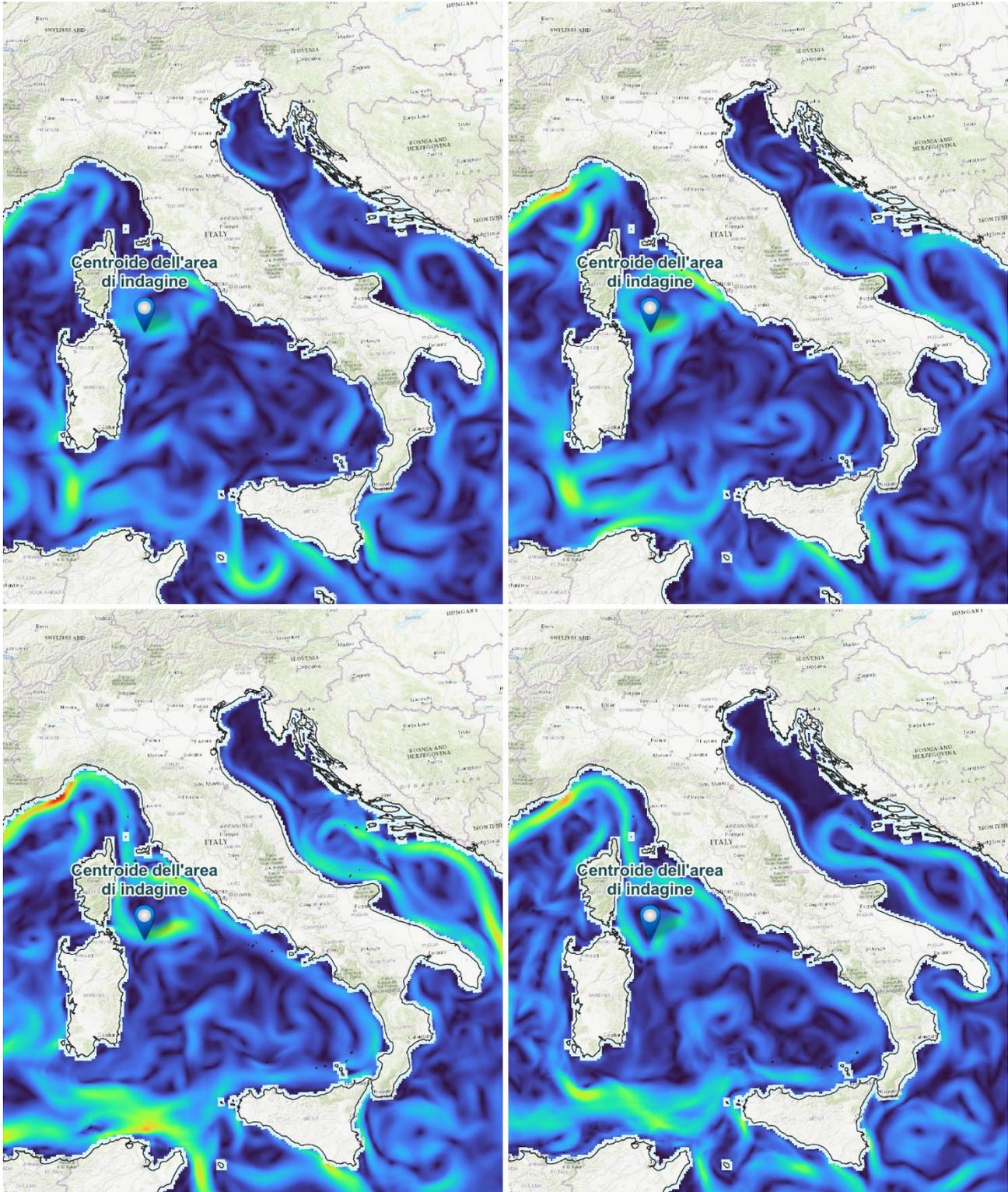
Velocità delle correnti marine @1m, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Mag, Giu, Lug, Ago. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA



Figura 5.23 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.
Valori per i mesi da maggio ad agosto. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 48 di 51



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE

Velocità delle correnti marine @1m, anno 2018. Da sx verso dx, dall'alto in basso: Set, Ott, Nov, Dic.
Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021)

LEGENDA



Figura 5.24 – Velocità delle correnti marine superficiali (@1m) per la località di progetto del parco eolico offshore.
Valori per i mesi da settembre a dicembre. Elaborazione iLStudio su dati (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 49 di 51

CORRENTI MARINE NEL SITO DI INTERESSE

profilo verticale della velocità delle correnti - dati secondo CMEMS - MEDSEA MULTIYEAR PHY 006 004
coordinate WGS84/UTM zone 32N: 607265E, 4549074N - anno 2019

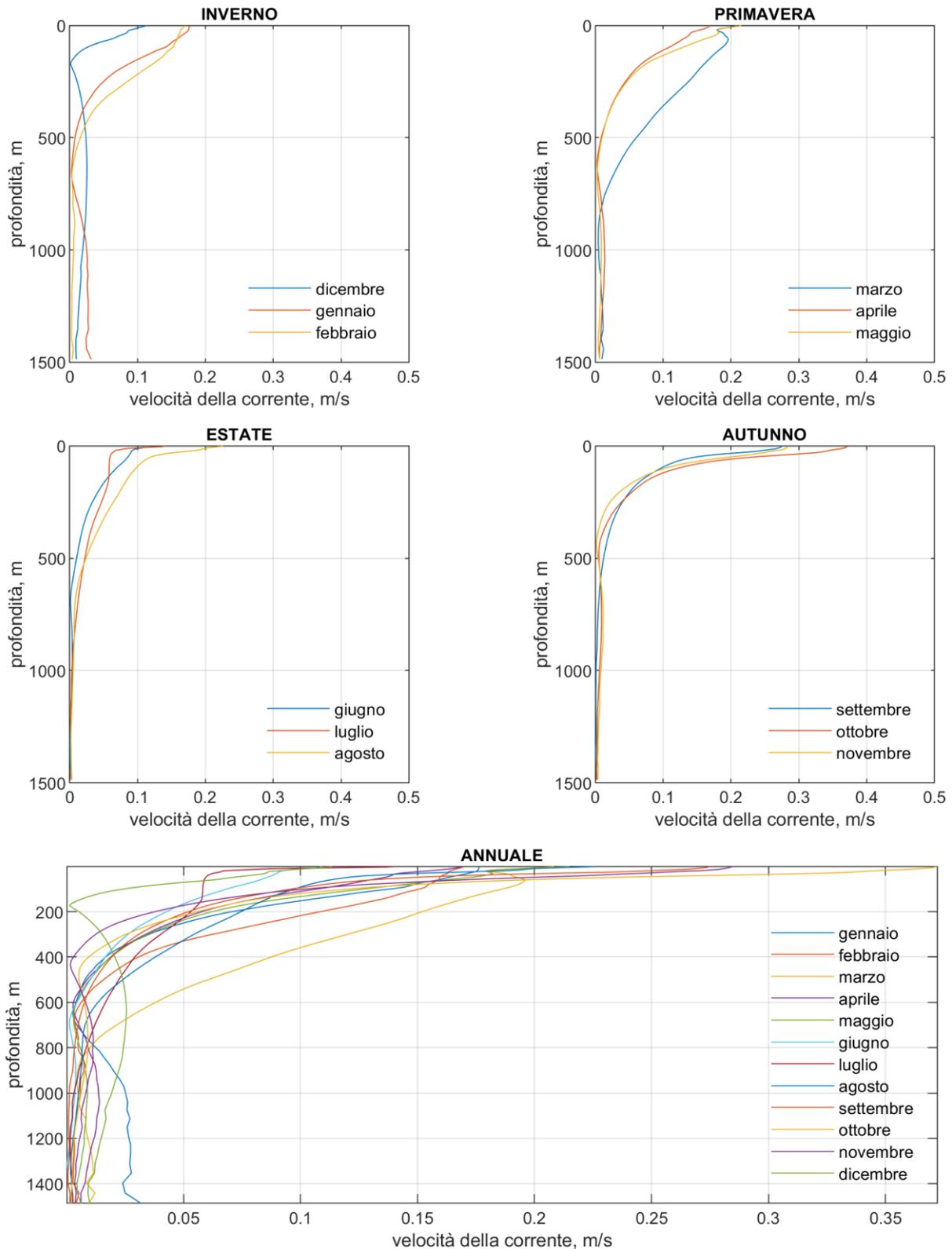


Figura 5.25 – Profili verticali della velocità di corrente medi mensili per l'anno 2019.

Fonte: Marine Copernicus (CMEMS, 2021).

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 50 di 51

RIFERIMENTI

CMEMS, 2021. *CMEMS, Copernicus Marine Environment Monitoring Service*. [Online]

Available at: <http://marine.copernicus.eu>

[Consultato il giorno 2021].

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>

DHI, 2021. *MetOcean Data Portal, On demand data and analytics globally*. [Online]

Available at: <http://www.metocean-on-demand.com>

DNV, 2018. *DNV GL-OS-E301 - Offshore Standard: Position mooring*. [Online].

EMODnet, 2021. *EMODnet Bathymetry Consortium*. s.l.:EMODnet.

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, 2021. *RON, Rete Ondametrica Nazionale*. [Online]

Available at: <http://dati.isprambiente.it/dataset/ron-rete-ondametrica-nazionale/>

Istituto Idrografico della Marina, 1982. *Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani*, Genova: Istituto Idrografico della Marina.

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

NRL, 2015. *Mediterranean region SSS*. [Online]

Available at: https://www7320.nrlssc.navy.mil/global_ncom/glb8_3b/html/Links/sss_list_med.html

Technical University of Denmark (DTU), 2021. *Global Wind Atlas*. [Online]

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

[Consultato il giorno Marzo 2022].

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

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

PROGETTO PRELIMINARE	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL MAR TIRRENO NORD - OCCIDENTALE	
Relazione meteomarina		
Codice documento: F0122UR05RELMET00b	Data emissione: Maggio 2022	Pagina 51 di 51

Il presente documento, composto da n. 58 fogli 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 del Progettista.

Taranto, Maggio 2022

Dott. Ing. Luigi Severini

Hanno collaborato alla redazione degli studi:

<i>ing. Alessandro Severini</i>	iLStudio srl	<i>Coordinamento multidisciplinare</i>
<i>ing. Lorenzo Carrieri</i>	iLStudio srl	<i>Analisi numeriche e modellistica computazionale</i>
<i>ing. Carlo Franchini</i>	iLStudio srl	<i>Analisi numeriche e modellistica computazionale</i>
<i>ing. Sara Bray</i>	Nicetechnology srl	<i>Studio ambientale e geotecnico</i>
<i>ing. Antonio Di Cosola</i>	iLStudio srl	<i>Studio ambientale e territoriale</i>
<i>ing. Carmine Rizzo</i>	iLStudio srl	<i>Studio ambientale e territoriale</i>
<i>geol. Raffaele Sassone</i>	iLStudio srl	<i>Studio geologico e idrogeologico</i>
<i>dott.ssa Simona Capozza</i>	Nicetechnology srl	<i>Analisi normativa e procedurale</i>
<i>dott. Pierfrancesco Severini</i>	iLStudio srl	<i>Studio ambientale</i>
<i>p.i. Daniele Donadei</i>	iLStudio srl	<i>Elaborazioni CAD/GIS</i>
<i>rag. Paola Digiacomo</i>	iLStudio srl	<i>Analisi procedurale e editing</i>