



**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Allegato 3*  
*Descrizione degli Scenari di Dismissione e Identificazione*  
*e Stima degli Impatti Ambientali e Socio-economici*

**Marzo 2023**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

#### Allegato 3

#### Descrizione degli Scenari di Dismissione e Identificazione e Stima degli Impatti Ambientali e Socio-economici

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA, DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>ELABORATO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 3 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI DISMISSIONE.....</b>	<b>5</b>
	2.1 Caratteristiche tecniche delle Condotte.....	6
	2.2 Lavori preparatori alla Dismissione delle Condotte .....	9
	2.3 Scenari di Dismissione .....	10
<b>3</b>	<b>IDENTIFICAZIONE E STIMA DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E SOCIO-ECONOMICI E CONFRONTO ALTERNATIVE DI DISMISSIONE .....</b>	<b>15</b>
	3.1 Impatti sulla Componente Atmosfera .....	17
	3.2 Emissioni di CO <sub>2</sub> e Gas Climalteranti .....	21
	3.3 Impatti sulla Componente Fondale Marino.....	23
	3.4 Impatti sulle Caratteristiche Chimico-Fisiche delle Acque.....	25
	3.5 Impatti sul Clima Acustico .....	29
	3.6 Impatti su Fauna Marina e Habitat.....	33
	3.7 Produzione e Gestione Rifiuti .....	35
	3.8 Impatti su Attività di Pesca .....	38
	3.9 Impatti su Attività di Acquacoltura .....	40
	3.10 Impatti su Traffico Marittimo .....	42
	3.11 Impatti su Traffico Indotto a Terra .....	47
	3.12 Impatto Visivo .....	47
	3.13 Impatto su Indotto Economico.....	48
	3.14 Impatto su Attività Subacquee.....	49
<b>4</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>50</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 4 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## ACRONIMI

CO	Monossido di carbonio
CO <sub>2-eq</sub>	Biossido di Carbonio equivalenti (unità di misura)
COV	Composti Organici Volatili
D.Lgs	Decreto Legislativo
DSV	Diving Support Vessel
EER	Elenco Europeo Rifiuti
IFC	International finance corporation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISPRA	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale
MATTM	Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
MBAC	Ministero dei Beni e delle Attività Culturali
MDO	Marine Diesel Oil
MISE	Ministero dello Sviluppo Economico
NO <sub>x</sub>	Ossidi di azoto
OSPAR	Oslo and Paris Conventions
pH	Potenziale di idrogeno (grandezza fisica)
PM <sub>10</sub>	Particulate Matter ≤ 10 μm
PM <sub>2,5</sub>	Particulate Matter ≤ 2,5 μm
ppm	Parti per milione
PTS	Permanent Threshold Shift - valore soglia di rumore capace di originare perdita permanente di sensibilità uditiva
ROV	Remotely operated veichle
SO <sub>x</sub>	Ossidi di zolfo
SQA	Standard qualità ambientali
SSC	Concentrazione di sedimento sospeso
TTS	(Temporary Threshold Shift) - valore soglia di rumore capace di originare perdita temporanea di sensibilità uditiva

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 5 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'Allegato 3 allo "Studio di Valutazione Comparativa degli impatti ambientali e socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1".

Scopo dell'Allegato 3 è quello di identificare i potenziali impatti sulle componenti ambientali e socio-economiche derivanti dalle operazioni di dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1, che costituiranno la base di analisi per la comparazione degli scenari di dismissione oggetto di valutazione.

## 2 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI DISMISSIONE

Il presente capitolo riporta una descrizione di carattere generale delle strutture attualmente presenti nell'area prospiciente la Piattaforma Fabrizia 1 e in particolare delle condotte sottomarine ad essa connesse che sono state oggetto dello studio di Valutazione Comparativa.

La piattaforma Fabrizia 1 è situata nel Mare Adriatico, a circa 12 km dalla costa dalla costa marchigiana di Cupra Marittima, in un fondale di 22 m di profondità e alle seguenti coordinate geografiche:

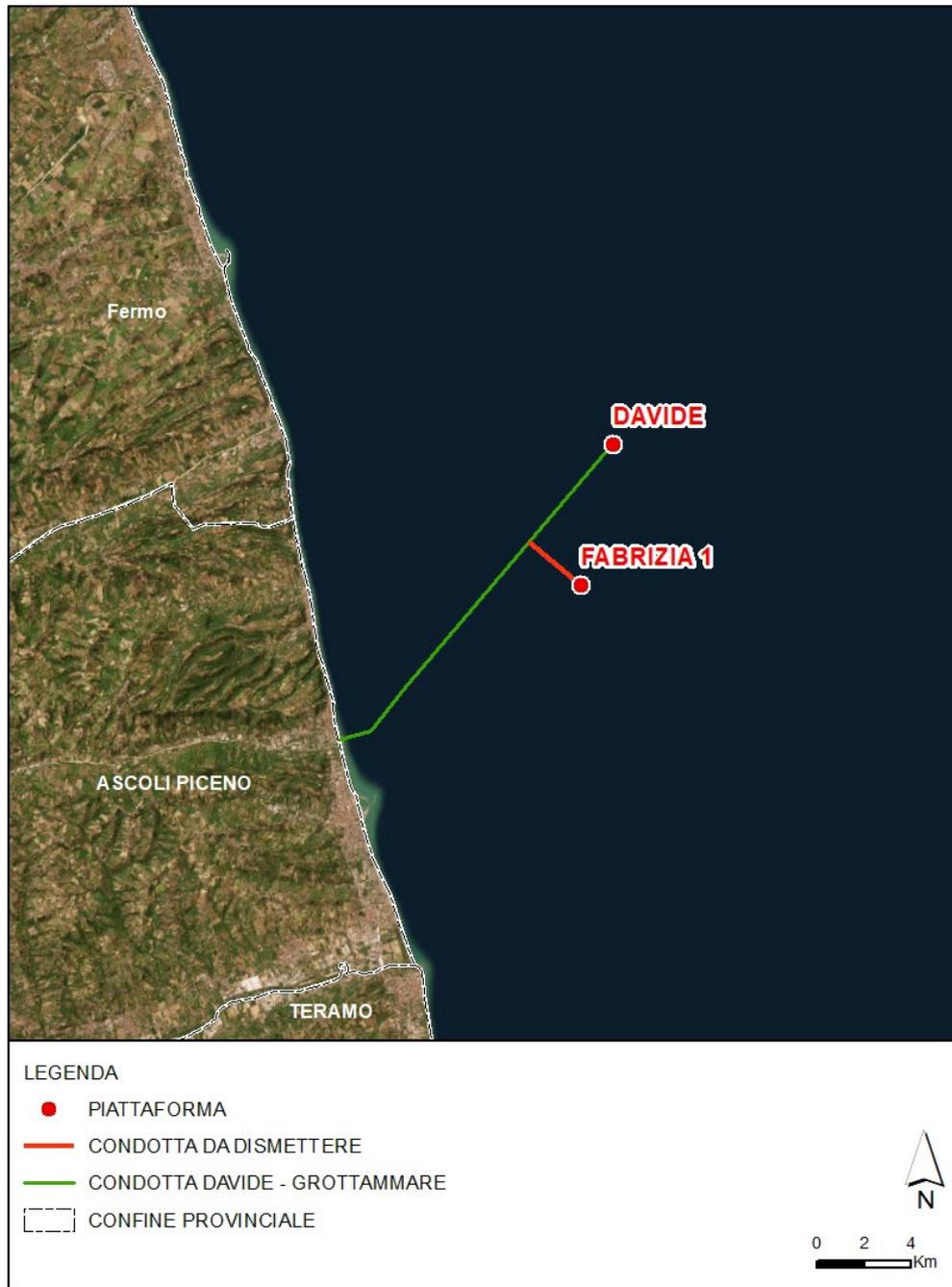
- Latitudine: 43° 02' 26.525" N;
- Longitudine: 14° 00' 04.596" E.

La piattaforma Fabrizia 1 è di tipo monotubolare ed è collegata alla "Linea Centrale di raccolta e trattamento Grottammare – Davide" da una linea composta da due condotte:

- una linea da 2" per l'acqua;
- una linea da 4" per il gas.

In Figura 2.1 è riportata l'ubicazione della piattaforma Fabrizia 1 e delle condotte in oggetto di analisi comparativa.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	6 di 51



**Figura 2.1 Ubicazione della piattaforma Fabrizia 1 e delle condotte**

## 2.1 Caratteristiche tecniche delle Condotte

Nella Tabella 2.1 e Tabella 2.2 sono riportati i dati di caratterizzazione tecnica delle condotte sottomarine che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto (*tie-in*) con la linea Davide - Centrale di Grottammare:

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	7 di 51

**Tabella 2.1 Caratteristiche tecniche delle condotte**

Pipelines Data							
No.	Description	Wall Thickness	Design Pressure	Material	Date of Installation	Fluid	Outside Diameter
1	Fabrizia 1 - Tie-In Davide Grottammare	6.4 mm	130 bara	API 5L-X52	1988	Water	2"
2	Fabrizia 1 - Tie-In Davide Grottammare	7.1 mm	130 bara	API 5L-X52	1988	Gas	4"

**Tabella 2.2 Caratteristiche del rivestimento esterno delle condotte**

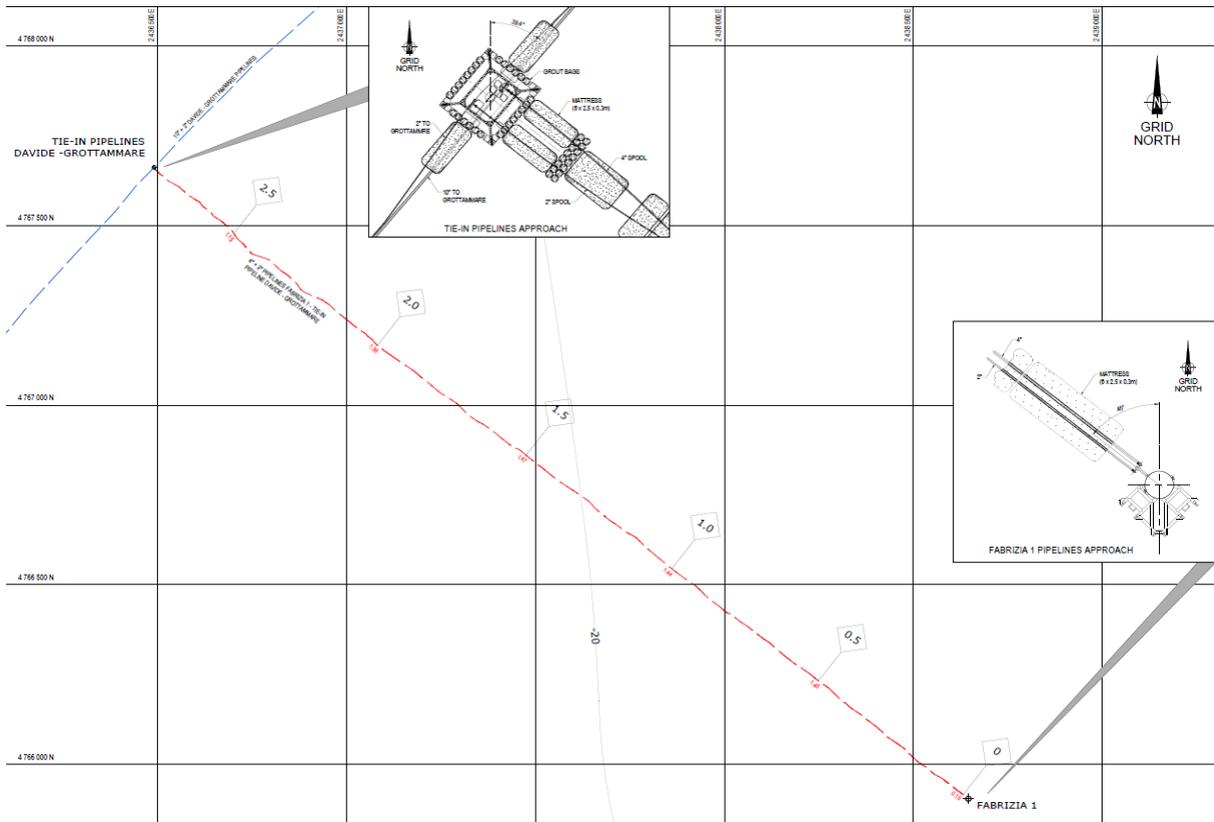
Pipelines Data							
No.	Description	Anticorrosion Coating		Weight Coating		Fluid	Outside Diameter
		Typology	Thickness	Material	Thickness		
1	Fabrizia 1 - Tie-In Davide Grottammare	Polyurethane tar	3 mm	none	-	Water	2"
2	Fabrizia 1 - Tie-In Davide Grottammare	Polyurethane tar	3 mm	none	-	Gas	4"

In Tabella 2.3 sono riportate le coordinate geografiche dei vertici estremi delle condotte che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare.

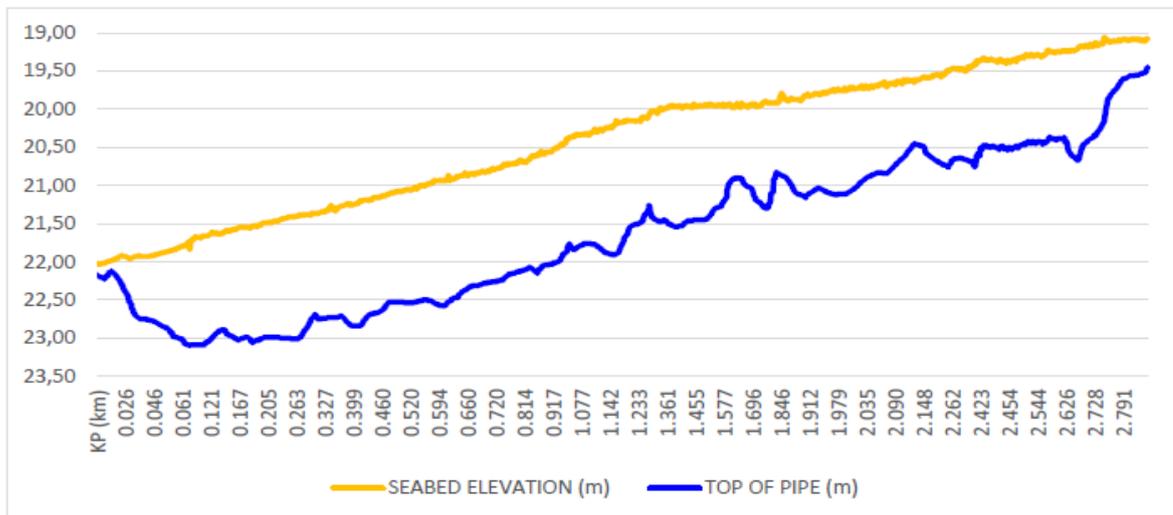
**Tabella 2.3 Coordinate dei punti di partenza e di arrivo delle condotte**

Tracciato	Latitudine	Longitudine
Punto di partenza	43° 02' 26.525" N	14° 00' 04.596" E
Punto di arrivo	43° 03' 22.613" N	13° 58' 28.443" E

In Figura 2.2 è riportato il percorso (in pianta) delle condotte di collegamento tra la piattaforma Fabrizia 1 e la Centrale di Grottammare, mentre in Figura 2.3 è riportato il profilo di interrimento delle stesse.



**Figura 2.2 Rotta condotte sottomarine Fabrizia 1 – Tie In Davide Grottammare**

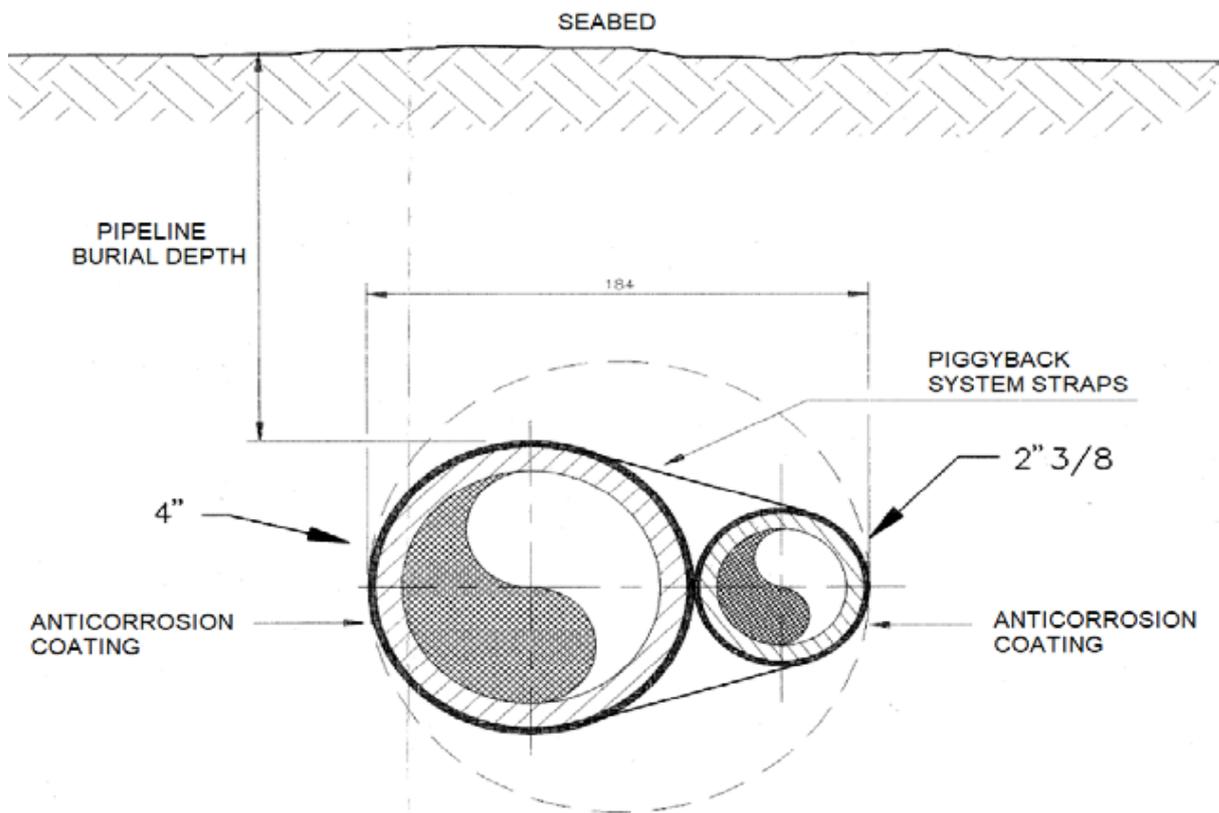


**Figura 2.3 Profilo di interrimento delle condotte di collegamento tra la piattaforma Fabrizia 1 e l'innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare**

Le condotte sono assicurate tra loro mediante fascettatura d'acciaio e sono protette esternamente con un rivestimento in poliuretano catrame. Un sistema di protezione delle condotte aggiuntivo è costituito dagli anodi sacrificali di tipo a bracciale, applicati all'esterno delle tubazioni e collegati alla parete metallica dei tubi.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	9 di 51

Come rilevato da un monitoraggio effettuato nel periodo compreso tra il 19 e il 20 maggio 2020 [1], le condotte che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare risultano interrato per tutta la lunghezza rilevata. Il valore medio di interro è pari a 1,26 m, mentre il minimo e il massimo sono rispettivamente a 0,14 m (al KP 0,01) e 1,75 m (al KP 1,16).



**Figura 2.4 Profilo delle condotte in oggetto di analisi comparativa**

Lungo la rotta non vi sono incroci con infrastrutture esistenti.

## 2.2 Lavori preparatori alla Dismissione delle Condotte

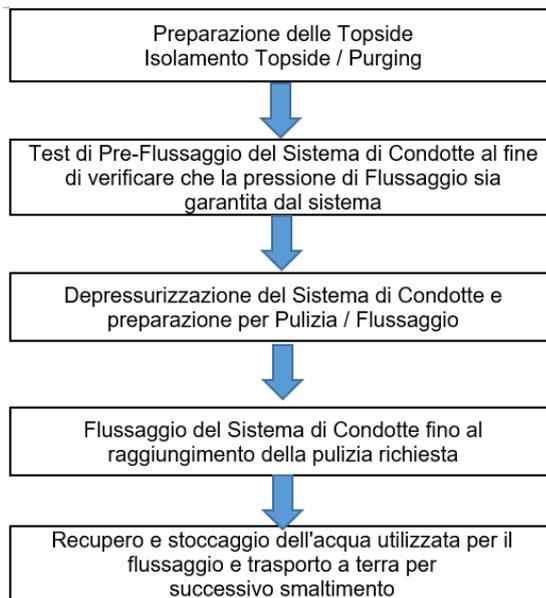
I lavori preparatori alla dismissione delle condotte verranno eseguiti contestualmente alla rimozione della piattaforma Fabrizia 1 e saranno condotti a prescindere dallo scenario di dismissione.

Tali attività includono:

- La pulizia delle condotte;
- La rimozione degli spool.

La pulizia delle condotte verrà effettuata in entrambi gli scenari di dismissione considerati e dettagliati successivamente secondo le modalità riportate in Figura 2.5.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	10 di 51



**Figura 2.5 Sequenza delle Operazioni**

Relativamente ai requisiti di pulizia accettabile, in assenza riferimenti specifici si farà riferimento alla normativa sullo scarico delle acque di produzione a mare per identificare il target di pulizia (concentrazione di idrocarburo inferiore a 40 ppm [19][20][21]) sotto i quali considerare l'attività di pulizia delle condotte come conclusa.

### 2.3 Scenari di Dismissione

È previsto che la piattaforma Fabrizia 1, alla quale si collegano le condotte oggetto di valutazione venga rimossa a valle del flussaggio delle condotte e della rimozione degli spool (Paragrafo 2.2).

Relativamente alle condotte, gli scenari di dismissione considerati all'interno del presente studio di valutazione comparativa sono presentati di seguito:

- Scenario A: dismissione in sito delle condotte;
- Scenario B: rimozione delle condotte.

e sono descritti in dettaglio nei successivi Paragrafi 2.3.1 e 2.3.2.

#### 2.3.1 Scenario A - Dismissione in sito delle condotte

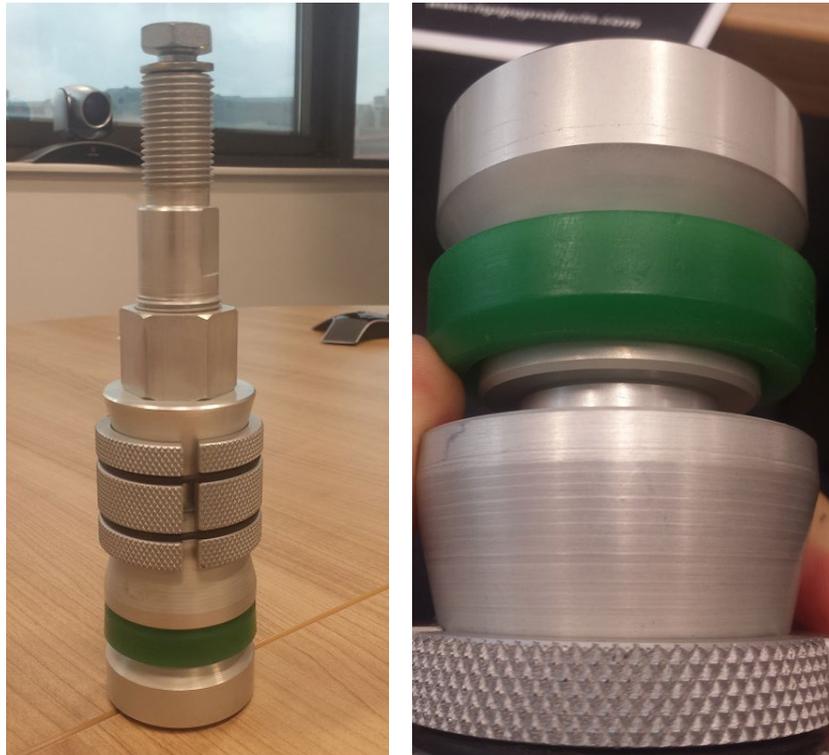
Lo Scenario A "Dismissione in sito delle condotte" non prevede alcuna attività, in quanto, prima della rimozione della piattaforma Fabrizia 1, le condotte verranno pulite previo flussaggio, e saranno scollegate all'estremità e tappate, al fine di isolarle dall'ambiente marino.

L'isolamento delle condotte sarà effettuato mediante tappi meccanici di chiusura che verranno installati da un sommozzatore oppure tramite Remotely Operated Vehicle (ROV). A seguito della

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 11 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

chiusura tramite tappo, le parti estreme delle condotte verranno portate allo stesso livello di interro dei tratti adiacenti.

In Figura 2.6 si riporta un esempio di tappi di chiusura.



*Figura 2.6 Tappo di chiusura, vista d'insieme (a sinistra) e dettaglio (a destra)*

### 2.3.2 Scenario B - Rimozione delle Condotte

Lo Scenario B "Rimozione delle condotte" prevede l'impiego dei seguenti mezzi navali:

- N. 1 Diving Support Vessel (DSV), alimentato a motore diesel con un consumo di circa 15 t/giorno.
- N. 2 rimorchiatori da traino (Towing Tug), alimentati a motore diesel con un consumo di circa 10 t/giorno.
- N. 1 bettolina di supporto (Cargo Barge) non motorizzata, che verrà trainata dai Towig Tug.

Tabella 2.4 sono elencate le principali caratteristiche tecniche dei mezzi utilizzati.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	12 di 51

**Tabella 2.4 Mezzi navali motorizzati impiegati nelle operazioni di dismissione**

Type	<b>Diving Support Vessel - DSV</b>	
Motore	Diesel	
Consumo	15 t/day	
PoB	50	
GT	4641 t	
Larghezza	19.7 m	
Lunghezza	93.3 m	
Potenza	10384 kW	
Type	<b>Towing Tug</b>	
Motore	Diesel	
Consumo	10 t/day	
PoB	10	
GT	463 t	
Larghezza	5.1 m	
Lunghezza	32 m	
Potenza	4200 kW	
Quantità	n. 2	

La metodologia di rimozione identificata è detta “cut and lift” (ovvero taglio e sollevamento) e prevede, in sequenza, le seguenti operazioni:

- Disinterro della linea (da effettuarsi tramite opportuno “jetting tool” oppure “trenching tool” al fine di scoprire la pipeline e rendere possibile le successive operazioni di taglio da parte dei sommozzatori.
- Taglio delle condotte in sezioni della lunghezza di 24 metri circa tramite strumenti di taglio sottomarini (filo diamantato o cesoie idrauliche) manovrati da sommozzatori e/o ROV, o direttamente dalla nave.
- Rimozione delle sezioni delle condotte tramite sollevamento da parte di una gru e successivo appoggio sullo stesso mezzo di supporto o sulla bettolina di trasporto per il trasporto a terra. Tali operazioni di sollevamento sono assistite da sommozzatori e prevedono l'utilizzo di singolo gancio e di imbragature a strozzo per avvolgere e il fascio di condotte. L'utilizzo di una barra di sollevamento può essere necessario per ridurre le sollecitazioni o per facilitare le operazioni di sollevamento.
- Riempimento della trincea precedentemente scavata tramite aratro con rideposizione del materiale provvisoriamente depositato sui lati della trincea stessa.

In Tabella 2.5 è riportata la stima del volume scavato, assumendo una profondità media di interro pari a 1,26 m, una pendenza della trincea di 45° e una larghezza del fondo della trincea pari a 1 metro.

**Tabella 2.5 Stima dei Quantitativi Rimossi**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	13 di 51

Infrastruttura	Numero di tagli	Lunghezza condotta da rimuovere [m]	Volume di scavo stimato [m <sup>3</sup> ]
Condotte sottomarine	119	2863	15000

### 2.3.2.1 Attività di Dismissione a Terra (Area Portuale)

Nello Scenario B, una volta rimosse e caricate sulla bettolina, le sezioni delle condotte saranno portate a terra, in un'area all'interno del porto di Ravenna, dove saranno eseguite le seguenti operazioni di smantellamento, che includono:

- Rimozione del rivestimento plastico delle condotte (tramite abrasione o sabbiatura).
- Taglio delle sezioni delle condotte in pezzature più piccole, adeguate al trasporto a terra.
- Suddivisione dei materiali per tipologia di rifiuto (metallo o rivestimento plastico) per conferimento presso impianti autorizzati di smaltimento e/o riciclo.

Le operazioni di scarico e smantellamento delle condotte che verranno effettuate nell'area portuale prevedono l'impiego dei seguenti mezzi:

- 1 forklift alimentato con motore diesel, con un consumo di carburante pari a 46 l/h.
- 1 gru di terra alimentata con motore diesel, con consumo di carburante pari a 26,6 l/h.
- 1 generatore diesel, con consumo di carburante pari a 14 l/h.

Ai fini dello studio si prevede che le attività di cantiere presso l'area dedicata all'interno del Porto di Ravenna avranno una durata pari a circa 30 giorni.

### 2.3.2.2 Cronoprogramma delle Attività di Dismissione a Mare

In Tabella 2.6 sono riportate le tempistiche previste per l'esecuzione delle attività a mare per lo Scenario B. Per lo Scenario A di dismissione non è prevista alcuna attività. Come descritto nel Capitolo 2.2, le operazioni di pulizia delle condotte e di rimozione degli spool e dei materassi verranno eseguite in maniera analoga per entrambi gli scenari di dismissione, contestualmente alle operazioni di rimozione della piattaforma Fabrizia 1.

**Tabella 2.6 Cronoprogramma degli Scenari di Dismissione**

Scenario di dismissione	Mezzo Navale	Attività	Durata Attività
Scenario A	Nessun mezzo navale coinvolto	-	-
Scenario B	DSV	DSV Vessel Mobilisation	7 giorni
		DP trial and Field Entry	2 giorni

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 14 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Scenario di dismissione	Mezzo Navale	Attività	Durata Attività
		Pre-survey Fabrizia 1	2 giorni
		Open Trench Activity along pipeline route	9 giorni
		Cut & Lift 2" + 4" Gas Line (Combined Lift) activity	5 giorni
		Site Remediation (Backfilling Activity - Plough)	2 giorni
		As-left Survey / Post-decommissioning survey	1 giorno
		DSV Vessel Demob	1 giorno
	Towing tug (x 2)	Mob	7 giorni
		Operation	21 giorni
		Demob	1 giorno

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 15 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3 IDENTIFICAZIONE E STIMA DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E SOCIO-ECONOMICI E CONFRONTO ALTERNATIVE DI DISMISSIONE

Il presente Capitolo analizza i potenziali impatti prodotti dalle attività di dismissione delle condotte sottomarine di collegamento tra la piattaforma Fabrizia 1 con la linea Davide - Centrale di Grottammare, sulle componenti ambientali e socio-economiche considerate di rilevanza, per gli scenari di dismissione identificati (Scenario A “dismissione in sito delle condotte” e Scenario B: “rimozione delle condotte”).

Con *Decreto Ministeriale 15 febbraio 2019*, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 57 del 8 marzo 2019, sono state approvate le “Linee guida nazionali per la dismissione mineraria delle piattaforme per la coltivazione di idrocarburi in mare e delle infrastrutture connesse” del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali (MBAC). L'Art. 3 del Decreto Ministeriale definisce come ambito di applicazione delle linee guida “piattaforme e infrastrutture collegate a piattaforme”.

L'Allegato 2 al suddetto D.M. 15/02/2019, inoltre, richiede che *“Il progetto di rimozione di una piattaforma e delle infrastrutture connesse, anche se previsto per sole parti delle stesse secondo il progetto di riutilizzo di cui all'art. 8, comma 1, contiene almeno i seguenti dati:*

*[omissis] 1) descrizione dell'opzione di rimozione individuata, sulla base di un'analisi multicriterio decisionale, del metodo di rimozione selezionato e del programma di riutilizzo, riciclo e smaltimento dei rifiuti predisposto.”*

Al fine di procedere con lo studio di valutazione comparativa, sono dunque state identificate le possibili interferenze sulle componenti ambientali e socio-economiche legate alle attività di dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1:

- **Emissioni in atmosfera** sia di inquinanti atmosferici che di gas climalteranti, generate a mare dai mezzi navali impiegati nelle operazioni di dismissione e a terra dai mezzi pesanti impiegati per il trasporto dei rifiuti presso i centri di smaltimento o riciclo selezionati.
- **Movimentazione e risospensione dei sedimenti**, legate alle attività di rimozione e recupero dal fondale marino delle condotte.
- **Scarichi idrici in mare** dai mezzi navali (se previsti, prevalentemente scarichi reflui civili), con conseguente apporto di nutrienti e di sostanza organica.
- **Emissioni sonore** in ambiente subacqueo, generate dai mezzi navali in uso per le operazioni di dismissione ed emissioni sonore a terra generate all'interno dell'area cantiere dai macchinari atti alla movimentazione del carico proveniente dalle piattaforme e dai mezzi pesanti impiegati per il trasporto dei rifiuti.
- **Perdita di habitat naturale**, generato dagli interventi di rimozione delle condotte sul fondale marino.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 16 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

- **Produzione di rifiuti solidi** e necessario smaltimento.
- **Disturbo alle attività antropiche a mare, quali le attività di pesca e il traffico marittimo**, legato alla presenza dei mezzi navali nell'area di dismissione e alle movimentazioni per il trasporto di materiali e rifiuti da e verso il porto.
- **Disturbo alle attività antropiche di tipo economico e ricreativo a mare, quali l'attività di acquacoltura e l'attività subacquea** in corrispondenza dei relitti, per l'incremento dei livelli di concentrazione di solidi sospesi, generati dalla movimentazione di sedimenti.
- **Generazione di indotto economico** per la creazione di nuovi posti di lavoro.

Sulla base delle interferenze sopra elencate, le matrici ambientali e socio-economiche considerate nell'analisi dei potenziali impatti generati dalle attività di dismissione sono:

- **Atmosfera:** per questa componente è stata valutata la possibile alterazione della qualità dell'aria nella zona interessata dalle operazioni di dismissione, sia a mare che a terra. A supporto della valutazione degli impatti per tale componente è stato eseguito un modello di emissioni in atmosfera da mezzi navali e traffico a terra per lo Scenario B di rimozione delle condotte (si veda Appendice 1). Per lo Scenario A di dismissione in sito non sono previste emissioni di inquinanti in atmosfera, poiché non vi sarà impiego di mezzi navali o terrestri. Sono state inoltre valutate anche le emissioni totali di gas climalteranti.
- **Fondale marino:** per questa componente sono state prese in considerazione le possibili alterazioni morfologiche e chimico-fisiche sul sedimento marino. A supporto della valutazione degli impatti, per tale componente è stato eseguito un modello di risospensione dei sedimenti per lo Scenario B di rimozione delle condotte (si veda Appendice 2). Per lo Scenario A di dismissione in sito non sono previste attività e dunque alterazioni del fondale marino.
- **Ambiente idrico marino:** gli effetti sulla colonna d'acqua sono stati valutati in termini di potenziali variazioni delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque nella zona interessata dalle operazioni di dismissione. La valutazione è stata supportata da un modello di risospensione dei sedimenti per lo Scenario B di rimozione delle condotte, che ha analizzato le conseguenze in termini di concentrazione di solidi sospesi e torbidità delle acque, ed un modello di dispersione dei contaminanti adsorbiti al sedimento (si veda Appendice 2). Per lo Scenario A non sono previste movimentazioni di sedimenti.
- **Rumore:** per questa componente è stata valutata la possibile alterazione del clima acustico dell'area interessata dalle operazioni di dismissione a terra, con particolare riferimento alla movimentazione di mezzi su strada per lo smaltimento dei rifiuti. Si è inoltre analizzato il rumore sottomarino prodotto dai mezzi navali nell'area di dismissione offshore e le possibili interferenze sulla fauna marina. A supporto della valutazione degli impatti per tale componente è stato eseguito un modello di emissioni di rumore da mezzi navali e traffico a terra per lo Scenario B di rimozione delle condotte (si veda Appendice 3) mentre lo Scenario A di dismissione in sito non prevede impiego di mezzi navali o terrestri e dunque emissioni di rumore.
- **Fauna e habitat marino:** sono stati considerati i possibili effetti e disturbi sulla fauna marina e sugli habitat associati alla generazione di emissioni sonore prodotte dai mezzi navali (valutazione supportata da un modello di propagazione del rumore sottomarino per lo

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 17 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Scenario B di rimozione delle condotte, si veda Appendice 3). Per lo Scenario A di dismissione in sito non sono previste emissioni di rumore. Sono stati considerati inoltre i potenziali effetti prodotti dall'illuminazione notturna, dall'apporto di nutrienti da scarichi idrici e la possibile perdita di habitat dovuta a interventi sul fondale marino.

- Contesto socio-economico:** sono stati valutati i possibili effetti delle attività di dismissione sull'attività di pesca e acquacoltura, sul traffico marittimo e stradale, sulla gestione dei rifiuti e sulle attività subacquee presso eventuali relitti posti in prossimità dell'area di intervento, oltre alle attività al porto di Ravenna. È stato inoltre valutato l'impatto sull'indotto economico, in termini di livelli occupazionali prodotti.

I potenziali impatti sopra elencati sono stati valutati per ciascuno dei due scenari di dismissione ipotizzati, con lo scopo primario di individuare, laddove presenti, eventuali differenze in termini di significatività dell'impatto tra le due opzioni di dismissione.

### 3.1 Impatti sulla Componente Atmosfera

#### 3.1.1 Emissioni in Atmosfera da Mezzi Navali

I potenziali impatti sulla qualità dell'aria in ambiente marino sono attribuibili all'emissione di gas di scarico dai mezzi navali impiegati nelle attività di dismissione. Si considera che la flotta sia alimentata da motori alimentati da Marine Diesel Oil (MDO). Questo tipo di carburante rilascia come inquinanti atmosferici ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$ ), monossido di carbonio (CO), particolato atmosferico ( $\text{PM}_{10}$ ) e, in tracce, composti organici volatili (COV).

Le principali emissioni in atmosfera sono dovute alle emissioni di  $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{SO}_2$ , e  $\text{PM}_{10}$  dai mezzi navali (DSV e Towing Tugs) impiegati nelle attività di recupero delle condotte sottomarine. Il Cargo Barge (bettolina), in quanto non motorizzato, non genera emissioni.

Rispetto alle emissioni in atmosfera generate dai gas di scarico dei mezzi navali, le emissioni da generatori localizzati sulle navi risultano trascurabili. I mezzi navali coinvolti e la durata delle attività previsti per lo Scenario B di rimozione sono riportati al Paragrafo 2.3.2. Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte non prevede il coinvolgimento di mezzi navali e di conseguenza non prevede la generazione di alcuna emissione in atmosfera.

La valutazione degli impatti sulla componente atmosfera per l'ambiente marino è stata supportata da uno studio di dispersione in atmosfera degli inquinanti tramite modello CALMET/CALPUFF, il quale ha permesso la valutazione dell'effetto delle attività di dismissione a mare sulla qualità dell'aria, attraverso il confronto dei livelli di concentrazione di inquinanti generati dalle attività di dismissione con gli standard di qualità previsti dal D.Lgs. 155/2010. Lo studio modellistico è stato realizzato per lo Scenario B, che prevede l'utilizzo di mezzi navali, a differenza dello Scenario A che non prevede alcuna attività e pertanto nessuna emissione di inquinanti in atmosfera.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati relativi alle due alternative di dismissione in termini di stima delle emissioni in atmosfera da mezzi navali. Si rimanda all'Appendice 1 per una descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati dello studio modellistico.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	18 di 51

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

La Tabella 3.1 riporta i valori di concentrazione al suolo di inquinanti generati per ciascuno dei due scenari di dismissione oggetto di valutazione. Tali dati sono una sintesi dei risultati delle attività modellistiche descritte in Appendice 1.

**Tabella 3.1 Livelli di Concentrazione al Suolo di Inquinanti Atmosferici da Mezzi Navali**

Inquinante	Parametro / Periodo di mediazione	Scenario	Massimo di dominio [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Massimo valore in costa [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valori Limite definiti dal D.Lgs. 155/2010 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
SO <sub>2</sub>	1 ora (99.7° percentile su base oraria)	Scenario A	n.a.	n.a.	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 24 volte per anno civile)
		Scenario B	13,7	23,1	
	1 giorno (99.2° percentile su base giornaliera)	Scenario A	n.a.	n.a.	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 3 volte per anno civile)
		Scenario B	5,27	7,19	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	n.a.	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vegetazione)
		Scenario B	0,789	0,316	
NO <sub>2</sub>	1 ora (99.8° percentile su base oraria)	Scenario A	n.a.	n.a.	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
		Scenario B	466	818	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	n.a.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Scenario B	26,4	10,6	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vegetazione)
PM <sub>10</sub>	1 giorno (90.4° percentile su base giornaliera)	Scenario A	n.a.	n.a.	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 35 volte per anno civile)
		Scenario B	1,70	0,505	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	n.a.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Scenario B	0,440	0,176	
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	Scenario A	n.a.	n.a.	10 $\text{mg}/\text{m}^3$
		Scenario B	0,0282	0,0449	
<p><i>Nota:</i>  n.a.: Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede emissioni di inquinanti in atmosfera poiché non vi sarà impiego di mezzi navali.</p>					

Analizzando i dati riportati in Tabella 3.1 risulta che per lo Scenario B i livelli di concentrazione al suolo dei diversi inquinanti in prossimità delle aree di costa, dove sono presenti potenziali recettori umani, sono tutti ampiamente al di sotto dei valori limite per la salute umana, definiti dal D.Lgs. 155/2010 con eccezione dei valori degli NO<sub>2</sub>.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 19 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Infatti, le simulazioni modellistiche hanno mostrato dei superamenti del valore massimo - 400 µg/m<sup>3</sup> definito dal D. Lgs 155/2010 e del massimo orario – 200 µg/m<sup>3</sup> per cui sono ammessi 18 superamenti annuali. Si rimanda all'Appendice 1 per una descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati

Lo Scenario A di dismissione in sito, invece, non prevedendo l'impiego di alcun mezzo navale, non genererà emissioni in atmosfera.

### **3.1.2 Emissioni in Atmosfera da Mezzi a Terra**

Una volta recuperate a mare, le condotte sottomarine della piattaforma Fabrizia 1 verranno trasportate tramite una bettolina di supporto non motorizzata (Cargo Barge), trainata da 2 Towing Tug, al Porto di Ravenna. Qui verranno temporaneamente scaricate in un'apposita area in banchina e sottoposte a operazioni di lavaggio e taglio per poter essere poi conferite su camion per il trasporto a centri di smaltimento e/o riciclo opportunamente identificati.

I potenziali impatti sulla qualità dell'aria in ambiente terrestre sono attribuibili all'emissione di gas di scarico da mezzi pesanti (camion) impiegati nelle attività di trasporto dei rifiuti verso i centri di smaltimento e/o riciclo e ai mezzi adibiti alle operazioni di scarico e taglio delle condotte in banchina. Si considera l'impiego di mezzi pesanti di categoria Euro V o superiore alimentati a diesel. Questo tipo di carburante rilascia come inquinanti atmosferici ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>), monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e, in tracce, composti organici volatili (COV).

Per le operazioni di carico e scarico saranno utilizzati un forklift ed una gru di terra alimentati con motore diesel, oltre ad un generatore diesel. Il numero di movimentazioni di mezzi pesanti e la durata delle attività previsti per lo Scenario B di rimozione delle condotte sono riportati al Paragrafo 2.3.2.1.

La valutazione degli impatti sulla componente atmosfera per l'ambiente terrestre è stata supportata, per il solo Scenario B che prevede la rimozione delle condotte di dismissione oggetto di valutazione, da uno studio di dispersione in atmosfera degli inquinanti tramite modello CALMET/CALPUFF, il quale ha permesso la valutazione dell'effetto delle attività di dismissione a terra sulla qualità dell'aria, attraverso il confronto dei livelli di concentrazione di inquinanti generati con gli standard di qualità previsti dal D.Lgs. 155/2010. Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede nessuna attività e pertanto nessuna emissione di inquinanti in atmosfera.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati relativi alle due alternative di dismissione in termini di stima delle emissioni in atmosfera da mezzi di trasporto terrestre. Si rimanda all'Appendice 1 per una descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati dello studio modellistico.

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

La Tabella 3.2 riporta i valori di livello di concentrazione di inquinanti al suolo generati dai mezzi a terra per il trasporto dei rifiuti presso i centri di smaltimento identificati e dai mezzi adibiti alle operazioni di scarico e taglio delle condotte al porto, per ciascuno dei due scenari di dismissione

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	20 di 51

oggetto di valutazione. Tali dati sono una sintesi dei risultati delle attività modellistiche descritte in Appendice 1.

**Tabella 3.2 Livelli di Concentrazione al Suolo di Inquinanti Atmosferici da Mezzi a Terra**

Inquinante	Parametro / Periodo di mediazione	Scenario	Massimo di Dominio [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valori Limite definiti dal D.Lgs. 155/2010 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
SO <sub>2</sub>	1 ora (99.7° percentile su base oraria)	Scenario A	n.a.	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 24 volte per anno civile)
		Scenario B	1,89E-02	
	1 ora (99.2° percentile su base giornaliera)	Scenario A	n.a.	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 3 volte per anno civile)
		Scenario B	3,80E-03	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vegetazione)
		Scenario B	8,76E-04	
NO <sub>2</sub>	1 ora (99.8° percentile su base oraria)	Scenario A	n.a.	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
		Scenario B	101	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vegetazione)
		Scenario B	4,57	
PM <sub>10</sub>	1 giorno (90.4° percentile su base giornaliera)	Scenario A	n.a.	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare più di 35 volte per anno civile)
		Scenario B	6,12E-01	
	Anno civile	Scenario A	n.a.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Scenario B	2,77E-01	
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	Scenario A	n.a.	10 $\text{mg}/\text{m}^3$
		Scenario B	1,69E-02	
<p><i>Nota:</i>  n.a.: Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede emissioni di inquinanti in atmosfera poiché non vi sarà impiego di mezzi terrestri.</p>				

Dai dati riportati in Tabella 3.2 risulta che per lo Scenario B tutti i limiti normativi per la salute umana, definiti dal D.Lgs. 155/2010, sono pienamente rispettati, con i valori più elevati che si riscontrano nei pressi della banchina del porto di Ravenna, imputabili ai motori diesel dei mezzi impegnati nelle operazioni di pulizia e taglio delle condotte. Più trascurabile risulta essere il contributo degli scarichi dai camion che effettuano il trasporto su strada dei rifiuti verso i centri di smaltimento.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	21 di 51

### 3.2 Emissioni di CO<sub>2</sub> e Gas Climalteranti

Le emissioni di gas climalteranti sono state calcolate come tonnellate di CO<sub>2</sub>-eq<sup>1</sup> prodotte dai mezzi navali e dai mezzi a terra (camion per il trasporto dei rifiuti e mezzi operanti al porto), sulla base della tipologia di combustibile e i consumi previsti per ciascuno scenario di dismissione.

Per il calcolo dei quantitativi di combustibile utilizzati dai mezzi navali si è considerato l'utilizzo di Marine Diesel Oil (MDO). Sulla base della durata di ciascuno scenario di dismissione e della tipologia di mezzo navale impiegato e relativo consumo di combustibile, sono stati calcolati i consumi totali di combustibile per lo Scenario B di rimozione, mentre lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte non prevede nessuna attività e pertanto nessuna emissione di gas climalteranti (Tabella 3.3).

**Tabella 3.3 Consumi di Combustibile da Mezzi Navali**

Scenario di Dismissione	Mezzo Navale	N. Mezzi Navali	Consumo Combustibile (per mezzo navale) [t/giorno]	Durata Attività [giorni]	Totale Consumo Combustibile [t]
Scenario A	Nessun mezzo navale impiegato per l'attività di dismissione.	0	0	0	0
Scenario B	DSV	1	7,5 (mob+demob)	8	625
			15 (operation)	21	
	Towing Tug	2	5 (mob+demob)	8	
			10 (operation)	21	

Anche per i mezzi a terra impiegati per il trasporto dei rifiuti sono stati calcolati i consumi totali di combustibile, sulla base del numero di km percorsi dai camion verso i centri di smaltimento e/o riciclo rifiuti (Tabella 3.4). Si è ipotizzato l'utilizzo di una flotta di camion alimentati a Diesel Euro V o superiore, con un consumo medio di combustibile pari a 35 litri/100 km [2].

i

<sup>1</sup> Unità di misura che permette di pesare insieme emissioni di gas serra diversi con differenti effetti climalteranti. Ad esempio una tonnellata di metano che ha un potenziale climalterante 21 volte superiore rispetto alla CO<sub>2</sub>, viene contabilizzata come 21 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente. I potenziali climalteranti dei vari gas sono stati elaborati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (Fonte: Ministero dell'Ambiente).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	22 di 51

**Tabella 3.4 Consumi di Combustibile da Mezzi a Terra**

Destinazione Centro di smaltimento	Distanza percorsa per singolo trasporto (km)	Numero Trasporti	
		Scenario A	Scenario B
Materiali metallici	350	0	6
Materiali plastici	100	0	2
<b>Totale distanza percorsa (km)</b>		0	2.300
<b>Consumo totale combustibile (l)</b>		0	805

I mezzi impegnati al porto di Marina di Ravenna nelle operazioni di scarico e taglio delle condotte opereranno per una durata giornaliera pari a 12 ore, dalle 7.00 alle 19.00, con consumi medi ridotti al 50% dei consumi massimi:

- 1 forklift alimentato con motore diesel con consumo massimo di carburante pari a 46 l/h.
- 1 gru di terra alimentata con motore diesel con consumo massimo di carburante pari a 26,6 l/h.
- 1 generatore diesel (modello QES60, John Deere 4045HFG81) con consumo massimo di carburante pari 14 l/h.

### Confronto tra Scenari di Dismissione

La Tabella 3.5 riporta i valori di CO<sub>2</sub> equivalente in tonnellate emessi per ciascuno dei due scenari di dismissione oggetto di valutazione, sulla base dei consumi di combustibile per mezzi navali e mezzi a terra impiegati nelle attività di trasporto dei rifiuti verso i centri di smaltimento e/o riciclo e nelle operazioni di scarico e taglio delle condotte in banchina (Calcolo di CO<sub>2</sub>-eq basato su [3], [4], [5], [6], [7], [8]).

**Tabella 3.5 Ton di CO2 equivalente Prodotte**

	Scenario A	Scenario B
Ton CO <sub>2</sub> equivalente da mezzi navali	0	2.036,03
Ton CO <sub>2</sub> equivalente da mezzi a terra	0	2,20 (trasporto rifiuti) + 42,7 (mezzi al porto)
<b>Ton totali di CO<sub>2</sub> equivalente</b>	<b>0</b>	<b>2.080,931</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 23 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Come si evince dai risultati riportati in Tabella 3.5, per lo Scenario B le tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente emesse dall'utilizzo delle imbarcazioni sono di gran lunga maggiori rispetto ai quantitativi relativi all'utilizzo dei mezzi terrestri, ciò è dovuto al maggior consumo di combustibile dei mezzi navali rispetto ai camion e ai mezzi operanti al porto.

Non sono invece previste emissioni di gas climalteranti per lo Scenario A.

### 3.3 Impatti sulla Componente Fondale Marino

Le attività di dismissione delle condotte sottomarine della piattaforma Fabrizia 1 potrebbero alterare le caratteristiche geomorfologiche del fondale e le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti stessi. In particolare, è prevista la risospensione di sedimenti a seguito delle operazioni di dismissione delle strutture che comporranno:

- La risospensione della frazione fine di sedimento nella colonna d'acqua (solidi sospesi);
- Il deposito di sedimenti fini sul fondale marino;
- La sedimentazione della frazione sabbiosa vicino al punto di rimozione (poco significativa dal punto di vista dell'impatto ambientale rispetto alla sedimentazione della frazione fine).

La movimentazione dei sedimenti dello strato superficiale del fondale marino potrà indurre un disturbo e una risospensione di sedimenti e dei possibili composti associati, quali sostanze nutritive o contaminanti eventualmente presenti. Ciò potrebbe portare ad un incremento dei livelli di torbidità e di concentrazione dei composti nella colonna d'acqua. I sedimenti sospesi dopo un certo tempo si ridepositano altrove. Alcuni tipi di sedimento hanno una generale tendenza alla sospensione per via della loro fine granulometria. La risospensione e dispersione dei sedimenti è meno marcata nelle aree a fondo sabbioso.

Al fine di valutare gli effetti della rimozione delle strutture dal fondale e della risospensione di sedimenti legati a movimentazione del fondale, si è proceduto alla realizzazione di uno studio modellistico di dispersione dei sedimenti per ciascuno degli scenari di dismissione. La produzione di sedimenti sospesi (solidi sospesi) durante le attività di rimozione delle strutture è stata simulata, per lo scenario B di rimozione delle condotte, attraverso il modello 3D MIKE. Le simulazioni dei campi idrodinamici sono state condotte per due finestre temporali rappresentative delle condizioni di corrente, temperatura e salinità, considerando la natura del materiale dragato (semestre estivo e semestre invernale) e basandosi su assunzioni in merito a velocità e localizzazione delle attività di rimozione. Si rimanda all'Appendice 2 per una descrizione di dettaglio dello studio modellistico e dei risultati.

Di seguito si riportano i risultati più rilevanti di tale studio, in termini di confronto tra concentrazioni di solidi sospesi per le due opzioni di dismissione. La dismissione in sito delle condotte (Scenario A) non comporta interazione con il fondale marino in termini di movimentazione di sedimenti e di risospensione degli stessi.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	24 di 51

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

In Tabella 3.6 sono la stima delle volumetrie di sedimento movimentato per i due scenari di dismissione.

**Tabella 3.6 Volumi di Sedimento Movimentato per Rimozione Strutture**

	Scenario A	Scenario B
Volume totale di sedimento movimentato (m <sup>3</sup> )	0	15.000

Per lo Scenario B di rimozione delle condotte sono state calcolate le concentrazioni di solidi sospesi nella colonna d'acqua, potenzialmente responsabili di un aumento della torbidità delle acque attraverso uno studio modellistico di dispersione dei sedimenti in ambiente marino (si veda Appendice 2).

Le Tabelle (Tabella 3.7 e Tabella 3.8) riportano i volumi di colonna d'acqua interessati da concentrazione di sedimento sospeso (SSC) rispettivamente > 100 mg/l, > 50 mg/l, > 25 mg/l e > 10 mg/l, per i due periodi meteomarini rappresentativi.

**Tabella 3.7 Volume di Solidi Sospesi prodotto da Movimentazione di Sedimento (Semestre Invernale)**

	Scenario A	Scenario B
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 10mg/l	0	22.683.930
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 25mg/l	0	5.086.890
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 50mg/l	0	1.925.415
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 100mg/l	0	927.884

**Tabella 3.8 Volume di Solidi Sospesi prodotto da Movimentazione di Sedimento (Semestre Estivo)**

	Scenario A	Scenario B
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 10mg/l	0	18.755.268
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 25mg/l	0	5.391.148
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 50mg/l	0	2.007.084
Volume (m <sup>3</sup> ) layer di fondo con concentrazioni solidi sospesi > 100mg/l	0	877.499

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	25 di 51

### 3.4 Impatti sulle Caratteristiche Chimico-Fisiche delle Acque

#### 3.4.1 Rilascio di Scarichi Idrici da Mezzi Navali

Durante le attività di dismissione, i soli scarichi idrici a mare saranno:

- Scarichi di reflui civili da parte dei mezzi navali di supporto alle operazioni che prevedono la presenza di personale a bordo (scarichi dei lavandini, WC e docce, cambusa);
- Scarichi delle acque di zavorra e di sentina, potenzialmente contenenti tracce di idrocarburi.

Tali flussi possono introdurre piccole quantità di sostanze nutritive e materiale organico nelle acque aperte superficiali con buona ossigenazione e rimescolamento. Le acque grigie (provenienti da docce, bagni, lavabi e cucina) sono sottoposte a disinfezione e trattamento prima dello smaltimento fuori bordo. Tutti gli scarichi a mare saranno gestiti in conformità alla Legge 662/80 e Legge 438/82 e s.m.i., che recepiscono l'Allegato IV della Convenzione Marpol 73/78, per ridurre l'impatto sulla qualità delle acque.

I sistemi di drenaggio raccoglieranno le acque provenienti dalle aree di lavaggio e di deposito. Insieme alle acque di sentina, queste confluiranno in un sistema di raccolta in cui l'effluente sarà trattato per essere poi scaricato in acqua con meno di 15 ppm di sostanza oleosa (conformemente all'Allegato I di MARPOL).

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte sottomarine non prevede il coinvolgimento di mezzi navali e quindi scarichi reflui a mare.

Per lo Scenario B di rimozione, i dati di letteratura [9] riportano una produzione di circa 150 litri/giorno di scarichi di reflui civili (es. scarichi dei lavandini, WC e docce) per ciascuna persona a bordo. In Tabella 3.9 sono riportati i quantitativi di scarichi di acque grigie previsti per ciascuno scenario di dismissione, sulla base del numero di persone a bordo dei mezzi navali impiegati, e della durata delle attività di dismissione.

**Tabella 3.9 Scarichi Reflui prodotti da Mezzi Navali**

Scenario	Mezzo navale	Numero mezzi	Persone a bordo	Durata [giorni]	Acque grigie prodotte [litri]
Scenario A	n.a.	0	0	0	0
Scenario B	DSV	1	50	29	304.500
	Towing Tug	2	10	29	
	Cargo barge	1	0	29	

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 26 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3.4.2 Rilascio di Contaminanti e Sostanze Nutritive da Movimentazione Sedimenti

Eventuali contaminanti (come cadmio, mercurio, piombo, zinco, rame, arsenico, cromo, nickel) presenti nei sedimenti marini, potrebbero disperdersi nella colonna d'acqua a seguito della movimentazione di tali sedimenti. Non si hanno al momento informazioni sulla presenza di contaminanti nei sedimenti dell'area delle condotte della piattaforma Fabrizia 1.

L'eventuale rilascio di sostanze nutritive come l'azoto e il fosforo, contestualmente alla risospensione e alla dispersione dei sedimenti, potrebbe stimolare la produzione di fitoplancton qualora tali sostanze raggiungessero la zona fotica (aumentando così di conseguenza il livello di biomassa). L'incremento della produzione primaria dovuto alle sostanze nutritive rilasciate potrebbe anche contribuire, potenzialmente, al consumo di ossigeno per degrado di materia organica. Il rilascio di composti che consumano ossigeno potrebbero aggravare potenziali situazioni localizzate di carenza di ossigeno sul fondo marino. La valutazione è stata supportata da un modello di dispersione dei contaminanti adesi al sedimento per lo Scenario B di rimozione delle condotte (lo Scenario A non comporta interazione con il fondale marino in termini di movimentazione di sedimenti e di risospensione).

Di seguito si riportano i risultati più rilevanti dello studio di dispersione dei contaminanti, in termini di confronto tra concentrazioni di contaminanti per le due opzioni di dismissione.

#### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Sulla base dei volumi di sedimento movimentato e delle concentrazioni di inquinanti nei sedimenti, attraverso uno studio modellistico di dispersione dei contaminanti in ambiente offshore (si veda Appendice 2) sono stati calcolati, per il solo Scenario B di rimozione, i volumi di colonna d'acqua interessati da una concentrazione di contaminante superiore al riferimento normativo di Standard Qualità Ambientali (SQA), per i due periodi meteomarinari rappresentativi (Tabella 3.10 e Tabella 3.11).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	27 di 51

**Tabella 3.10 Volume di Colonna d'Acqua Impattato dai Contaminanti (Semestre Invernale)**

	Scenario A	Scenario B
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Arsenico > 0,005 mg/l	0	390.755
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Benzene > 0,05 mg/l	0	-
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Cadmio > 0,0015 mg/l	0	136.035
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Cromo > 0,004 mg/l	0	2.179.237
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Mercurio > 0,00007 mg/l	0	224.616
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Nichel > 0,034 mg/l	0	242.796
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Piombo > 0,014 mg/l	0	211.874
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Toluene > 0,001 mg/l	0	-
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Xileni > 0,003 mg/l	0	-

**Tabella 3.11 Volume di Colonna d'Acqua Impattato dai Contaminanti (Semestre Estivo)**

	Scenario A	Scenario B
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Arsenico > 0,005 mg/l	0	422.391
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Benzene > 0,05 mg/l	0	-
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Cadmio > 0,0015 mg/l	0	1.334
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Cromo > 0,004 mg/l	0	2.314.992
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Mercurio > 0,00007 mg/l	0	287.186
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Nichel > 0,034 mg/l	0	301.154
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Piombo > 0,014 mg/l	0	227.557
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Toluene > 0,001 mg/l	0	-
Volume (m <sup>3</sup> ) con concentrazione di Xileni > 0,003 mg/l	0	-

Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte sottomarine non prevede il coinvolgimento di mezzi navali e quindi dispersione di contaminanti dai sedimenti movimentati.

Nello Scenario B i contaminanti risospesi con il sedimento durante le operazioni di dragaggio, rimangono confinati negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie. I valori di concentrazione dei contaminanti sono stati analizzati in

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 28 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

relazione agli indicatori della normativa vigente, D. Lgs. 172 del 13 Ottobre 2015 “Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque”. L’Appendice 2 riporta i dettagli dello studio modellistico dai quali è possibile identificare le aree dove sarebbero superati gli standard di qualità ambientale.

### **3.4.3 Rilascio di Metalli da Deterioramento delle Strutture**

Le condotte dismesse potrebbero nel tempo essere soggette a deterioramento, che potrebbe portare a:

- Rilascio in acqua di metalli, legati alla presenza di anodi sacrificali anti-corrosione applicati lungo le strutture interrato.
- Dispersione di materiale di corrosione (ossidi di ferro) derivante dal deterioramento delle strutture in acciaio.

Il grado di corrosione delle condotte a mare dipende da vari fattori ambientali, quali pressione idrostatica, temperatura, pH, salinità e correnti marine.

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Come descritto nel Paragrafo 2.1 le condotte oggetto di valutazione sono completamente interrato, ad una profondità media di 1,26 m. Inoltre, dopo le attività di flussaggio, le estremità delle condotte saranno tappate prima della dismissione in sito (Scenario A), pertanto si escludono impatti significativi a lungo termine dovuti al rilascio di eventuali metalli dalla loro corrosione. La potenziale generazione di ossidi di ferro derivante dal deterioramento delle strutture in acciaio non è comunque ritenuta dannosa per l’ambiente marino. Inoltre, il potenziale rilascio in acqua di metalli, legati alla presenza di anodi sacrificali anti-corrosione si ritiene trascurabile essendo tali strutture al termine della vita utile e quindi i relativi anodi risulteranno sostanzialmente integralmente consumati e non in grado quindi di rilasciare metalli.

Le condotte sono rivestite da uno strato di poliuretano, che consente la protezione passiva delle stesse grazie alla sua maggiore resistenza alla corrosione. Tale rivestimento è caratterizzato da un’alta resistenza alla degradazione da parte di acqua, oli e solventi e all’abrasione. In caso di degradazione superficiale nel tempo dei rivestimenti in poliuretano, nonostante l’origine xenobiotica di questo materiale, eventuali frammenti rilasciati in acqua sono soggetti a biodegradazione ad opera di microrganismi naturali [10].

Uno studio condotto nel 2020 ha investigato le caratteristiche fisiche e di resistenza del poliuretano usato nella stabilizzazione di fondali argillosi marini, in condizioni ambientali relativamente assimilabili al contesto della dismissione in oggetto, confermandone le qualità sopra elencate, oltre che le caratteristiche di sostanza compatibile con l’ambiente (non tossicità e biodegradabilità) [11].

È da considerare anche che nel caso in cui lo strato di poliuretano esterno presenti delle crepe da deterioramento, l’ambiente alcalino prodotto dalla protezione catodica causa la precipitazione di

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 29 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

depositi calcarei (principalmente carbonato di magnesio) all'interno dei "buchi", andando quindi a creare un effetto di isolamento del metallo dall'ambiente acquoso e impedendo l'ulteriore diffusione di materiale da corrosione [12].

Le considerazioni precedentemente riportate non sono valide per lo Scenario B, che prevede la completa rimozione delle condotte.

### 3.5 Impatti sul Clima Acustico

#### 3.5.1 Emissioni di Rumore Sottomarino da Mezzi Navali

Durante le attività di dismissione verranno generate emissioni di rumore sottomarino dai motori e sistemi di posizionamento dei mezzi navali impiegati. Tali emissioni, seppur assimilabili alle emissioni generate dal traffico navale già presente nell'Adriatico settentrionale, possono contribuire ad un incremento della rumorosità di fondo e, potenzialmente, generare un disturbo alla fauna marina, in particolare ai mammiferi marini:

- L'effetto di mascheratura si verifica quando un rumore indesiderato interferisce con la capacità di un animale marino di elaborare un suono di suo interesse. Ciò desta particolare preoccupazione quando il rumore interferente occupa frequenze simili a quelle dei suoni biologicamente importanti, come i richiami per l'accoppiamento. Ad esempio, la stenella striata comunica emettendo suoni ad alta frequenza che non coincidono con le fonti sonore delle attività di costruzione offshore; soltanto la balenottera comune, la cui presenza è molto rara, potrebbe subire una sorta di effetto di mascheratura dovuto a tali attività; in ogni caso, tale mascheratura non sarebbe diversa da quella procurata dal rumore del traffico marittimo già insistente nell'area.
- Fra i cambiamenti comportamentali rientra la quantità ridotta di tempo trascorso in superficie e l'allontanamento dal suono interferente; tali cambiamenti sono potenzialmente significativi solo nel caso di aree di migrazione, riproduzione o alimentazione preferenziale. Nessuna di queste circostanze ha rilevanza per l'area di mar Adriatico interessata e le evidenze comportamentali sui delfini, correlate alla circolazione navale, non hanno portato a conclusioni di alcun tipo.
- L'esposizione ai suoni potrebbe causare l'innalzamento o lo spostamento delle soglie uditive nei mammiferi marini. Se la soglia uditiva torna a un livello basale, il fenomeno è noto come perdita uditiva temporanea (*Temporary Hearing Loss - THL*). Se un mammifero marino venisse esposto a spostamenti ripetuti di tale soglia, ciò potrebbe risultare in una perdita uditiva permanente (*Permanent Hearing Loss - PHL*). La perdita dell'udito dipende dall'intensità, dalla frequenza e dalla durata di un suono. Considerata la tipologia di mezzi navali impiegati, nessuno di questi effetti è stato segnalato in letteratura in relazione a questo tipo di fonti.
- Si è ipotizzato che i danni tessutali e i successivi arenamenti si verifichino quando la risonanza dei rumori forti causa una vibrazione a frequenze molto elevate degli organi contenenti aria o liquidi. Questo effetto sui mammiferi marini è stato segnalato solo in associazione a suoni con impulsi ad alta intensità come gli ecoscandagli militari e le

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	30 di 51

detonazioni sottomarine e mai in relazione al traffico navale o alle attività di dismissione sottomarine.

Al fine di caratterizzare le emissioni di rumore sottomarino e i possibili impatti generati, è stato eseguito uno studio modellistico di dispersione del rumore sottomarino sulla base dei mezzi navali impiegati. Lo studio modellistico è stato realizzato per lo Scenario B, che prevede la rimozione delle condotte di dismissione oggetto di valutazione. Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede nessuna attività e pertanto nessuna emissione di rumore sottomarino.

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni di dispersione del rumore per lo scenario di rimozione (Scenario B). Si rimanda all'Appendice 3 per i dettagli dello studio modellistico.

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Sulla base di quanto stabilito dalle *Linee Guida ISPRA per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne (2011)* sono state individuate 3 soglie per l'analisi di possibili danni ai mammiferi marini (2 gruppi funzionali: cetacei a bassa frequenza, cetacei a media frequenza) (Tabella 3.12):

- *Soglia comportamentale*: valore soglia di rumore capace di originare le prime significative risposte comportamentali (quali ad esempio allontanamento dall'area e antagonismo verso altri animali).
- *TTS – Temporary Threshold Shift*: valore soglia di rumore capace di originare perdita temporanea di sensibilità uditiva.
- *PTS – Permanent Threshold Shift*: valore soglia di rumore capace di originare perdita permanente di sensibilità uditiva.

**Tabella 3.12 Valori Soglia per Rumori Non Impulsivi (ISPRA, 2011)**

Gruppo funzionale	Larghezza di banda uditiva stimata [Hz]	Soglia comportamentale [dB re: 1 µPa]	TTS [dB re: 1 µPa]	PTS [dB re: 1 µPa]
Cetacei a bassa frequenza	7 – 22000	100	224	230
Cetacei a media frequenza	150 – 160000	110	224	230

Per lo Scenario B di rimozione è stata calcolata la distanza dalle sorgenti di rumore (mezzi navali) alla quale vengono raggiunte le 3 soglie di rumore analizzate, in direzione della costa e verso il largo, per la stagione invernale e la stagione estiva.

Dai risultati del modello di rumore sottomarino è emerso che le soglie TTS e PTS non sono mai superate, in quanto le emissioni di rumore dei mezzi navali sono già di per sé inferiori ai livelli di rumore che causano impatti temporanei e permanenti sui mammiferi marini, ovvero 224 dB re 1 µPa (soglia TTS) e 230 dB re 1 µPa (soglia PTS).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	31 di 51

Per quanto riguarda invece la soglia comportamentale, per lo Scenario B è stata valutata la distanza dalle sorgenti di rumore (mezzi navali) oltre la quale non si hanno più risposte comportamentali da parte dei cetacei (quali ad esempio l'allontanamento dall'area). Analizzando i risultati riportati in Tabella 3.13 si evince che per lo Scenario B si prevedono effetti comportamentali fino ad una distanza massima dai mezzi navali di 4,6 km verso il largo in inverno e 2,9 km verso il largo in estate per cetacei del gruppo funzionale a bassa frequenza. Per i cetacei del gruppo funzionale a media frequenza gli effetti comportamentali si registrano solo fino a 1,5 km dai mezzi navali, verso il largo, in estate e 2,1 km, verso il largo, in inverno.

**Tabella 3.13 Distanza Soglia Comportamentale**

Scenario	Stagione	Direzione	Distanza soglia comportamentale	
			Cetacei bassa frequenza	Cetacei media frequenza
Scenario A	Estate/Inverno	Verso costa/largo	n.a.	n.a.
Scenario B	Estate	Verso costa	2,4 km	1,4 km
		Verso il largo	2,9 km	1,5 km
	Inverno	Verso costa	4,5 km	2 km
		Verso il largo	4,6 km	2,1 km

*Nota:*  
*n.a.: Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede emissioni di rumore subacqueo poiché non vi sarà impiego di mezzi navali.*

### 3.5.2 Emissioni di Rumore da Mezzi a Terra

I possibili impatti sul clima acustico a terra generati durante le attività di dismissione riguardano le emissioni di rumore dovute ai mezzi impegnati nelle attività di smantellamento delle condotte presso l'area di cantiere, ovvero la gru di terra, il forklift ed il generatore diesel ed ai mezzi di trasporto terrestre (camion) utilizzati per le operazioni di smaltimento rifiuti. La movimentazione di mezzi pesanti lungo le arterie stradali può generare un incremento dei livelli di rumore di fondo, con conseguente disturbo alle aree residenziali localizzate in prossimità delle vie di trasporto.

È tuttavia opportuno ricordare che l'area del porto di Ravenna, punto di partenza dei camion verso i centri di smaltimento e/o riciclo dei rifiuti generati dalle attività di rimozione delle condotte, è già interessata da traffico di mezzi pesanti che servono l'area del porto. Inoltre, non è previsto un numero di movimentazioni giornaliere tale da influire in maniera rilevante sull'attuale clima acustico dell'area. Non si prevedono quindi impatti significativi generati dalle emissioni di rumore da traffico indotto.

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Per lo Scenario B di rimozione, la valutazione delle emissioni di rumore generate dalle attività presso l'area di cantiere e dal traffico indotto a terra per il conferimento dei rifiuti presso i centri di smaltimento e/o riciclo è stata supportata da uno studio modellistico di propagazione del rumore (si veda Appendice 3). Per tale scenario sono state simulate le emissioni sonore generate dalle sorgenti in

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	32 di 51

esercizio presso l'area di cantiere (Tabella 3.14) e dal numero di movimentazioni di camion previste (Tabella 3.15), sulla base dei dati progettuali riportati al Paragrafo 2.3.2.1 e i dati sui rifiuti al Paragrafo 3.7.

Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte non prevede nessuna attività e pertanto nessuna emissione di rumore.

**Tabella 3.14 Sorgenti Sonore Puntiformi presso l'Area di Cantiere**

	Scenario A	Scenario B
Gru di terra	0	1
Forklift	0	1
Generatore Diesel	0	1

**Tabella 3.15 Movimentazioni di Mezzi a Terra**

	Scenario A	Scenario B
n. movimentazioni verso centro smaltimento materiali metallici	0	6
n. movimentazioni verso centro smaltimento materiali plastici	0	2
<b>n. totale movimentazioni</b>	0	8

Con riferimento alle attività presso l'area di cantiere, sono stati calcolati i livelli di emissione sonora generati dalle sorgenti sonore ad una distanza di 250 m e 500 m (Tabella 3.16).

**Tabella 3.16 Livelli di Pressione Sonora generati da Mezzi a Terra presso l'area di cantiere**

	Scenario A	Scenario B
Livello di pressione sonora a 250 m	0	55,4 dB(A)*
Livello di pressione sonora a 500 m	0	44,2 dB(A)*
Nota: * Valori ottenuti senza considerare il background noise (60 dB(A)). Considerando il background noise i livelli di pressione sonora a sono pari a 62 dB(A) a 250 m e 60 dB(A) a 500 m.		

I risultati delle attività modellistiche hanno evidenziato che per lo Scenario B:

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 33 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

- Con riferimento alle attività presso l'area di cantiere, il limite di emissione (65 dB(A)) è rispettato in tutte le zone ad esso adiacenti; le emissioni sonore generate a 250 m e a 500 m sono rispettivamente pari a 55,4 e 44,2 dB(A).
- Con riferimento al traffico su strada, non sono state individuate zone in cui vi sia un superamento del limite imposto, ad esclusione dell'area adiacente la carreggiata; si segnala inoltre che i risultati sono dovuti al traffico esistente, in quanto l'impatto del traffico generato dai trasporti richiesti (n. 1 camion/giorno), risulta trascurabile (< 0,1 dB(A)).

### 3.6 Impatti su Fauna Marina e Habitat

Il presente paragrafo descrive gli impatti su fauna marina e habitat, in termini di:

- Perdita di habitat a causa degli interventi sul fondale marino;
- Disturbo della fauna marina e dell'avifauna a causa delle emissioni luminose;
- Disturbo della fauna marina e all'avifauna a causa delle emissioni di rumore sottomarino;
- Apporto di nutrienti e sostanze organiche dagli scarichi idrici dei mezzi navali impiegati.

#### 3.6.1 Perdita di Habitat da Interventi sul Fondale Marino

Le attività di rimozione delle condotte (Scenario B) potrebbero comportare una perdita di habitat naturale in relazione a possibili danni alle specie bentoniche e alle biocenosi limitrofe generati dalla risospensione di sedimenti.

Essendo le condotte completamente interrato, non è invece prevista una perdita di biodiversità connessa ad eventuali bioconcrezioni (es. mitili) che avrebbero potuto insediarsi su strutture appoggiate al fondale.

Anche la dismissione in sito delle condotte (Scenario A) potrebbe portare ad una perdita a lungo termine di habitat, dovuta all'occupazione del fondale marino da parte delle strutture lasciate in sito che, seppure interrato, potrebbero alterare nel lungo termine le caratteristiche del fondale ed impedire il ripristino naturale dell'habitat sedimentario caratteristico dell'area di studio. Tale impatto è comunque limitato alla sola superficie al di sotto delle condotte.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

In Tabella 3.17 si riporta l'area di fondale marino occupata dalle condotte non rimosse per lo Scenario A, mentre nello Scenario B tutte le condotte verranno rimosse.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	34 di 51

**Tabella 3.17 Area di Fondale Marino Occupato da Condotte non Rimosse**

	Scenario A	Scenario B
Area fondale marino occupato da condotte non rimosse (m <sup>2</sup> )	526,50	0

### 3.6.2 Disturbo della Fauna Marina e Avifauna da Emissioni Luminose

Le attività di dismissione verranno eseguite in maniera continua per 24h/giorno, durante il periodo notturno è prevista quindi l'illuminazione proveniente dai mezzi navali operativi che potrebbe generare disturbo alla fauna marina e avifauna.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

Nello Scenario B di rimozione delle condotte l'inquinamento luminoso da mezzi navali impiegati è paragonabile a quanto generato dal traffico marittimo già insistente nell'area; non sono quindi previsti impatti significativi sulla fauna marina.

Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte non prevede invece alcuna attività a mare, pertanto non vi saranno emissioni luminose.

### 3.6.3 Disturbo della Fauna Marina e Avifauna da Emissioni di Rumore Sottomarino

Durante le operazioni di dismissione saranno generate delle emissioni sonore sottomarine prevalentemente dai motori dei mezzi navali. L'intensità di tali emissioni è paragonabile a quella del normale traffico marittimo che già insiste nell'Adriatico Centro-Settentrionale. Conseguentemente non sono attesi impatti significativi sulla fauna marina legati alle emissioni sonore da mezzi navali.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

Lo Scenario B prevede l'impiego di mezzi navali caratterizzati da emissioni di rumore sottomarino che potranno avere effetti comportamentali fino ad una distanza massima (verso il largo, in inverno) dai mezzi navali di 4,6 km per cetacei del gruppo funzionale a bassa frequenza e 2,1 km per i cetacei del gruppo funzionale a media frequenza. Per una descrizione di dettaglio delle emissioni di rumore sottomarino generate dalle attività di dismissione e il disturbo alla fauna marina si rimanda al paragrafo 3.5.1.

Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede nessuna attività e pertanto nessuna emissione di rumore sottomarino.

**Tabella 3.18 Distanza Soglia Comportamentale**

Scenario	Stagione	Direzione	Distanza soglia comportamentale
----------	----------	-----------	---------------------------------

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	35 di 51

			<b>Cetacei bassa frequenza</b>	<b>Cetacei media frequenza</b>
Scenario A	Estate/Inverno	Verso costa/largo	n.a.	n.a.
Scenario B	Estate	Verso costa	2,4 km	1,4 km
		Verso il largo	2,9 km	1,5 km
	Inverno	Verso costa	4,5 km	2 km
		Verso il largo	4,6 km	2,1 km
<i>Nota:</i> <i>n.a.: Lo Scenario A di dismissione in sito non prevede emissioni di rumore subacqueo poiché non vi sarà impiego di mezzi navali.</i>				

### 3.6.4 Apporto di Nutrienti e Sostanza Organica da Scarichi Idrici da Mezzi Navali

Conseguentemente alle operazioni di rimozione delle condotte sono previsti scarichi a mare di reflui civili, scarichi delle acque di zavorra e di sentina. Tali scarichi idrici potrebbero comportare:

- Apporto di nutrienti e di sostanza organica;
- Variazione trofica della colonna d'acqua circostante il punto di scarico e conseguente sviluppo di fitoplancton con proliferazione di microalghe (es: diatomee e dinoflagellati).

Il rilascio di sostanze nutritive, in particolare di azoto e fosforo, potrebbe stimolare la produzione di fitoplancton qualora tali sostanze raggiungessero la zona fotica (aumentando così di conseguenza il livello di biomassa), stimolando così la produzione primaria di fitoplancton. Sebbene sia possibile ipotizzare un rilascio di sostanze nutritive, si ipotizza che tale fenomeno non superi i livelli di fondo naturale oppure l'aumento riconducibile a fenomeni atmosferici quali i temporali. Inoltre, data l'elevata capacità di diluizione dell'ambiente marino, non si prevedono impatti significativi su zooplancton e fitoplancton e sulla fauna pelagica dovuti al maggior apporto di sostanze nutritive.

### Confronto tra Scenari di Dismissione

Lo Scenario A di dismissione in sito delle condotte sottomarine non prevede il coinvolgimento di mezzi navali; non vi saranno quindi scarichi di reflui a mare. Per lo Scenario B di rimozione si prevedono, invece, circa 304.500 litri di reflui civili prodotti, con conseguente apporto di nutrienti e sostanza organica.

### 3.7 Produzione e Gestione Rifiuti

In Tabella 3.19 è riportata la stima dei rifiuti ed i relativi codici EER relativi allo Scenario B. I siti di conferimento finale dei rifiuti non sono ancora stati identificati; tuttavia, si ipotizza che i materiali metallici (i quali, se possibile, saranno riciclati) saranno conferiti entro un raggio di 350 km dal porto

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	36 di 51

di Ravenna, mentre i materiali plastici (non riciclabili) entro un raggio di 100 km. Per lo Scenario A, non è prevista la produzione di alcun rifiuto.

Il numero di viaggi previsti per il conferimento dei rifiuti associati allo Scenario di rimozione delle condotte (Scenario B) è riportato in Tabella 3.20.

**Tabella 3.19 Quantitativi stimati di rifiuti prodotti (Scenario B)**

Materiale	Tipologia	EER	Stima - [ton]
Metallo	Tubazione da 2"	17 04 05	20,1
Metallo	Tubazione da 4"	17 04 05	47,4
Rivestimento plastico	Tubazione da 2"	17 02 03	1,7
Rivestimento plastico	Tubazione da 4"	17 02 03	3,4

**Tabella 3.20 Stima del numero di trasporti previsto per smaltimento rifiuti (Scenario B)**

Materiale	Tipologia	Destinazione	Numero trasporti previsti
Metallo	Tubazione da 2"	Entro un raggio di 350 km	3
Metallo	Tubazione da 4"		3
Rivestimento plastico	Tubazione da 2"	Entro un raggio di 100 km	1
Rivestimento plastico	Tubazione da 4"		1

Le attività di rimozione delle condotte sottomarine genereranno produzione di rifiuti solidi, prevalentemente tubazioni metalliche (acciaio al carbonio) e rivestimento plastico delle condotte (poliuretano). Tutti i rifiuti prodotti saranno trasportati e smaltiti presso opportuni centri di smaltimento e/o riciclo; in particolare si stima che i materiali metallici saranno conferiti entro un raggio di 350 km dal porto di Ravenna e riciclati, mentre i materiali plastici saranno conferiti entro un raggio di 100 km e smaltiti.

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

In Tabella 3.21 sono riportate le tonnellate di rifiuti prodotte per scenario di dismissione (Scenario B), mentre lo Scenario A non genera la produzione di rifiuti riciclabili in quanto tutte le condotte è previsto vengano lasciate in sito.

**Tabella 3.21 Tonnellate di Rifiuti Prodotti**

	Scenario A	Scenario B
Rifiuti prodotti (ton)	0	72,6

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	37 di 51

Laddove possibile, i rifiuti solidi prodotti verranno riciclati. La percentuale di riciclo varia a seconda della categoria di rifiuto:

- Le condotte in acciaio sono riciclabili al 100%;
- Il rivestimento plastico non è riciclabile.

In Tabella 3.22 sono riportate le tonnellate di rifiuti riciclabili per Scenario B, mentre lo Scenario A non prevede produzione di rifiuti.

**Tabella 3.22 Tonnellate di Rifiuti Riciclabili**

	Scenario A	Scenario B
Rifiuti riciclabili prodotti (ton)	0	67,5

### 3.7.1 Efficienza Riciclo Strutture Metalliche da Risparmio di Emissioni di CO<sub>2</sub>

Il riciclo dell'acciaio porta con sé possibili benefici ambientali in quanto consente di evitare le emissioni climalteranti che si genererebbero producendo acciaio da materie prime. Dati di letteratura [13] indicano un risparmio di 1,6 t di CO<sub>2</sub> equivalente emesse per tonnellata di acciaio prodotta a partire da materiale di riciclo rispetto alla produzione di 1 t di acciaio da materie prime.

In un'ottica di ciclo di vita, al riciclo dei materiali metallici è quindi associato un potenziale vantaggio ambientale in termini di emissioni climalteranti evitate. Tuttavia, nel caso specifico della dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1, la disponibilità di materiale di riciclo è legata alla necessaria attività di mezzi navali per il recupero delle condotte a mare, con importanti emissioni di CO<sub>2</sub>.

Si è quindi proceduto a confrontare le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dalle attività di rimozione delle condotte rispetto alle emissioni evitate grazie al processo di riciclo.

#### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Per il calcolo della CO<sub>2</sub> equivalente sono stati applicati i fattori emissivi definiti dall'API Compendium [14] per il tipo di combustibile utilizzato (Marine Diesel Oil).

**Tabella 3.23 Emissioni di CO<sub>2</sub>-eq Prodotte per la Rimozione di 1 t di Struttura in Acciaio**

	Scenario A	Scenario B
Totale consumo combustibile mezzi navali (t)	0	625
Ton Acciaio Riciclabile da Strutture Rimosse	0	67,5

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	38 di 51

Ton CO <sub>2</sub> prodotte per rimozione strutture	0	2.036,03
<b>Ton CO<sub>2</sub> prodotte / Ton Acciaio (per rimozione)</b>	<b>0</b>	<b>30</b>

Dalla Tabella 3.23 si evince che la rimozione di 1 t di acciaio comporta la produzione di 30 t di CO<sub>2</sub>-eq nello Scenario B (lo Scenario A non prevede la rimozione delle condotte e quindi l'emissione di CO<sub>2</sub> equivalente).

Il risparmio in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> da riciclo (1,6 t CO<sub>2</sub> risparmiata / ton acciaio prodotto) risulta essere quindi inferiore alle tonnellate di CO<sub>2</sub> emesse per la rimozione e trasporto a terra delle strutture da riciclare per tutti gli scenari di dismissione (Tabella 3.24).

**Tabella 3.24 Confronto Ton di CO<sub>2</sub>-eq Prodotte per la Rimozione e Risparmiate con Riciclo**

	Scenario A	Scenario B
Ton CO <sub>2</sub> prodotte / Ton Acciaio (per rimozione)	0	30
Risparmio CO <sub>2</sub> / Ton acciaio da riciclo	0	1,6
<b>Rapporto CO<sub>2</sub> risparmiata con riciclo / CO<sub>2</sub> emessa per rimozione (su 1 Ton di acciaio)</b>	<b>0</b>	<b>0,053</b>

Non sembra esserci quindi un vantaggio immediato, in termini di risparmio di CO<sub>2</sub>, derivante dal riciclo delle strutture in acciaio. Va sottolineato però che, sempre in una prospettiva di ciclo di vita, il riciclo dell'acciaio determina il beneficio di evitare l'uscita dal sistema produttivo e la conseguente dispersione nell'ambiente di una risorsa non rinnovabile.

### 3.8 Impatti su Attività di Pesca

L'area su cui insistono le condotte che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare non è interdetta alle attività di pesca e all'ancoraggio dei mezzi navali se non per il limite di rispetto di 500 m dalla piattaforma Fabrizia 1, come si evince dalla Figura 3.1 (in cui l'area interdetta a pesca ed ancoraggio è delimitata dal tratteggio rosso).

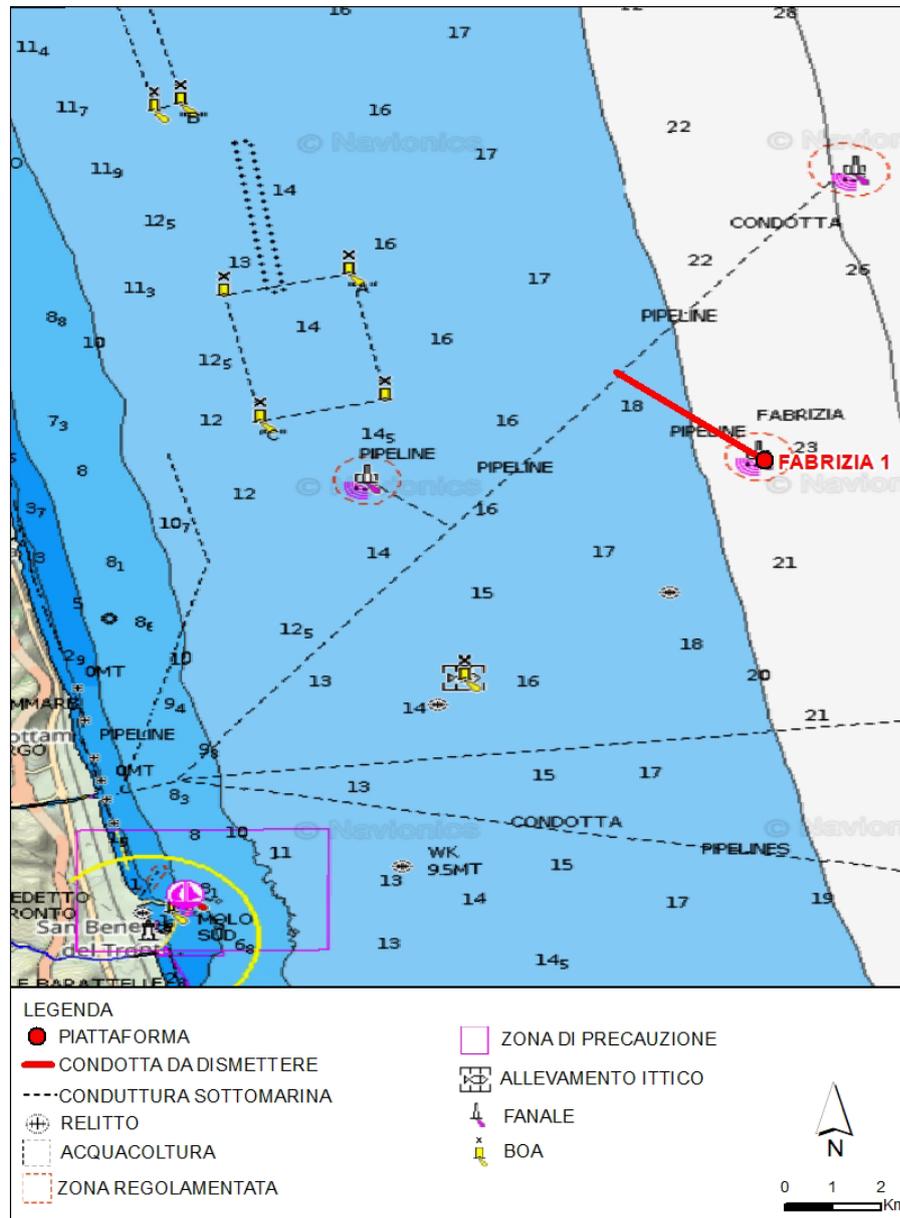


Figura 3.1 Area interdetta alla pesca e all'ancoraggio

### Confronto tra Scenari di Dismissione

Lo Scenario A non prevede alcuna attività a mare e pertanto nessun impatto sull'attività di pesca.

Lo Scenario B prevede un cantiere a mare lungo la direttrice Fabrizia 1 – innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare di 29 giorni (di cui 8 intesi per attività di Mob/Demob) con attività previste per 24 ore al giorno. Lo scenario B avrà quindi impatti sulle attività di pesca che dovranno essere interdette, per una zona di sicurezza di circa 1 km di raggio dai mezzi, durante lo svolgimento del cantiere.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 40 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Per lo Scenario A, essendo le condotte completamente interrato, con un valore medio di interro pari a 1,26 m, non si ravvisano interferenze a lungo termine con qualsiasi attività di pesca.

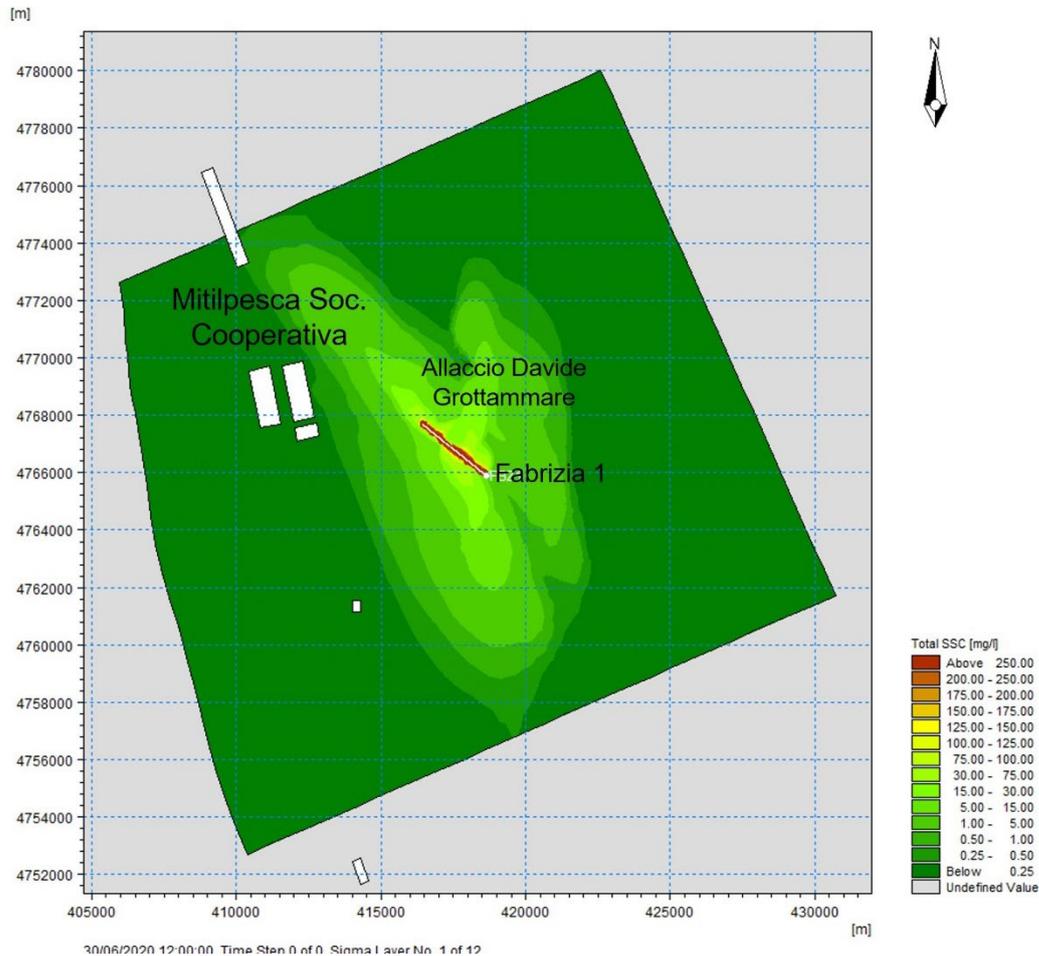
### **3.9 Impatti su Attività di Acquacoltura**

La movimentazione dei sedimenti connessa alle operazioni di rimozione (Scenario B) potrebbe generare potenziali impatti sugli impianti di acquacoltura prossimi all'area di intervento, in particolare gli impianti di Mitilpesca Soc. Cooperativa, distanti circa 3,5 km dal tratto terminale delle condotte in corrispondenza della piattaforma Fabrizia 1, in quanto l'incremento delle concentrazioni di solidi sospesi nella colonna d'acqua potrebbe interferire con la normale attività di filtrazione dei molluschi.

La Direttiva 2006/113/CE, a livello europeo, ed il D.Lgs. 152/2006, a livello nazionale, definiscono i requisiti di qualità delle acque destinate alla molluschicoltura, relativamente a pH, temperatura, colore, materie in sospensione, salinità, ossigeno disciolto, concentrazione di alcune sostanze inquinanti quali idrocarburi, metalli, sostanze organo-alogenate. La Tabella 1/C dell'Allegato 2 alla Parte terza del D.Lgs. 152/06 definisce, in particolare, la qualità delle acque destinate alla vita dei molluschi, senza tuttavia fornire, per la torbidità, dei valori di soglia.

#### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Sulla base dei risultati dello studio modellistico di dispersione dei sedimenti in ambiente offshore (si veda Appendice 2) è stato calcolato, per lo Scenario B, l'incremento delle concentrazioni di solidi sospesi nella colonna d'acqua in corrispondenza dell'impianto di acquacoltura più impattato (impianti di Mitilpesca Soc. Cooperativa, come si evince dalla Figura 3.2). La Tabella 3.25 riporta, per ciascuno scenario di dismissione, il valore di incremento delle concentrazioni di solidi sospesi nella colonna d'acqua.



**Figura 3.2 Incremento delle Concentrazioni di Solidi Sospesi in corrispondenza degli Impianti di Acquacoltura**

**Tabella 3.25 Incremento di Torbidità presso l'Impianto Acquacoltura Geomar**

	Scenario A	Scenario B
Incremento torbidità presso gli impianti di Mitilpesca Soc. Cooperativa ( $\mu\text{g/l}$ )	0	311,2 (*)
(*) Nota: La tabella riporta il massimo incremento di torbidità registrato dalle simulazioni. In Appendice 2 sono riportati i valori delle concentrazioni dei solidi sospesi rilevate per il semestre estivo ed il semestre invernale per ognuno degli impianti di acquacoltura identificati in prossimità dell'area delle condotte.		

Sebbene, non esistono valori di soglia che consentano di valutare gli effetti dell'incremento di concentrazione dei solidi sospesi sui molluschi, diversi studi di letteratura concordano nel ritenere che tale fenomeno possa interferire con l'attività di organismi filtratori quali cozze e vongole, poiché l'incremento dei livelli di solidi sospesi potrebbe intasare le stenosi alimentari, riducendo l'efficienza alimentare e quindi i tassi di crescita, oppure stressando o portando alla morte questi organismi [15], [16], [17].

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 42 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

In particolare, uno studio [18] di confronto tra vari lavori, analizza l'effetto dei solidi sospesi su diverse specie di pesci e fauna bentonica e definisce un indice che permette di stimare lo stress indotto sugli organismi in funzione della concentrazione di solidi sospesi e del tempo di esposizione. Tale studio identifica livelli di letalità per la fauna bentonica a partire da livelli di Indice di Stress superiori a circa 9,35, corrispondenti ad un'esposizione a concentrazioni di 8 mg/l per una durata di 1.440 ore (60 giorni).

Lo Scenario B di rimozione delle condotte prevede una durata delle attività che genereranno risospensione dei sedimenti pari a 8,9 giorni per l'apertura della trincea e 2 giorni per il suo riempimento che indurranno un incremento massimo della torbidità presso gli impianti di Mitilpesca Soc. Cooperativa pari a 0,31 mg/l.

Tale durata delle attività e tali concentrazioni di solidi sospesi appaiono molto inferiori rispetto ai valori citati in letteratura e ritenuti dannosi per la fauna bentonica; pertanto, si ritiene ragionevolmente che l'impatto sulla produzione degli impianti di acquacoltura sia limitato.

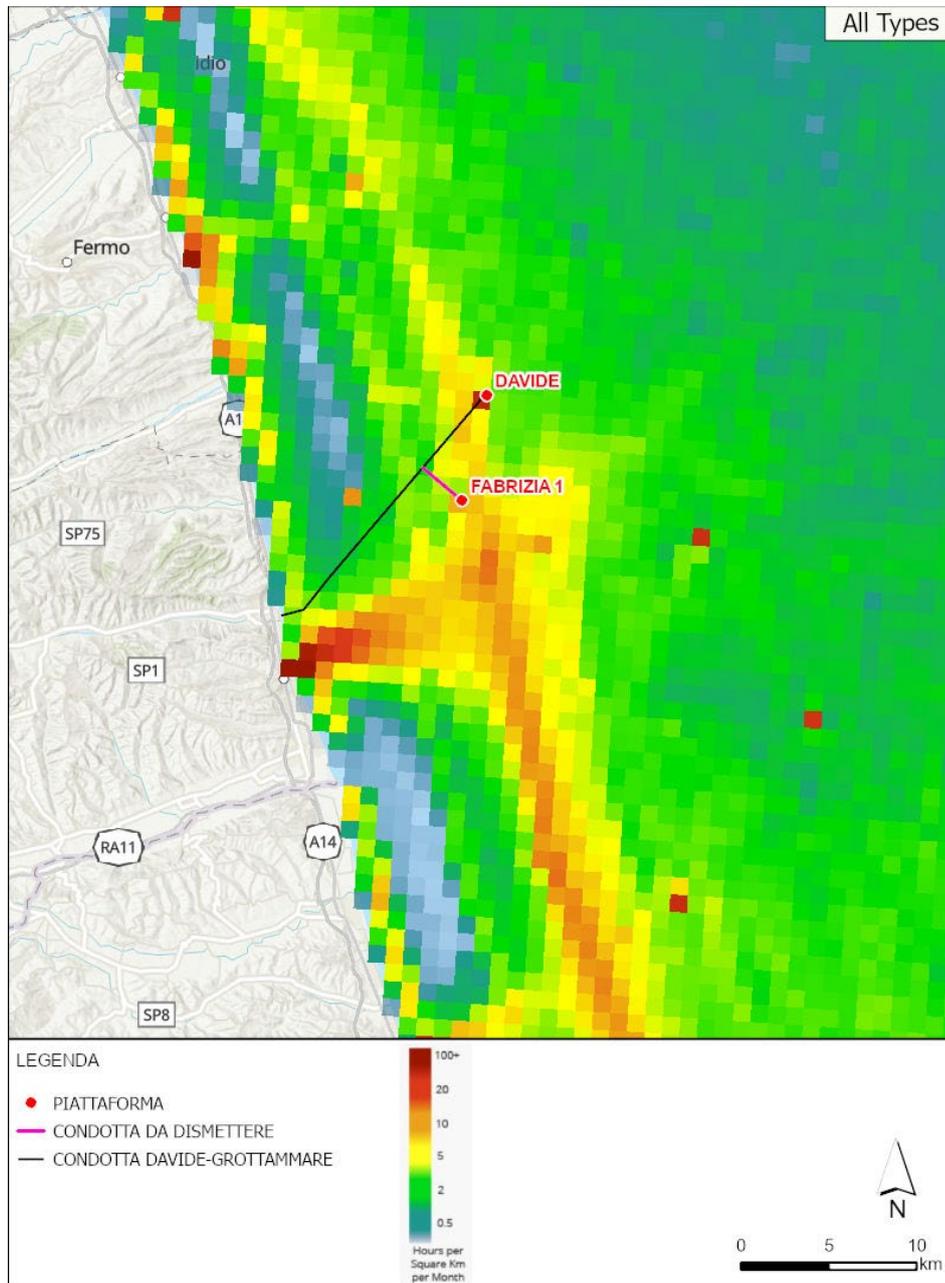
Lo Scenario A di dismissione delle condotte in sito, invece, non prevede movimentazione del fondale marino e dunque risospensione dei sedimenti.

### 3.10 Impatti su Traffico Marittimo

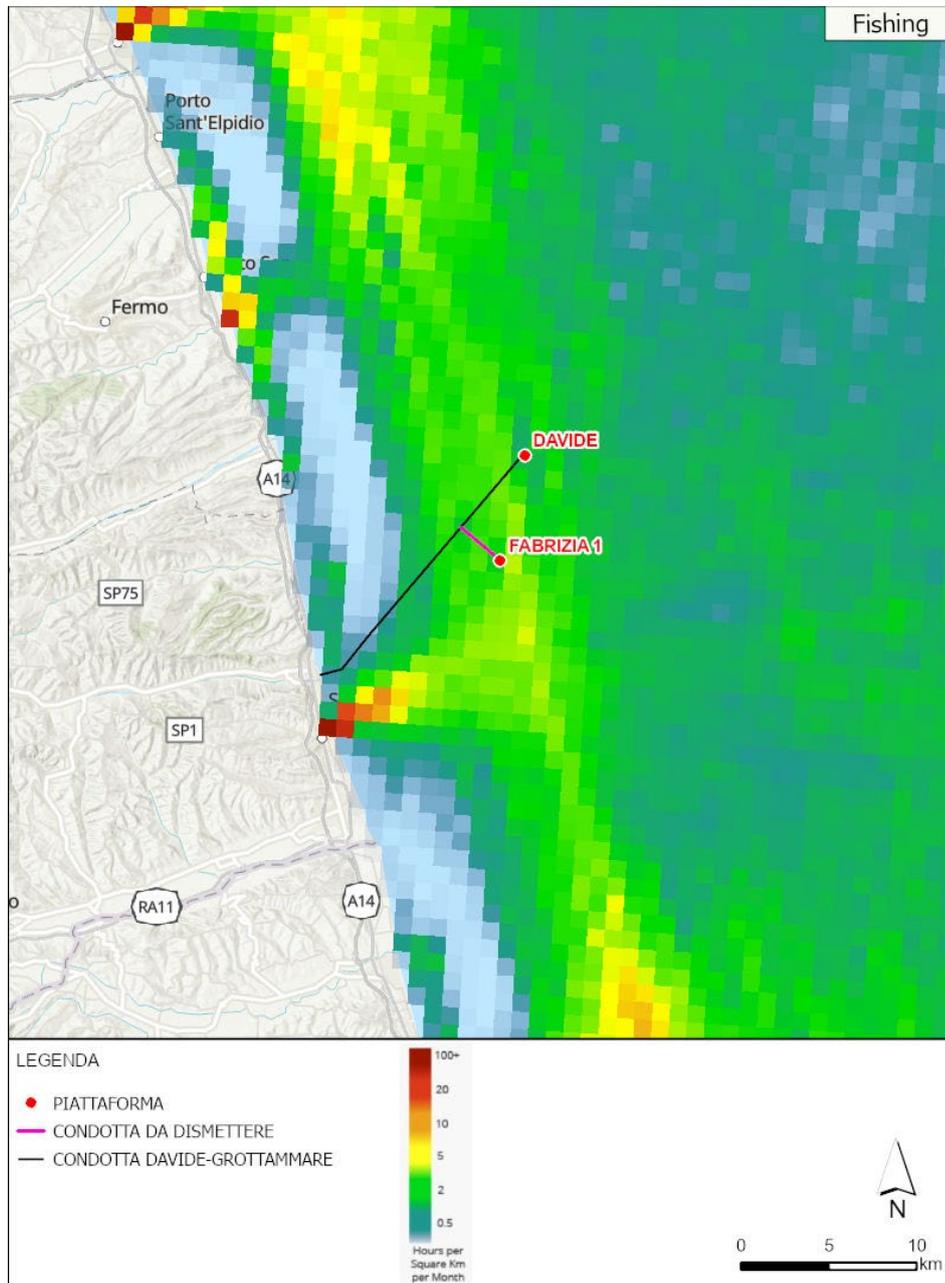
Gli impatti sul traffico marittimo sono valutati tramite l'adozione di un sottocriterio quantitativo che tiene conto delle possibili interferenze con imbarcazioni nei dintorni delle condotte. In particolare, si è tenuto conto degli indicatori di EMODNET relativi la densità di traffico totale e la densità di traffico dei soli pescherecci. Inoltre, le principali rotte delle imbarcazioni da diporto che potrebbero interferire con l'area del cantiere di rimozione e con le rotte delle imbarcazioni utilizzate per la rimozione sono state identificate mediante analisi grafica.

La piattaforma Fabrizio 1 dista circa 13 km dal porto di San Benedetto del Tronto. Dall'analisi delle mappe di densità di traffico marittimo (Figura 3.3 e Figura 3.4), si evince come l'area delle condotte della Piattaforma Fabrizio 1 sia caratterizzata da un modesto traffico di imbarcazioni in transito (pescherecci inclusi).

Le Figura 3.3 e Figura 3.4 rappresentano con scale differenti di colore la densità di traffico, espressa in ore di permanenza delle imbarcazioni per km<sup>2</sup> al mese rispettivamente per il traffico totale ed il traffico dei soli pescherecci. Le Figure sono state realizzate considerando i dati presenti su EMODNET dal 2017 al 2020.



**Figura 3.3** Densità del traffico marino di tutte le tipologie di imbarcazioni nell'area di Studio, negli anni di riferimento (2017 – 2020) (Fonte: EMODNET)



**Figura 3.4** Densità del traffico marino dei pescherecci nell'area di Studio, negli anni di riferimento (2017 – 2020) (Fonte: EMODNET)

### **Confronto tra Scenari di Dismissione**

Le attività connesse allo scenario di rimozione delle condotte (Scenario B) prevedono l'impedimento dell'accesso a qualsiasi imbarcazione estranea alle operazioni di dismissione, incluse le navi da pesca, in una zona di sicurezza di circa 1 km di raggio dai mezzi che effettueranno la rimozione delle condotte.

Poiché durante le attività di rimozione delle condotte (Scenario B), i mezzi navali impiegati opereranno spostandosi lungo il tracciato delle medesime, per una lunghezza pari a circa 2.863 m

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	45 di 51

l'interferenza sarà quindi generata solo entro un raggio di 1 km dal posizionamento dei vessel e non continuamente per tutto il tracciato e per tutta la durata delle attività.

Lo Scenario A di dismissione in sito, invece, non prevede interferenza con il traffico marittimo, dal momento che non vi sarà impiego di mezzi navali.

In Tabella 3.26 è riportata la potenziale interferenza dei mezzi navali impiegati nelle operazioni di dismissione con il traffico marittimo, in termini di densità di traffico.

**Tabella 3.26 Interferenza con il Traffico Marittimo (tutte le imbarcazioni)**

	Scenario A	Scenario B
Densità di traffico marittimo (ore/km <sup>2</sup> /mese)	0	Da 0 a 10

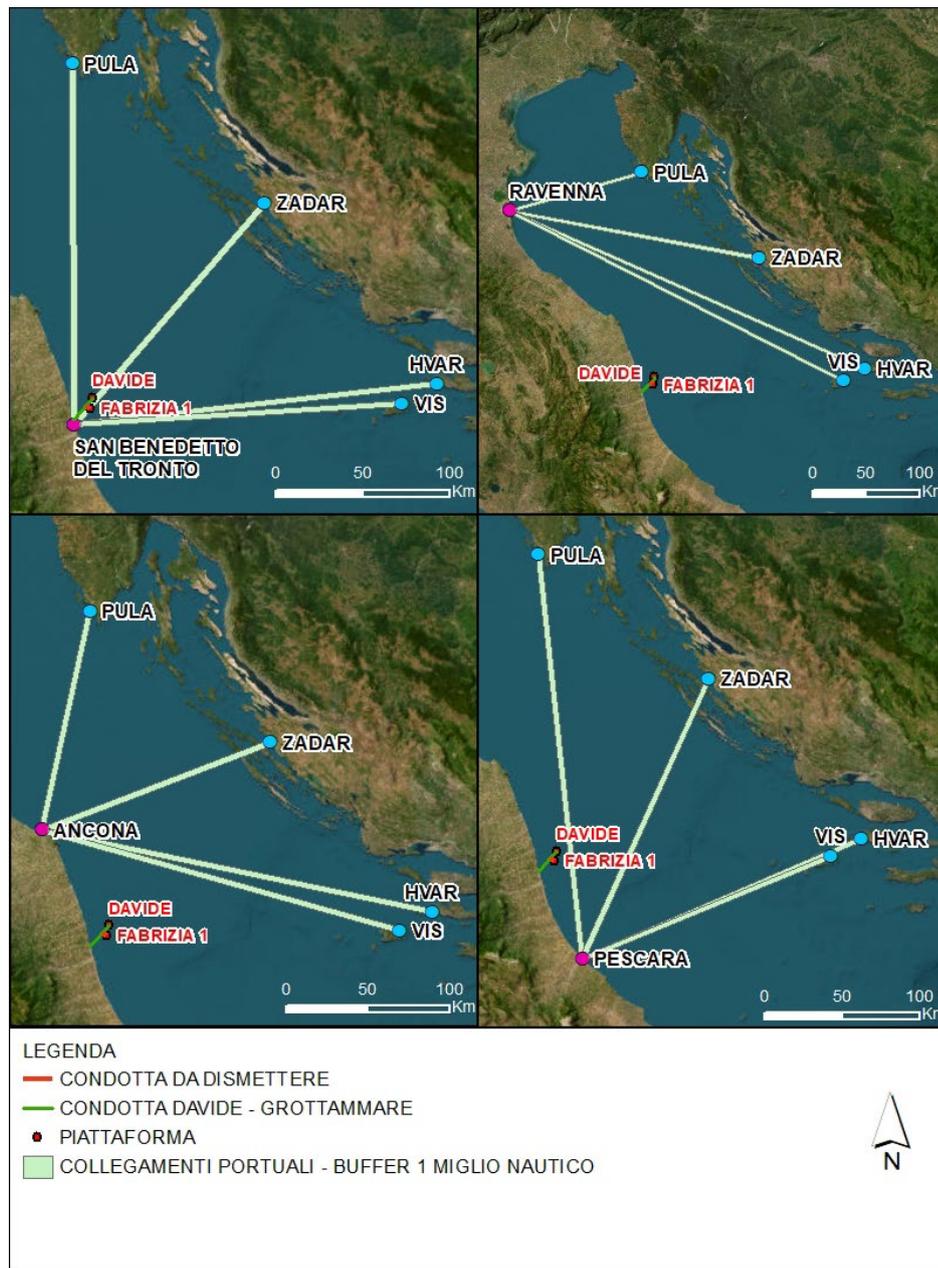
Considerando il solo traffico attribuibile ai pescherecci (Tabella 3.27), si evince un modesto traffico in transito sul tratto di condotte sottomarine che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con la linea Davide - Centrale di Grottammare.

**Tabella 3.27 Interferenza con il Traffico Marittimo (solo i pescherecci)**

	Scenario A	Scenario B
Densità di traffico marittimo (ore/km <sup>2</sup> /mese)	0	Da 0 a 3

Le operazioni di dismissione potrebbero generare anche un'interferenza con la navigazione da diporto, in particolare lungo le rotte che collegano le marine di Ravenna, Pescara, Ancona e San Benedetto del Tronto con le marine croate di Zadar, Hvar, Vis e Pola. Non essendo possibile un'analisi quantitativa della densità di traffico da diporto, ci si è limitati ad una valutazione grafica dell'interferenza.

Dalla successiva Figura 3.5 si evince che l'area interessata dalle operazioni di dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1 è interferita dalle rotte della navigazione da diporto che, dalle marine di Ravenna, Pescara, Ancona e San Benedetto del Tronto, puntano in direzione dei porti Croati di Zadar, Hvar, Vis e Pola. Va comunque considerata, oltre alla stagionalità di tale tipo di navigazione, anche la variabilità delle rotte, che non sono legate a percorsi predefiniti



**Figura 3.5 Interferenza con la Navigazione da Diporto**

Con riferimento all'interferenza con il traffico marittimo nel tragitto tra il Porto di Ravenna e l'area di dismissione delle condotte, per lo Scenario B di rimozione si prevede un solo viaggio di andata ed un solo viaggio di ritorno, per ciascun mezzo navale, al termine delle attività di rimozione. Queste frequenze di viaggio non sono tali da interferire con il traffico marittimo dell'area.

Come area di scarico a terra e taglio delle strutture rimosse verrà utilizzato il porto di Ravenna. Si assume che verrà utilizzata un'area adeguata alle esigenze dell'intervento in modo da non interferire con gli altri usi del porto.

Lo Scenario A non prevede l'utilizzo di mezzi navali e quindi non andrà a generare alcuna interferenza col traffico marittimo.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 47 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3.11 Impatti su Traffico Indotto a Terra

Le attività di dismissione delle condotte sottomarine della piattaforma Fabrizia 1 potrebbero generare un impatto sul traffico stradale dell'area circostante il porto di Ravenna e delle strutture viarie utilizzate per il trasporto dei rifiuti dal porto verso i centri di smaltimento (direzione raccordo autostradale).

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

In Tabella 3.28 è riportato il numero di movimentazioni totali previsto per ciascuno scenario di dismissione.

**Tabella 3.28 Traffico Indotto per Trasporto Rifiuti**

	Scenario A	Scenario B
n. movimentazioni verso centro smaltimento materiali metallici	0	6
n. movimentazioni verso centro smaltimento materiali plastici	0	2
<b>n. totale movimentazioni</b>	0	8

Per lo Scenario B, alla luce del fatto che l'area del porto di Ravenna, dalla quale partiranno i camion verso i centri di smaltimento e/o riciclo, è già interessata da traffico di mezzi pesanti a servizio del porto e poiché il conferimento dei rifiuti verrà distribuito su più giorni, l'interferenza sugli attuali flussi di traffico risulta essere molto limitata. Le movimentazioni di mezzi pesanti per il trasporto dei rifiuti andranno quindi ad inserirsi nel normale traffico stradale senza incidere significativamente sul traffico già insistente sulla rete viaria.

Lo Scenario A non prevede nessuna attività di movimentazione di mezzi a terra.

### 3.12 Impatto Visivo

Le condotte della piattaforma Fabrizia 1 sono sottomarine e completamente interrato per tutta la loro lunghezza. Le attività di rimozione a mare quali la realizzazione di un cantiere offshore possono generare un potenziale impatto visivo specie in un contesto ad alta vocazione turistica come la costa Marchigiana/Abruzzese.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

Lo Scenario A non prevede né la movimentazione di mezzi navali né la realizzazione di cantieri offshore per cui l'impatto visivo non è previsto per questo Scenario.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	48 di 51

Relativamente lo Scenario B, considerando che l'area delle condotte della piattaforma Fabrizia 1 dista circa 12 km dalla costa marchigiana, che l'attività di rimozione sarà temporanea così come la presenza dei mezzi navali necessari alle attività di dismissione e considerando infine le dimensioni dei mezzi navali che saranno utilizzati per le attività, l'impatto visivo delle attività di dismissione può considerarsi trascurabile nello Scenario B di rimozione delle condotte.

In ultimo, essendo le condotte sottomarine completamente interrato, non si prevedono ulteriori impatti visivi ad esse associati per entrambi gli scenari considerati.

### 3.13 Impatto su Indotto Economico

Le attività di dismissione delle condotte sottomarine della piattaforma Fabrizia 1 potrebbero generare un impatto sull'indotto economico in termini occupazionali, dovuto all'impiego di lavoratori per le attività a mare e a terra.

Per lo Scenario B (rimozione delle condotte), le attività di scarico, pulizia e taglio delle strutture al porto di Ravenna comporterebbero l'impiego di un numero di lavoratori pari a 10. Per le attività a mare, invece, il numero di lavoratori che verrebbe impiegato è in funzione del numero e della tipologia dei mezzi navali, oltre che della durata delle attività (si veda Paragrafo 2.3.2.2).

I mezzi navali impiegati hanno una capacità di persone a bordo pari a:

- DSV = 50 persone a bordo;
- Towing tug = 10 persone a bordo;
- Cargo barge = mezzo senza equipaggio a bordo.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

In Tabella 3.29 si riporta il numero di lavoratori totale impiegato per lo scenario di rimozione (Scenario B), mentre lo Scenario A di dismissione in sito non prevede alcuna attività e pertanto non verranno impiegati lavoratori.

**Tabella 3.29 Numero Lavoratori Impiegati nelle Attività di Dismissione**

	Scenario A	Scenario B
N. occupati attività a terra	0	10
N. occupati attività a mare	0	70
<b>N. occupati totale</b>	<b>0</b>	<b>80</b>
Durata attività a terra (giorni)	0	30
Durata attività a mare (giorni)	0	29 (DSV) + 29 (Towing Tugs)

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	49 di 51

<b>Totale giorni-uomo</b>	<b>0</b>	<b>2.330</b>
---------------------------	----------	--------------

### 3.14 Impatto su Attività Subacquee

Il relitto più prossimo al fascio di condotte della Piattaforma Fabrizia 1 si trova ad una distanza di circa 3,5 km.

Le attività di dismissione delle condotte potrebbero generare un aumento della torbidità dell'acqua e, conseguentemente, interferire con la fruibilità dell'area a scopi di immersione ricreativa a causa della potenziale diminuzione di visibilità nella zona dei relitti. Inoltre, la presenza dei mezzi necessari alle attività di dismissione rappresenta una fonte di pericolo per i sommozzatori presenti nell'area.

Lo Scenario A non prevede né la movimentazione di mezzi navali né la realizzazione di cantieri offshore per cui l'impatto dato dall'aumento della torbidità e presenza di imbarcazioni sulle attività subacquee non è previsto per questo Scenario.

Relativamente lo Scenario B, in considerazione della distanza dalla zona dei relitti, si ritiene poco probabile che possano verificarsi fenomeni di intorbidimento delle acque. Tuttavia, dato che la zona del relitto non è formalmente interdetta, la presenza dei vessel nell'area del relitto, per la sola durata delle attività di rimozione delle condotte, potrebbe interferire con le attività di immersione ricreativa.

#### Confronto tra Scenari di Dismissione

In Tabella 3.30 si riporta la massima durata delle attività a mare per ciascuno scenario (incluse le operazioni di mob-demob dei vessel, che richiederanno complessivamente un periodo di 8 giorni).

Lo Scenario A non prevede nessuna attività.

**Tabella 3.30 Durata delle Attività di Dismissione a Mare**

	Scenario A	Scenario B
Durata delle attività a mare (giorni)	0	29

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 50 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

#### 4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Lighthouse (2020). Decommissioning Project Fabrizia 1-Tie-in Davide Grottammare (3"+2") - Rapporto Finale.

[2] Observatorio de costes del transporte de mercancías, Gobierno de Espana - Ministerio de transportes, movilidad Y Agenda Urbana

[3] API Compendium 2009, Table 3-8.

[4] Energy Information Administration, Documentation for Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2006, Tables 6-5 and 6-7, October 2008.

[5] EPA AP-42, Section 1.4, Natural Gas Combustion, 1998.

[6] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Inventory of U.S. Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2007, Attachments, Table A-251, April 15th, 2009.

[7] North American Combustion Handbook, Volume 1: Combustion Fuels, Stoichiometry, Heat transfer, fluid Flow, ISBN 0-9601596-2-2, third edition, Cleveland, Ohio, 1986.

[8] ISPRA, National Inventory Report 2017 (NIR 2017) Italian Greenhouse Gas Inventory, Table 3.43 Average composition for pipelines natural gas and main parameters.

[9] USEPA, Novembre 2011. Graywater Discharges from Vessels.

[10] Gary T. Howard, Biodegradation of polyurethane: a review, International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 49, Issue 4, 2002, Pages 245-252, ISSN 0964-8305, [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00051-3](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00051-3)

[11] Saleh, S., Ahmad, K., Mohd Yunus, N. et al. Evaluating the toxicity of polyurethane during marine clay stabilisation. Environ Sci Pollut Res 27, 21252–21259 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08549-y>

[12] Pipeline Corrosion, BAKER, Baker Michael Jr., Inc., R. Fessier, BIZTEK Consulting Inc., 2008

[13] Scrap Bonus. External Costs and Fair Competition in the Global Value Chains of Steelmaking. Fraunhofer Center for Economics of Materials CEM, on behalf of the German Steel Scrap Association BDSV (November 2019).

[14] API Compendium of Greenhouse Gases Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Gas Industry, 2009

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 51 di 51
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

[15] The effect of suspended sediment on the suspension feeding and distribution of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). Shaylah Tuttle-Raycraft, 2018

[16] Case Study Mussels – Modeling the effect of dredging on filter-feeding bivalves. Jeroen Wijsman, Mascha Dedert, Tim Schellekens, Lorna Teal (IMARES), Yvonne van Kruchten (Royal HaskoningDHV), 2012.

[17] Wilber, Dara H. and Clarke, Douglas G.(2001) 'Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries', North American Journal of Fisheries Management, 21: 4, 855 — 875, First published on: 08 January 2011 (iFirst).

[18] Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems C. P. Newcombe & D. D. Macdonald, North American Journal of Fisheries Management, 2011.

[19] OSPAR Recommendation 2001/11: for the Management of Produced Water from Offshore Installations.

[20] IFC EHS Guidelines for offshore oil and gas Development (2015), World Bank Group.

[21] D.Lgs. 152/06 e s.m.i.: Norme in materia ambientale.



**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Appendice 1*  
*Studio di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera*  
*da Mezzi Navali e Mezzi a Terra*

**Marzo 2023**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

#### Appendice 1

#### Studio di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera da Mezzi Navali e Mezzi a Terra

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>ELABORATO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MODELLI DI CALCOLO.....</b>	<b>8</b>
3.1	Calpuff .....	8
3.2	Calmet .....	10
3.3	Calpost .....	11
<b>4</b>	<b>RICOSTRUZIONE DEL CAMPO DI VENTO 3D .....</b>	<b>12</b>
4.1	Domini di calcolo.....	12
4.2	Orografia e uso del suolo .....	14
4.3	Dati meteorologici .....	17
4.3.1	<i>Scelta dell'anno rappresentativo .....</i>	<i>17</i>
4.4	Risultati.....	21
<b>5</b>	<b>ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI DA MEZZI NAVALI .....</b>	<b>26</b>
5.1	Assunzioni modellistiche .....	26
5.2	Calcolo del termine di sorgente .....	28
5.2.1	<i>Geometria e posizione delle sorgenti emissive.....</i>	<i>28</i>
5.2.2	<i>Portate emesse.....</i>	<i>30</i>
5.3	Limiti di riferimento .....	32
5.4	Risultati.....	33
5.4.1	<i>SO<sub>2</sub> .....</i>	<i>34</i>
5.4.2	<i>NO<sub>x</sub>.....</i>	<i>34</i>
5.4.3	<i>PM<sub>10</sub> .....</i>	<i>35</i>
5.4.4	<i>CO.....</i>	<i>35</i>
5.4.5	<i>COV.....</i>	<i>35</i>
<b>6</b>	<b>ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI DA MEZZI PESANTI.....</b>	<b>54</b>

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 4 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

6.1	Assunzioni modellistiche .....	54
6.2	Calcolo del termine di sorgente .....	55
	6.2.1 <i>Geometria e posizione delle sorgenti emissive</i> .....	55
	6.2.2 <i>Portate emesse</i> .....	57
6.3	Limiti di riferimento .....	58
6.4	Risultati .....	59
	6.4.1 <i>SO<sub>2</sub></i> .....	60
	6.4.2 <i>NO<sub>x</sub></i> .....	60
	6.4.3 <i>PM<sub>10</sub></i> .....	61
	6.4.4 <i>CO</i> .....	61
	6.4.5 <i>COV</i> .....	61
<b>7</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>72</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 5 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## ACRONIMI

COV	Composti Organici Volatili
DP	Dynamic Positioning (posizionamento dinamico)
DSV	Diving Support Vessel
GT	Gross Tonnage (stazza lorda)
PoB	Personnel On Board (personale di bordo)

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 6 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'Appendice 1 all'Allegato 3 dello "Studio di Valutazione Comparativa degli impatti ambientali e socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1".

Nel presente documento vengono valutati gli impatti sulla qualità dell'aria connessi alle attività di dismissione delle condotte sottomarine che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con le linee Davide-Grottammare, mediante l'applicazione di modellistica numerica. Tali impatti possono essere legati sia alle emissioni dei motori dei mezzi navali durante le fasi di recupero degli item sottomarini e del loro trasporto verso il porto di Marina di Ravenna, sia alle emissioni dei motori dei camion che trasporteranno tali materiali ai centri di smaltimento e/o riciclo dei rifiuti individuati e dei mezzi adibiti alle operazioni di scarico e smantellamento in banchina (presso il porto di Marina di Ravenna).

Gli impatti sono stati valutati per i seguenti scenari di dismissione:

- *Scenario B: rimozione delle condotte.*

Lo *Scenario A: dismissione in sito delle condotte* non prevede alcuna attività di rimozione delle condotte e conseguentemente di movimentazione di mezzi, né a mare né a terra, che possano generare emissioni in atmosfera. Non è stato quindi oggetto di simulazione modellistica.

A tal fine, sono state eseguite simulazioni di dispersione a lungo termine attraverso il sistema di modelli CALMET-CALPUFF, sulla base di un campo di vento 3D annuale, al fine di riprodurre le condizioni meteorologiche caratteristiche e rappresentative della zona di indagine e caratterizzare la dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera. I risultati della dispersione a lungo termine sono stati poi confrontati con gli standard di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 7 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 2 CONCLUSIONI

Nel presente studio sono stati valutati gli impatti sulla qualità dell'aria connessi alle attività di dismissione delle condotte sottomarine che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con le linee Davide-Grottammare, mediante simulazioni di dispersione a lungo termine attraverso il sistema di modelli CALMET-CALPUFF.

Le potenziali emissioni in aria sono riconducibili a:

- Motori delle imbarcazioni, come Diving Support Vessel (DSV) e Towing Tug, coinvolte sia nelle operazioni di recupero delle condotte sottomarine, sia nel trasporto verso il porto di Marina di Ravenna.
- Motori dei mezzi pesanti impiegati per il trasporto dal porto di Marina di Ravenna verso i centri di smaltimento e/o riciclo dei rifiuti.
- Motori dei mezzi impiegati per le operazioni di scarico e smantellamento nei pressi della banchina selezionata, presso il porto di Marina di Ravenna, come forklift, gru di terra e generatore diesel. A fini del presente studio si è assunto lo scarico presso la banchina di Marina di Ravenna.

I risultati delle dispersioni a lungo termine sono stati poi confrontati con gli standard di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/2010).

### IMPATTO DA MEZZI NAVALI SULLA QUALITA' DELL'ARIA

Tutti i limiti normativi sono ovunque pienamente rispettati per SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e CO, ad eccezione dei limiti riferiti alle concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub>, i cui superamenti sono limitati ad un intorno di circa 300 m di raggio nei pressi della banchina di Marina di Ravenna (limite riferito ai massimi orari) e di circa 1100 m nell'area delle condotte Fabrizia 1 - innesto con le linee Davide-Grottammare (limite riferito al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie).

### IMPATTO DA MEZZI PESANTI SULLA QUALITA' DELL'ARIA

Tutti i limiti normativi sono pienamente rispettati, con i valori più elevati che si riscontrano nei pressi della banchina di Marina di Ravenna, imputabili ai motori diesel dei mezzi che operano lo smantellamento delle condotte. Trascurabile risulta essere il contributo degli scarichi dai camion che effettuano il trasporto su strada dei rifiuti verso i centri di smaltimento. Pertanto, è possibile concludere che non si riscontrano criticità per quanto riguarda la salute pubblica.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 8 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

### 3 MODELLI DI CALCOLO

Ai fini dell'individuazione del modello di calcolo più idoneo per una corretta esecuzione di uno studio di modellistica diffusionale atmosferica, si deve prestare particolare attenzione ai seguenti elementi:

- Specificità geografica e morfologica del sito.
- Tipologia di sorgenti considerate (puntuali, lineari, areali o volumetriche).
- Intervallo spaziale e temporale di analisi, che rende necessaria l'applicazione di un modello di mesoscala.
- Tipologia di inquinanti trattati, caratterizzati da stati fisici particellari o gassosi.

Alla luce degli aspetti sopra considerati, il modello più appropriato al caso specifico di indagine risulta essere CALPUFF. Quest'ultimo è un modello a "puff", indicato per condizioni di orografia complessa, situazioni meteorologiche critiche come le calme di vento e domini spaziali anche di grandi dimensioni (raggi d'influenza compresi tra e 10 e 100 km), capace di modellare non solo la dispersione atmosferica degli inquinanti, ma anche la deposizione al suolo. Il modello, inoltre, è tra i più utilizzati e universalmente riconosciuti nel mondo come supporto di studi di impatto ambientale.

Il sistema modellistico CALPUFF si compone di tre componenti separate: CALMET, CALPUFF e CALPOST, oltre ad una quantità di preprocessori progettati per interfacciare il modello con data set meteorologici e territoriali di tipo standard e di largo utilizzo.

CALMET rappresenta il modello meteorologico che ricostruisce la serie oraria del campo tridimensionale di vento e di temperatura. L'output prodotto da CALMET, inoltre, include anche campi bidimensionali (superficiali) di parametri quali, ad esempio, altezza di mescolamento, caratteristiche superficiali e parametri dispersivi.

CALPUFF è il modello di trasporto e dispersione, necessario per il calcolo delle traiettorie, della dispersione e delle trasformazioni di "puff" di materiale emesso dalle sorgenti simulate. Normalmente esso utilizza i campi generati da CALMET, anche se è in grado, comunque, di utilizzare dati meteorologici di tipo più semplice (ad esempio dati puntuali) in analogia con altri modelli di diffusione. Le variazioni spaziali e temporali nei campi meteorologici selezionati sono esplicitamente prese in considerazione all'interno del periodo di simulazione. Il principale output di CALPUFF contiene le concentrazioni o le deposizioni orarie valutate ad ogni recettore impostato.

CALPOST è, invece, utilizzato per l'elaborazione dei dati prodotti da CALPUFF, ad esempio producendo tabelle riassuntive e/o identificando i valori di picco ed i vari percentili per i vari recettori.

#### 3.1 Calpuff

Il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) è un modello di dispersione non

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 9 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

stazionario, che veicola i “puff” gaussiani di materiale emesso dalle sorgenti attraverso un approccio lagrangiano. CALPUFF è specifico per gli inquinanti inerti o debolmente reattivi e può funzionare sia in modalità short-term, per studi d’impatto ambientale relativi ad uno specifico caso-studio, che in modalità long-term, nel caso si renda necessario stimare valori di concentrazione medi su periodi temporali rappresentativi (ad es. un anno). È adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali, anche multiple. È in grado di calcolare la deposizione secca ed umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l’innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalla sorgente, l’influenza dell’orografia del suolo sulla dispersione, la dispersione in casi di venti deboli o assenti.

I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza, anziché dalle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner, vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete. Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all’interno di ogni singolo “puff” è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. Il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti ascendenti e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti a vortici di grande scala.

Tra i principali input di cui il modello necessita vi sono:

- Definizione delle sorgenti: posizione, ratei di emissione, temperatura di emissione, velocità di emissione, caratteristiche fisiche (altezza dei camini e loro diametro).
- Definizione della meteorologia.
- Definizione dei parametri di controllo della simulazione: quali variabili produrre in output (concentrazioni, deposizioni), quali parametri di dispersione utilizzare (urbani, rurali), ecc..
- Definizione dei recettori discreti: posizioni in cui le variabili d’uscita devono essere calcolate.

Le caratteristiche principali di CALPUFF sono:

- Capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell’inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.).
- Notevole flessibilità relativamente all’estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala).
- Capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente, come transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), partial plume penetration (parziale penetrazione del plume nello strato d’inversione), fumigation.

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 10 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

- Capacità di trattare condizioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti.
- Capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere.
- Possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido, ed a inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, il fenomeno di smog fotochimico, ecc.

### 3.2 Calmet

CALMET è un pacchetto di simulazione per la ricostruzione del dominio meteorologico in grado di sviluppare campi di vento sia diagnostici che prognostici, rendendo così il sistema diffusionale capace di trattare condizioni atmosferiche complesse, variabili nel tempo e nello spazio.

CALMET consente di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli al flusso, la presenza di zone marine o corpi d'acqua. È dotato inoltre di un processore micrometeorologico, in grado di calcolare i parametri dispersivi all'interno dello strato limite (PBL), come altezza di miscelamento e coefficienti di dispersione; inoltre, consente di produrre campi tridimensionali di temperatura e, a differenza di altri processori meteorologici (come per esempio AERMET), calcola internamente la classe di stabilità atmosferica, tramite la localizzazione del dominio (coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura del cielo.

Relativamente alla costruzione del campo di vento, CALMET è in grado di tenere conto degli effetti cinematici del terreno e risulta, quindi, adatto ad applicazioni in presenza di orografia complessa; in particolare, effettua il calcolo dello slope flow, cioè del flusso di aria che si genera lungo i pendii quando l'aria fredda nei pressi del terreno è accelerata verso valle a causa della forza di gravità.

Il modello meteorologico CALMET si compone, nel dettaglio, di un modulo per il calcolo del campo di vento (modello di tipo diagnostico) e di un modulo per il calcolo dei parametri micrometeorologici dello strato limite atmosferico. Il modello diagnostico per il calcolo dei campi di vento utilizza un algoritmo in due fasi. Nella prima fase una stima iniziale del campo di vento viene modificata in base agli effetti cinematici del terreno, dei pendii presenti, degli effetti di bloccaggio. Successivamente, nella seconda fase, mediante una procedura analitica oggettiva, vengono introdotti i dati osservati di input all'interno del campo prodotto dalla prima fase, ottenendo così il campo di vento finale. Esiste comunque la possibilità di utilizzare come input campi di vento (generalmente a maglie più larghe) prodotti da modelli meteorologici di tipo prognostico, come ad esempio MM4-MM5.

Di seguito si analizzano nel dettaglio le caratteristiche dell'approccio modellistico di CALMET.

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 11 di 72
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Nella prima fase, gli effetti cinematici del terreno vengono considerati mediante l'approccio di Liu e Yocke (1980). Il campo di vento iniziale viene modificato tramite l'aggiunta di componenti verticali indotte dall'orografia complessa, utilizzando una funzione di decadimento di tipo esponenziale, dipendente dalla stabilità atmosferica. Gli effetti del terreno sulle componenti orizzontali del vento sono invece valutati applicando uno schema di minimizzazione della divergenza al campo di vento iniziale stimato. L'algoritmo viene applicato iterativamente fino a che la divergenza tridimensionale risulta al di sotto di una certa soglia. Il flusso sui pendii viene calcolato in base alla parametrizzazione di Mahrt (1982), mentre gli effetti termodinamici di bloccaggio del terreno sul flusso di vento sono parametrizzati in termini di numero di Froude locale.

Nella seconda fase di calcolo, la procedura prevede l'introduzione dei dati di input osservati. Viene effettuata un'interpolazione pesando maggiormente i punti nelle vicinanze del dato osservato, mentre il campo di vento risultante dalla prima fase risulta dominante nelle regioni del dominio più lontane. Come già accennato in precedenza, in alternativa ai dati osservati, possono essere utilizzati i risultati derivanti da modelli di tipo prognostico a larga scala.

Per il calcolo dei parametri micrometeorologici CALMET utilizza due differenti modelli, a seconda della tipologia di superficie planetaria coinvolta (terreno o acqua). Al di sopra della terraferma, viene applicato il bilancio energetico di Holtslag e Van Ulden (1983) per il calcolo dei valori bidimensionali orari di flusso di calore sensibile, velocità di attrito, lunghezza di Monin-Obukhov e velocità convettiva di scala. Le altezze di mescolamento sono determinate a partire dai valori calcolati di flusso superficiale di calore e dai valori osservati dei profili verticali di temperatura.

### 3.3 Calpost

CALPOST è il modulo in grado di elaborare l'output primario del CALPUFF, con i valori delle concentrazioni in corrispondenza dei recettori, a griglia o discreti, per renderlo adatto ad una migliore visualizzazione dei risultati nei formati richiesti dall'utente.

Lo stesso modulo consente anche di calcolare la riduzione della visibilità dovuta alle emissioni e la possibilità di applicare dei fattori di scala alle concentrazioni calcolate con CALPUFF, per una migliore rappresentazione dei risultati.

CALPOST consente l'estrazione di stime orarie, per un inquinante alla volta, di medie giornaliere, mensili o su di un numero di ore a piacere. Le stime di concentrazione (o di flusso di deposizione) vengono fornite sia in formato ASCII, sia in formato GRD.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 12 di 72
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 4 RICOSTRUZIONE DEL CAMPO DI VENTO 3D

### 4.1 Domini di calcolo

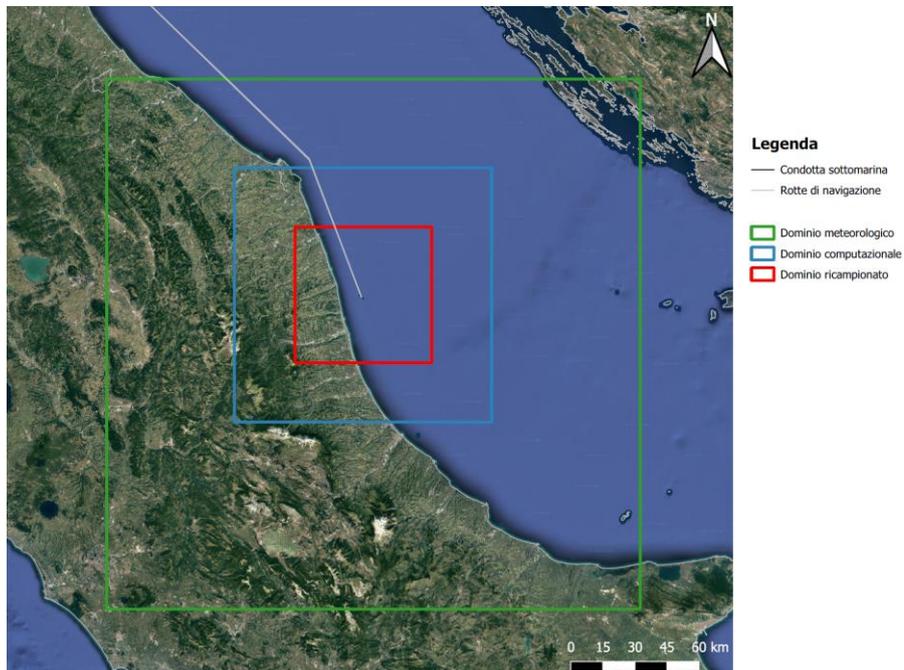
Vista l'eterogeneità orografica dell'area oggetto di studio risulta necessario l'utilizzo di un dominio di calcolo di un'ampiezza tale da considerare, nella modellazione, un'area sufficientemente rappresentativa. D'altra parte, una elevata estensione del dominio di calcolo comporta l'utilizzo di una risoluzione più grossolana, e quindi una minor precisione del calcolo. Nella scelta del dominio di calcolo è stato dunque necessario ottimizzare i due aspetti.

Il presente studio è stato eseguito costruendo due distinti domini di calcolo:

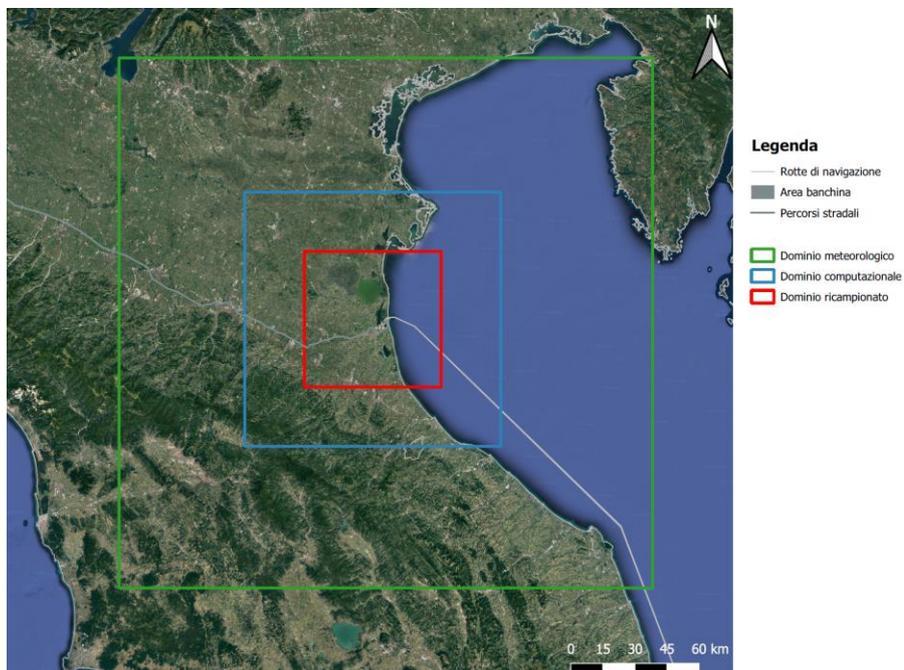
- Area ove insistono le condotte sottomarine (Figura 4.1). È costituito da un dominio meteorologico, centrato alle coordinate UTM 33 X = 423141 m E, Y = 4744535 m N; con estensione di 250 × 250 km<sup>2</sup> e diviso in una griglia regolare a celle quadrate con una risoluzione di 2 km. L'estensione verticale raggiunge una quota di 3500 m, con 10 layer verticali compresi tra il livello del suolo e la massima altezza. Il dominio computazionale, che è il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emmissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti, ha estensione 120 × 120 km<sup>2</sup> con risoluzione cella di 2 km ed è stato impostato in modo che l'area delle condotte Fabrizia 1 – innesto con le linee Davide-Grottammare risultasse al centro del dominio. Il dominio di ricampionamento è stato invece scelto di dimensione ridotta 64 × 64 km<sup>2</sup> con risoluzione di 400 m e rappresenta il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione.
- Area in prossimità della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (Figura 4.2). È costituito da un dominio meteorologico con estensione di 250 × 250 km<sup>2</sup> e diviso in celle quadrate di 2 km. L'estensione verticale raggiunge una quota di 3500 m, con 10 layer verticali compresi tra il livello del suolo e la massima altezza. Il dominio computazionale ha estensione 120 × 120 km<sup>2</sup> con risoluzione cella di 2 km ed è stato impostato in modo che il porto di Marina di Ravenna risultasse al centro del dominio. Il dominio di ricampionamento è stato invece scelto di dimensione 64 × 64 km<sup>2</sup> con risoluzione di 2000 m e rappresenta il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	13 di 72

**Figura 4.1 - Domini di calcolo meteorologico, computazionale e ricampionato (area ove insistono le condotte sottomarine)**



**Figura 4.2 - Domini di calcolo meteorologico, computazionale e ricampionato (area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna)**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 14 di 72
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 4.2 Orografia e uso del suolo

I dati necessari per la definizione delle caratteristiche orografiche e idrografiche dei domini di studio sono stati estratti dal database SRTM [Rif. 1], frutto di una collaborazione tra National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) e altre agenzie spaziali, tra cui quella tedesca e italiana. Il modello digitale di elevazione (DEM) utilizzato è SRTM3, che ha una risoluzione di 3 arco secondi (circa 90 m) (Figura 4.3). Nelle aree del dominio dove tali dati non sono disponibili si è fatto ricorso ai dati GTOPO30 forniti dall'U.S. Geological Survey (USGS) [Rif. 2] caratterizzati da una risoluzione più grossolana di 30 arco secondi (circa 900 m). Per migliorare la caratterizzazione orografica del dominio di interesse, sono stati impiegati anche i dati delle linee di costa e dei corpi d'acqua ad alta risoluzione Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Database (GSHHS) forniti dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [Rif. 3].

Per quanto riguarda l'uso del suolo, è stato utilizzato il database Corine Land Cover (CLC) dell'anno 2018, messo a disposizione dal Global Monitoring for Environment and Security (GMES), conosciuto oggi come Copernicus [Rif. 4]. Esso, con una risoluzione spaziale di circa 100 m, riporta l'informazione sulla tipologia di copertura del suolo, codificata secondo un preciso codice (Figura 4.4).

In Figura 4.5 e Figura 4.6 sono rappresentate le elaborazioni eseguite con i preprocessori di CALMET che restituiscono una griglia di orografia ed uso del suolo con risoluzione uguale a quella dei domini meteorologici. Per quanto riguarda l'uso del suolo, poiché i codici del database CLC non sono immediatamente leggibili dal preprocessore, è stata utilizzata la tabella di decodifica riportata nel documento "Definizione della metodologia e degli input necessari per l'esecuzione di analisi integrate CALPUFF-CALMET ai fini della valutazione della dispersione di inquinanti radioattivi in atmosfera", elaborato da ENEA nel 2015 [Rif. 5].

Figura 4.3 - Visualizzazione dei dati GeoTIFF disponibili dal database SRTM3 per l'area ove insistono le condotte (a sinistra) e per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (a destra)

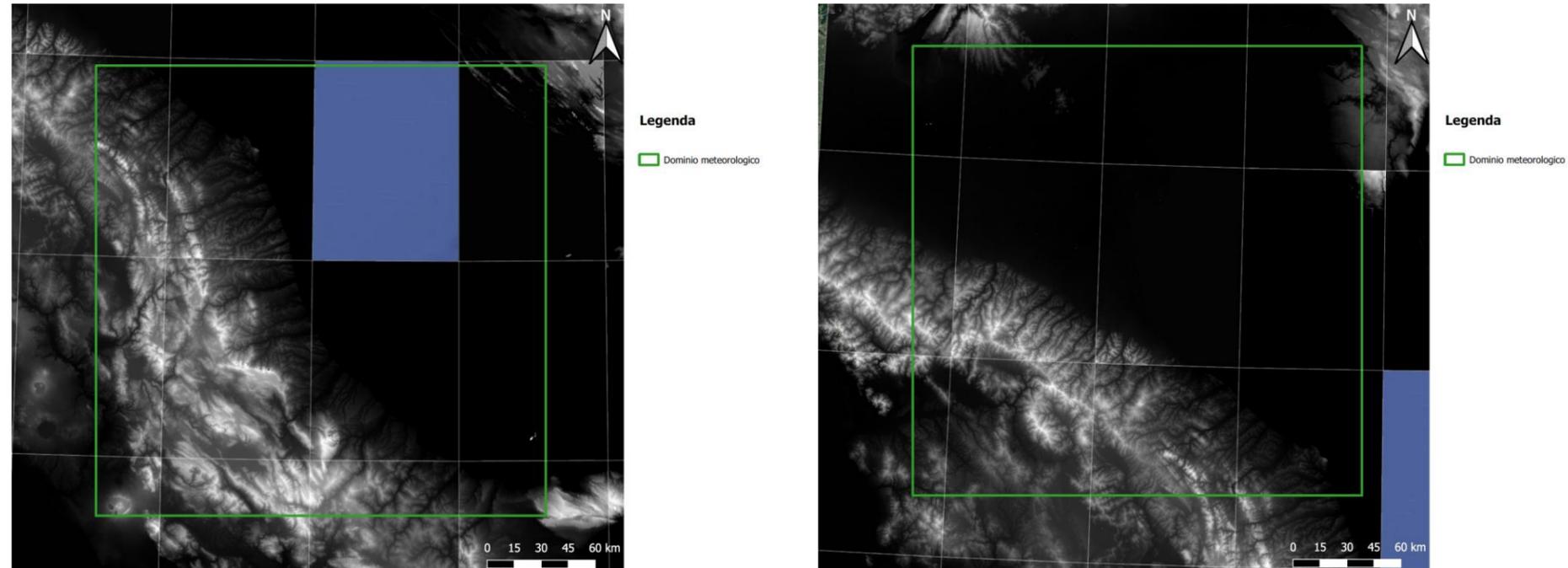


Figura 4.4 - Visualizzazione dei dati di land cover disponibili dal database CLC per l'area ove insistono le condotte (a sinistra) e per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (a destra)

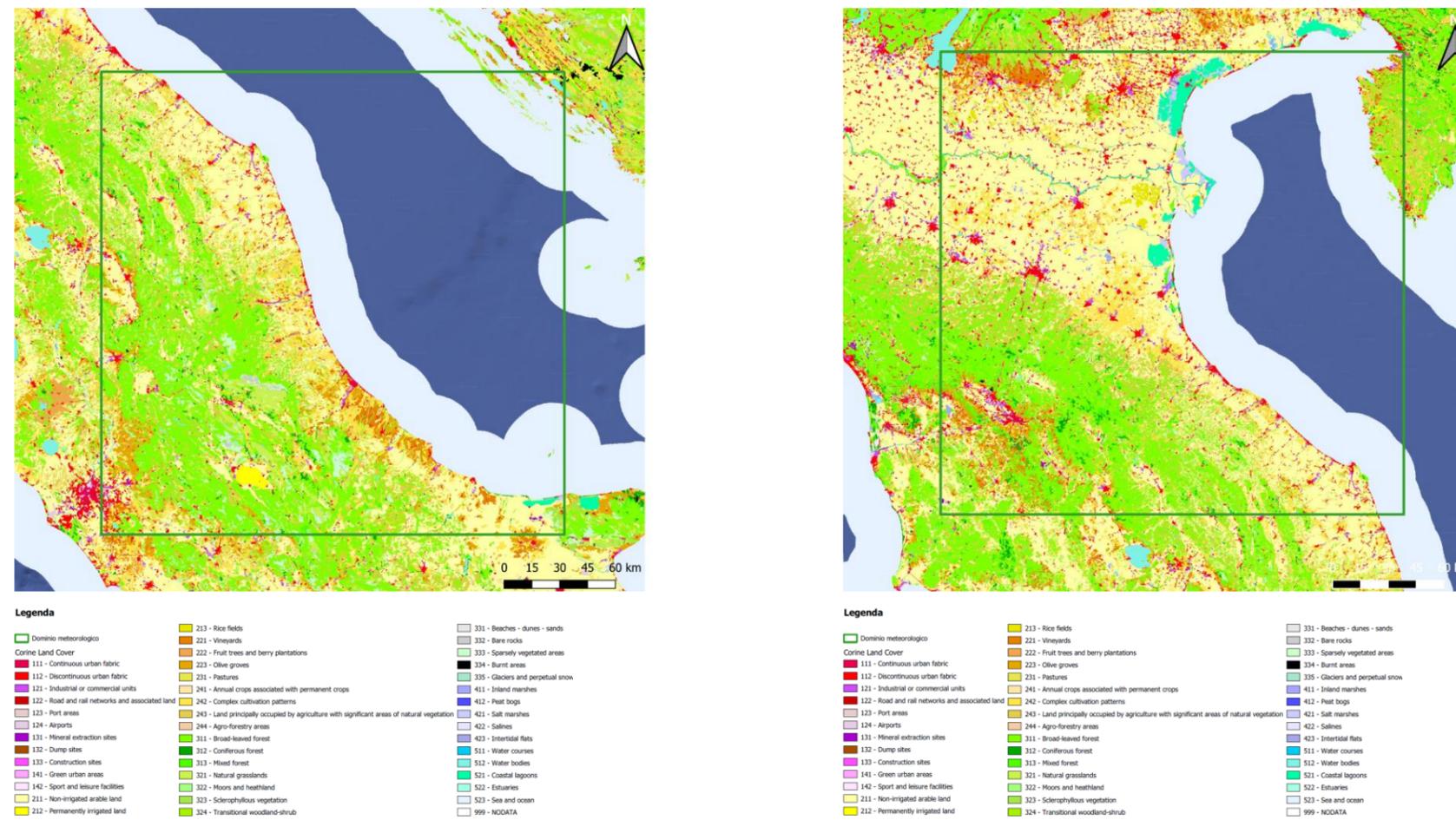




Figura 4.5 - Dominio CALMET: griglia di elevazione (orografia) per l'area ove insistono le condotte (a sinistra) e per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (a destra)

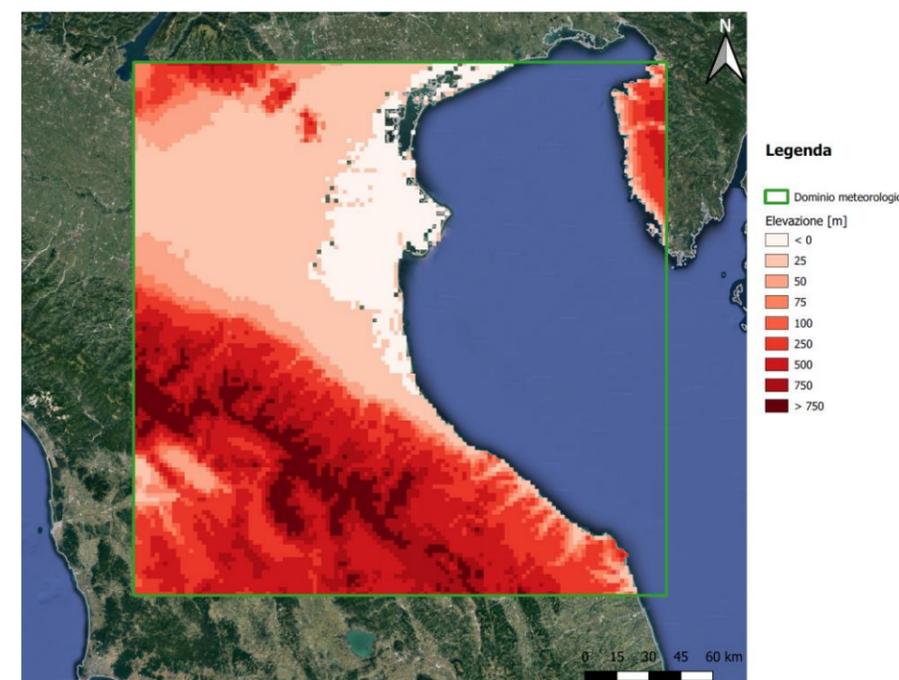
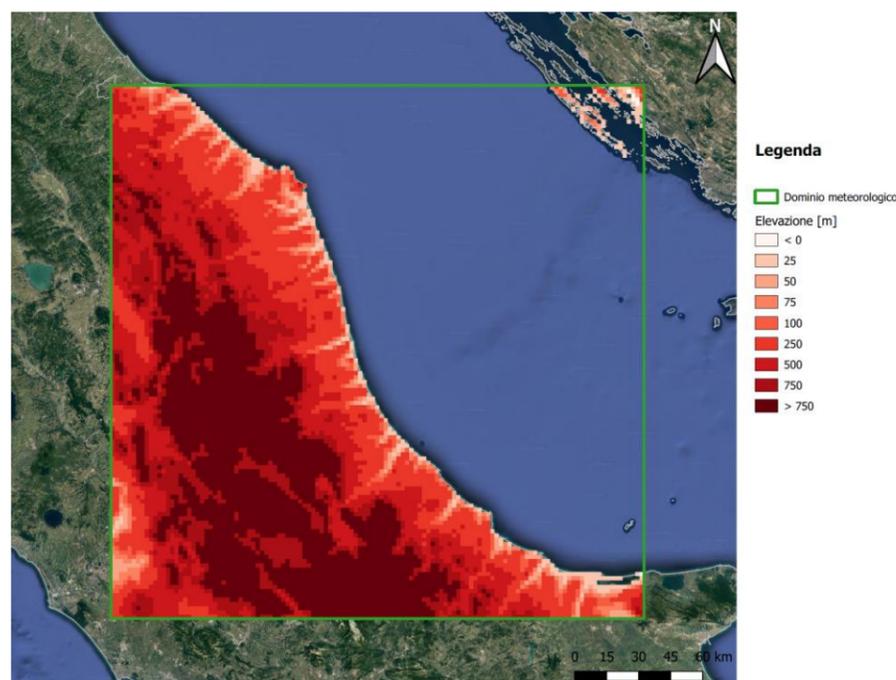
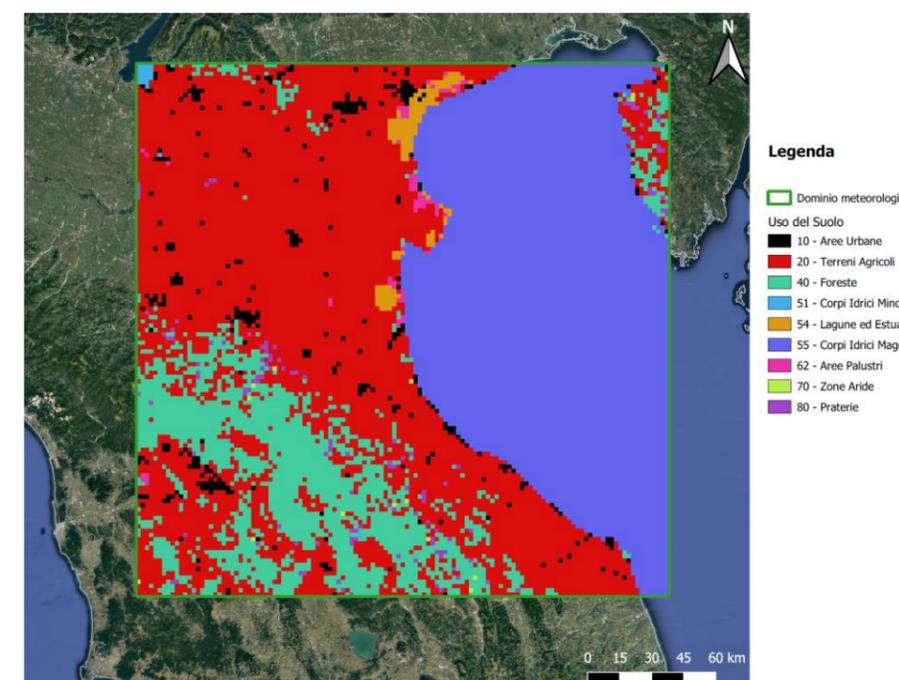
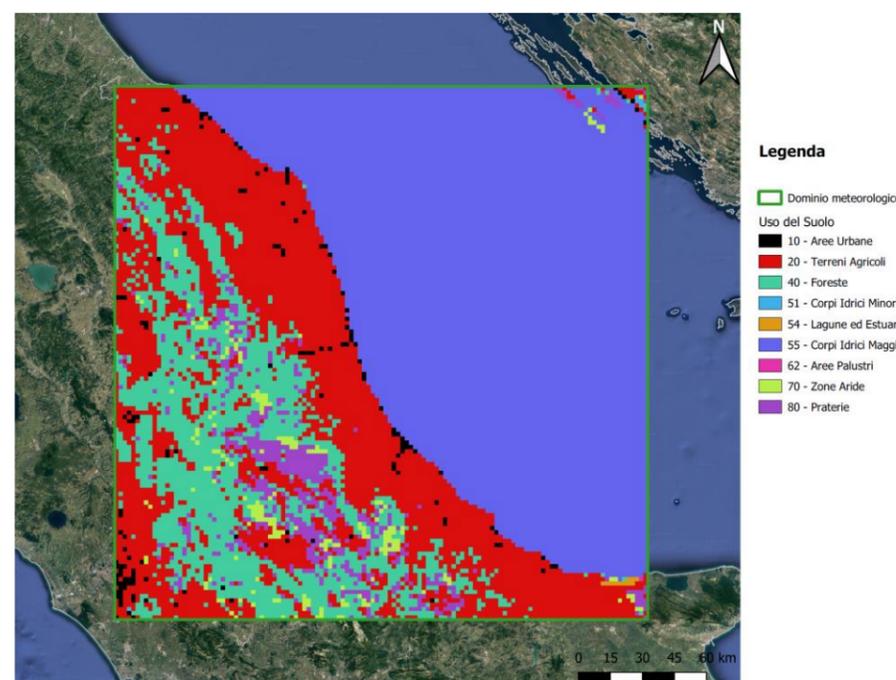


Figura 4.6 - Dominio CALMET: griglia di uso del suolo per l'area ove insistono le condotte (a sinistra) e per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (a destra)



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 17 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 4.3 Dati meteorologici

Tutti i dati meteorologici utilizzati nel presente studio sono stati estratti dal database di re analisi Copernicus ERA5 [Rif. 6] dell'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Questo dataset, che copre l'intero globo con una griglia con risoluzione 30 km e 137 layer atmosferici dalla superficie terrestre ad una quota di 80 km, fornisce, dal 1979 fino alla data odierna, informazioni su base oraria di un ampio numero di variabili climatiche atmosferiche, terrestri e oceanografiche.

I dati meteorologici di superficie necessari per l'utilizzo del modello CALMET consistono nei rilevamenti orari di parametri meteorologici quali direzione e velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, copertura nuvolosa, altezza delle nuvole, pressione atmosferica e precipitazione. Tali dati vengono integrati, nel caso in cui la centralina ricada a mare, dal parametro differenza di temperatura tra aria e strato superficiale del mare.

La serie di dati in quota utilizzato come input da CALMET è caratterizzata da profili verticali di velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, temperatura dell'aria e altezza di geopotenziale con una risoluzione temporale di 12 ore. I dati in quota devono coprire l'intera estensione verticale del dominio di calcolo.

Le centraline sulla superficie terrestre e in quota impiegate nel presente studio, identificate in Figura 4.8 per l'area ove insistono le condotte e in Figura 4.8 per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna, hanno una equidistanza spaziale di 0.5°. Le relative coordinate geografiche, del tipo WGS84, sono riportate in Tabella 4.1 e Tabella 4.2.

#### 4.3.1 Scelta dell'anno rappresentativo

Al fine di identificare un anno meteorologico rappresentativo delle condizioni medie di lungo periodo è stata condotta una analisi utilizzando i dati provenienti dal database ERA5 [Rif. 6] per il decennio 2012-2021 estratti al punto di coordinate 14.00°E, 43.00°N, che si può ritenere rappresentativo per l'area ove insistono le condotte, e al punto 12.25°E, 44.50°N, rappresentativo per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna. Analizzando sia le rose dei venti annuali e decennale, sia gli andamenti delle temperature dell'aria e delle precipitazioni annuali e decennale, riportate negli ALLEGATI A e B si può notare che l'anno 2013 è quello che, complessivamente, fa registrare le variazioni più esigue rispetto al trend decennale di vento, temperatura dell'aria e precipitazione, mentre il 2020 è quello più rappresentativo degli ultimi 5 anni. Pertanto, tale anno è stato selezionato per la simulazione con il modello CALMET.



Figura 4.7 - Dominio CALMET per l'area ove insistono le condotte: centraline superficiali (SURF), superficiali a mare (SEA) e in quota (UP)

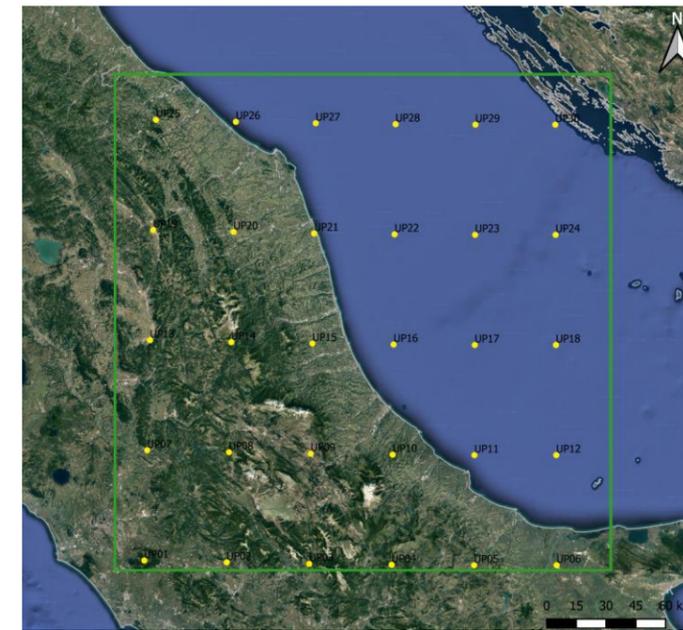
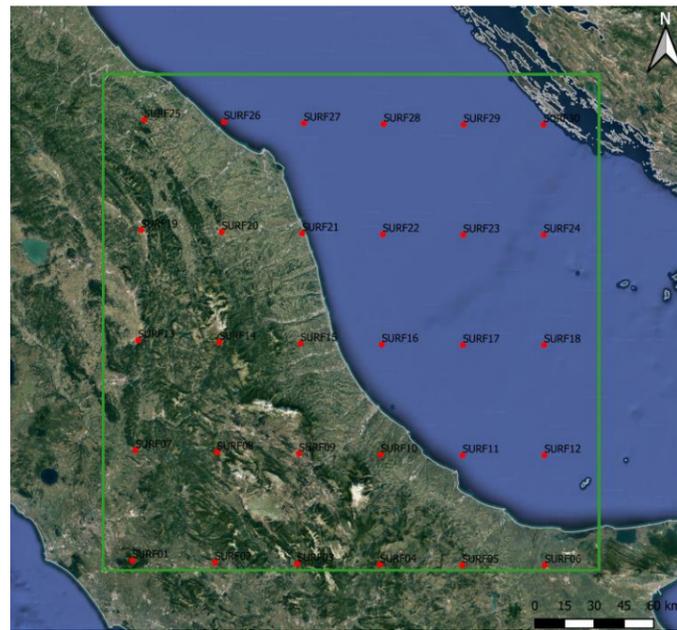
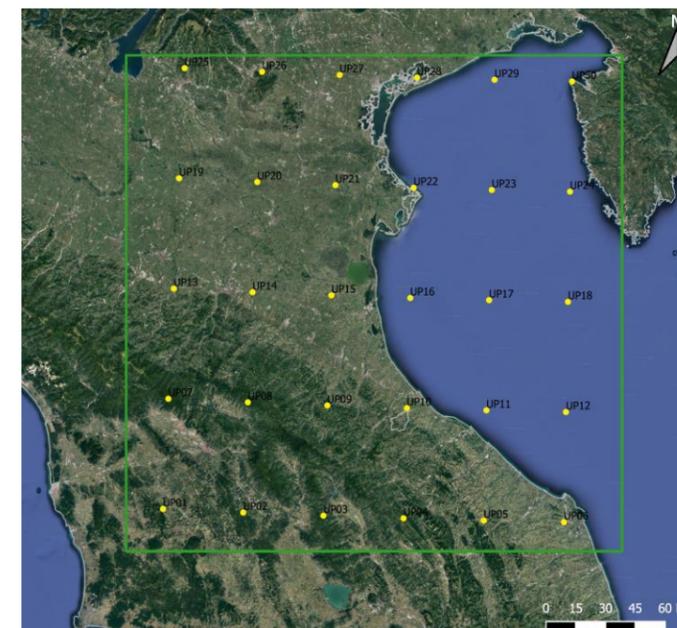
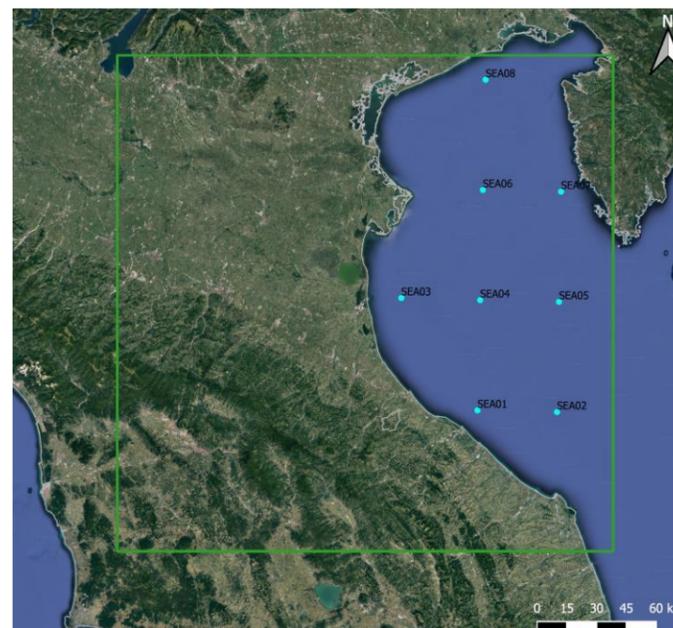
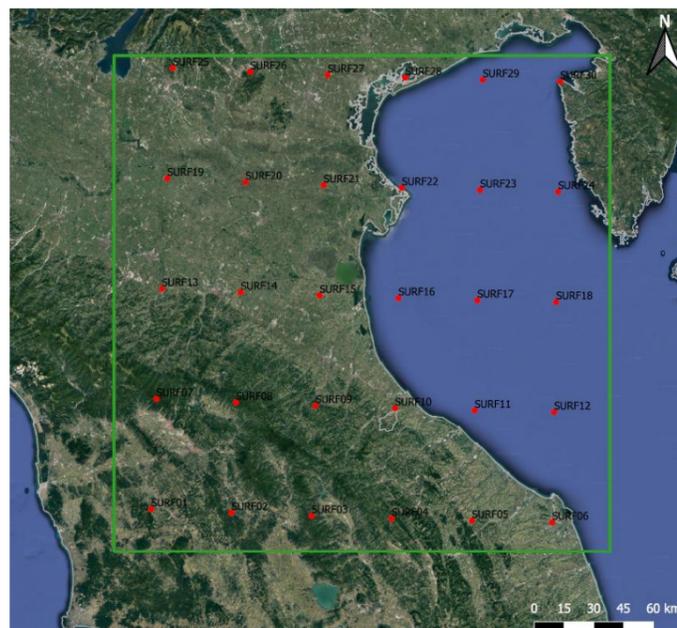


Figura 4.8 - Dominio CALMET per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna: centraline superficiali (SURF), superficiali a mare (SEA) e in quota (UP)



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	19 di 72

**Tabella 4.1 - Dominio CALMET per l'area ove insistono le condotte: coordinate delle centraline impiegate**

<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>	<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>	<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>
SURF01	12.75	41.75	SEA01	14.75	42.25	UP01	12.75	41.75
SURF02	13.25	41.75	SEA02	15.25	42.25	UP02	13.25	41.75
SURF03	13.75	41.75	SEA03	14.25	42.75	UP03	13.75	41.75
SURF04	14.25	41.75	SEA04	14.75	42.75	UP04	14.25	41.75
SURF05	14.75	41.75	SEA05	15.25	42.75	UP05	14.75	41.75
SURF06	15.25	41.75	SEA06	14.25	43.25	UP06	15.25	41.75
SURF07	12.75	42.25	SEA07	14.75	43.25	UP07	12.75	42.25
SURF08	13.25	42.25	SEA08	15.25	43.25	UP08	13.25	42.25
SURF09	13.75	42.25	SEA09	13.25	43.75	UP09	13.75	42.25
SURF10	14.25	42.25	SEA10	13.75	43.75	UP10	14.25	42.25
SURF11	14.75	42.25	SEA11	14.25	43.75	UP11	14.75	42.25
SURF12	15.25	42.25	SEA12	14.75	43.75	UP12	15.25	42.25
SURF13	12.75	42.75	SEA13	15.25	43.75	UP13	12.75	42.75
SURF14	13.25	42.75				UP14	13.25	42.75
SURF15	13.75	42.75				UP15	13.75	42.75
SURF16	14.25	42.75				UP16	14.25	42.75
SURF17	14.75	42.75				UP17	14.75	42.75
SURF18	15.25	42.75				UP18	15.25	42.75
SURF19	12.75	43.25				UP19	12.75	43.25
SURF20	13.25	43.25				UP20	13.25	43.25
SURF21	13.75	43.25				UP21	13.75	43.25
SURF22	14.25	43.25				UP22	14.25	43.25
SURF23	14.75	43.25				UP23	14.75	43.25
SURF24	15.25	43.25				UP24	15.25	43.25
SURF25	12.75	43.75				UP25	12.75	43.75
SURF26	13.25	43.75				UP26	13.25	43.75
SURF27	13.75	43.75				UP27	13.75	43.75
SURF28	14.25	43.75				UP28	14.25	43.75
SURF29	14.75	43.75				UP29	14.75	43.75
SURF30	15.25	43.75				UP30	15.25	43.75

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	20 di 72

**Tabella 4.2 - Dominio CALMET per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna: coordinate delle centraline impiegate**

<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>	<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>	<i>Cod. centralina</i>	<i>X [° LON]</i>	<i>Y [° LAT]</i>
SURF01	11.00	43.50	SEA01	13.00	44.00	UP01	11.00	43.50
SURF02	11.50	43.50	SEA02	13.50	44.00	UP02	11.50	43.50
SURF03	12.00	43.50	SEA03	12.50	44.50	UP03	12.00	43.50
SURF04	12.50	43.50	SEA04	13.00	44.50	UP04	12.50	43.50
SURF05	13.00	43.50	SEA05	13.50	44.50	UP05	13.00	43.50
SURF06	13.50	43.50	SEA06	13.00	45.00	UP06	13.50	43.50
SURF07	11.00	44.00	SEA07	13.50	45.00	UP07	11.00	44.00
SURF08	11.50	44.00	SEA08	13.00	45.50	UP08	11.50	44.00
SURF09	12.00	44.00				UP09	12.00	44.00
SURF10	12.50	44.00				UP10	12.50	44.00
SURF11	13.00	44.00				UP11	13.00	44.00
SURF12	13.50	44.00				UP12	13.50	44.00
SURF13	11.00	44.50				UP13	11.00	44.50
SURF14	11.50	44.50				UP14	11.50	44.50
SURF15	12.00	44.50				UP15	12.00	44.50
SURF16	12.50	44.50				UP16	12.50	44.50
SURF17	13.00	44.50				UP17	13.00	44.50
SURF18	13.50	44.50				UP18	13.50	44.50
SURF19	11.00	45.00				UP19	11.00	45.00
SURF20	11.50	45.00				UP20	11.50	45.00
SURF21	12.00	45.00				UP21	12.00	45.00
SURF22	12.50	45.00				UP22	12.50	45.00
SURF23	13.00	45.00				UP23	13.00	45.00
SURF24	13.50	45.00				UP24	13.50	45.00
SURF25	11.00	45.50				UP25	11.00	45.50
SURF26	11.50	45.50				UP26	11.50	45.50
SURF27	12.00	45.50				UP27	12.00	45.50
SURF28	12.50	45.50				UP28	12.50	45.50
SURF29	13.00	45.50				UP29	13.00	45.50
SURF30	13.50	45.50				UP30	13.50	45.50

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 21 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

#### 4.4 Risultati

La simulazione del campo di vento con il codice CALMET è stata eseguita dal 01/01/2020 al 01/01/2021 per un totale di 8784 ore. In Figura 4.9 sono riportate la rosa dei venti mensili ed annuale, relative allo strato (layer) più superficiale per un punto di coordinate prossime all'area ove insistono le condotte di Fabrizia 1 (UTM 33 X = 419360 m, Y = 4765266 m), estratte dal campo tridimensionale dei venti ricostruito con CALMET. In Figura 4.10 sono riportate le medesime tipologie di informazioni ma relative al punto UTM 33 X = 283000 m, Y = 4927800 m, nei pressi dell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna, estratte dal campo di vento 3D.

In Figura 4.11 e Figura 4.12 sono invece rappresentati alcuni istanti temporali dello strato (layer) più superficiale del campo bidimensionale di vento.

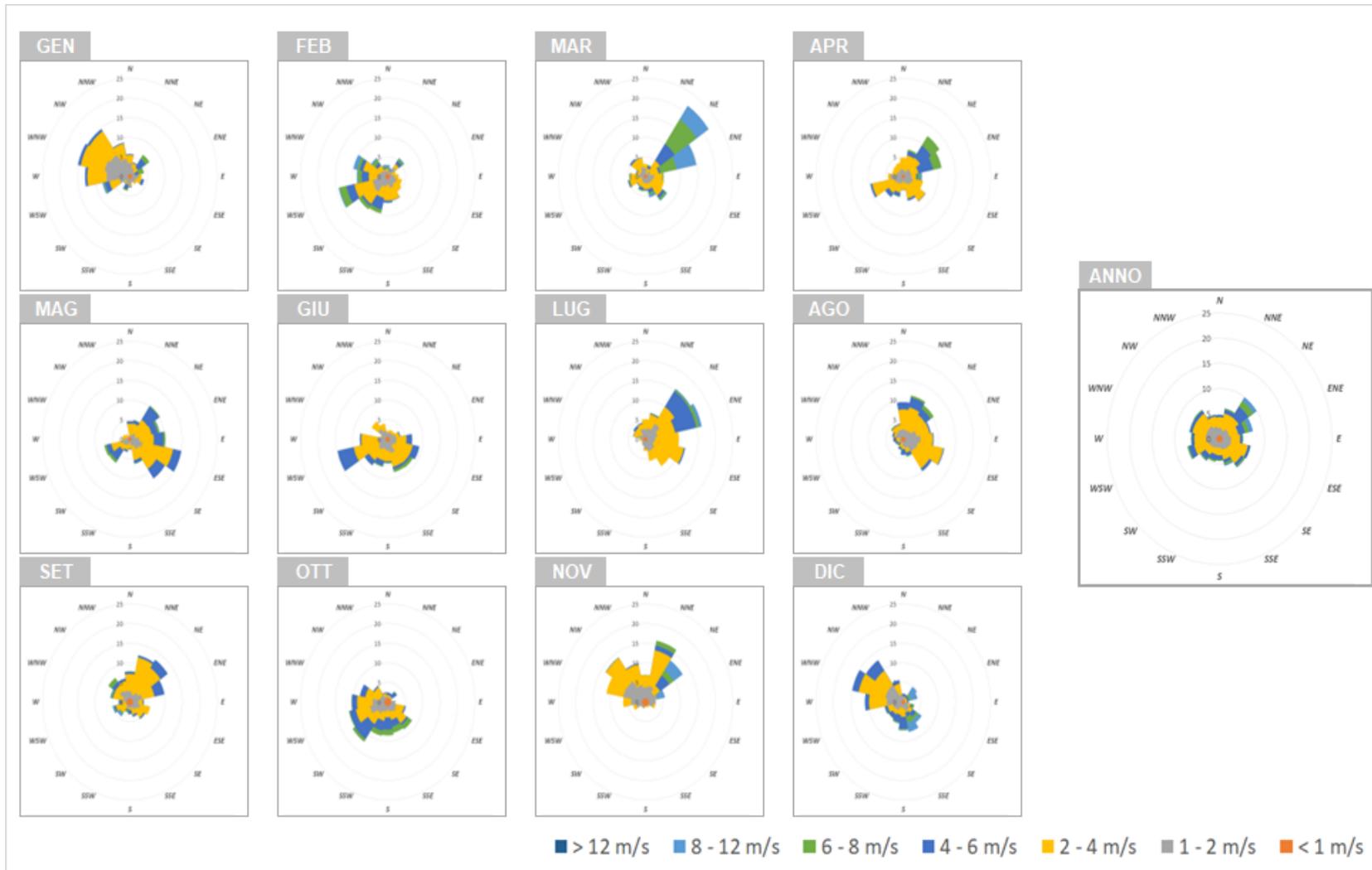


Figura 4.9 - Risultati CALMET: rose dei venti superficiali (layer 1) mensili e annuale estratte per un punto rappresentativo per l'area ove insistono le condotte



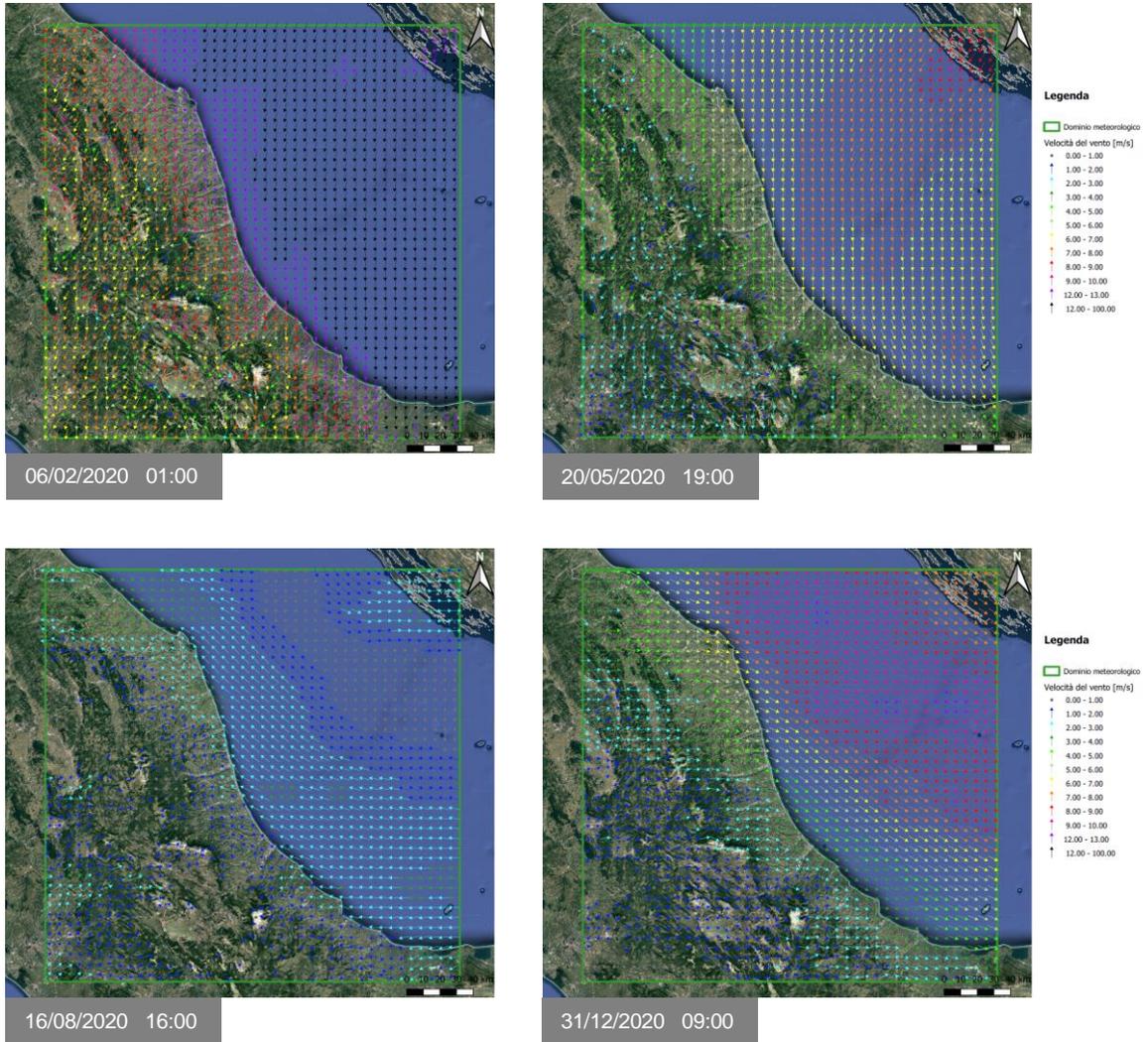


Figura 4.10 - Risultati CALMET: rose dei venti superficiali (layer 1) mensili e annuale estratte per un punto rappresentativo dell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna



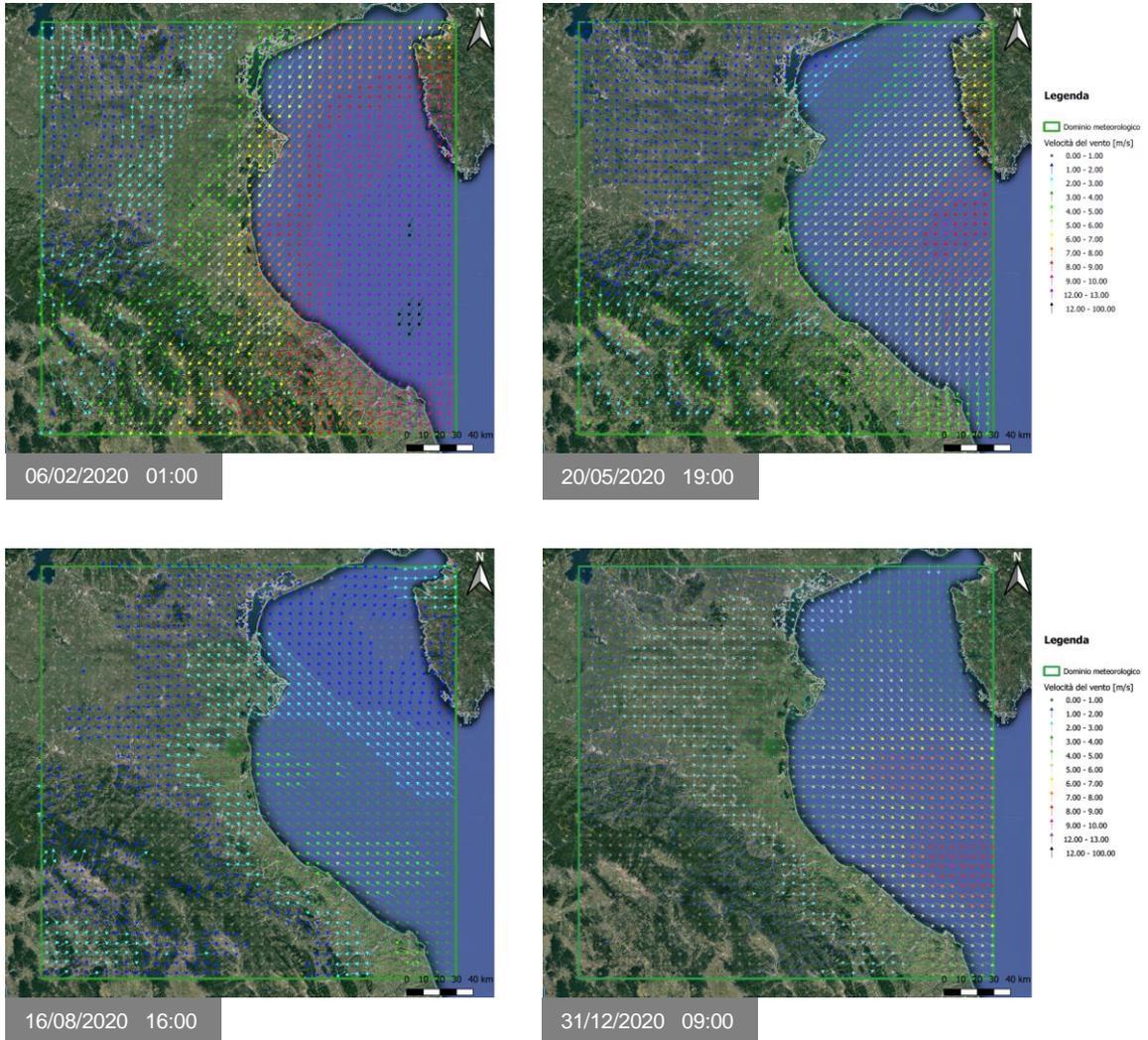


**Figura 4.11 - CALMET: campo di vento 2D per alcuni istanti temporali (layer superficiale) per l'area ove insistono le condotte**





**Figura 4.12 - CALMET: campo di vento 2D per alcuni istanti temporali (layer superficiale) per l'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	26 di 72

## 5 ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI DA MEZZI NAVALI

### 5.1 Assunzioni modellistiche

Per quanto riguarda le impostazioni delle simulazioni CALPUFF inerenti alla dispersione degli effluenti inquinanti dovuti alle emissioni dai mezzi navali coinvolti nelle operazioni di dismissione, sono state definite le seguenti assunzioni:

- Gli spostamenti dei mezzi navali e gli stazionamenti presso la zona delle condotte o in porto, le cui durate sono dettagliate di seguito, si ipotizza che vengano ripetuti per l'intero anno:

Scenario A:

- Questo scenario non è stato analizzato in quanto l'opzione di dismissione in sito non prevede l'utilizzo di alcun mezzo navale.

Scenario B:

- 1 DSV permane 7 giorni nel porto di Marina di Ravenna (MOB), successivamente si sposta nella zona delle condotte di Fabrizia 1, dove opera per 21 giorni e rientra in porto, dove staziona per 1 giorno (DEMOB).
- 2 Towing Tug e 1 Cargo Barge iniziano l'operatività in concomitanza con il DSV, permanendo 7 giorni al porto di Marina di Ravenna (MOB), successivamente raggiungono la zona delle condotte di Fabrizia 1 dove operano per 21 giorni e rientrano al porto di Marina di Ravenna, stazionando un ulteriore giorno (DEMOB).
- La rotta di navigazione porto di Marina di Ravenna – Fabrizia 1 viene percorsa complessivamente in un tempo di 12 ore ad una velocità costante, indipendentemente dal mezzo navale analizzato. Stessa durata viene impiegata per la rotta inversa.
- Al porto di Marina di Ravenna le operazioni di scarico e smantellamento vengono eseguite con mezzi alimentati con motori diesel, le cui emissioni sono state valutate nel modello di dispersione in atmosfera a terra (Capitolo 6).
- Il Cargo Barge è un mezzo privo di motore che verrà trainato da uno dei due Towing Tug. Non producendo quindi alcuna emissione in atmosfera, non costituisce sorgente emissiva e non è stato pertanto considerato nelle simulazioni modellistiche.
- A fini cautelativi non sono stati attivati i meccanismi e relativi algoritmi di rimozione secca ed umida; i risultati presentati corrispondono al non aver considerato tali fenomeni di rimozione.
- Per l'esecuzione delle operazioni di dismissione è stata considerata la flotta tipo riportata in Figura 5.1.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	27 di 72

**Figura 5.1 - Caratteristiche dei mezzi navali coinvolti nelle operazioni di dismissione**

Type	Diving Support Vessel - DSV	
<b>Motore</b>	Diesel	
<b>Consumo*</b>	15	t/day
<b>PoB</b>	50	
<b>GT</b>	4641	t
<b>Larghezza**</b>	19.7	m
<b>Lunghezza***</b>	93.3	m
<b>Potenza</b>	10384	kW



\* considerato come consumo in navigazione o stazionamento DP. Ridotto al 50% se il mezzo è in porto\*\* breadth \*\*\*Lenght Overall (LOA)

Type	Towing Tug	
<b>Motore</b>	Diesel	
<b>Consumo*</b>	10	t/day
<b>PoB</b>	10	
<b>GT</b>	463	t
<b>Larghezza</b>	5.1	m
<b>Lunghezza</b>	32	m
<b>Potenza</b>	4200	kW



\* considerato come consumo in navigazione o stazionamento DP. Ridotto al 50% se il mezzo è in porto\*\* breadth \*\*\*Lenght Overall (LOA)

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 28 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 5.2 Calcolo del termine di sorgente

### 5.2.1 Geometria e posizione delle sorgenti emissive

Nelle fasi di stazionamento in porto e in posizionamento dinamico (Dynamic Positioning – DP), le sorgenti emissive sono state considerate come sorgenti puntuali, aventi le caratteristiche riportate in Tabella 5.1. Per la modellistica è stato impiegato il modulo PTEMARB del pacchetto CALPUFF, che consente, oltre che caratterizzare le sorgenti a camino variabili nello spazio e nel tempo, anche l'attivazione/disattivazione delle stesse.

Per la stima delle altezze e dei diametri dei camini delle singole imbarcazioni e per la stima della temperatura e velocità dei fumi in uscita, si è fatto riferimento a dati da fonte Fincantieri ed alle valutazioni proposte da ARPA Veneto nell'ambito del progetto CAIMANs [Rif. 7].

Quindi, per la parametrizzazione emissiva è stato assunto:

- Altezza del camino in funzione del tonnellaggio della nave:
  - 10 m per navi con GT < 40.000 tonnellate di stazza lorda
  - 30 m per navi 40.000 < GT < 90.000 tonnellate di stazza lorda
  - 55 m per navi 90.000 < GT < 115.000 tonnellate di stazza lorda
  - 60 m per navi > 115.000 tonnellate di stazza lorda
- Diametro del camino: 1.5 o 0.7 m
- Temperatura fumi: 160 °C
- Velocità fumi: 10 m/s

Per i due Towing Tug è stato considerato un unico camino emissivo, avente un'area circolare di uscita pari alla somma dei singoli.

Durante la navigazione, le sorgenti emissive tempo varianti sono invece state considerate come lineari (Tabella 5.2), impiegando il modulo RDEMARB del pacchetto CALPUFF.

Tutte le sorgenti sono riportate graficamente in Figura 5.2.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	29 di 72

**Tabella 5.1 - Caratteristiche geometriche delle sorgenti emissive puntuali considerate**

Scenario	Mezzo navale	ID Sorgente	X [m]	Y [m]	Altezza [m]	Diametro [m]
B	Diving Support Vessel	DSV_PORT	283065	4927760	10.00	1.50
		DSV_OFFS	417621	4766805	10.00	1.50
	Towing Tug (x2)	TUG_PORT	283018	4927830	10.00	0.99*
		TUG_OFFS	417421	4766805	10.00	0.99*

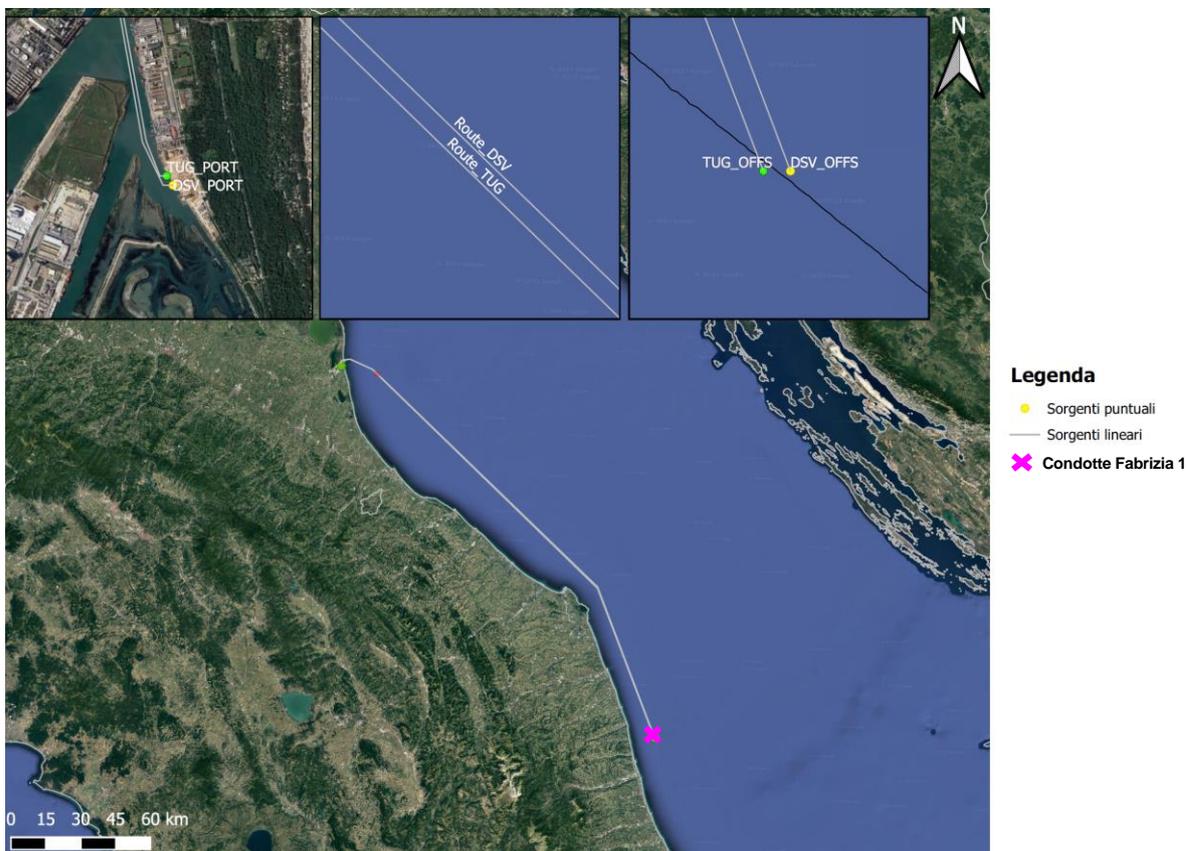
\* diametro equivalente relativo ad un'area corrispondente alla somma dei singoli camini ( $d1 = d2 = 0.70$  m)

**Tabella 5.2 - Caratteristiche geometriche delle sorgenti emissive lineari considerate**

Scenario	Mezzo navale	ID Sorgente	X inizio [m]	Y inizio [m]	X fine [m]	Y fine [m]	Lunghezza [m]
B	Diving Support Vessel	Route_DSV	283065	4927760	417621	4766805	221437
	Towing Tug (x2)	Route_TUG	283018	4927830	417421	4766805	220988

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	30 di 72

**Figura 5.2 - Localizzazione delle sorgenti emissive puntuali e lineari**



### 5.2.2 Portate emesse

Per quanto riguarda le emissioni dei motori dei mezzi navali coinvolti nelle fasi di dismissione delle condotte sottomarine afferenti la piattaforma Fabrizia 1 sono state calcolate a partire dai fattori emissivi riportati nel capitolo 1.A.3.d.i, 1.A.3.d.ii, 1.A.4.c.iii "International maritime and inland navigation, national navigation, national fishing, recreational boats International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing" del documento "EMEP EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2019", aggiornato a dicembre 2021 [Rif. 8]. Il suddetto documento riporta le emissioni medie (esprese come chilogrammi di sostanza inquinante per tonnellata di carburante consumato, kg/t) caratteristiche di diverse tipologie di natanti in funzione del combustibile da esse utilizzato ed in funzione della tipologia di attività di navigazione (navigazione in mare aperto, navigazione in fase di manovra, stazionamento in porto).

Per i due Towing Tug è stata considerata un'emissione doppia per una unica sorgente puntuale.

In Tabella 5.3 vengono riportati i fattori emissivi considerati per il calcolo delle portate di sostanze inquinanti.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	31 di 72

**Tabella 5.3 - Fattori emissivi considerati per i mezzi navali coinvolti nelle operazioni**

Type	Pollutant	Value	Unit	Detail
Marine Diesel Oil (MDO) Marine Diesel Gas (MDG)	<b>Tier 1 default emission factors</b>			
	CO	3.84	kg/t fuel	-
	NM VOC	1.75	kg/t fuel	-
	SO <sub>x</sub>	1.82	kg/t fuel	-
	<b>Tier 2 default emission factors</b>			
	NO <sub>x</sub>	60.8	kg/t fuel	Medium speed diesel
	PM <sub>10</sub>	1.016	kg/t fuel	Medium speed diesel

I suddetti valori emissivi, moltiplicati per i consumi giornalieri riportati al paragrafo 5.1, suddivisi per tipologia di manovra di riferimento, restituiscono le portate emesse dalle sorgenti puntuali (Tabella 5.4) e lineari (Tabella 5.5).

**Tabella 5.4 - Portate in massa delle sorgenti puntuali considerate**

Scenario	Mezzo navale	Tipologia di manovra	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
			Portate in massa [g/s]				
B	Diving Support Vessel	In porto	0.33	0.15	5.28	0.09	0.16
		Stazionamento DP	0.67	0.30	10.56	0.18	0.32
	Towing Tug (x2)	In porto	0.44	0.20	7.04	0.12	0.21
		Stazionamento DP	0.89	0.41	14.07	0.24	0.42

**Tabella 5.5 - Portate in massa per unità di lunghezza delle sorgenti lineari considerate**

Scenario	Mezzo navale	Tipologia di manovra	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
			Portate in massa per unità di lunghezza [g/s/m]				
B	Diving Support Vessel	Navigazione	3.61E-05	1.65E-05	5.72E-04	9.56E-06	1.71E-05
	Towing Tug (x2)	Navigazione	4.83E-05	2.20E-05	7.64E-04	1.28E-05	2.29E-05

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	32 di 72

### 5.3 Limiti di riferimento

Le concentrazioni di inquinanti stimate con il modello di dispersione CALPUFF sono state riferite agli indicatori della normativa vigente per la qualità dell'aria (Allegati XI e XII al D.Lgs. 155/2010), riportati in Tabella 5.6.

Sebbene non esistano specifici limiti normativi, è stata analizzata anche la dispersione dei composti organici volatili (COV) in termini di concentrazioni massime orarie e medie annue.

**Tabella 5.6 - Limiti normativi considerati per gli inquinanti emessi (Allegato XI al D.Lgs. 155/2020)**

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Valore limite	Superamenti annui
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Soglia di allarme	1 ora	500 µg/m <sup>3</sup>	-
	Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	massimo 24 (99.7° percentile)
	Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup>	massimo 3 volte (99.2° percentile)
	Livello critico per la vegetazione	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	-
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	Soglia di allarme	1 ora	400 µg/m <sup>3</sup>	-
	Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	massimo 18 volte (99.8° percentile)
	Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-
	Livello critico per la vegetazione	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	-
Polveri sottili (PM <sub>10</sub> )	Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup>	massimo 35 (90.4° percentile)
	Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-
Monossido di carbonio (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	33 di 72

## 5.4 Risultati

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni su base annua delle emissioni in atmosfera dovute ai motori dei mezzi navali coinvolti nelle operazioni di dismissione (recupero di condotte sottomarine e trasporto verso il porto di Marina di Ravenna), suddivisi per ogni inquinante simulato. L'analisi dei risultati è volta a determinare i valori di concentrazione (definiti dalla normativa vigente) e a confrontare gli stessi con gli standard di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs.155/2010 (riportati al paragrafo 5.3). Suddetti valori, sebbene siano stati estratti sull'intero dominio di calcolo, rivestono un particolare significato sulla terraferma, area di competenza della normativa, cioè laddove esistono recettori sensibili inerenti alla salute pubblica o ambientale.

Sinteticamente, le massime concentrazioni al suolo dei principali inquinanti dovute alle emissioni dai motori dei mezzi navali sono inserite nella Tabella 5.7 riportata di seguito.

Come si può osservare, tutti i limiti normativi sono ovunque pienamente rispettati, ad eccezione dei limiti riferiti alle concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub>, i cui superamenti sono limitati ad un intorno di circa 300 m di raggio nei pressi della banchina di Marina di Ravenna (limite riferito ai massimi orari) e di circa 1100 m nell'area delle condotte Fabrizio 1 - innesto con le linee Davide-Grottammare (limite riferito al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie).

**Tabella 5.7 - Concentrazioni massime rilevate dovute alle emissioni dai motori dei mezzi navali**

	SO <sub>2</sub>				NO <sub>x</sub>			PM <sub>10</sub>		CO	COV	
	Massimi orari [µg/m <sup>3</sup> ]	99.7° perc.le* [µg/m <sup>3</sup> ]	99.2° perc.le** [µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale [µg/m <sup>3</sup> ]	Massimi orari [µg/m <sup>3</sup> ]	99.8° perc.le* [µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale [µg/m <sup>3</sup> ]	90.4° perc.le** [µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale [µg/m <sup>3</sup> ]	Media 8 ore [mg/m <sup>3</sup> ]	Massimi orari [µg/m <sup>3</sup> ]	Media annuale [µg/m <sup>3</sup> ]
Valori massimi a mare	28.8	13.7	5.27	0.789	<b>963</b>	<b>466</b>	26.4	1.70	0.440	0.0282	27.7	0.759
Valori massimi a costa	45.5	23.1	7.19	0.316	<b>1522</b>	<b>818</b>	10.6	0.505	0.176	0.0449	43.8	0.304
Limite di legge	500	350	125	20 (veg.)	400	200	40 30 (veg.)	50	40	10	-	-

\* percentile calcolato su base oraria, \*\*percentile calcolato su base giornaliera

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	34 di 72

#### 5.4.1 SO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda la SO<sub>2</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 5.3 a Figura 5.6):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni massime orarie su base annua è pari a 500 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 3 ore consecutive): il valore massimo ottenuto nella zona delle condotte di Fabrizia 1 è di 28.8 µg/m<sup>3</sup>, un valore notevolmente inferiore al limite di riferimento. A costa il valore massimo ottenuto è di 45.5 µg/m<sup>3</sup>, anch'esso inferiore alla soglia normativa. La Figura 5.15 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area delle condotte e nei pressi della banchina.
- Il limite per le concentrazioni orarie, pari a 350 µg/m<sup>3</sup> e non deve essere superato per più di 24 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.7° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto nei pressi delle condotte è pari a circa 13.7 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto della soglia di legge. A costa il valore massimo ottenuto è di 23.1 µg/m<sup>3</sup>.
- Il limite per le concentrazioni giornaliere, pari a 125 µg/m<sup>3</sup> non deve essere superato per più di 3 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere. I massimi valori ottenuti sono pari a circa 5.27 µg/m<sup>3</sup> nella zona delle condotte e 7.19 µg/m<sup>3</sup> nei pressi della banchina, quindi inferiori alla soglia di legge.
- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a 20 µg/m<sup>3</sup> (valore limite per la protezione della vegetazione). I valori massimi sono pari a 0.789 µg/m<sup>3</sup> per l'area delle condotte e 0.316 µg/m<sup>3</sup> nei pressi della banchina, ben al di sotto del limite di riferimento.

#### 5.4.2 NO<sub>x</sub>

Per quanto riguarda gli NO<sub>x</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 5.7 a Figura 5.9):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni massime orarie su base annua è pari a 400 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 3 ore consecutive). Il valore massimo ottenuto a mare nei pressi delle condotte di Fabrizia 1 è pari a 963 µg/m<sup>3</sup>, superiore alla soglia di riferimento. Nei pressi del porto di Marina di Ravenna ed in particolare nell'area di banchina, i valori massimi sono di circa 1522 µg/m<sup>3</sup>, anch'essi superiori al limite normativo. La Figura 5.16 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area delle condotte e nei pressi della banchina. Si può notare che il numero di superamenti annui a mare del valore soglia su base oraria è pari a 14, mentre a costa i superamenti sono 73, concentrati principalmente nel semestre estivo (dal giorno giuliano 92 al giorno giuliano 274).
- Il limite per le concentrazioni orarie, pari a 200 µg/m<sup>3</sup> non deve essere superato per più di 18 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie. Il valore massimo ottenuto a mare nella zona delle condotte è di 466

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	35 di 72

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre nei pressi del porto di Marina di Ravenna è di  $818 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , entrambi valori superiori alla soglia di riferimento.

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore massimo, ottenuto a costa nell'area in cui vengono attraccati i mezzi navali, è pari a circa  $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore quindi al limite di riferimento. Si evidenzia che i risultati ottenuti risultano al di sotto anche del limite normativo relativo alla protezione della vegetazione, pari a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 5.4.3 PM<sub>10</sub>

Per quanto riguarda le polveri sottili PM<sub>10</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 5.10 a Figura 5.11):

- Il limite normativo relativo al 90.4° percentile delle medie giornaliere, da non superare cioè più di 35 volte in un anno, è pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore massimo, ottenuto a mare nei pressi delle condotte di Fabrizia 1 è pari a  $1.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ben al di sotto del limite di riferimento. A costa, nell'area in cui vengono attraccati i mezzi navali, il valore massimo ottenuto è di  $0.505 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore massimo ottenuto è pari a circa  $0.440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , notevolmente inferiore alla soglia di legge.

La Figura 5.17 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area delle condotte e nei pressi della banchina.

#### 5.4.4 CO

Per la CO sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 5.12):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni mediate sulle 8 ore è pari a  $10 \text{mg}/\text{m}^3$ . Il valore massimo ottenuto nei pressi delle condotte di Fabrizia 1 è pari a  $0.0282 \text{mg}/\text{m}^3$ , ben al di sotto del limite di riferimento. A costa il valore massimo ottenuto è di  $0.0449 \text{mg}/\text{m}^3$ , anch'esso inferiore alla soglia normativa.

La Figura 5.18 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area delle condotte e nei pressi della banchina.

#### 5.4.5 COV

Sebbene non esistano specifici limiti normativi, è stata analizzata anche la dispersione dei composti organici volatili (COV) (da Figura 5.13 a Figura 5.14). Le concentrazioni massime orarie nei pressi delle

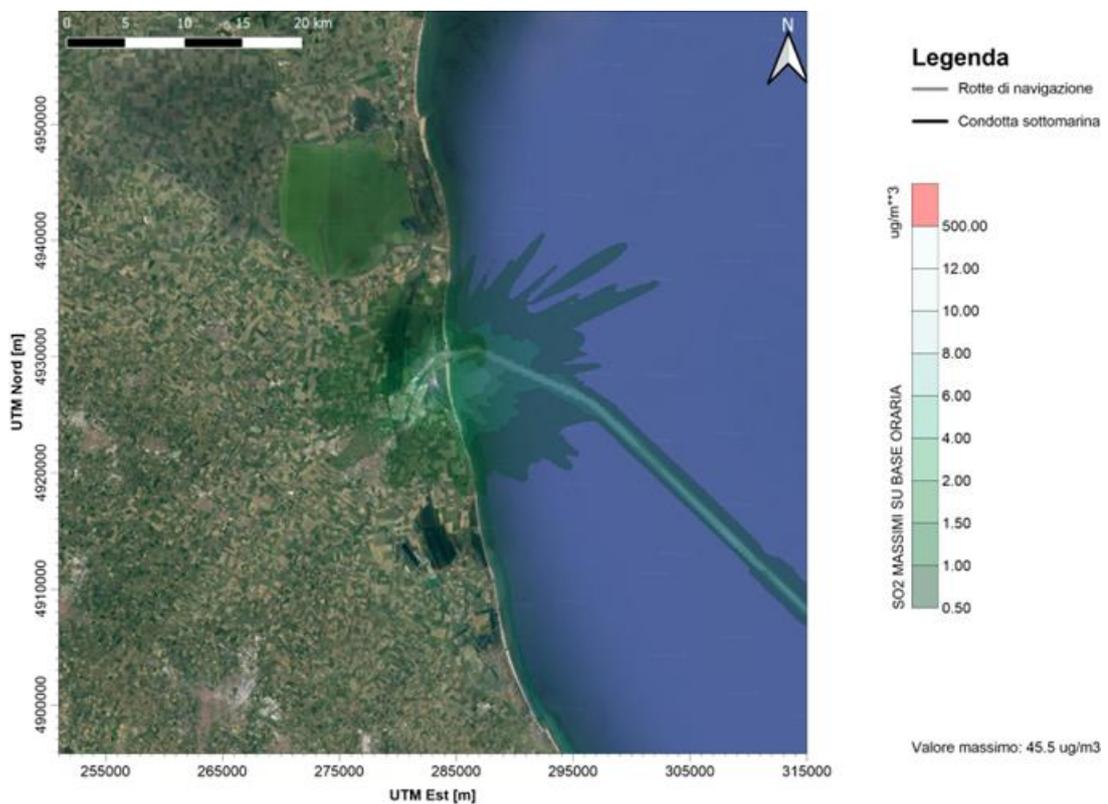
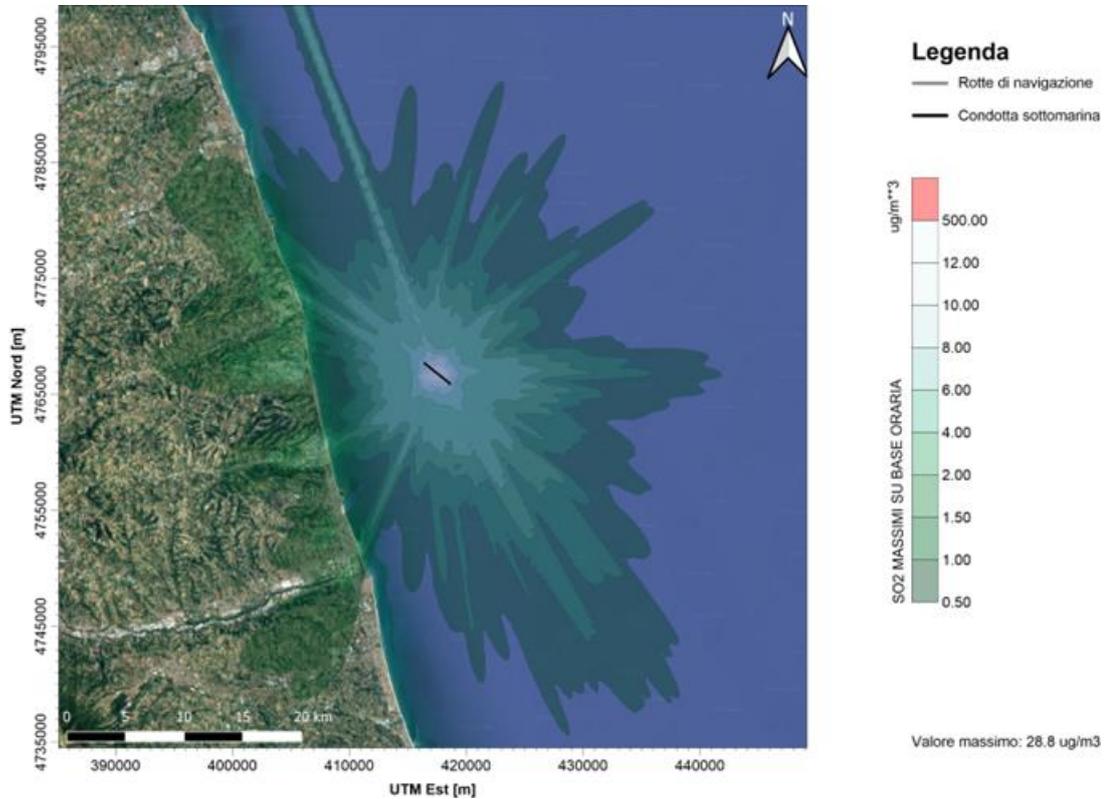
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 36 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

condotte hanno valore pari a  $27.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre le medie annue di  $0.759 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A costa tali valori risultano essere rispettivamente di  $43.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $0.304 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La Figura 5.19 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area delle condotte e nei pressi della banchina.

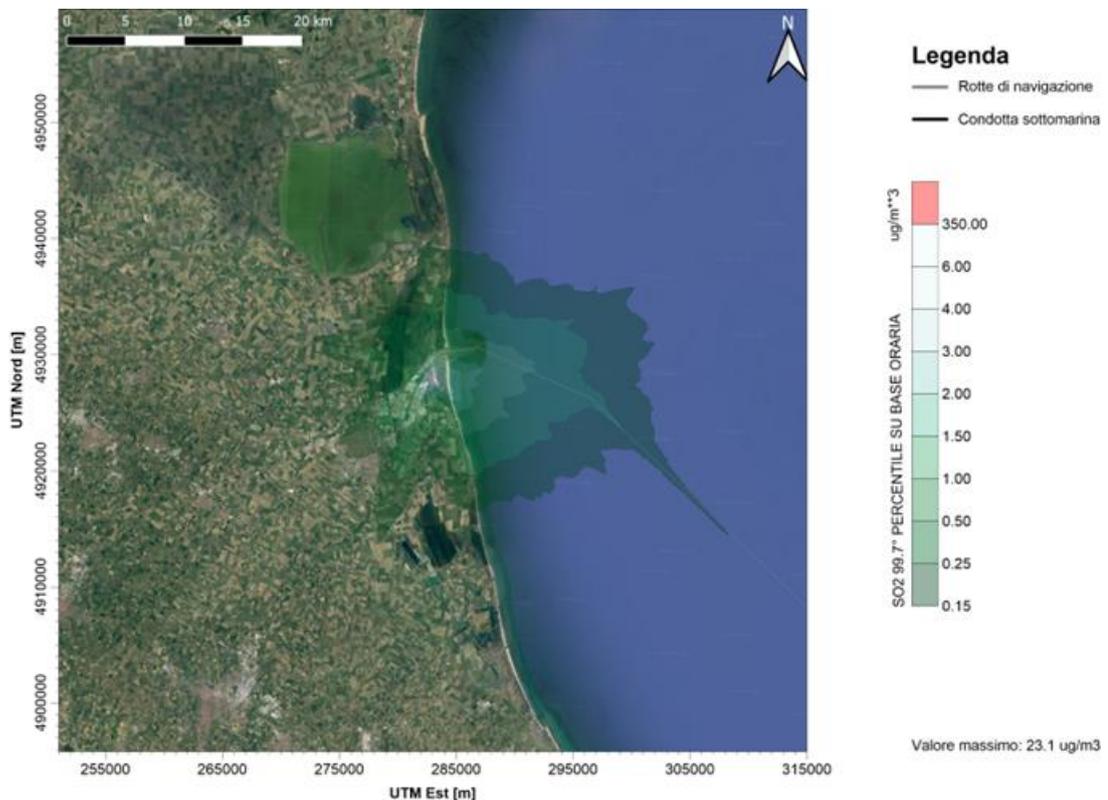
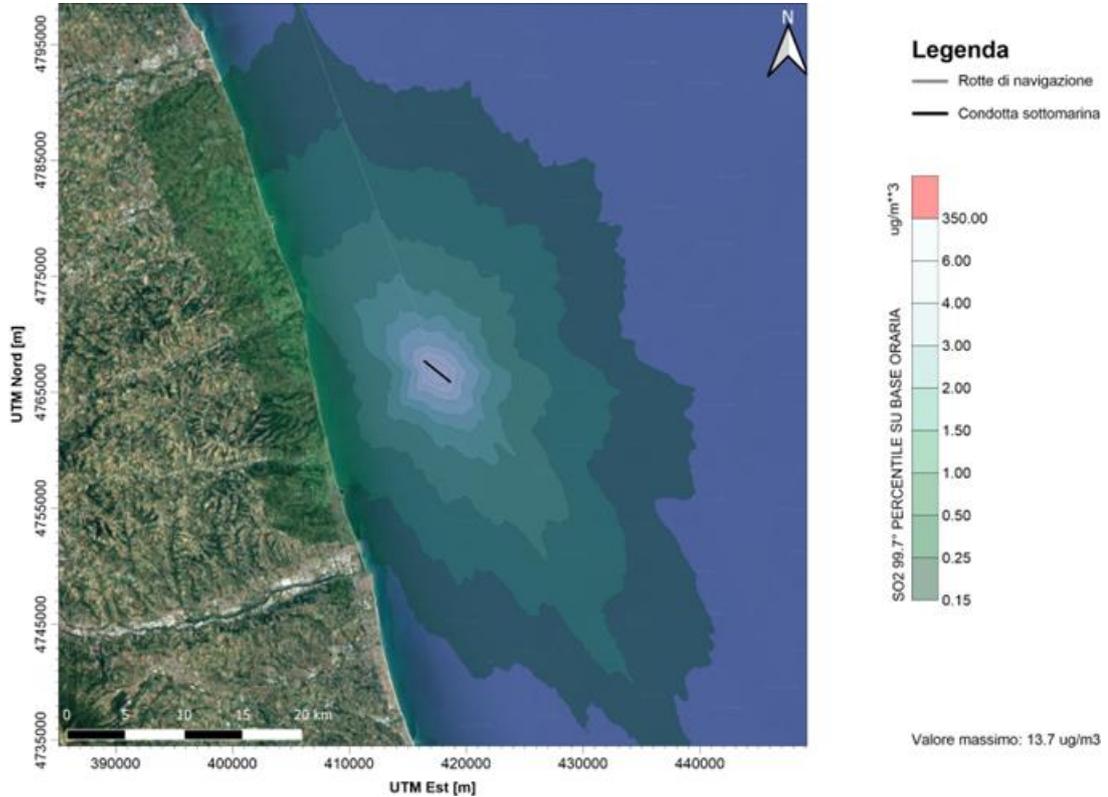
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	37 di 72

**Figura 5.3 - SO<sub>2</sub> – concentrazioni massime su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



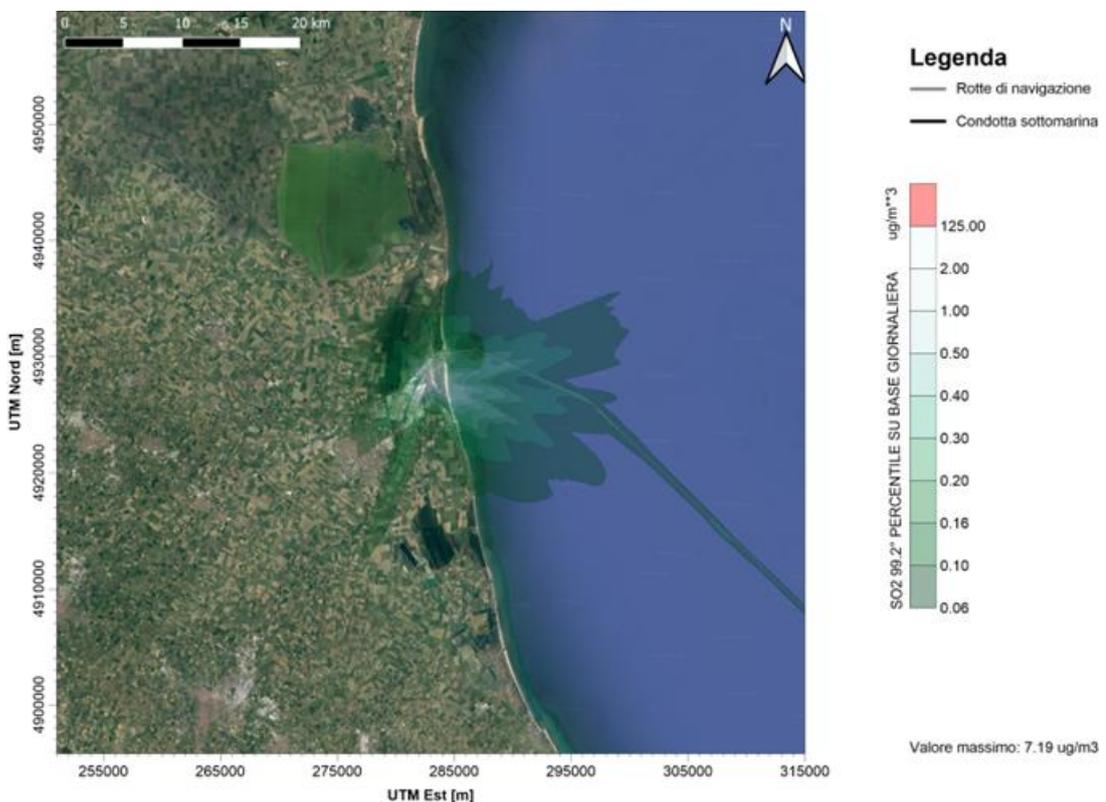
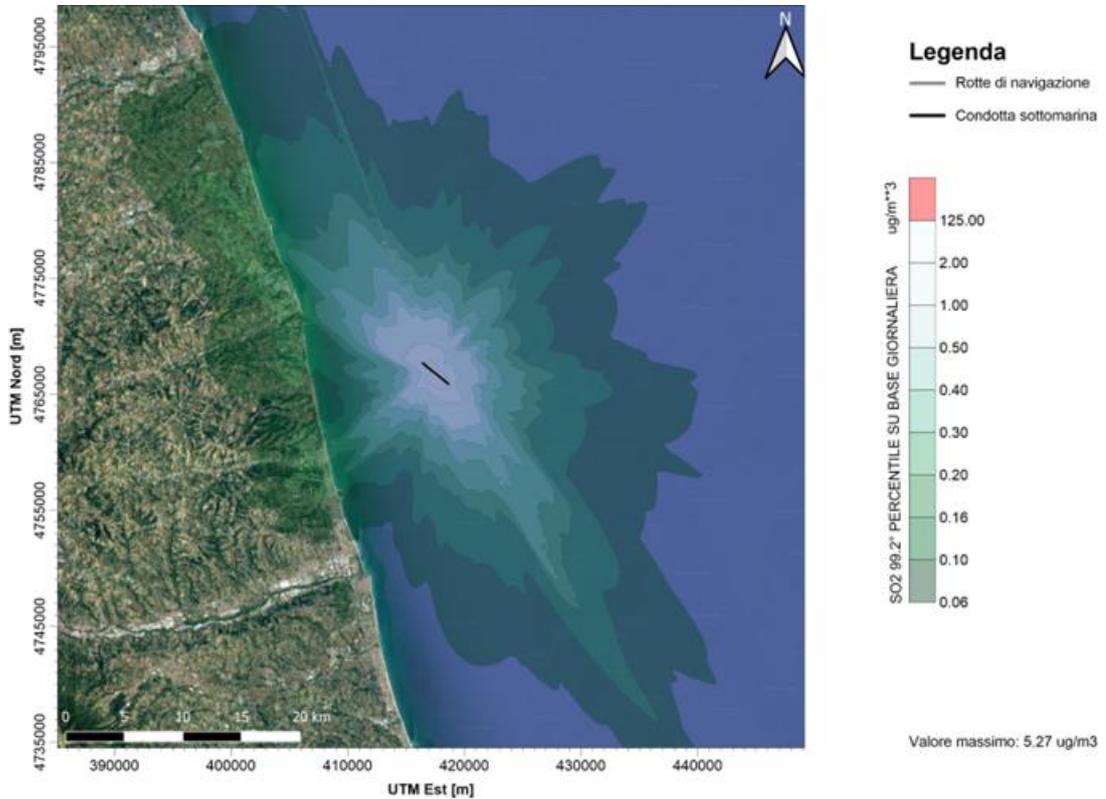
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	38 di 72

**Figura 5.4 - SO<sub>2</sub> – 99.7° percentile delle concentrazioni orarie [µg/m<sup>3</sup>] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



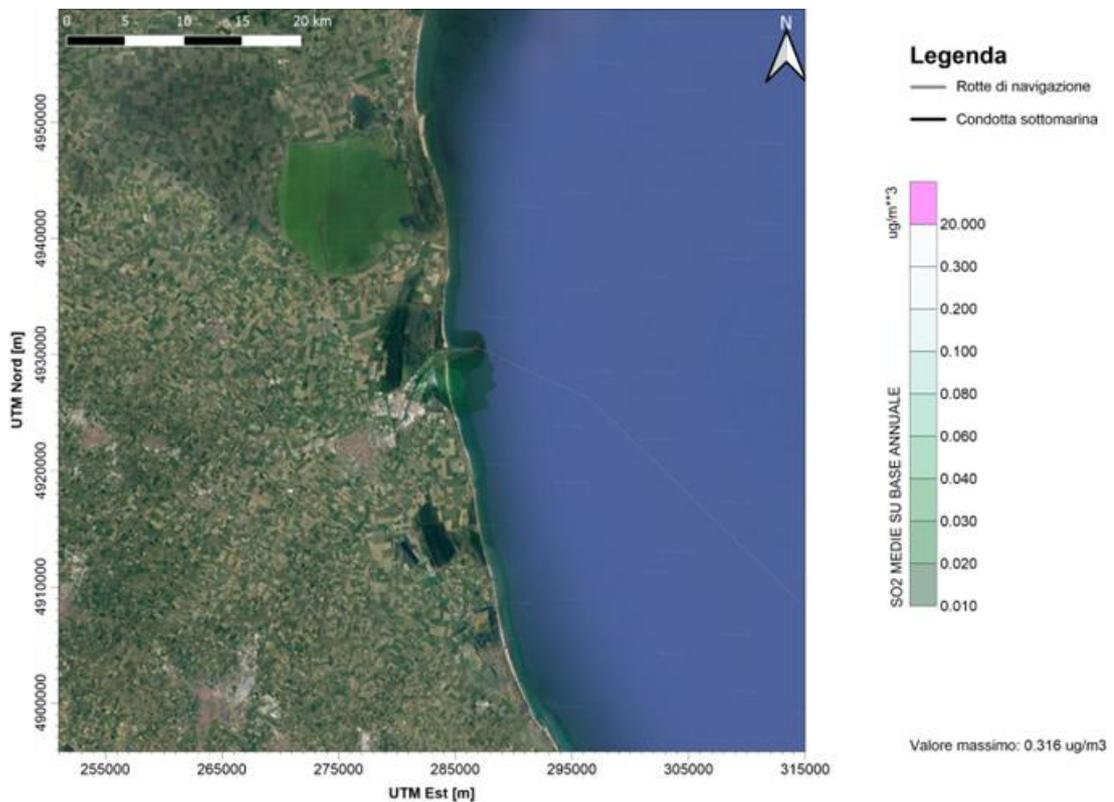
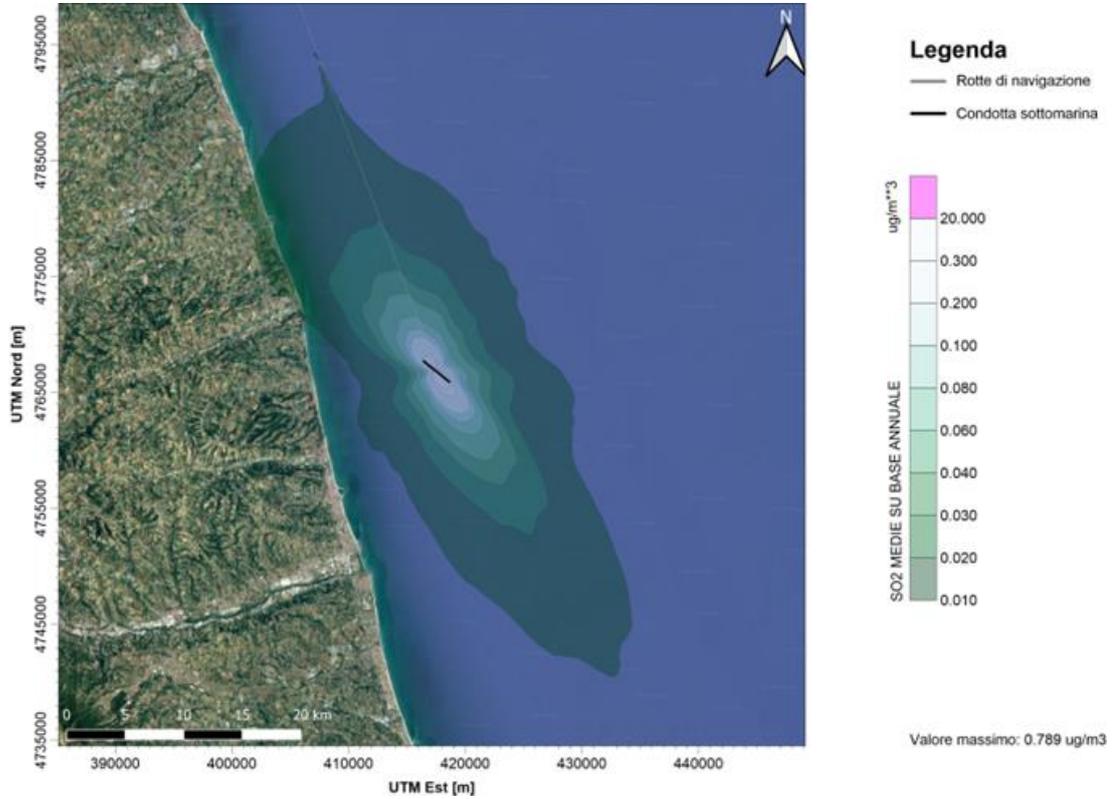
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	39 di 72

**Figura 5.5 - SO<sub>2</sub> – 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere [µg/m<sup>3</sup>] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



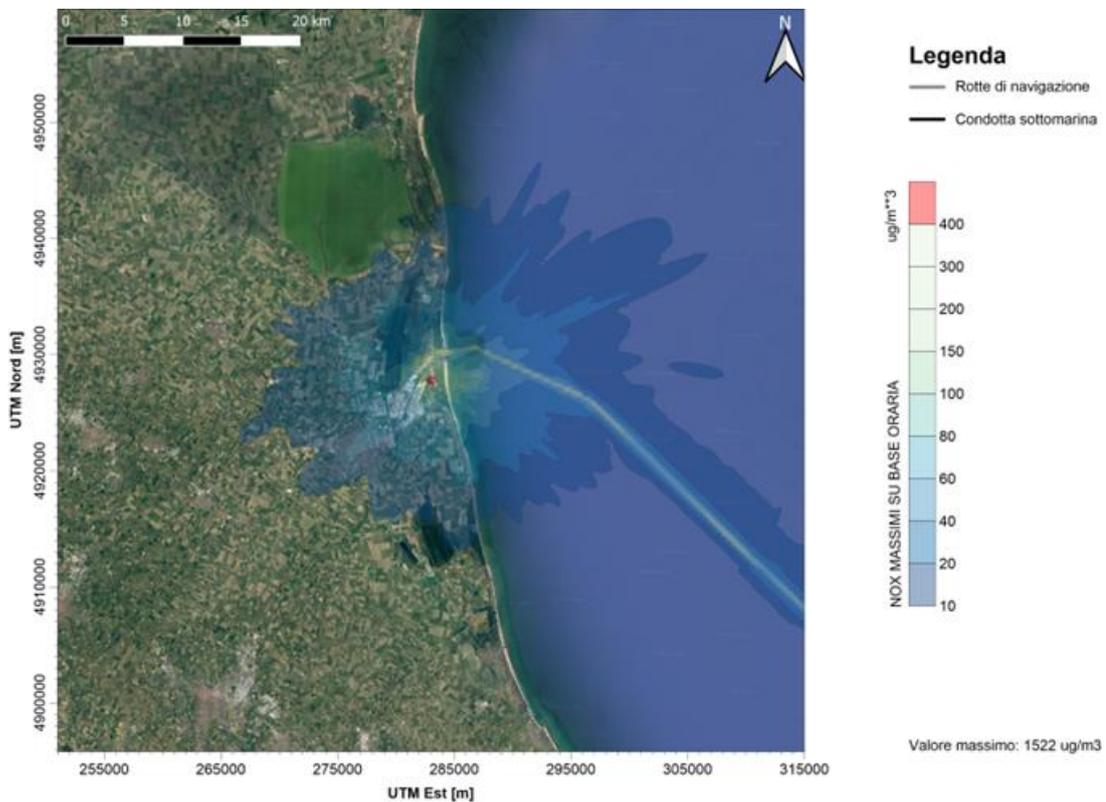
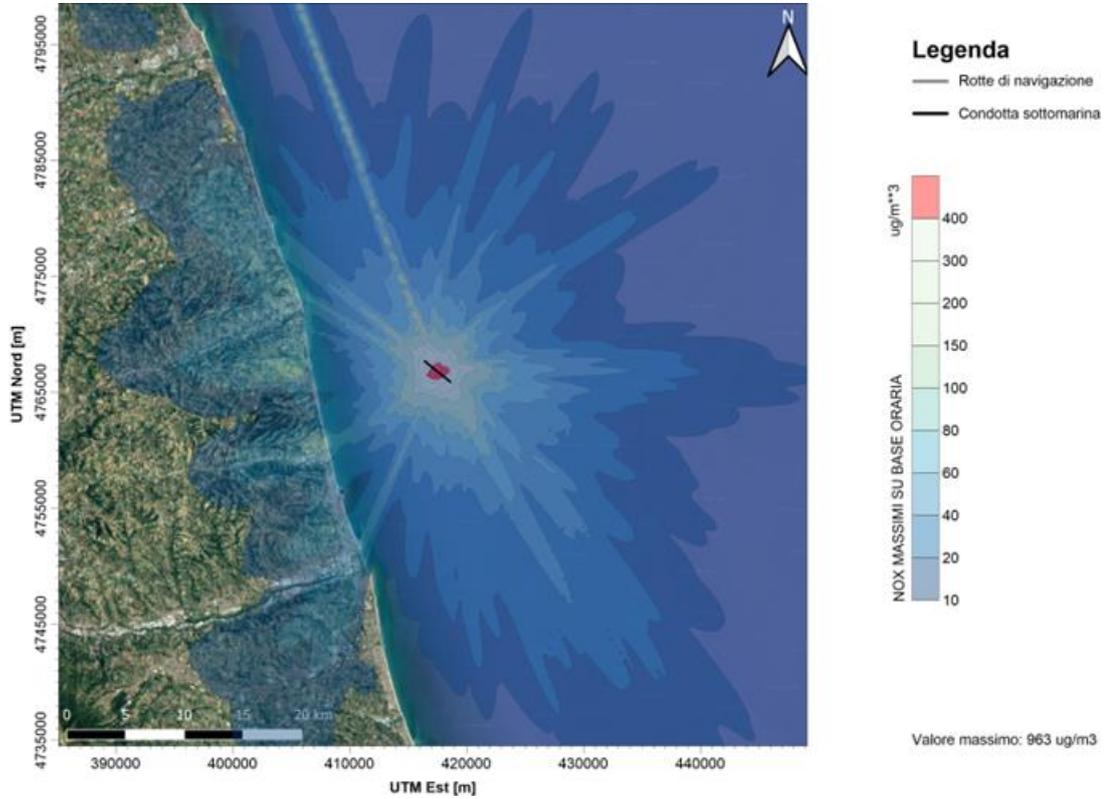
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	40 di 72

**Figura 5.6 - SO<sub>2</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e a nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



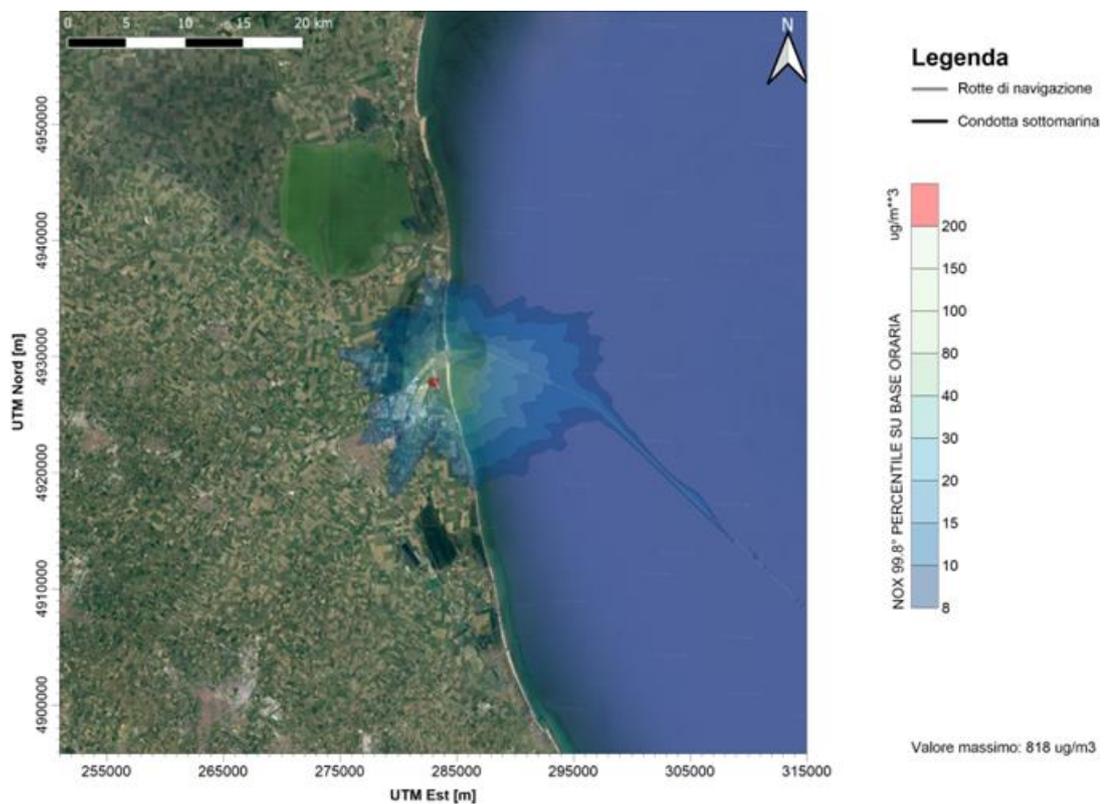
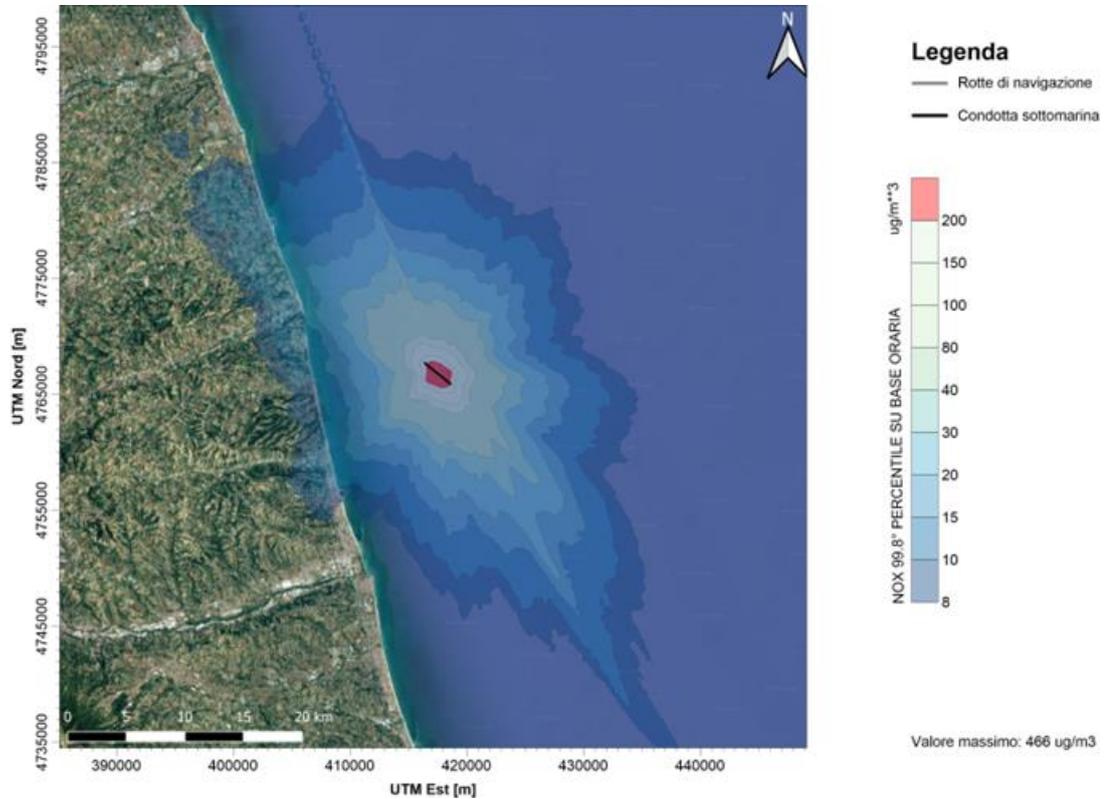
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	41 di 72

**Figura 5.7 - NOx – concentrazioni massime su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



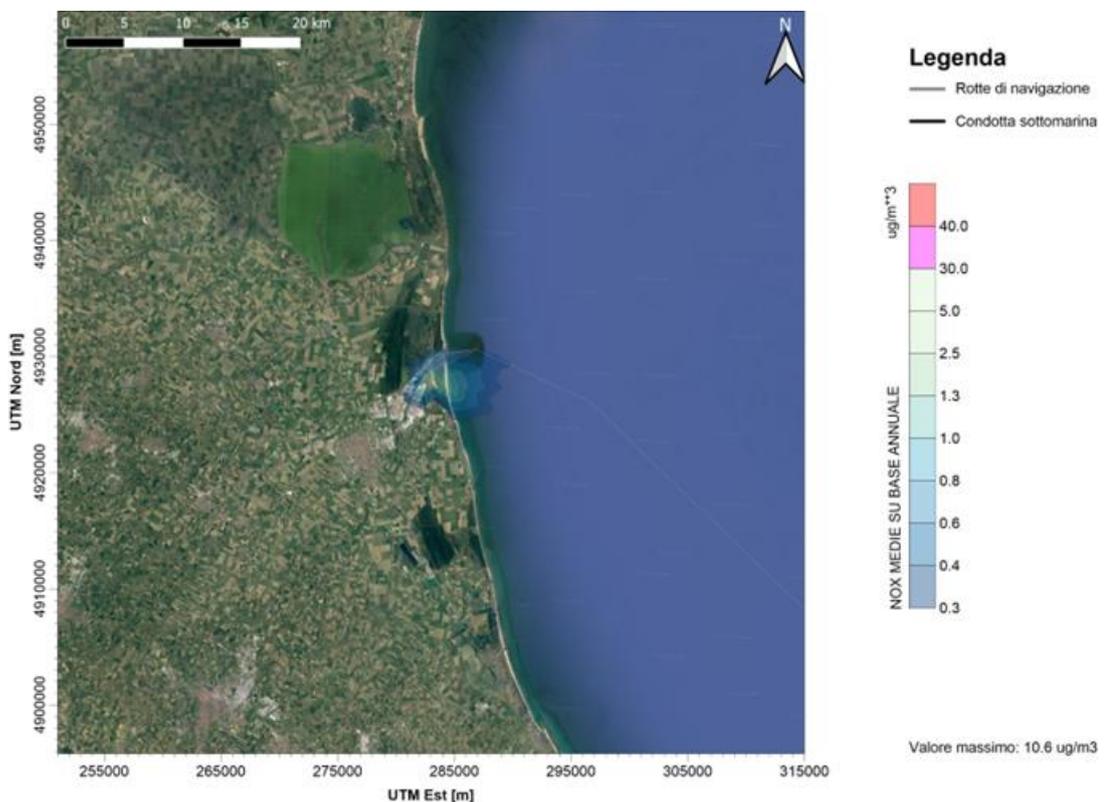
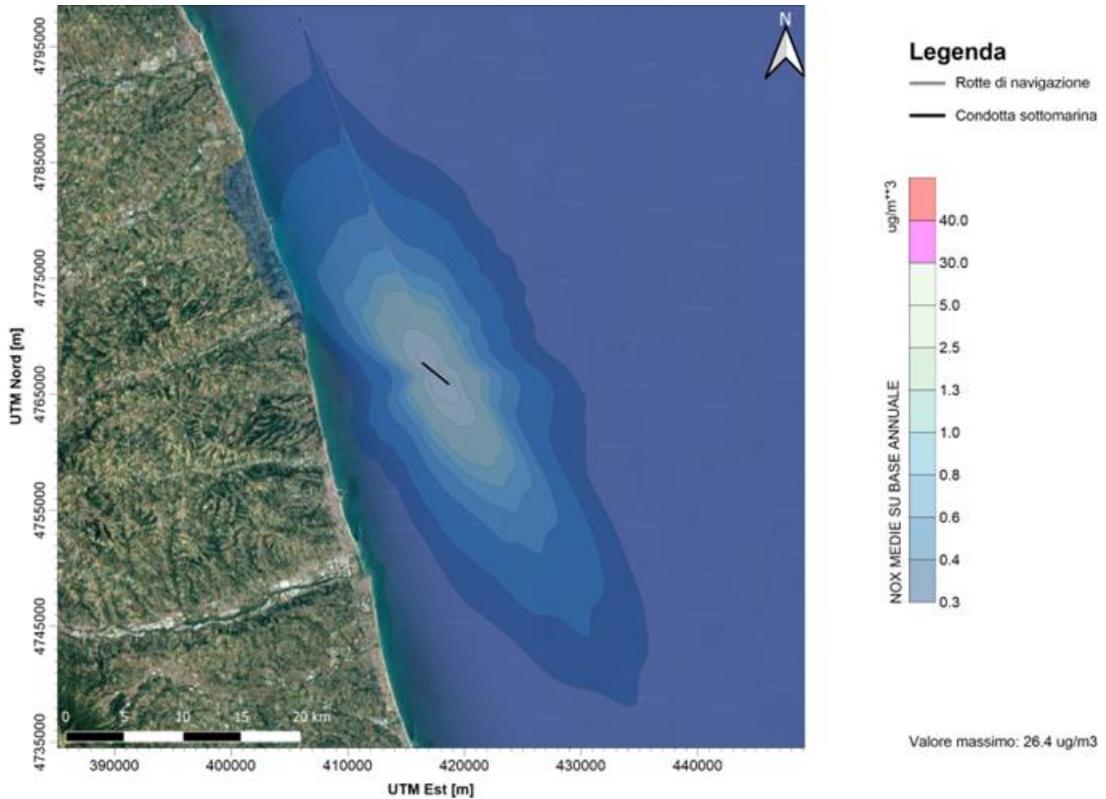
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	42 di 72

**Figura 5.8 - NOx – 99.8° percentile delle concentrazioni orarie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



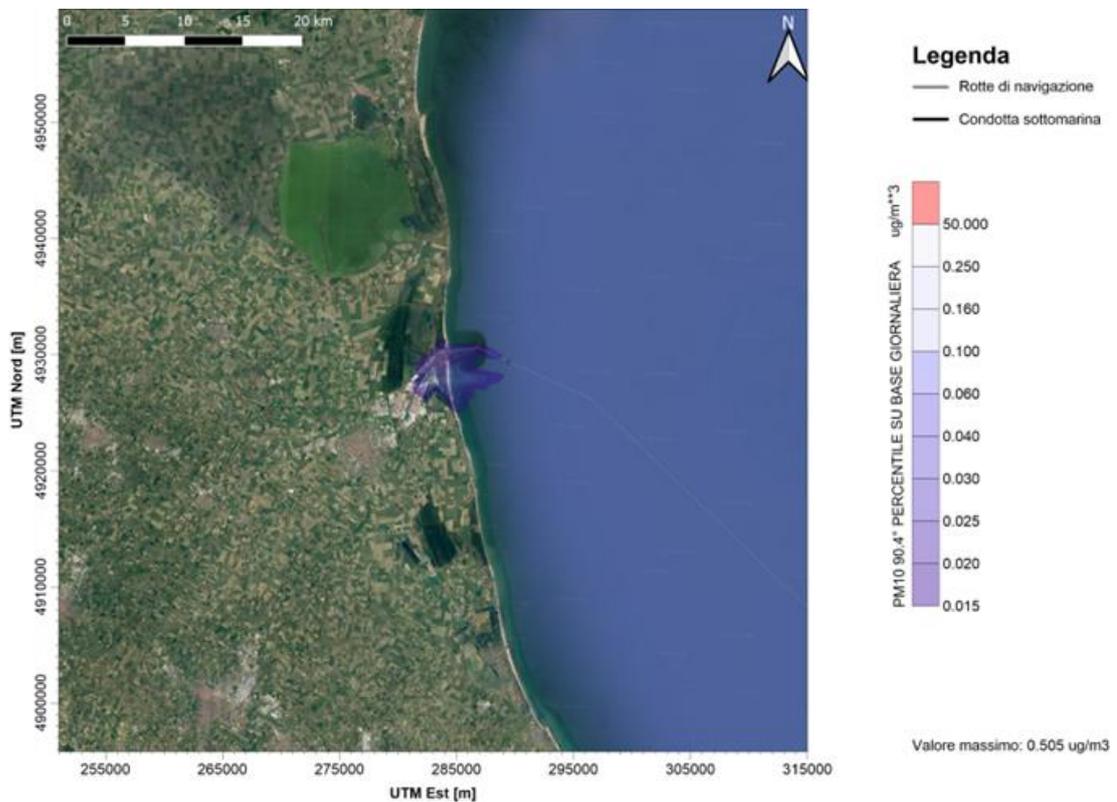
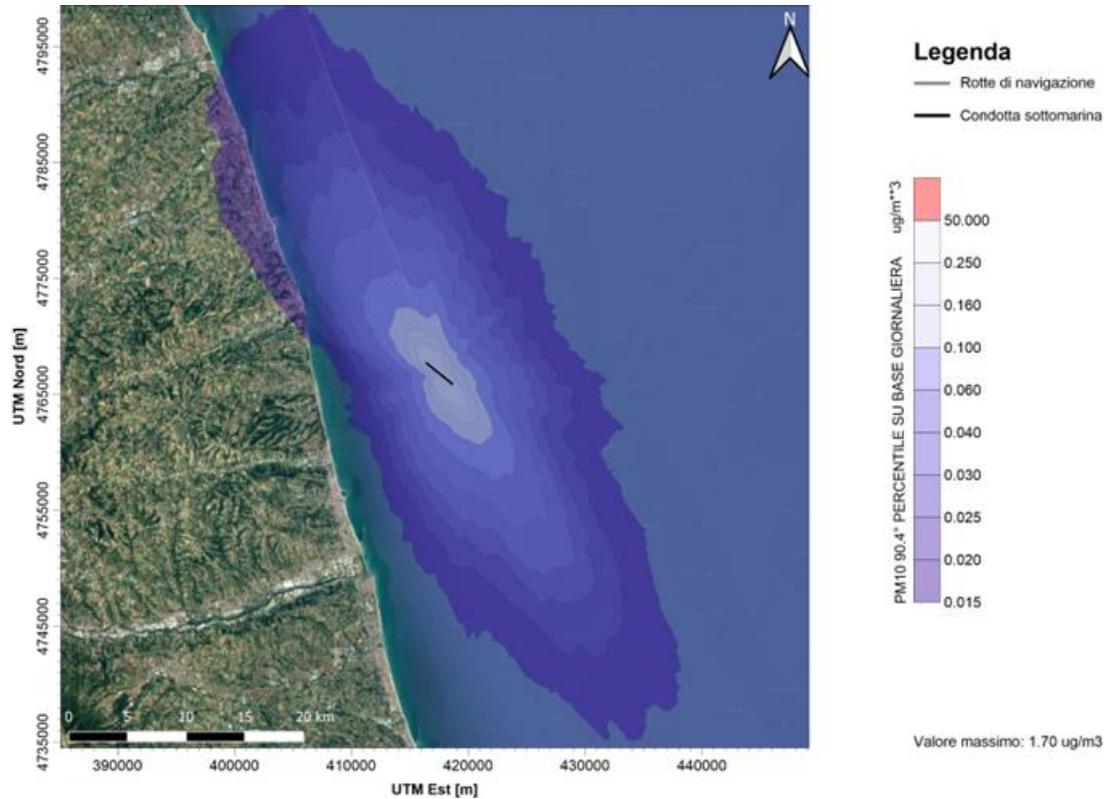
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	43 di 72

**Figura 5.9 - NOx – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



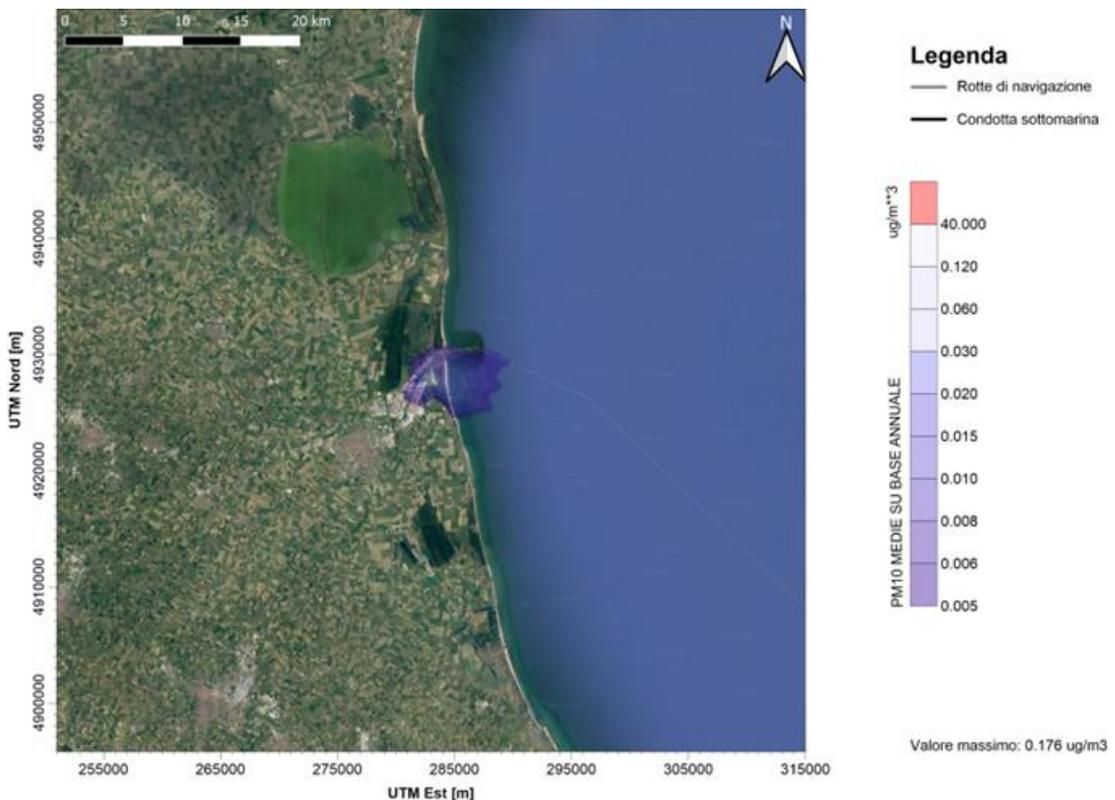
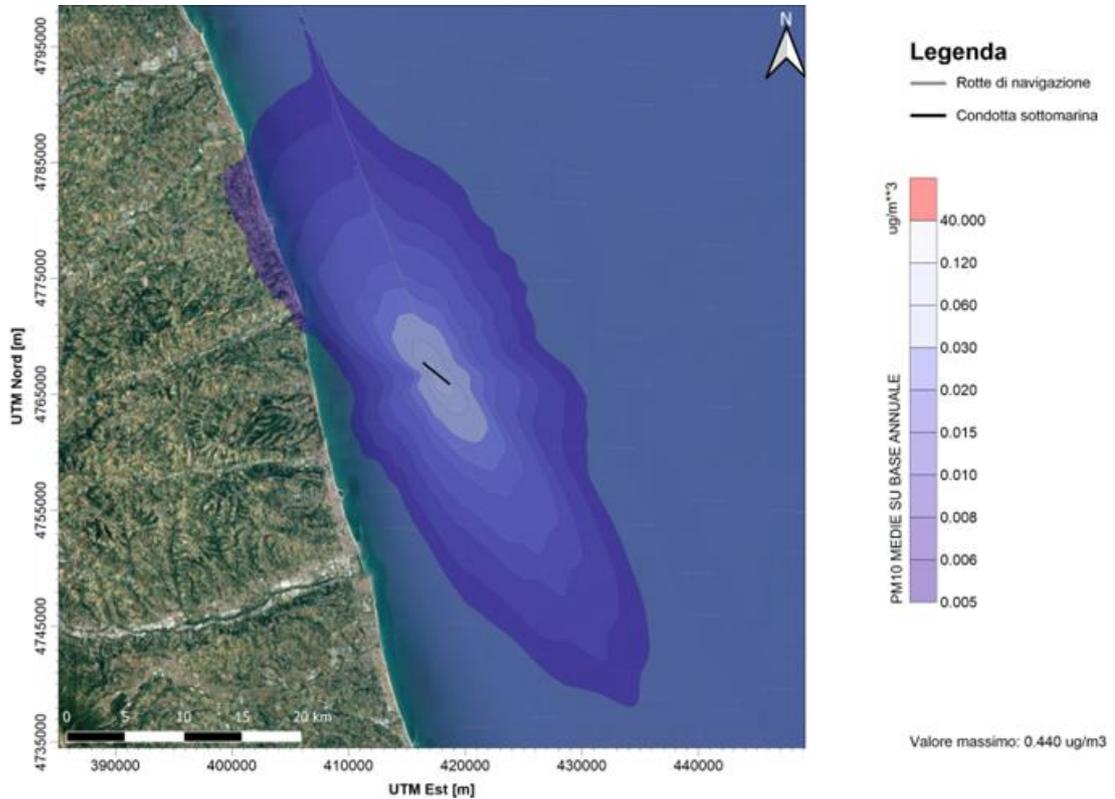
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	44 di 72

**Figura 5.10 -  $PM_{10}$  – 90.4° percentile delle concentrazioni giornaliere [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



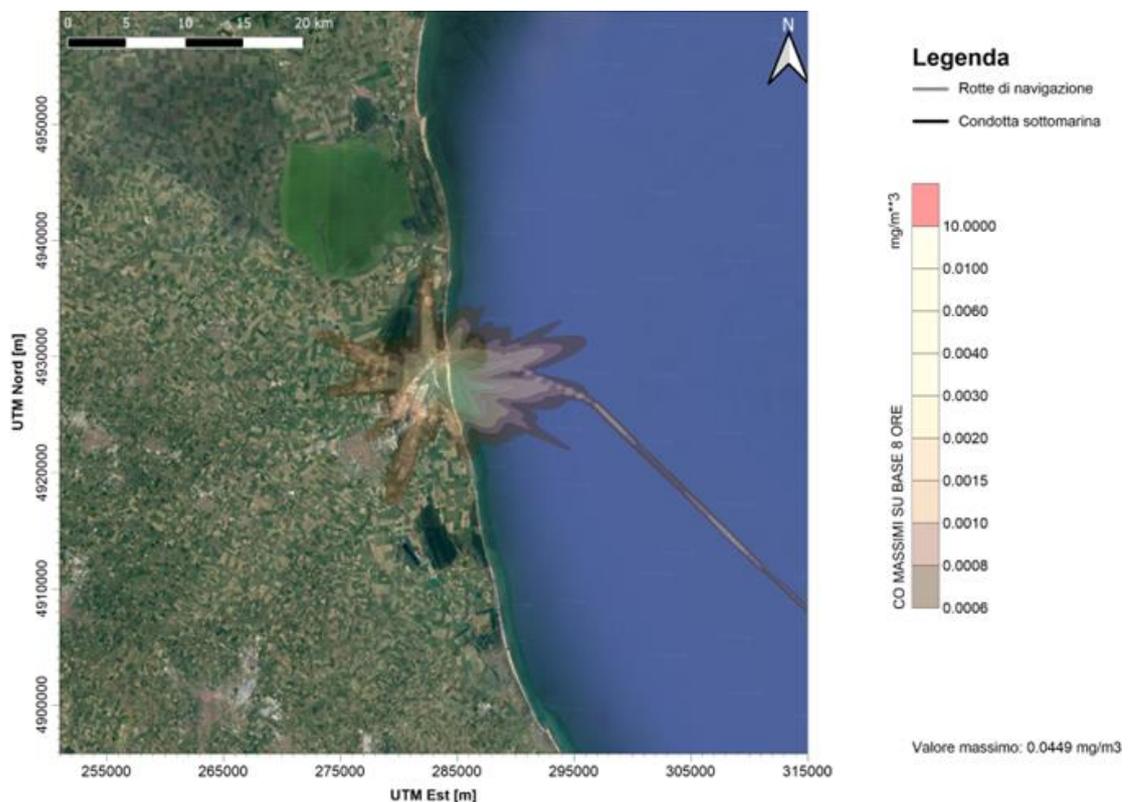
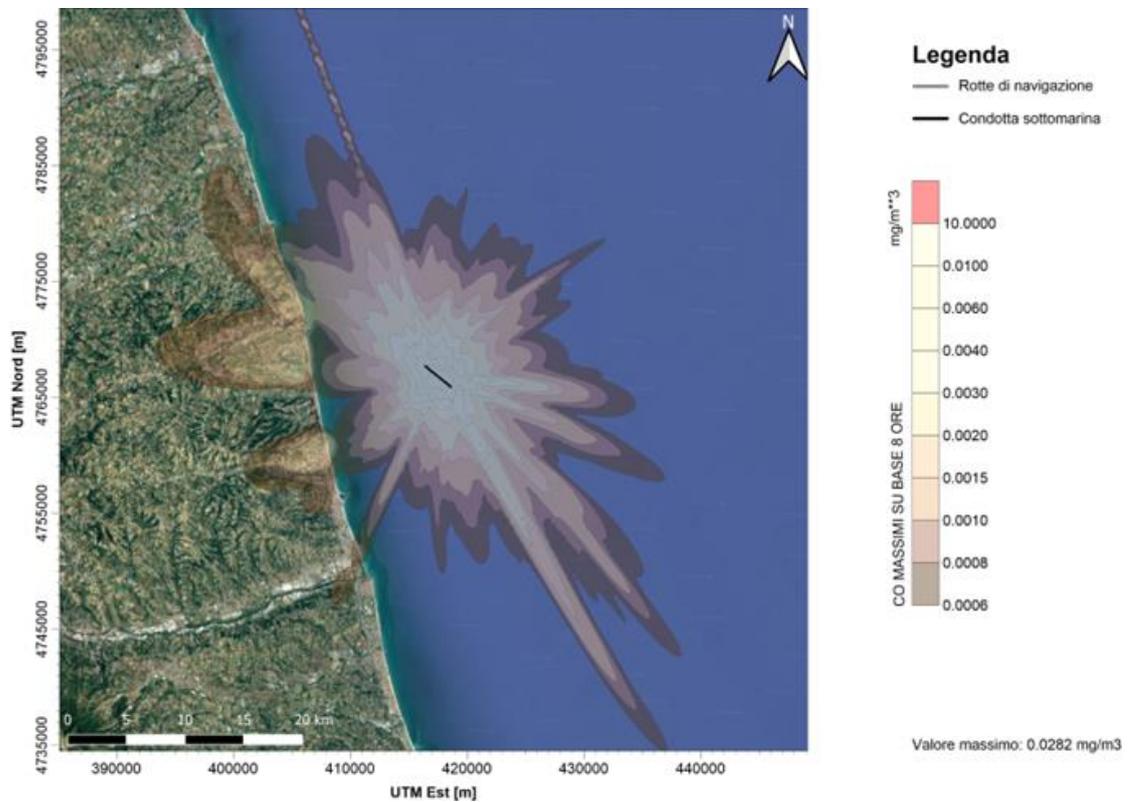
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	45 di 72

**Figura 5.11 – PM<sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



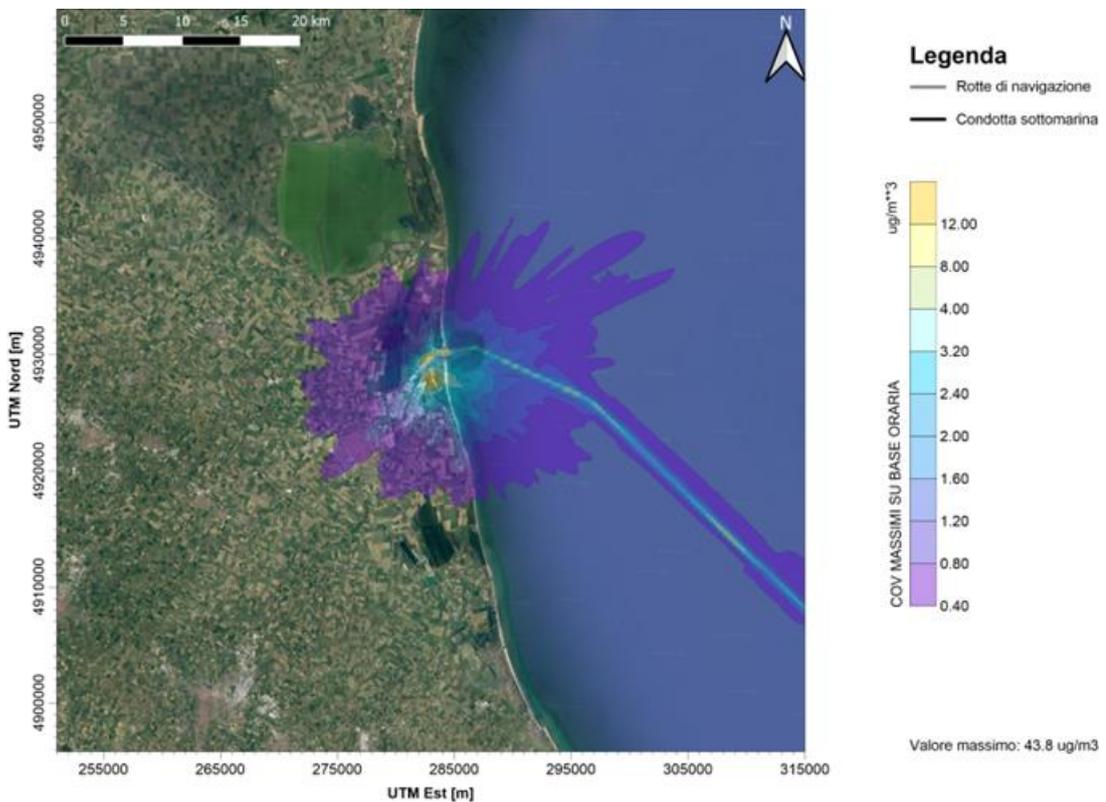
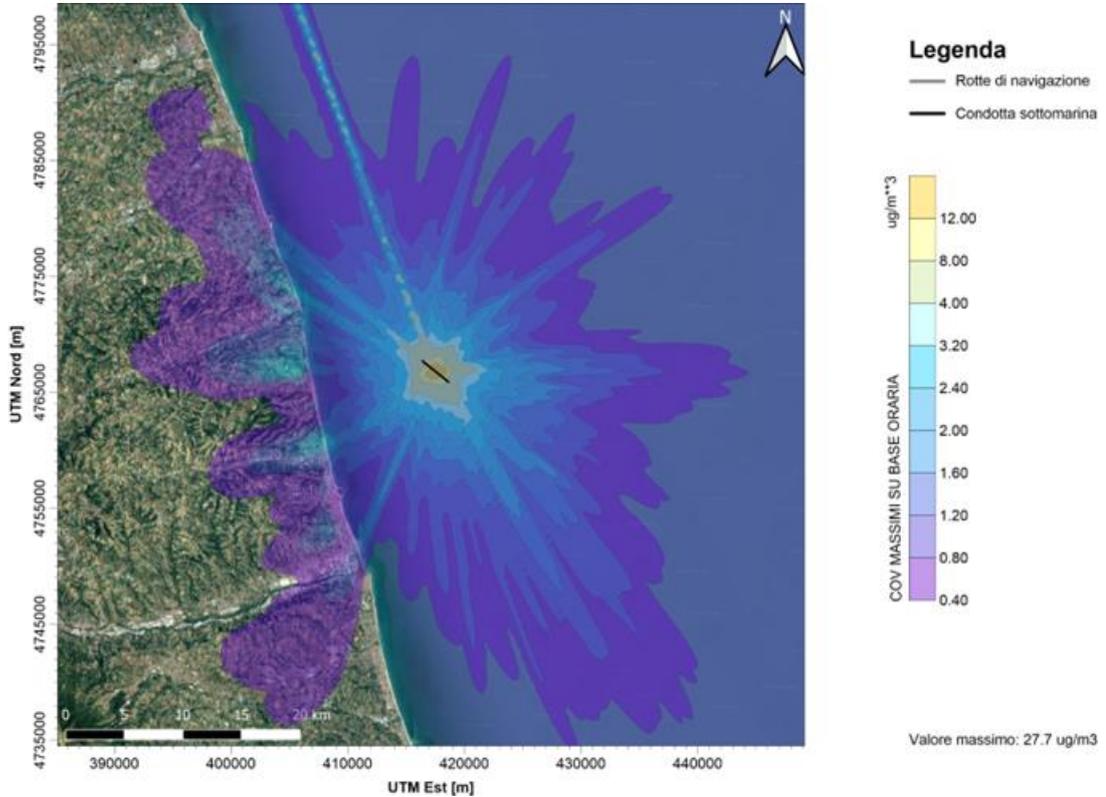
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	46 di 72

**Figura 5.12 – CO – concentrazioni massime su base 8 ore [mg/m<sup>3</sup>] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



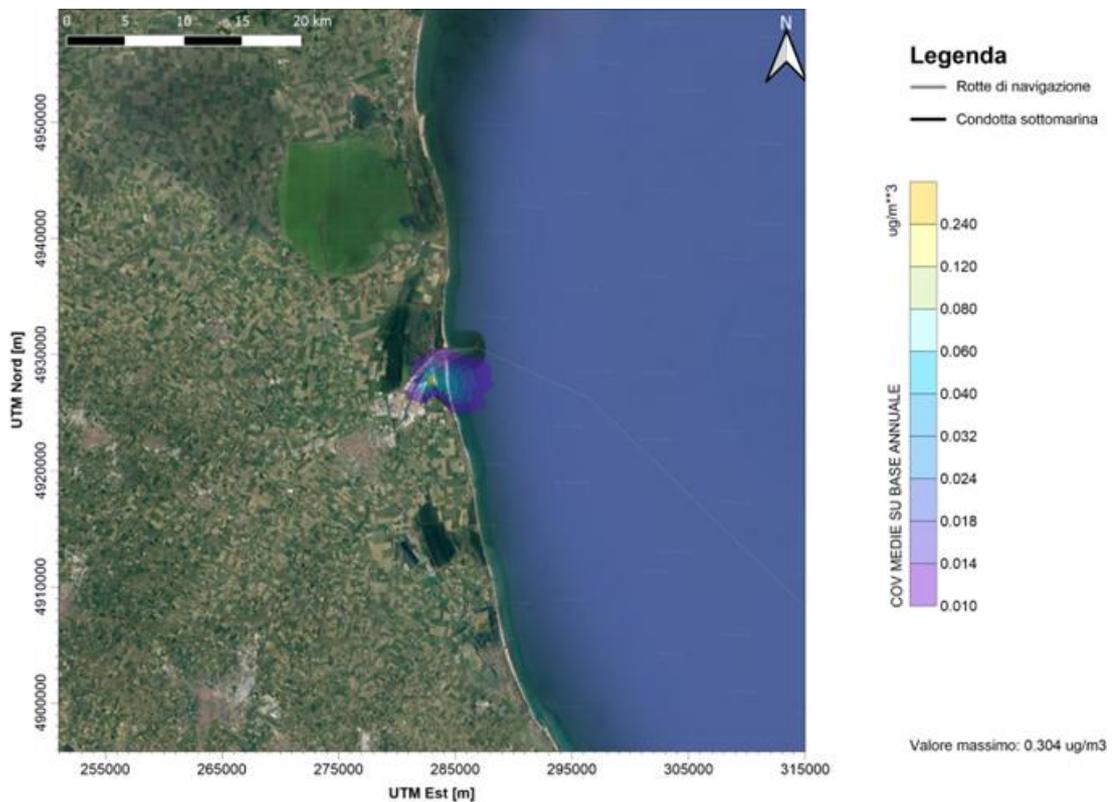
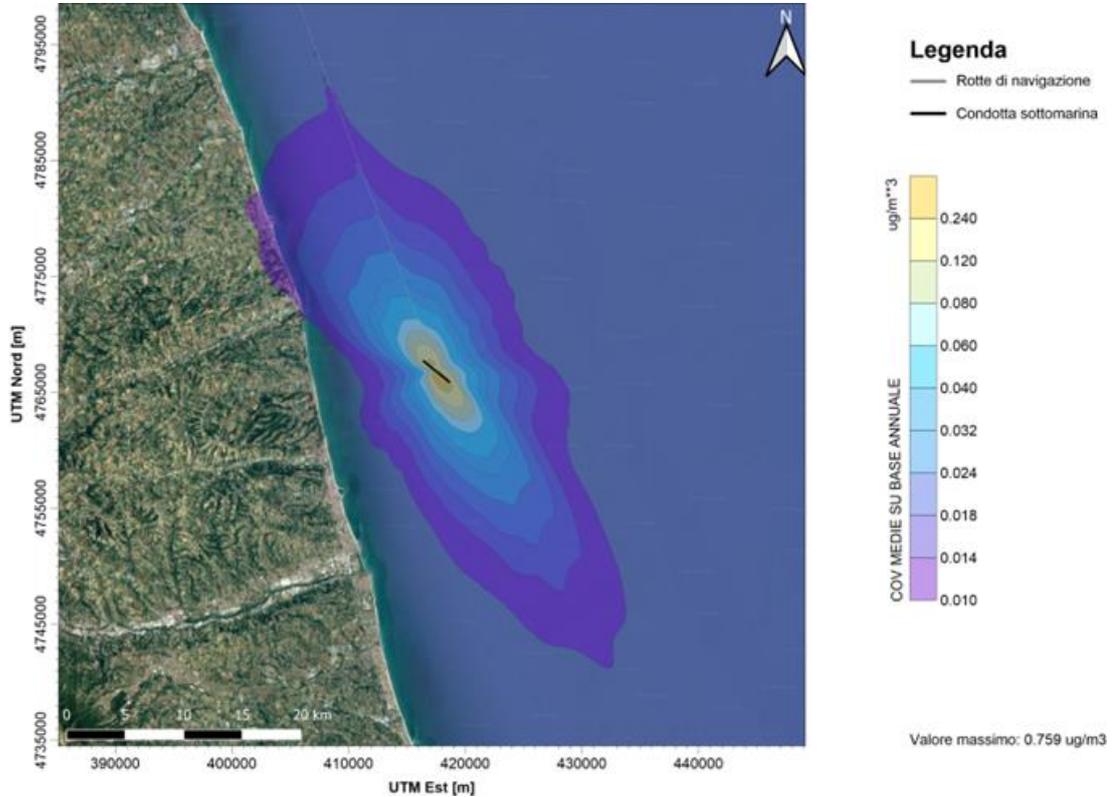
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	47 di 72

**Figura 5.13 - COV – concentrazioni massime su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



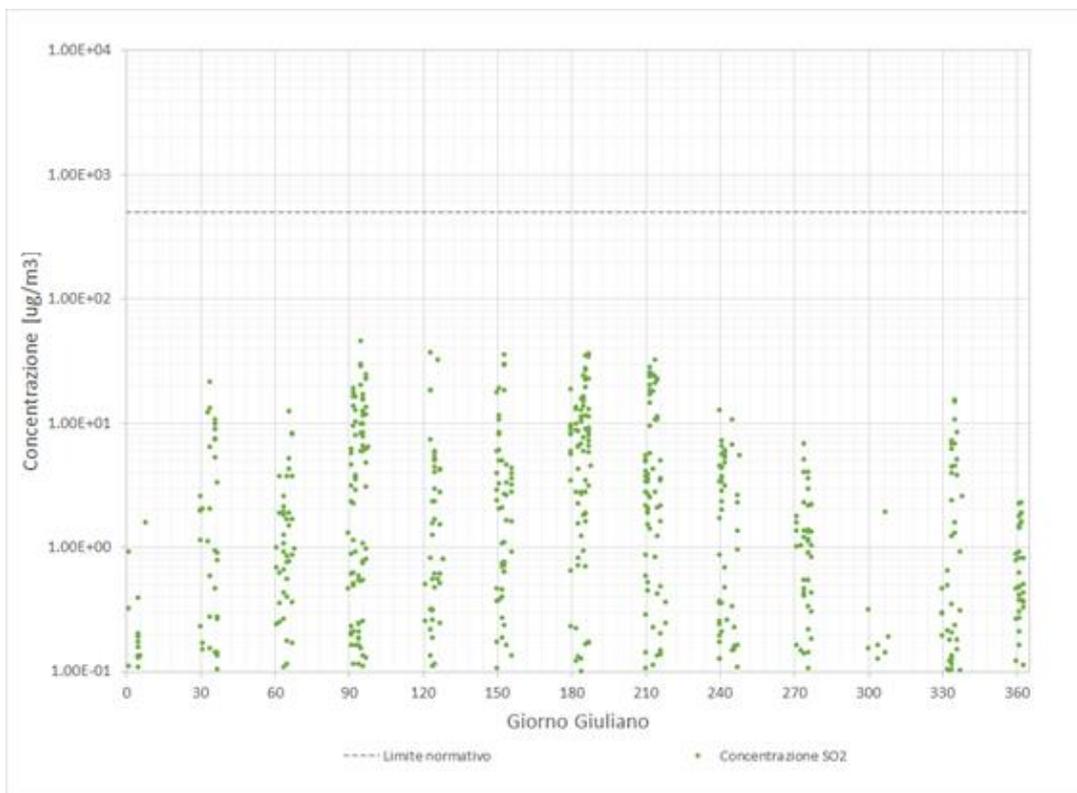
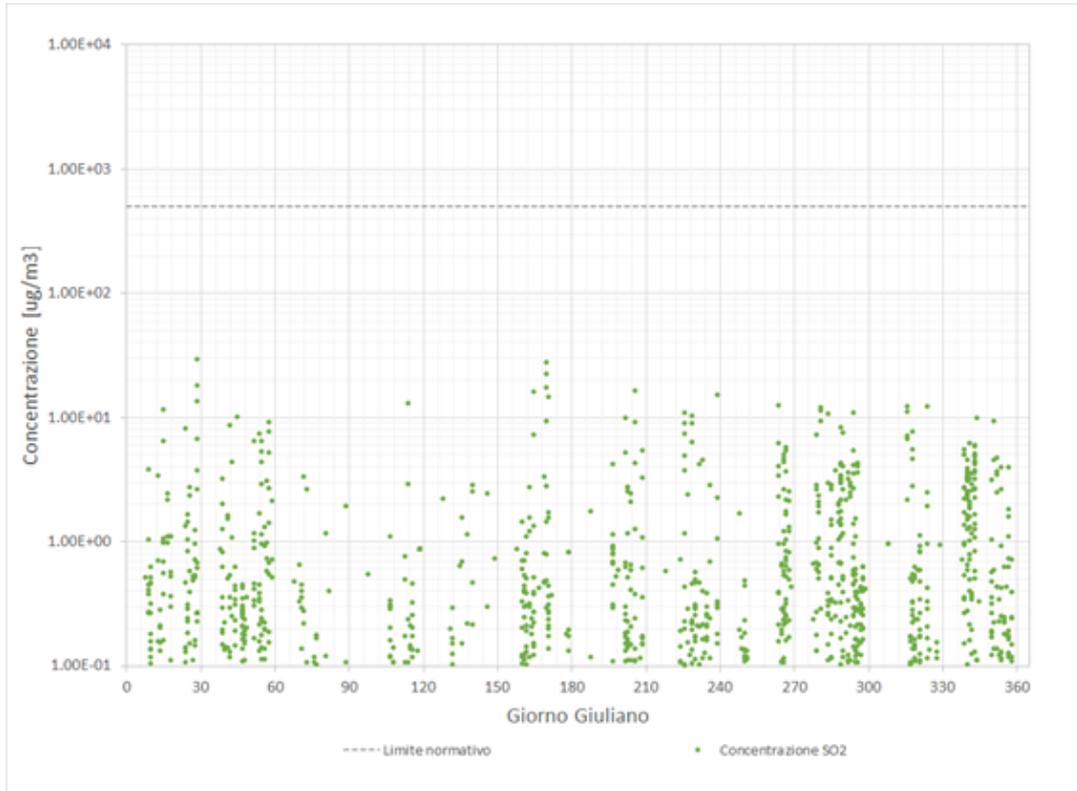
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	48 di 72

**Figura 5.14 - COV – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso)**



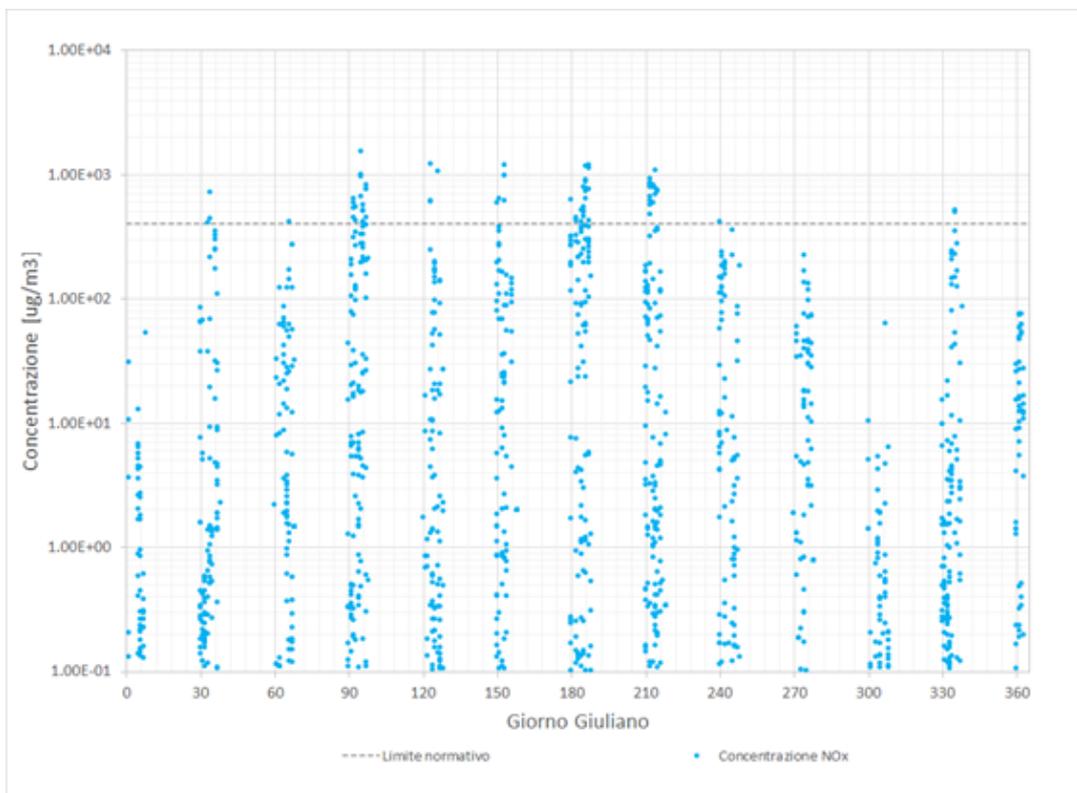
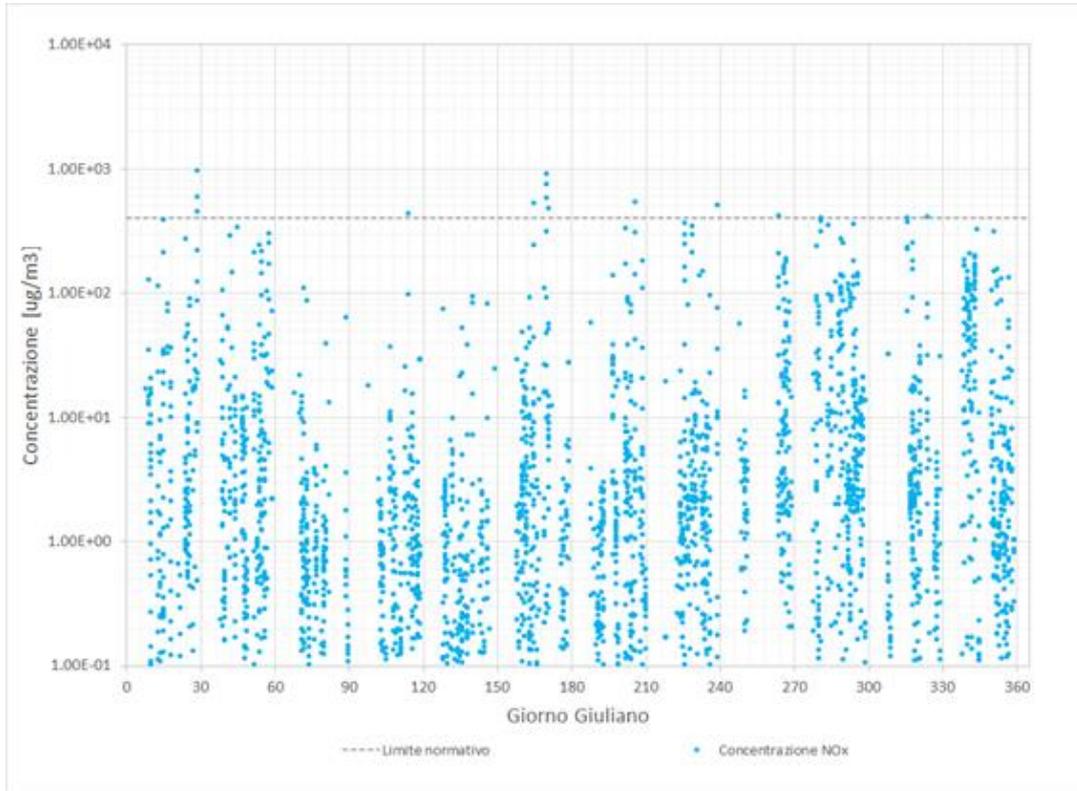
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	49 di 72

**Figura 5.15 - SO<sub>2</sub> – andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso) [µg/m<sup>3</sup>]**



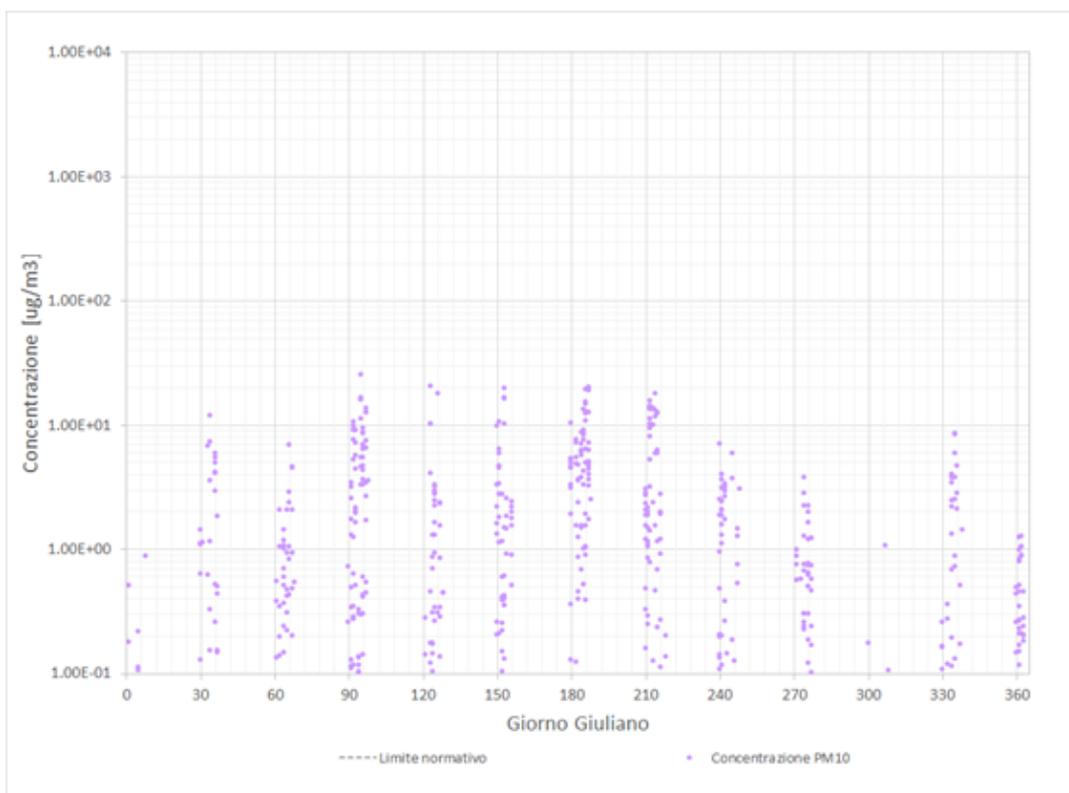
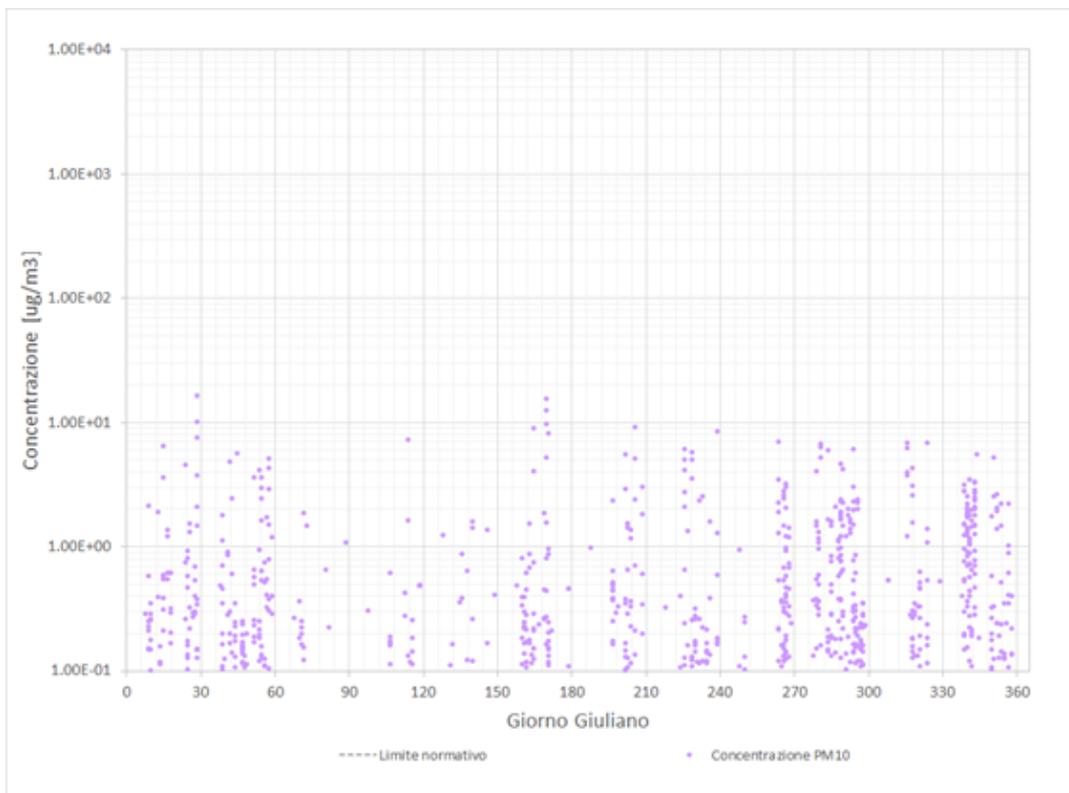
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	50 di 72

**Figura 5.16 - NOx – andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



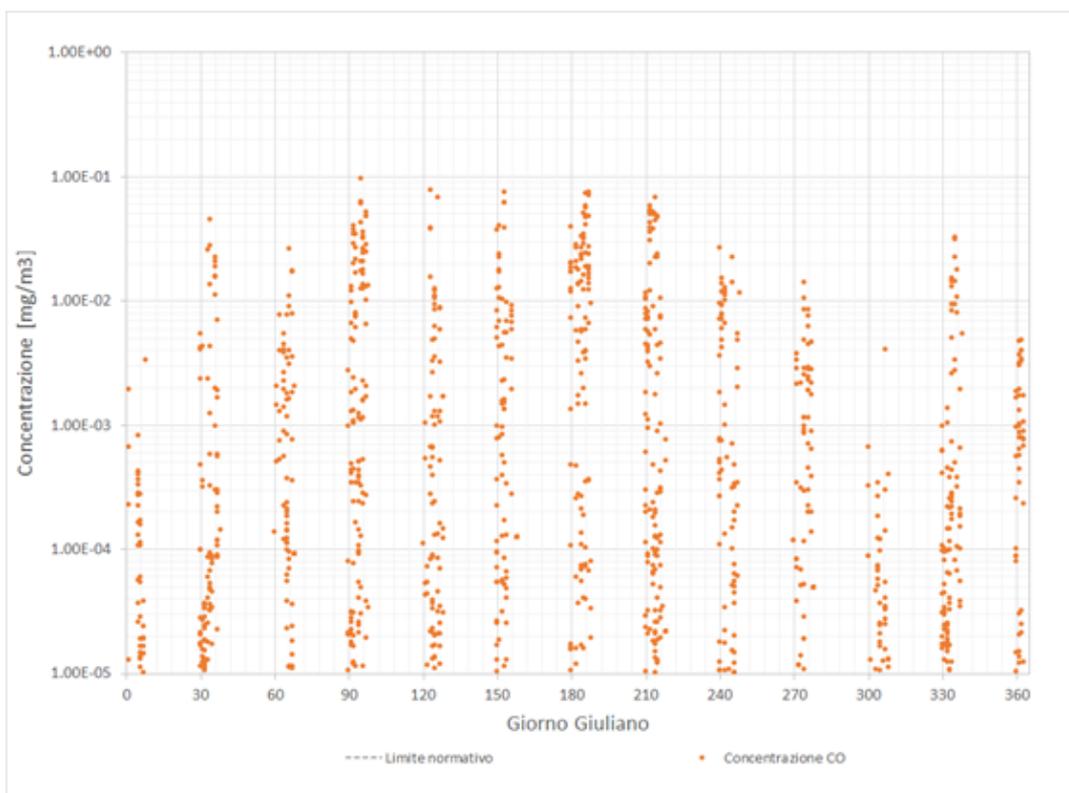
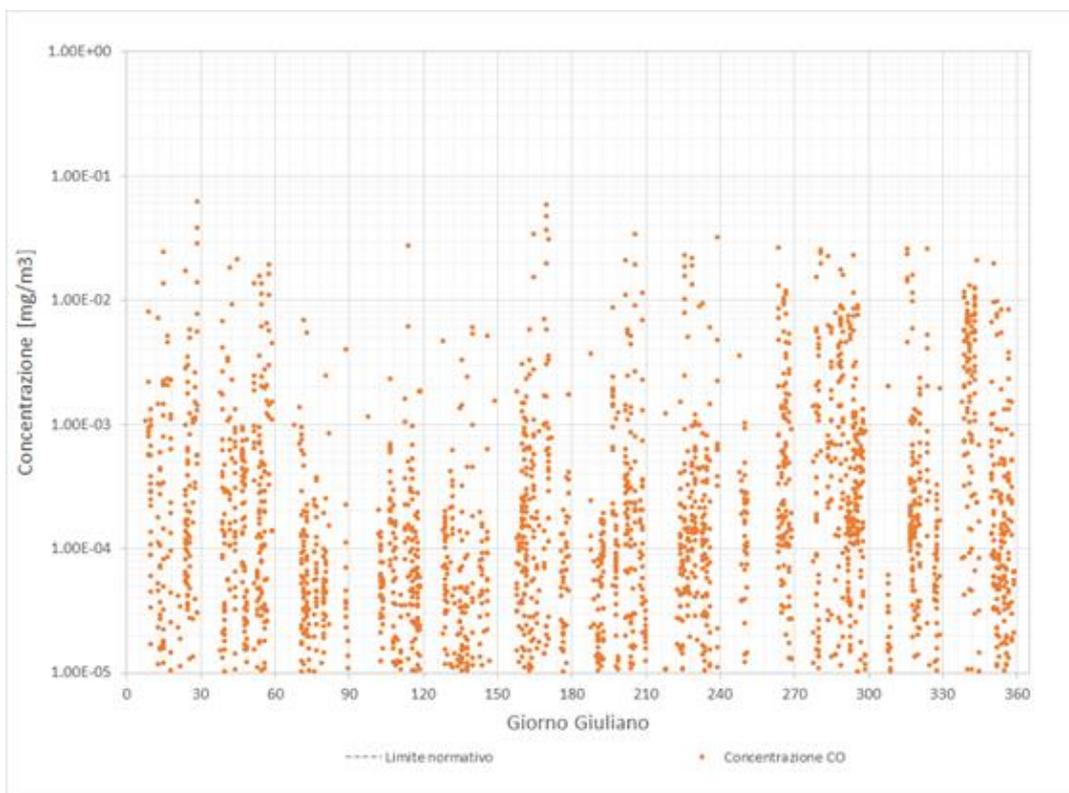


**Figura 5.17 -  $PM_{10}$  – andamento temporale delle concentrazioni orarie nell’area ove insistono le condotte (in alto) e nell’area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



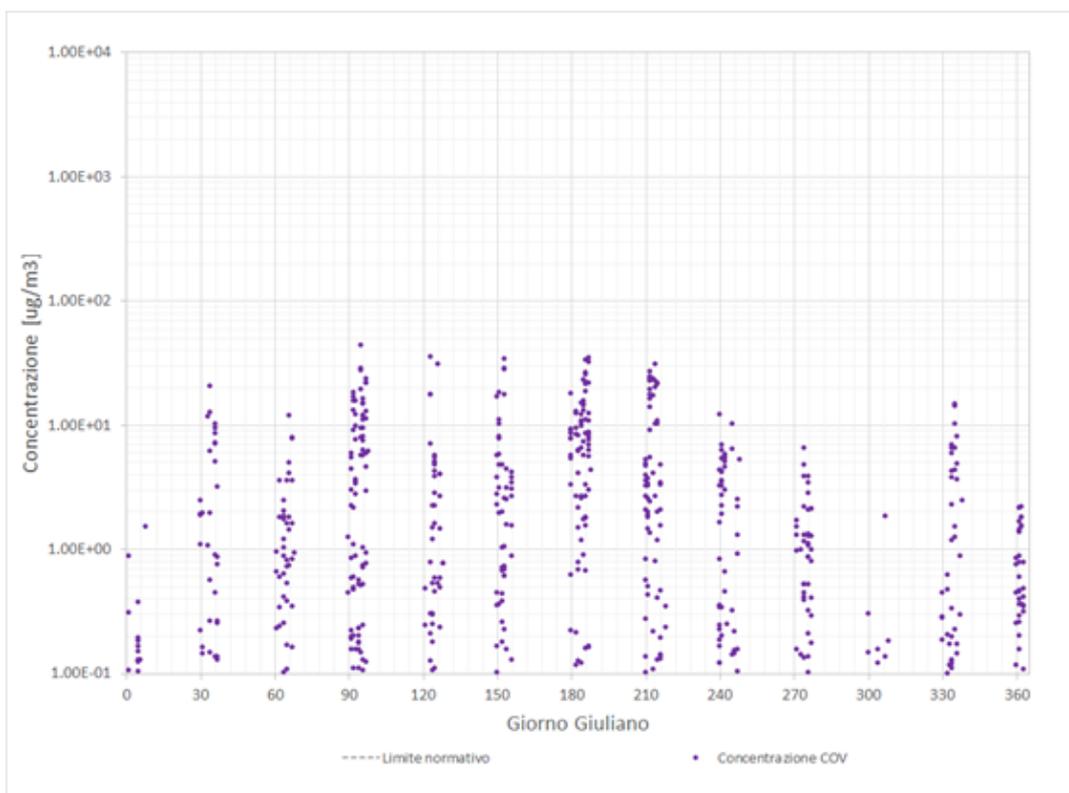
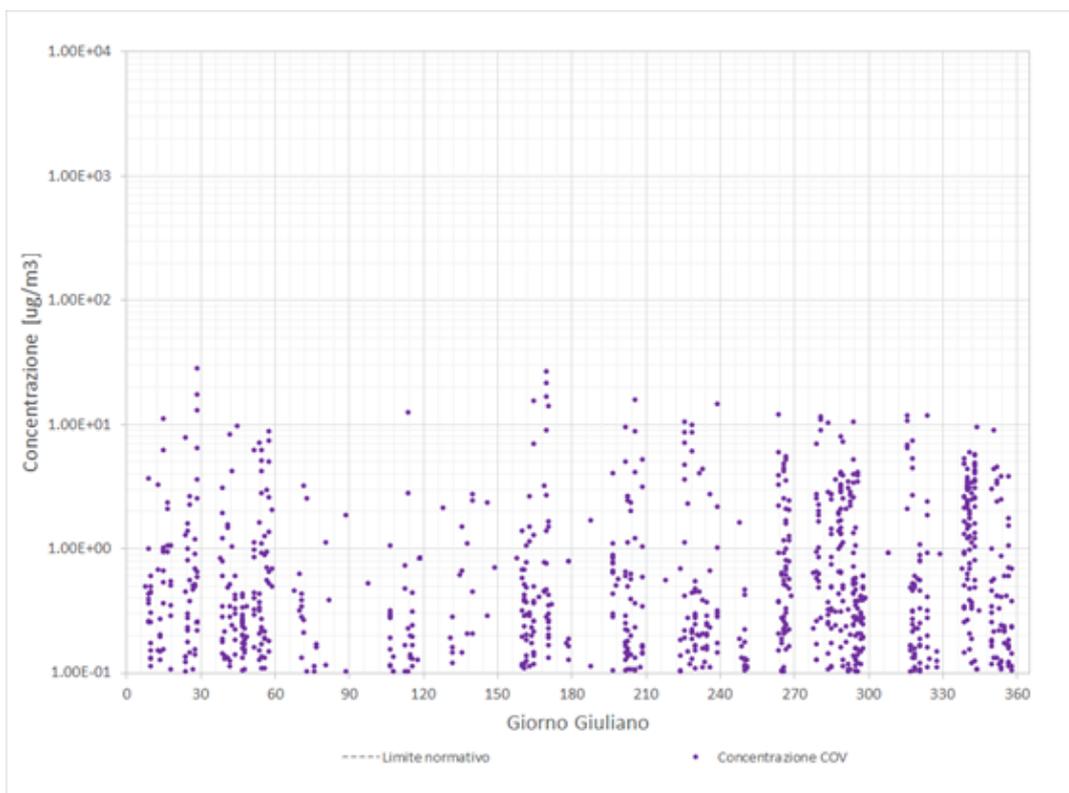


**Figura 5.18 - CO – andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**





**Figura 5.19 - COV – andamento temporale delle concentrazioni orarie nell'area ove insistono le condotte (in alto) e nell'area della banchina presso il porto di Marina di Ravenna (in basso) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	54 di 72

## 6 ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI DA MEZZI PESANTI

### 6.1 Assunzioni modellistiche

Le impostazioni delle simulazioni CALPUFF inerenti alla dispersione degli effluenti inquinanti dovuti alle emissioni dai mezzi pesanti che effettuano il trasporto dei materiali verso il conferimento in discarica o agli opportuni centri di riciclo e dai mezzi adibiti alle operazioni di scarico e smantellamento in banchina, sono basate sulle seguenti assunzioni:

- Per ciascuno scenario i viaggi che i mezzi pesanti dovranno effettuare sono riportati in Tabella 6.1, dove viene evidenziato anche il numero di giorni per terminare il conferimento. Per lo Scenario A (Dismissione in sito) non sono previste attività di scarico e smantellamento in banchina e non verranno prodotti rifiuti.

**Tabella 6.1 - Numero di viaggi e giorni per terminare il conferimento rifiuti in discarica e/o ai centri di riciclo**

Condotta	Tipologia rifiuto	numero di trasporti	numero di giorni	Scenario	
				A	B
Fabrizia 1 – Innesto linee Davide-Grottammare	Condotte sottomarine	8	30	-	X

- È stato ipotizzato che il conferimento presso le discariche designate o presso i centri di riciclo possa avvenire in qualsiasi periodo dell'anno, considerando un numero di viaggi/giorno costante. La frequenza giornaliera risulta essere di 0.27 viaggi al giorno.
- È stato analizzato l'impatto dei mezzi pesanti limitatamente al tragitto compreso tra la banchina di Marina di Ravenna e il raccordo autostradale più vicino, zona Casermone San Bartolo.
- È stato assunto che i mezzi pesanti impiegati siano equipaggiati con motore diesel e categoria Euro piuttosto recente (Euro V o superiore) (Figura 6.1).

**Figura 6.1 - Esempio di mezzo pesante impiegato per il trasporto dei materiali**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	55 di 72

- Al porto di Marina di Ravenna le operazioni di scarico e smantellamento saranno condotte dai seguenti mezzi per una durata giornaliera pari a 12 ore (orario 7-19) con consumi medi ridotti al 50% dei consumi massimi:
  - 1 forklift alimentato con motore diesel Cummins QSB6.7 con consumo massimo di carburante pari a 46 l/h.
  - 1 gru di terra alimentata con motore diesel Caterpillar C 4.4 con consumo massimo di carburante pari a 26.6 l/h.
  - 1 generatore diesel modello QES60, John Deere 4045HFG81 con consumo massimo di carburante pari 14 l/h.
- A fini cautelativi non saranno attivati i meccanismi e relativi algoritmi di rimozione secca ed umida; saranno pertanto presentati risultati corrispondenti al non aver considerato tali fenomeni di rimozione.

## 6.2 Calcolo del termine di sorgente

### 6.2.1 Geometria e posizione delle sorgenti emissive

Per le fasi di trasporto dei rifiuti eseguito da camion verso i centri di conferimento individuati, le sorgenti emissive sono state considerate come lineari e ricalcheranno le strade di comunicazione che saranno percorse dai mezzi pesanti. Per la modellazione è stato utilizzato il modulo RDEMARB del pacchetto CALPUFF.

Per il calcolo dei parametri necessari al modello si è fatto riferimento al documento US-EPA “Haul Road Workgroup” [Rif. 9], in particolare:

- Altezza di rilascio della sorgente:  $1.7 \times \text{altezza della motrice del camion} / 2$
- $\sigma_y$  iniziale: larghezza media della strada + 6 / 2.15
- $\sigma_z$  iniziale: altezza della motrice del camion  $\times 1.7 / 2.15$

L'analisi di ricaduta di inquinanti si è limitata ad un intorno di circa 25-30 km di raggio dal porto di Marina di Ravenna.

Per le operazioni di scarico e smantellamento eseguite in banchina è stata considerata un'unica sorgente areale di circa 46000 m<sup>2</sup>.

Le caratteristiche geometriche delle sorgenti lineari ed areali sono riportate rispettivamente in Tabella 6.2 e Tabella 6.3 e graficamente in Figura 6.2.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	56 di 72

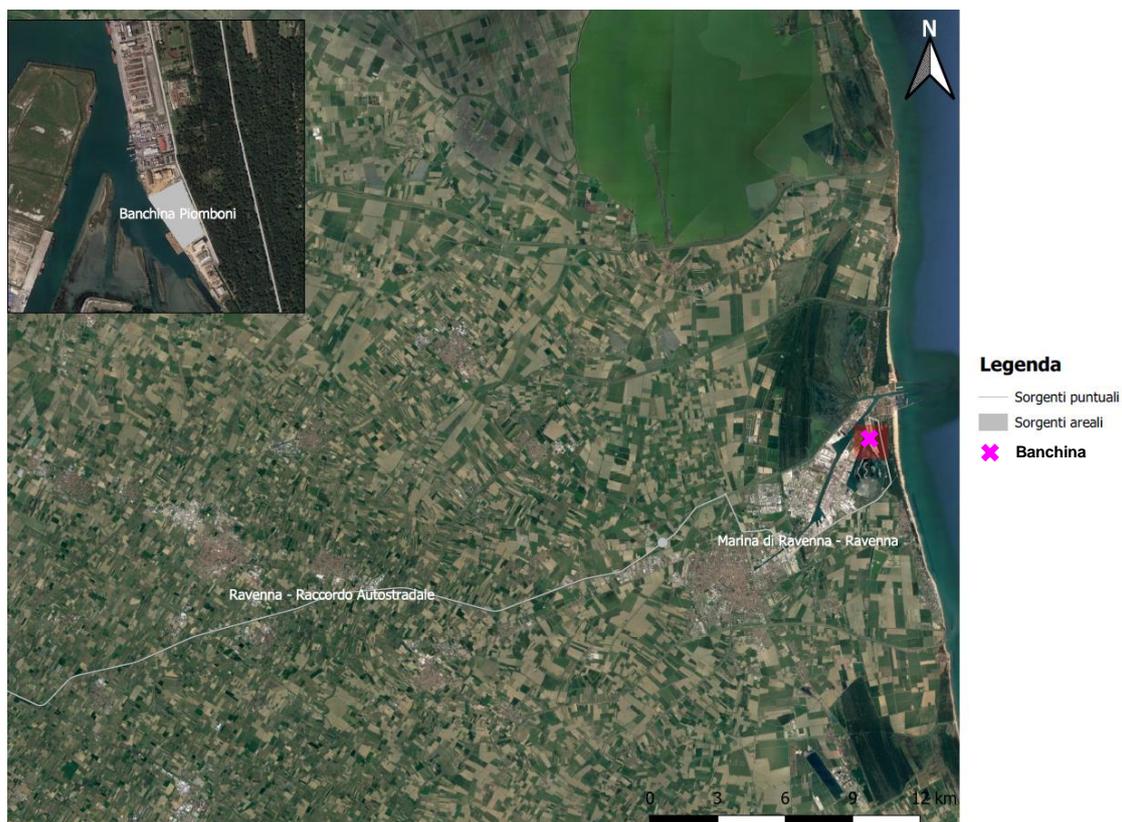
**Tabella 6.2 - Caratteristiche geometriche delle sorgenti emissive lineari considerate**

Scenario	ID Sorgente	X inizio [m]	Y inizio [m]	X fine [m]	Y fine [m]	Lunghezza [m]	Larghezza media [m]
B	Marina di Ravenna - Ravenna	283356	4927550	273764	4923506	19000	10
	Ravenna - Raccordo Autostradale Casermone San Bartolo	273764	4923506	244691	4916860	31200	18

**Tabella 6.3 - Caratteristiche geometriche delle sorgenti emissive areali considerate**

Scenario	ID Sorgente	X [m]	Y [m]	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Elevazione [m s.l.m.]
B	Banchina Marina di Ravenna	283004	4927877	≈ 46000	2
		283169	4927963		
		283279	4927696		
		283178	4927623		

**Figura 6.2 - Localizzazione delle sorgenti emissive lineari ed areali**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	57 di 72

## 6.2.2 Portate emesse

Le emissioni dei motori dei camion che operano il trasporto dei materiali recuperati dal fondale marino, dal porto di Marina di Ravenna fino al conferimento in discarica e/o ai centri di riciclo, sono state calcolate a partire dai fattori emissivi riportati nel capitolo 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv "Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles" del documento "EMEP EEA Air pollutant mission inventory guidebook 2019", aggiornato ad ottobre 2021 [Rif. 10]. Il suddetto documento riporta le emissioni medie (in g/km) caratteristiche di diverse tipologie di veicoli a motore in funzione del tipo di carburante utilizzato.

In Tabella 6.4 vengono sinteticamente riportati i fattori emissivi considerati per il calcolo delle portate di sostanze inquinanti.

**Tabella 6.4 - Fattori emissivi considerati per i camion coinvolti nelle operazioni di trasporto dei rifiuti**

Type	Technology	Pollutant	Value	Unit
Diesel > 32 t	Euro VI A/B/C	<b>Tier 1 exhaust emission factors for heavy-duty vehicles</b>		
		SO <sub>x</sub>	7.20E-04	g/km
		<b>Tier 2 exhaust emission factors for heavy-duty vehicles</b>		
		CO	1.21E-01	g/km
		NM <sub>VOC</sub>	1.20E-02	g/km
		NO <sub>x</sub>	5.07E-01	g/km
		PM <sub>10</sub>	1.30E-02	g/km

I suddetti valori emissivi, moltiplicati per il numero di mezzi impiegati per eseguire il trasporto dei materiali e per il numero di viaggi operati nell'unità di tempo, restituiscono le portate emesse. Per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo 6.1. Si ottengono così le portate emesse dalle sorgenti lineari (Tabella 6.5).

**Tabella 6.5 - Portate in massa per unità di lunghezza delle sorgenti lineari considerate**

Scenario	Percorso	CO	COV	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
		Portate in massa per unità di lunghezza [g/s/m]				
B	Marina di Ravenna - Ravenna	7.47E-10	7.41E-11	3.13E-09	8.02E-12	4.44E-12
	Ravenna - Raccordo Autostradale Casermone San Bartolo	7.47E-10	7.41E-11	3.13E-09	8.02E-12	4.44E-12

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	58 di 72

Le emissioni dovute ai motori dei mezzi che eseguono le operazioni di carico/scarico e smantellamento al porto di Marina di Ravenna sono state calcolate a partire dai fattori emissivi riportati nel capitolo 1.A.2.g vii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b ii, 1.A.4.c ii, 1.A.4.c iii, 1.A.5.b “Non-road mobile sources and machinery” del documento “EMEP EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2019” [Rif. 11]. Il suddetto documento riporta le emissioni medie (esprese come chilogrammi di sostanza inquinante per tonnellata di carburante consumato, kg/t) caratteristiche di diverse tipologie di mezzi industriali, come gru, generatori e forklift (Tabella 6.6).

**Tabella 6.6 - Fattori emissivi considerati per i mezzi coinvolti nelle operazioni di smantellamento in banchina**

Type	Pollutant	Value	Unit	Detail
Fuel: Diesel NFR Sector: 1.A.2.g.vii and 1.A.4.a.ii Technology: Stage IIIA	<b>Tier 1 default emission factors</b>			
	SOx	3	ppm/g fuel	[Rif. 10]
	<b>Tier 2 default emission factors</b>			
	CO	6826	g/t fuel	-
	NMVOC	1470	g/t fuel	-
	NOx	15653	g/t fuel	-
	PM <sub>10</sub>	950	g/t fuel	-

I suddetti valori emissivi, moltiplicati per i consumi giornalieri dei mezzi e divisi per la superficie dove essi operano, restituiscono le portate emesse dalla sorgente areale (Tabella 6.7).

**Tabella 6.7 - Portate in massa per unità di superficie delle sorgenti considerate in banchina**

Scenario	Nome Area	CO	COV	NOx	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
		Portate in massa per unità di superficie [kg/h/m <sup>2</sup> ]				
B	Banchina Marina di Ravenna	5.89E-06	1.27E-06	1.35E-05	8.19E-07	2.59E-09

### 6.3 Limiti di riferimento

Per la tipologia di sostanze inquinanti e per i relativi limiti di riferimento esaminati, si rimanda al paragrafo 5.3 del presente studio.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	59 di 72

## 6.4 Risultati

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni su base annua delle emissioni in atmosfera dovute al trasporto dei materiali verso il conferimento in discarica e/o ai centri di riciclo operato da mezzi pesanti e alle operazioni di scarico e smantellamento in banchina, suddivisi per ogni inquinante simulato. L'analisi dei risultati è stata finalizzata a determinare i valori di concentrazione (definiti dalla normativa vigente) e confrontare gli stessi con gli standard di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs.155/2010 (riportati al paragrafo 6.3).

Sinteticamente, le massime concentrazioni al suolo dei principali inquinanti dovute alle emissioni dai motori dei mezzi pesanti sono inserite nella Tabella 6.8 riportata di seguito.

Come si può osservare, tutti i limiti normativi sono pienamente rispettati; pertanto, è possibile concludere che non si riscontrano criticità per quanto riguarda la salute pubblica.

**Tabella 6.8 - Concentrazioni massime dovute alle emissioni dai camion e dai mezzi operanti in banchina**

	SO <sub>2</sub>				NO <sub>x</sub>			PM <sub>10</sub>		CO	COV	
	Massimi orari	99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	Massimi orari	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le**	Media annuale	Media 8 ore	Massimi orari	Media annuale
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]								
Valori massimi	2.49E-02	1.89E-02	3.80E-03	8.76E-04	130	101	4.57	6.12E-01	2.77E-01	1.69E-02	12.2	4.29E-01
Limite di legge	500	350	125	20 (veg.)	400	200	40 30 (veg.)	50	40	10	-	-

\* percentile calcolato su base oraria, \*\*percentile calcolato su base giornaliera

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	60 di 72

#### 6.4.1 SO<sub>2</sub>

Per quanto riguarda la SO<sub>2</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 6.3 a Figura 6.6):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni massime orarie su base annua è pari a 500 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 3 ore consecutive). Il valore massimo, ottenuto in prossimità della banchina a Marina di Ravenna, è di 2.49E-02 µg/m<sup>3</sup>, un valore notevolmente inferiore al limite di riferimento. La Figura 6.15 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina.
- Il limite per le concentrazioni orarie, pari a 350 µg/m<sup>3</sup>, non deve essere superato per più di 24 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.7° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto è pari a circa 1.89E-02 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto della soglia di legge.
- Il limite per le concentrazioni giornaliere, pari a 125 µg/m<sup>3</sup>, non deve essere superato per più di 3 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere. Il massimo valore ottenuto è pari a circa 3.80E-03 µg/m<sup>3</sup> e quindi inferiore alla soglia di legge.
- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a 20 µg/m<sup>3</sup> (valore limite per la protezione della vegetazione). Il valore massimo ottenuto è pari a circa 8.76E-04 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto del limite di riferimento.

#### 6.4.2 NO<sub>x</sub>

Per quanto riguarda gli NO<sub>x</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 6.7 a Figura 6.9):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni massime orarie su base annua è pari a 400 µg/m<sup>3</sup> (da non superare per più di 3 ore consecutive). Il valore massimo ottenuto nell'area di banchina dove avvengono le operazioni di carico e smantellamento, è pari a circa 130 µg/m<sup>3</sup>, al di sotto della soglia di riferimento. La Figura 6.16 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina.
- Il limite per le concentrazioni orarie, pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, non deve essere superato per più di 18 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto è pari a circa 101 µg/m<sup>3</sup>, inferiore alla soglia di legge.
- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo ottenuto è pari a circa 4.57 µg/m<sup>3</sup>, cioè notevolmente inferiore al limite di riferimento. Si evidenzia che i risultati ottenuti risultano ben al di sotto anche del limite normativo relativo alla protezione della vegetazione, pari a 30 µg/m<sup>3</sup>.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 61 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 6.4.3 PM<sub>10</sub>

Per quanto riguarda le polveri sottili PM<sub>10</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 6.10 a Figura 6.11):

- Il limite normativo relativo al 90.4° percentile delle medie giornaliere, da non superare cioè più di 35 volte in un anno, è pari a 50 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo, ottenuto in prossimità della banchina di Marina di Ravenna, è pari a 6.12E-01 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto del limite di riferimento.
- Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo ottenuto è pari a circa 2.77E-01 µg/m<sup>3</sup>, notevolmente inferiore alla soglia di legge.

La Figura 6.17 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina.

### 6.4.4 CO

Per la CO sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.12):

- Il limite normativo relativo alle concentrazioni mediate sulle 8 ore è pari a 10 mg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo ottenuto nell'area di banchina dove avvengono le operazioni di carico e smantellamento è pari a 1.69E-02 mg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto del limite di riferimento.

La Figura 6.18 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina.

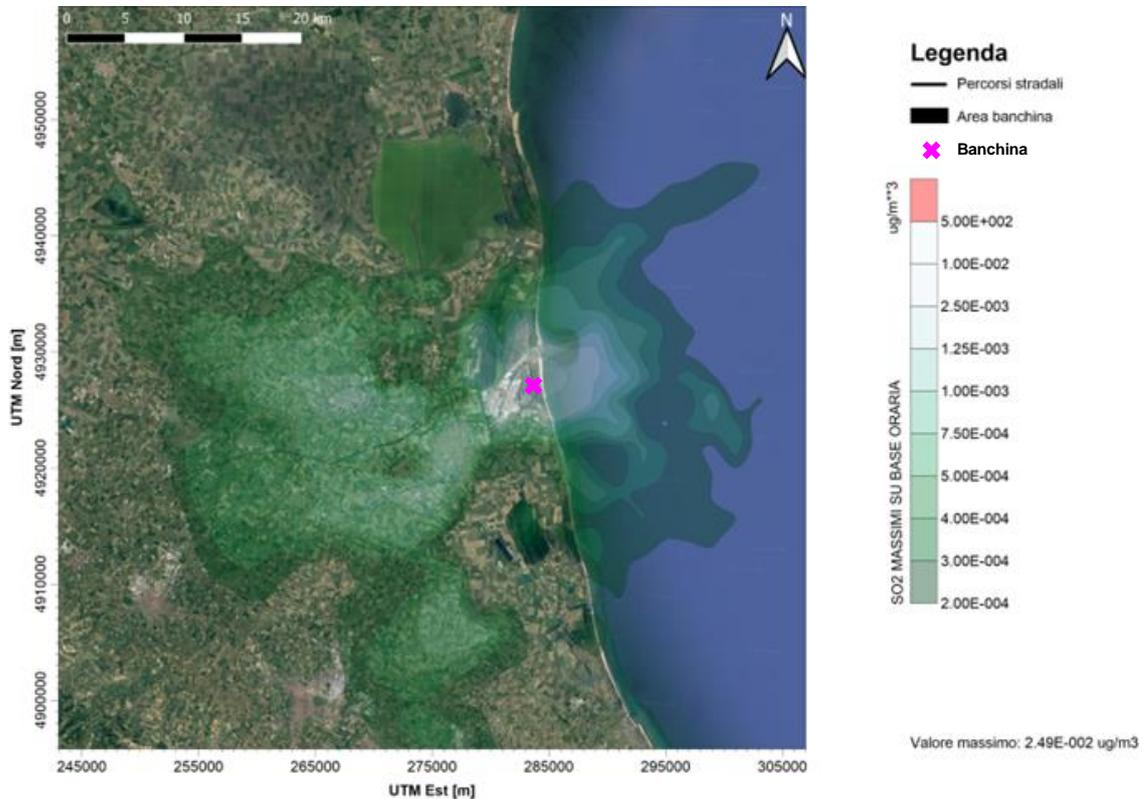
### 6.4.5 COV

Sebbene non esistano specifici limiti normativi, è stata analizzata anche la dispersione dei composti organici volatili (COV) (da Figura 6.13 a Figura 6.14). Le concentrazioni massime orarie sul dominio hanno valore pari a 12.2 µg/m<sup>3</sup>, mentre le medie annue di 4.29E-01 µg/m<sup>3</sup>.

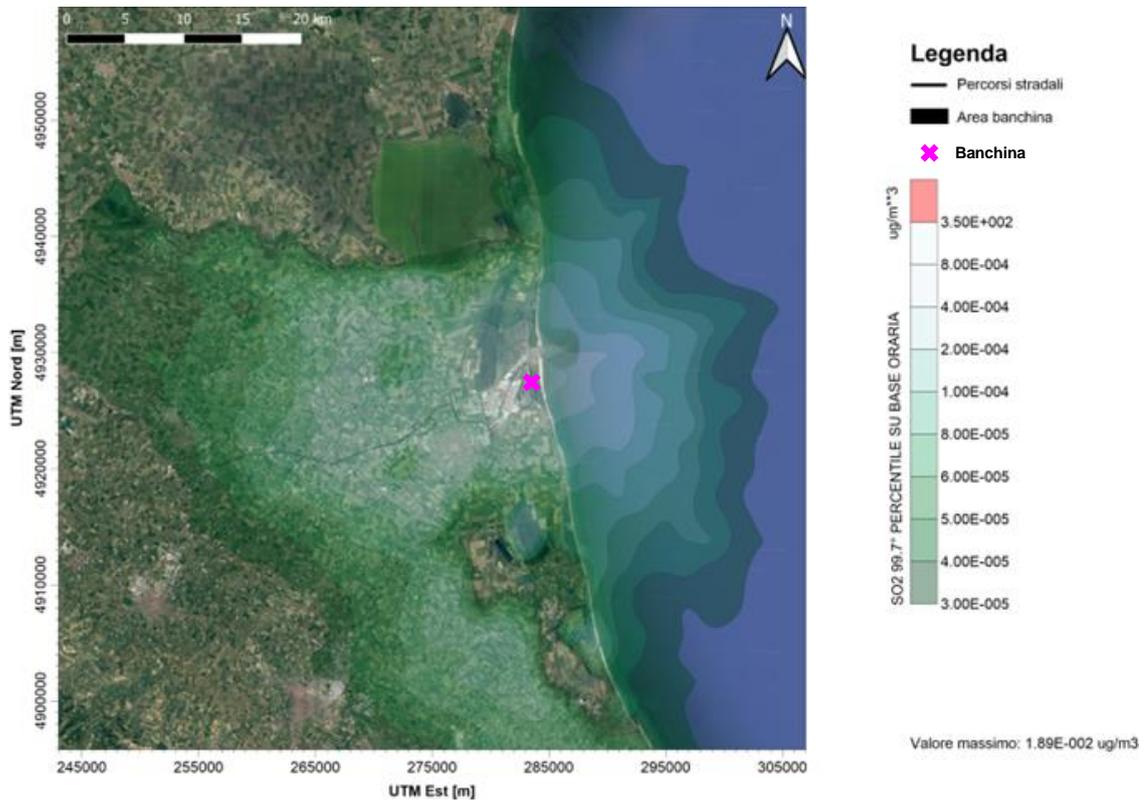
La Figura 6.19 riporta invece l'andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	62 di 72

**Figura 6.3 - SO<sub>2</sub> – concentrazioni massime su base oraria [µg/m<sup>3</sup>]**

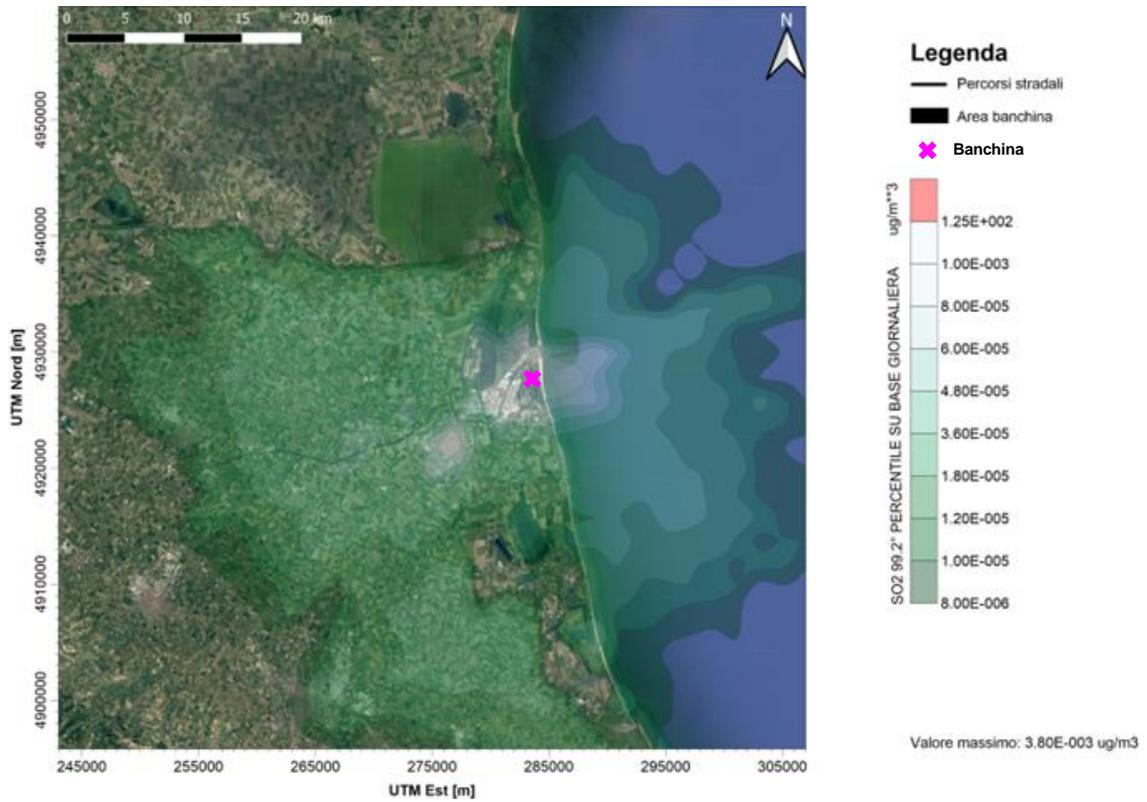


**Figura 6.4 - SO<sub>2</sub> – 99.7° percentile delle concentrazioni orarie [µg/m<sup>3</sup>]**

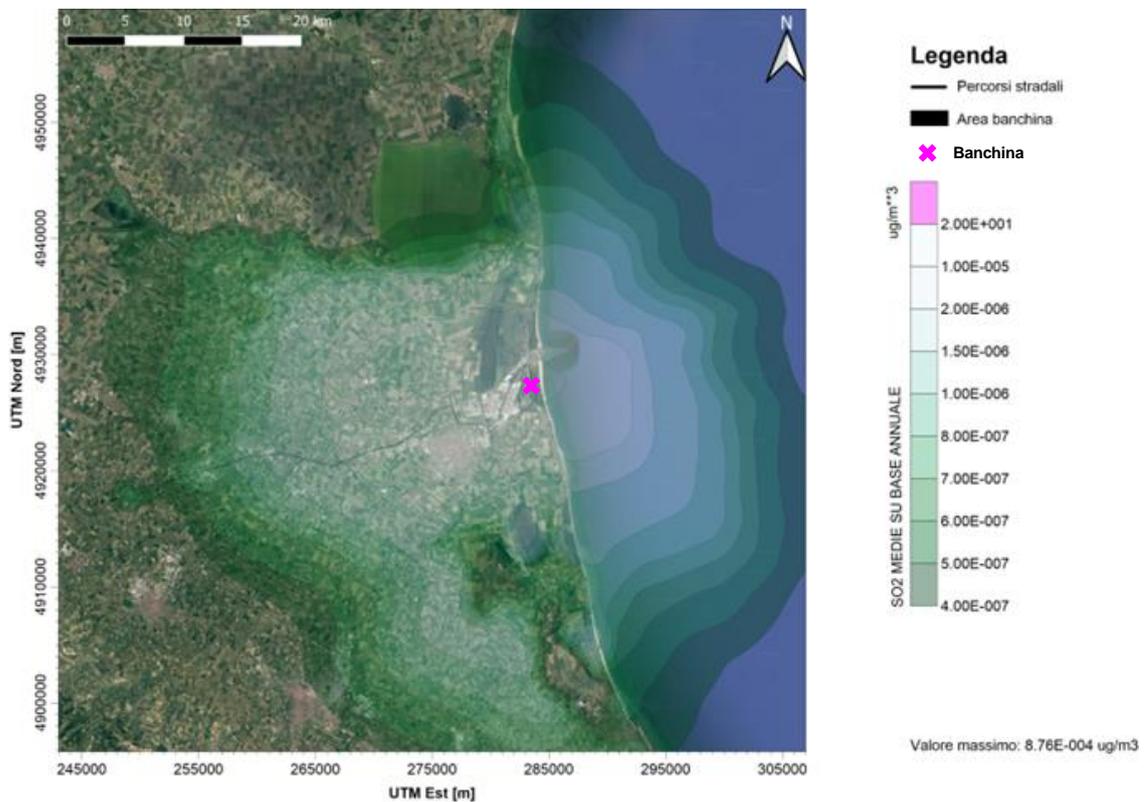


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	63 di 72

**Figura 6.5 - SO<sub>2</sub> – 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere [µg/m<sup>3</sup>]**

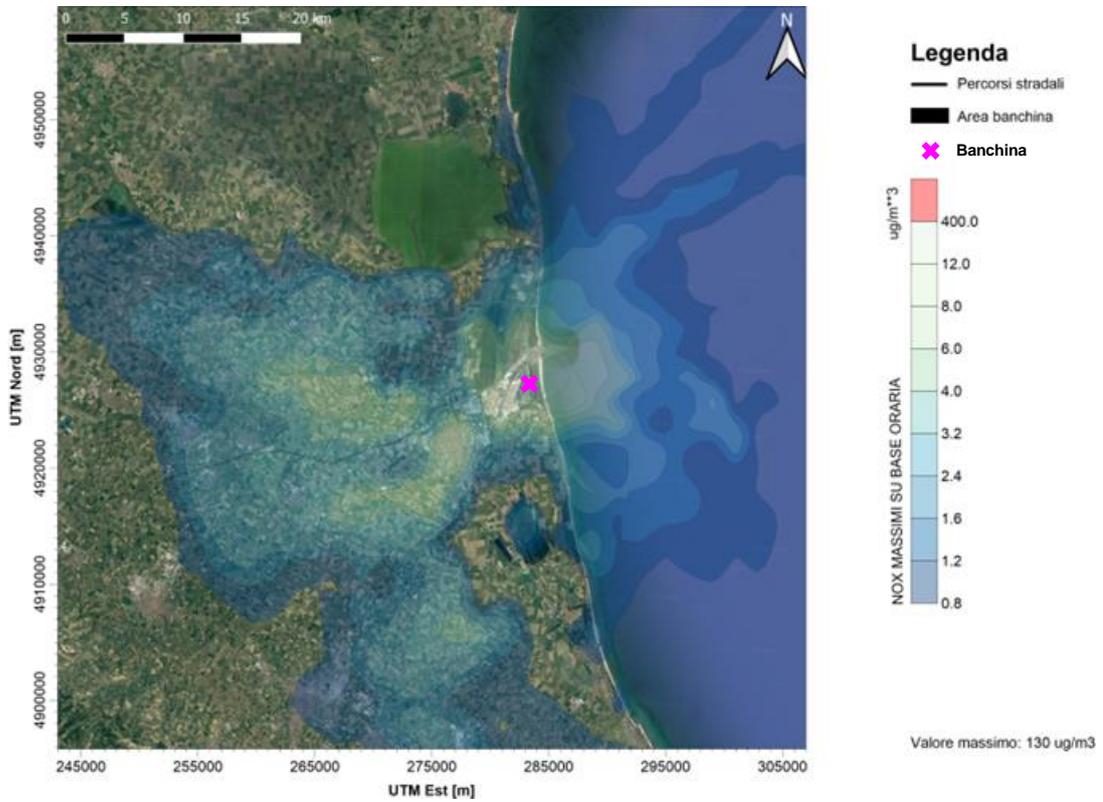


**Figura 6.6 - SO<sub>2</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>]**

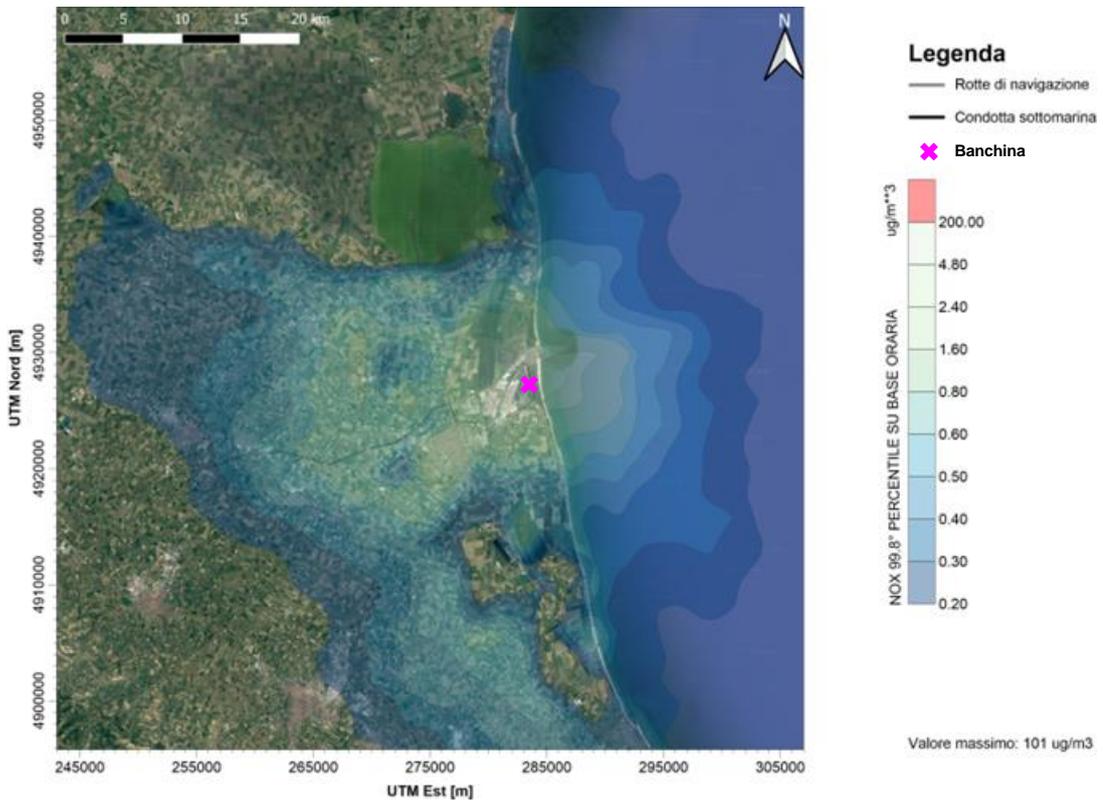


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	64 di 72

**Figura 6.7 - NOx – concentrazioni massime su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

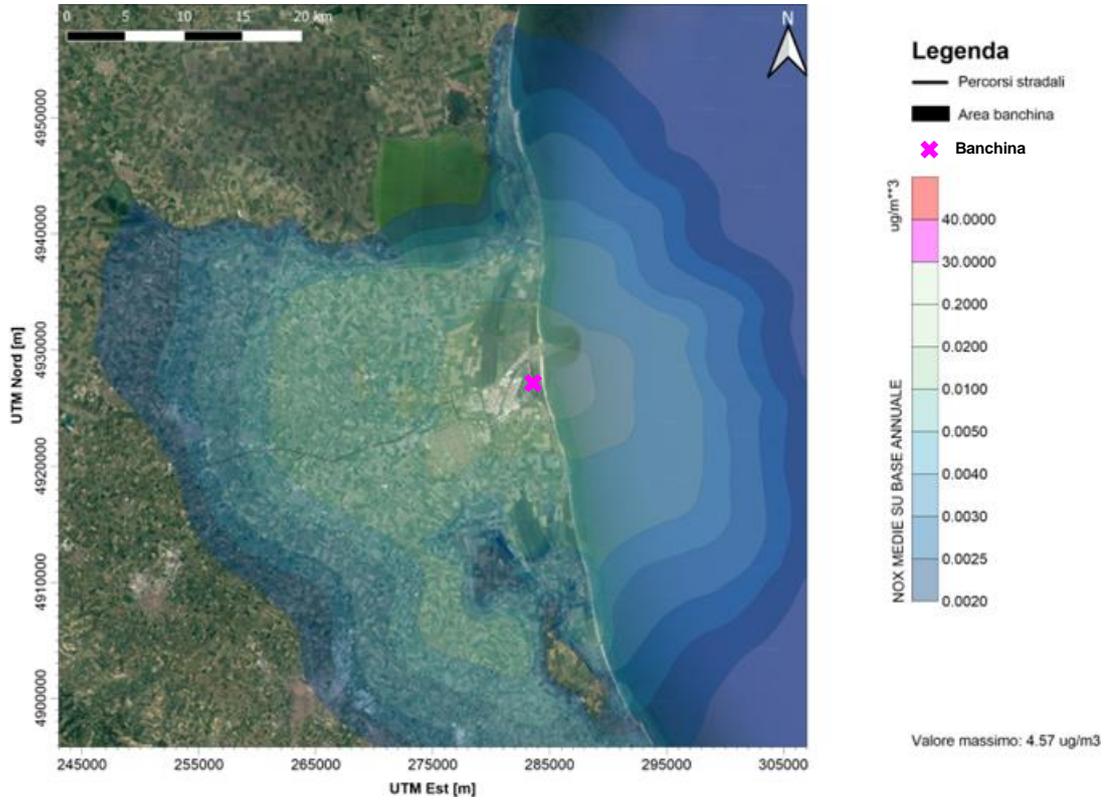


**Figura 6.8 - NOx – 99.8° percentile delle concentrazioni orarie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



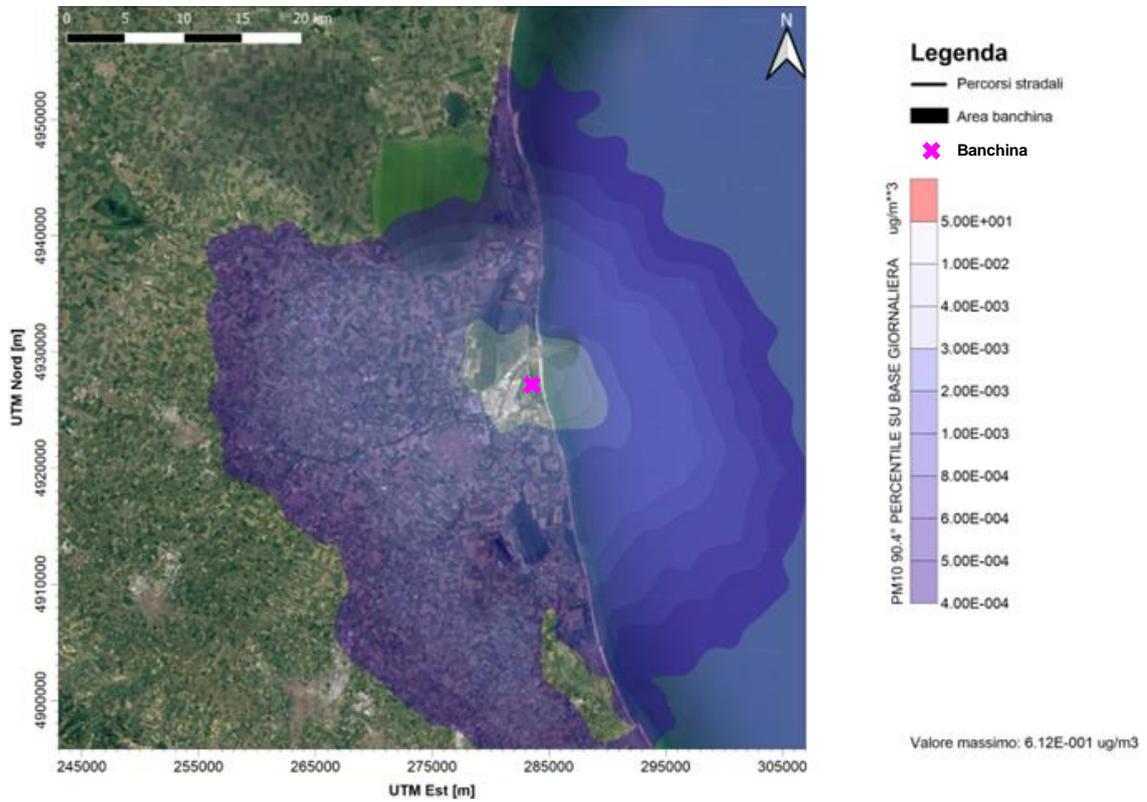
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	65 di 72

**Figura 6.9 - NOx – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

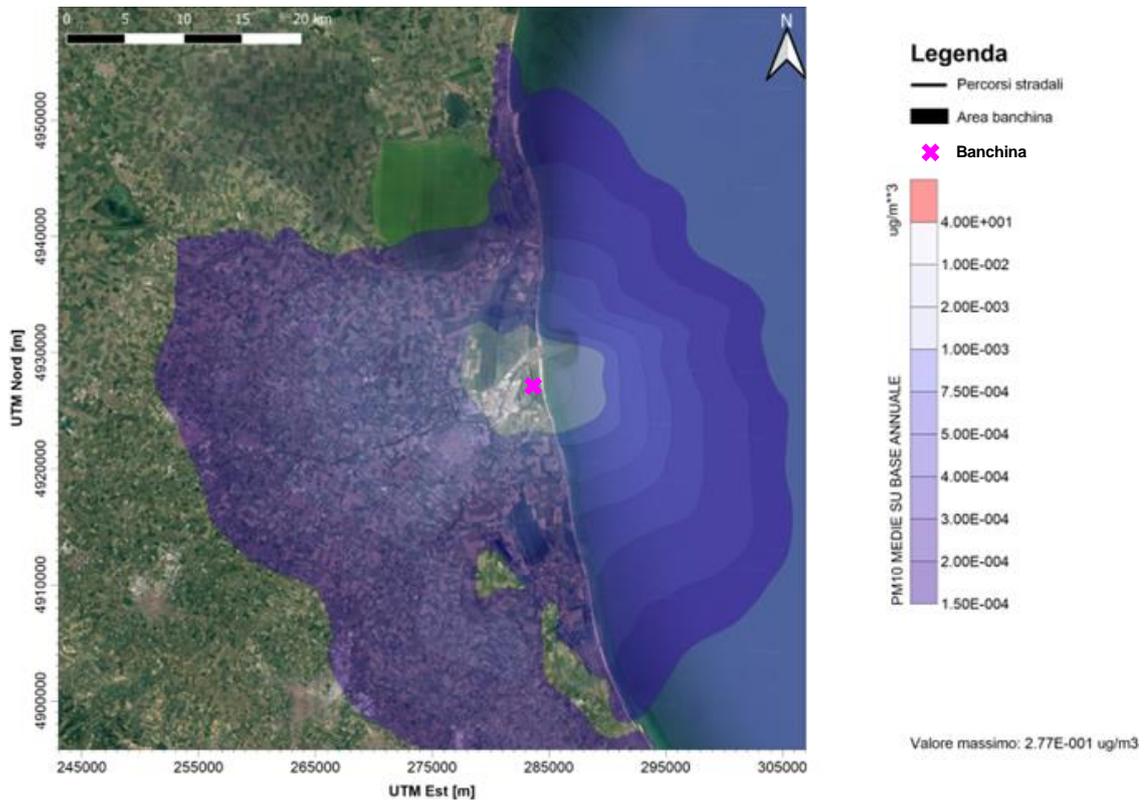


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	66 di 72

**Figura 6.10 - PM<sub>10</sub> – 90.4° percentile delle concentrazioni giornaliere [µg/m<sup>3</sup>]**

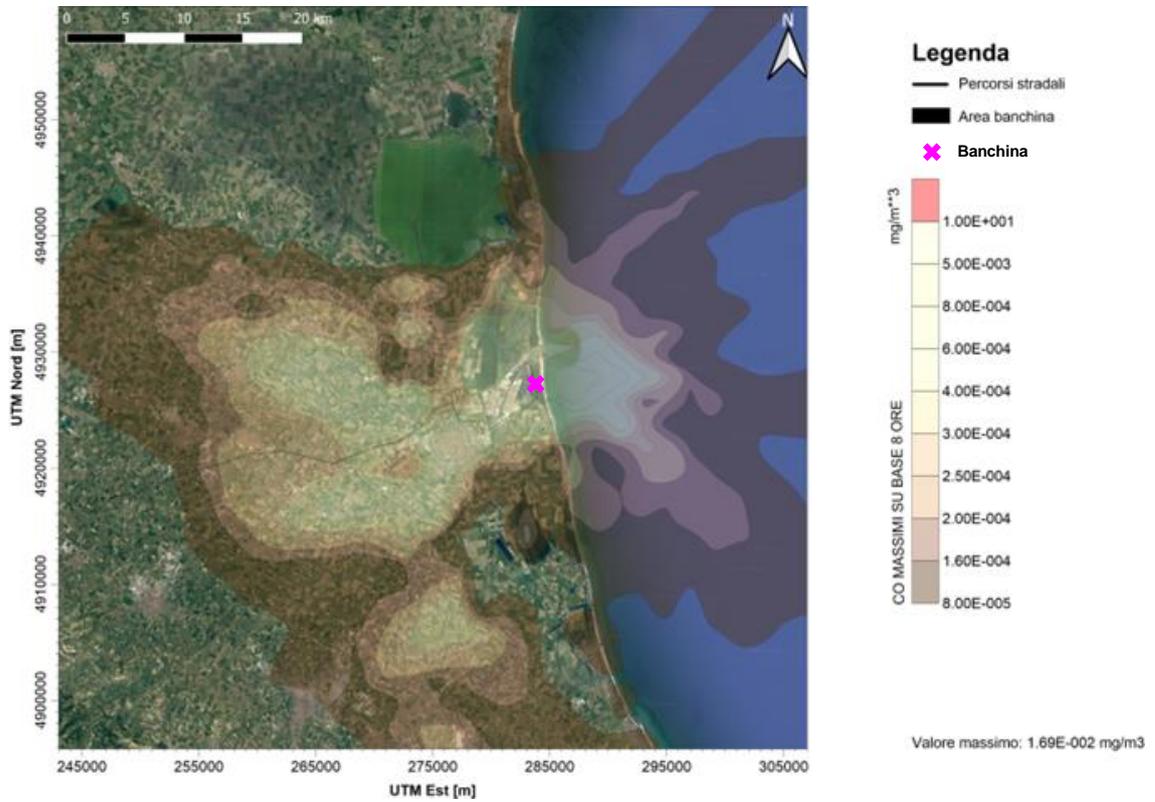


**Figura 6.11 – PM<sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>]**



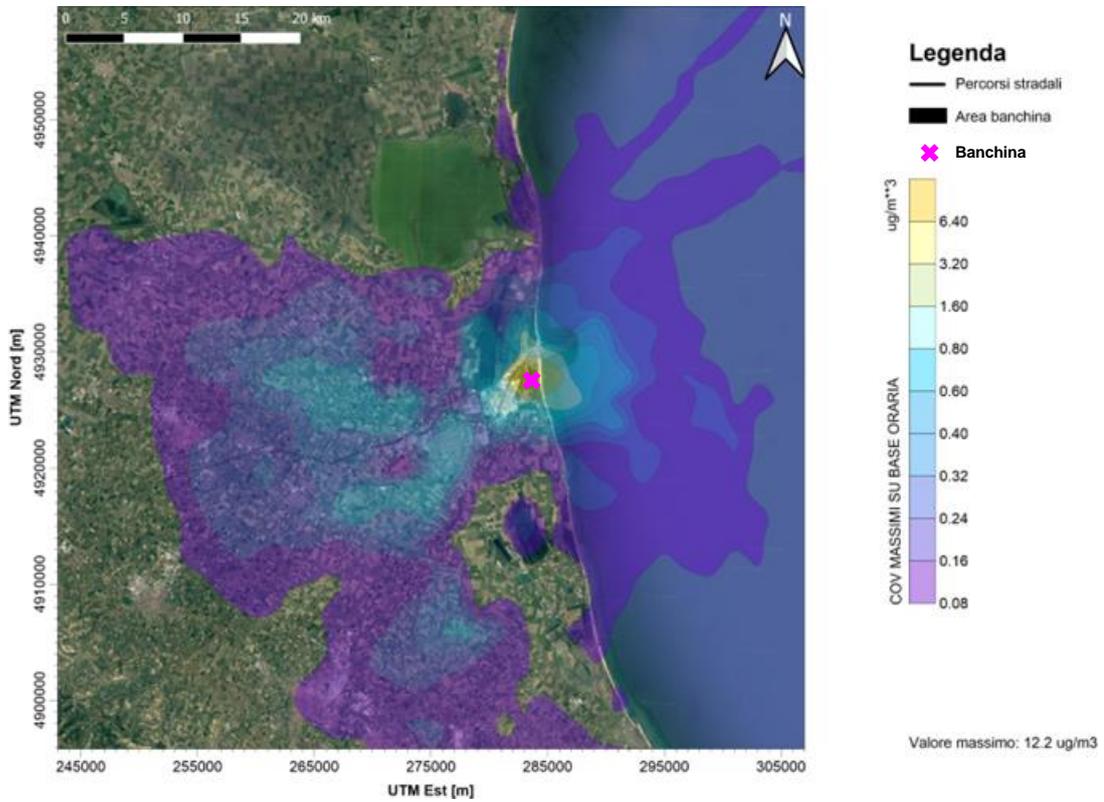
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	67 di 72

**Figura 6.12 – CO – concentrazioni massime su base 8 ore [mg/m<sup>3</sup>]**

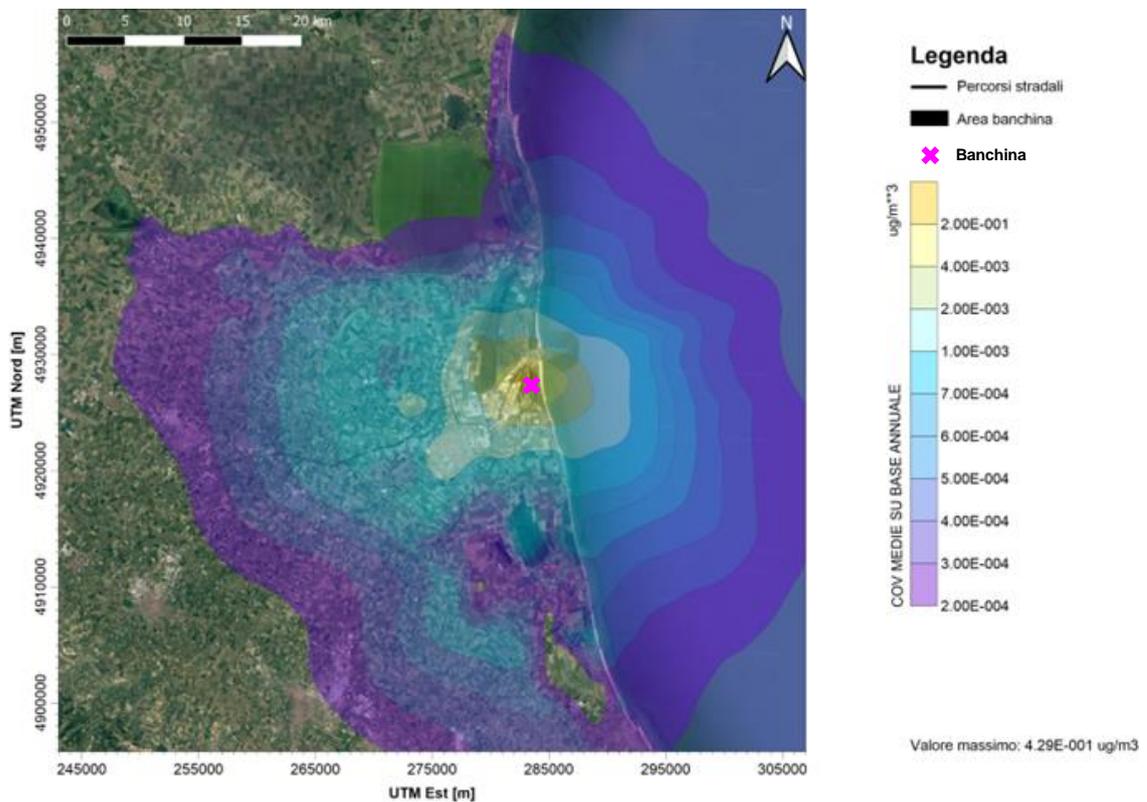


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	68 di 72

**Figura 6.13 - COV – concentrazioni massime su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

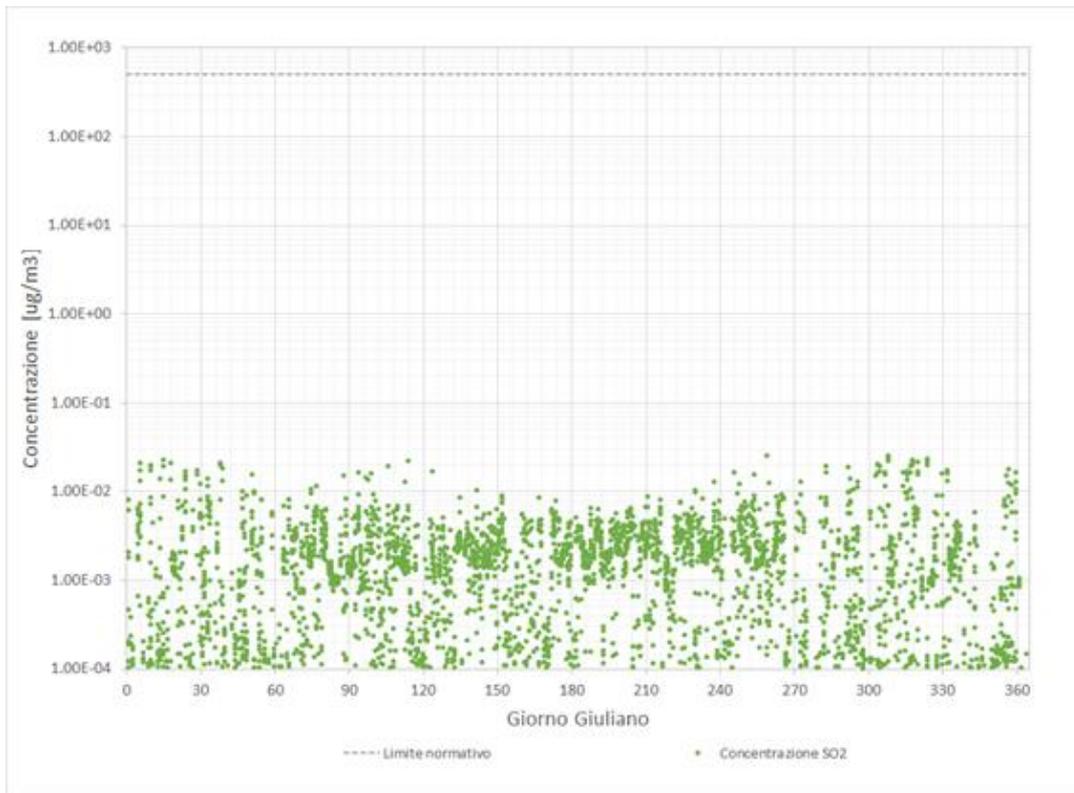


**Figura 6.14 - COV – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

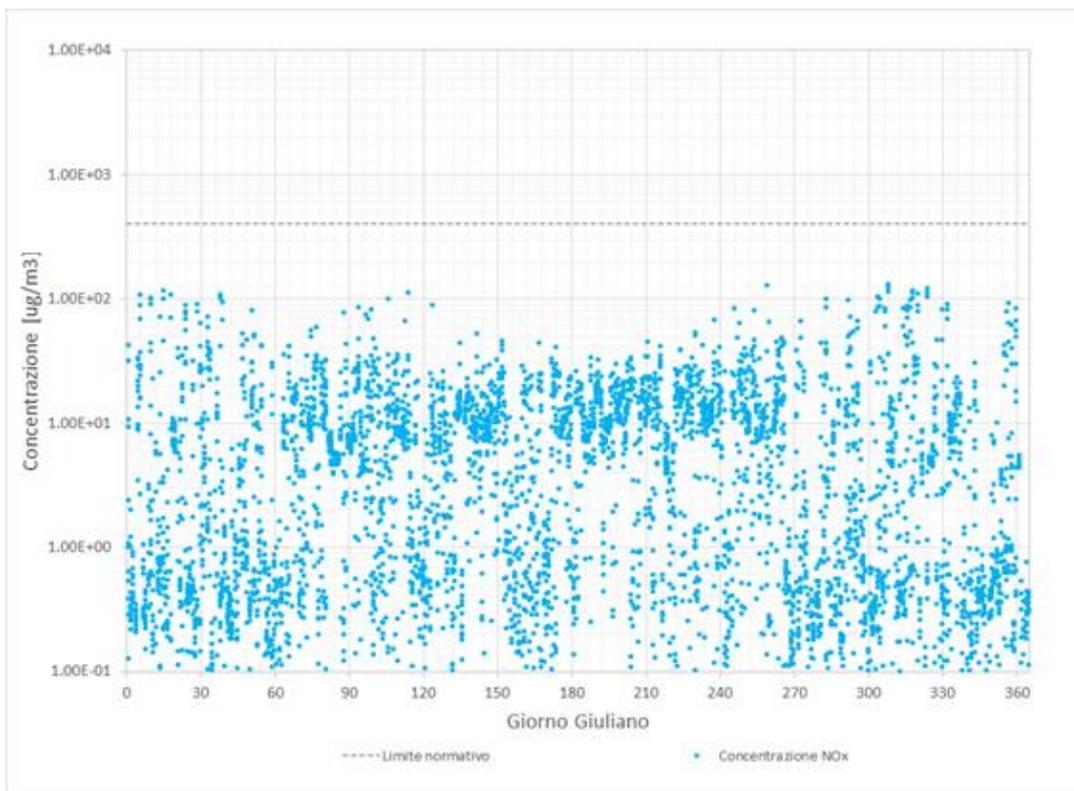


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	69 di 72

**Figura 6.15 - SO<sub>2</sub> – andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina [µg/m<sup>3</sup>]**

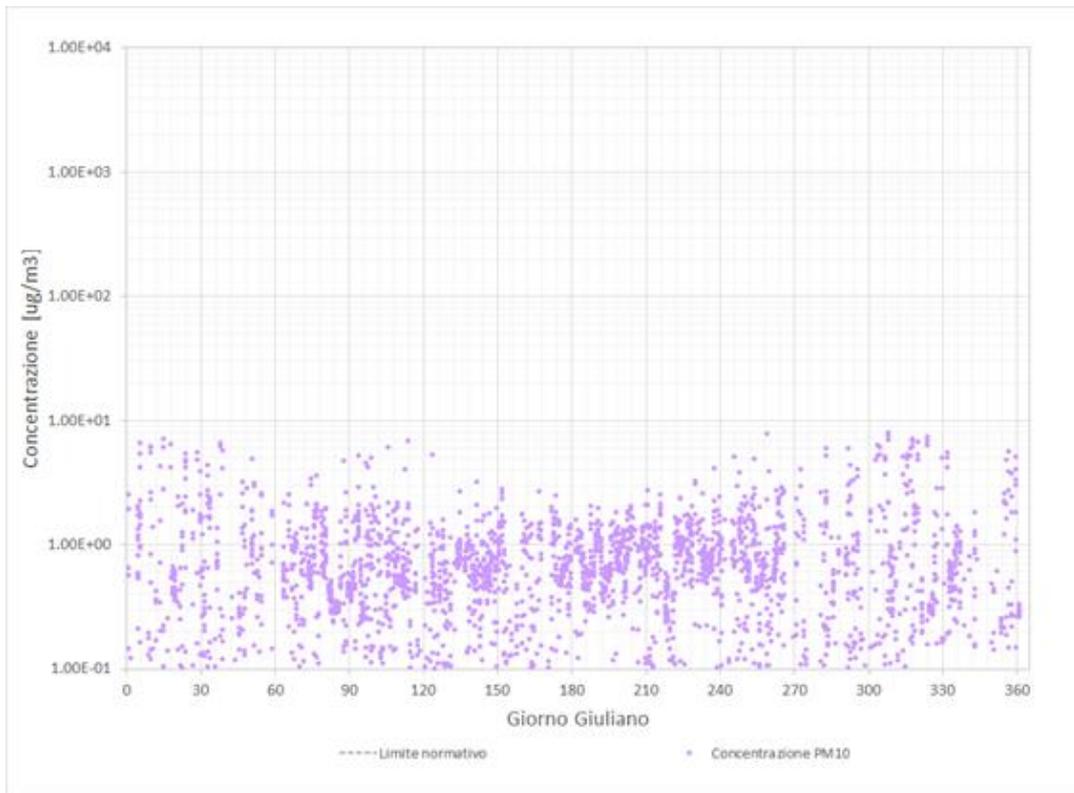


**Figura 6.16 - NO<sub>x</sub> – andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina [µg/m<sup>3</sup>]**

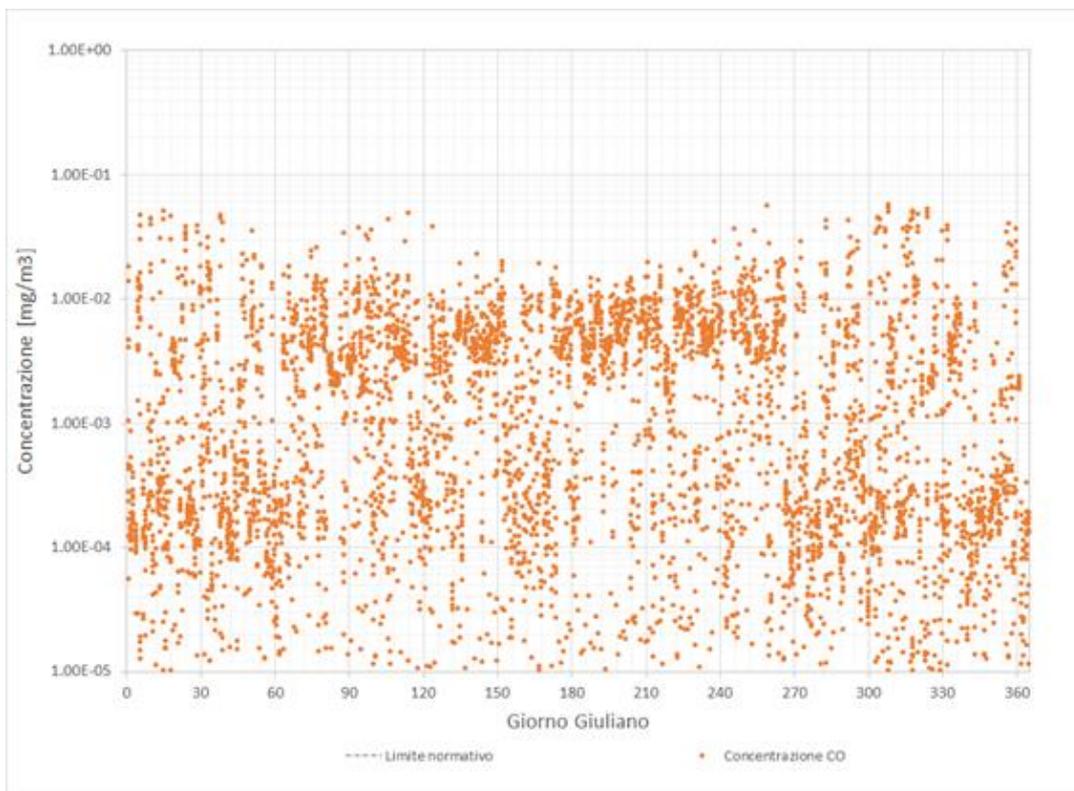


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	70 di 72

**Figura 6.17 - PM<sub>10</sub> – andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina [µg/m<sup>3</sup>]**

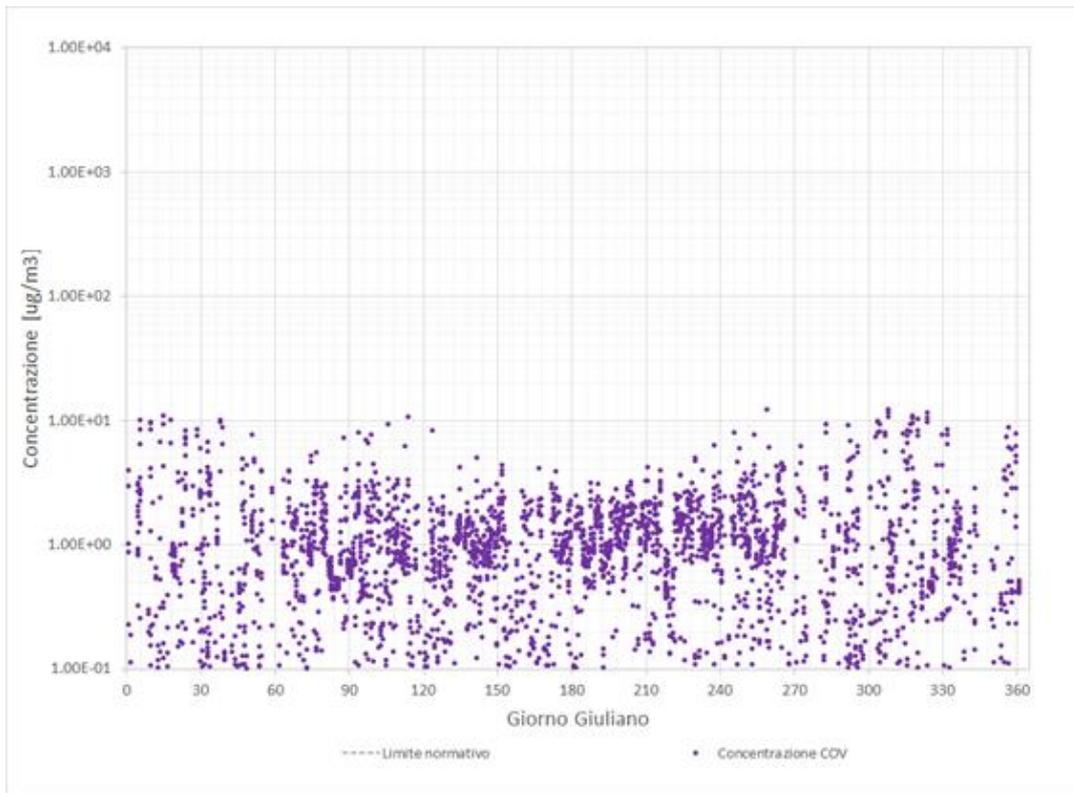


**Figura 6.18 - CO – andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina [mg/m<sup>3</sup>]**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	71 di 72

**Figura 6.19 - COV – andamento temporale delle concentrazioni orarie nei pressi della banchina [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 72 di 72
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1 nasa.gov

2 usgs.gov

3 ngdc.noaa.gov

4 copernicus.eu

5 ENEA – “Definizione della metodologia e degli input necessari per l’esecuzione di analisi integrate CALPUFF-CALMET ai fini della valutazione della dispersione di inquinanti radioattivi in atmosfera”.

6 cds.climate.copernicus.eu

7 Liguori F., Pillon S., Patti S. e ARPA Veneto “CAIMANs Cruise and passenger ship Air quality Impact Mitigation ActioNs. Scenari emissivi per la Laguna di Venezia”.

8 “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Dec. 2021”. 1.A.3.d.i, 1.A.3.d.ii, 1.A.4.c.iii International maritime and inland navigation, national navigation, national fishing, recreational boats International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing.

9 US-EPA “Haul Road Workgroup Final Report Submission to EPA-OAQPS” Memorandum, 2012.

10 “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021”. 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles

11 “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019”. 1.A.2.g vii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b ii, 1.A.4.c ii, 1.A.4.c iii, 1.A.5.b Non-road mobile sources and machinery



**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Appendice 1*  
*Studio di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera*  
*da Mezzi Navali e Mezzi a Terra*

**ALLEGATI**

**Marzo 2023**

 Eni SpA Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 47
--	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

#### Appendice 1

#### Studio di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera da Mezzi Navali e Mezzi a Terra

#### ALLEGATI

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	REV.	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

	Eni SpA Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 3 di 47
---	--	--------------------	---------------------	------------	-------------------

**INDICE**

<b>1</b>	<b>ALLEGATO A .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ALLEGATO B .....</b>	<b>26</b>

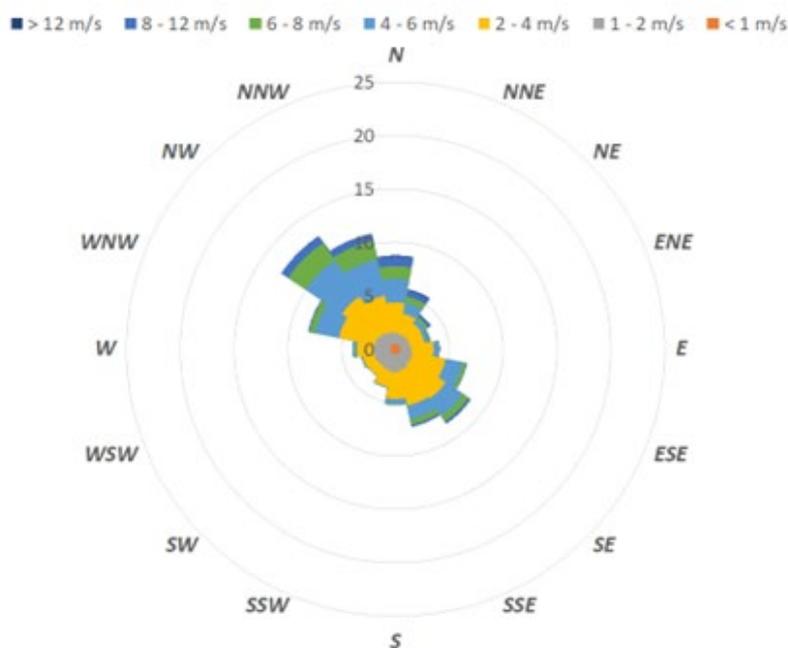


## 1 ALLEGATO A

Nel presente ALLEGATO A vengono riportati i risultati del processamento dei dati di velocità e direzione del vento provenienti dal database ERA5 per il periodo 2012-2021, estratti al punto di coordinate 14.00°E, 43.00°N (WGS84), il più vicino alla zona delle condotte Fabrizia 1 - innesto con le linee Davide-Grottammare (da Figura 1.1 a Figura 1.11 e da Tabella 1.1 a Tabella 1.11) e al punto 12.25°E, 44.50°N (WGS84), rappresentativo della banchina del porto di Marina di Ravenna (da Figura 1.12 a Figura 1.22 e da Tabella 1.12 a Tabella 1.22).

- *Media decennale (2012-2021)*

**Figura 1.1 - Rosa dei venti per il periodo 2012-2021. (14.00°E, 43.00°N).**



**Tabella 1.1 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2012-2021). (14.00°E, 43.00°N).**

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.02	2.86	2.22	1.17	0.91	0.09	8.68
NNE	0.90	1.99	1.03	0.62	0.57	0.11	5.62
NE	0.95	1.46	0.47	0.30	0.28	0.02	3.88
ENE	0.89	1.38	0.36	0.12	0.10	0.01	3.29
E	0.98	2.05	0.52	0.07	0.03		4.05
ESE	1.16	3.09	1.62	0.34	0.05	0.02	6.77
SE	1.25	3.85	1.95	0.63	0.25	0.02	8.42
SSE	1.50	3.41	1.31	0.52	0.21	0.00	7.49
S	1.69	2.49	0.54	0.07	0.01		5.35
SSW	1.62	1.51	0.11	0.01			3.83
SW	1.49	1.04	0.08	0.01			3.22
WSW	1.58	1.04	0.12	0.04	0.02		3.33
W	1.55	1.56	0.30	0.08	0.02		4.03
WNW	1.49	3.38	2.28	0.53	0.12	0.01	8.29
NW	1.35	4.13	4.07	1.96	0.75	0.03	12.79
NNW	1.16	3.45	3.47	1.76	0.66	0.04	10.95
<b>Totale %</b>	<b>20.57</b>	<b>38.70</b>	<b>20.45</b>	<b>8.23</b>	<b>3.97</b>	<b>0.35</b>	<b>100.00</b>

Calma 7.74



- Anno 2012

Figura 1.2 - Rosa dei venti per l'anno 2012. (14.00°E, 43.00°N).

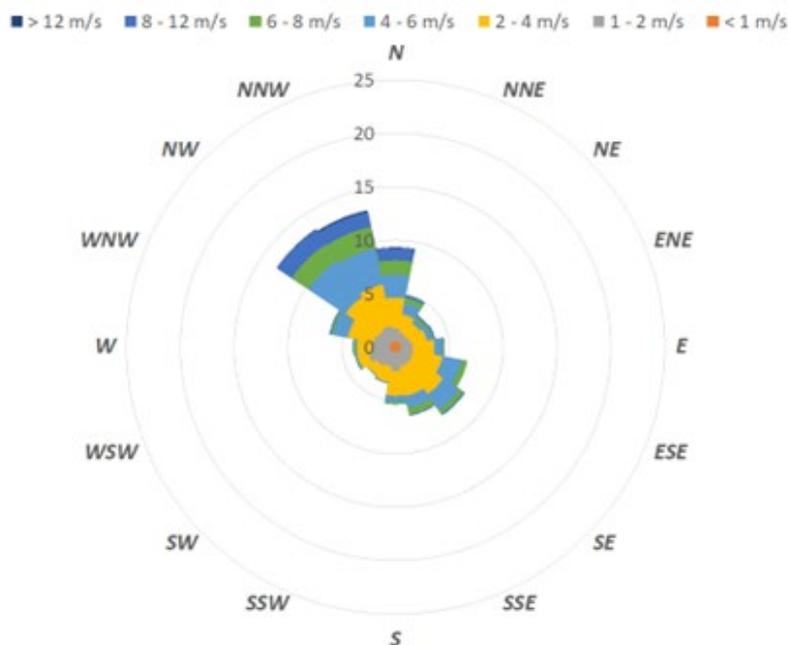


Tabella 1.2 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2012). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.23	2.87	2.13	1.35	1.17	0.06	9.39
NNE	0.89	1.70	1.09	0.52	0.25		4.87
NE	0.77	1.38	0.43	0.33	0.17	0.01	3.50
ENE	0.93	1.50	0.52	0.10	0.17		3.73
E	1.07	2.02	0.82	0.10	0.06		4.52
ESE	1.15	2.79	1.81	0.51	0.01		6.80
SE	1.30	3.48	1.80	0.48	0.16		7.75
SSE	1.35	2.80	1.13	0.66	0.13		6.59
S	1.75	2.30	0.64	0.17			5.31
SSW	1.37	1.47	0.15	0.01			3.63
SW	1.63	1.00	0.08	0.02			3.37
WSW	2.07	1.02	0.20	0.07			3.96
W	1.73	1.34	0.27	0.13			4.01
WNW	1.55	2.46	1.38	0.20	0.15		6.21
NW	1.35	3.71	4.14	1.86	1.64	0.06	13.31
NNW	1.51	3.92	3.46	2.04	1.42	0.17	13.05
Totale %	21.67	35.76	20.06	8.56	5.33	0.30	100.00

Calma 8.32



- Anno 2013

Figura 1.3 - Rosa dei venti per l'anno 2013. (14.00°E, 43.00°N).

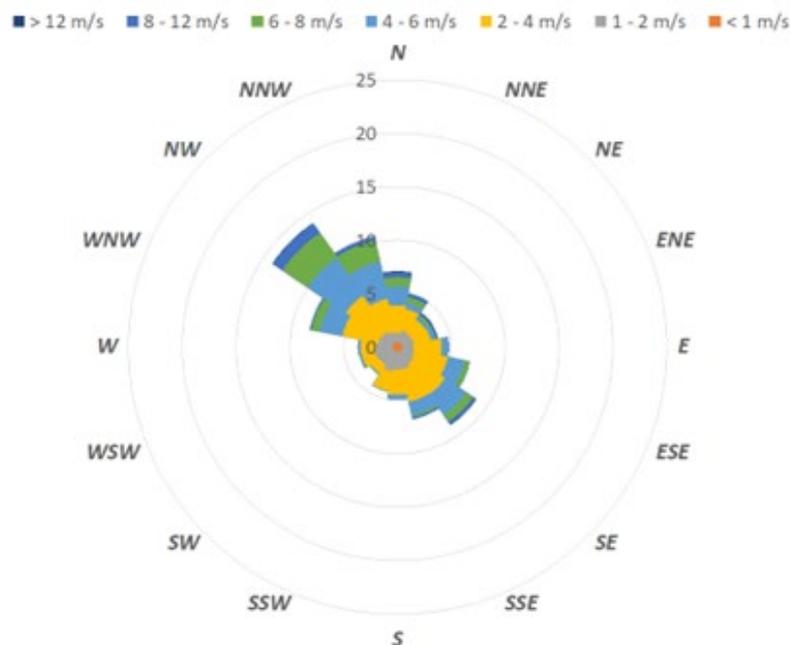


Tabella 1.3 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2013). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	0.84	2.59	1.77	0.83	0.45	0.14	7.04
NNE	1.12	2.04	0.59	0.55	0.37		5.03
NE	1.03	1.56	0.33	0.25	0.16	0.09	3.80
ENE	1.11	1.58	0.48	0.02	0.09	0.10	3.73
E	1.06	2.58	0.64	0.02	0.02		4.79
ESE	1.12	3.18	1.61	0.46	0.05		7.02
SE	1.35	3.49	2.37	0.75	0.30	0.08	8.81
SSE	1.68	3.09	1.28	0.22	0.19	0.01	6.84
S	1.63	2.39	0.48	0.01			4.99
SSW	1.87	1.89	0.08	0.01			4.26
SW	1.55	0.98	0.11	0.05			3.40
WSW	1.71	1.21	0.16	0.07	0.02		3.73
W	1.51	1.50	0.25				3.74
WNW	1.35	3.41	2.16	0.79	0.16		8.29
NW	1.27	4.04	4.29	2.82	1.06	0.07	14.05
NNW	0.96	3.18	3.54	2.00	0.38	0.02	10.46
Totale %	21.15	38.73	20.15	8.85	3.24	0.51	100.00

Calma 7.36



- Anno 2014

Figura 1.4 - Rosa dei venti per l'anno 2014. (14.00°E, 43.00°N).

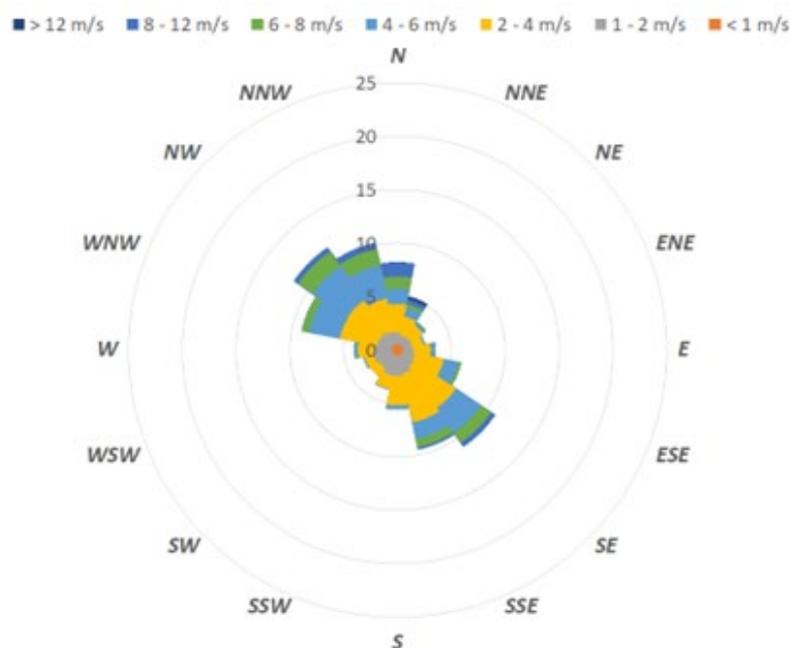


Tabella 1.4 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2014). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.08	2.67	1.40	1.16	1.31	0.03	8.12
NNE	0.81	1.82	0.86	0.34	0.45	0.30	4.97
NE	0.87	1.39	0.27	0.08	0.03		3.01
ENE	0.81	1.07	0.15	0.01	0.02		2.52
E	0.97	1.55	0.40	0.01	0.07		3.33
ESE	1.08	2.75	1.38	0.26	0.02		6.02
SE	1.29	4.68	2.81	1.14	0.47		11.03
SSE	1.70	4.68	1.58	0.80	0.23		9.61
S	1.87	2.77	0.35	0.07			5.78
SSW	1.91	1.29	0.09				4.08
SW	1.50	0.97	0.02				3.14
WSW	1.71	0.86	0.15				3.31
W	1.53	1.59	0.32	0.09			4.02
WNW	1.42	3.50	2.93	0.65	0.05		9.19
NW	1.39	3.62	3.93	1.63	0.48		11.62
NNW	1.19	3.17	3.20	1.52	0.59	0.02	10.26
Totale %	21.13	38.39	19.84	7.77	3.72	0.35	100.00

Calma 8.79



- Anno 2015

Figura 1.5 - Rosa dei venti per l'anno 2015. (14.00°E, 43.00°N).

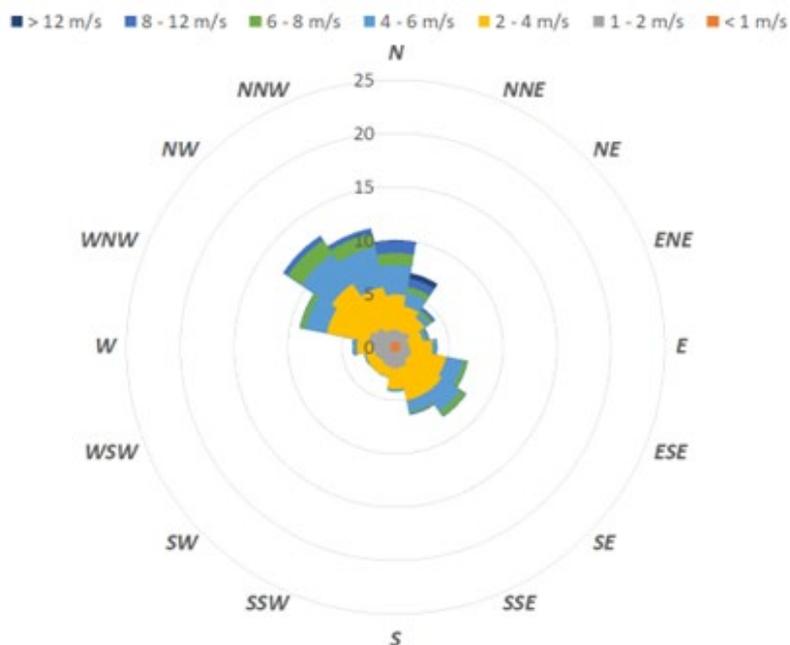


Tabella 1.5 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2015). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.15	3.28	2.77	1.12	1.13	0.07	9.85
NNE	1.00	2.41	1.31	0.55	0.79	0.53	7.03
NE	1.19	1.62	0.50	0.35	0.32		4.34
ENE	0.67	1.47	0.38	0.11	0.14		3.13
E	0.89	2.08	0.38	0.06	0.02		3.82
ESE	1.05	3.26	1.63	0.38	0.01	0.05	6.75
SE	1.05	3.63	2.11	0.58	0.07		7.82
SSE	1.45	3.18	1.10	0.19	0.13		6.54
S	1.54	1.94	0.23	0.01			4.26
SSW	1.45	0.97	0.08				3.13
SW	1.30	1.11	0.02	0.02			2.90
WSW	1.51	0.87	0.13	0.03	0.02		3.06
W	1.74	1.38	0.35	0.02	0.05		4.17
WNW	2.09	3.95	2.04	0.48	0.07		9.27
NW	1.70	4.97	3.36	1.54	0.51		12.65
NNW	1.15	4.10	3.82	1.29	0.50		11.29
Totale %	20.94	40.22	20.22	6.75	3.76	0.64	100.00

Calma 7.49



- Anno 2016

Figura 1.6 - Rosa dei venti per l'anno 2016. (14.00°E, 43.00°N).

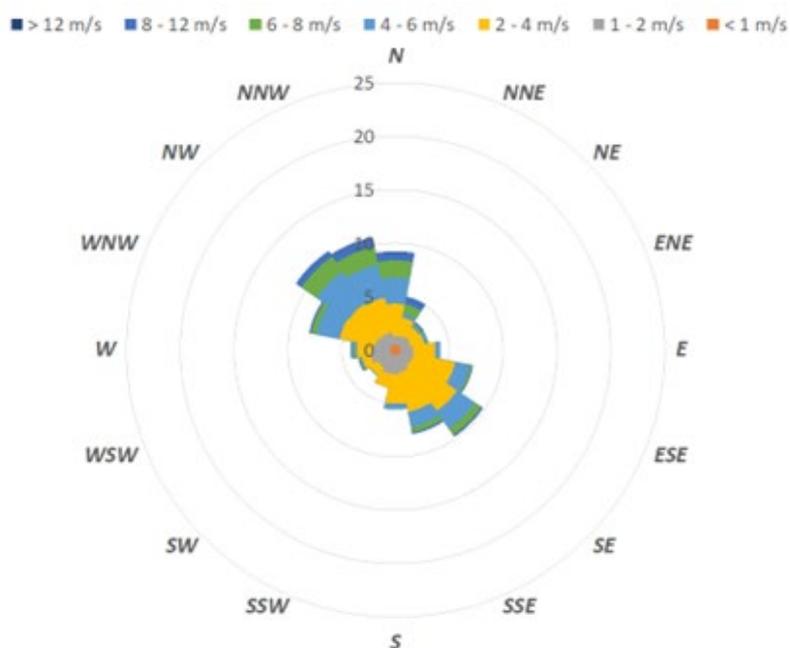


Tabella 1.6 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2016). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	0.82	3.02	2.46	1.59	0.76	0.08	9.10
NNE	0.88	1.72	0.42	0.87	0.72		4.93
NE	1.08	1.04	0.25	0.16	0.16	0.01	3.16
ENE	0.91	1.34	0.32	0.08	0.01		3.09
E	1.16	2.06	0.49				4.05
ESE	1.26	3.89	1.41	0.19	0.06	0.05	7.24
SE	1.26	5.10	2.03	0.71	0.18	0.01	9.61
SSE	1.62	3.81	1.46	0.49	0.18		8.08
S	1.78	2.79	0.49	0.03	0.01		5.71
SSW	1.81	1.28	0.03	0.01			3.70
SW	1.48	0.91	0.10	0.01			3.26
WSW	1.86	0.83	0.16	0.14	0.10		3.68
W	1.70	1.43	0.32	0.16	0.08		4.16
WNW	1.45	3.36	2.22	0.48	0.19		8.34
NW	1.26	3.43	3.63	1.71	0.64		11.22
NNW	1.23	3.27	3.16	1.68	0.87	0.05	10.67
Totale %	21.55	39.28	18.95	8.31	3.96	0.19	100.00

Calma 7.75



- Anno 2017

Figura 1.7 - Rosa dei venti per l'anno 2017. (14.00°E, 43.00°N).

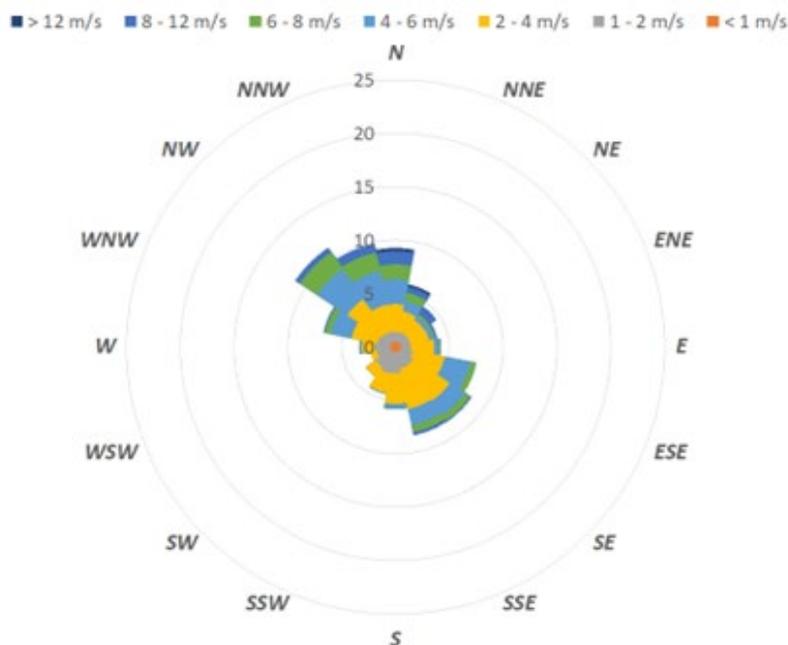


Tabella 1.7 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2017). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	0.88	2.63	2.34	1.38	1.24	0.30	9.18
NNE	0.91	1.99	1.00	0.79	0.55	0.24	5.86
NE	0.96	1.62	0.43	0.25	0.75	0.05	4.59
ENE	0.89	1.78	0.41	0.18	0.21		3.87
E	0.90	2.20	0.50	0.11	0.03		4.18
ESE	1.16	3.00	2.44	0.54	0.02		7.66
SE	1.54	4.02	1.69	0.59	0.15		8.60
SSE	1.56	3.87	1.55	0.67	0.30		8.47
S	1.99	2.85	0.41	0.11			6.04
SSW	2.04	1.87	0.11				4.75
SW	1.76	1.10	0.05				3.39
WSW	1.30	0.58		0.01			2.44
W	1.40	1.21	0.16	0.08	0.05		3.39
WNW	1.24	2.43	1.99	0.53	0.16		6.67
NW	1.05	3.84	3.41	1.89	0.51		11.22
NNW	0.97	2.56	3.22	1.76	0.87		9.70
Totale %	20.57	37.55	19.73	8.90	4.84	0.58	100.00

Calma 7.83



- Anno 2018

Figura 1.8 - Rosa dei venti per l'anno 2018. (14.00°E, 43.00°N).

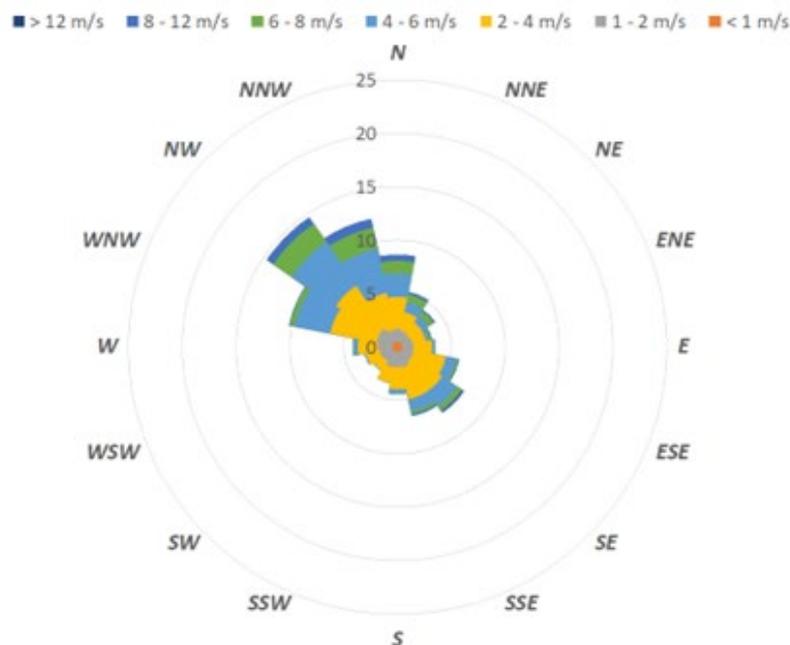


Tabella 1.8 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2018). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.22	2.98	2.19	1.18	0.59		8.70
NNE	1.04	1.78	0.98	0.73	0.24		5.22
NE	0.91	1.36	0.71	0.57	0.16	0.01	4.13
ENE	0.95	1.26	0.29	0.22	0.10	0.01	3.07
E	1.04	1.67	0.27	0.06	0.02		3.45
ESE	1.08	3.03	0.96	0.21	0.10		5.83
SE	1.15	3.34	1.68	0.51	0.17	0.09	7.28
SSE	1.46	3.06	1.14	0.29	0.18	0.01	6.79
S	1.39	2.11	0.42	0.02	0.03		4.57
SSW	1.48	1.48	0.06				3.58
SW	1.14	1.04	0.08				2.79
WSW	1.23	1.29	0.10	0.01	0.01		3.12
W	1.36	1.84	0.38	0.13	0.01		4.30
WNW	1.54	4.36	3.37	0.45	0.09		10.38
NW	1.61	4.81	4.93	2.07	0.70	0.05	14.63
NNW	1.13	3.54	4.25	1.97	0.84	0.01	12.16
<b>Totale %</b>	<b>19.75</b>	<b>38.94</b>	<b>21.80</b>	<b>8.40</b>	<b>3.26</b>	<b>0.18</b>	<b>100.00</b>

Calma 7.66



- Anno 2019

Figura 1.9 - Rosa dei venti per l'anno 2019. (14.00°E, 43.00°N).

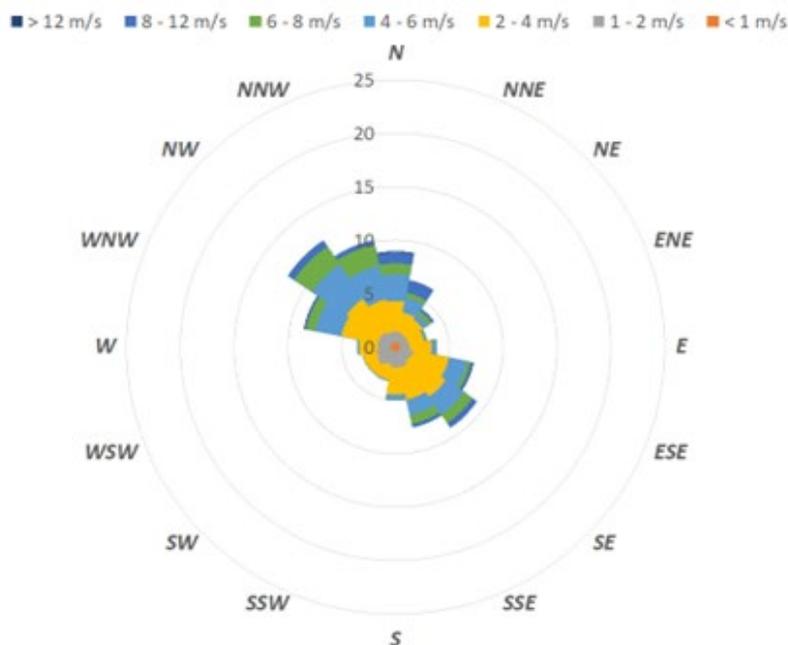


Tabella 1.9 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2019). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.00	2.88	2.50	1.00	1.03	0.11	8.81
NNE	0.91	1.95	1.40	0.48	1.18	0.03	6.32
NE	0.83	1.79	0.57	0.42	0.26		4.26
ENE	0.82	1.46	0.18	0.13			3.07
E	0.89	2.03	0.46	0.07			3.82
ESE	1.30	3.33	1.72	0.33	0.19	0.09	7.44
SE	1.21	3.95	2.04	0.96	0.54		9.05
SSE	1.51	3.12	1.47	0.86	0.33		7.87
S	1.52	2.51	0.49	0.10			5.19
SSW	1.31	1.39	0.14	0.01			3.40
SW	1.61	1.06	0.09	0.01			3.31
WSW	1.39	1.31	0.06	0.01			3.23
W	1.22	1.74	0.16	0.05	0.01		3.60
WNW	1.27	3.45	2.48	0.86	0.16	0.07	8.65
NW	1.22	3.78	3.88	2.02	0.63	0.06	11.89
NNW	0.98	3.12	3.21	2.02	0.45		10.07
Totale %	19.01	38.87	20.86	9.33	4.77	0.37	100.00

Calma 6.80



- Anno 2020

Figura 1.10 - Rosa dei venti per l'anno 2020. (14.00°E, 43.00°N).

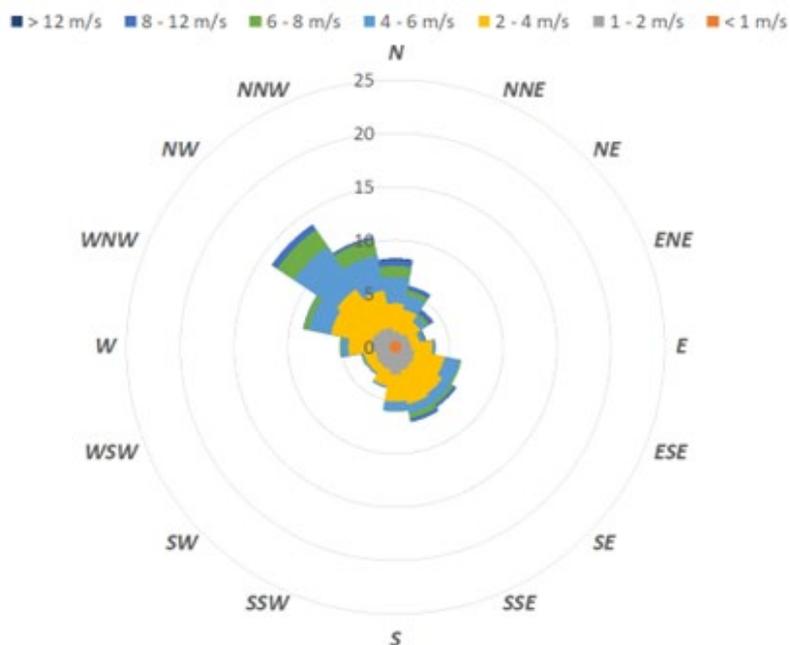


Tabella 1.10 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2020). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	0.88	2.64	2.48	1.02	0.58	0.13	8.05
NNE	0.73	2.29	1.37	0.48	0.42	0.01	5.76
NE	0.91	1.34	0.59	0.34	0.46	0.03	4.02
ENE	0.81	0.90	0.36	0.09	0.18		2.83
E	0.97	1.90	0.23	0.03	0.05		3.72
ESE	1.29	2.81	1.43	0.16			6.24
SE	1.48	3.20	0.99	0.30	0.30		6.81
SSE	1.66	3.26	0.87	0.48	0.36		7.38
S	2.05	2.52	0.87	0.07	0.01		6.09
SSW	1.62	1.55	0.19	0.01			4.03
SW	1.53	0.88	0.18	0.03			3.42
WSW	1.37	1.07	0.17	0.10			3.26
W	1.73	2.08	0.64	0.17	0.01		5.38
WNW	1.67	3.88	2.08	0.49	0.07		8.73
NW	1.49	4.49	4.79	1.88	0.59	0.02	13.87
NNW	1.31	3.54	3.34	1.51	0.20	0.06	10.42
Totale %	21.48	38.34	20.58	7.17	3.23	0.25	100.00

Calma 8.94



- Anno 2021

Figura 1.11 - Rosa dei venti per l'anno 2021. (14.00°E, 43.00°N).

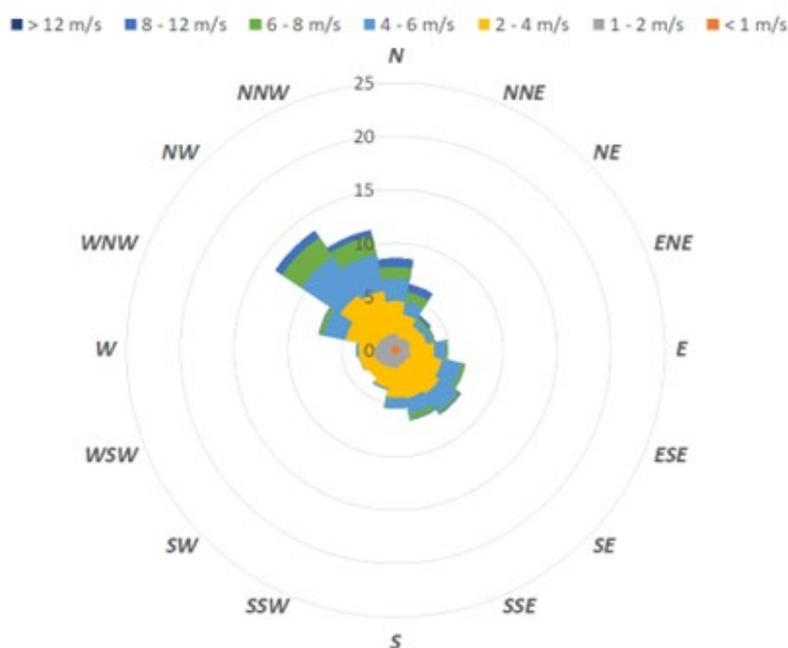


Tabella 1.11 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2021). (14.00°E, 43.00°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.10	3.07	2.15	1.06	0.82	0.01	8.61
NNE	0.73	2.26	1.24	0.89	0.72	0.03	6.26
NE	0.91	1.45	0.61	0.29	0.30		4.00
ENE	1.04	1.48	0.55	0.22	0.07		3.88
E	0.83	2.40	0.98	0.22	0.03		4.77
ESE	1.12	2.89	1.83	0.37	0.03		6.71
SE	0.90	3.61	2.00	0.26	0.15		7.40
SSE	1.00	3.22	1.50	0.51	0.10		6.72
S	1.34	2.73	0.99	0.08			5.57
SSW	1.29	1.92	0.19				3.72
SW	1.42	1.31	0.02				3.21
WSW	1.63	1.37	0.06				3.50
W	1.55	1.50	0.19	0.02	0.01		3.56
WNW	1.31	3.01	2.11	0.39	0.07	0.01	7.23
NW	1.13	4.61	4.37	2.17	0.73	0.03	13.46
NNW	1.12	4.12	3.49	1.78	0.53	0.02	11.40
<b>Totale %</b>	<b>18.42</b>	<b>40.95</b>	<b>22.28</b>	<b>8.25</b>	<b>3.56</b>	<b>0.11</b>	<b>100.00</b>

Calma 6.42



- Media decennale (2012-2021)

Figura 1.12 - Rosa dei venti per il periodo 2012-2021. (12.25°E, 44.50°N).

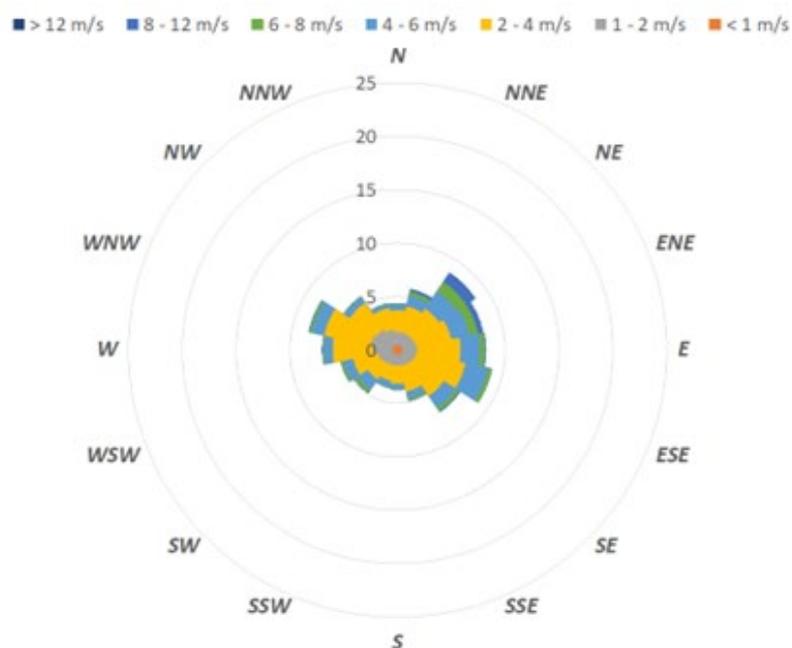


Tabella 1.12 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2012-2021). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.25	1.99	0.50	0.10	0.08	0.00	4.40
NNE	1.22	2.49	1.02	0.39	0.25	0.02	5.85
NE	1.24	2.95	1.95	1.07	0.95	0.08	8.69
ENE	1.26	3.36	1.74	0.82	0.48	0.02	8.10
E	1.41	3.99	1.80	0.48	0.10	0.00	8.17
ESE	1.29	4.68	2.17	0.37	0.02		8.90
SE	1.16	3.59	1.35	0.36	0.13	0.00	6.96
SSE	1.07	2.47	0.65	0.21	0.07		4.86
S	1.01	1.73	0.50	0.09	0.01		3.71
SSW	1.02	1.49	0.63	0.09	0.01		3.62
SW	1.16	1.72	1.13	0.37	0.07		4.90
WSW	1.37	2.37	0.94	0.25	0.05		5.45
W	1.85	3.76	0.81	0.14	0.03		7.09
WNW	2.06	4.43	1.19	0.23	0.09	0.00	8.56
NW	1.86	3.04	0.62	0.08	0.04		6.19
NNW	1.50	2.06	0.39	0.06	0.02		4.54
Totale %	21.72	46.11	17.38	5.10	2.39	0.13	100.00

Calma 7.16



- Anno 2012

Figura 1.13 - Rosa dei venti per l'anno 2012. (12.25°E, 44.50°N).

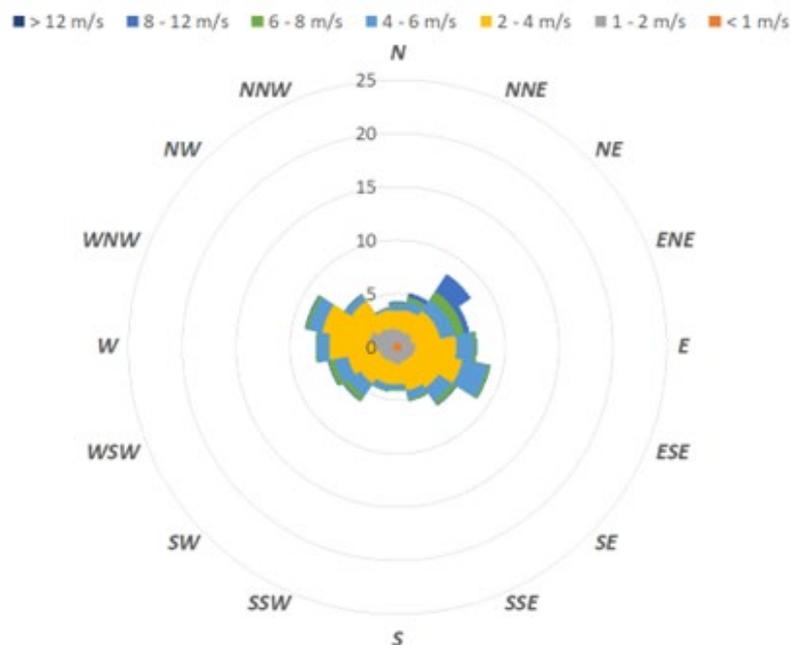


Tabella 1.13 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2012). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.20	1.80	0.56	0.16	0.14		4.20
NNE	1.04	2.03	0.83	0.41	0.41	0.01	5.19
NE	1.14	2.47	1.31	0.93	1.94		8.23
ENE	0.97	2.63	1.40	0.87	0.51	0.02	6.84
E	1.22	3.81	1.59	0.30	0.05		7.39
ESE	1.17	4.53	2.43	0.23	0.06		8.89
SE	1.04	3.14	1.48	0.42	0.13		6.59
SSE	1.00	2.76	0.81	0.22	0.02		5.12
S	1.21	1.89	0.48	0.13	0.02		4.11
SSW	1.06	2.09	0.64	0.09			4.22
SW	1.16	2.54	1.41	0.52	0.11		6.16
WSW	1.30	2.97	1.32	0.48	0.13		6.55
W	1.58	4.36	1.15	0.14	0.01		7.80
WNW	2.22	4.47	1.29	0.28	0.11		8.86
NW	1.62	3.14	0.65	0.06	0.10		6.06
NNW	1.41	1.73	0.19	0.01	0.05		3.78
<b>Totale %</b>	<b>20.32</b>	<b>46.37</b>	<b>17.53</b>	<b>5.24</b>	<b>3.78</b>	<b>0.03</b>	<b>100.00</b>

Calma 6.72



- Anno 2013

Figura 1.14 - Rosa dei venti per l'anno 2013. (12.25°E, 44.50°N).

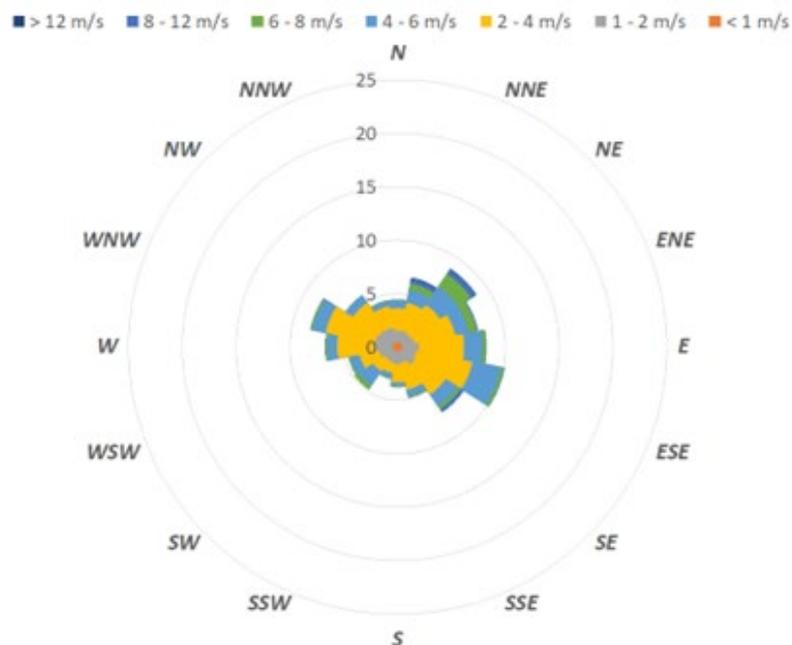


Tabella 1.14 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2013). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.06	2.10	0.66	0.09	0.07	0.01	4.34
NNE	1.13	2.64	1.22	0.64	0.43	0.11	6.72
NE	1.05	3.23	2.08	1.44	0.51	0.07	8.85
ENE	1.16	3.86	1.27	0.80	0.11		7.58
E	1.55	4.21	1.64	0.35	0.07		8.23
ESE	1.34	5.32	2.69	0.30	0.07		10.02
SE	1.58	3.37	1.31	0.35	0.34		7.31
SSE	1.08	2.58	0.58	0.14	0.07		4.81
S	1.20	1.70	0.37	0.08			3.69
SSW	1.06	0.97	0.51	0.11			3.22
SW	0.99	1.30	1.62	0.47			4.84
WSW	1.32	1.83	0.92	0.15	0.01		4.76
W	1.68	3.49	0.89	0.19	0.05		6.76
WNW	1.69	4.68	1.24	0.17	0.05		8.38
NW	1.53	3.03	0.83	0.05			6.05
NNW	1.40	2.04	0.47	0.11	0.01		4.45
<b>Totale %</b>	<b>20.83</b>	<b>46.35</b>	<b>18.32</b>	<b>5.45</b>	<b>1.79</b>	<b>0.19</b>	<b>100.00</b>

Calma 7.07



- Anno 2014

Figura 1.15 - Rosa dei venti per l'anno 2014. (12.25°E, 44.50°N).

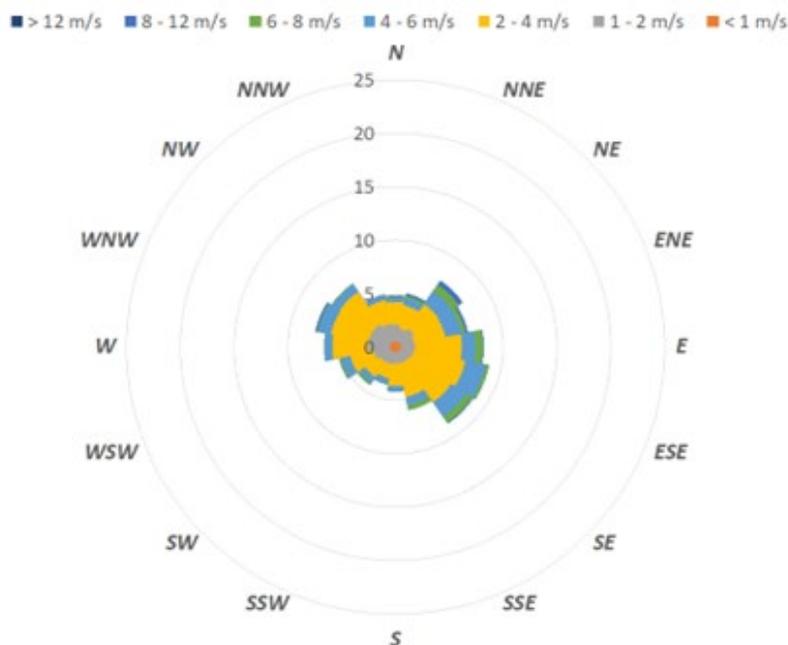


Tabella 1.15 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2014). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.59	2.12	0.43	0.14	0.06		4.92
NNE	1.23	2.21	0.71	0.23	0.22		5.07
NE	1.55	2.75	1.46	0.75	0.47		7.41
ENE	1.29	2.92	1.54	0.40	0.22		6.80
E	1.35	4.30	1.28	0.67	0.10		8.13
ESE	1.23	4.87	1.94	0.29	0.03		8.76
SE	1.11	4.61	1.68	0.65	0.11		8.52
SSE	1.07	3.21	0.79	0.46	0.02		6.04
S	1.08	2.08	0.51	0.03			4.22
SSW	1.14	1.35	0.59	0.06			3.63
SW	1.21	1.68	0.63	0.23	0.05		4.42
WSW	1.53	2.23	0.84	0.19	0.06		5.37
W	2.02	3.36	0.71	0.05	0.02		6.75
WNW	2.07	3.55	1.16	0.11	0.19		7.61
NW	2.08	3.63	0.82	0.09	0.02		7.26
NNW	1.70	2.28	0.51	0.05			5.10
<b>Totale %</b>	<b>23.25</b>	<b>47.16</b>	<b>15.62</b>	<b>4.39</b>	<b>1.58</b>		<b>100.00</b>

Calma 8.00



- Anno 2015

Figura 1.16 - Rosa dei venti per l'anno 2015. (12.25°E, 44.50°N).

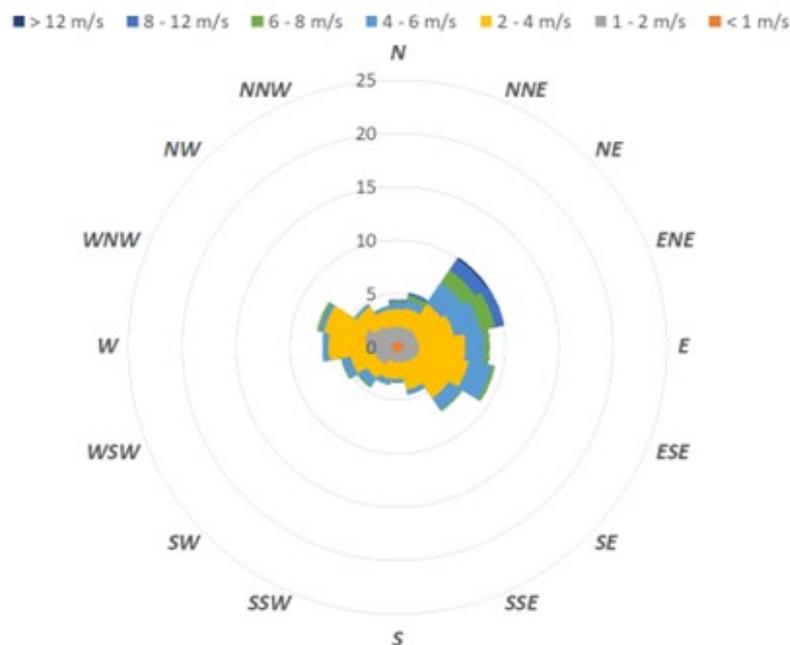


Tabella 1.16 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2015). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.36	1.64	0.56	0.16	0.22		4.57
NNE	1.35	1.82	0.76	0.46	0.30		5.27
NE	1.45	2.90	2.36	1.43	1.26	0.21	10.25
ENE	1.38	3.42	2.52	1.39	0.82	0.06	9.98
E	1.48	4.29	1.77	0.47	0.03		8.45
ESE	1.45	4.76	2.19	0.30	0.01		9.00
SE	1.23	4.02	1.35	0.16			7.13
SSE	0.98	2.61	0.46	0.03			4.43
S	0.91	1.59	0.33	0.03			3.14
SSW	0.89	1.66	0.50	0.08	0.01		3.57
SW	1.48	1.47	0.96	0.14			4.57
WSW	1.67	2.26	0.83	0.10			5.47
W	2.37	3.53	0.54	0.02	0.03		7.11
WNW	2.60	3.84	0.41	0.26	0.01		7.99
NW	1.83	2.20	0.29	0.02			5.07
NNW	1.44	1.62	0.34	0.02			4.01
<b>Totale %</b>	<b>23.88</b>	<b>43.63</b>	<b>16.18</b>	<b>5.08</b>	<b>2.69</b>	<b>0.26</b>	<b>100.00</b>

Calma 8.28



- Anno 2016

Figura 1.17 - Rosa dei venti per l'anno 2016. (12.25°E, 44.50°N).

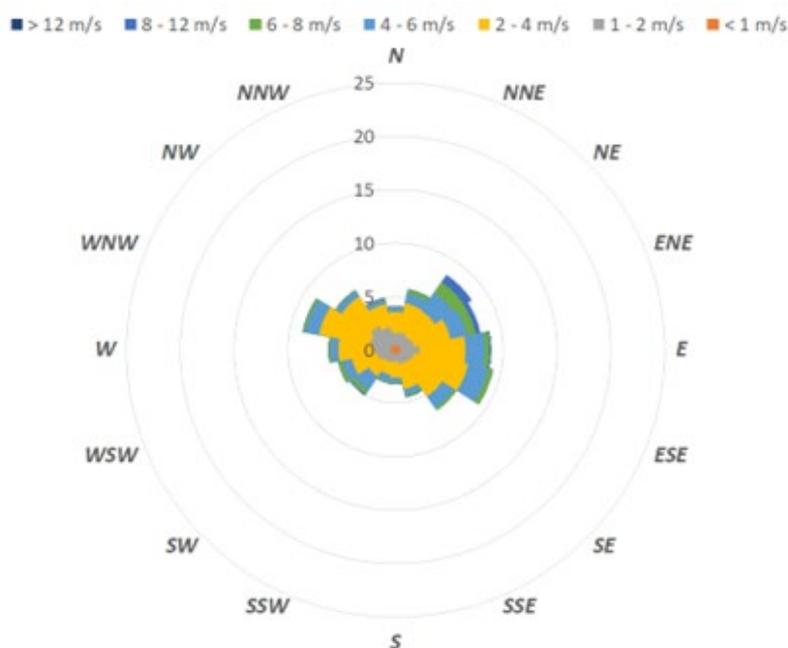


Tabella 1.17 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2016). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.15	1.95	0.44	0.07	0.08		4.10
NNE	1.28	2.76	0.91	0.41	0.06		5.95
NE	1.13	2.81	2.09	1.17	0.82	0.01	8.34
ENE	1.29	3.47	1.58	0.82	0.46		8.05
E	1.78	4.28	1.80	0.47	0.11	0.02	8.90
ESE	1.29	5.13	1.92	0.47	0.02		9.26
SE	1.08	3.72	1.35	0.25			6.73
SSE	0.94	2.38	0.52	0.19	0.09		4.53
S	0.63	1.55	0.46	0.15	0.05		3.12
SSW	0.74	1.22	0.65	0.17	0.02		3.09
SW	0.90	1.64	1.61	0.44	0.14		5.16
WSW	1.25	2.45	0.89	0.40	0.06		5.50
W	1.51	3.35	0.68	0.23	0.06		6.33
WNW	1.98	4.84	1.26	0.24	0.07		9.08
NW	2.32	3.28	0.58	0.11	0.05		6.86
NNW	1.73	2.22	0.41	0.09	0.10		5.00
<b>Totale %</b>	<b>20.99</b>	<b>47.04</b>	<b>17.17</b>	<b>5.68</b>	<b>2.17</b>	<b>0.03</b>	<b>100.00</b>

Calma 6.91



- Anno 2017

Figura 1.18 - Rosa dei venti per l'anno 2017. (12.25°E, 44.50°N).

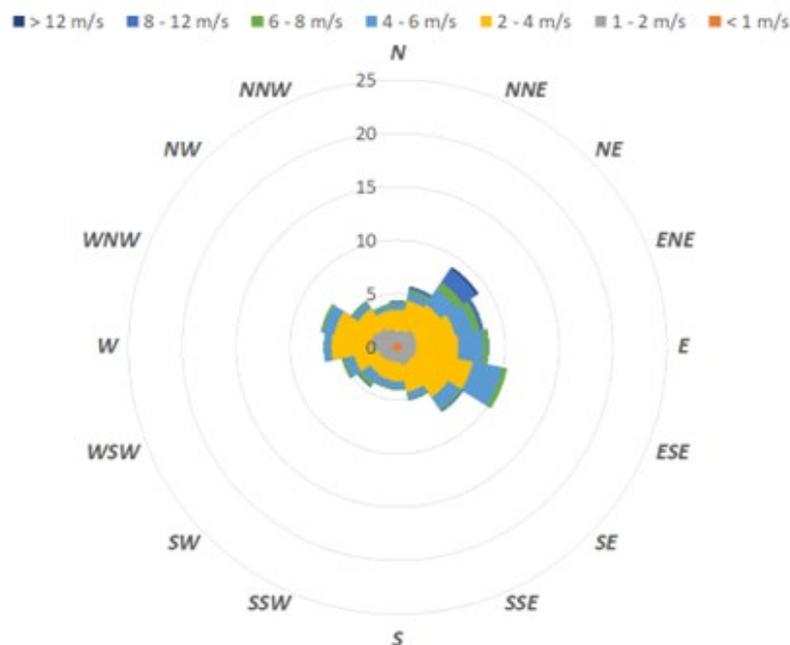


Tabella 1.18 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2017). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.02	2.07	0.57	0.16	0.10	0.01	4.32
NNE	1.14	2.85	0.78	0.29	0.24	0.06	5.67
NE	1.53	2.81	1.77	0.78	1.51	0.23	9.00
ENE	1.37	3.63	1.72	0.63	0.35	0.03	8.11
E	1.30	3.93	2.34	0.48	0.05		8.39
ESE	1.31	5.40	2.79	0.47			10.35
SE	1.19	4.06	1.30	0.22	0.17		7.26
SSE	1.35	2.55	0.59	0.11	0.11		5.21
S	1.05	1.76	0.68	0.14	0.01		4.03
SSW	0.99	1.75	0.66	0.16	0.02		3.95
SW	1.18	1.46	0.92	0.40	0.16		4.50
WSW	1.36	2.31	0.88	0.25	0.07		5.31
W	2.02	3.70	0.66	0.07	0.01		6.89
WNW	2.03	3.55	1.03	0.25			7.48
NW	1.70	2.25	0.57	0.17	0.08		5.31
NNW	1.35	1.74	0.41	0.16	0.02		4.24
<b>Totale %</b>	<b>21.88</b>	<b>45.80</b>	<b>17.68</b>	<b>4.73</b>	<b>2.91</b>	<b>0.33</b>	<b>100.00</b>

Calma 6.67



- Anno 2018

Figura 1.19 - Rosa dei venti per l'anno 2018. (12.25°E, 44.50°N).

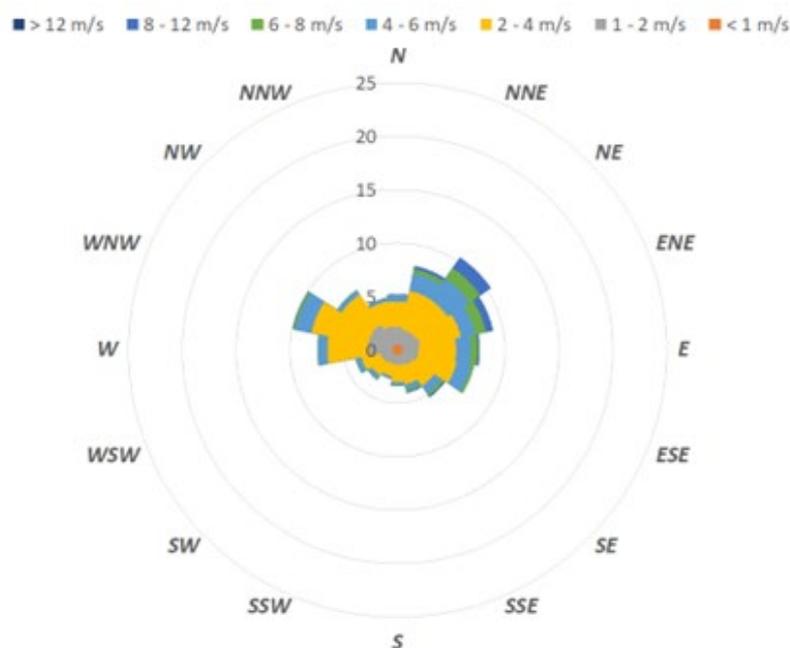


Tabella 1.19 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2018). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.66	2.40	0.62	0.05	0.06		5.37
NNE	1.45	3.69	1.66	0.43	0.31		8.05
NE	1.51	3.61	2.42	1.19	1.20	0.01	10.47
ENE	1.67	3.85	1.35	1.03	0.67	0.01	9.16
E	1.48	3.47	1.35	0.66	0.21		7.59
ESE	1.47	3.63	1.40	0.26			7.16
SE	1.16	2.43	0.80	0.29	0.13	0.05	5.26
SSE	0.97	1.85	0.47	0.21	0.15		4.17
S	0.89	1.66	0.32	0.06			3.31
SSW	0.88	1.16	0.29				2.82
SW	1.03	1.36	0.46	0.07			3.41
WSW	1.12	1.80	0.51	0.08			3.90
W	2.11	3.93	0.87	0.08	0.01		7.42
WNW	2.31	5.35	1.48	0.21	0.09	0.01	9.95
NW	2.35	3.42	0.47	0.06			6.95
NNW	1.79	2.36	0.33	0.01			5.00
<b>Totale %</b>	<b>23.85</b>	<b>45.97</b>	<b>14.78</b>	<b>4.67</b>	<b>2.82</b>	<b>0.08</b>	<b>100.00</b>

Calma 7.83



- Anno 2019

Figura 1.20 - Rosa dei venti per l'anno 2019. (12.25°E, 44.50°N).

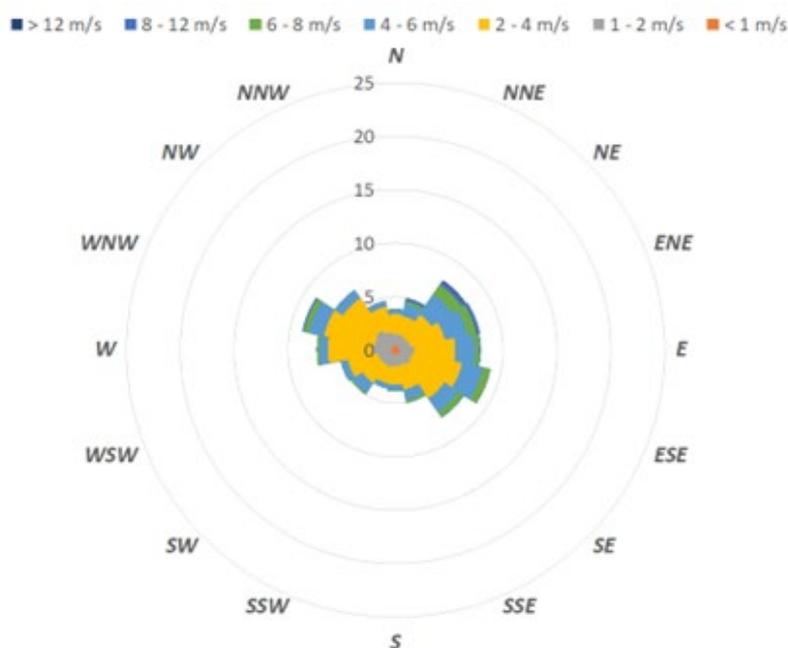


Tabella 1.20 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2019). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.07	1.86	0.45	0.05	0.02		3.82
NNE	1.00	1.80	1.18	0.27	0.26	0.02	4.93
NE	0.96	2.63	2.27	1.08	0.41	0.10	7.89
ENE	0.99	3.25	2.16	0.84	0.33	0.01	8.00
E	1.34	3.81	1.80	0.43	0.11		7.80
ESE	1.19	4.68	2.00	0.71	0.03		8.94
SE	1.23	3.81	1.55	0.58	0.07		7.63
SSE	1.08	2.29	0.96	0.29	0.05		5.06
S	1.13	1.70	0.58	0.09			3.94
SSW	1.22	1.58	0.50	0.01			3.73
SW	1.21	2.09	1.14	0.17	0.01		5.09
WSW	1.27	2.84	0.64	0.05	0.01		5.23
W	1.72	4.14	0.79	0.25	0.02		7.39
WNW	1.58	4.76	1.45	0.48	0.17		8.87
NW	1.79	3.63	0.87	0.05	0.05		6.87
NNW	1.32	2.40	0.55	0.03			4.82
Totale %	20.11	47.28	18.88	5.39	1.55	0.14	100.00

Calma 6.64



- Anno 2020

Figura 1.21 - Rosa dei venti per l'anno 2020. (12.25°E, 44.50°N).

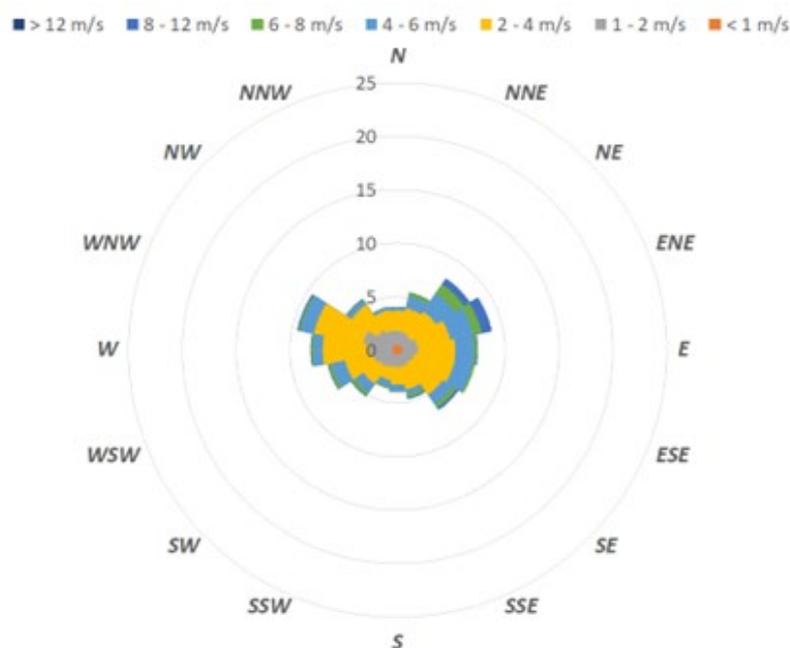


Tabella 1.21 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2020). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.34	1.87	0.28	0.05	0.05		4.16
NNE	1.25	2.25	1.14	0.36	0.03		5.46
NE	1.06	2.79	2.06	1.05	0.65		8.09
ENE	1.39	3.12	2.19	0.82	0.93	0.02	8.80
E	1.45	3.45	1.73	0.28	0.10		7.41
ESE	1.18	3.76	1.72	0.19			7.23
SE	1.04	3.55	1.09	0.41	0.25		6.79
SSE	1.14	2.19	0.50	0.30	0.14		4.66
S	1.13	1.68	0.61	0.10			3.97
SSW	1.21	1.24	0.67	0.15	0.01		3.56
SW	1.47	1.88	0.99	0.35	0.10		5.25
WSW	1.80	2.69	1.32	0.28	0.09		6.74
W	2.16	4.33	0.88	0.17	0.09		8.23
WNW	2.79	4.66	1.26	0.17	0.16		9.53
NW	1.79	2.90	0.43	0.10	0.10		5.90
NNW	1.41	1.95	0.27	0.05	0.02		4.22
<b>Totale %</b>	<b>23.60</b>	<b>44.30</b>	<b>17.16</b>	<b>4.84</b>	<b>2.73</b>	<b>0.02</b>	<b>100.00</b>

Calma 7.35



- Anno 2021

Figura 1.22 - Rosa dei venti per l'anno 2021. (12.25°E, 44.50°N).

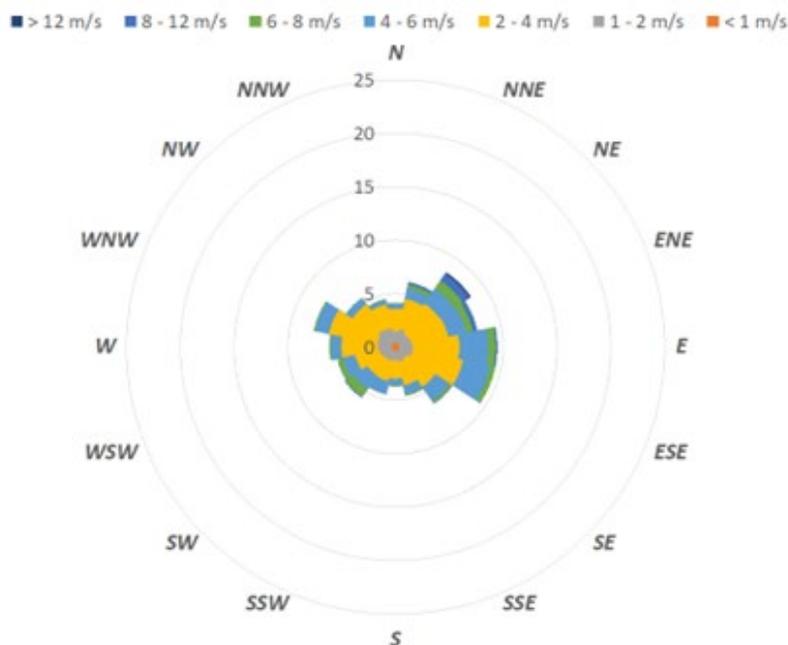


Tabella 1.22 - Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2021). (12.25°E, 44.50°N).

Direzione	Velocità del vento [m/s]						Totale %
	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	
N	1.07	2.12	0.46	0.08	0.02		4.22
NNE	1.34	2.87	0.97	0.39	0.25		6.19
NE	1.02	3.46	1.70	0.92	0.76	0.18	8.41
ENE	1.14	3.45	1.71	0.64	0.40	0.01	7.71
E	1.19	4.35	2.69	0.67	0.17		9.38
ESE	1.26	4.74	2.60	0.48			9.38
SE	0.91	3.16	1.59	0.27	0.08		6.36
SSE	1.04	2.25	0.82	0.14	0.05		4.62
S	0.83	1.75	0.64	0.10			3.58
SSW	0.96	1.89	1.23	0.05			4.44
SW	1.00	1.78	1.54	0.88	0.10		5.62
WSW	1.13	2.29	1.19	0.49	0.03		5.72
W	1.26	3.38	0.98	0.16			6.26
WNW	1.35	4.57	1.31	0.13	0.01		7.82
NW	1.56	2.87	0.68	0.06			5.55
NNW	1.43	2.25	0.40	0.09	0.02		4.74
Totale %	18.48	47.17	20.53	5.55	1.91	0.19	100.00

Calma 6.18

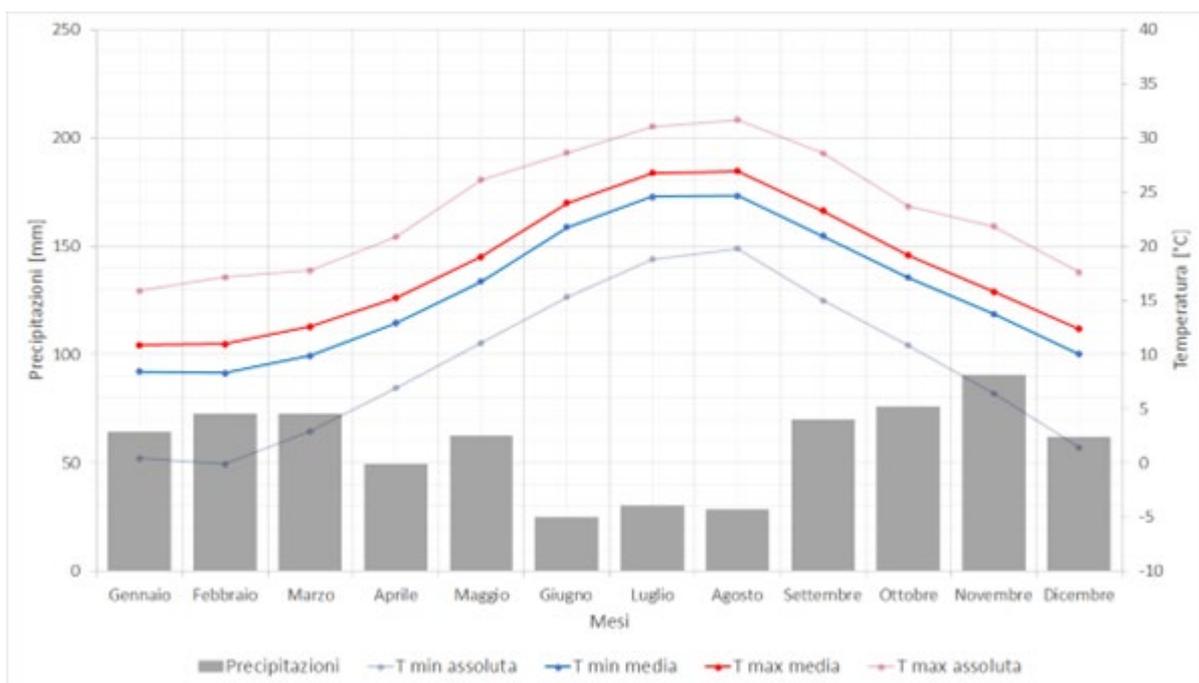


## 2 ALLEGATO B

Nel presente ALLEGATO B vengono riportati i risultati del processamento dei dati di temperatura dell'aria e di precipitazione provenienti dal database ERA5 per il periodo 2012-2021, estratti al punto di coordinate 14.00°E, 43.00°N (WGS84), il più vicino alla zona delle condotte Fabrizia 1 - innesto con le linee Davide-Grottammare (da Figura 2.1 a Figura 2.11 e da Tabella 2.1 a Tabella 2.11) e al punto 12.25°E, 44.50°N (WGS84), rappresentativo della banchina del porto di Marina di Ravenna (da Figura 2.12 a Figura 2.22 e da Tabella 2.12 a Tabella 2.22).

- *Media decennale (2012-2021)*

**Figura 2.1 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012-2021). (14.00°E, 43.00°N).**



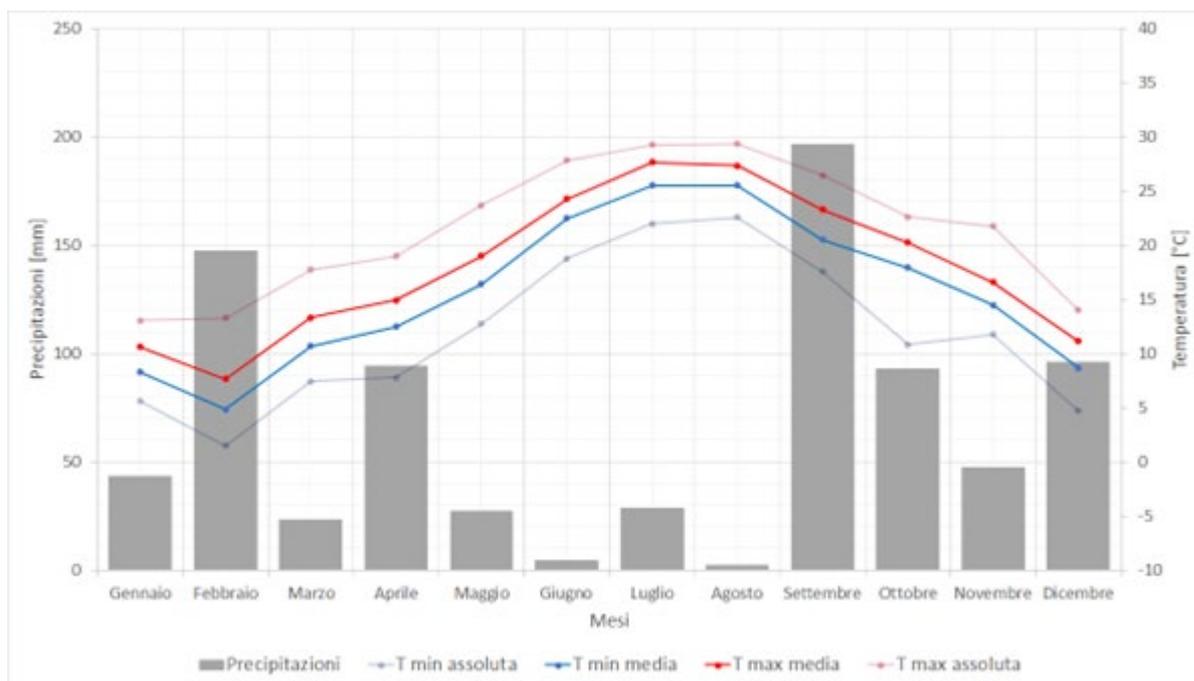
**Tabella 2.1 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012-2021). (14.00°E, 43.00°N).**

MEDIA 2012-2021	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	0.4	-0.1	2.9	6.9	11.1	15.3	18.8	19.8	15.0	10.8	6.4	1.4
T minime medie [°C]	8.4	8.3	9.9	12.9	16.7	21.7	24.6	24.7	20.9	17.1	13.7	10.0
T massime medie [°C]	10.9	11.0	12.6	15.2	19.0	23.9	26.7	26.9	23.3	19.1	15.8	12.3
T massime assolute [°C]	15.9	17.1	17.8	20.8	26.1	28.6	31.0	31.6	28.6	23.6	21.8	17.6
Precipitazioni [mm]	64.3	72.6	72.7	49.6	62.6	24.8	30.5	28.3	70.0	75.8	90.8	62.2



- Anno 2012

**Figura 2.2 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012). (14.00°E, 43.00°N).**



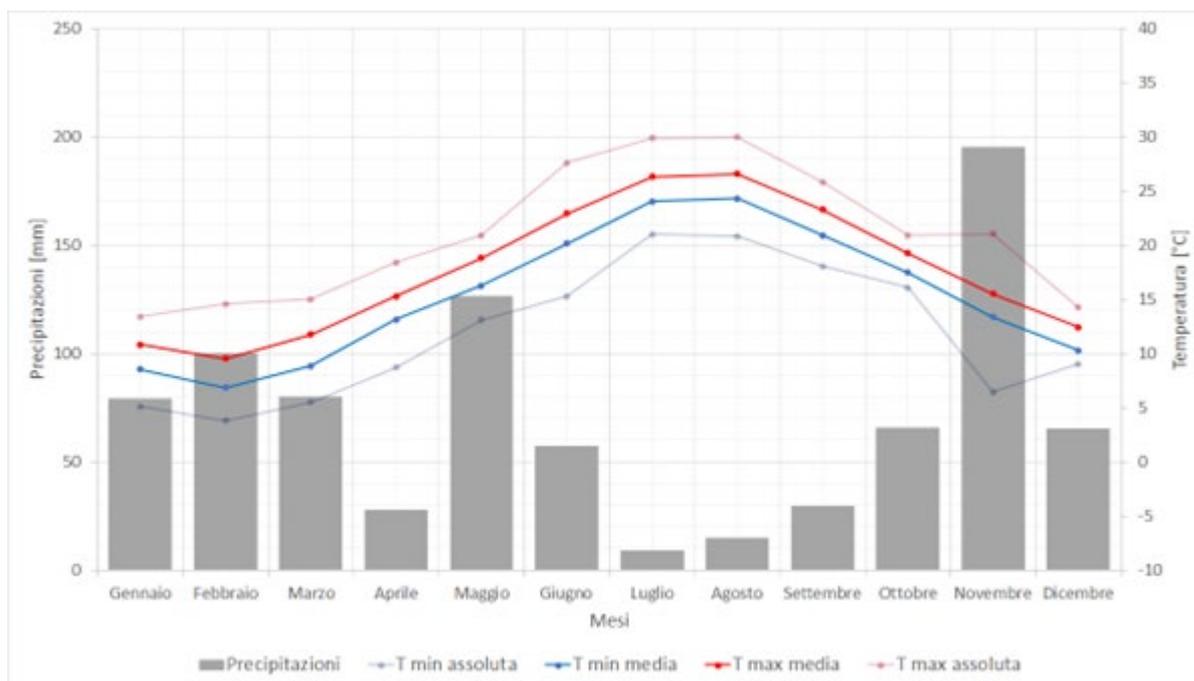
**Tabella 2.2 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012). (14.00°E, 43.00°N).**

2012	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.6	1.5	7.4	7.8	12.7	18.8	22.0	22.6	17.6	10.8	11.8	4.7
T minime medie [°C]	8.3	4.8	10.7	12.5	16.4	22.5	25.5	25.5	20.5	17.9	14.5	8.7
T massime medie [°C]	10.6	7.6	13.3	14.9	19.0	24.2	27.7	27.4	23.3	20.2	16.6	11.1
T massime assolute [°C]	13.0	13.3	17.8	19.0	23.7	27.8	29.3	29.4	26.5	22.6	21.8	14.0
Precipitazioni [mm]	43.3	147.5	23.2	94.3	27.5	4.7	28.9	2.5	196.8	93.1	47.3	96.0



- Anno 2013

**Figura 2.3 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (14.00°E, 43.00°N).**



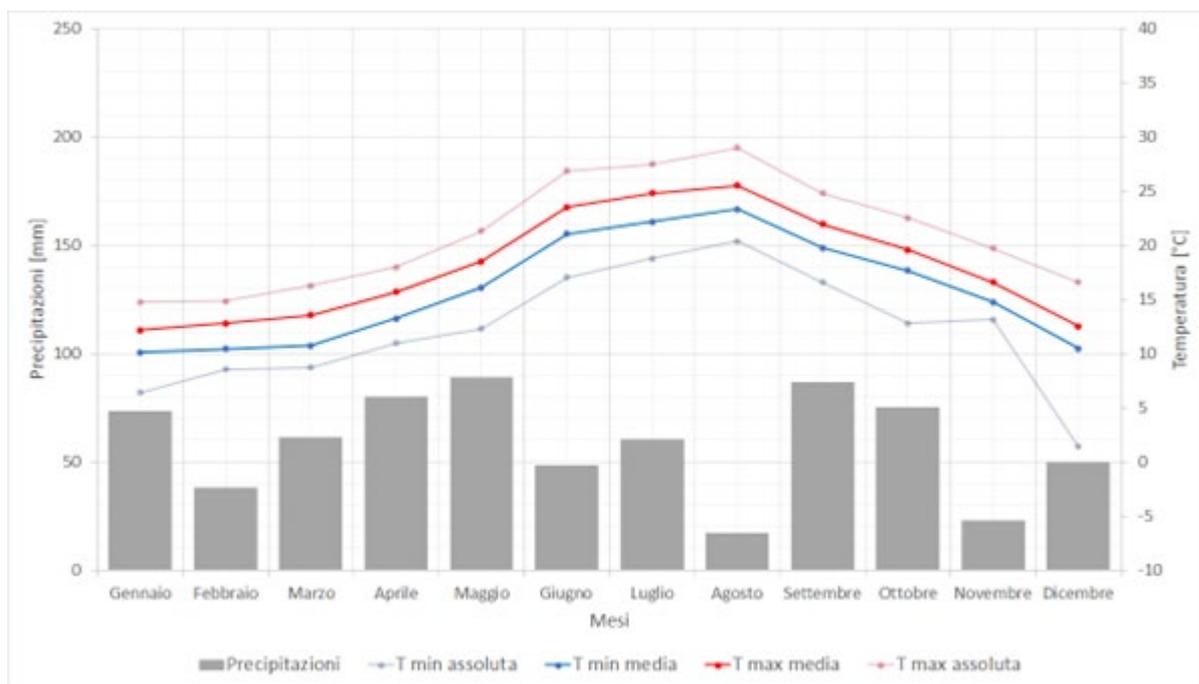
**Tabella 2.3 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (14.00°E, 43.00°N).**

2013	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.1	3.8	5.5	8.7	13.1	15.3	21.0	20.8	18.0	16.1	6.4	9.0
T minime medie [°C]	8.5	6.8	8.9	13.1	16.3	20.2	24.0	24.3	20.9	17.5	13.3	10.3
T massime medie [°C]	10.8	9.5	11.8	15.3	18.8	22.9	26.3	26.6	23.3	19.2	15.5	12.4
T massime assolute [°C]	13.4	14.6	15.0	18.4	20.9	27.6	29.9	30.0	25.8	20.9	21.0	14.3
Precipitazioni [mm]	79.3	100.2	80.0	28.0	126.3	57.1	9.1	14.6	29.6	65.8	195.5	65.2



- Anno 2014

**Figura 2.4 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (14.00°E, 43.00°N).**



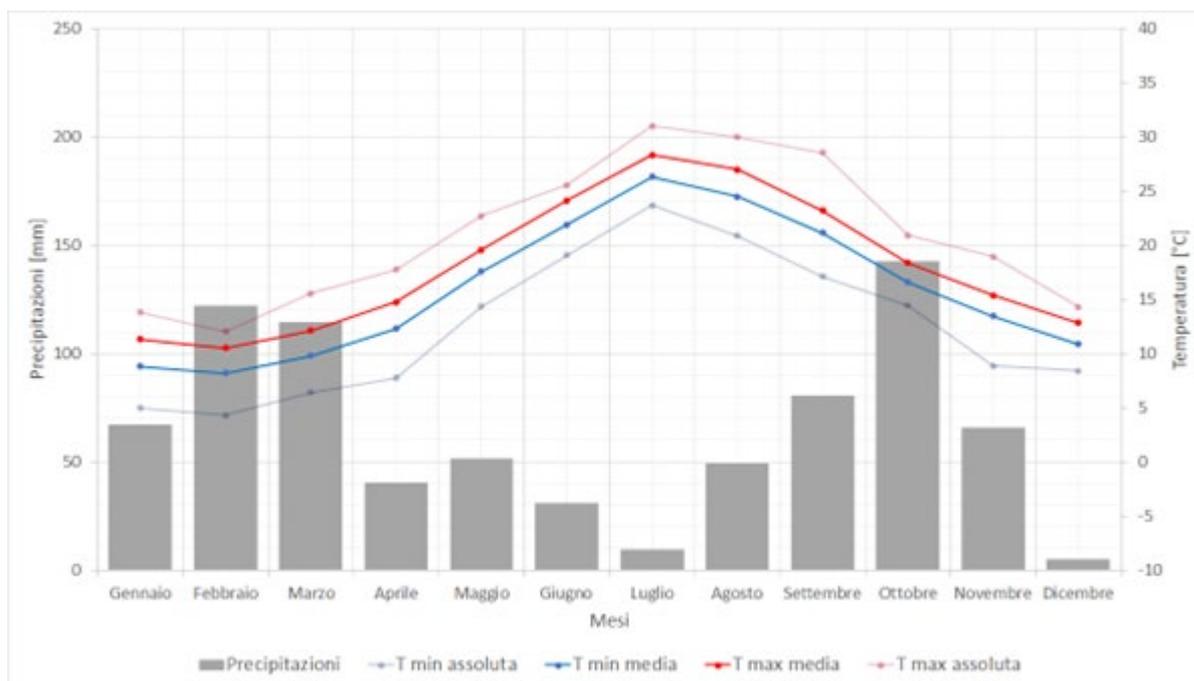
**Tabella 2.4 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (14.00°E, 43.00°N).**

2014	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	6.4	8.5	8.7	11.0	12.3	17.0	18.8	20.4	16.6	12.8	13.1	1.4
T minime medie [°C]	10.1	10.4	10.7	13.2	16.1	21.1	22.2	23.3	19.7	17.7	14.7	10.5
T massime medie [°C]	12.2	12.8	13.5	15.7	18.5	23.5	24.8	25.5	21.9	19.6	16.6	12.5
T massime assolute [°C]	14.7	14.8	16.3	17.9	21.3	26.9	27.5	29.0	24.8	22.5	19.7	16.6
Precipitazioni [mm]	73.4	38.2	61.4	79.9	89.1	48.4	60.2	17.1	86.7	75.1	23.1	49.6



- Anno 2015

**Figura 2.5 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (14.00°E, 43.00°N).**



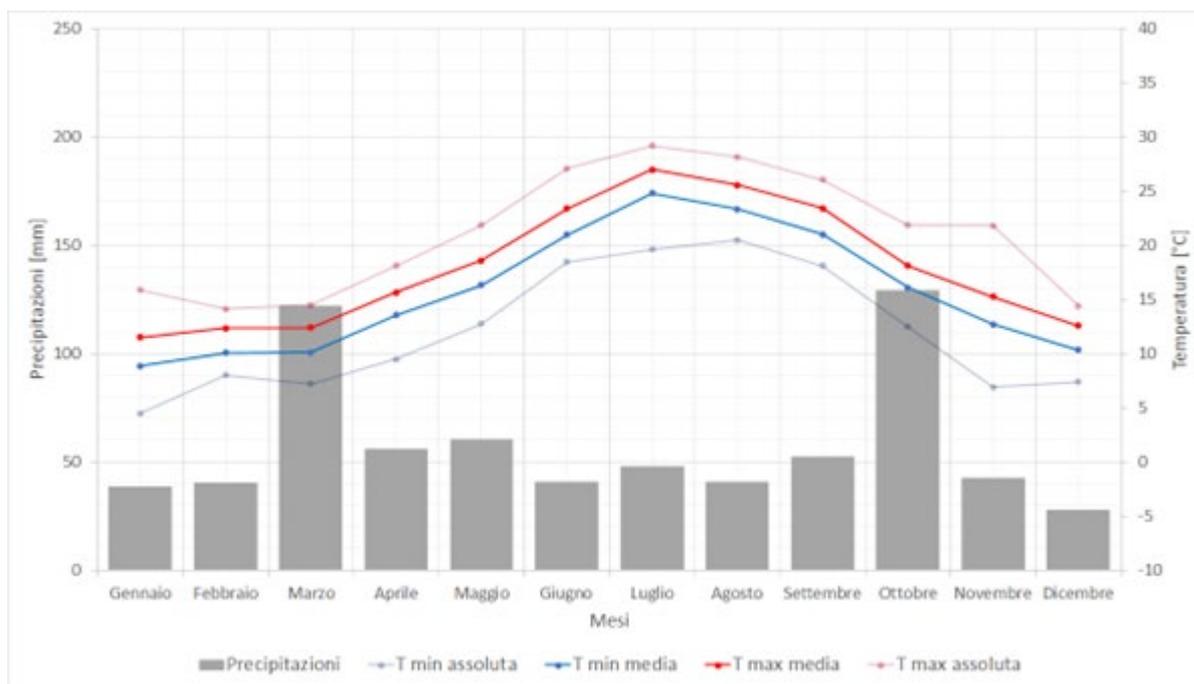
**Tabella 2.5 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (14.00°E, 43.00°N).**

2015	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.0	4.3	6.4	7.8	14.3	19.1	23.7	20.9	17.1	14.4	8.8	8.4
T minime medie [°C]	8.8	8.2	9.8	12.3	17.6	21.9	26.3	24.5	21.2	16.6	13.5	10.9
T massime medie [°C]	11.3	10.5	12.1	14.7	19.6	24.1	28.4	27.0	23.2	18.4	15.4	12.8
T massime assolute [°C]	13.8	12.0	15.5	17.7	22.7	25.6	31.0	30.0	28.6	20.9	19.0	14.3
Precipitazioni [mm]	67.3	122.2	114.5	40.2	51.4	31.0	9.6	49.3	80.4	142.6	65.6	5.1



- Anno 2016

**Figura 2.6 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (14.00°E, 43.00°N).**



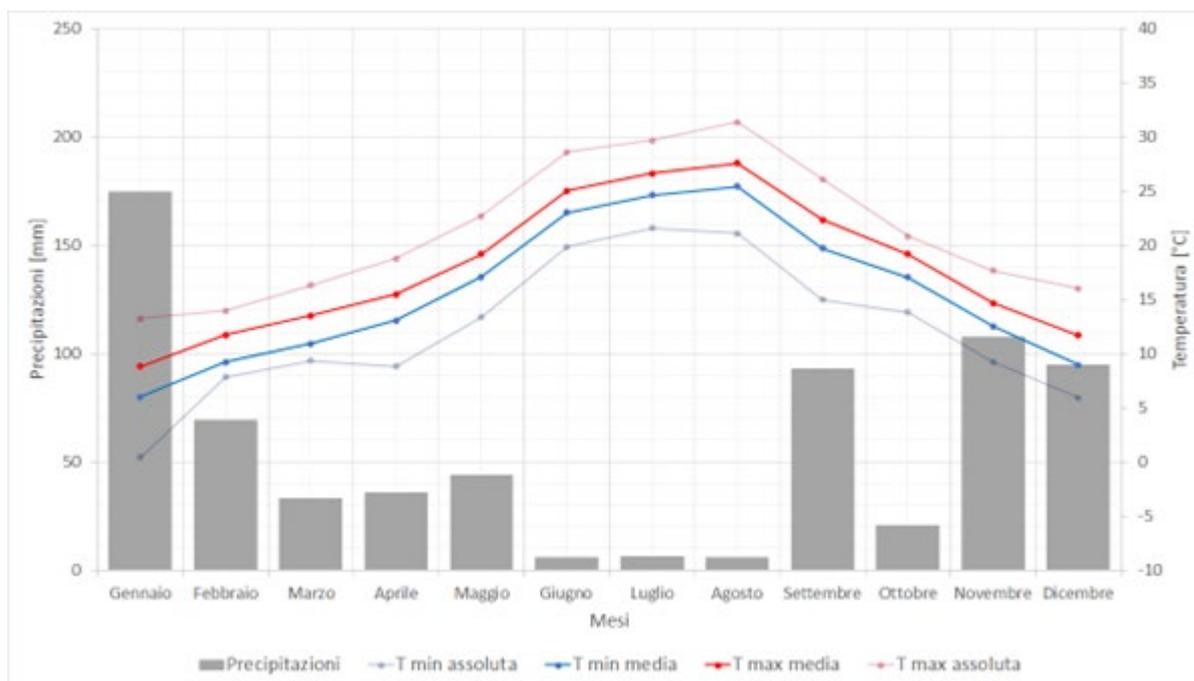
**Tabella 2.6 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (14.00°E, 43.00°N).**

2016	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	4.5	8.0	7.2	9.5	12.7	18.4	19.6	20.5	18.1	12.5	6.9	7.4
T minime medie [°C]	8.9	10.1	10.1	13.5	16.3	21.0	24.8	23.3	21.0	16.1	12.7	10.3
T massime medie [°C]	11.5	12.3	12.4	15.7	18.6	23.4	27.0	25.6	23.4	18.1	15.2	12.6
T massime assolute [°C]	15.9	14.1	14.5	18.1	21.9	27.1	29.2	28.2	26.1	21.8	21.8	14.4
Precipitazioni [mm]	38.7	40.3	122.0	56.0	60.6	40.6	47.9	40.8	52.5	129.1	42.6	27.9



- Anno 2017

**Figura 2.7 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (14.00°E, 43.00°N).**



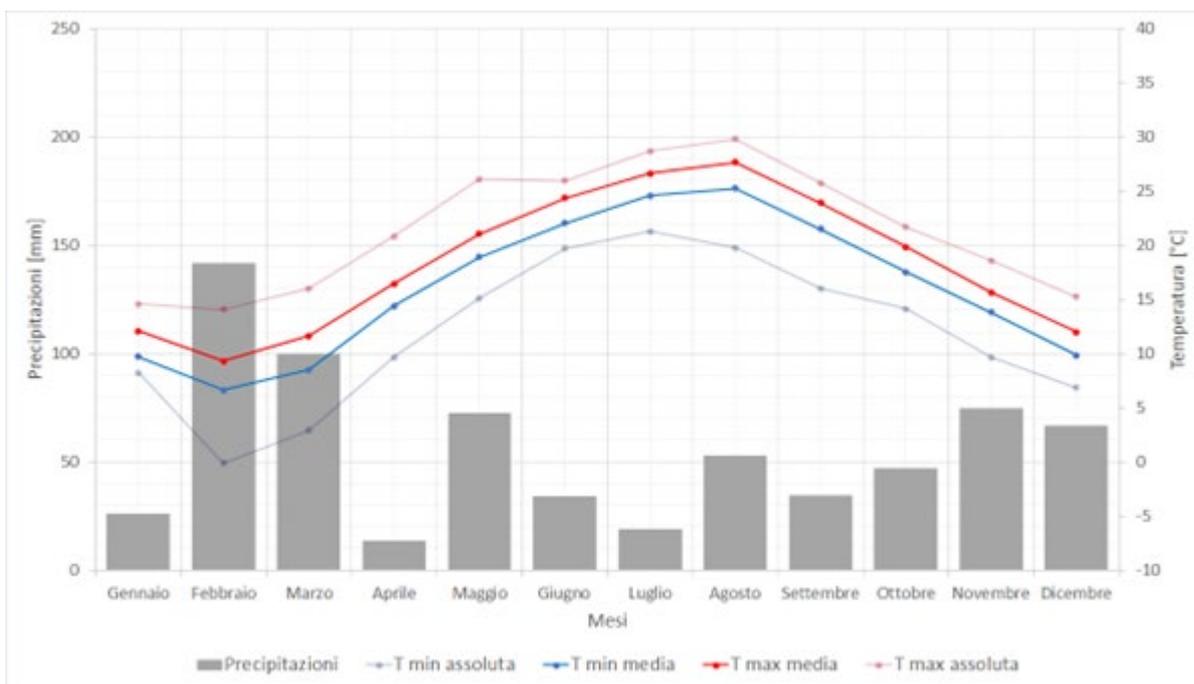
**Tabella 2.7 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (14.00°E, 43.00°N).**

2017	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	0.4	7.8	9.4	8.8	13.4	19.8	21.6	21.1	15.0	13.8	9.2	5.9
T minime medie [°C]	6.0	9.2	10.9	13.1	17.1	23.0	24.6	25.4	19.7	17.0	12.5	8.9
T massime medie [°C]	8.8	11.7	13.5	15.5	19.2	25.0	26.6	27.6	22.3	19.2	14.7	11.6
T massime assolute [°C]	13.2	13.9	16.3	18.8	22.7	28.6	29.7	31.4	26.1	20.8	17.7	16.0
Precipitazioni [mm]	175.0	69.5	33.0	35.9	44.0	6.1	6.6	5.7	93.0	20.6	107.8	94.9



- Anno 2018

**Figura 2.8 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (14.00°E, 43.00°N).**



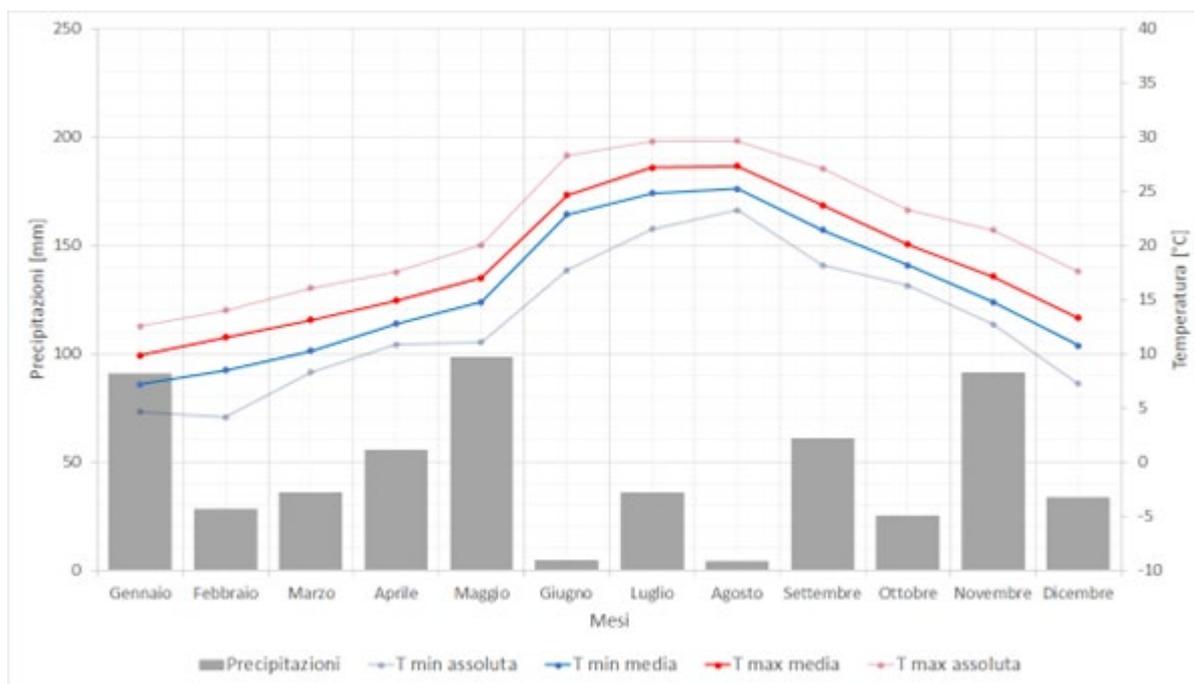
**Tabella 2.8 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (14.00°E, 43.00°N).**

2018	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	8.2	-0.1	2.9	9.7	15.1	19.7	21.3	19.8	16.0	14.1	9.6	6.9
T minime medie [°C]	9.7	6.6	8.5	14.4	18.9	22.0	24.6	25.3	21.5	17.5	13.8	9.8
T massime medie [°C]	12.1	9.3	11.6	16.5	21.0	24.4	26.7	27.7	23.9	19.8	15.6	12.0
T massime assolute [°C]	14.6	14.1	16.0	20.8	26.1	25.9	28.7	29.8	25.7	21.7	18.6	15.2
Precipitazioni [mm]	26.2	141.7	99.9	13.3	72.6	34.2	18.7	52.8	34.7	46.9	74.9	66.7



- Anno 2019

**Figura 2.9 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (14.00°E, 43.00°N).**



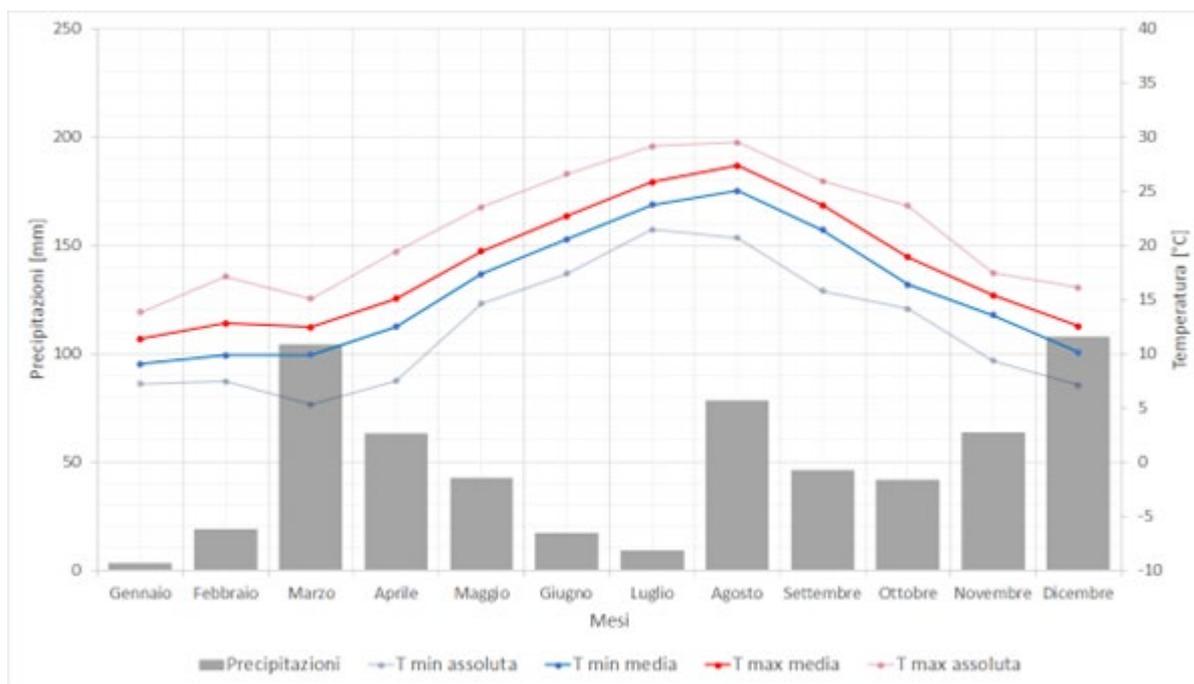
**Tabella 2.9 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (14.00°E, 43.00°N).**

2019	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	4.6	4.1	8.3	10.8	11.1	17.7	21.5	23.2	18.1	16.3	12.7	7.2
T minime medie [°C]	7.2	8.4	10.2	12.7	14.8	22.8	24.8	25.2	21.4	18.1	14.7	10.7
T massime medie [°C]	9.8	11.5	13.1	14.9	17.0	24.6	27.2	27.3	23.7	20.0	17.1	13.3
T massime assolute [°C]	12.5	14.0	16.1	17.5	20.0	28.3	29.6	29.6	27.1	23.3	21.4	17.6
Precipitazioni [mm]	90.9	28.1	36.0	55.7	98.2	4.5	35.8	4.3	60.7	25.2	91.2	33.5



- Anno 2020

**Figura 2.10 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (14.00°E, 43.00°N).**



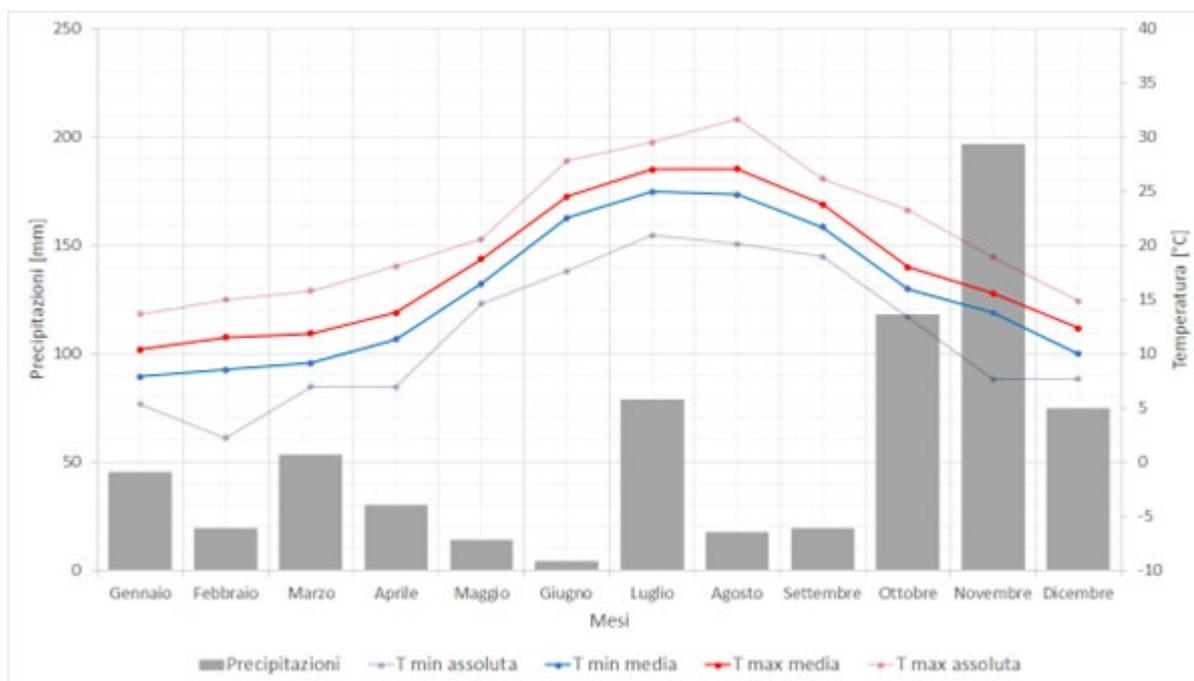
**Tabella 2.10 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (14.00°E, 43.00°N).**

2020	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	7.2	7.4	5.3	7.5	14.6	17.4	21.5	20.7	15.8	14.1	9.3	7.1
T minime medie [°C]	9.0	9.8	9.9	12.5	17.3	20.5	23.7	25.0	21.4	16.3	13.5	10.1
T massime medie [°C]	11.4	12.8	12.4	15.1	19.5	22.7	25.8	27.4	23.7	18.9	15.4	12.5
T massime assolute [°C]	13.8	17.1	15.1	19.4	23.5	26.6	29.1	29.5	25.9	23.6	17.4	16.1
Precipitazioni [mm]	3.4	19.0	104.0	62.9	42.5	17.2	9.1	78.4	46.2	41.5	63.6	107.9



- Anno 2021

**Figura 2.11 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (14.00°E, 43.00°N).**



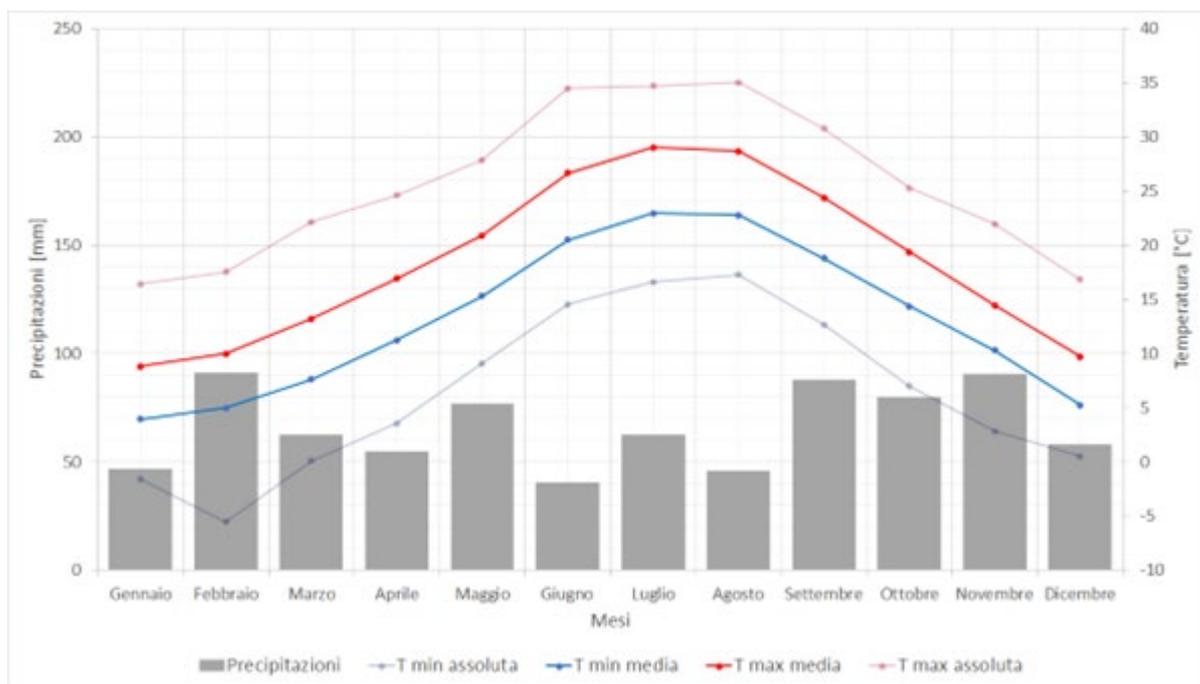
**Tabella 2.11 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (14.00°E, 43.00°N).**

2021	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.3	2.2	6.9	6.9	14.6	17.6	20.9	20.1	19.0	13.4	7.6	7.7
T minime medie [°C]	7.9	8.5	9.1	11.3	16.4	22.5	24.9	24.7	21.7	15.9	13.8	10.0
T massime medie [°C]	10.4	11.5	11.8	13.8	18.7	24.5	27.0	27.0	23.8	18.0	15.6	12.4
T massime assolute [°C]	13.6	15.0	15.8	18.0	20.6	27.8	29.5	31.6	26.2	23.2	18.9	14.9
Precipitazioni [mm]	45.1	19.5	53.3	29.9	14.1	4.1	78.9	17.5	19.3	118.1	196.6	74.8



- *Media decennale (2012-2021)*

**Figura 2.12 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012-2021). (12.25°E, 44.50°N).**



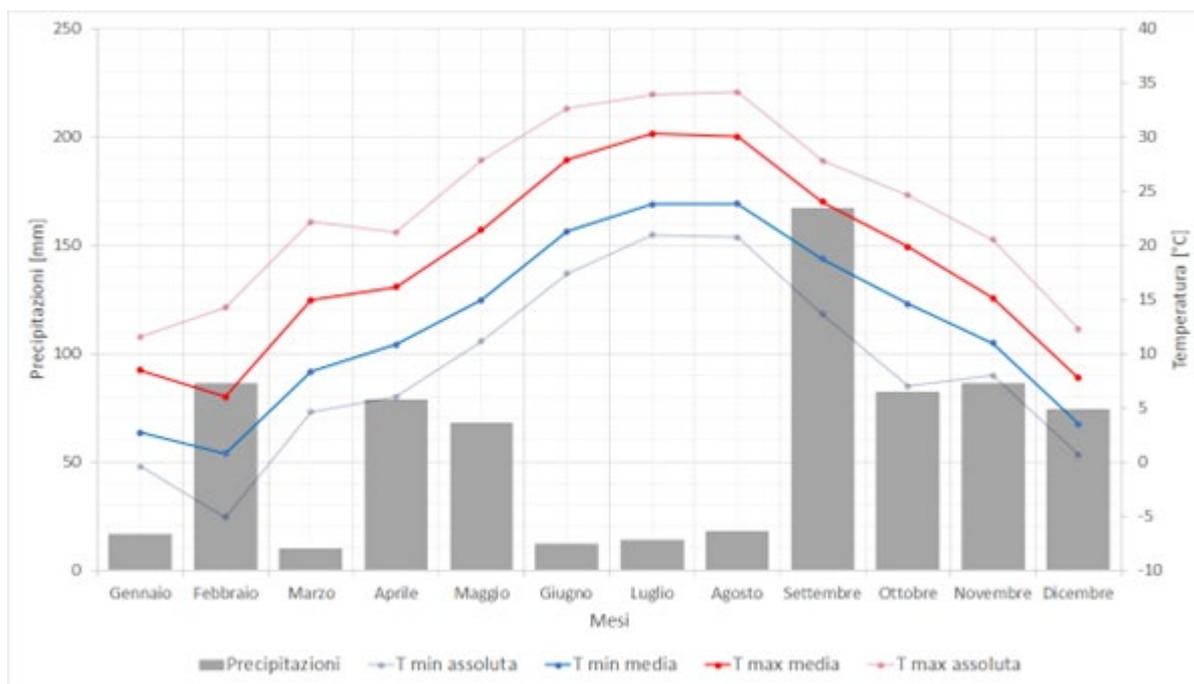
**Tabella 2.12 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012-2021). (12.25°E, 44.50°N).**

<b>MEDIA 2012-2021</b>	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-1.6	-5.5	0.1	3.5	9.1	14.6	16.6	17.2	12.7	7.0	2.8	0.5
T minime medie [°C]	3.9	5.0	7.6	11.2	15.3	20.5	22.9	22.7	18.8	14.4	10.3	5.3
T massime medie [°C]	8.8	10.0	13.2	16.9	20.9	26.7	29.0	28.7	24.4	19.4	14.4	9.7
T massime assolute [°C]	16.4	17.5	22.1	24.6	27.8	34.5	34.7	35.0	30.7	25.3	22.0	16.8
Precipitazioni [mm]	47.0	91.0	62.3	54.9	76.7	40.6	62.4	45.8	87.9	79.9	90.8	58.1



- Anno 2012

**Figura 2.13 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012). (12.25°E, 44.50°N).**



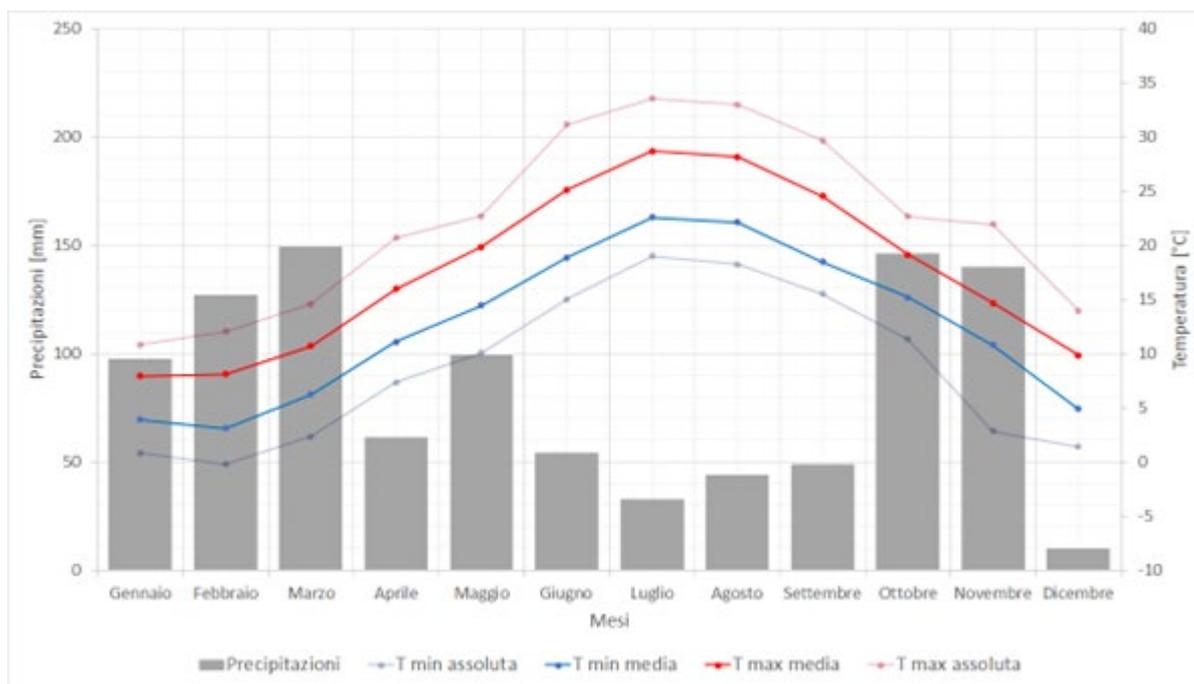
**Tabella 2.13 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2012). (12.25°E, 44.50°N).**

2012	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-0.5	-5.1	4.6	6.0	11.1	17.4	20.9	20.7	13.6	7.0	7.9	0.6
T minime medie [°C]	2.7	0.8	8.3	10.8	14.9	21.3	23.8	23.8	18.7	14.6	11.0	3.5
T massime medie [°C]	8.5	6.0	14.9	16.1	21.4	27.9	30.3	30.0	24.0	19.9	15.1	7.7
T massime assolute [°C]	11.5	14.3	22.1	21.2	27.8	32.6	33.9	34.1	27.8	24.6	20.5	12.2
Precipitazioni [mm]	16.8	86.5	10.1	78.9	68.0	12.1	14.1	17.8	167.2	82.1	86.4	74.2



- Anno 2013

**Figura 2.14 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (12.25°E, 44.50°N).**



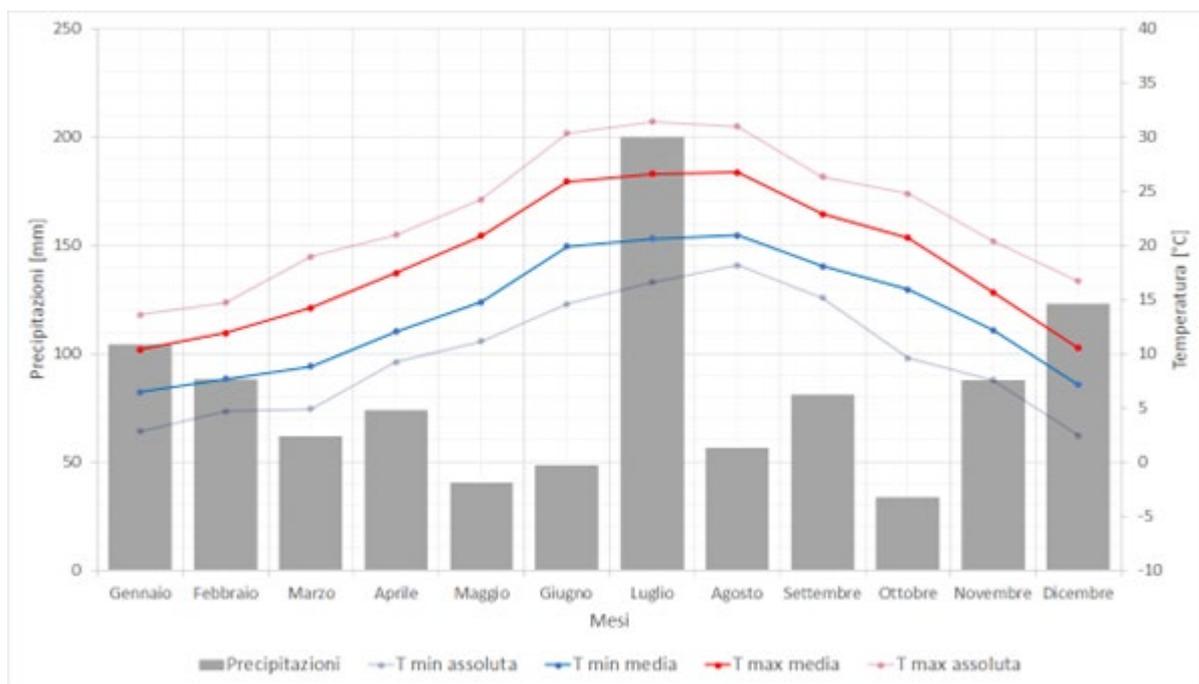
**Tabella 2.14 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (12.25°E, 44.50°N).**

2013	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	0.8	-0.2	2.3	7.4	10.1	15.0	19.0	18.2	15.5	11.3	2.8	1.4
T minime medie [°C]	3.9	3.1	6.2	11.1	14.4	18.9	22.6	22.1	18.5	15.2	10.8	4.9
T massime medie [°C]	7.9	8.1	10.7	15.9	19.8	25.1	28.7	28.2	24.5	19.1	14.7	9.8
T massime assolute [°C]	10.8	12.0	14.6	20.7	22.7	31.2	33.6	33.0	29.7	22.7	22.0	14.0
Precipitazioni [mm]	97.5	126.9	149.3	61.2	99.3	54.1	32.9	44.0	48.9	146.2	140.1	10.0



- Anno 2014

**Figura 2.15 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (12.25°E, 44.50°N).**



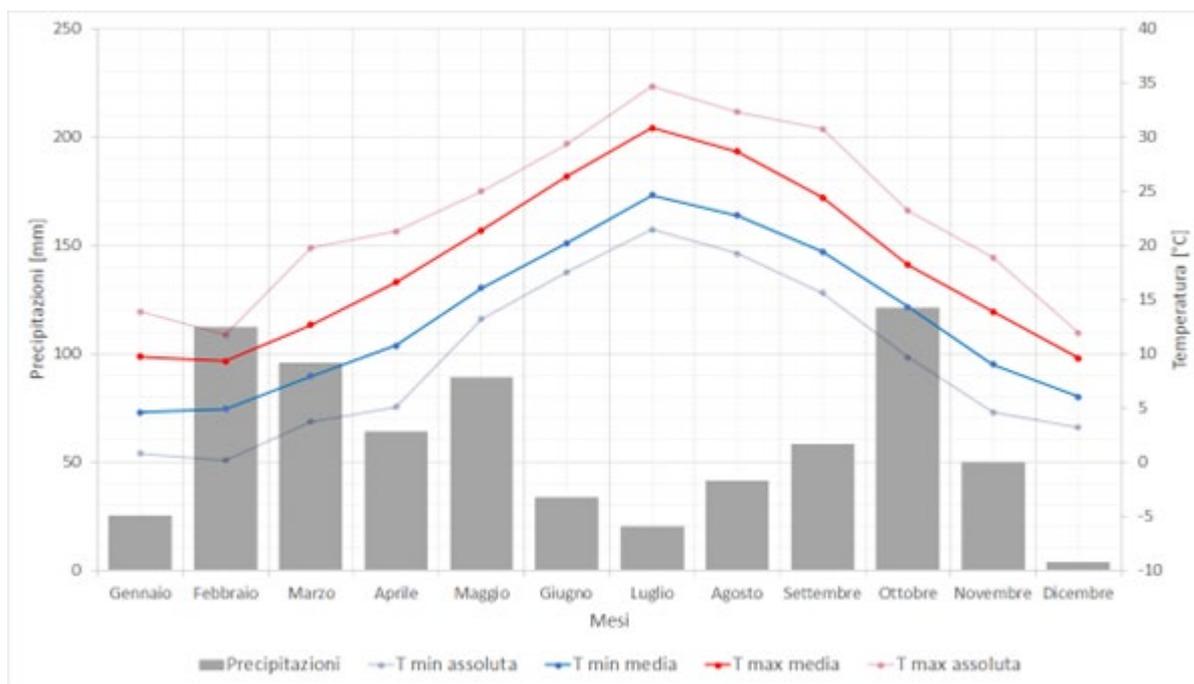
**Tabella 2.15 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (12.25°E, 44.50°N).**

2014	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	2.8	4.7	4.9	9.2	11.1	14.6	16.6	18.1	15.2	9.6	7.5	2.4
T minime medie [°C]	6.4	7.6	8.8	12.0	14.7	19.9	20.6	20.9	18.1	15.9	12.1	7.1
T massime medie [°C]	10.3	11.9	14.2	17.5	20.9	25.9	26.6	26.7	22.9	20.7	15.6	10.5
T massime assolute [°C]	13.6	14.7	19.0	21.0	24.2	30.3	31.4	31.0	26.3	24.8	20.4	16.7
Precipitazioni [mm]	104.3	88.0	61.6	74.0	40.3	48.3	199.9	56.6	80.9	33.4	87.9	122.8



- Anno 2015

**Figura 2.16 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (12.25°E, 44.50°N).**



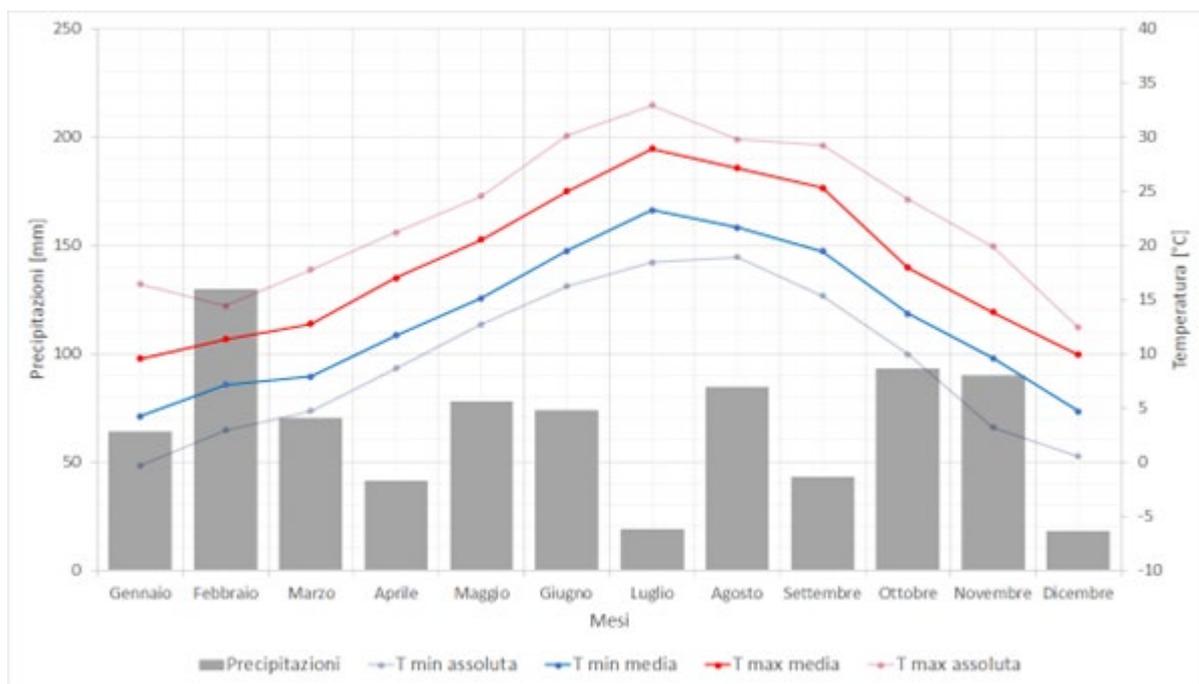
**Tabella 2.16 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (12.25°E, 44.50°N).**

2015	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	0.8	0.1	3.7	5.1	13.2	17.5	21.4	19.2	15.6	9.7	4.6	3.2
T minime medie [°C]	4.6	4.9	7.9	10.7	16.0	20.2	24.6	22.7	19.4	14.3	9.0	6.0
T massime medie [°C]	9.7	9.3	12.6	16.6	21.4	26.4	30.8	28.6	24.4	18.2	13.8	9.6
T massime assolute [°C]	13.9	11.7	19.8	21.3	25.0	29.4	34.7	32.3	30.7	23.2	18.9	11.9
Precipitazioni [mm]	25.1	112.1	95.7	63.8	88.8	33.7	20.3	41.1	58.2	121.1	49.7	3.9



- Anno 2016

**Figura 2.17 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (12.25°E, 44.50°N).**



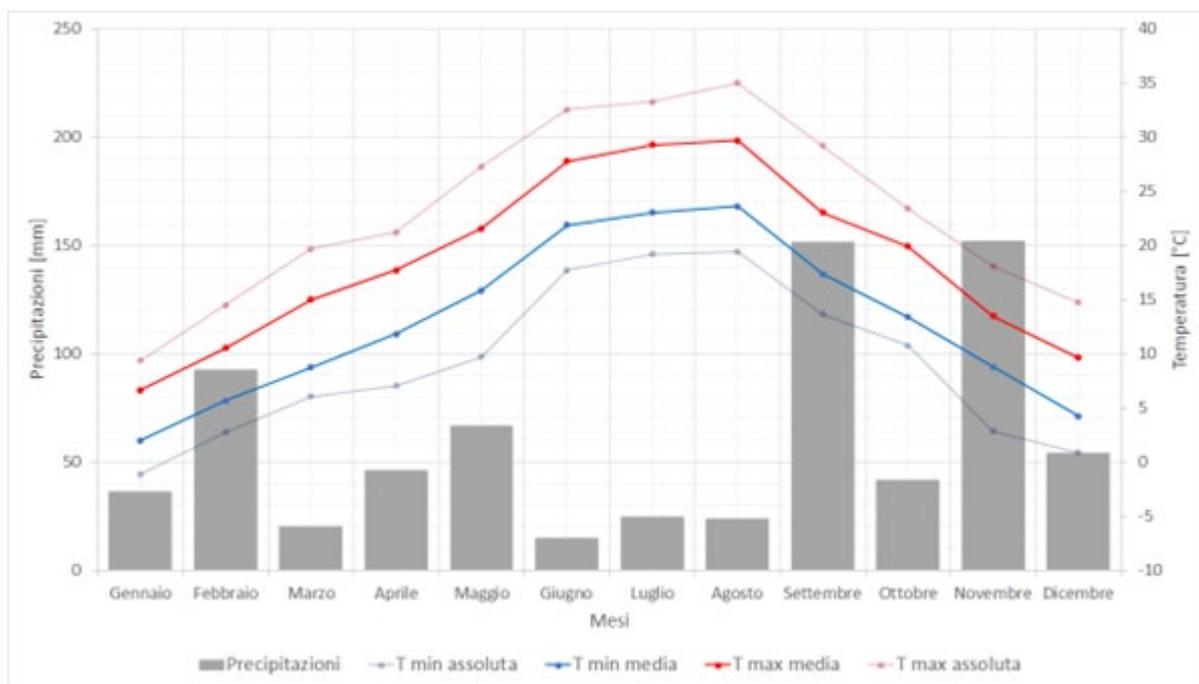
**Tabella 2.17 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (12.25°E, 44.50°N).**

2016	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-0.3	2.9	4.7	8.6	12.7	16.2	18.4	18.9	15.3	9.9	3.2	0.5
T minime medie [°C]	4.2	7.1	7.9	11.7	15.1	19.5	23.2	21.6	19.4	13.7	9.6	4.7
T massime medie [°C]	9.5	11.3	12.7	17.0	20.5	25.0	28.9	27.1	25.3	17.9	13.8	9.9
T massime assolute [°C]	16.4	14.4	17.8	21.2	24.5	30.1	32.9	29.8	29.2	24.2	19.9	12.4
Precipitazioni [mm]	63.9	129.6	70.5	41.2	77.7	74.0	18.8	84.4	42.8	93.2	89.8	18.0



- Anno 2017

**Figura 2.18 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (12.25°E, 44.50°N).**



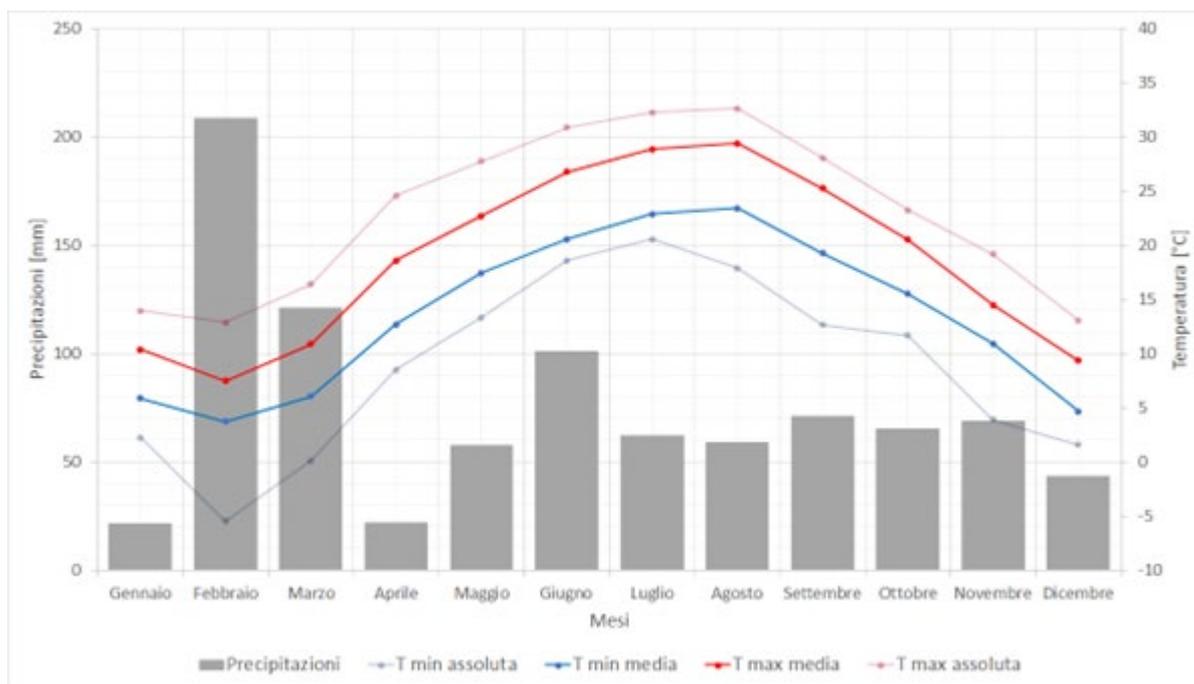
**Tabella 2.18 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (12.25°E, 44.50°N).**

2017	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-1.1	2.7	6.0	7.0	9.7	17.7	19.2	19.4	13.6	10.7	2.8	0.9
T minime medie [°C]	2.0	5.6	8.7	11.8	15.8	21.8	23.0	23.6	17.4	13.3	8.7	4.2
T massime medie [°C]	6.6	10.5	15.0	17.7	21.5	27.8	29.3	29.7	23.0	19.9	13.5	9.6
T massime assolute [°C]	9.4	14.5	19.7	21.2	27.3	32.6	33.2	35.0	29.2	23.4	18.0	14.7
Precipitazioni [mm]	36.4	92.5	20.1	46.1	66.8	14.8	24.6	23.9	151.4	41.5	151.8	54.0



- Anno 2018

**Figura 2.19 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (12.25°E, 44.50°N).**



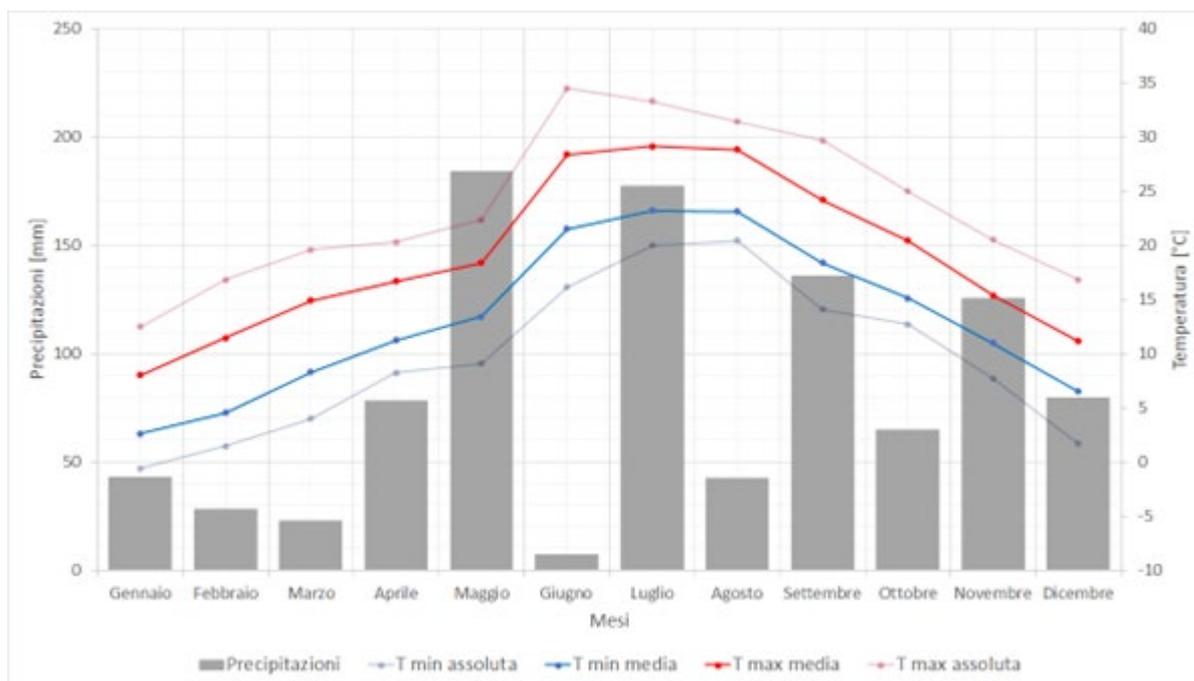
**Tabella 2.19 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (12.25°E, 44.50°N).**

2018	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	2.3	-5.5	0.1	8.5	13.3	18.6	20.6	17.9	12.7	11.7	3.9	1.6
T minime medie [°C]	5.9	3.7	6.1	12.7	17.4	20.6	22.9	23.4	19.2	15.5	10.9	4.6
T massime medie [°C]	10.4	7.5	10.9	18.6	22.7	26.8	28.9	29.4	25.3	20.5	14.5	9.3
T massime assolute [°C]	13.9	12.9	16.4	24.6	27.7	30.9	32.3	32.6	28.1	23.2	19.2	13.1
Precipitazioni [mm]	21.5	208.8	121.3	22.2	57.8	101.2	62.4	58.9	71.3	65.3	69.1	43.3



- Anno 2019

**Figura 2.20 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (12.25°E, 44.50°N).**



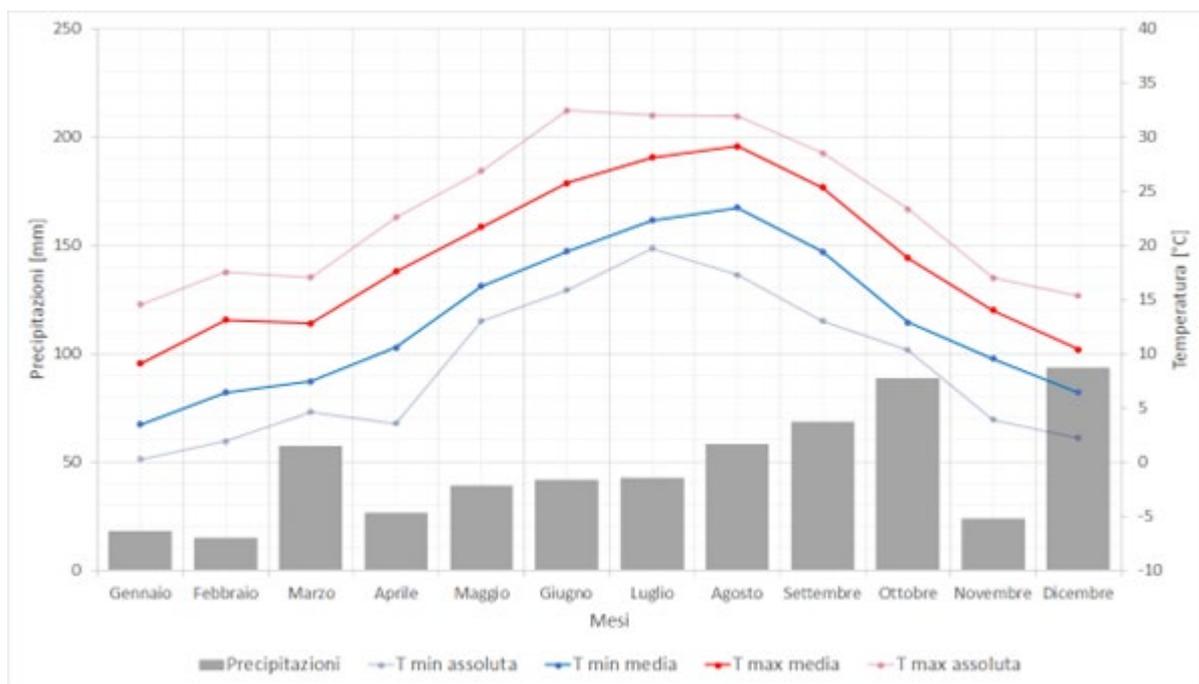
**Tabella 2.20 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (12.25°E, 44.50°N).**

2019	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-0.6	1.4	4.0	8.2	9.1	16.1	20.0	20.4	14.1	12.7	7.7	1.7
T minime medie [°C]	2.6	4.5	8.3	11.2	13.4	21.5	23.2	23.1	18.4	15.1	11.0	6.5
T massime medie [°C]	8.0	11.4	14.9	16.7	18.4	28.4	29.1	28.8	24.2	20.4	15.4	11.1
T massime assolute [°C]	12.5	16.8	19.6	20.3	22.3	34.5	33.3	31.4	29.7	25.0	20.5	16.8
Precipitazioni [mm]	43.0	28.3	23.0	78.3	184.2	7.4	177.5	42.6	135.8	64.8	125.9	79.7



- Anno 2020

**Figura 2.21 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (12.25°E, 44.50°N).**



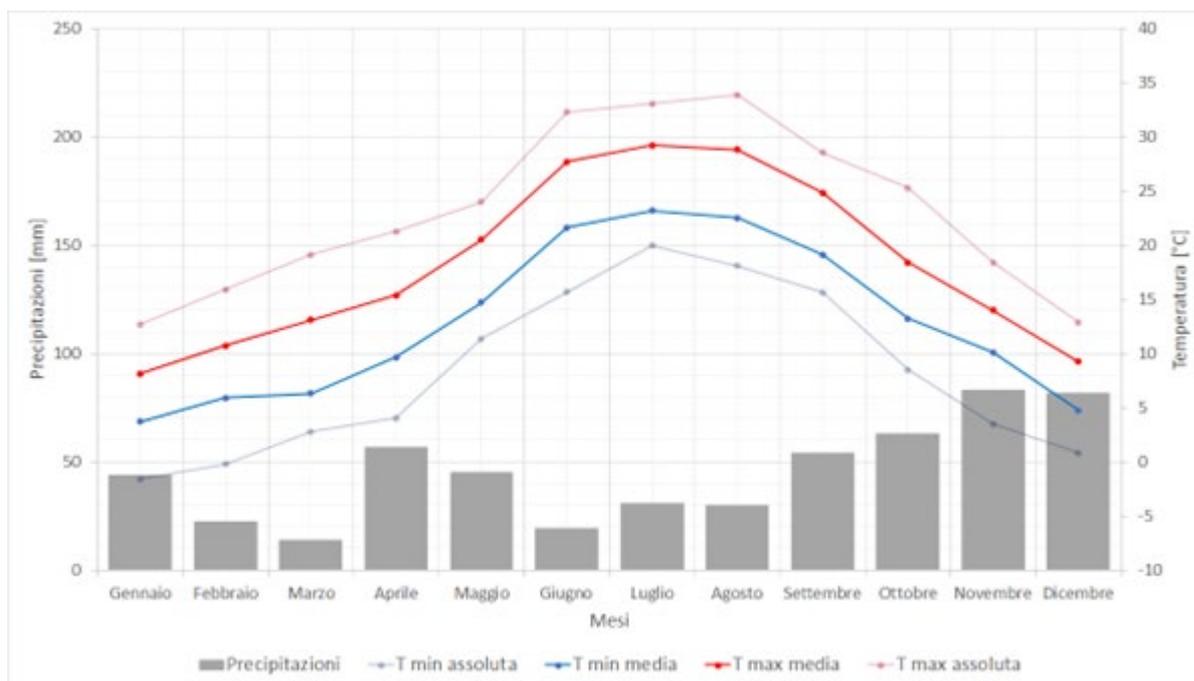
**Tabella 2.21 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (12.25°E, 44.50°N).**

2020	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	0.2	1.9	4.6	3.5	13.0	15.9	19.7	17.2	13.0	10.3	3.9	2.2
T minime medie [°C]	3.5	6.4	7.4	10.5	16.2	19.5	22.3	23.5	19.4	12.9	9.5	6.4
T massime medie [°C]	9.1	13.1	12.8	17.6	21.7	25.7	28.1	29.1	25.3	18.8	14.0	10.4
T massime assolute [°C]	14.5	17.5	17.0	22.6	26.8	32.5	32.0	31.9	28.5	23.3	17.0	15.4
Precipitazioni [mm]	17.8	14.6	57.4	26.6	38.8	41.5	42.5	58.3	68.5	88.4	23.7	93.3



- Anno 2021

**Figura 2.22 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (12.25°E, 44.50°N).**



**Tabella 2.22 - Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (12.25°E, 44.50°N).**

2021	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	-1.6	-0.2	2.8	4.0	11.3	15.7	20.0	18.1	15.6	8.5	3.5	0.8
T minime medie [°C]	3.7	5.9	6.3	9.6	14.7	21.6	23.2	22.5	19.1	13.2	10.1	4.8
T massime medie [°C]	8.1	10.7	13.1	15.4	20.5	27.7	29.2	28.8	24.8	18.4	14.0	9.3
T massime assolute [°C]	12.7	15.9	19.1	21.3	24.0	32.3	33.1	33.9	28.6	25.3	18.4	12.9
Precipitazioni [mm]	44.0	22.6	14.0	56.8	45.2	19.1	31.0	30.1	54.3	63.1	83.2	81.8



**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Appendice 2*  
*Studio di Dispersione dei Sedimenti, Contaminanti*  
*e Propagazione del Rumore Sottomarino*

**Marzo 2023**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

#### Appendice 2

#### Studio di Dispersione dei Sedimenti, Contaminanti e Propagazione del Rumore Sottomarino

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>ELABORATO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI DATI METEOMARINI .....</b>	<b>9</b>
3.1	Moto ondoso .....	9
3.1.1	<i>Analisi della serie temporale .....</i>	<i>11</i>
3.2	Corrente, temperatura e salinità.....	15
3.3	Vento .....	20
3.4	Marea.....	22
<b>4</b>	<b>SCENARI METEOMARINI RAPPRESENTATIVI .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>MODELLO 3D IDRODINAMICO .....</b>	<b>29</b>
5.1	Dati batimetrici, dominio di calcolo e risoluzione.....	29
5.2	Risultati.....	33
5.2.1	<i>Periodo Autunno-Inverno (AUT/WIN) .....</i>	<i>33</i>
5.2.2	<i>Periodo Primavera-Estate (SPR/SUM).....</i>	<i>33</i>
<b>6</b>	<b>ANALISI DI DISPERSIONE DEI SEDIMENTI .....</b>	<b>41</b>
6.1	Approccio metodologico .....	42
6.1.1	<i>Metodologia delle operazioni di rimozione condotte sottomarine .....</i>	<i>42</i>
6.1.2	<i>Rateo di dragaggio e rilascio, velocità di sedimentazione .....</i>	<i>43</i>
6.2	Risultati.....	46
6.2.1	<i>Solidi sospesi in colonna d'acqua .....</i>	<i>46</i>
6.2.2	<i>Deposito di sedimenti fini .....</i>	<i>54</i>
<b>7</b>	<b>ANALISI DI DISPERSIONE DEI CONTAMINANTI.....</b>	<b>58</b>
7.1	Concentrazioni iniziali di contaminanti nel sedimento.....	58
7.2	Limiti di riferimento .....	59
7.3	Risultati.....	60

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 4 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

	7.3.1 Contaminanti in colonna d'acqua .....	60
<b>8</b>	<b>ANALISI DI DISPERSIONE RUMORE SOTTOMARINO.....</b>	<b>82</b>
8.1	Termine di sorgente .....	82
8.2	Dati di base e assunzioni modellistiche .....	84
	8.2.1 Range di frequenza.....	84
	8.2.2 Batimetria .....	84
	8.2.3 Dominio di calcolo .....	85
	8.2.4 Caratteristiche dell'acqua .....	86
	8.2.5 Caratteristiche del fondale .....	87
	8.2.6 Range di sensibilità caratteristici per cetacei e relative soglie .....	87
	8.2.7 Quadro di riferimento ambientale .....	88
8.3	Risultati.....	89
<b>9</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>94</b>

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 5 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## ACRONIMI

AUT/WIN	Autumn/Winter (condizione meteomarina del semestre invernale)
IUCN	International Union for Conservation of Nature
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PTS	Permanent Threshold Shift (spostamento della soglia permanente)
SEL	Sound Exposure Level (livelli di esposizione sonora)
SPR/SUM	Spring/Summer (condizione meteomarina del semestre estivo)
SQA-CMA	Standard di Qualità Ambientale – Concentrazione Massima Ammissibile
SQA-MA	Standard di Qualità Ambientale – Media Annua
SSC	Suspended Sediment Concentration (concentrazione di sedimenti sospesi)
TTS	Temporary Threshold Shift (spostamento della soglia temporanea)
UAS	Underwater Acoustic Simulator
VIA	Valutazione Impatto Ambientale

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 6 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'Appendice 2 all'Allegato 3 dello "Studio di Valutazione Comparativa degli impatti ambientali e socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1".

I risultati descritti nel presente documento sono inerenti alla valutazione degli impatti sul comparto marino connessi alla dismissione delle condotte sottomarine (4" + 2") che collegano la piattaforma Fabrizia 1 all'innesto con le linee Davide-Grottammare, ottenuti mediante l'applicazione di modellistica numerica. Gli impatti considerati sono legati:

- alla movimentazione di sedimento dovuto al dissotterramento e al recupero delle condotte giacenti sul fondale marino;
- al conseguente rilascio di potenziali contaminanti (metalli pesanti, idrocarburi) dal sedimento;
- all'immissione in ambiente sottomarino di rumore generato dalle imbarcazioni operanti nell'area, con particolare riferimento ad effetti di danno sui cetacei presenti nella zona in esame.

Gli impatti sono stati valutati per il seguente scenario di dismissione:

- *Scenario B: rimozione delle condotte.*

Lo *Scenario A: dismissione in sito delle condotte* non prevede alcuna attività di rimozione delle condotte e conseguentemente di movimentazione di sedimenti, non è stato quindi oggetto di simulazione modellistica.

Le simulazioni hanno investigato due condizioni meteomarine: una tipica estiva (indicata con SPR/SUM nel seguito) ed una tipica invernale (indicata con AUT/WIN).

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 7 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 2 CONCLUSIONI

Nel presente studio sono stati valutati gli impatti sul comparto marino connessi alle attività di rimozione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1 (Scenario B), mediante simulazioni di dispersione di sedimento, di contaminanti potenzialmente rilasciabili dal sedimento in colonna d'acqua e rumore sottomarino, rispettivamente mediante l'utilizzo dei modelli MIKE 3D FM MT e MIKE UAS.

### ANALISI DI DISPERSIONE DEI SEDIMENTI

*Solidi sospesi in colonna d'acqua:* i risultati ottenuti mettono in luce che, per quanto riguarda la sospensione di sedimenti in colonna d'acqua durante le operazioni, essi rimangono confinati negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie: il valore massimo risulta essere di circa di circa 44000 mg/l nel periodo AUT/WIN e 15800 mg/l nel periodo SPR/SUM e si riscontra, come atteso, in corrispondenza delle condotte sottomarine, dove le concentrazioni sono mediamente sempre superiori a 5000 mg/l (20200 mg/l nel periodo AUT/WIN e 7500 mg/l nel periodo SPR/SUM); mentre già a distanza di soli 500-600 m dall'asse del tracciato si riscontrano valori di concentrazione pari ad un centesimo del massimo citato. Se si considera come soglia di concentrazione il valore di 10 mg/l (concentrazione sotto la quale si può ritenere trascurabile l'impatto sugli organismi bentonici [Rif. 11]), si può vedere come questa si estenda nelle direzioni NNW-SSE, andamento più pronunciato nel periodo SPR/SUM, fino ad una distanza massima di 2300-2900 m, mentre distanze comprese tra 1500-2200 m si riscontrano nel periodo AUT/WIN.

Gli impatti sulle comunità bentoniche sono da ritenersi trascurabili per quanto riguarda il sedimento sospeso, in quanto le durate del disturbo sono sempre < 7 giorni.

Per quanto concerne gli impianti di acquacoltura presenti nell'area di studio (identificati con una lettera, da A ad E, distanti rispettivamente 8.3 km, 3.8 km, 4.9 km, 3.6 km e 6.2 km dal punto più prossimo alle condotte), si può concludere che, viste le esigue concentrazioni di sedimento che raggiungono tali aree (sempre inferiori a 1 mg/l) non si genera impatto sugli organismi allevati negli impianti.

*Deposito di sedimenti fini:* i risultati delle simulazioni evidenziano che lungo il tratto delle condotte Fabrizia 1 – Tie-In Davide-Grottammare lo spessore massimo di sedimenti depositati è dell'ordine di 13-15 cm (con picchi localizzati fino a 41-45 cm). Le aree di maggior accumulo di sedimento si riscontrano lungo il tracciato delle condotte in corrispondenza delle zone in cui le condotte sono maggiormente interrato. Questi risultati sono riscontrabili prima della fase di ripristino del sito mediante aratura del fondale (circa 13.9 giorni dall'inizio della simulazione).

In riferimento alle comunità bentoniche si può affermare che gli impatti sono da ritenersi molto alti (VH). La superficie interessata dal disturbo è tuttavia ristretta all'area dove viene scavata la trincea (buffer di circa 50-60 m lateralmente all'asse delle condotte).

### ANALISI DI DISPERSIONE CONTAMINANTI RILASCIATI DA SEDIMENTO

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 8 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

I contaminanti, messi in sospensione in colonna d'acqua assieme al sedimento durante le operazioni, rimangono confinati negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie.

Tutti i metalli pesanti presi in considerazione (Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb)) hanno dei superamenti in riferimento alle concentrazioni di Standard di Qualità Ambientale (SQA), quasi esclusivamente in corrispondenza del tracciato delle condotte sottomarine; già in un intorno di 80-100 m dall'asse del tracciato si riscontrano valori di concentrazione al di sotto delle soglie analizzate. Per quanto riguarda il Cromo (Cr) invece, gli impatti sono più estesi, arrivando ad interessare un buffer di circa 450-600 m dall'asse principale delle condotte, sia per il periodo AUT/WIN che per il periodo SPR/SUM.

Gli impatti delle componenti idrocarburiche presenti nel sedimento (Benzene, Toluene, Xileni) e rilasciate in colonna d'acqua a seguito della movimentazione stessa dei sedimenti sono del tutto trascurabili, in quanto le loro concentrazioni sono ben inferiori ai limiti di SQA.

Per quanto concerne gli impianti di acquacoltura presenti nell'area di studio, si può concludere che, viste le esigue concentrazioni di contaminanti che raggiungono tali aree (sempre ben inferiori a 1 µg/l) non si genera disturbo agli organismi allevati negli impianti.

#### ANALISI DI DISPERSIONE RUMORE SOTTOMARINO

I risultati ottenuti hanno evidenziato che non si ha mai il superamento dei valori soglia di rumore che possono causare perdita temporanea o permanente di sensibilità uditiva dei cetacei. Si ha invece un disturbo di alcuni km per quanto riguarda le soglie comportamentali, ovvero le intensità di rumore capaci di originare le prime significative risposte comportamentali (quali ad esempio allontanamento dall'area e antagonismo verso altri animali).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	9 di 96

### 3 ANALISI DEI DATI METEOMARINI

In questo capitolo viene fornita una descrizione dei dati meteomarini disponibili per l'area di interesse, con particolare riferimento alle condizioni di vento e onda annuali, della variazione dei livelli di marea e della circolazione generale nel Mar Adriatico Centrale.

#### 3.1 Moto ondoso

L'analisi del moto ondoso per l'area di interesse è stata condotta a partire dai dati di re analisi forniti dalla piattaforma Copernicus, in particolare dal dataset ERA5 [Rif. 1] prodotto dall'ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Questo database fornisce i principali parametri atmosferici e marini su griglie regolari con risoluzione di 0.25° e su base oraria.

I parametri d'onda in termini di altezze d'onda, periodi e direzioni sono stati estratti al punto di coordinate 14.00E, 43.00N, situato circa 5 km a S della piattaforma Fabrizia 1, ed analizzati per il periodo 2012-2021.

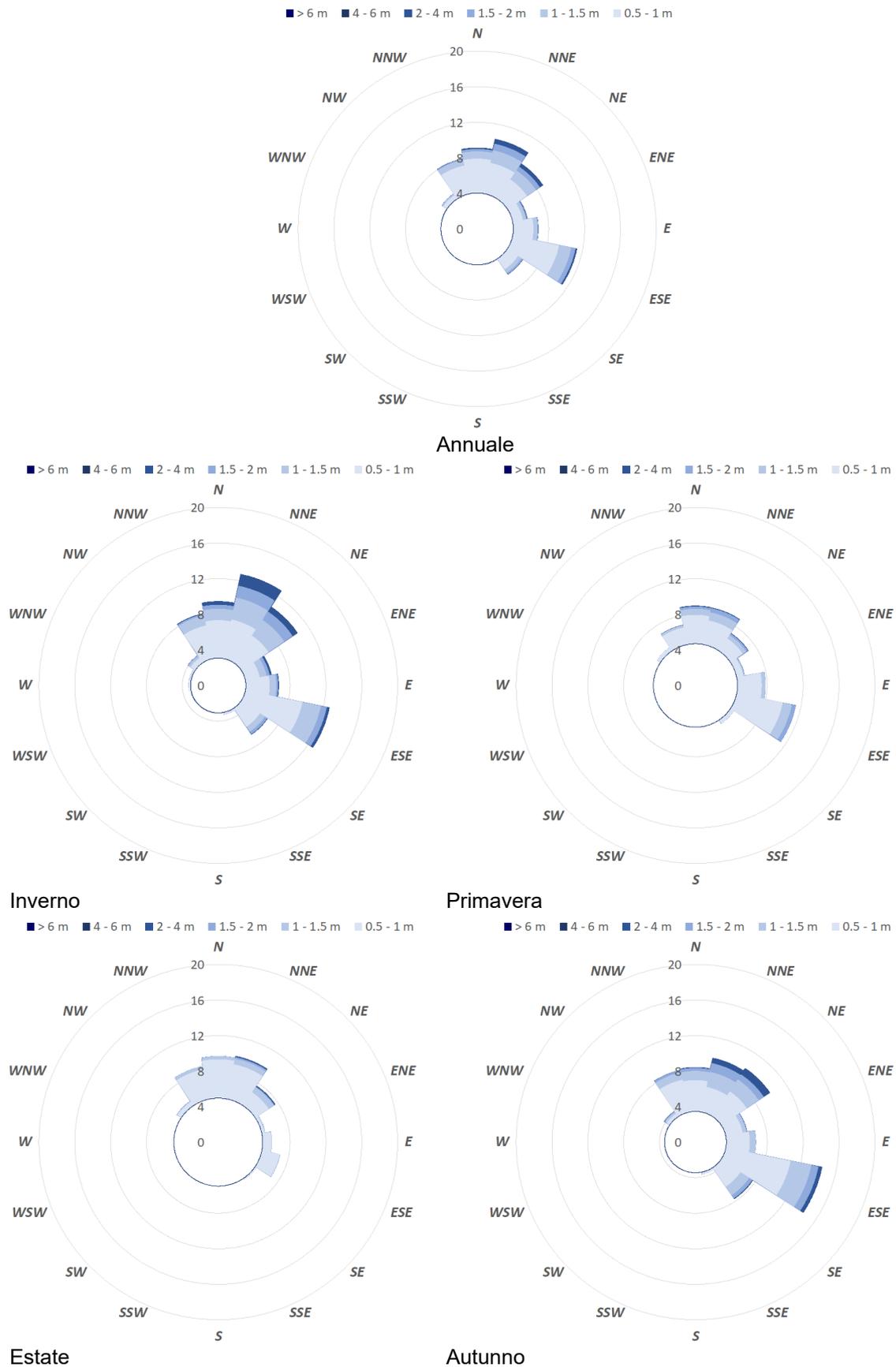
I dati d'onda sono illustrati in termini di rosa annuale e stagionale (Figura 3.1) ed in termini di tabella delle frequenze delle altezze d'onda in funzione della direzione (Tabella 3.1). L'analisi dei dati d'onda, in termini di altezza significativa e direzione di provenienza, mostra che le onde più alte provengono da NNE-NE e con una seconda componente da ESE, con valori massimi di circa 5 m. La frequenza complessiva delle onde provenienti dal III e IV Quadrante (direzioni comprese tra 180°N e 360°N) è invece molto ridotta, circa 5%.

**Tabella 3.1 - Distribuzione in frequenza delle altezze d'onda in funzione della direzione di provenienza (2012-2021)**

Dir [-]	Altezza d'onda significativa Hs [m]							Totale
	Calma	0.5 - 1 m	1 - 1.5 m	1.5 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m	> 6 m	
N		3.86	0.83	0.26	0.15			5.10
NNE		3.52	1.45	0.76	0.53	0.01		6.27
NE		2.65	1.22	0.53	0.40	0.02		4.81
ENE		1.16	0.35	0.12	0.07			1.70
E		2.24	0.47	0.07	0.03			2.80
ESE		5.28	1.40	0.49	0.18			7.35
SE		1.45	0.46	0.19	0.04			2.13
SSE		0.13	0.01					0.15
S		0.01	0.01					0.02
SSW		0.01	0.01					0.02
SW		0.02	0.00					0.02
WSW		0.02	0.01					0.03
W		0.06	0.01					0.07
WNW		0.08	0.02	0.00				0.10
NW		0.52	0.14	0.05	0.01			0.72
NNW		3.22	0.66	0.11	0.04			4.03
<b>Totale</b>	64.69	24.23	7.04	2.57	1.45	0.03		100.00



Figura 3.1 - Rosa delle onde (2012-2021) annuale e stagionale



	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 11 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3.1.1 Analisi della serie temporale

Dall'analisi temporale annuale del moto ondoso per il periodo 2012-2021, i cui andamenti sono riportati nell'ALLEGATO A, si evince che i valori più bassi di onda si registrano dal tardo inverno fino ad inizio autunno, con finestre temporali di durata media pari a circa 234 giorni in cui l'altezza d'onda non eccede mai 2.5 m, 172 giorni con  $H_s < 2.0$  m, 131 giorni con  $H_s < 1.5$  m, 67 giorni con  $H_s < 1.0$ m e circa 16 giorni con  $H_s < 0.5$  m (Tabella 3.2 e Figura 3.2).

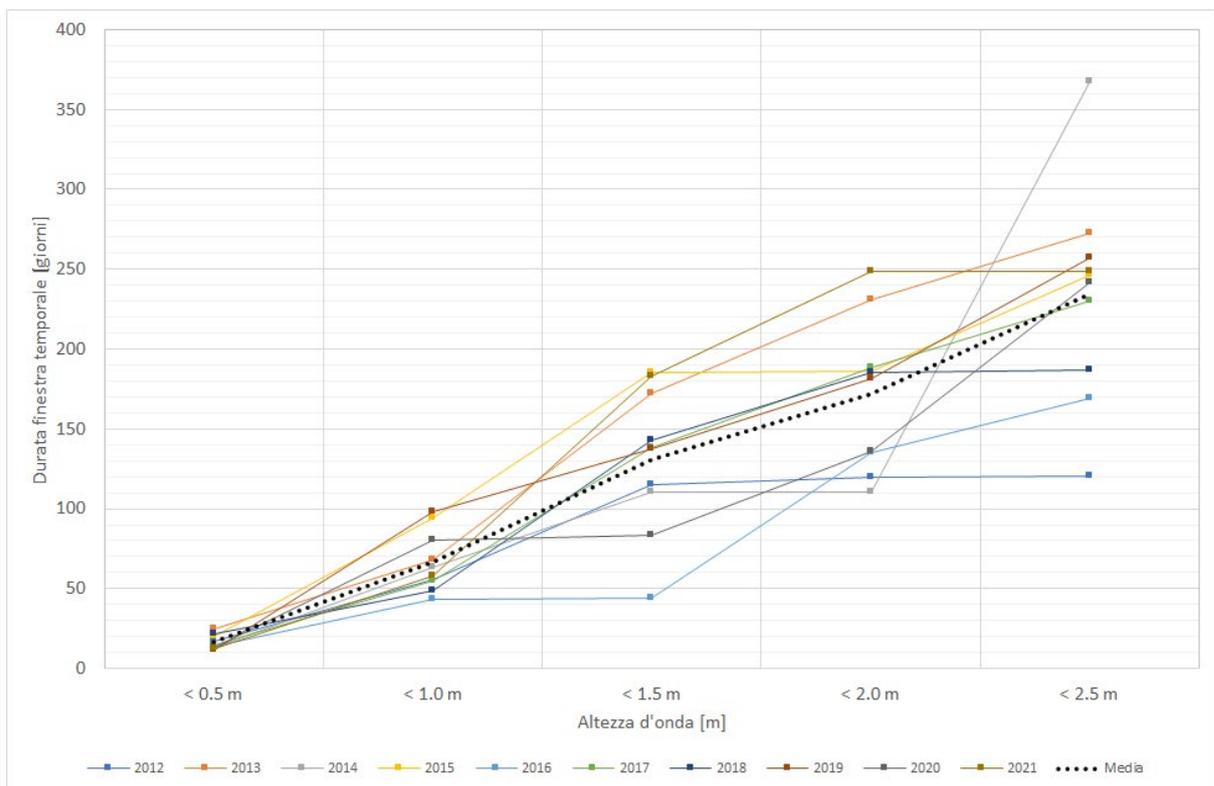
Se si analizzano separatamente il semestre estivo (dal 01/04 al 30/09) e quello invernale (dal 01/10 al 31/03) si ottengono le distribuzioni riportate in Figura 3.3 e Figura 3.4 e in Tabella 3.3 e Tabella 3.4.



**Tabella 3.2 - Ripartizione annuale del numero di giorni consecutivi in cui l'altezza d'onda non eccede il valore soglia indicato (periodo di riferimento 2012-2021).**

Anno	Giorni consecutivi in cui Hs è inferiore al valore soglia (annuale)				
	< 0.5 m	< 1.0 m	< 1.5 m	< 2.0 m	< 2.5 m
2012	17.3	55.5	115.3	119.5	120.2
2013	25.1	67.9	172.1	230.6	272.3
2014	13.3	63.3	110.1	110.4	367.3
2015	20.2	94.4	185.4	186.1	246.1
2016	14.0	43.7	44.3	135.3	169.5
2017	14.8	55.2	138.3	188.2	230.5
2018	21.5	48.9	143.0	185.3	187.2
2019	11.4	98.4	137.7	181.8	257.5
2020	13.6	80.5	83.3	135.9	241.5
2021	12.1	57.7	183.4	248.3	248.8
Media	16.3	66.5	131.3	172.1	234.1

**Figura 3.2 - Andamento delle durate delle finestre temporali per alcuni valori soglia di altezza d'onda Hs (annuale).**

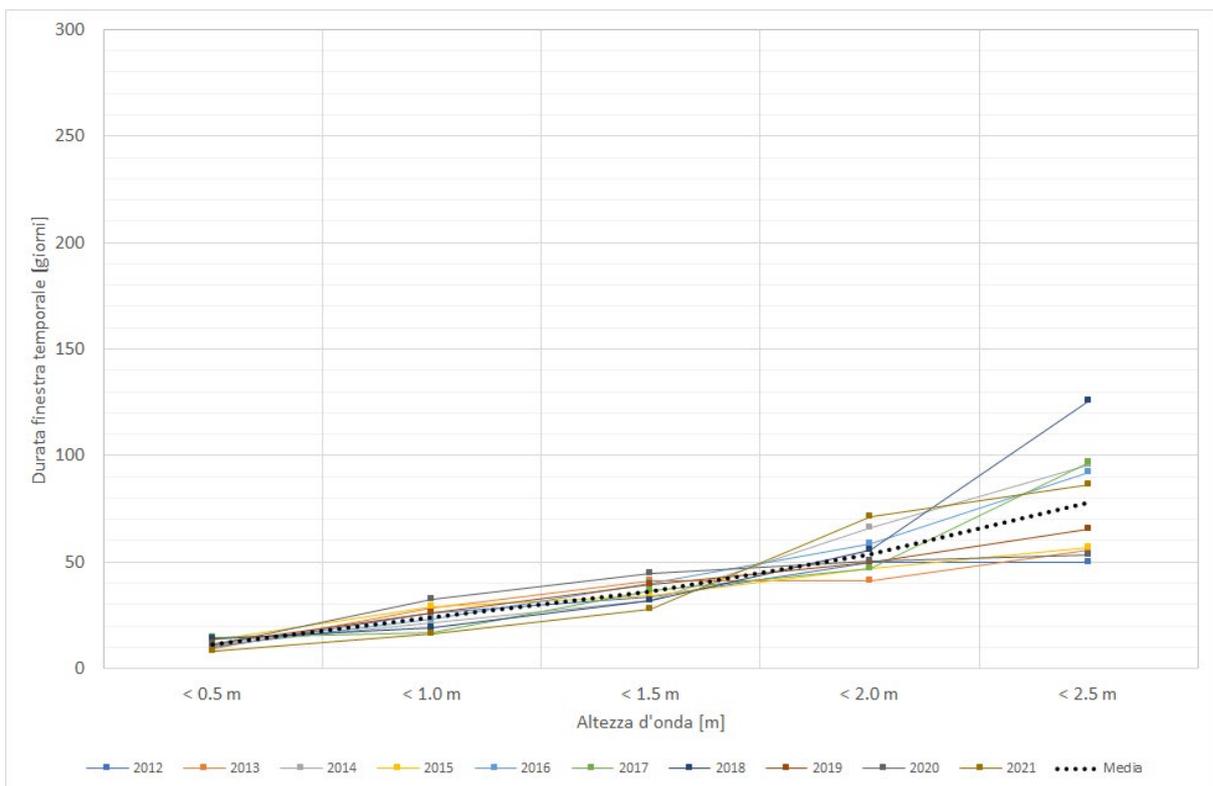




**Tabella 3.3 - Ripartizione del numero di giorni consecutivi in cui l'altezza d'onda non eccede il valore soglia indicato (periodo di riferimento 2012-2021) per il semestre invernale.**

Anno	Giorni consecutivi in cui Hs è inferiore al valore soglia (semestre invernale)				
	< 0.5 m	< 1.0 m	< 1.5 m	< 2.0 m	< 2.5 m
2012	9.8	26.2	33.7	49.6	49.8
2013	9.3	28.2	41.3	41.3	55.7
2014	10.8	21.3	31.9	65.8	95.5
2015	13.5	29.3	34.0	46.8	56.8
2016	10.6	23.5	39.8	58.8	92.0
2017	14.8	16.8	36.5	47.0	96.8
2018	14.1	19.0	31.9	55.9	125.9
2019	11.4	26.4	39.3	49.7	65.2
2020	11.0	32.3	44.5	50.3	53.2
2021	8.1	16.5	27.7	71.3	86.3
Media	11.3	23.9	36.1	53.6	77.7

**Figura 3.3 - Andamento delle durate delle finestre temporali per alcuni valori soglia di altezza d'onda Hs (semestre invernale).**

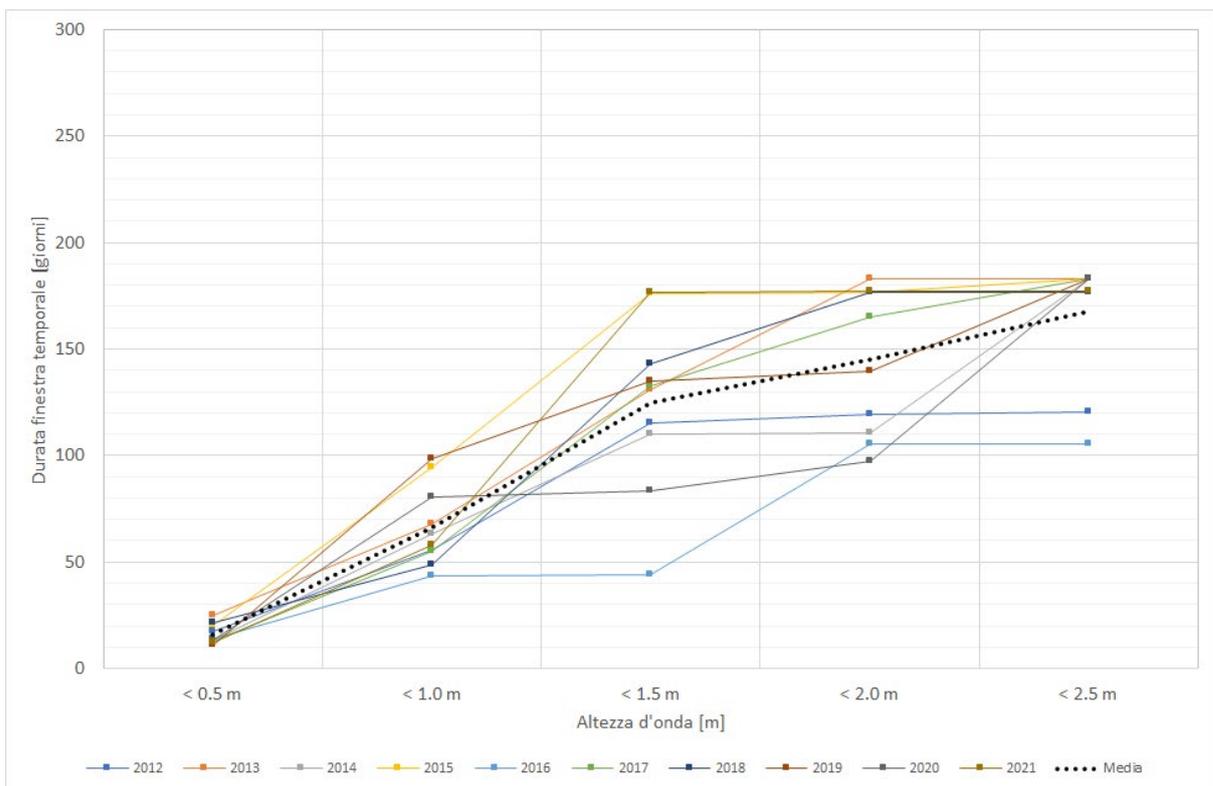




**Tabella 3.4 - Ripartizione del numero di giorni consecutivi in cui l'altezza d'onda non eccede il valore soglia indicato (periodo di riferimento 2012-2021) per il semestre estivo.**

Anno	Giorni consecutivi in cui Hs è inferiore al valore soglia (semestre invernale)				
	< 0.5 m	< 1.0 m	< 1.5 m	< 2.0 m	< 2.5 m
2012	17.3	55.5	115.3	119.5	120.2
2013	25.1	67.9	130.8	183.0	183.0
2014	13.3	63.3	110.1	110.4	183.0
2015	20.2	94.4	176.0	176.4	183.0
2016	14.0	43.7	44.3	105.3	105.4
2017	12.5	55.2	132.5	165.0	183.0
2018	21.5	48.9	143.0	176.6	176.6
2019	10.8	98.4	135.2	139.5	183.0
2020	13.6	80.5	83.3	97.3	183.0
2021	12.1	57.7	176.9	177.0	177.2
Media	16.0	66.5	124.7	145.0	167.7

**Figura 3.4 - Andamento delle durate delle finestre temporali per alcuni valori soglia di altezza d'onda Hs (semestre estivo).**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 15 di 96
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3.2 Corrente, temperatura e salinità

I dati di corrente, temperatura e salinità sono stati estratti dai dataset europei MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004 e MEDSEA\_ANALYSISFORECAST\_PHY\_006\_013, forniti dal E.U. Copernicus Marine Service Information [Rif. 2], che contiene tali informazioni per tutto il Mare Mediterraneo dal 1987 ai giorni attuali. La risoluzione spaziale di questo modello è di 1/24° (ca. 4-5 km) in orizzontale e 141 livelli di profondità in verticale, mentre la risoluzione temporale è giornaliera. I dati analizzati coprono il periodo compreso tra il 01/01/2012 e il 31/12/2021.

Da Figura 3.5 a Figura 3.7 sono rappresentati i campi di corrente in superficie, a profondità intermedia e sul fondo, in termini di rosa annuale e stagionale.

Dall'analisi della rosa annuale in superficie, appare chiaramente che le correnti più intense e più frequenti si propagano verso S-SSE (velocità massima della corrente superiore a 0.2 m/s) e presentano una direzione pressoché parallela alla costa marchigiana e abruzzese. Componenti secondarie sono quasi del tutto assenti (direzione di propagazione verso N-NNW con frequenza di circa 12%).

Stessi andamenti si riscontrano nello strato intermedio (circa 10 m), con le correnti che hanno direzione di propagazione verso SSE-S ed intensità paragonabili a quelle dello strato superficiale.

L'analisi della rosa annuale al fondo (circa 20 m) mostra che le correnti più intense e più frequenti si propagano verso SSE-S, coerentemente con gli strati soprastanti, ma si nota una maggiore componente bidirezionale: le correnti dirette verso N-NNW hanno frequenza superiore al 20%. Le intensità sono molto basse, dell'ordine di 0.05-0.07 m/s.

Dall'analisi di queste rose, si può concludere che, nello strato più profondo della colonna d'acqua, è osservabile una debole stratificazione delle correnti.

L'analisi stagionale di dettaglio alle tre profondità per il periodo 2012-2021, in termini di distribuzione delle intensità di corrente in funzione della direzione di provenienza, è riportata nell'ALLEGATO B.

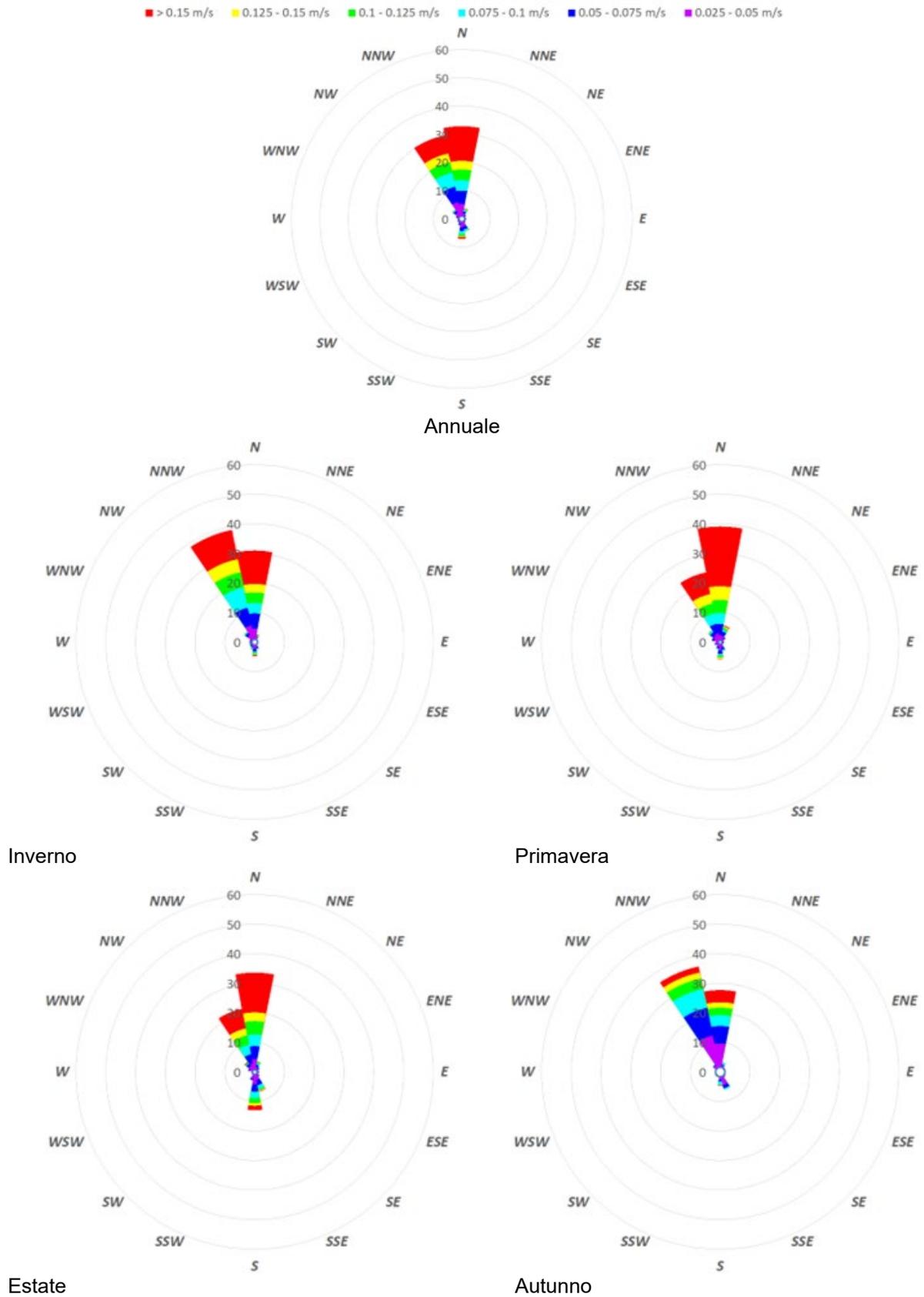
Oltre ai dati di corrente, sono stati estratti dal database di Copernicus Marine Service anche i dati di temperatura e salinità. L'analisi dell'andamento annuale di temperature e salinità, in superficie, a profondità intermedia e al fondo è riportata nell'ALLEGATO C e D, rispettivamente.

La temperatura minima annuale è di circa 8°C ed è generalmente raggiunta nei mesi di Febbraio e Marzo, mentre la temperatura massima è di circa 29°C (in superficie) ed è raggiunta generalmente tra Luglio e Agosto. In Figura 3.8 è illustrato l'andamento della temperatura durante il periodo esaminato (2012-2021). Differenze di temperatura di 2-3°C tra la superficie ed il fondo possono essere riscontrate durante la stagione estiva (quando la stratificazione è maggiore). Durante i mesi invernali ed autunnali la stratificazione termica è trascurabile.

Nella zona di interesse, la stratificazione della colonna d'acqua in termini di salinità è ridotta: tra la superficie e la profondità di 20 m le differenze di salinità sono del tutto trascurabili (1-2 PSU) (Figura 3.9).

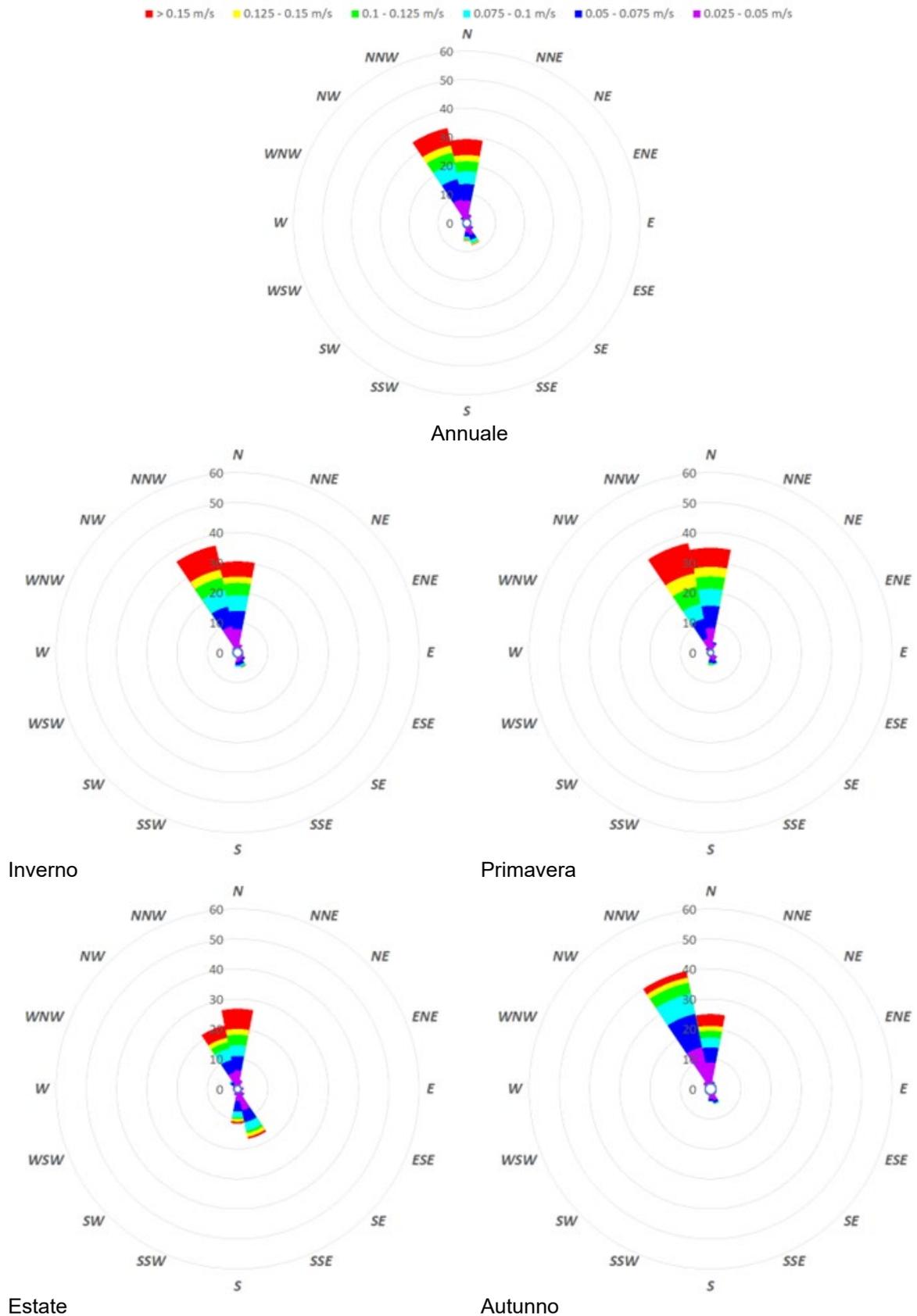


Figura 3.5 - Rosa delle correnti in superficie (2012-2021) per direzione di provenienza annuale e stagionale.



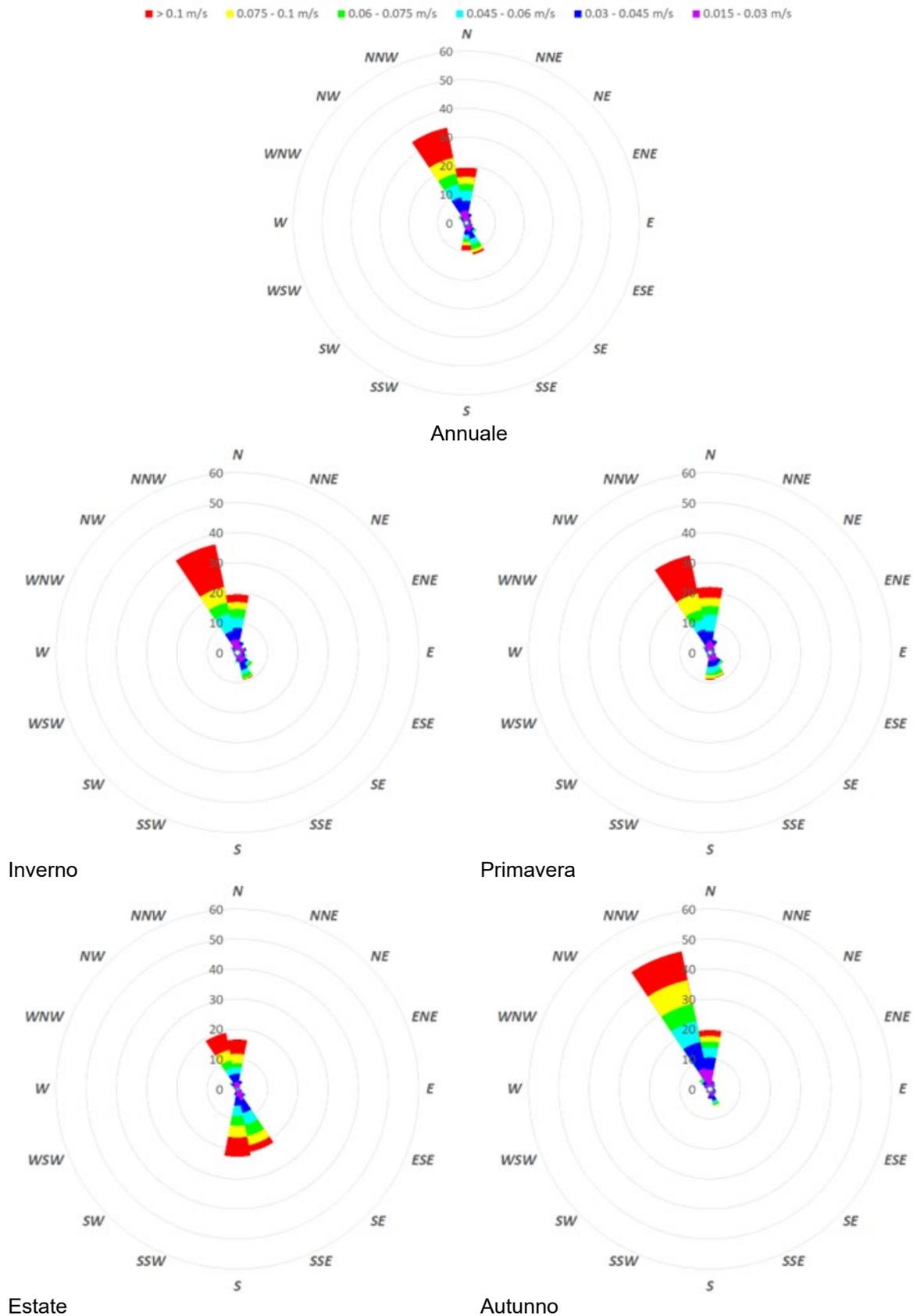


**Figura 3.6 - Rosa delle correnti a profondità intermedia (-10 m) (2012-2021) per direzione di provenienza annuale e stagionale.**



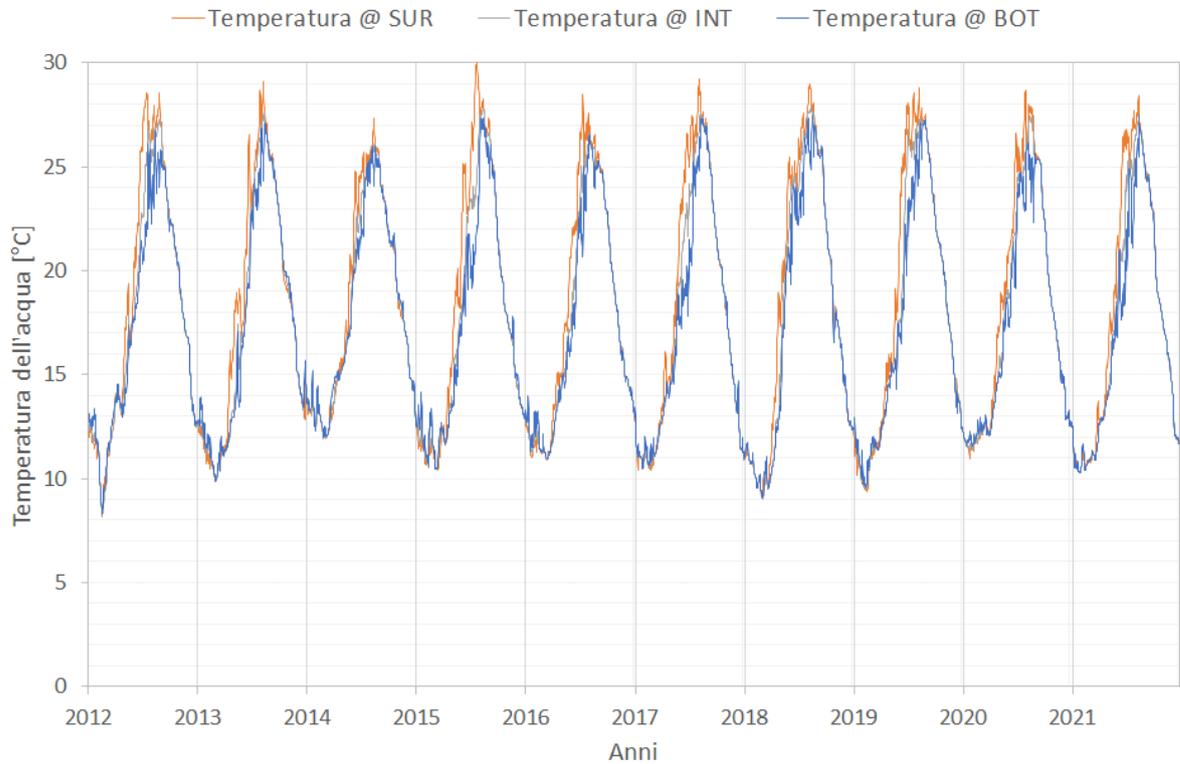


**Figura 3.7 - Rosa delle correnti al fondo (-20 m) (2012-2021) per direzione di provenienza annuale e stagionale.**

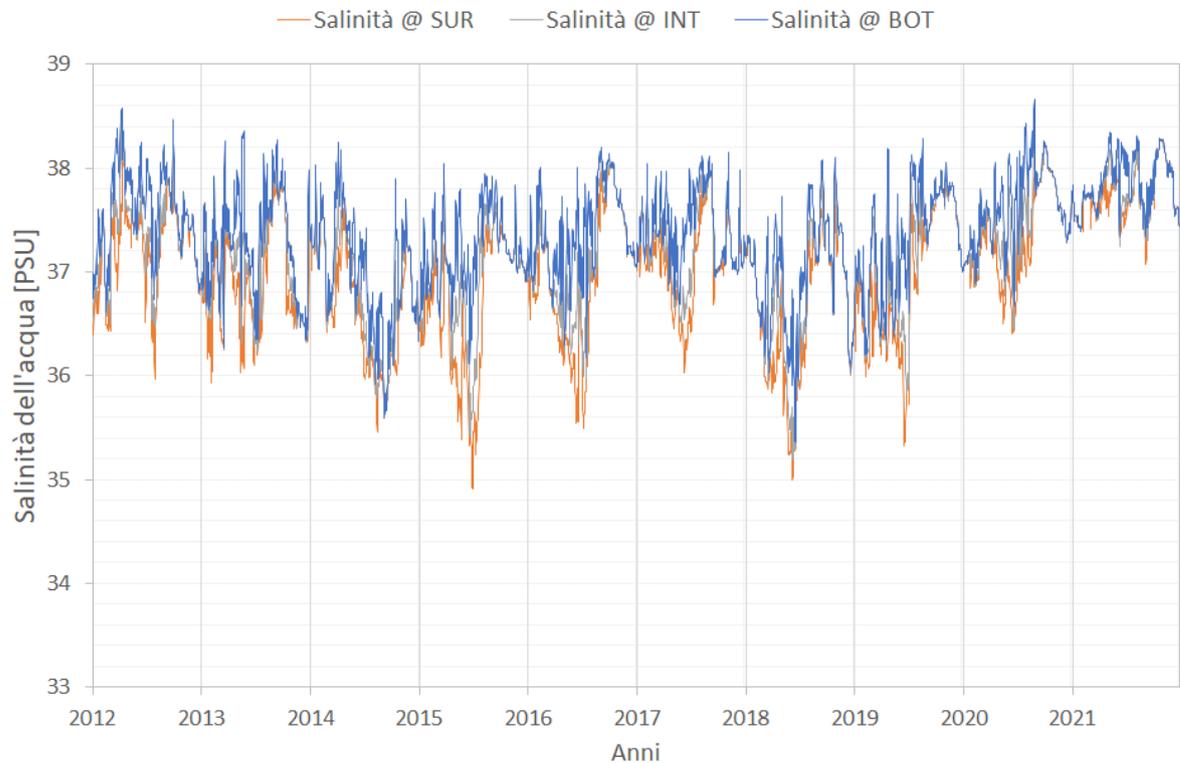




**Figura 3.8 - Temperatura dell'acqua in superficie, a profondità intermedia e al fondo (2012-2021).**



**Figura 3.9 - Salinità dell'acqua in superficie, a profondità intermedia e al fondo (2012-2021).**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	20 di 96

### 3.3 Vento

Le condizioni di vento nell'area di interesse sono derivate dal database di re analisi Copernicus ERA5 [Rif. 1] dell'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), in prossimità del punto di coordinate 14.00°E, 43.00°N, che si può ritenere rappresentativo per il sito di studio, per il periodo 2012-2021. I dati di vento disponibili, con risoluzione oraria, sono rappresentati sotto forma di tabelle frequenza di velocità vs. direzione (Tabella 3.5) ed in termini di rose del vento annuale e stagionale (Figura 3.10).

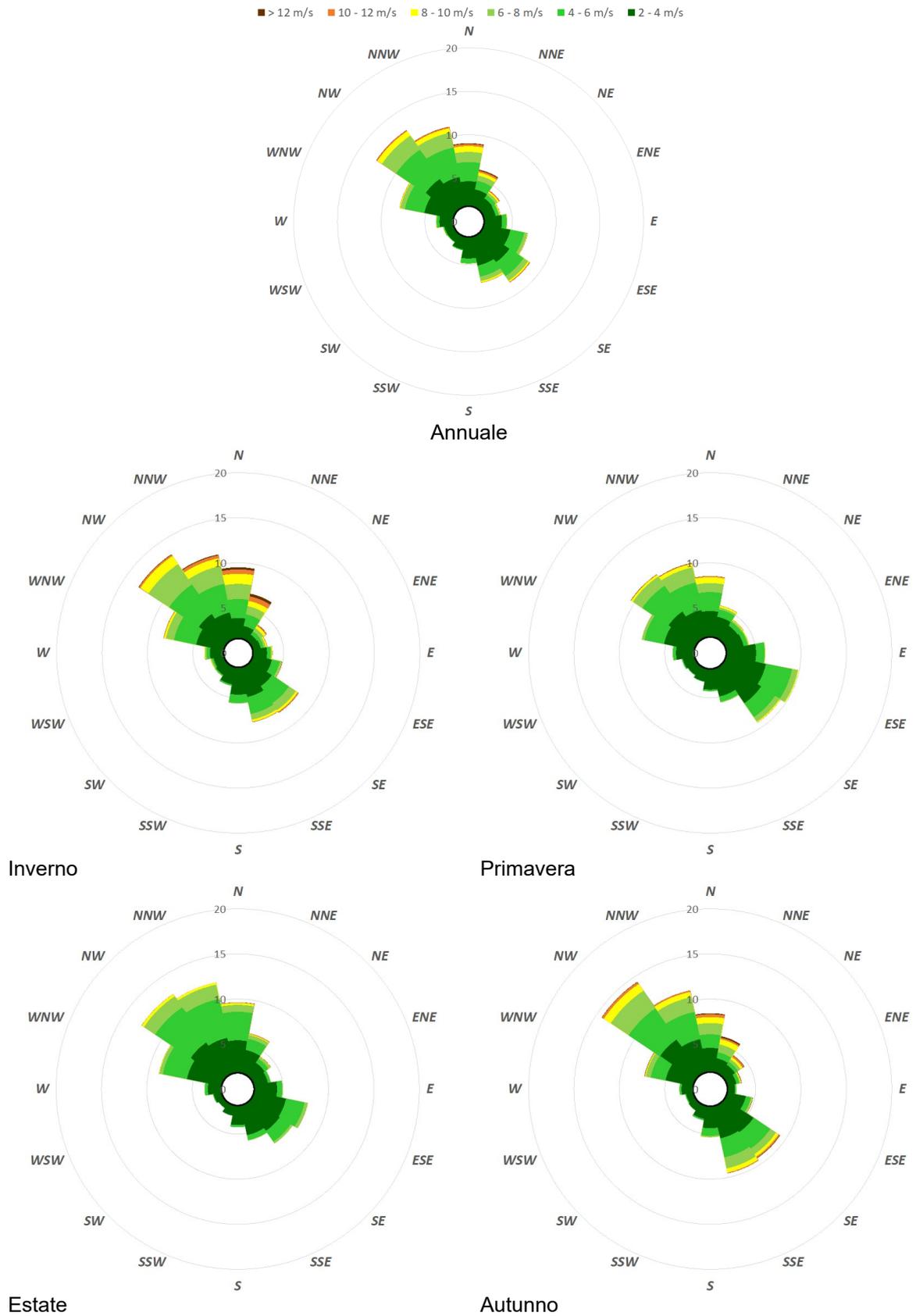
L'analisi annuale dei dati mostra chiaramente che i venti più frequenti e più intensi provengono dal settore di Nord-Nord-Ovest, con due componenti secondarie di direzione ESE-SE, tipica del semestre estivo, e SE-SSE, caratteristica in autunno.

**Tabella 3.5 - Distribuzione in frequenza velocità del vento vs. direzione di provenienza (2012-2021)**

Dir [-]	Velocità del vento [m/s]							Totale
	Calma	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 10 m/s	10 - 12 m/s	> 12 m/s	
N		2.86	2.22	1.17	0.67	0.24	0.09	8.68
NNE		1.99	1.03	0.62	0.36	0.20	0.11	5.62
NE		1.46	0.47	0.30	0.17	0.10	0.02	3.88
ENE		1.38	0.36	0.12	0.07	0.03	0.01	3.29
E		2.05	0.52	0.07	0.03	0.00		4.05
ESE		3.09	1.62	0.34	0.04	0.01	0.02	6.77
SE		3.85	1.95	0.63	0.17	0.07	0.02	8.42
SSE		3.41	1.31	0.52	0.18	0.04	0.00	7.49
S		2.49	0.54	0.07	0.01			5.35
SSW		1.51	0.11	0.01				3.83
SW		1.04	0.08	0.01				3.22
WSW		1.04	0.12	0.04	0.02			3.33
W		1.56	0.30	0.08	0.02	0.00		4.03
WNW		3.38	2.28	0.53	0.09	0.03	0.01	8.29
NW		4.13	4.07	1.96	0.63	0.12	0.03	12.79
NNW		3.45	3.47	1.76	0.53	0.13	0.04	10.95
<b>Totale</b>	28.31	38.70	20.45	8.23	2.98	0.99	0.35	100.00



Figura 3.10 - Rosa dei venti (2012-2021) annuale e stagionale.



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 22 di 96
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

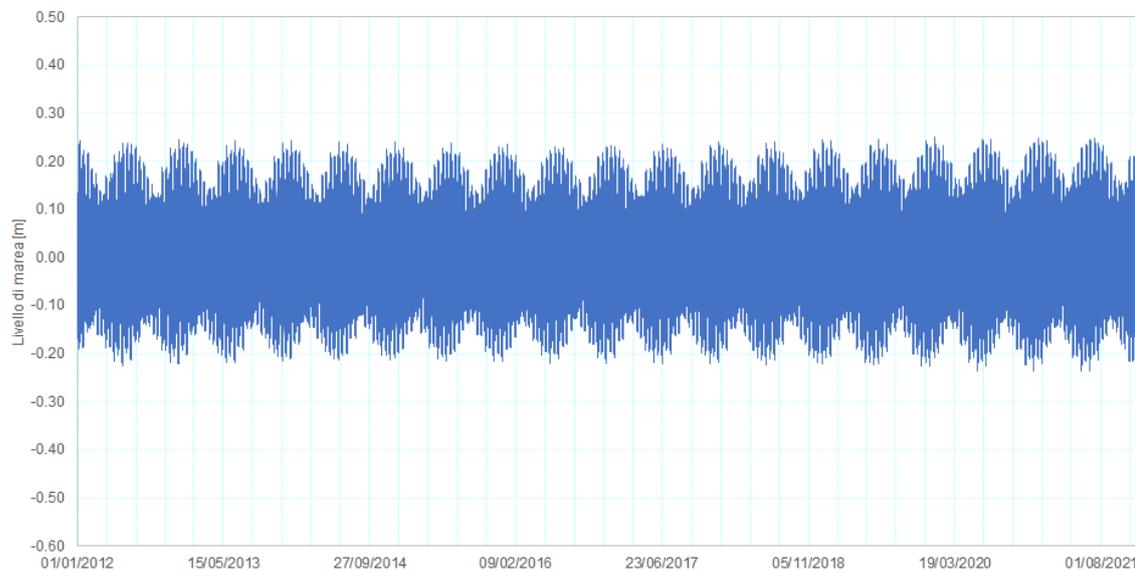
### 3.4 Marea

Le caratteristiche di marea sono state desunte dai dati altimetrici del progetto TOPEX/POSEIDON [Rif. 3]. I dati "Global Tide Model" sono costituiti dai principali costituenti di marea diurni (K1, O1, P1 and Q1) e semidiurni (M2, S2, N2 and K2) con una risoluzione spaziale fino a  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ .

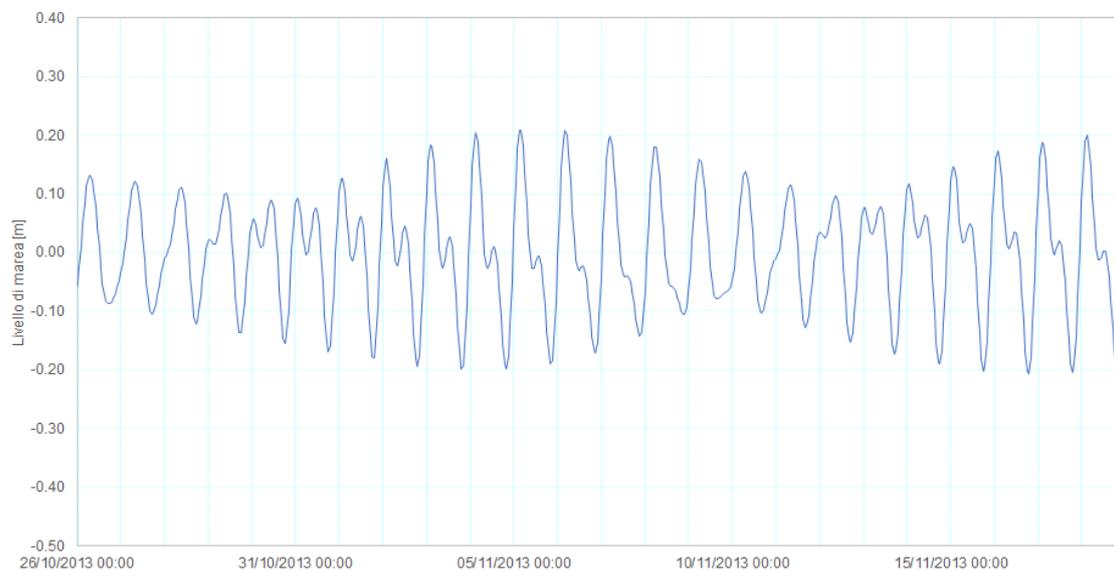
In Figura 3.11 è rappresentato il ciclo di marea astronomica nel periodo 2012-2021, estratto per un punto rappresentativo dell'area ( $14.00^\circ\text{E}$ ,  $43.00^\circ\text{N}$ ), mentre in Figura 3.12 è riportato quello durante un intervallo temporale che può considerarsi rappresentativo della condizione media di marea locale. Come mostrato, la marea è semi-diurna (due alte maree e due basse maree ogni giorno). L'oscillazione di marea in condizioni di sizigie presenta un'ampiezza di circa 0.48 m, mentre in condizioni di quadratura non supera i 0.16 m.



**Figura 3.11 - Ciclo della marea astronomica per il periodo 2011-2020 per l'area di interesse.**



**Figura 3.12 - Condizione di livello marino medio locale.**



	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 24 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 4 SCENARI METEOMARINI RAPPRESENTATIVI

Come riportato nel precedente capitolo, le forzanti meteomarine che sono state considerate sono onde, corrente, marea, temperatura, salinità e vento.

Poiché l'analisi di queste variabili ha messo in evidenza un andamento stagionale, sono state individuate due diverse finestre temporali rappresentative dei due semestri (primavera-estate e autunno-inverno).

### Periodo AUT/WIN

Al fine di selezionare una finestra temporale quanto più possibile realistica e rappresentativa del semestre invernale, con riferimento all'analisi dei dati illustrata nel capitolo 3 e negli ALLEGATI A e B, è stato selezionato un intervallo temporale in cui l'altezza d'onda fosse sempre inferiore a 1-1.5 m e la direzione di provenienza della corrente fosse prevalentemente quella proveniente da Nord - Nord Ovest. L'intervallo temporale selezionato per la simulazione è compreso tra il 08/10/2019 ed il 07/11/2019. In tale periodo la stratificazione verticale di temperatura e salinità è trascurabile.

In Tabella 4.1 sono mostrati i valori medi giornalieri delle componenti di velocità, della temperatura e della salinità a tre profondità di riferimento per i 31 giorni considerati (dal 08/10/2019 al 07/11/2019), estratti dai dataset europei forniti dal E.U. Copernicus Marine Service Information al punto di coordinate  $X = 418574$  m,  $Y = 4768241$  m in WGS84-UTM33. In Tabella 4.3 sono invece riportati i valori medi giornalieri di moto ondoso, elaborati a partire dai dati orari, per il periodo 09/10/2019 - 25/10/2019, finestra temporale adeguata a svolgere con continuità le operazioni di dismissione delle condotte.

Oltre alle condizioni di temperatura, salinità e velocità di corrente, sono state estratte anche le condizioni di vento per l'intervallo temporale individuato. A tale scopo, come illustrato nel paragrafo 3.3, è stato utilizzato il database Copernicus ERA5 dell'ECMWF. In particolare, sono stati estratti i valori orari di velocità e direzione del vento, così come i dati di pressione atmosferica, temperatura dell'aria, irraggiamento solare per il periodo compreso tra il 08/10/2019 ed il 07/11/2019. Questi dati sono stati estratti per quelle celle del modello ERA5 che rientrano nel dominio di calcolo del modello oggetto del presente studio.

Infine, dal database altimetrico TOPEX/POSEIDON (paragrafo 3.4) sono state estratte le condizioni di marea astronomica valide per il sito di interesse durante il periodo 08/10/2019 - 07/11/2019: la serie temporale è mostrata in Figura 4.1.

### Periodo SPR/SUM

Al fine di selezionare una finestra temporale quanto più possibile realistica e rappresentativa del semestre estivo, con riferimento all'analisi dei dati illustrata nel capitolo 3 e negli ALLEGATI A e B, è stato selezionato un intervallo temporale in cui l'altezza d'onda fosse sempre inferiore a 1-1.5 m e la direzione di provenienza della corrente fosse prevalentemente quella da Sud e Sud Est (la seconda componente direzionale per frequenza). L'intervallo temporale selezionato per la simulazione è

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 25 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

compreso tra il 07/07/2020 ed il 06/08/2020. In tale periodo la stratificazione verticale di temperatura è mediamente dell'ordine di 5-6°C, mentre quella relativa alla salinità è trascurabile (circa 1 PSU).

In Tabella 4.2 sono mostrati i valori medi giornalieri delle componenti di velocità, della temperatura e della salinità a tre profondità di riferimento per i 31 giorni considerati (dal 07/07/2020 al 06/08/2020), estratti dai dataset europei forniti dal E.U. Copernicus Marine Service Information al punto di coordinate  $X = 418574$  m,  $Y = 4768241$  m in WGS84-UTM33. In Tabella 4.4 sono invece riportati i valori medi giornalieri di moto ondoso, elaborati a partire dai dati orari, per il periodo 08/07/2020 - 24/07/2020, finestra temporale adeguata a svolgere con continuità le operazioni di dismissione delle condotte.

Come illustrato per il periodo AUT/WIN, oltre alle condizioni di temperatura, salinità e velocità di corrente, sono stati estratti, dal database Copernicus dell'ECMWF, i valori orari di velocità e direzione del vento, così come i dati di pressione atmosferica, temperatura dell'aria, irraggiamento solare per il periodo compreso tra il 07/07/2020 ed il 06/08/2020.

Infine, dal database altimetrico TOPEX/POSEIDON (paragrafo 3.4) sono state estratte le condizioni di marea astronomica valide per il sito di interesse durante il periodo 07/07/2020 - 06/08/2020: la serie temporale è mostrata in Figura 4.2.



**Tabella 4.1 - Componenti di velocità orizzontale (u) e verticale (v), temperatura (T) e salinità (S) a tre diverse profondità durante i 31 giorni presi a riferimento nel periodo AUT/WIN**

Data	In superficie				Profondità intermedia				Al fondo			
	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]
08/10/2019	-0.018	0.039	22.0	37.7	-0.016	0.042	22.0	37.7	-0.016	0.041	22.0	37.7
09/10/2019	-0.018	0.093	21.8	37.7	-0.016	0.082	21.8	37.7	-0.019	0.072	21.8	37.7
10/10/2019	-0.006	-0.007	21.8	37.8	0.004	0.006	21.7	37.8	0.003	0.009	21.7	37.8
11/10/2019	0.001	-0.031	21.7	37.7	0.011	-0.022	21.7	37.7	0.010	-0.020	21.7	37.7
12/10/2019	0.004	0.005	21.7	37.7	0.005	-0.007	21.7	37.7	0.005	-0.007	21.7	37.7
13/10/2019	0.000	-0.011	21.7	37.7	0.003	-0.004	21.6	37.7	0.003	-0.004	21.6	37.7
14/10/2019	0.000	-0.006	21.6	37.7	0.000	-0.006	21.6	37.7	0.000	-0.006	21.6	37.7
15/10/2019	-0.018	0.071	21.5	37.7	-0.012	0.056	21.5	37.7	-0.017	0.041	21.5	37.8
16/10/2019	-0.003	-0.030	21.5	37.8	0.003	-0.019	21.4	37.8	0.002	-0.003	21.5	37.8
17/10/2019	-0.003	-0.008	21.4	37.8	0.002	-0.003	21.4	37.8	-0.006	0.003	21.4	37.8
18/10/2019	0.006	-0.005	21.4	37.8	0.005	-0.013	21.3	37.8	0.003	-0.013	21.3	37.8
19/10/2019	-0.001	0.012	21.3	37.8	0.000	-0.007	21.2	37.8	-0.006	-0.010	21.3	37.8
20/10/2019	0.002	-0.030	21.2	37.8	0.007	-0.038	21.2	37.8	0.002	-0.036	21.3	37.9
21/10/2019	0.004	0.002	21.2	37.8	-0.004	-0.013	21.1	37.8	-0.012	-0.007	21.3	37.9
22/10/2019	0.000	0.008	21.1	37.8	-0.001	0.008	21.1	37.8	-0.004	0.021	21.2	38.0
23/10/2019	0.000	-0.009	21.0	37.8	0.002	-0.013	21.0	37.8	0.000	-0.006	21.2	38.0
24/10/2019	-0.002	-0.012	20.9	37.8	0.000	-0.015	20.9	37.8	-0.004	-0.014	21.1	38.0
25/10/2019	0.000	-0.059	20.8	37.8	0.008	-0.054	20.8	37.8	0.007	-0.045	21.0	37.9
26/10/2019	0.006	-0.072	20.7	37.8	0.011	-0.061	20.7	37.8	0.010	-0.059	20.7	37.8
27/10/2019	0.006	-0.063	20.7	37.8	0.009	-0.060	20.7	37.8	0.009	-0.058	20.7	37.8
28/10/2019	0.007	-0.027	20.6	37.8	0.007	-0.026	20.6	37.8	0.007	-0.026	20.6	37.8
29/10/2019	0.007	-0.010	20.6	37.8	0.007	-0.014	20.6	37.8	0.006	-0.014	20.6	37.8
30/10/2019	0.011	-0.033	20.6	37.8	0.013	-0.030	20.5	37.8	0.013	-0.030	20.5	37.8
31/10/2019	0.014	-0.035	20.4	37.8	0.014	-0.035	20.4	37.8	0.014	-0.035	20.4	37.8
01/11/2019	0.016	-0.044	20.1	37.7	0.016	-0.044	20.1	37.7	0.016	-0.044	20.1	37.7
02/11/2019	0.009	-0.042	19.9	37.6	0.014	-0.038	19.9	37.6	0.014	-0.038	19.9	37.6
03/11/2019	0.007	0.003	19.8	37.6	0.008	-0.008	19.8	37.6	-0.010	-0.019	19.8	37.6
04/11/2019	0.020	0.015	19.8	37.7	0.002	0.012	19.9	37.8	-0.015	0.007	19.9	37.9
05/11/2019	0.021	0.041	19.7	37.8	0.016	0.009	19.8	37.8	-0.031	-0.018	19.9	38.0
06/11/2019	0.001	-0.062	19.5	37.8	0.001	-0.063	19.6	37.8	0.004	-0.056	19.8	38.0
07/11/2019	0.000	-0.044	19.4	37.8	0.003	-0.044	19.4	37.8	0.004	-0.038	19.5	37.9

**Tabella 4.2 - Componenti di velocità orizzontale (u) e verticale (v), temperatura (T) e salinità (S) a tre diverse profondità durante i 31 giorni presi a riferimento nel periodo SPR/SUM**

Data	In superficie				Profondità intermedia				Al fondo			
	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]	u [m/s]	v [m/s]	T [°C]	S [PSU]
07/07/2020	0.031	-0.268	24.7	37.0	0.025	-0.197	24.5	37.0	0.014	-0.104	23.8	37.2
08/07/2020	0.043	-0.164	24.8	37.0	0.017	-0.089	24.6	37.1	-0.005	0.014	23.7	37.3
09/07/2020	0.033	-0.167	25.2	36.9	0.016	-0.097	24.7	37.1	-0.006	-0.004	24.2	37.3
10/07/2020	0.021	-0.130	25.6	36.9	-0.007	-0.089	24.6	37.2	-0.022	0.012	24.2	37.6
11/07/2020	0.023	-0.133	26.0	36.9	-0.029	-0.004	24.3	37.7	-0.038	0.085	23.5	38.1
12/07/2020	-0.012	-0.262	25.4	37.4	0.020	-0.115	24.5	37.7	0.002	0.001	23.6	38.2
13/07/2020	0.022	-0.290	24.9	37.7	0.007	-0.186	24.8	37.8	-0.007	-0.057	24.4	38.0
14/07/2020	0.024	-0.273	24.9	37.6	0.011	-0.173	24.8	37.7	-0.012	-0.063	24.7	37.9
15/07/2020	0.032	-0.177	24.8	37.3	-0.009	-0.086	24.6	37.5	-0.017	0.016	24.6	37.8
16/07/2020	0.012	-0.118	25.0	37.2	-0.019	0.002	24.4	37.6	-0.017	0.073	24.4	38.0
17/07/2020	-0.022	-0.077	24.8	37.2	-0.006	0.017	24.4	37.5	-0.004	0.081	24.3	38.0
18/07/2020	-0.029	-0.043	24.6	37.0	-0.002	0.026	24.5	37.3	0.006	0.083	24.5	37.8
19/07/2020	-0.025	-0.023	24.5	37.0	-0.007	0.004	24.4	37.0	0.004	0.050	24.8	37.3
20/07/2020	-0.006	0.076	24.9	37.1	-0.030	0.106	24.4	37.2	-0.023	0.148	24.5	37.5
21/07/2020	-0.033	0.091	25.7	37.2	-0.036	0.136	24.3	37.4	-0.030	0.149	24.1	37.8
22/07/2020	-0.052	0.135	26.3	37.2	-0.030	0.142	24.3	37.6	-0.035	0.140	23.8	38.0
23/07/2020	-0.072	0.075	26.3	37.2	-0.030	0.089	24.3	37.6	-0.010	0.102	23.7	38.1
24/07/2020	-0.055	-0.010	26.0	37.2	-0.024	0.068	24.4	37.7	-0.007	0.086	23.7	38.1
25/07/2020	0.001	-0.235	25.3	37.4	-0.007	-0.145	25.0	37.5	0.016	-0.086	24.5	37.8
26/07/2020	0.033	-0.206	25.3	37.3	-0.014	-0.103	24.8	37.6	-0.026	-0.029	24.3	37.9
27/07/2020	0.058	-0.153	26.1	37.2	0.014	-0.028	24.7	37.8	-0.022	0.038	23.7	38.2
28/07/2020	0.064	-0.095	26.8	37.1	0.014	0.009	24.8	37.8	-0.032	0.050	23.2	38.4
29/07/2020	0.043	-0.046	27.3	37.1	0.008	0.028	24.9	37.8	-0.028	0.060	22.9	38.4
30/07/2020	0.013	-0.056	28.0	37.1	0.011	0.026	25.0	37.7	-0.013	0.053	22.9	38.4
31/07/2020	0.005	-0.069	28.5	37.0	0.026	0.001	25.3	37.6	-0.001	0.042	23.2	38.3
01/08/2020	0.033	-0.085	28.6	37.0	0.021	0.009	25.6	37.6	-0.003	0.056	23.3	38.3
02/08/2020	0.031	0.011	28.7	37.0	0.006	0.050	25.7	37.6	-0.019	0.067	23.0	38.4
03/08/2020	-0.004	-0.028	28.4	37.0	0.009	0.027	25.8	37.6	-0.004	0.046	22.9	38.4
04/08/2020	0.028	-0.163	28.0	37.0	0.040	-0.046	26.2	37.6	0.024	-0.009	23.5	38.4
05/08/2020	0.051	-0.305	26.6	37.3	0.049	-0.274	26.6	37.4	0.040	-0.183	25.3	37.9
06/08/2020	0.090	-0.424	25.9	38.0	0.082	-0.369	25.9	38.0	0.045	-0.267	25.8	38.0

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	27 di 96

**Tabella 4.3 – Altezza d’onda significativa (Hs) per la finestra temporale che permette di svolgere con continuità le operazioni di dismissione condotte nel periodo AUT/WIN**

Data	Hs [m]*
09/10/2019	0.44
10/10/2019	0.38
11/10/2019	0.33
12/10/2019	0.20
13/10/2019	0.13
14/10/2019	0.11
15/10/2019	0.40
16/10/2019	0.53
17/10/2019	0.23
18/10/2019	0.14
19/10/2019	0.25
20/10/2019	0.48
21/10/2019	0.40
22/10/2019	0.19
23/10/2019	0.14
24/10/2019	0.21
25/10/2019	0.30

\* i valori di Hs riportati in questa tabella sono valori giornalieri mediati su dato di moto ondoso orario

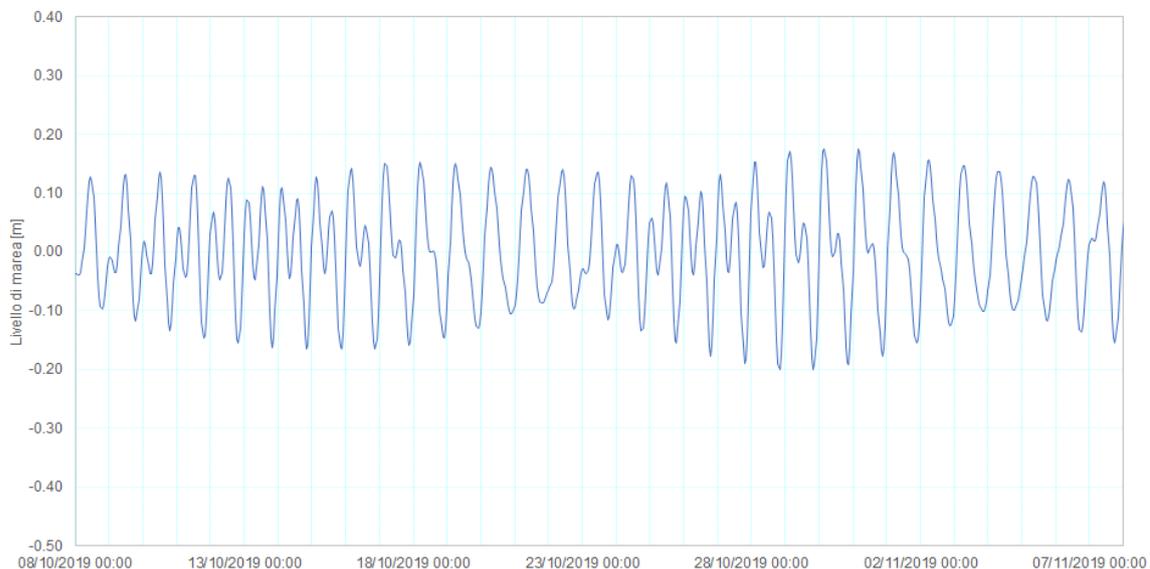
**Tabella 4.4 – Altezza d’onda significativa (Hs) per la finestra temporale che permette di svolgere con continuità le operazioni di dismissione condotte nel periodo SPR/SUM**

Data	Hs [m]*
08/07/2020	0.36
09/07/2020	0.18
10/07/2020	0.19
11/07/2020	0.18
12/07/2020	0.65
13/07/2020	0.72
14/07/2020	0.49
15/07/2020	0.29
16/07/2020	0.16
17/07/2020	0.31
18/07/2020	0.53
19/07/2020	0.41
20/07/2020	0.16
21/07/2020	0.11
22/07/2020	0.12
23/07/2020	0.31
24/07/2020	0.27

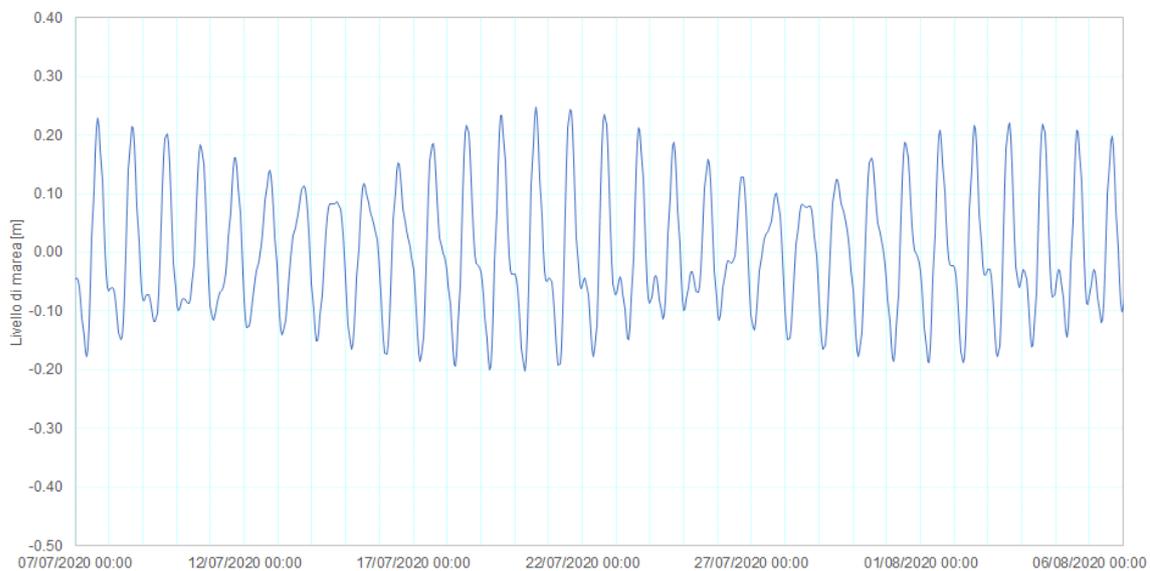
\* i valori di Hs riportati in questa tabella sono valori giornalieri mediati su dato di moto ondoso orario



**Figura 4.1 - Ciclo della marea astronomica per il periodo AUT/WIN per l'area di interesse.**



**Figura 4.2 - Ciclo della marea astronomica per il periodo SPR/SUM per l'area di interesse.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 29 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 5 MODELLO 3D IDRODINAMICO

Lo studio modellistico numerico è stato condotto utilizzando il pacchetto MIKEbyDHI sviluppato da DHI (Danish Hydraulic Institute). In particolare, per la simulazione dei campi idrodinamici nell'area d'interesse è stato applicato il modello 3D MIKE 3 HD FM [Rif. 4].

Il modello MIKE 3 è basato su un approccio a maglia flessibile ed è stato sviluppato per applicazioni in ambiti oceanografici, costieri e di estuario. La discretizzazione spaziale delle equazioni è eseguita attraverso un approccio ai volumi finiti, con valori centrati sul singolo elemento.

La discretizzazione orizzontale può combinare elementi triangolari o quadrangolari, mentre quella verticale è basata sulla discretizzazione a layer di tipo sigma o combinati tipo sigma-zeta. Includendo anche le condizioni al contorno di tipo Flather, il modello risulta essere ideale per il downscaling dei modelli a scala oceanografica regionale ad applicazioni costiere ad elevata risoluzione. La risoluzione delle variabili a scala regionale e la batimetria possono essere poco dettagliati al contorno, poi mediante l'approccio a maglia flessibile potrà essere imposta una risoluzione via via maggiore verso la costa o verso l'area di maggiore interesse.

Una descrizione dettagliata del modello MIKE 3 HD FM è riportata nell'Allegato E.

Nel paragrafo 5.1 è riportata una descrizione dettagliata dei dati batimetrici utilizzati nel modello, insieme alla descrizione del dominio di calcolo e alla risoluzione orizzontale e verticale adottate, mentre nel paragrafo 5.2 sono mostrati i risultati del modello idrodinamico per i due scenari considerati.

È opportuno sottolineare che, in assenza di disponibilità di dati misurati da centraline in situ (correntometri, turbidimetri), non è stato possibile procedere ad una calibrazione del modello.

### 5.1 Dati batimetrici, dominio di calcolo e risoluzione

Per la caratterizzazione batimetrica dell'area sono state utilizzate diverse fonti di dati a diverse risoluzioni e scale:

- il database europeo EMODnet (European Marine Observation and Data Network) [Rif. 5], che consiste in un modello digitale della superficie terrestre specifico per le regioni marine europee, con risoluzione di 1/8 di minuto d'arco. Tale modello integra numerosi dataset globali e regionali (Figura 5.1);
- un rilievo batimetrico di dettaglio che copre il percorso delle condotte, dalla piattaforma Fabrizia 1 al Tie-In Davide-Grottammare, a profondità comprese tra 19 e 22 m (Figura 5.2).

Tutti i dati disponibili, gestiti all'interno della piattaforma DHI MIKE Zero, sono stati processati ed interpolati. Il risultato finale di tale operazione è mostrato in Figura 5.3.



Figura 5.1 - Dati batimetrici estratti dal database EMODnet per l'area di interesse

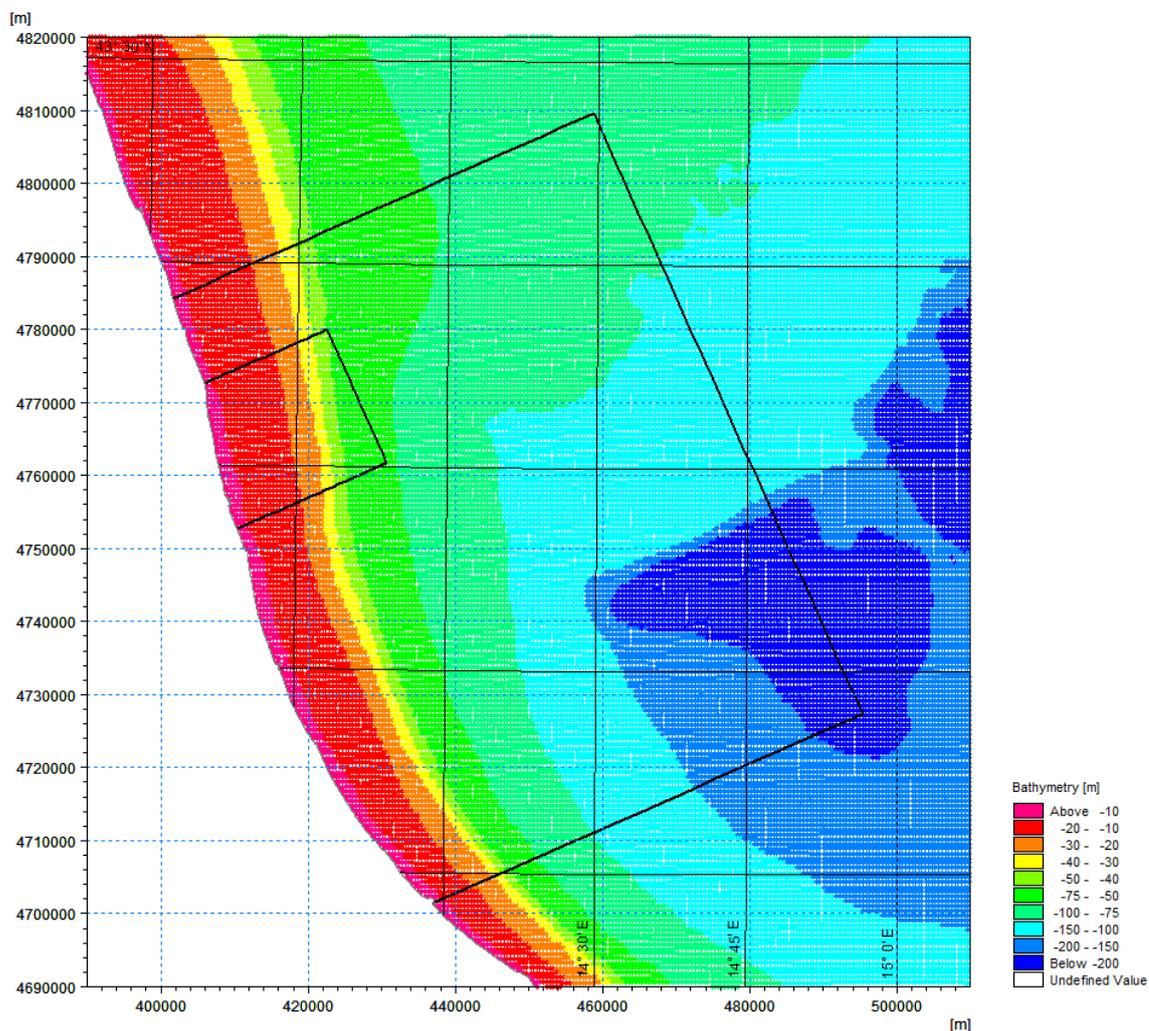
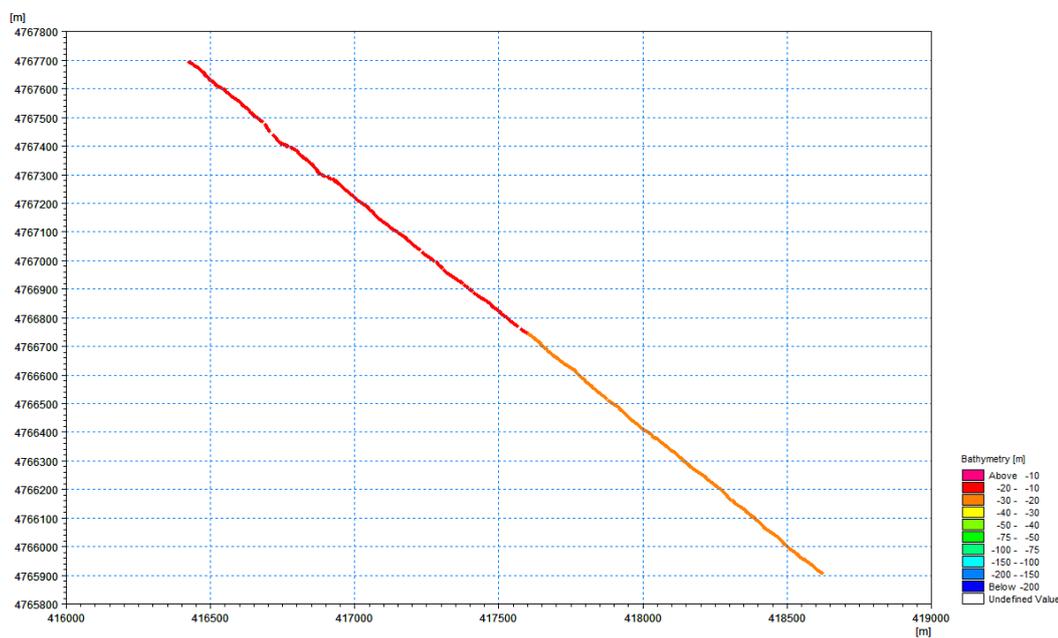
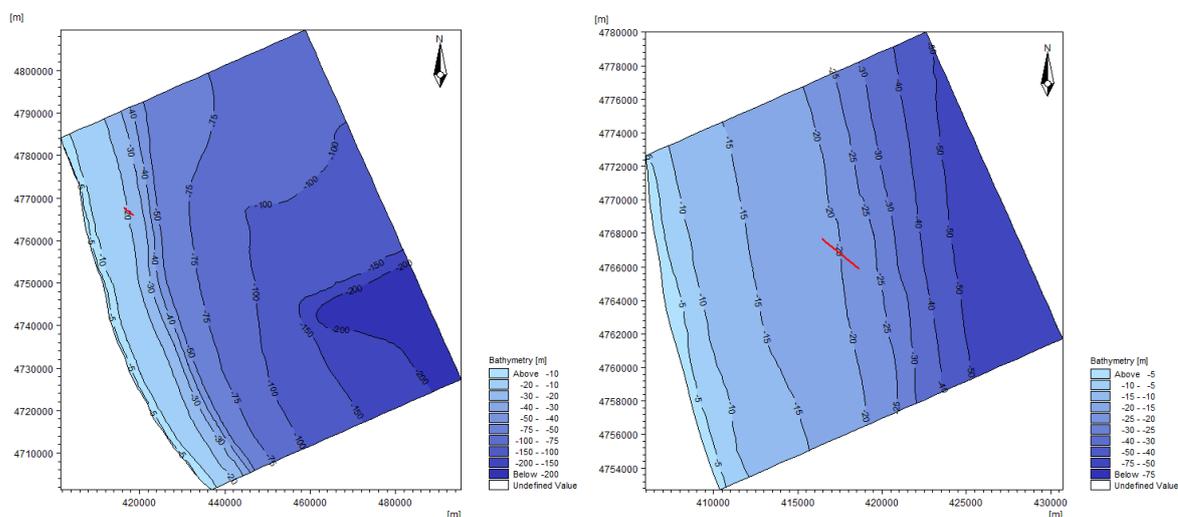


Figura 5.2 - Dati batimetrici lungo il percorso delle condotte Fabrizia 1 - Tie-In Davide-Grottammare





**Figura 5.3 - Batimetria dei due domini di calcolo ottenuta dal processamento dei dati disponibili.**



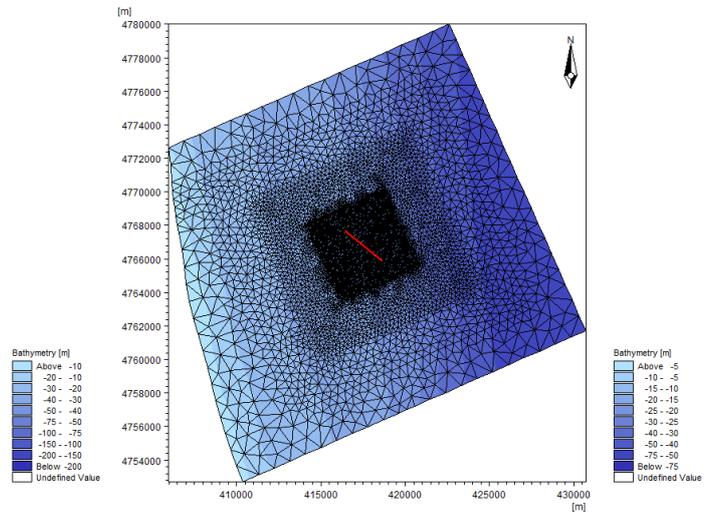
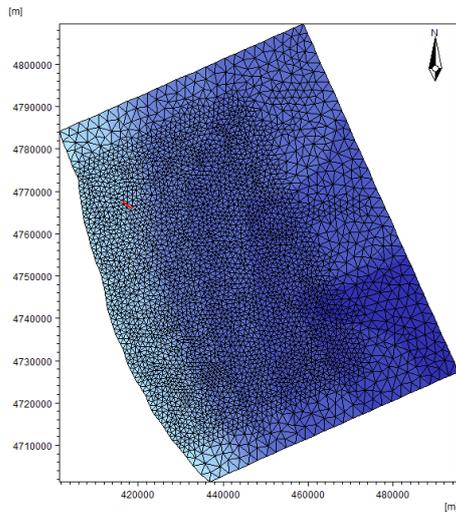
Sono stati costruiti due domini di calcolo: il primo con una estensione approssimativamente uguale a 90 km lungo la costa e a 65 km nella direzione perpendicolare a costa. La profondità massima considerata nel dominio di calcolo è di circa 258 m; il secondo dominio, che rappresenta il downscaling di quello a scala maggiore, ha una estensione di circa 20.0 km × 20.0 km ed ha la stessa orientazione di quello più grande, con una profondità massima di 70 m (Figura 5.4).

La batimetria dei modelli è stata costruita utilizzando un approccio a maglia flessibile: la risoluzione spaziale più vicina ai limiti del dominio (boundary) (lunghezza media dei lati dei triangoli) è di circa 6000 m; gradualmente, nell'avvicinamento alla zona dove sono presenti le condotte sottomarine di Fabrizia 1, posizionate al centro dei domini, la risoluzione aumenta progressivamente, arrivando ad un valore pari a circa 80 m.

La discretizzazione verticale è stata realizzata, per il dominio a più grande scala, con 8 sigma-layers, ciascuno caratterizzato da uno spessore variabile in funzione della profondità locale (per esempio, quando la profondità è pari a 20 m, lo spessore del layer di fondo è pari a 1 m). Il dominio di downscaling è stato discretizzato con 12 sigma-layer, strutturati in modo che i layer a profondità intermedia abbiano una risoluzione verticale di circa 2-3 m dove sono presenti le condotte sottomarine.



**Figura 5.4 - Mesh utilizzata nei modelli numerici di grande scala e di downscaling.**



	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 33 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 5.2 Risultati

I risultati mostrano che le correnti nella zona dove insistono le condotte di Fabrizia 1 hanno una direzione prevalente da N-NNW, con una componente secondaria da SSE-SE, correnti pressoché parallele alla costa marchigiana-abruzzese, confermando l'andamento della circolazione generale del Mar Adriatico centrale, in cui le correnti barocline sono predominanti. Tali correnti sono più intense a profondità elevate, a causa della minore interazione con il fondale, che causa dissipazione energetica ed una riduzione della velocità della corrente.

Altre importanti forzanti che giocano un ruolo importante nella generazione del campo di corrente sono il vento, la cui influenza è particolarmente importante negli strati superficiali ed in misura minoritaria l'immissione di acque fluviali del Po nell'Alto Adriatico.

Le immagini da Figura 5.5 a Figura 5.22 mostrano un esempio del campo idrodinamico a tre diverse profondità (superficie, profondità intermedia e fondo) nell'istante di inizio delle operazioni, a metà delle operazioni e alla fine delle operazioni di dismissione.

Le figure relative alla "superficie", alla "profondità intermedia" e al "fondo" si riferiscono rispettivamente al sigma-layer 12, al sigma-layer 6 e al sigma-layer 1. Questo significa che le immagini non sono rappresentative ovunque della stessa profondità: i layer superficiale e di fondo hanno uno spessore variabile, dato dal 5% della profondità locale mentre il layer intermedio dal 15%.

### 5.2.1 Periodo Autunno-Inverno (AUT/WIN)

Nella simulazione del periodo autunnale/invernale la circolazione generale del Mar Adriatico (correnti barocline) presenta una direzione di propagazione verso i quadranti settentrionali (da SSE), per poi invertire l'andamento (da NNW e N). Lungo la colonna d'acqua non si verificano significative differenze di campo idrodinamico, eccetto che nello strato di fondo, dove l'intensità della corrente è molto bassa (<5 cm/s, una riduzione di circa 25-30% rispetto alle correnti superficiali) e la direzione maggiormente variabile (con componenti aggiuntive di direzione di provenienza ENE e SE).

Le figure (da Figura 5.5 a Figura 5.13) fanno riferimento a tre passi temporali: il primo è relativo all'istante in cui vengono avviate le operazioni di recupero degli item (09/10/2019), il secondo è relativo a metà delle operazioni (17/10/2019) ed il terzo alla fine delle operazioni (25/10/2019).

In generale in superficie la corrente media ha una intensità pari a circa 0.07 m/s (massimo di 0.15 m/s) e diminuisce gradualmente a profondità maggiori, fino ad una velocità media di circa 0.03 m/s (massimo di 0.10 m/s), o anche inferiore, al fondo.

### 5.2.2 Periodo Primavera-Estate (SPR/SUM)

Nella simulazione del periodo primaverile/estivo la circolazione generale del Mar Adriatico (correnti barocline) presenta frequentemente una direzione di propagazione verso SSE e S, mentre al fondo si assiste ad una variabilità molto marcata: le direzioni risultano spesso opposte a quelle delle correnti superficiali.

	<b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 34 di 96
---	---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Le figure (da Figura 5.14 a Figura 5.22) fanno riferimento a tre passi temporali: il primo è relativo all'istante in cui vengono avviate le operazioni di recupero degli item (08/07/2020), il secondo è relativo a metà delle operazioni (16/07/2020) ed il terzo alla fine delle operazioni (24/07/2020).

In generale in superficie la corrente media ha una intensità pari a circa 0.13 m/s (massimo di 0.38 m/s) e diminuisce gradualmente a profondità maggiori, fino ad una velocità media di circa 0.06 m/s (massimo di 0.23 m/s), o anche inferiore, al fondo.



Figura 5.5 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo AUT/WIN).

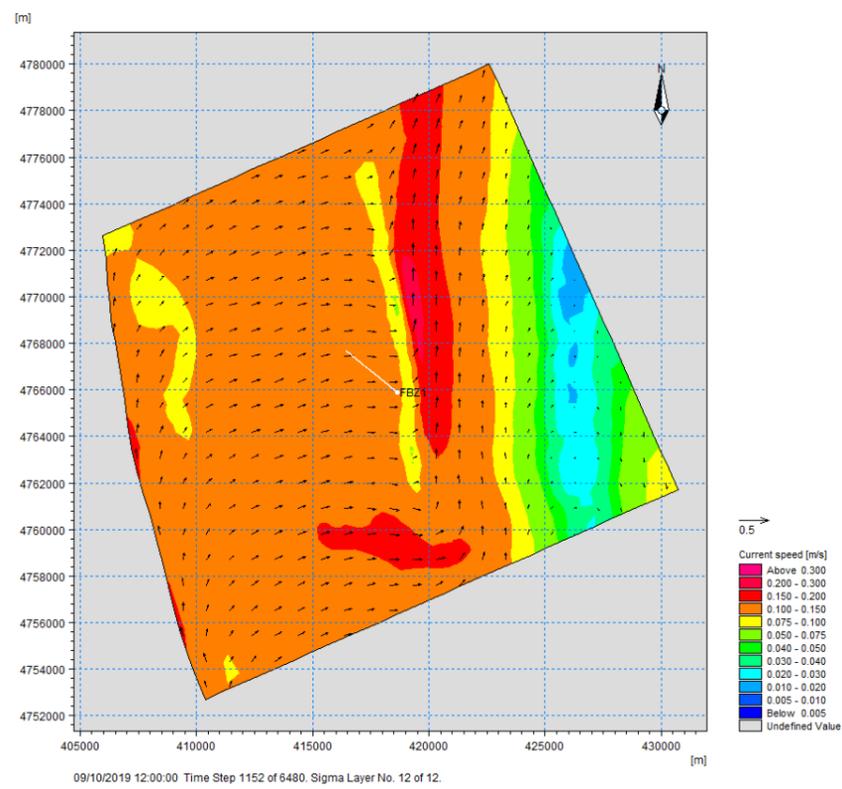


Figura 5.6 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo AUT/WIN).

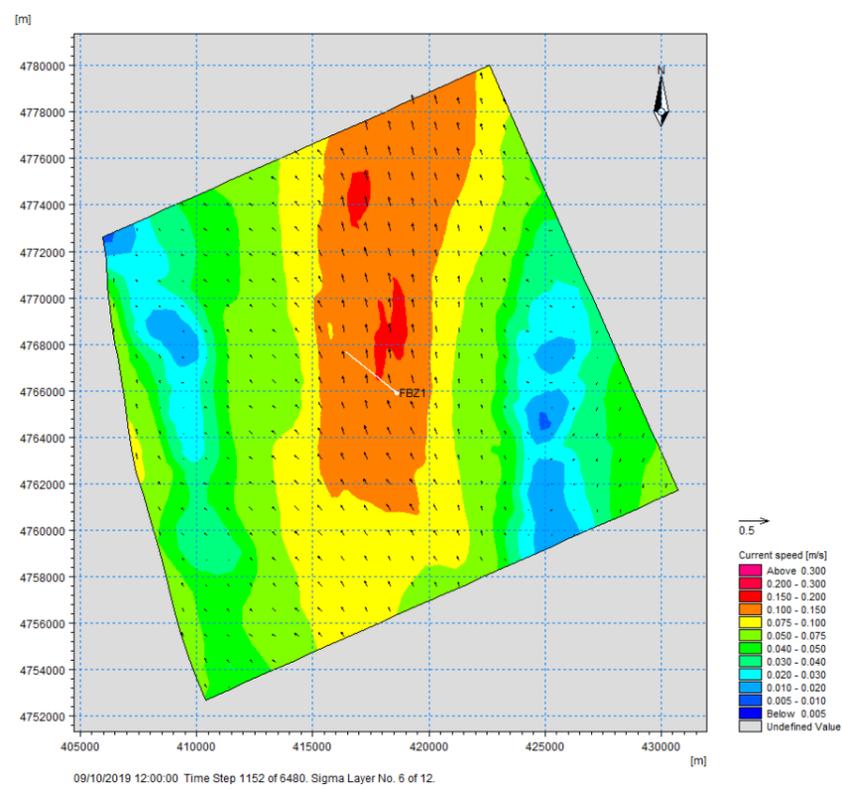


Figura 5.7 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo AUT/WIN).

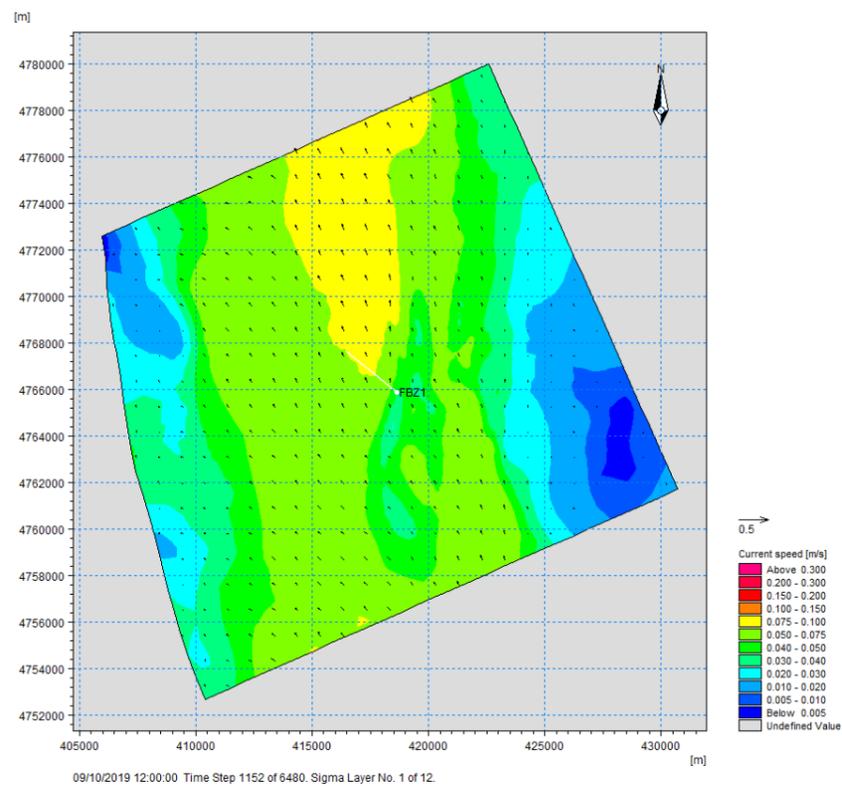




Figura 5.8 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo AUT/WIN).

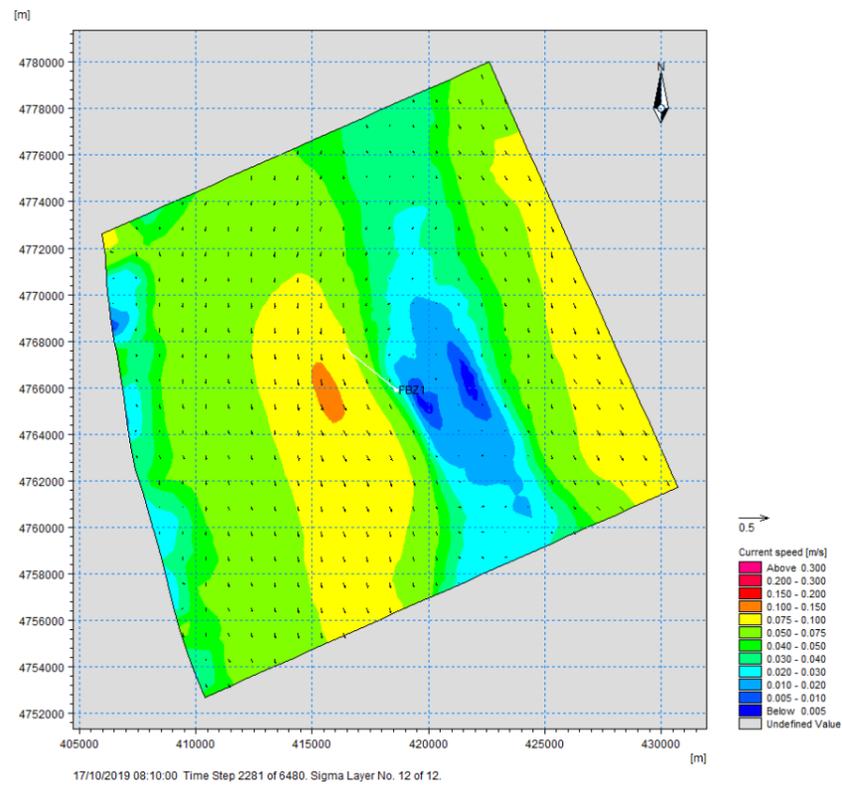


Figura 5.9 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo AUT/WIN).

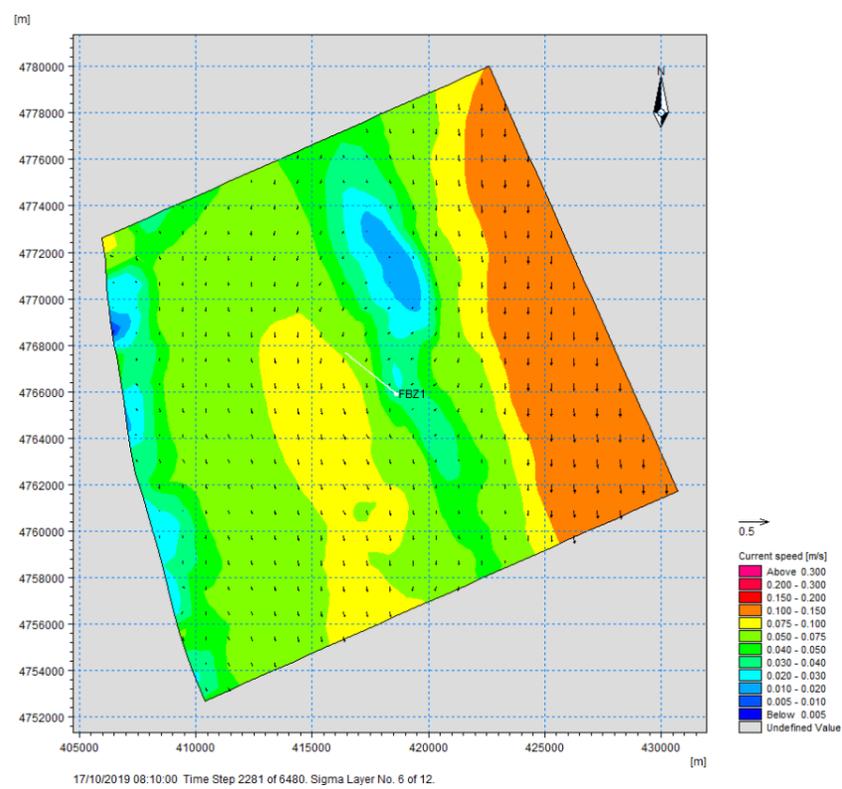


Figura 5.10 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo AUT/WIN).

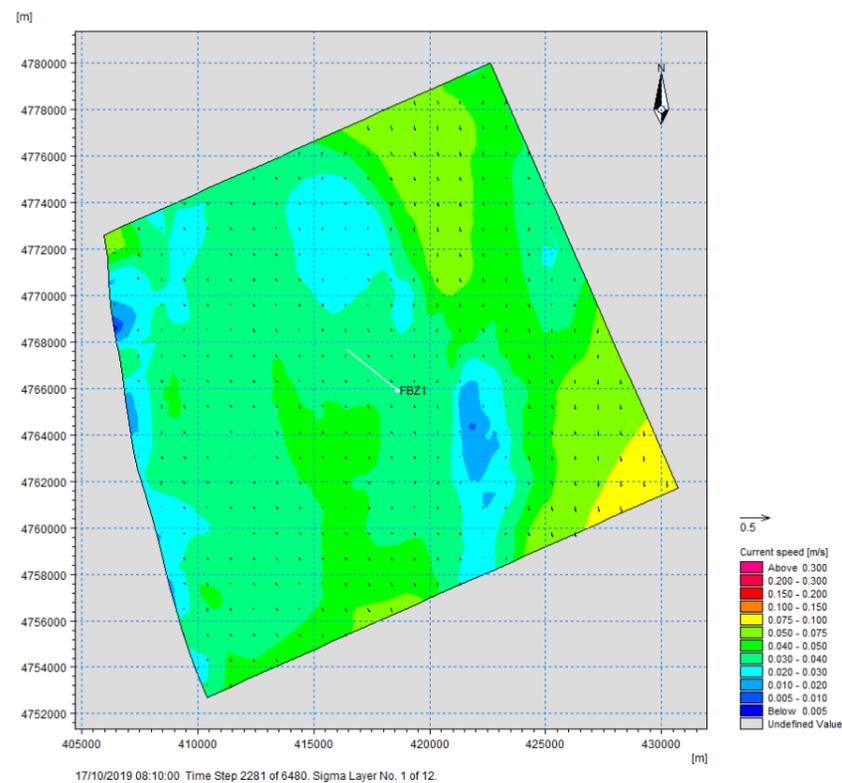




Figura 5.11 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo AUT/WIN).

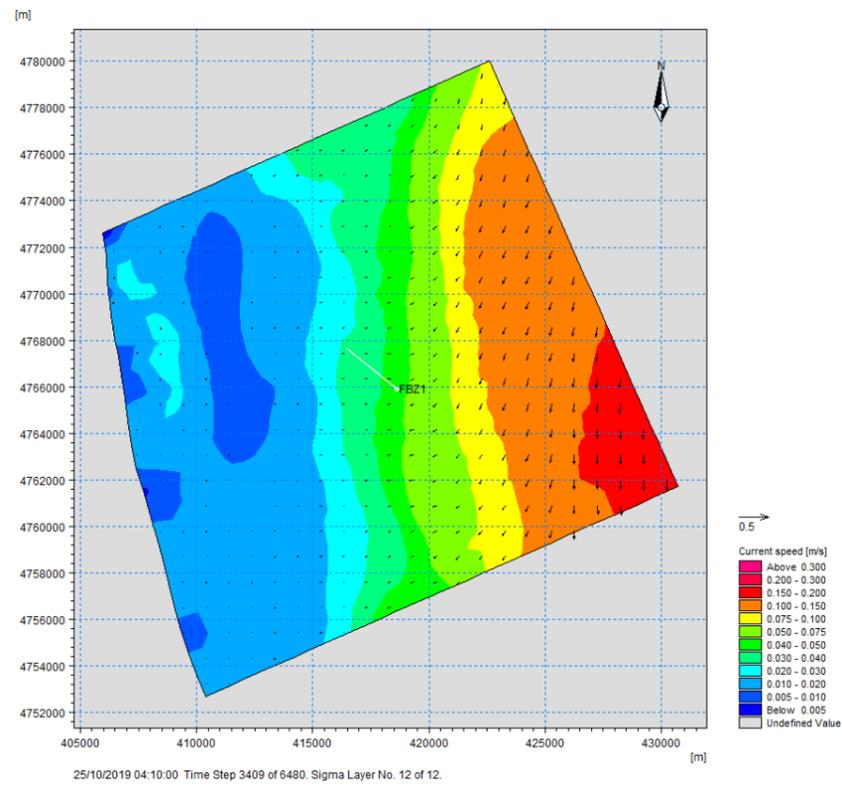


Figura 5.12 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo AUT/WIN).

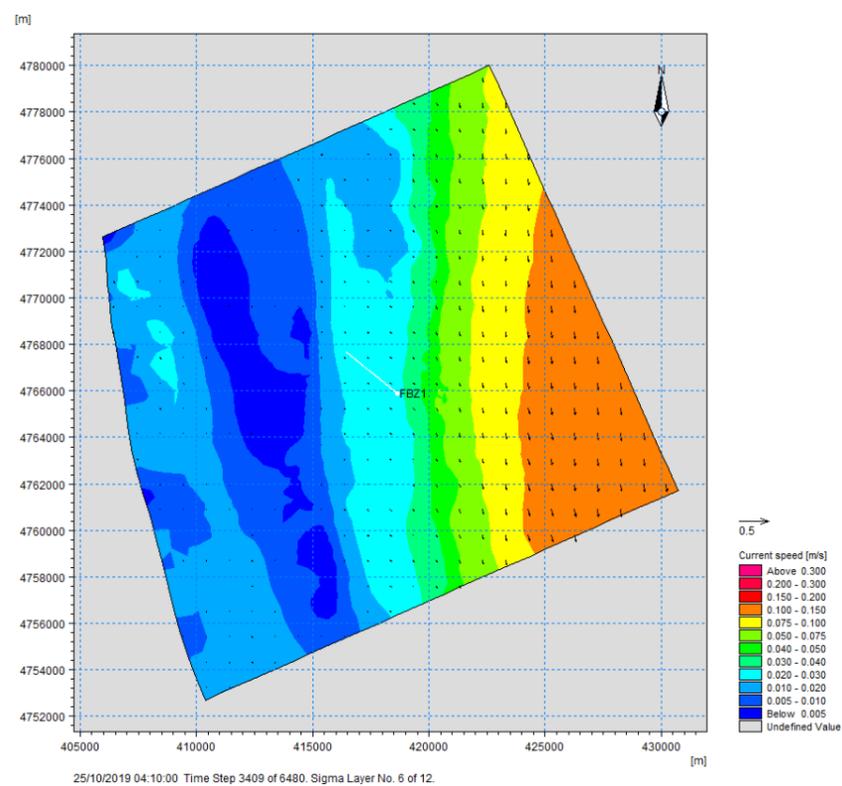


Figura 5.13 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo AUT/WIN).

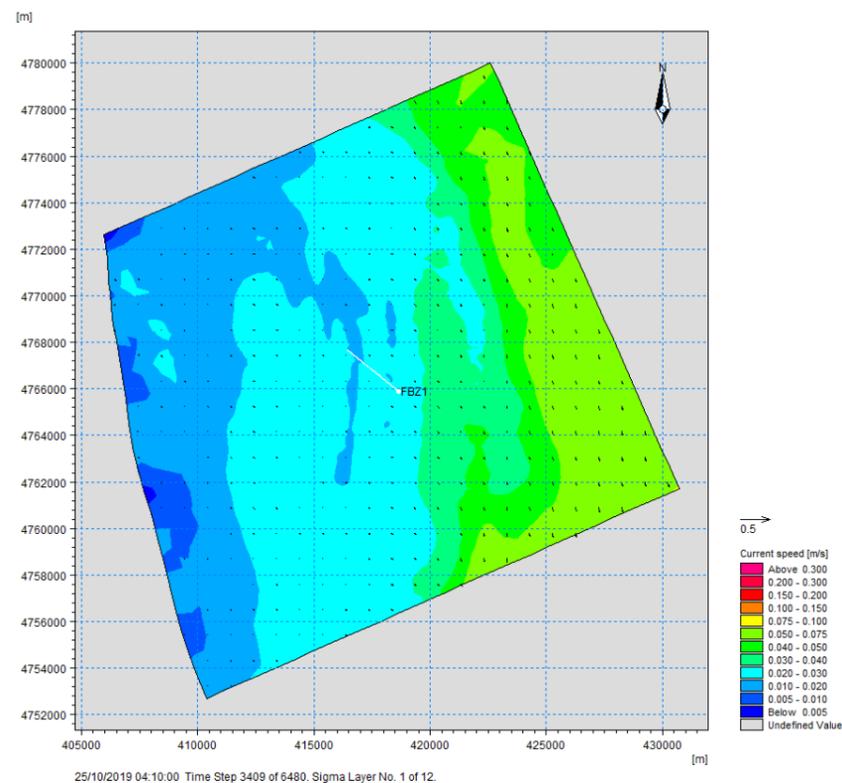




Figura 5.14 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo SPR/SUM).

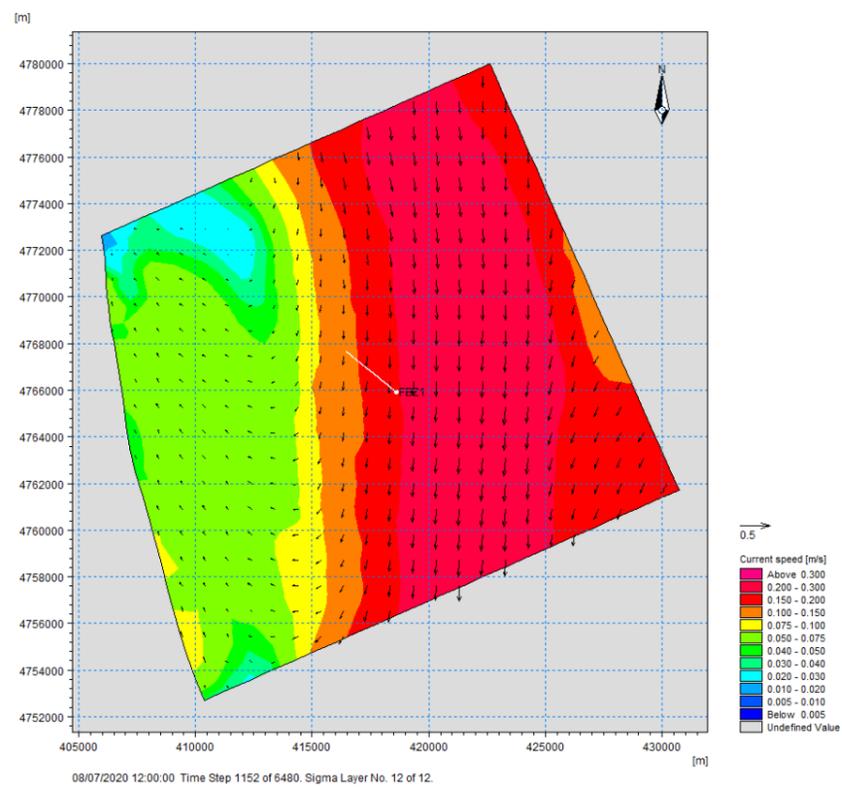


Figura 5.15 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo SPR/SUM).

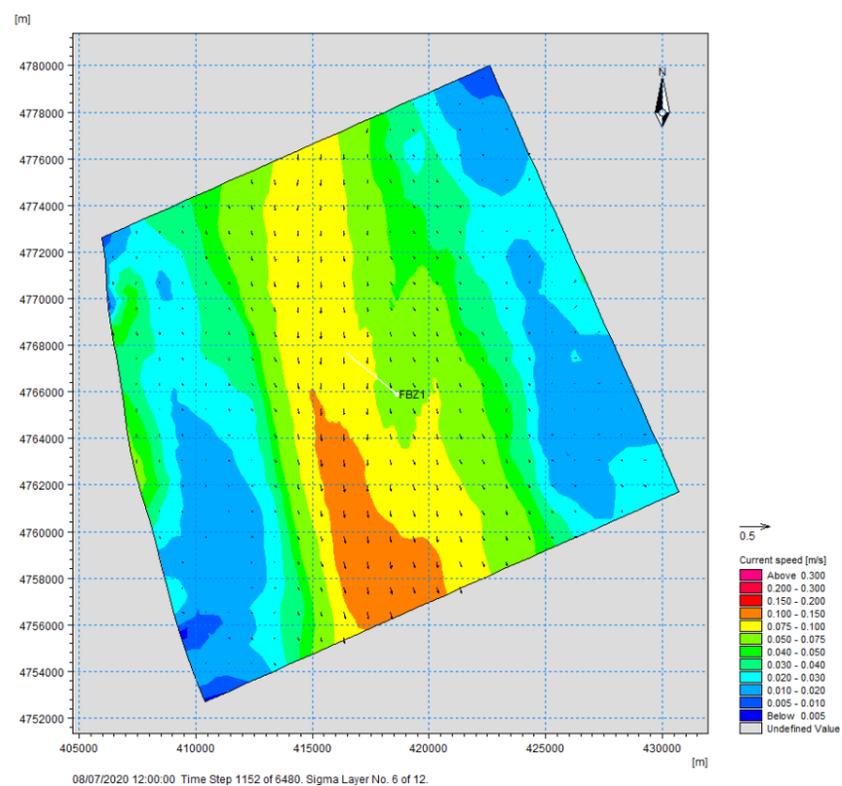


Figura 5.16 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio all'inizio delle operazioni (periodo SPR/SUM).

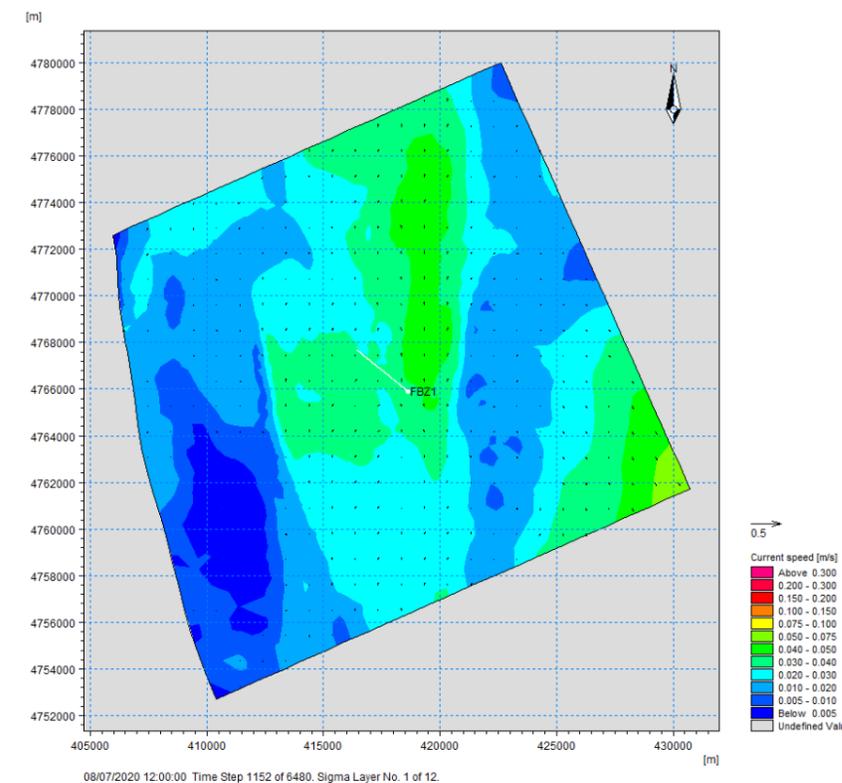




Figura 5.17 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo SPR/SUM).

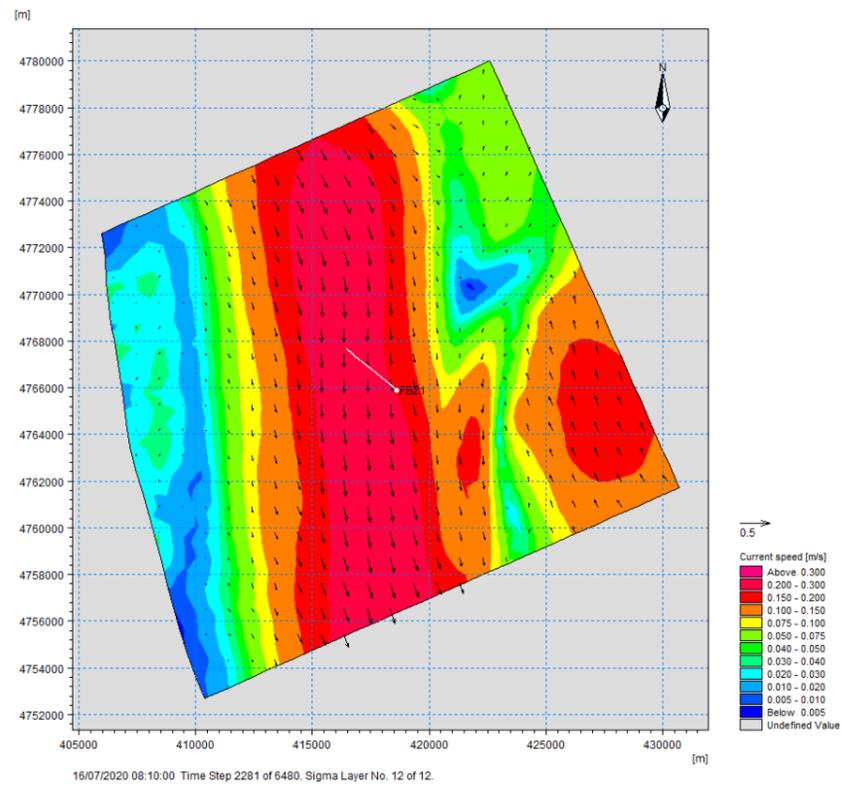


Figura 5.18 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo SPR/SUM).

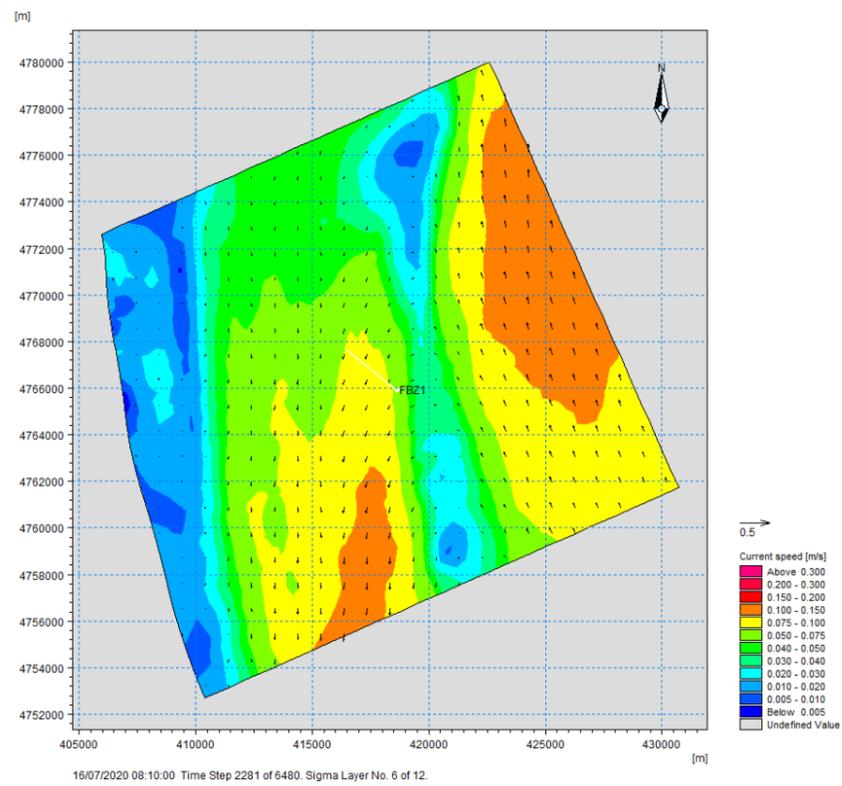


Figura 5.19 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio a metà delle operazioni (periodo SPR/SUM).

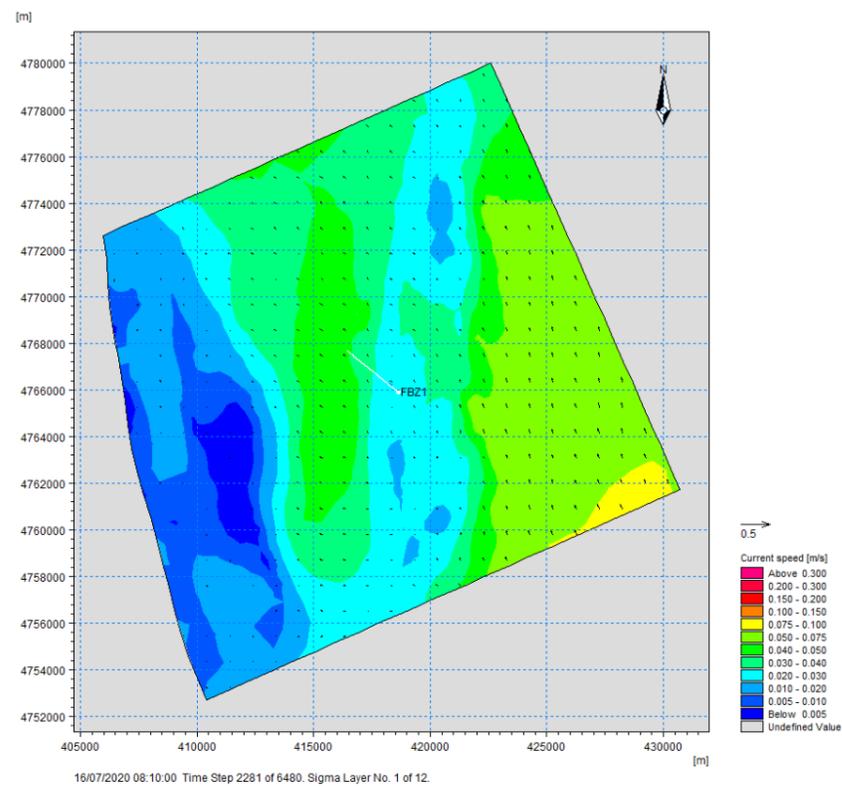




Figura 5.20 - Campo idrodinamico in superficie sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo SPR/SUM).

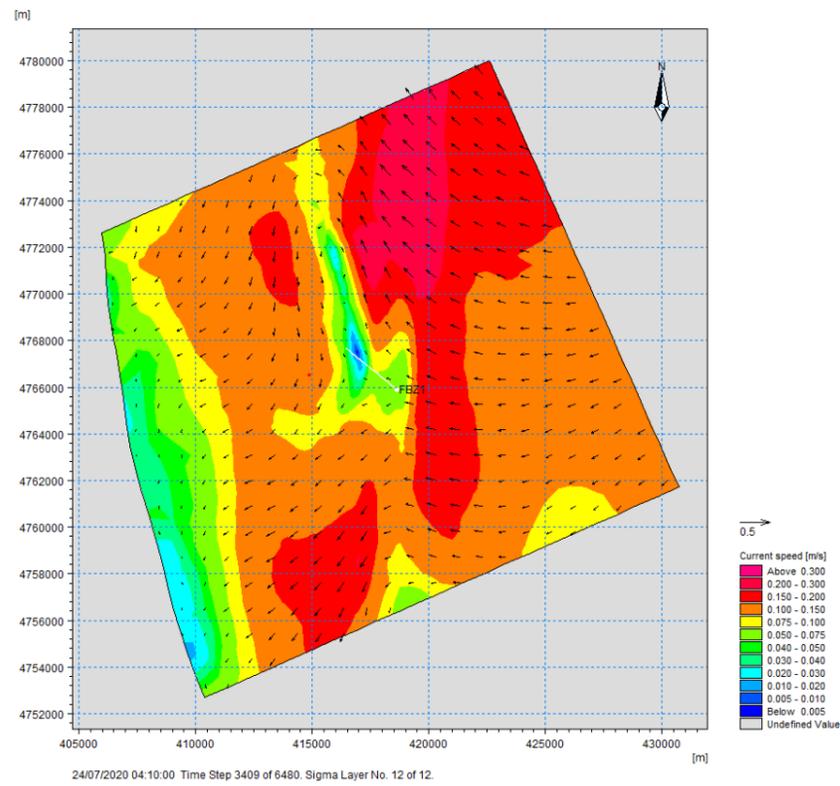


Figura 5.21 - Campo idrodinamico a profondità intermedia sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo SPR/SUM).

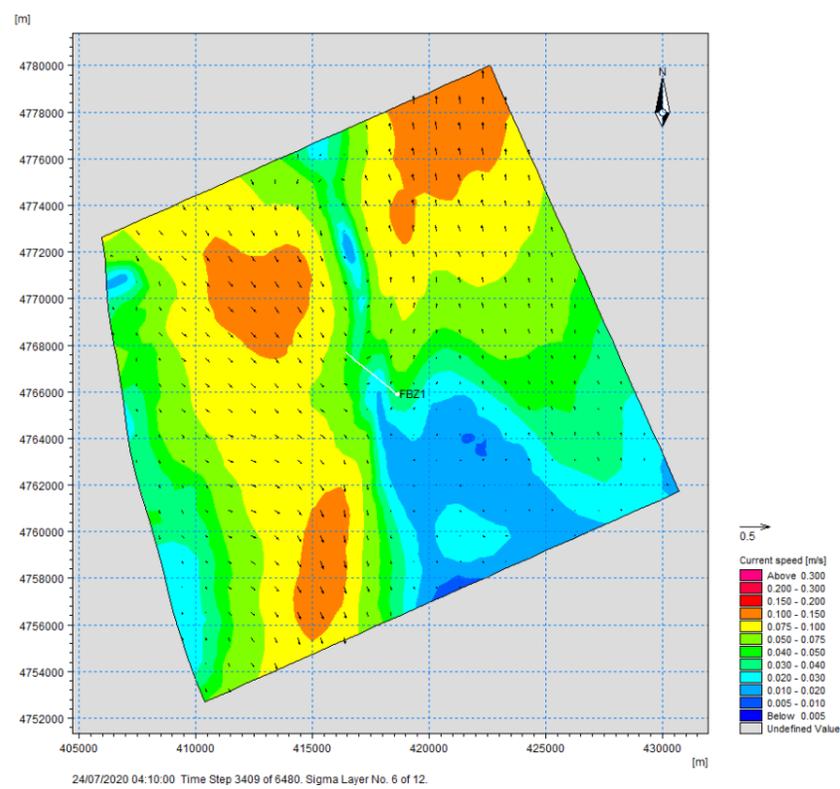
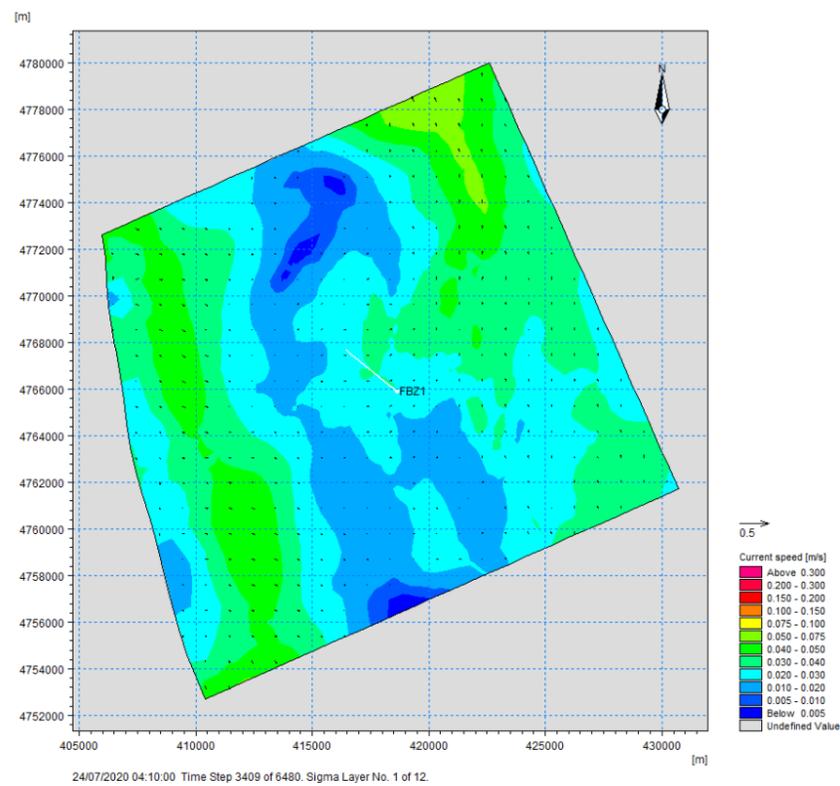


Figura 5.22 - Campo idrodinamico al fondo sul dominio di dettaglio alla fine delle operazioni (periodo SPR/SUM).



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 41 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 6 ANALISI DI DISPERSIONE DEI SEDIMENTI

Lo studio della dispersione di sedimenti durante le fasi di rimozione delle condotte sottomarine è stato effettuato mediante modellazione numerica utilizzando il pacchetto MIKEbyDHI sviluppato da DHI. In particolare, per la dispersione dei sedimenti nell'area d'interesse è stato applicato il modello 3D MIKE 3 MT FM [Rif. 6].

MT è un modulo specifico sviluppato per simulare la messa in sospensione e la sedimentazione di sedimenti coesivi e misti sotto l'azione idrodinamica e di forzanti esterne. Il modello "Mud Transport" considera i seguenti fenomeni fisici:

- flocculazione dovuta alla concentrazione;
- flocculazione dovuta alla salinità;
- effetti di densità ad elevate concentrazioni;
- sedimentazione ostacolata;
- consolidazione;
- variazioni morfologiche del fondale.

Una descrizione dettagliata del modello MIKE 3 MT FM è riportata nell'Allegato F.

Il modello di dispersione dei sedimenti è completamente integrato con il modello idrodinamico MIKE 3 HD FM (illustrato in dettaglio nel capitolo 5). Durante le simulazioni effettuate con il modello MT il plume di sedimenti sospesi rilasciati durante le operazioni di rimozione condotte varia in estensione, forma e concentrazione in funzione delle condizioni idrodinamiche (avvezione) e di dispersione.

Nel paragrafo 6.1 è riportato l'approccio metodologico, che comprende la stima del rateo di movimentazione del sedimento, del rateo di rilascio e della velocità di sedimentazione, mentre nei sottoparagrafi 6.2.1 e 6.2.2 sono riportati i risultati del modello di dispersione di sedimenti, rispettivamente in termini di Concentrazione di Sedimento Sospeso (SSC) in colonna d'acqua a diverse profondità e di sedimentato al fondo.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	42 di 96

## 6.1 Approccio metodologico

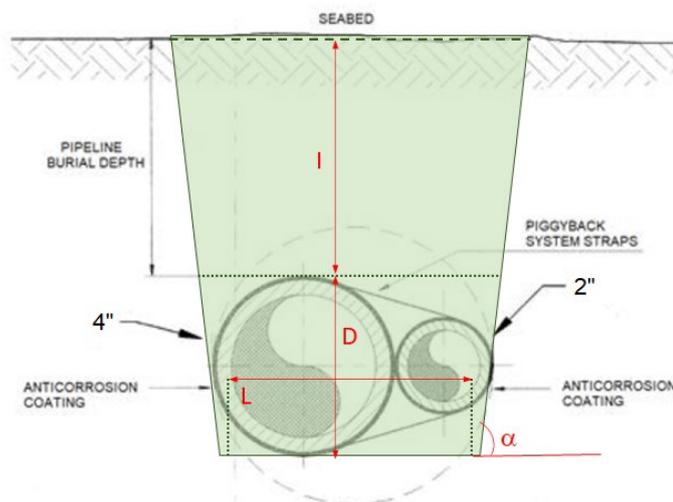
### 6.1.1 Metodologia delle operazioni di rimozione condotte sottomarine

I volumi di sedimento movimentato al netto del volume occupato dalle condotte sono stimati in circa 15000 m<sup>3</sup> e sono principalmente funzione della profondità di interro delle condotte. Le informazioni relative all'interro sono state ricavate da survey condotti nel Maggio 2019 lungo tutta la lunghezza delle condotte sottomarine che collegano Fabrizia 1 all'innesto con le linee Davide-Grottammare (4" + 2") [Rif. 7]. I volumi asportati per unità di lunghezza sono stati calcolati assumendo larghezza pari alla dimensione del fascio tubiero (L), altezza pari al fascio tubiero (D) + spessore variabile dell'interro (I). A questa sezione viene sommata un'area che tiene conto dell'angolo di riposo del sedimento ( $\alpha$ ) (Figura 6.1).

Le operazioni a mare connesse allo scenario di rimozione delle condotte (Scenario B) comprendono:

- Disinterro della linea (riapertura della trincea e asportazione del substrato attraverso un tool dedicato) e spostamento dei sedimenti su entrambi i lati della trincea. Questo volume verrà movimentato ad una velocità costante di circa 70.0 m<sup>3</sup>/h. La durata totale di questa operazione è pari a  $\approx 214.2$  h (15000 m<sup>3</sup> di sedimento / 70.0 m<sup>3</sup>/h). È stato ipotizzato il disinterro partendo dalla piattaforma Fabrizia 1 e procedendo verso l'innesto con le linee Davide-Grottammare;
- Taglio e recupero delle condotte. Le linee verranno tagliate in spezzoni e ciascun troncone verrà sollevato dal fondo della trincea e successivamente depositato su una bettolina di carico. La velocità di rimozione sarà di circa 24.0 m/h, mentre la velocità con cui la gru solleverà lo spezzone sarà di circa 10 m/min. Per questo tipo di operazione è stato assunto che la movimentazione di sedimento sia trascurabile. La durata complessiva di questa operazione è di circa 119.2 h (2863 m lunghezza linea / 24.0 m/h). Le operazioni partiranno dall'innesto con le linee Davide-Grottammare verso la piattaforma Fabrizia 1;
- Chiusura della trincea. Il volume precedentemente movimentato verrà riposizionato nella trincea. L'operazione verrà eseguita usando un aratro che muoverà circa 350.2 m<sup>3</sup>/h e avrà una durata di  $\approx 42.8$  h (15000 m<sup>3</sup> di sedimento / 350.2 m<sup>3</sup>/h).

**Figura 6.1 - Schema delle sezioni considerate per il calcolo dei volumi movimentati**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	43 di 96

Le operazioni di dismissione (disinterro, rimozione condotte e ripristino del sito) avranno una durata stimata di circa 15.7 giorni.

Come indicato nel capitolo 4, è stato considerato un periodo di simulazione pari alla durata complessiva delle operazioni più un ulteriore tempo tale da garantire la simulazione del processo di deposizione di tutto il materiale messo in sospensione durante gli interventi.

Per lo Scenario A, che prevede la dismissione in sito delle condotte, non sono previste movimentazioni di sedimento; pertanto, è stato analizzato esclusivamente lo Scenario B.

### 6.1.2 Rateo di dragaggio e rilascio, velocità di sedimentazione

Poiché lo scopo dello studio è simulare la dispersione e l'evoluzione della concentrazione di sedimento messo in sospensione durante le operazioni di rimozione delle condotte (dragaggio del materiale per dissotterrare le condotte e successivo ripristino della trincea scavata) da un punto di vista d'impatto ambientale, si è assunto, come accade comunemente, di considerare nel modello la dispersione e l'evoluzione della sola frazione fine del sedimento, l'unica realmente significativa ai fini ambientali. La frazione sabbiosa, infatti, rimane difficilmente in sospensione nella colonna d'acqua e tende a sedimentare localmente nelle immediate vicinanze del punto di rilascio. Pertanto, si può affermare che la movimentazione della componente sabbiosa non risulta significativa da un punto di vista di impatto ambientale, pertanto il calcolo del volume di sedimenti modellato si riferisce solamente alla frazione fine del materiale. Per quantificare questa frazione, sono state utilizzate le analisi granulometriche relative al monitoraggio annuale condotto da ISPRA in RTI con Atlantis e SGS Italia sulla piattaforma Pennina [Rif. 8], distante circa 13.5 km da Fabriazia 1.

In particolare, per la simulazione di dispersione di sedimenti, è stato considerato il campione più superficiale (0-2) che ha la maggiore percentuale di frazione fine (Tabella 6.1).

**Tabella 6.1 – Individuazione del campione utilizzato per lo studio della dispersione di sedimenti**

Campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Materiale bioclastico (%)	Classificazione Shepard
PE_1S (0-2)	14,6	18,5	46,2	20,7	20	Loam
PE_2S (0-2)	5,5	5,5	64,1	24,9	6,2	Limo argilloso
PE_2S (8-10)		0,9	37,6	61,5	0,1	Argilla limosa
PE_3S (0-2)	0,2	2,1	62,1	35,6	0,3	Limo argilloso
PE_3S (8-10)	0,9	0,4	39,8	58,9	0,9	Argilla limosa
PE_4S (0-2)	0,3	0,9	60,7	38,1	0,4	Limo argilloso
PE_4S (8-10)	0,1	0,1	38,3	61,5	0,1	Argilla limosa

Il limite, in termini di diametro medio dei sedimenti, tra la frazione sabbiosa e la frazione fine è stato assunto pari a 63  $\mu\text{m}$ , in accordo con la scala di Udden-Wentworth, una classificazione standard per sedimenti clastici e per rocce (Figura 6.2). Questa soglia rappresenta il limite tra sabbia molto fine e limo grossolano.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	44 di 96

**Figura 6.2 - Scala di Udden-Wentworth per la classificazione standard dei sedimenti clastici e delle rocce.**

Millimeters (mm)	Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\phi$ )	Wentworth size class	Rock type
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ Breccia
256		-8.0	Cobble	
64		-6.0	Pebble	
4		-2.0	Granule	
2.00		-1.0	Very coarse sand	
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone
1/2	0.50	1.0	Medium sand	
1/4	0.25	2.0	Fine sand	
1/8	0.125	3.0	Very fine sand	
1/16	0.0625	4.0	Coarse silt	
1/32	0.031	5.0	Medium silt	Siltstone
1/64	0.0156	6.0	Fine silt	
1/128	0.0078	7.0	Very fine silt	
1/256	0.0039	8.0	Clay	
0.00006	0.06	14.0		Mud Claystone

È stato assunto, come frazione limosa, un diametro pari a 1/64 mm (transizione tra medium silt e fine silt), mentre per la frazione argillosa un diametro di 1/256 mm (transizione tra very fine silt e clay).

Sulla base del rateo di dragaggio previsto per le operazioni di dismissione e della percentuale tra frazione sabbiosa e frazione fine (silt e argilla) calcolata in accordo con le considerazioni sopra riportate, è stato possibile quantificare il rateo di dragaggio della parte fine di sedimento. Si è inoltre considerato ragionevole una densità pari a 1900 kg/m<sup>3</sup> per la frazione fine di sedimento (Tabella 6.2).

**Tabella 6.2 – Rateo di movimentazione sedimenti durante le fasi di dismissione**

Fase	Rateo [m <sup>3</sup> /h]	Rateo silt [kg/s]	Rateo argilla [kg/s]
Disinterro condotte	70.0	22.4	14.1
Chiusura trincea con aratro	350.2	112.2	70.4

La localizzazione del rilascio di sedimento non è fissa nel modello: attraverso l'applicazione del cosiddetto "dredging module" in MIKE 3 MT FM è stato possibile specificare la posizione del punto di rilascio in differenti passi temporali della simulazione. Pertanto, durante le attività di dragaggio, recupero delle condotte sottomarine e ripristino della trincea scavata, la sorgente emissiva dei sedimenti all'interno del modello si sposta con una certa velocità lungo il percorso delle condotte.

Il rateo di dragaggio per la frazione fine non è tuttavia la quantità totale di sedimento che si disperde nella colonna d'acqua: deve essere fatta un'ulteriore assunzione per stimare la percentuale di volume di dragaggio che viene effettivamente disperso nella colonna d'acqua. In Becker et al (2015) [Rif. 9] e sulle linee guida di ISPRA [Rif. 10] vengono fornite indicazioni sulle perdite di sedimento fine risultante da differenti tipologie di operazioni di dragaggio per sedimenti fini.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 45 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

Per il tipo di meccanismo di mobilizzazione dei sedimenti durante il disinterro delle condotte e la successiva chiusura della trincea, si è ritenuto cautelativo considerare una percentuale di rilascio del 100% del rateo di dragaggio.

Un'altra importante assunzione fatta per modellare la dispersione di sedimenti riguarda la stima della velocità di sedimentazione, dove è stato incluso il fenomeno della flocculazione, tipica dei sedimenti coesivi (tipicamente diametro < 63  $\mu\text{m}$ ). In questo processo la velocità di sedimentazione aumenta al crescere della concentrazione del sedimento in virtù della formazione di aggregazioni di particelle di sedimento, i cosiddetti "fiocchi". Per basse concentrazioni la velocità di sedimentazione è data dalla nota formulazione di Stokes, da cui si ottiene un valore di 0.216 mm/s per il silt e 0.0135 mm/s per l'argilla.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	46 di 96

## 6.2 Risultati

La dispersione e l'evoluzione del plume di sedimenti sospesi sono essenzialmente in funzione delle condizioni idrodinamiche, una volta fissata la posizione e la percentuale di rilascio.

Al fine di permettere una migliore comprensione dei risultati, nelle figure riportate di seguito sono rappresentati i risultati della sola zona circostante l'area dragata.

### 6.2.1 Solidi sospesi in colonna d'acqua

Da Figura 6.3 a Figura 6.6 è illustrata, per ciascuno dei due periodi meteomarini rappresentativi, sia la distribuzione della concentrazione massima di sedimento sospeso nel layer di fondo in mg/l, sia il profilo verticale del plume di sedimenti lungo una sezione rappresentativa. Le concentrazioni riportate nelle figure fanno riferimento ai massimi calcolati sull'intero periodo di simulazione, processando i risultati delle mappe di concentrazione per i 31 giorni di cui è disponibile la modellazione idrodinamica.

I sedimenti messi in sospensione durante le operazioni rimangono confinati negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie: il valore massimo risulta essere di circa 44000 mg/l nel periodo AUT/WIN e 15800 mg/l nel periodo SPR/SUM e si riscontra, come atteso, in corrispondenza delle condotte sottomarine, dove le concentrazioni sono mediamente sempre superiori a 5000 mg/l (20200 mg/l nel periodo AUT/WIN e 7500 mg/l nel periodo SPR/SUM); mentre già a distanza di 500-600 m dall'asse del tracciato si riscontrano valori di concentrazione pari ad un centesimo del massimo citato. Se si considera come soglia di concentrazione il valore di 10 mg/l, si può vedere come questa si estenda nelle direzioni NNW-SSE, andamento più pronunciato nel periodo SPR/SUM, fino ad una distanza massima di 2300-2900 m, mentre distanze comprese tra 1500-2200 m si riscontrano nel periodo AUT/WIN.

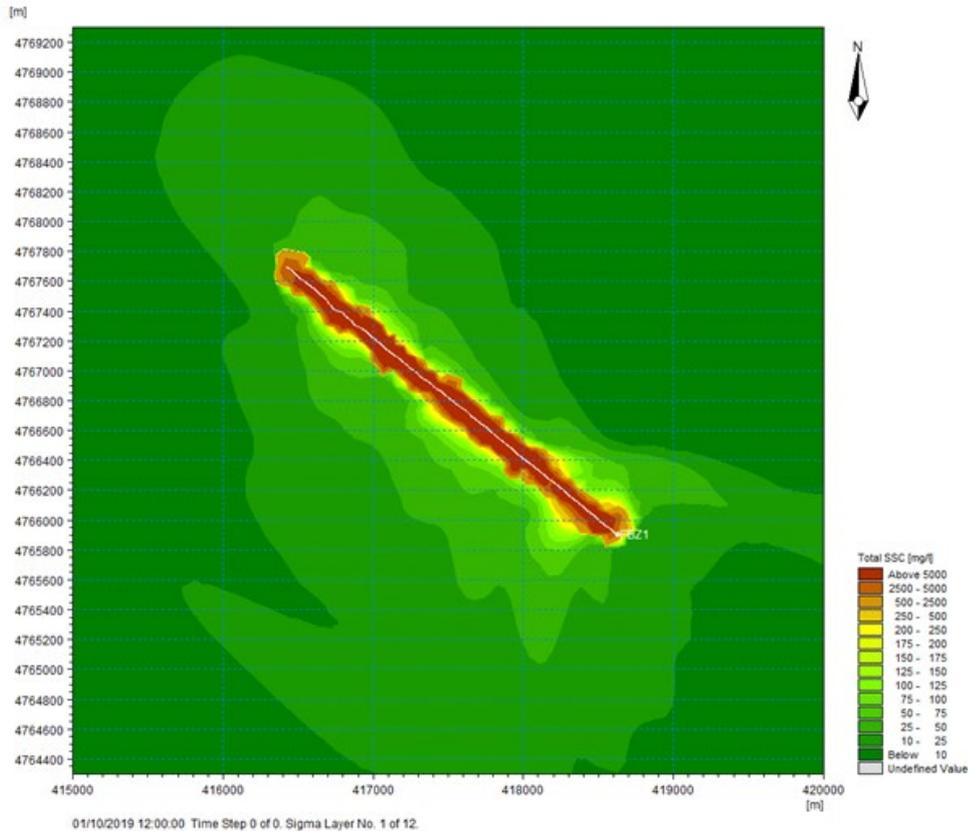
In Tabella 6.3 sono riportati i volumi di colonna d'acqua interessati da concentrazione di sedimento sospeso (SSC) rispettivamente > 100 mg/l, > 50 mg/l, > 25 mg/l e > 10 mg/l, per i due periodi meteomarini rappresentativi.

Da Figura 6.7 a Figura 6.10 sono invece riportate le mappe in cui si evidenziano le durate di superamento (exceedance) della soglia di 10 mg/l nel layer di fondo e nel profilo verticale lungo una sezione rappresentativa. Si può osservare che tale soglia di riferimento permane al massimo per un tempo di poco inferiore a 55 h per il periodo AUT/WIN e 68 h per il periodo SPR/SUM.

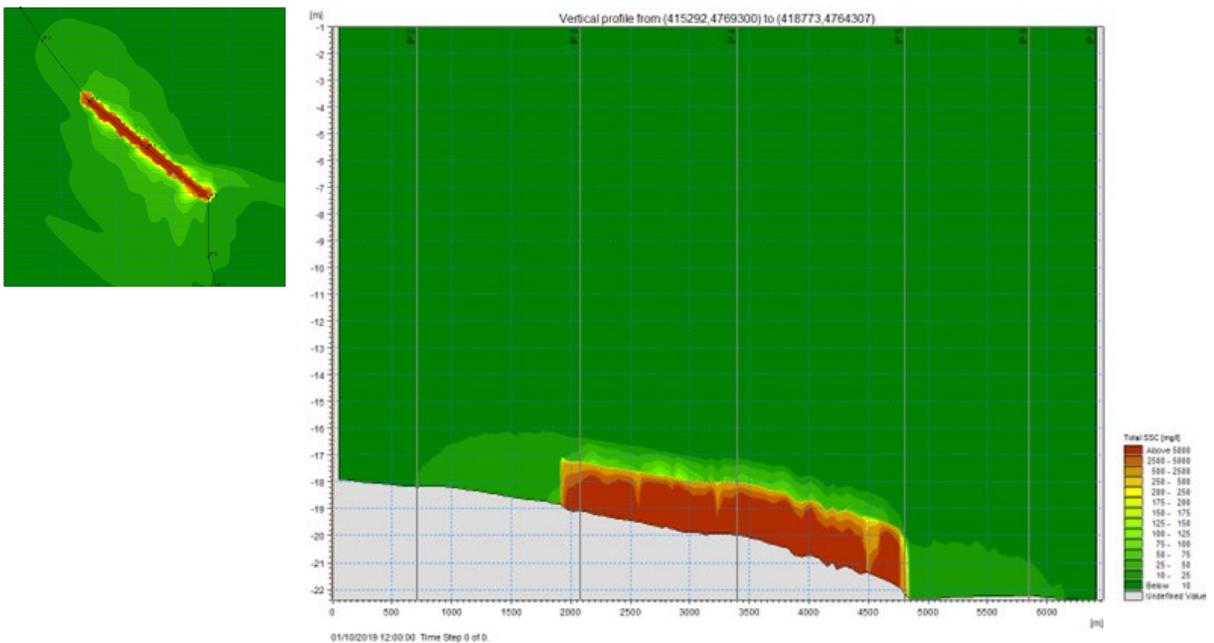
**Tabella 6.3 – Volume di colonna d'acqua interessata da concentrazioni variabili di sedimento**

Scenario:	B	
	AUT/WIN	SPR/SUM
Volume [m <sup>3</sup> ] del layer di fondo con conc. > 100 mg/l	927,884	877,499
Volume [m <sup>3</sup> ] del layer di fondo con conc. > 50 mg/l	1,925,415	2,007,084
Volume [m <sup>3</sup> ] del layer di fondo con conc. > 25 mg/l	5,086,890	5,391,148
Volume [m <sup>3</sup> ] del layer di fondo con conc. > 10 mg/l	22,683,930	18,755,268

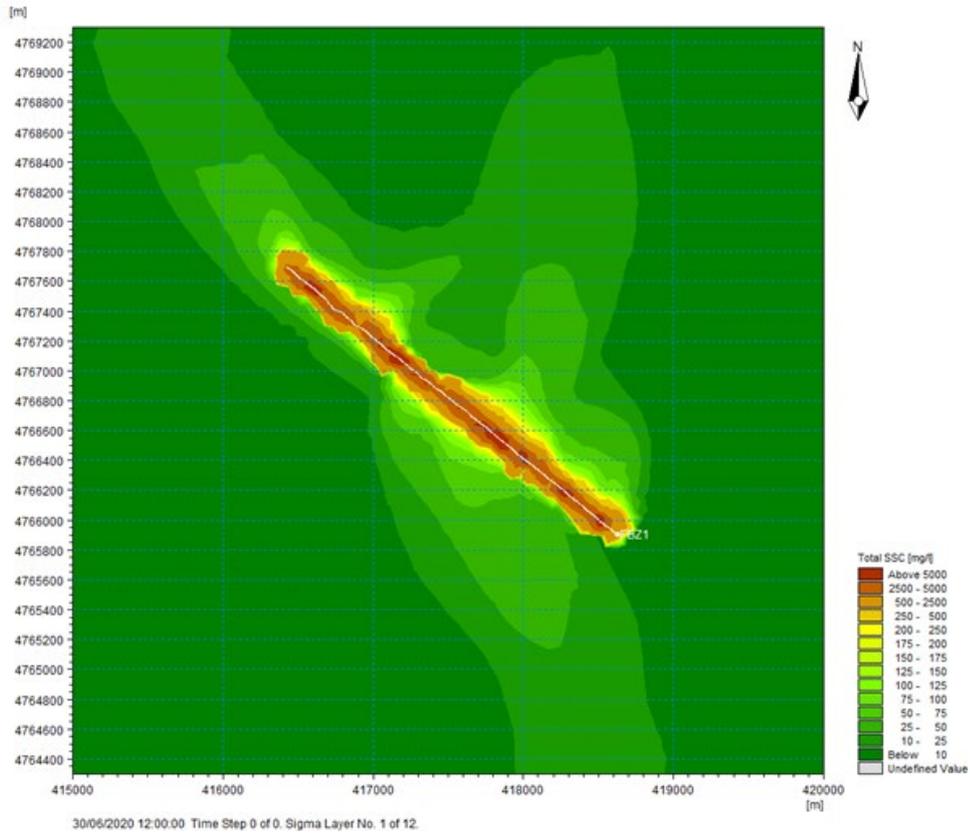
**Figura 6.3 – Mappa dei valori massimi di SSC nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**



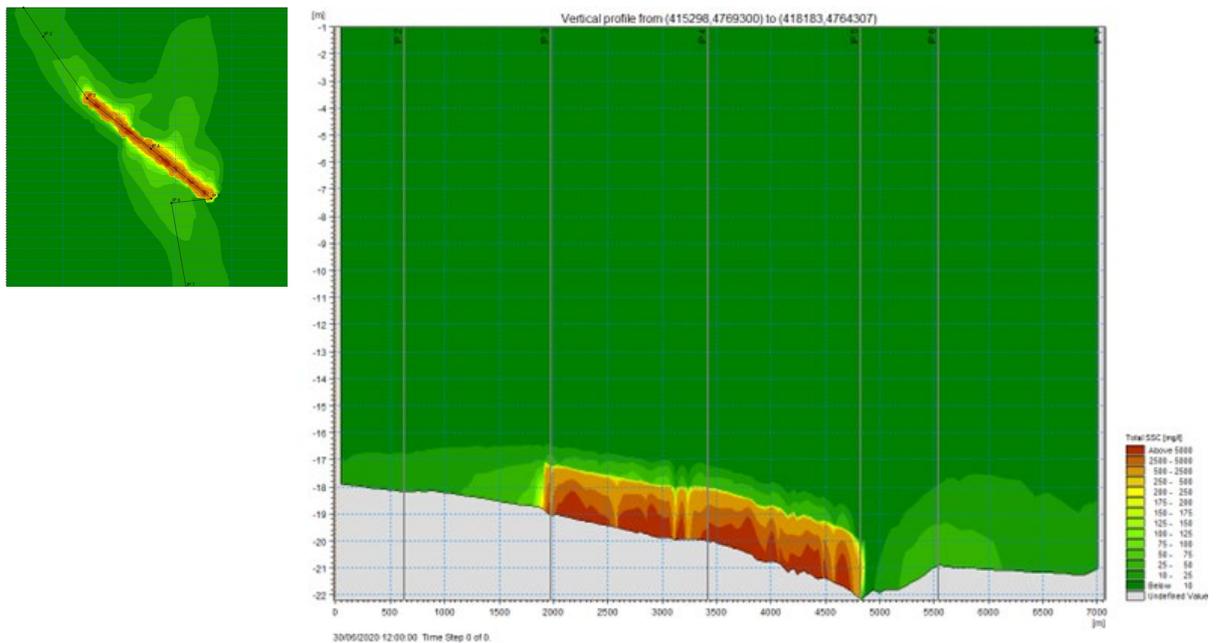
**Figura 6.4 – Profilo verticale del plume di sedimento, valori massimi di SSC, periodo AUT/WIN.**



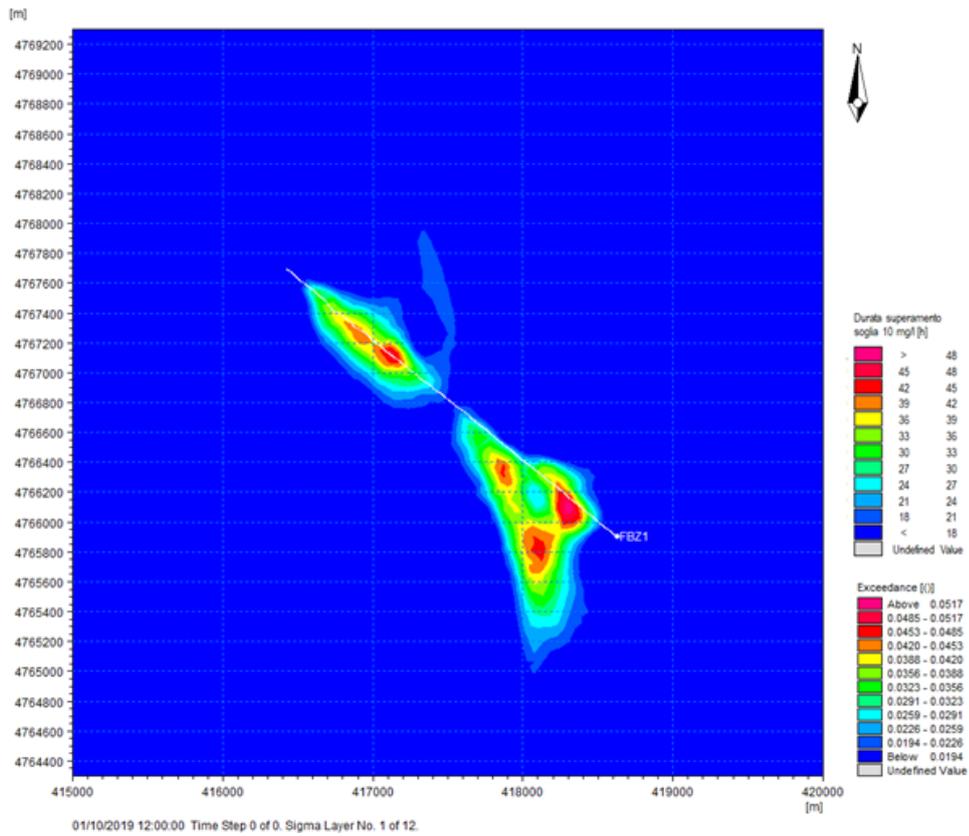
**Figura 6.5 – Mappa dei valori massimi di SSC nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**



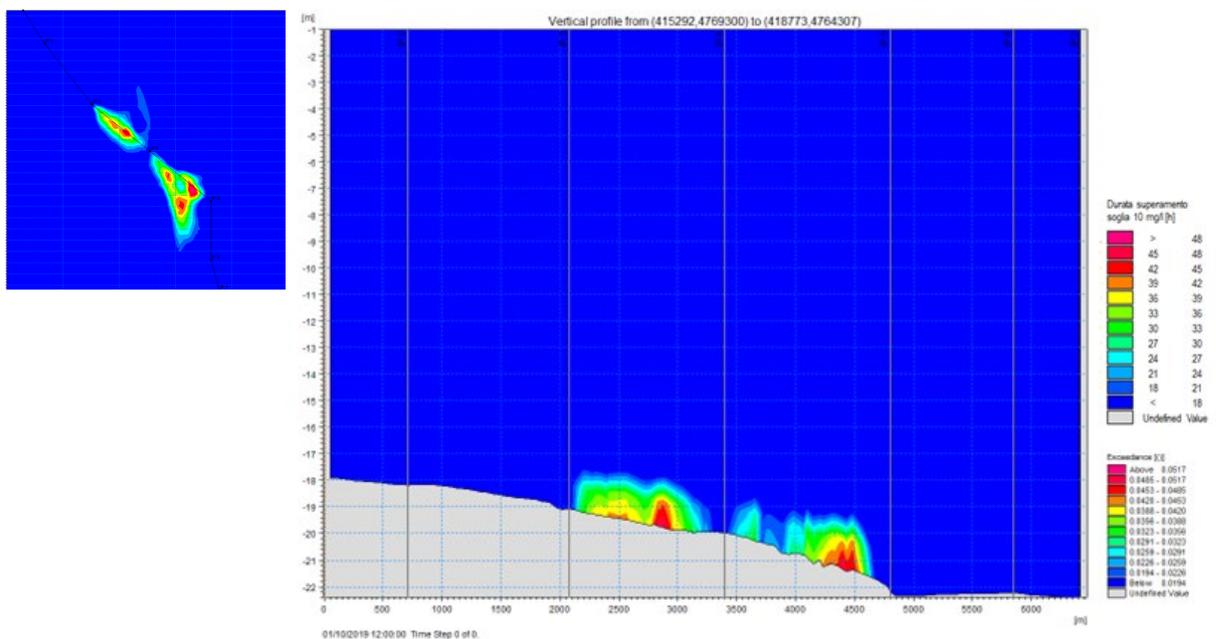
**Figura 6.6 – Profilo verticale del plume di sedimento, valori massimi di SSC, periodo SPR/SUM.**



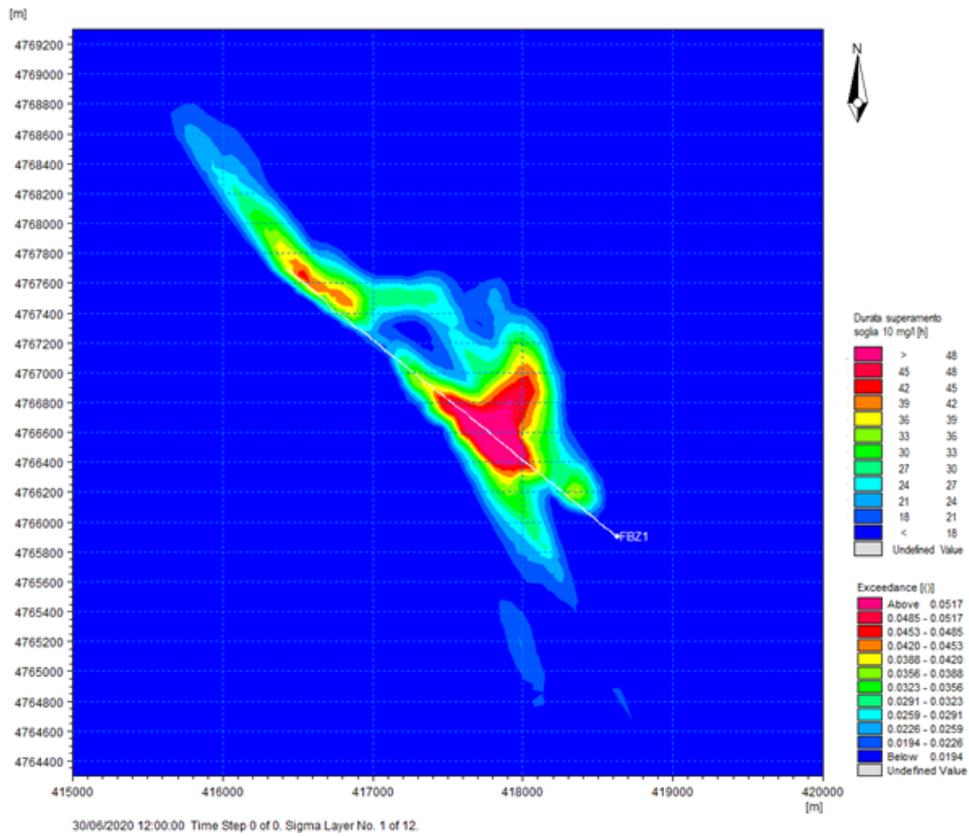
**Figura 6.7 – Superamento (exceedance) soglia 10 mg/l di sedimento sospeso nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**



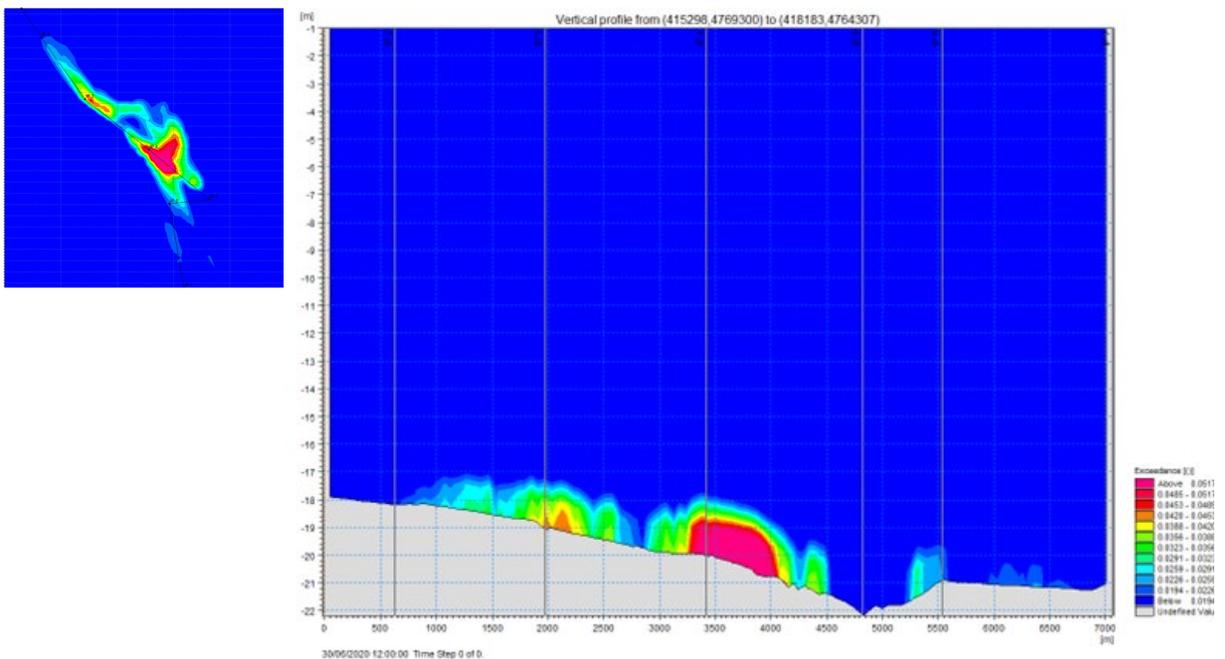
**Figura 6.8 – Profilo verticale del superamento (exceedance) soglia 10 mg/l di sedimento sospeso, periodo AUT/WIN.**



**Figura 6.9 – Superamento (exceedance) soglia 10 mg/l di sedimento sospeso nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**



**Figura 6.10 – Profilo verticale del superamento (exceedance) soglia 10 mg/l di sedimento sospeso, periodo SPR/SUM.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	51 di 96

### 6.2.1.1 Impatto del sedimento sospeso sul benthos

L'impatto dei sedimenti sospesi è stato quantificato basandosi su criteri derivanti da studi riportati in letteratura, concentrando l'attenzione sugli organismi bentonici.

Nel caso dei sedimenti sospesi l'entità dell'impatto è funzione della concentrazione e dell'intervallo di tempo di permanenza di tale concentrazione in una determinata zona.

I criteri adottati per la definizione del parametro di impatto sono pertanto i seguenti:

- Indipendentemente dalla concentrazione del sedimento sospeso, un'esposizione della durata inferiore a 7 giorni non produce un effetto significativo sugli invertebrati bentonici poiché il rischio di mortalità in questo intervallo di tempo è molto improbabile, mentre non è stata riportata nei casi sperimentali mortalità istantanea [Rif. 11]; tutte le specie possono infatti sopravvivere fino ad una settimana senza cibo. Il tasso di crescita dei singoli individui può subire delle variazioni, ma poiché gli organismi filtratori hanno in genere un tasso di crescita alto, il valore della biomassa verrà ricostituito rapidamente dopo che l'esposizione al sedimento sospeso sarà terminata e la torbidità ristabilita ai naturali livelli propri dell'ambiente interessato.
- Un'esposizione ad aumentati livelli di sedimento sospeso della durata compresa tra una settimana e un mese porta ad un impatto classificabile da medio ad elevato quando la concentrazione supera i 100 mg/l. In particolare, si osservano effetti sul tasso di crescita conseguenza della riduzione del tasso di filtrazione. Non sono attesi effetti sulla mortalità.
- Per concentrazioni di sedimento sospeso inferiori a 10 mg/l non si osservano impatti significativi, poiché si tratta di valori del tutto paragonabili a quelli ambientali.

Le classi di impatto definite in termini di concentrazione del sedimento sospeso e durata dell'esposizione sono indicate in Tabella 6.4.

**Tabella 6.4 – Classi di impatto da sedimento sospeso in termini di concentrazione e durata dell'esposizione**

		Durata (giorni)		
		>100	31-100	7-30
Concentrazione sedimento sospeso (mg/l)	≥100	Molto Alto	Alto	Medio
	50-99	Alto	Medio	Basso
	25-49	Medio	Basso	Basso
	10-24	Basso	Basso	Basso

Come si può osservare dai risultati, gli impatti sulle comunità bentoniche sono da ritenersi trascurabili per quanto riguarda il sedimento sospeso, in quanto le durate del disturbo sono sempre < 7 giorni.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	52 di 96

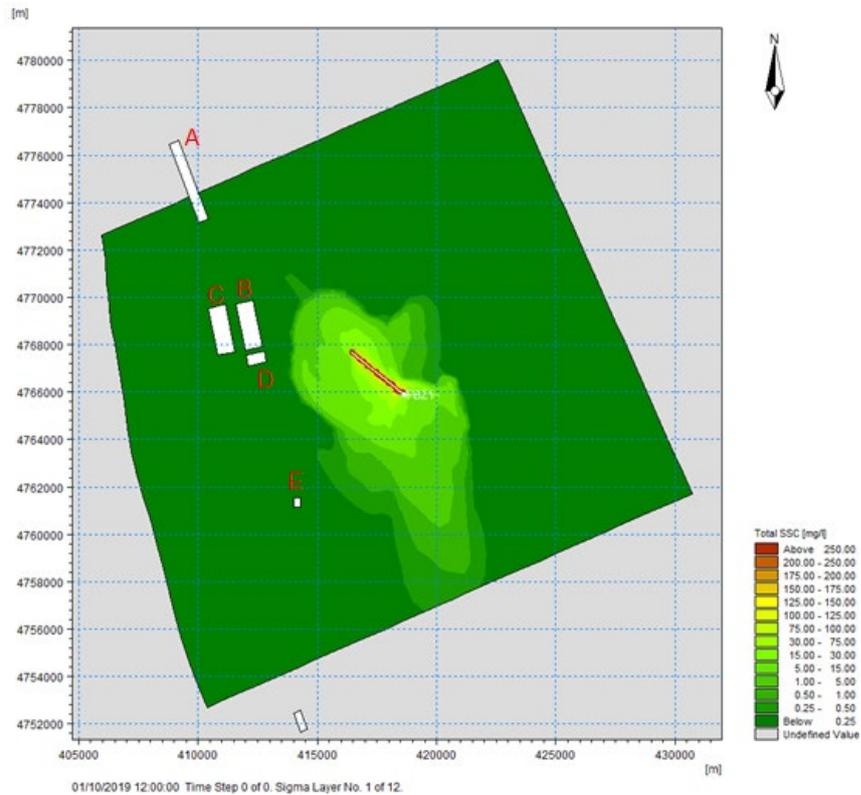
### 6.2.1.2 Impatto del sedimento sospeso sugli impianti di acquacoltura

Oltre all'impatto sulla fauna bentonica, sono stati valutati anche gli impatti del sedimento sospeso sugli impianti di acquacoltura presenti nell'area di studio, in particolare sui cinque impianti più vicini alle condotte, identificati con una lettera, da A ad E, distanti rispettivamente 8.3 km, 3.8 km, 4.9 km, 3.6 km e 6.2 km dal punto più prossimo alle condotte. Come si evince da Figura 6.11 e Figura 6.12 e da Tabella 6.5, per entrambi i periodi meteomarini rappresentativi, i valori massimi di concentrazione sono sempre inferiori a 1 mg/l, concentrazioni che non arrecano disturbo agli organismi allevati negli impianti.

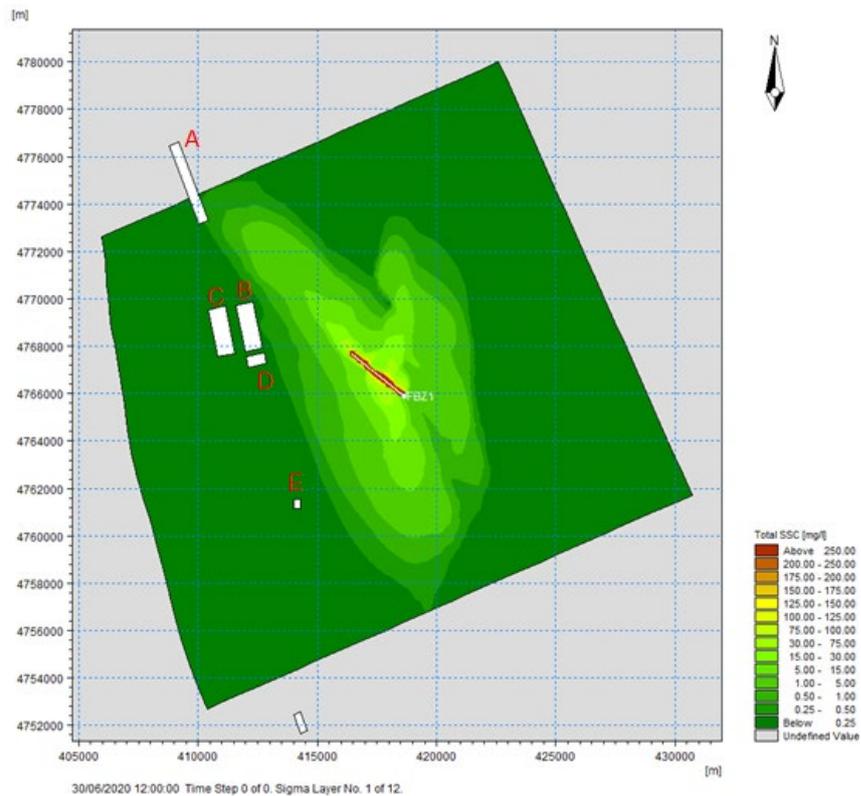
**Tabella 6.5 – Concentrazioni massime di SSC negli impianti di acquacoltura analizzati**

ID acquacoltura	Concentrazioni massime di SSC [ $\mu\text{g/l}$ ]	
	AUT/WIN	SPR/SUM
A	12.9	311.2
B	70.1	236.4
C	48.7	132.0
D	80.1	128.9
E	54.4	44.4

**Figura 6.11 – Mappa dei valori massimi di SSC nel layer di fondo con riferimento agli impianti di acquacoltura, periodo AUT/WIN.**



**Figura 6.12 – Mappa dei valori massimi di SSC nel layer di fondo con riferimento agli impianti di acquacoltura, periodo SPR/SUM.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 54 di 96
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 6.2.2 Deposito di sedimenti fini

Il deposito di sedimenti fini a seguito delle operazioni di disinterro delle condotte e successiva chiusura della trincea è stato quantificato ponendo particolare attenzione al tratto di mare in cui avverranno le operazioni di dismissione.

Dai risultati ottenuti con la simulazione 3D sono state elaborate delle mappe che illustrano la distribuzione spaziale dello spessore del sedimento depositatosi a seguito delle operazioni nei due periodi meteomarini rappresentativi. In particolare, avendo considerato come assunzione modellistica, che le operazioni di recupero degli item vengano svolte consecutivamente senza interruzioni dovute ai tempi tecnici e la movimentazione di sedimento connessa al riempimento della trincea con il materiale temporaneamente accumulato ai lati della stessa, il massimo impatto al fondale in termini di variazioni di spessore di sedimento si verifica alla fine della fase di taglio e recupero delle pipeline (vedi in dettaglio il Paragrafo 6.1.1). I risultati sono stati estratti dopo 13.9 giorni dall'inizio della simulazione.

Il valore massimo di deposito di sedimenti, indipendentemente dal periodo meteomarino rappresentativo, è dell'ordine di 13-15 cm (con picchi localizzati fino a 41-45 cm). La deposizione massima si verifica lungo il tracciato delle condotte, in prossimità delle zone in cui le linee sono maggiormente interrate (Figura 6.14 e Figura 6.15).

La modellazione numerica della dispersione è riferita alla sola frazione fine (vedi Paragrafo 6.1.2). Questa scelta deriva dal fatto che è ragionevole presupporre che la frazione sabbiosa si depositi vicino ai punti di rilascio, e che quindi non avrà rilevanza dal punto di vista dell'impatto ambientale.

È stata comunque fatta una stima approssimativa della quantità di sabbia che si depositerà nell'intorno dei punti di rilascio, ovvero nella zona in cui avranno luogo le operazioni di dragaggio/movimentazione sedimento.

Tale frazione sabbiosa, è stata calcolata come differenza dei ratei precedentemente considerati (relativi rispettivamente a tutte le frazioni e alla sola frazione fine, cioè limo e argilla), definiti in Tabella 6.2. Attraverso semplici calcoli matematici, che considerano la velocità di sedimentazione dei sedimenti messi in sospensione e la velocità della corrente. È stato stimato che la maggior parte della frazione sabbiosa rilasciata durante le operazioni di dragaggio/movimentazione sedimento si depositerà entro i primi 30-35 m dal punto di rilascio.

Nella Tabella 6.6 vengono riportate, per i periodi meteomarini AUT/WIN e SPR/SUM, le aree impattate dalla deposizione di sedimento fine, legato puramente alle operazioni di dismissione, di spessore rispettivamente >0.4 m, > 0.2 m, > 0.1 m, > 0.01 m e > 0.003 mm.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	55 di 96

**Tabella 6.6 – Aree impattate dal deposito di sedimenti fini con spessore variabile**

Scenario:	B	
	AUT/WIN	SPR/SUM
Area coinvolta [m <sup>2</sup> ] con spessore > 0.4 m	1,511	1,511
Area coinvolta [m <sup>2</sup> ] con spessore > 0.2 m	28,392	33,488
Area coinvolta [m <sup>2</sup> ] con spessore > 0.1 m	144,197	143,415
Area coinvolta [m <sup>2</sup> ] con spessore > 0.01 m	250,634	238,457
Area coinvolta [m <sup>2</sup> ] con spessore > 0.003 m	323,736	320,033

### 6.2.2.1 Impatto della sedimentazione

Il potenziale impatto determinato dalla deposizione del sedimento sulla fauna bentonica può essere valutato mediante un parametro di misura dell'entità della pressione definito come "lo spessore di deposizione massimo che persiste in un'area per un determinato intervallo di tempo".

L'entità della pressione dipende quindi da due parametri: dallo spessore di sedimentazione derivante dalle operazioni di dragaggio/movimentazione sedimento e dall'intervallo di tempo di persistenza di tale spessore.

Per la valutazione del parametro di pressione viene considerato, in modo cautelativo, lo spessore massimo rilevato in una certa area.

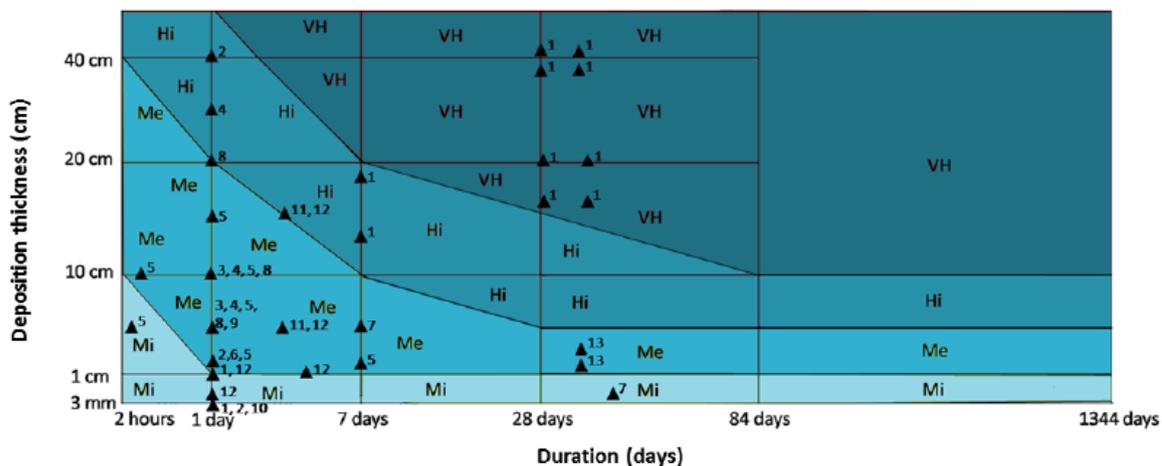
In base ai dati presenti in letteratura vengono considerati solo spessori superiori ai 3 mm ed intervalli di tempo maggiori di 2 ore. La fauna bentonica può infatti adattarsi senza problemi a ricoperture di sedimenti fino a 3 mm di spessore grazie alle naturali capacità di seppellirsi sotto il substrato e di muoversi, nonché grazie alla capacità di rigettare in modo selettivo particelle estranee durante l'alimentazione. La soglia limite di 3 mm è stata documentata da Gibbs e Hewitt [Rif. 12].

Mediante dati sperimentali disponibili in letteratura è stato possibile ricostruire il diagramma riportato in Figura 6.13, in cui sono individuate delle classi di potenziale impatto, in funzione dello spessore del sedimento depositato e della durata della persistenza di tale spessore in un'area. Nella figura sono indicati con diversi colori i quattro livelli di pressione, corrispondenti alle quattro classi di potenziale impatto, così definiti:

- Basso (Minor – Mi)
- Medio (Medium – Me)
- Alto (High – Hi)
- Molto Alto (Very High – VH)

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	56 di 96

**Figura 6.13 – Classi di potenziale impatto da sedimentazione.**

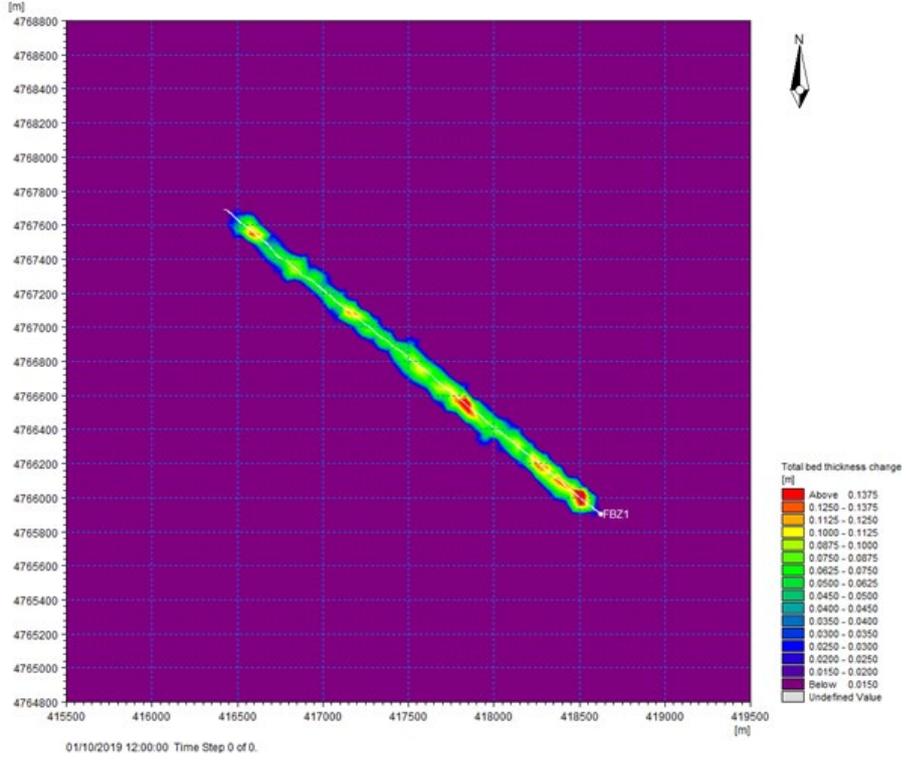


Gli impatti “alto” e “molto alto” corrispondono ad effetti sul grado di vitalità e sul tasso di mortalità degli organismi bentonici, mentre l’impatto “basso” ha solo effetto sul grado di vitalità.

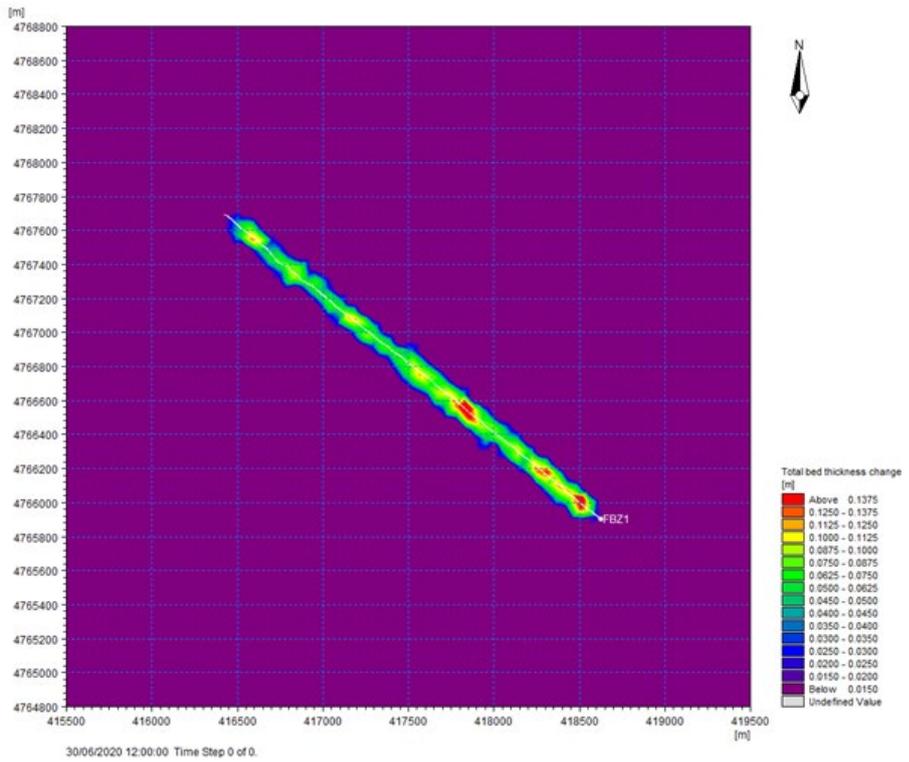
Dall’analisi dei risultati presentati nel Paragrafo 6.2.2, si può derivare che gli impatti sulle comunità bentoniche sono da ritenersi molto alti (VH) poiché gli accumuli massimi di sedimento sono localmente superiori a 40 cm e la loro permanenza sul fondale marino è compresa tra 7 e 28 giorni. La superficie interessata da tale disturbo è tuttavia ristretta all’area dove viene scavata la trincea (buffer di circa 50-60 m lateralmente all’asse delle condotte).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	57 di 96

**Figura 6.14 – Variazione dello spessore di sedimenti fini sul fondo per le condotte di Fabrizia 1, periodo AUT/WIN.**



**Figura 6.15 – Variazione dello spessore di sedimenti fini sul fondo per le condotte di Fabrizia 1, periodo SPR/SUM.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	58 di 96

## 7 ANALISI DI DISPERSIONE DEI CONTAMINANTI

### 7.1 Concentrazioni iniziali di contaminanti nel sedimento

Per quantificare i livelli di concentrazione degli inquinanti nel sedimento sono state utilizzate le analisi relative al monitoraggio annuale condotto da ISPRA in RTI con Atlantis e SGS Italia sulla piattaforma Pennina [Rif. 8] (Tabella 7.1 e Tabella 7.2).

In particolare, è stato considerato il campione già selezionato per lo studio di dispersione dei sedimenti (PE\_4S (0-2)).

**Tabella 7.1 – Concentrazioni di metalli pesanti utilizzate per lo studio della dispersione di contaminanti da sedimento [Rif. 8]**

Campioni	As	Cd	Hg	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
PE 1 0-2	6,0	0,1	0,1	436,2	71,2	19,0	2,7	575,6	42,3	41,2	130,2
PE 2 0-2	9,4	0,1	0,1	509,7	89,1	23,9	3,2	647,0	55,3	18,7	139,7
PE 2 8-10	12,0	0,1	0,1	261,5	86,7	26,6	3,1	687,3	53,0	13,0	86,7
PE 3 0-2	12,9	0,1	0,1	378,4	89,6	26,4	3,1	671,4	53,9	12,2	86,5
PE 3 8-10	13,8	0,1	0,1	252,0	89,1	22,9	3,2	815,6	55,1	18,8	96,5
PE 4 0-2	16,1	0,1	0,1	239,3	89,1	26,0	3,3	693,3	55,4	11,5	83,1
PE 4 8-10	11,2	0,1	0,1	279,0	92,1	22,9	3,3	721,4	56,3	20,7	98,2

**Tabella 7.2 – Concentrazioni di componenti idrocarburiche utilizzate per lo studio della dispersione di contaminanti da sedimento [Rif. 8]**

Pennina		PE_1S (0-2)	PE_2S (0-2)	PE_3S (0-2)	PE_4S (0-2)	PE_1S (8-10)	PE_2S (8-10)	PE_3S (8-10)	PE_4S (8-10)	
VOC $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.f.	BTEX	Benzene	0,42	0,30	0,32	0,16	n.p.	0,34	0,37	0,36
		Toluene	0,56	0,96	0,92	0,42	n.p.	0,74	0,74	1,04
		Etilbenzene	0,40	0,88	0,87	0,36	n.p.	0,67	0,55	0,84
		m+p-xilene	<0,20	0,35	0,25	<0,20	n.p.	<0,20	<0,20	0,26
		o-xilene	0,13	0,32	0,25	0,12	n.p.	0,18	0,14	0,26
		$\Sigma\text{BTEX}^{5*}$	1,61	2,82	2,62	1,16	n.p.	2,03	1,90	2,75
	$\Sigma\text{n-C}_6\text{-C}_{10}^{5**}$	4,16	4,01	4,74	4,60	n.p.	4,22	3,85	7,81	

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	59 di 96

## 7.2 Limiti di riferimento

Le concentrazioni di inquinanti calcolate, ottenute a partire dai risultati delle simulazioni numeriche di dispersione di sedimenti durante le fasi di rimozione delle condotte sottomarine, sono state riferite agli indicatori della normativa vigente, D. Lgs. 172 del 13 Ottobre 2015 “Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque”, riportati in Tabella 7.3.

I contaminanti analizzati nelle simulazioni sono divisibili in due categorie:

- Metalli pesanti: Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Nichel (Ni) e Piombo (Pb)
- Componenti idrocarburiche: Benzene, Toluene e Xileni (è stato considerato un unico componente come somma di o-, m- e p- xilene).

**Tabella 7.3 - Limiti normativi considerati per le sostanze inquinanti monitorate (Tab 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/2015)**

Denominazione della sostanza	SQA-CMA Altre acque di superficie** [ug/l]
<b>Tab. 1/A</b>	
Benzene	50
Cadmio (in funzione delle classi di durezza dell'acqua)	1.5 (classe 5)
Mercurio e composti	0.07
Nichel e composti	34
Piombo e composti	14
Denominazione della sostanza	SQA-MA Altre acque di superficie** [ug/l]
<b>Tab. 1/B</b>	
Arsenico	5
Cromo totale	4
Toluene	1
Xileni *	1

\* Per gli xileni lo standard di qualità si riferisce ad ogni singolo isomero (orto-, meta- e para xilene).

\*\* Per altre acque di superficie si intendono le acque marino-costiere e le acque di transizione

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 60 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 7.3 Risultati

Fissata la posizione, sul fondo marino, dove avviene la movimentazione di sedimento, sia la dispersione che l'evoluzione del plume di contaminanti in colonna d'acqua sono funzione delle condizioni idrodinamiche.

Al fine di permettere una migliore comprensione dei risultati, nelle figure riportate di seguito (da Figura 7.1 a Figura 7.36) sono rappresentati i risultati non per l'intero dominio di calcolo, ma solamente per la zona circostante l'area dragata.

### 7.3.1 Contaminanti in colonna d'acqua

Da Figura 7.1 a Figura 7.36 sono illustrate, per ciascuno dei due periodi meteomarini rappresentativi (AUT/WIN e SPR/SUM), sia la distribuzione della concentrazione massima di ciascun contaminante analizzato nel layer di fondo in mg/l, sia il profilo verticale del plume del contaminante lungo una sezione rappresentativa. Le concentrazioni riportate nelle figure fanno riferimento ai massimi calcolati sull'intero periodo di simulazione, processando i risultati delle mappe di concentrazione per i 31 giorni di cui è disponibile la modellazione idrodinamica. Le aree dove vengono superati gli standard di qualità ambientale sono evidenziate in rosso.

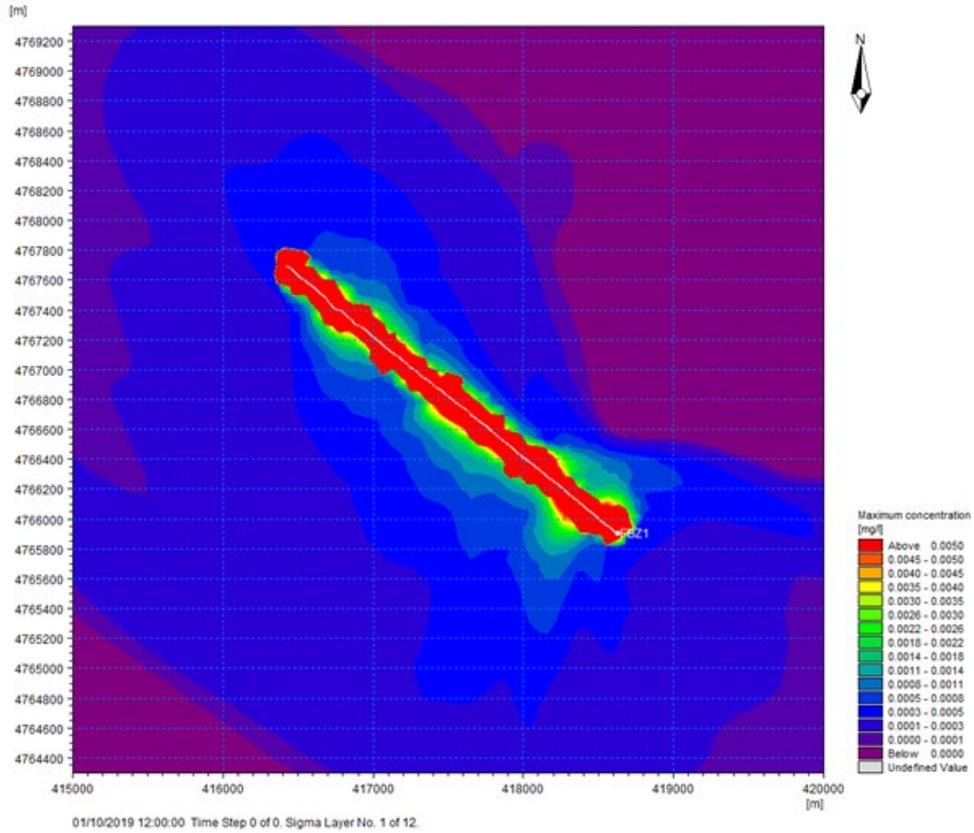
I contaminanti risospesi con il sedimento durante le operazioni di dragaggio, rimangono confinati negli strati più profondi, con concentrazioni progressivamente più basse procedendo verso la superficie.

Tutti i metalli pesanti presi in considerazione, mostrano dei superamenti in riferimento alle concentrazioni di SQA, quasi esclusivamente in corrispondenza del tracciato delle condotte sottomarine di Fabrizia 1 - innesto con le linee Davide-Grottammare; già in un intorno di 80-100 m dall'asse del tracciato delle condotte si riscontrano valori di concentrazione inferiori alle soglie analizzate. Per quanto riguarda il Cromo (Cr) gli impatti sono più estesi e interessano un buffer di circa 450-600 m dall'asse principale delle condotte, sia per il periodo AUT/WIN che per il periodo SPR/SUM.

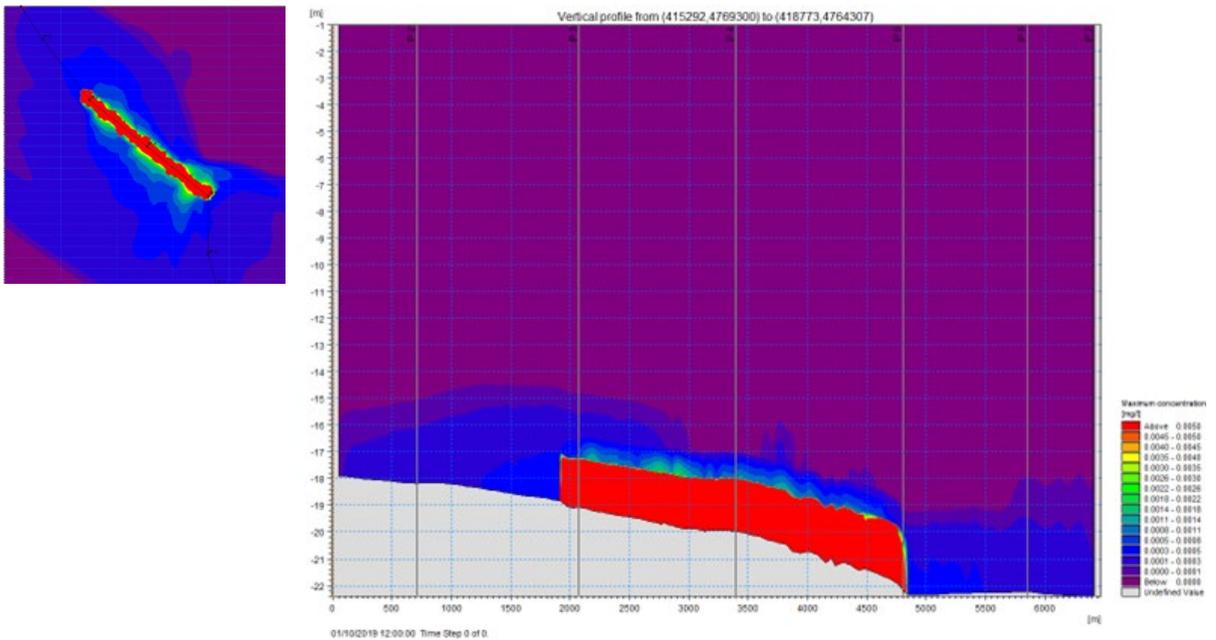
Gli impatti delle componenti idrocarburiche presenti nel sedimento e rilasciate in colonna d'acqua a seguito della movimentazione dei sedimenti sono trascurabili, in quanto inferiori agli SQA.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	61 di 96

**Figura 7.1 – Arsenico (As): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

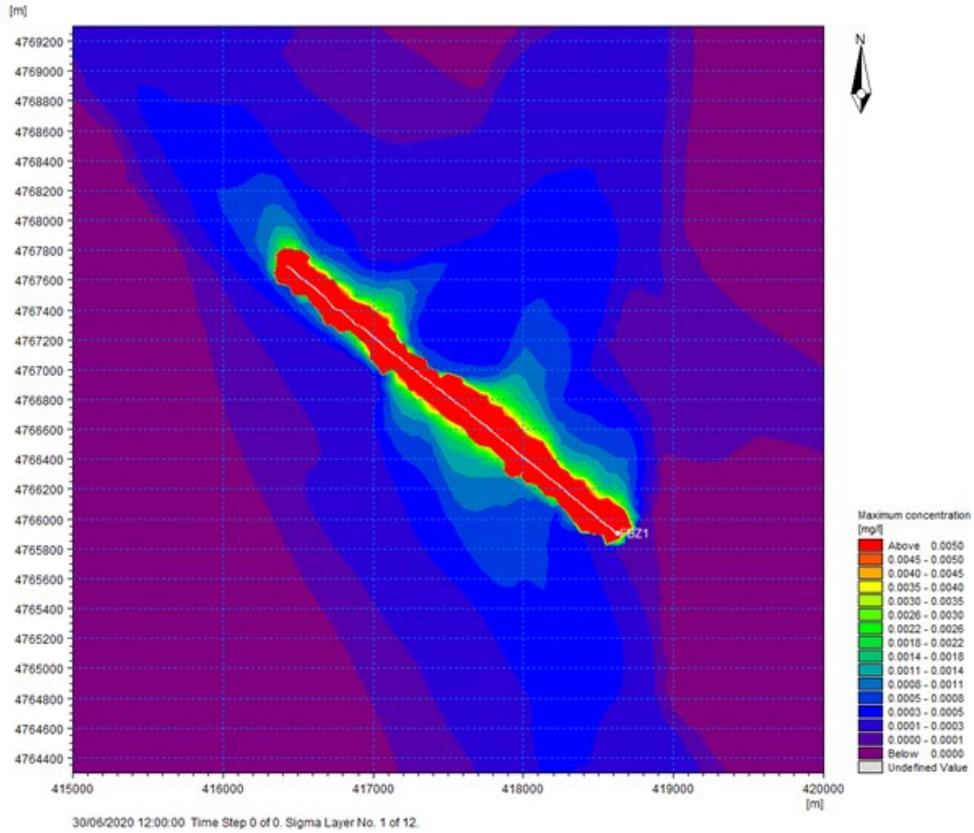


**Figura 7.2 – Arsenico (As): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

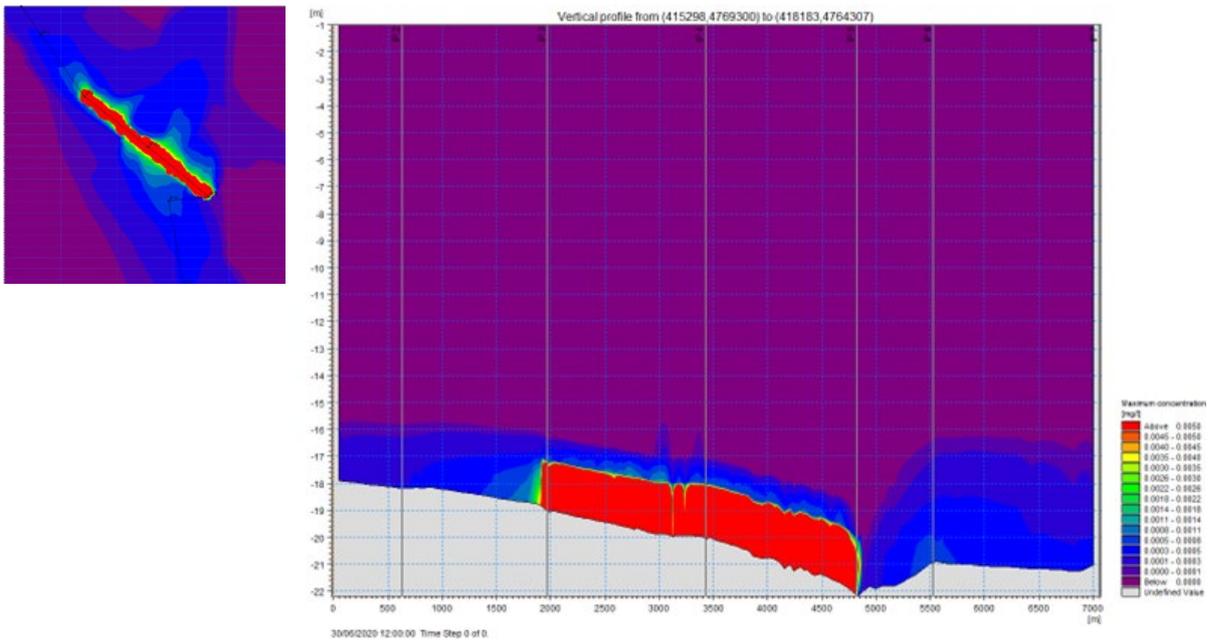


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	62 di 96

**Figura 7.3 – Arsenico (As): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

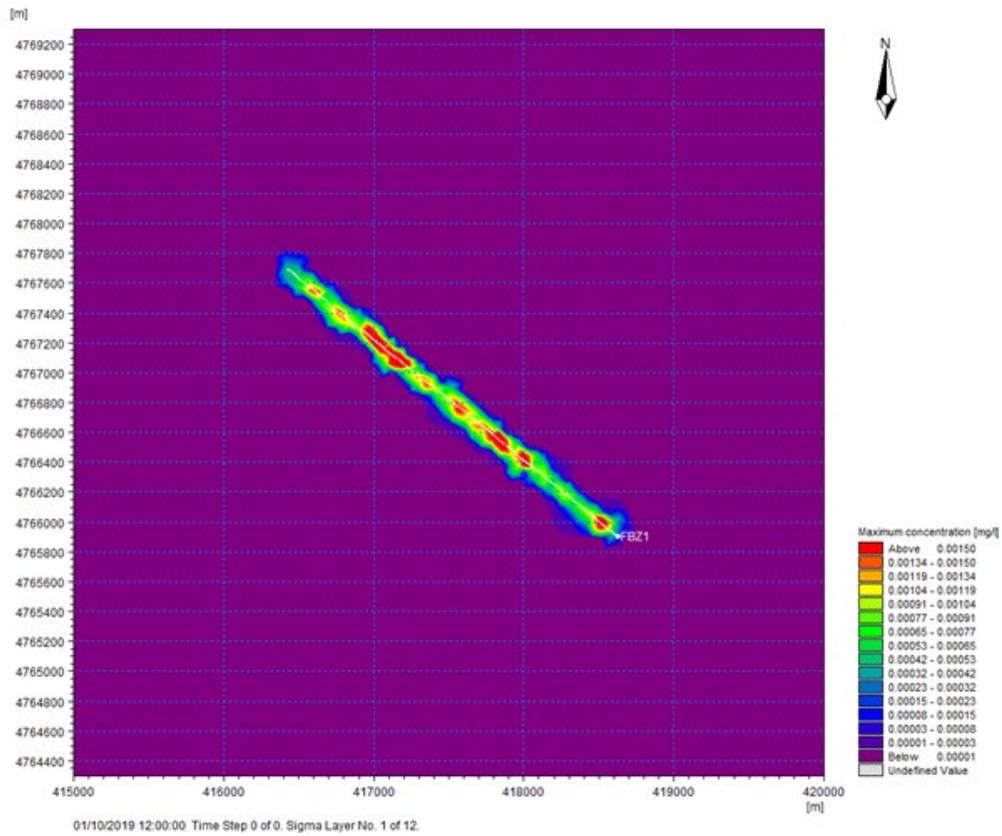


**Figura 7.4 – Arsenico (As): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

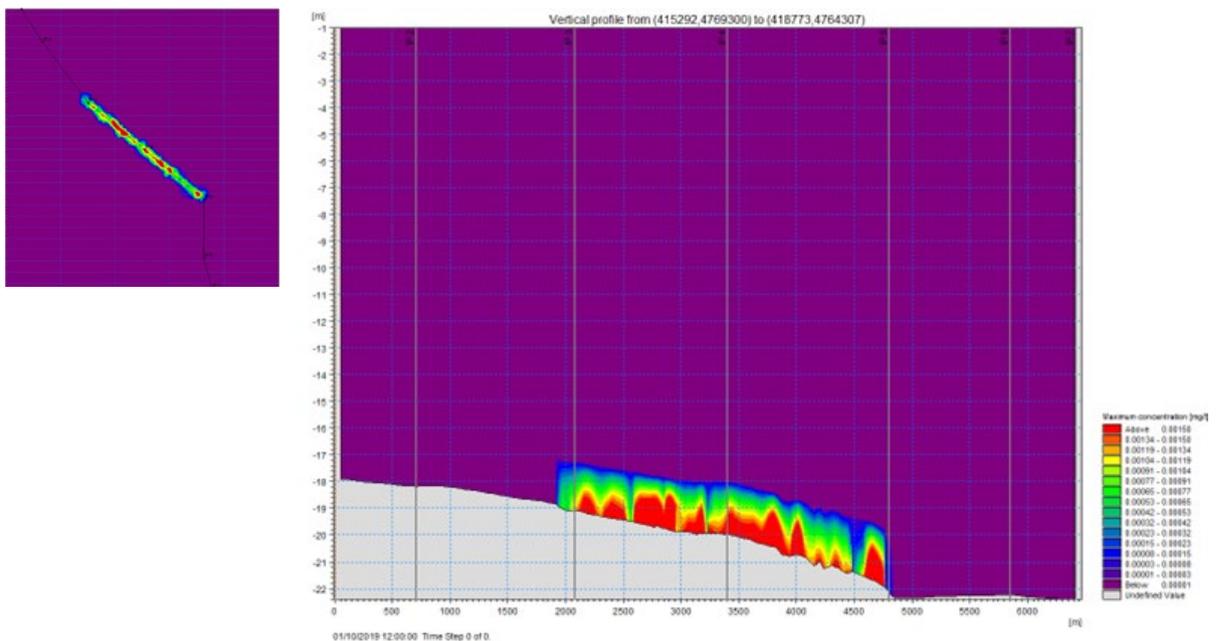


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	63 di 96

**Figura 7.5 – Cadmio (Cd): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

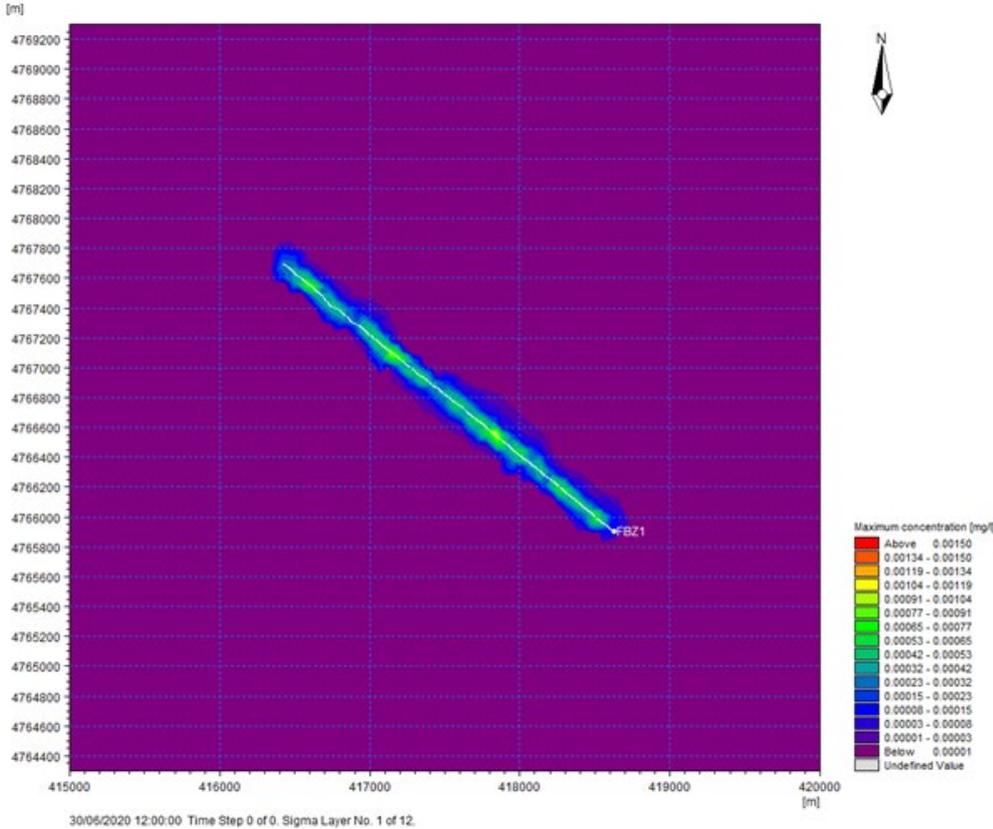


**Figura 7.6 – Cadmio (Cd): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

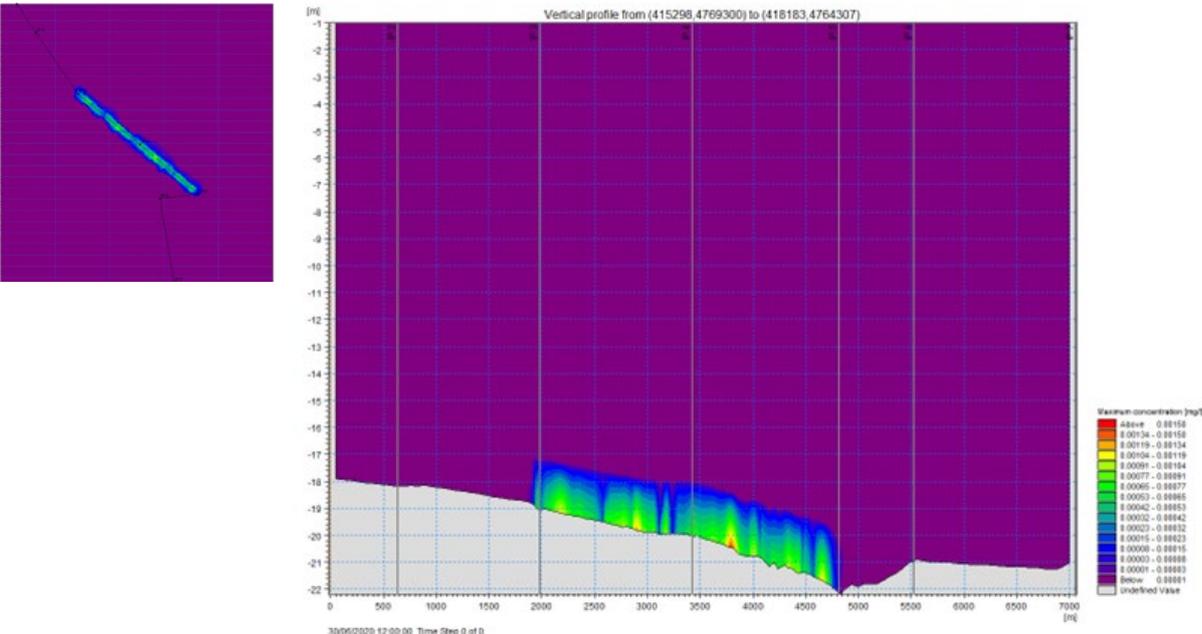


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	64 di 96

**Figura 7.7 – Cadmio (Cd): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

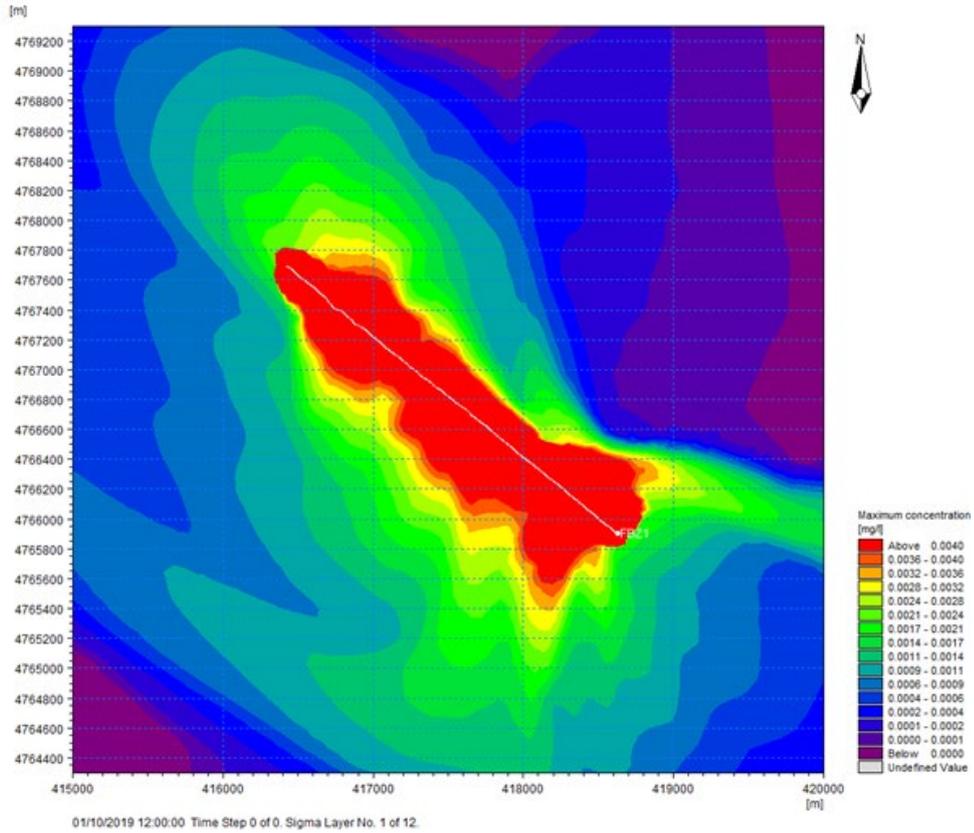


**Figura 7.8 – Cadmio (Cd): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

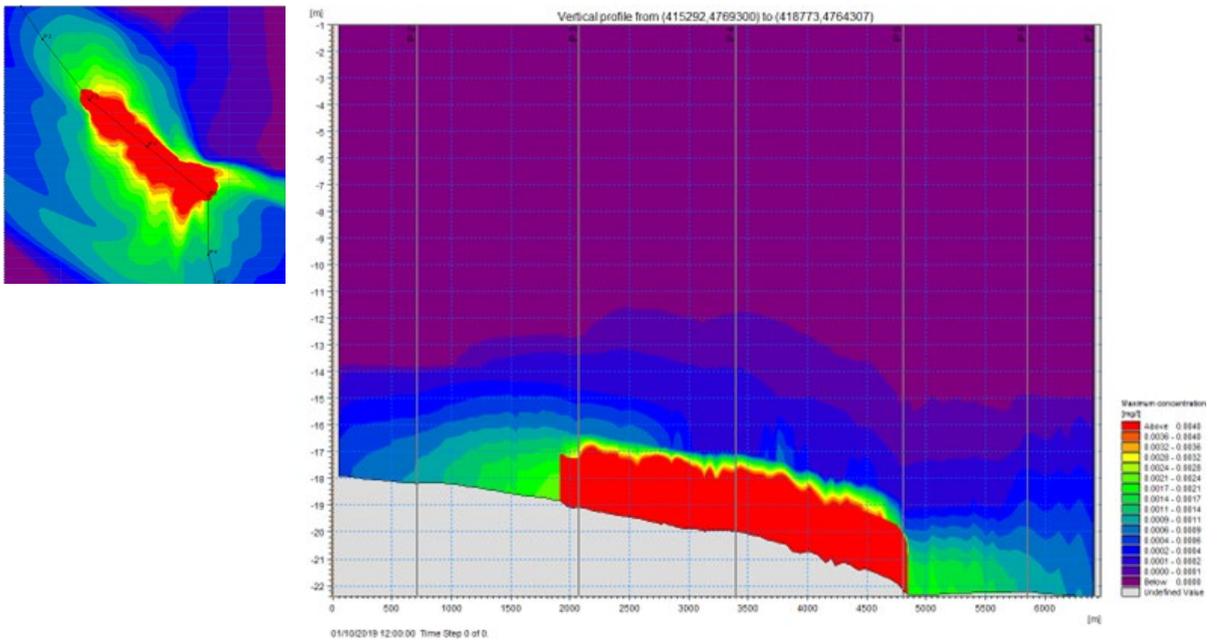


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	65 di 96

**Figura 7.9 – Cromo (Cr): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

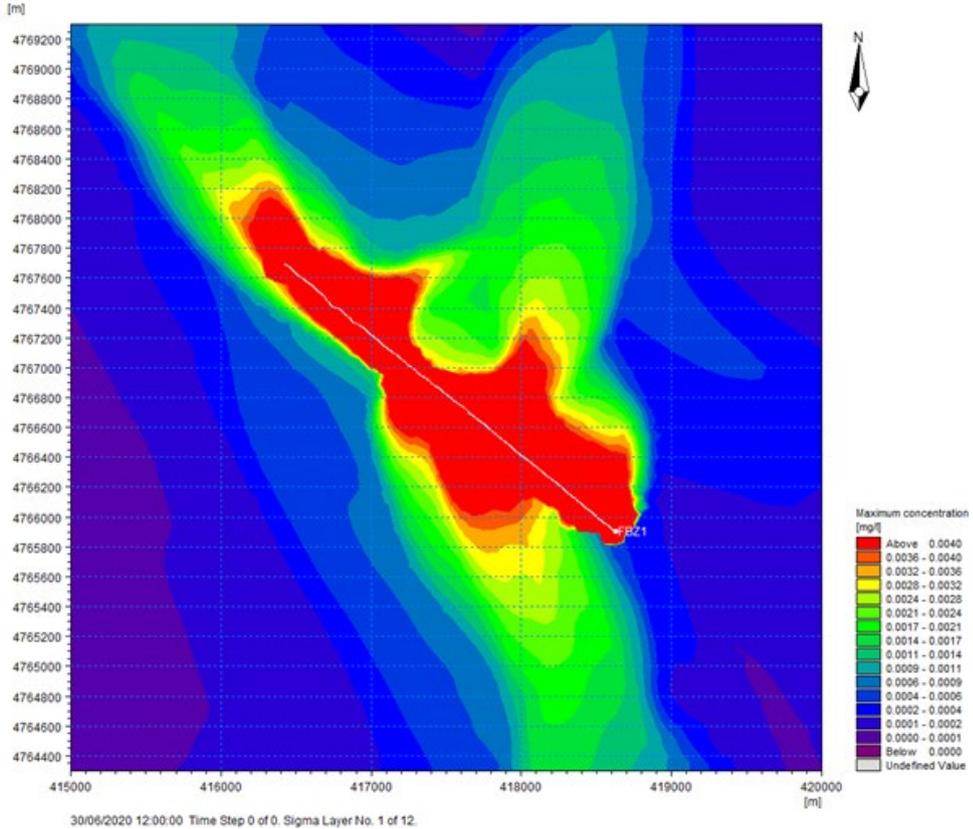


**Figura 7.10 – Cromo (Cr): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

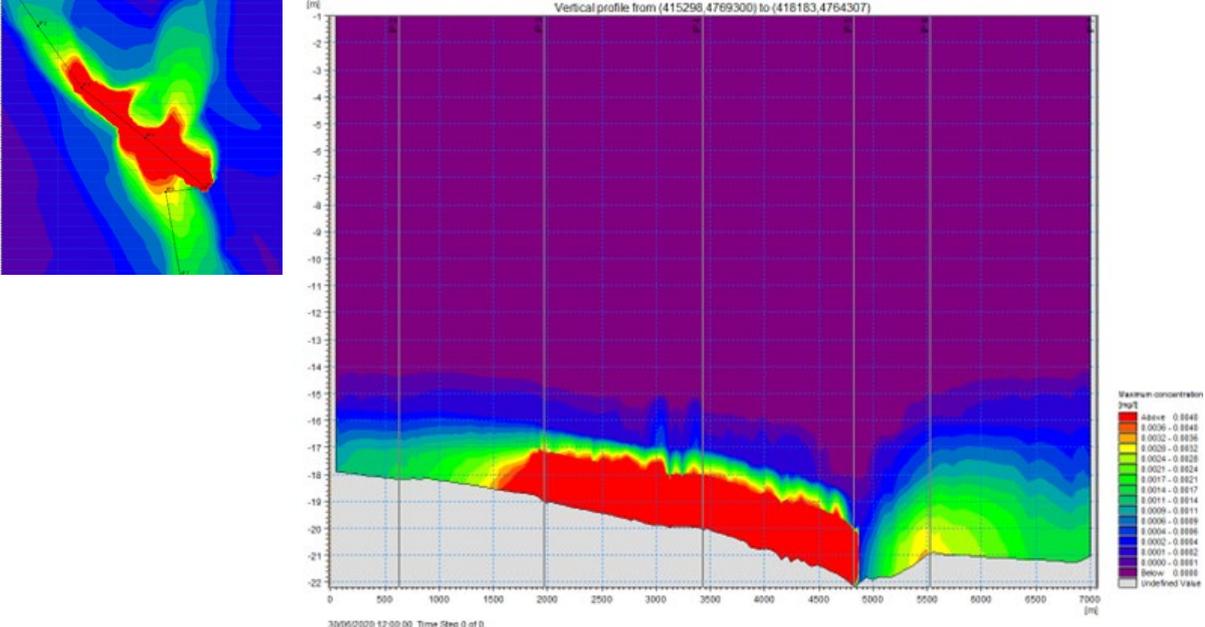


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	66 di 96

**Figura 7.11 – Cromo (Cr): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

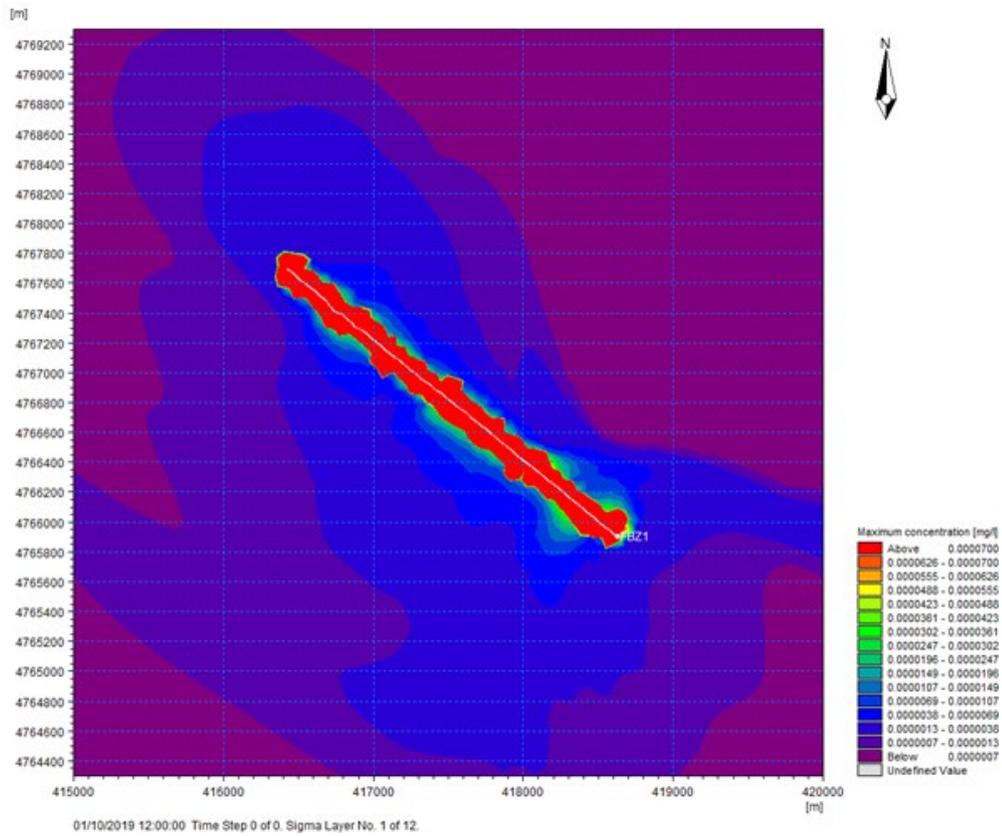


**Figura 7.12 – Cromo (Cr): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

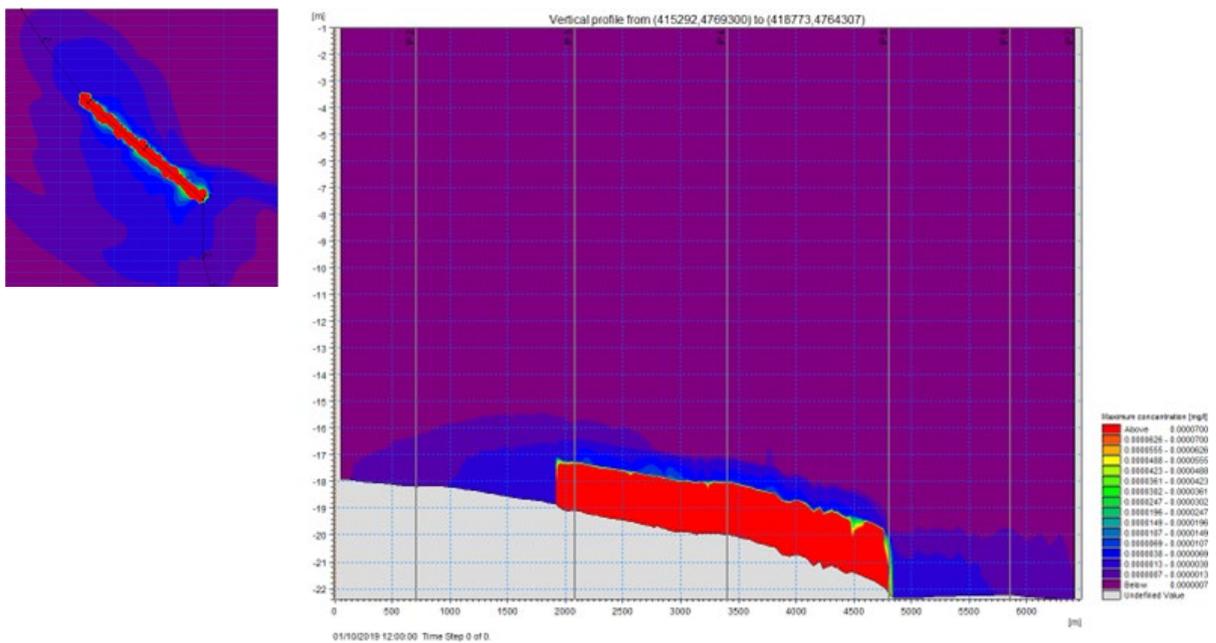


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	67 di 96

**Figura 7.13 – Mercurio (Hg): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

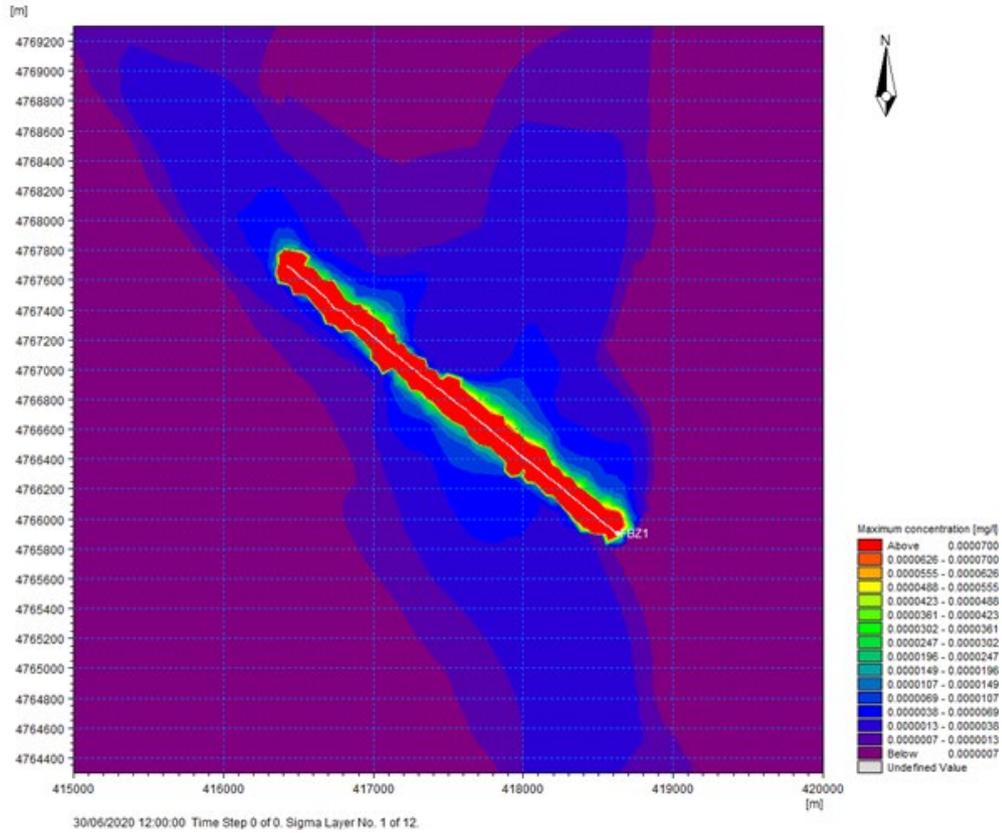


**Figura 7.14 – Mercurio (Hg): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

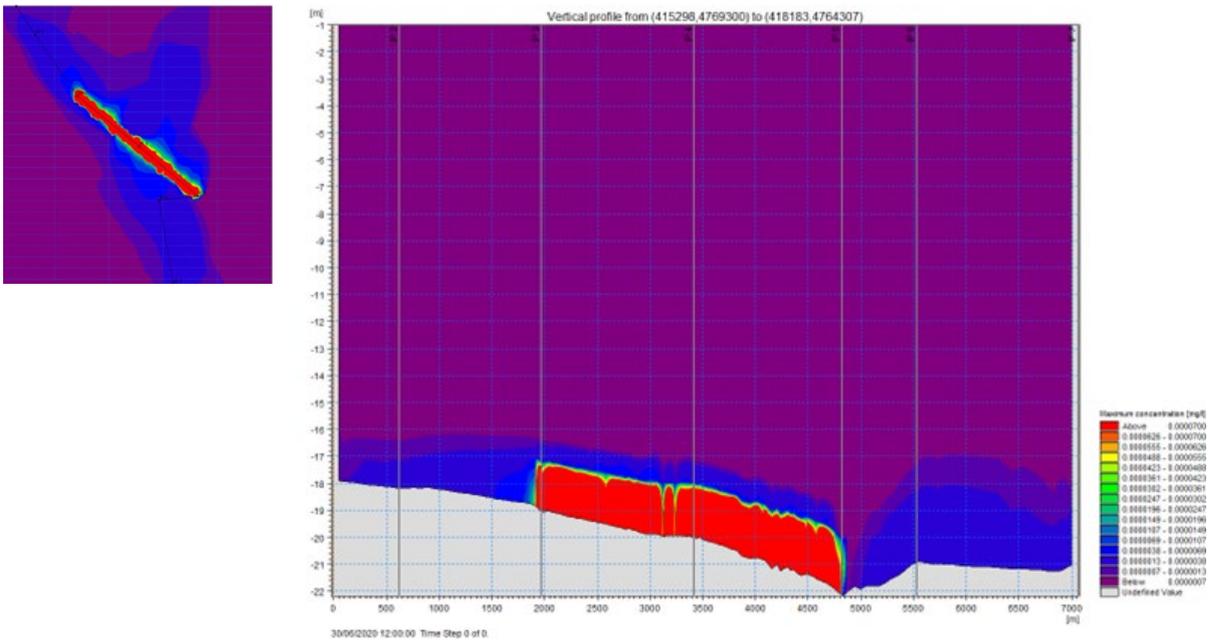


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	68 di 96

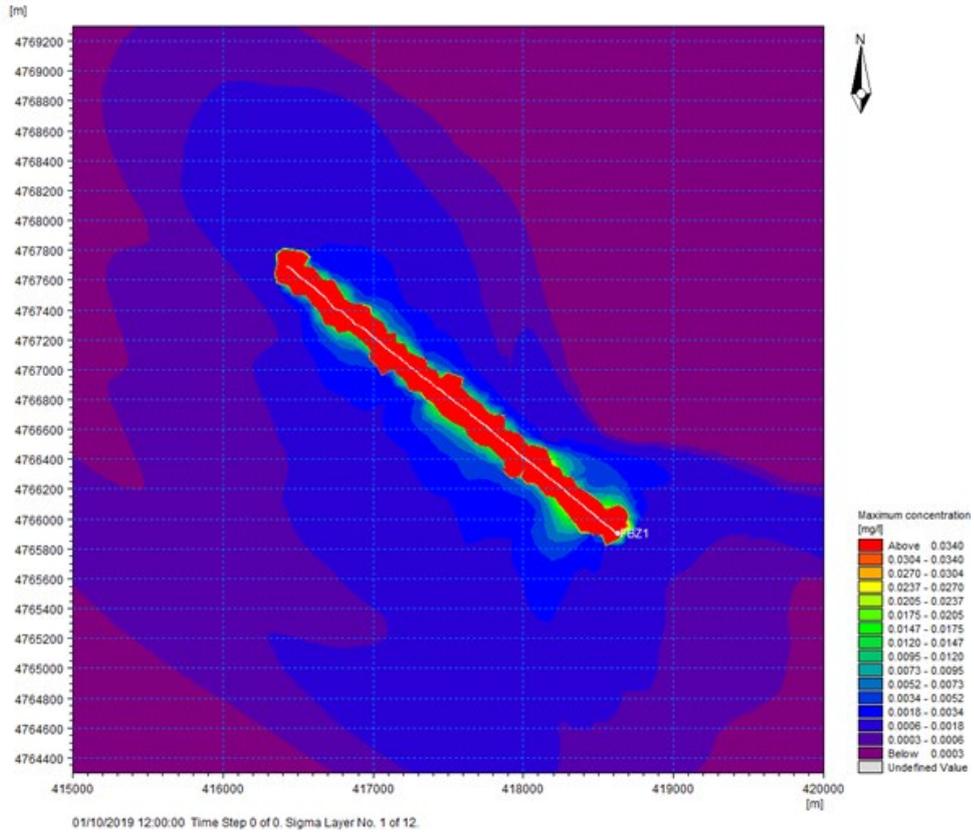
**Figura 7.15 – Mercurio (Hg): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**



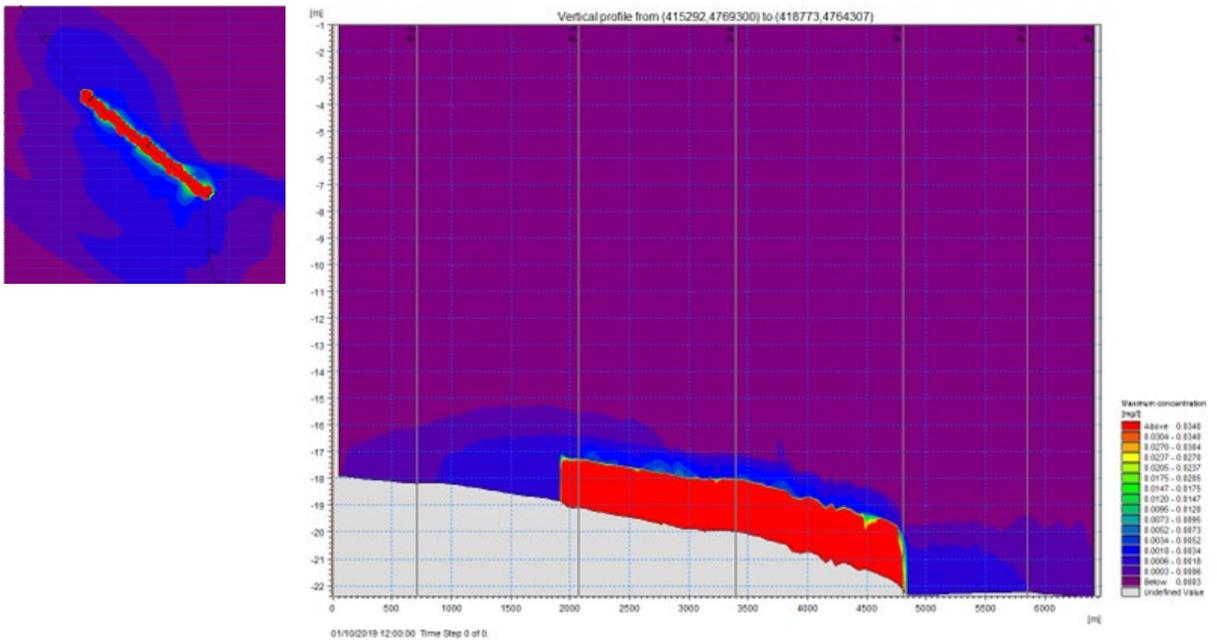
**Figura 7.16 – Mercurio (Hg): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**



**Figura 7.17 – Nichel (Ni): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

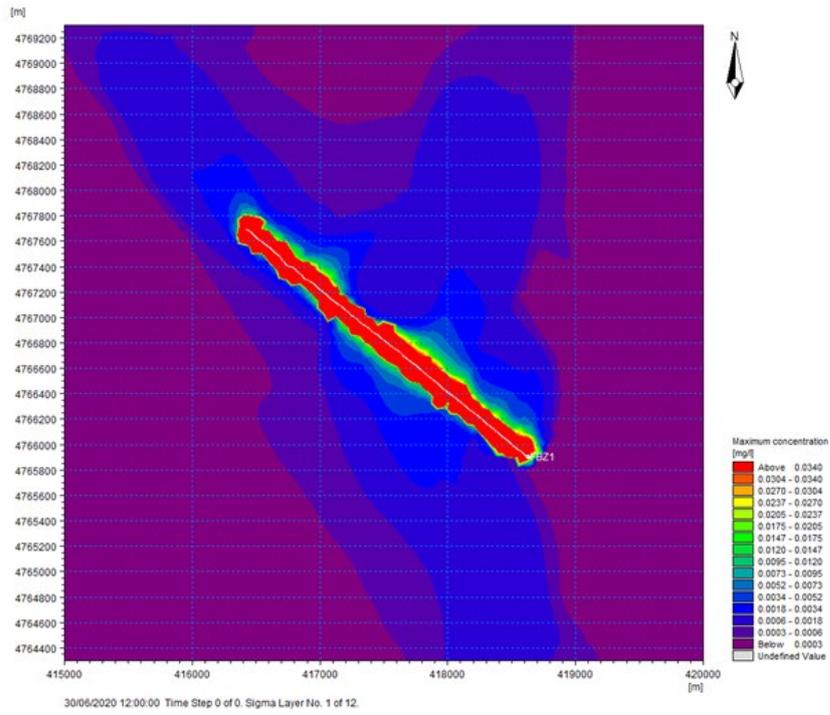


**Figura 7.18 – Nichel (Ni): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

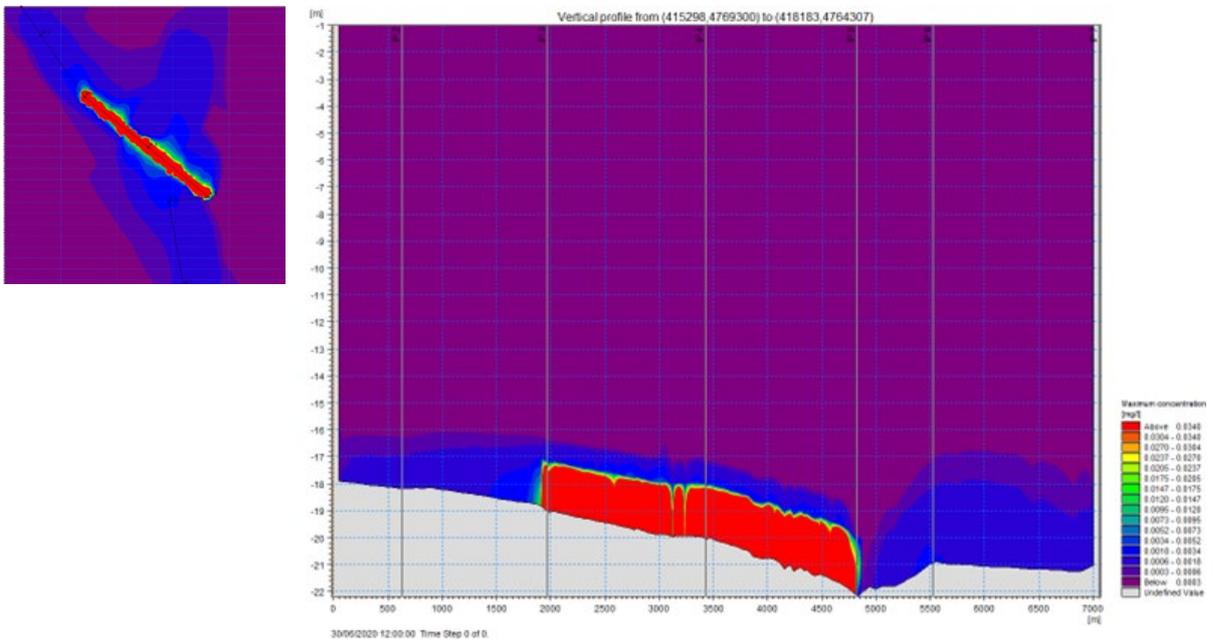


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	70 di 96

**Figura 7.19 – Nichel (Ni): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

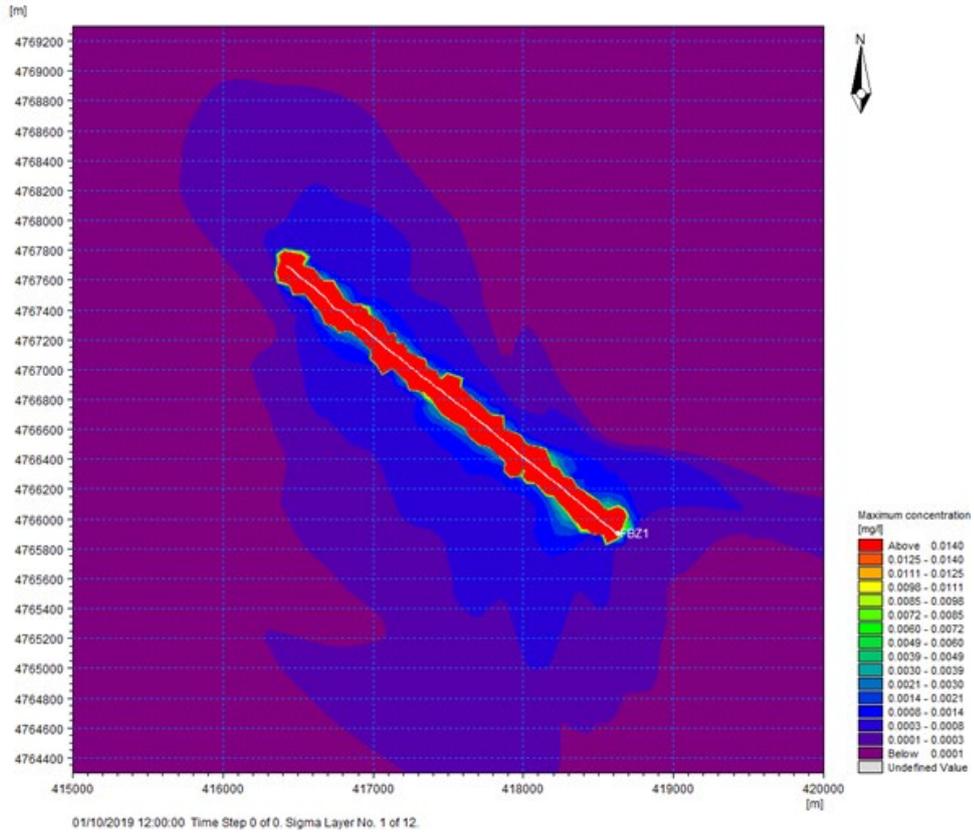


**Figura 7.20 – Nichel (Ni): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

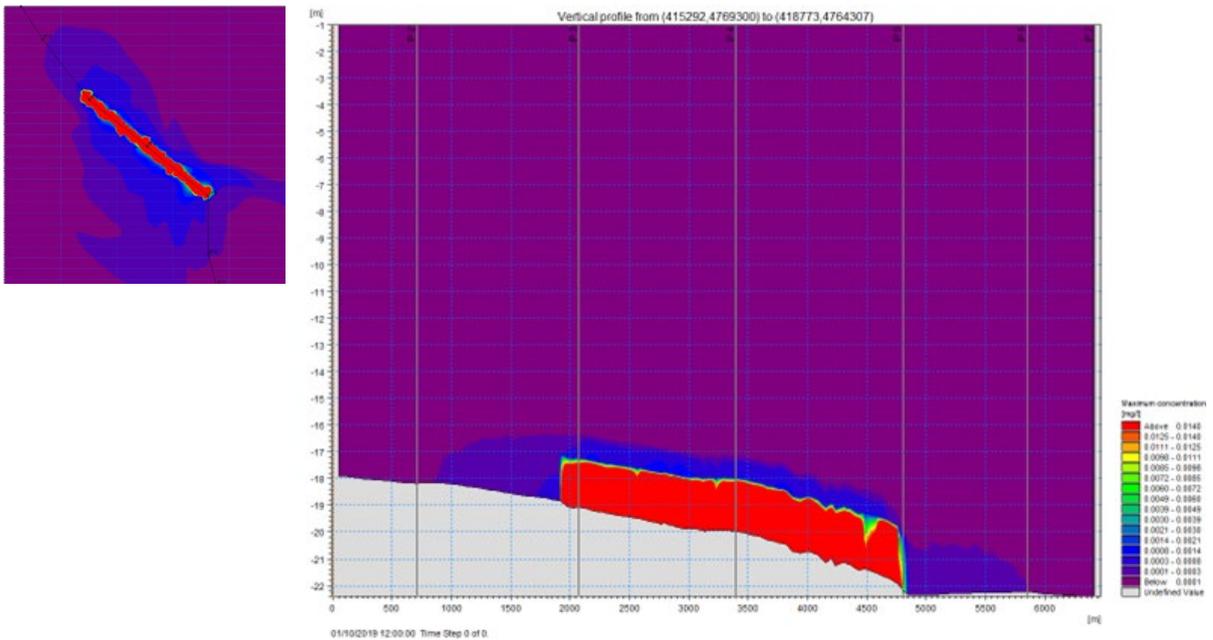


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	71 di 96

**Figura 7.21 – Piombo (Pb): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

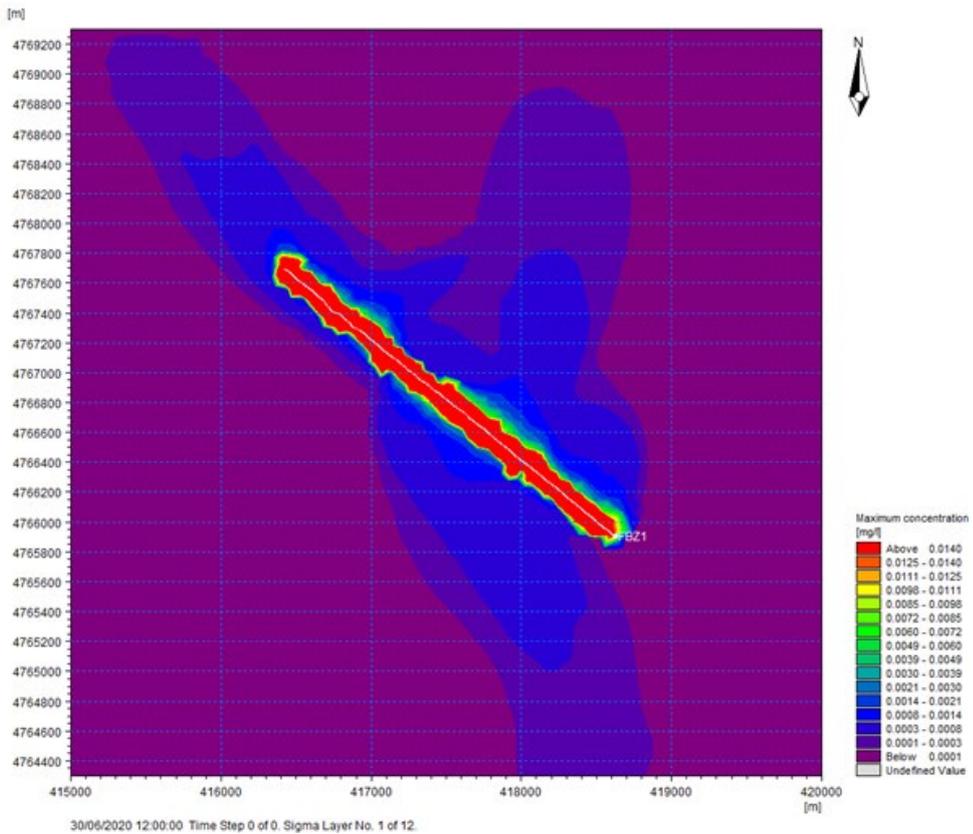


**Figura 7.22 – Piombo (Pb): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

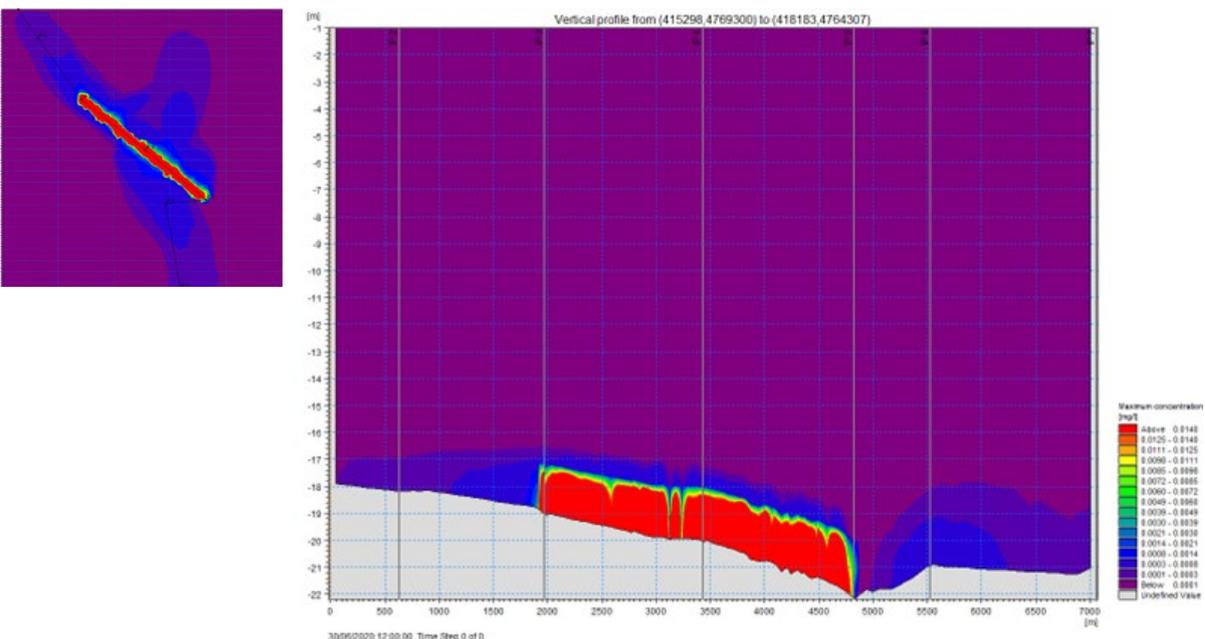


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	72 di 96

**Figura 7.23 – Piombo (Pb): mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

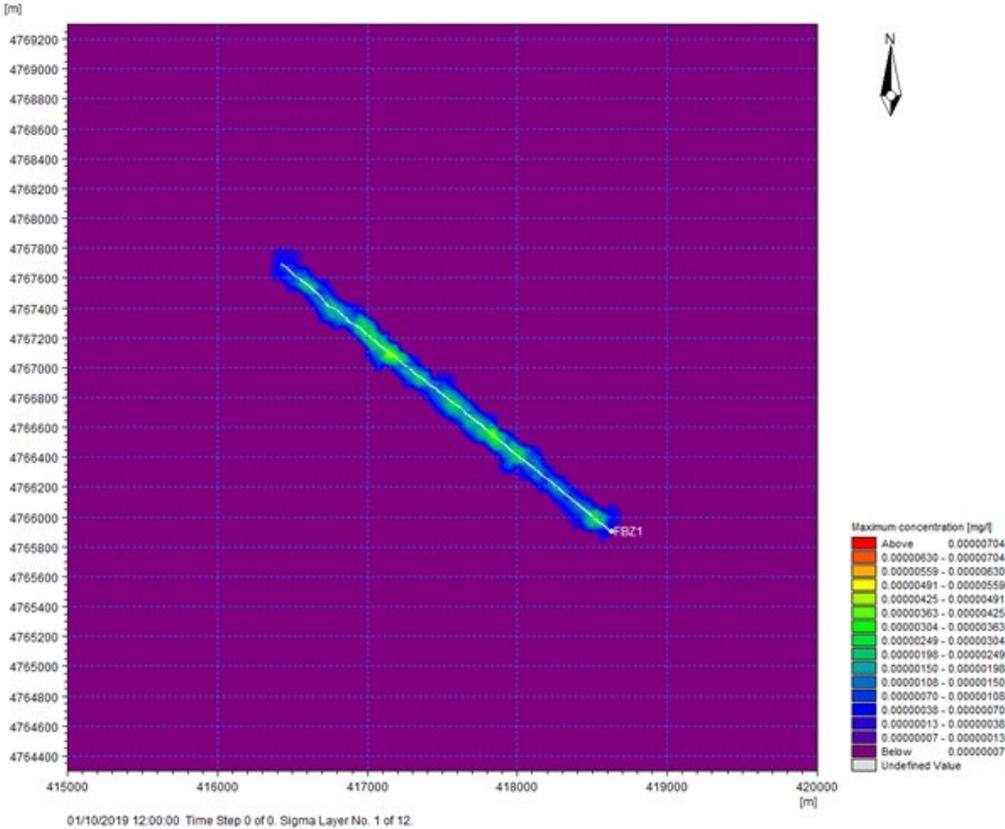


**Figura 7.24 – Piombo (Pb): valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

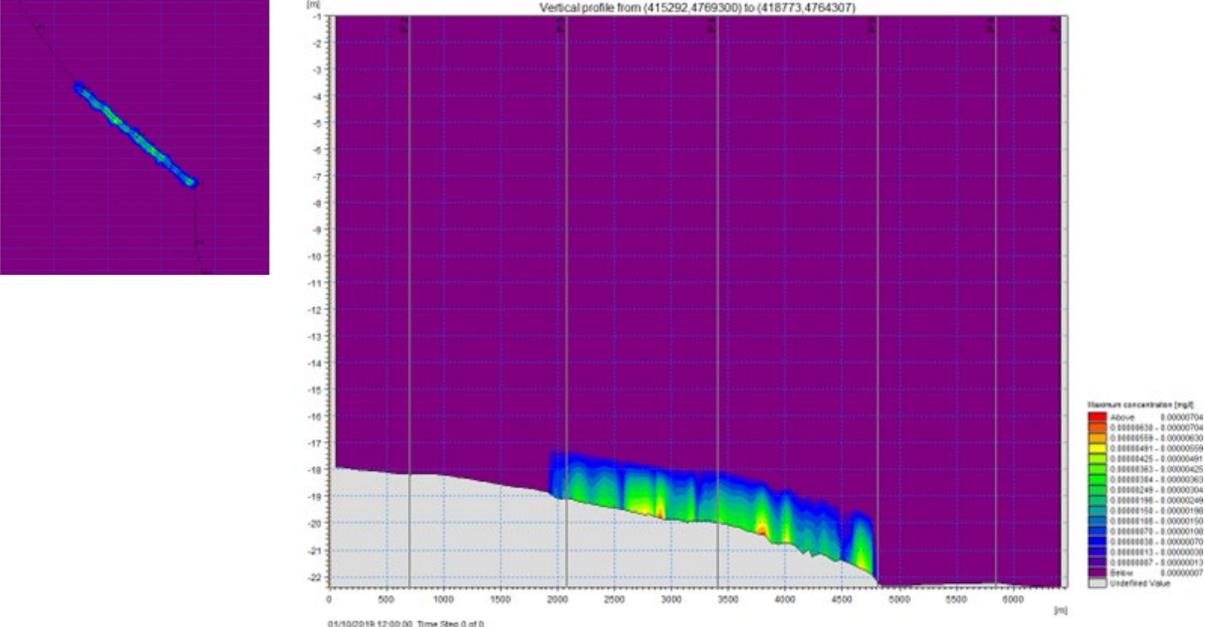


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	73 di 96

**Figura 7.25 – Benzene: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

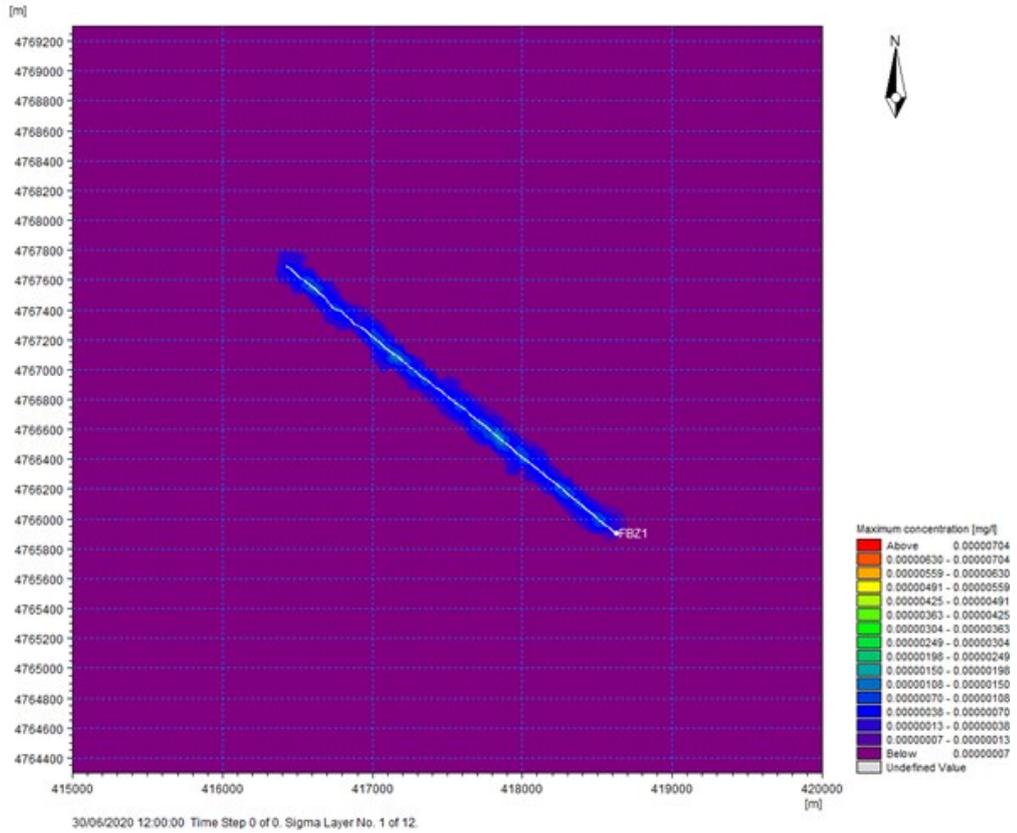


**Figura 7.26 – Benzene: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

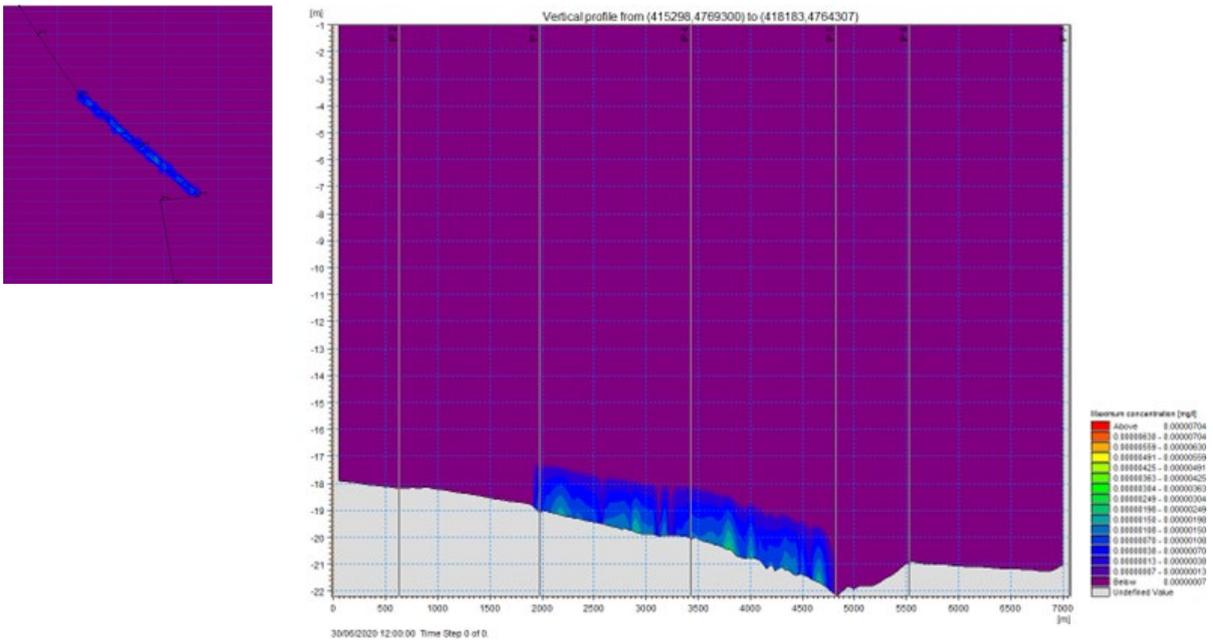


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	74 di 96

**Figura 7.27 – Benzene: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

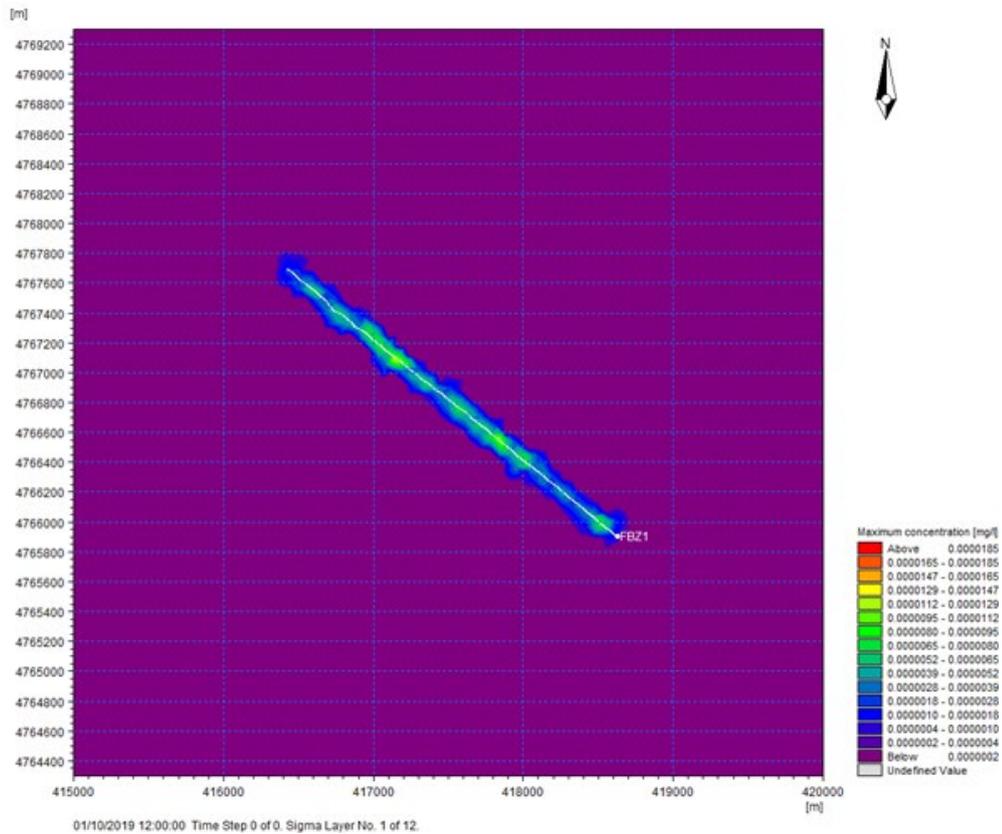


**Figura 7.28 – Benzene: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

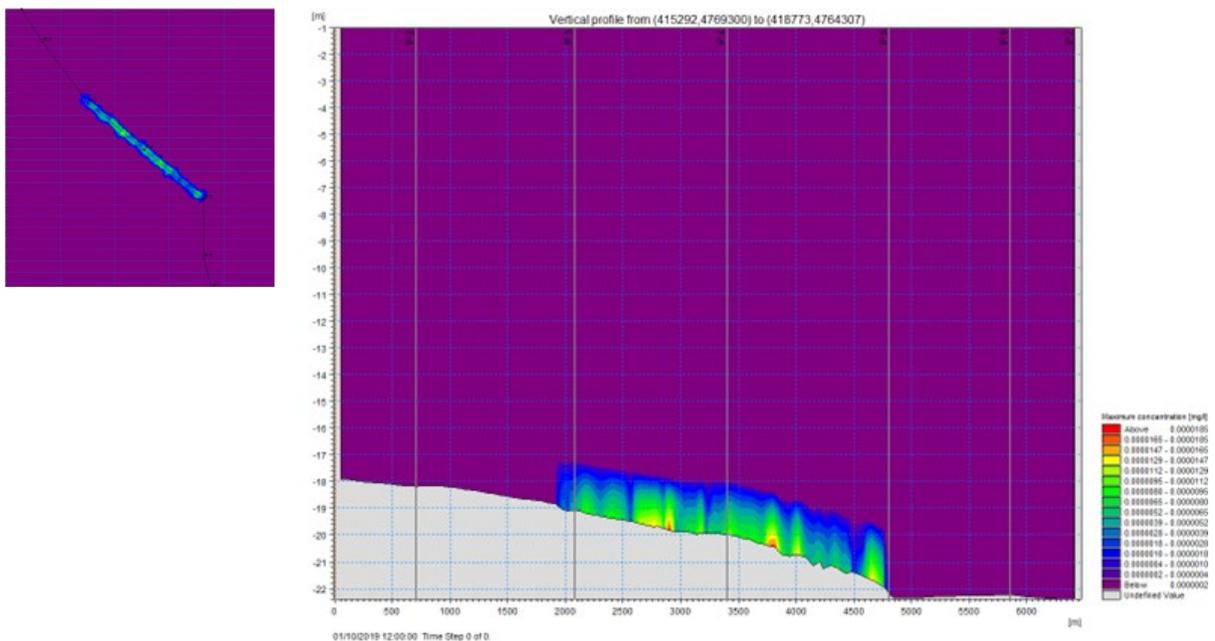


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	75 di 96

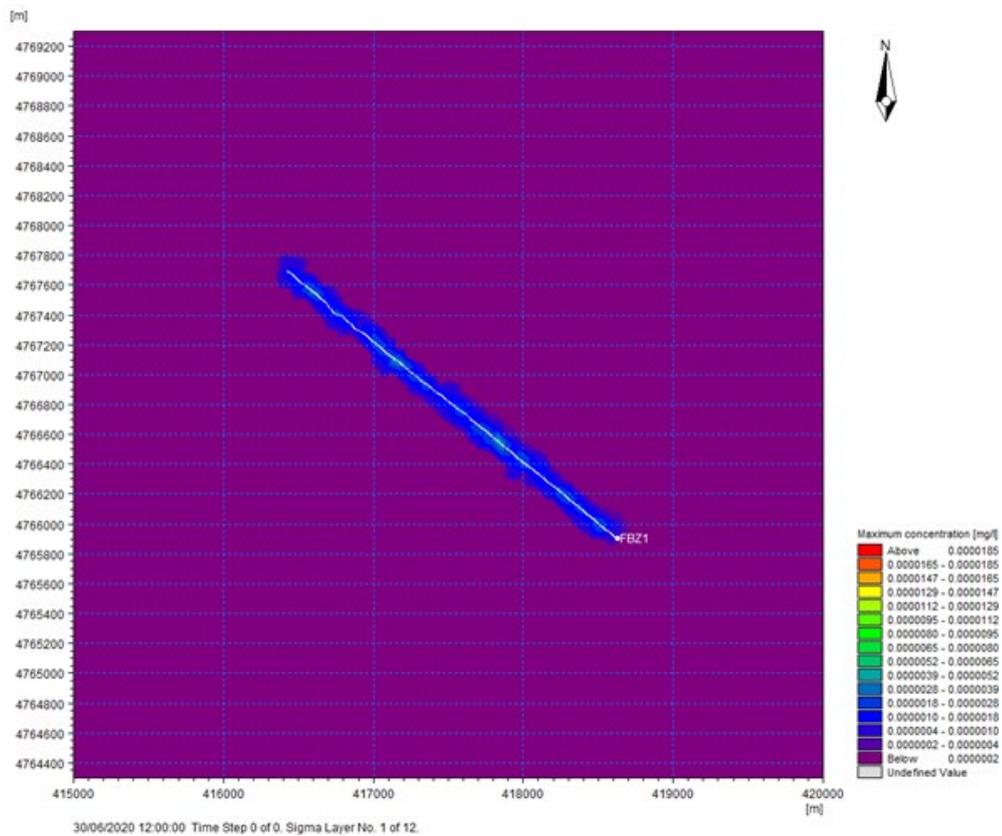
**Figura 7.29 – Toluene: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**



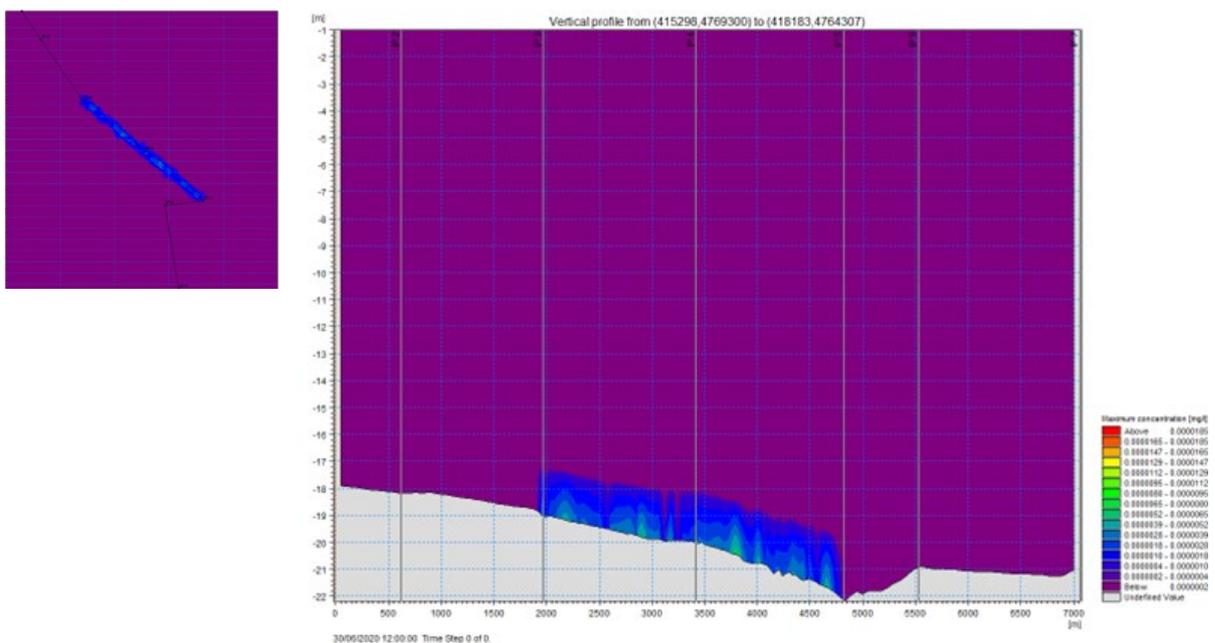
**Figura 7.30 – Toluene: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**



**Figura 7.31 – Toluene: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**

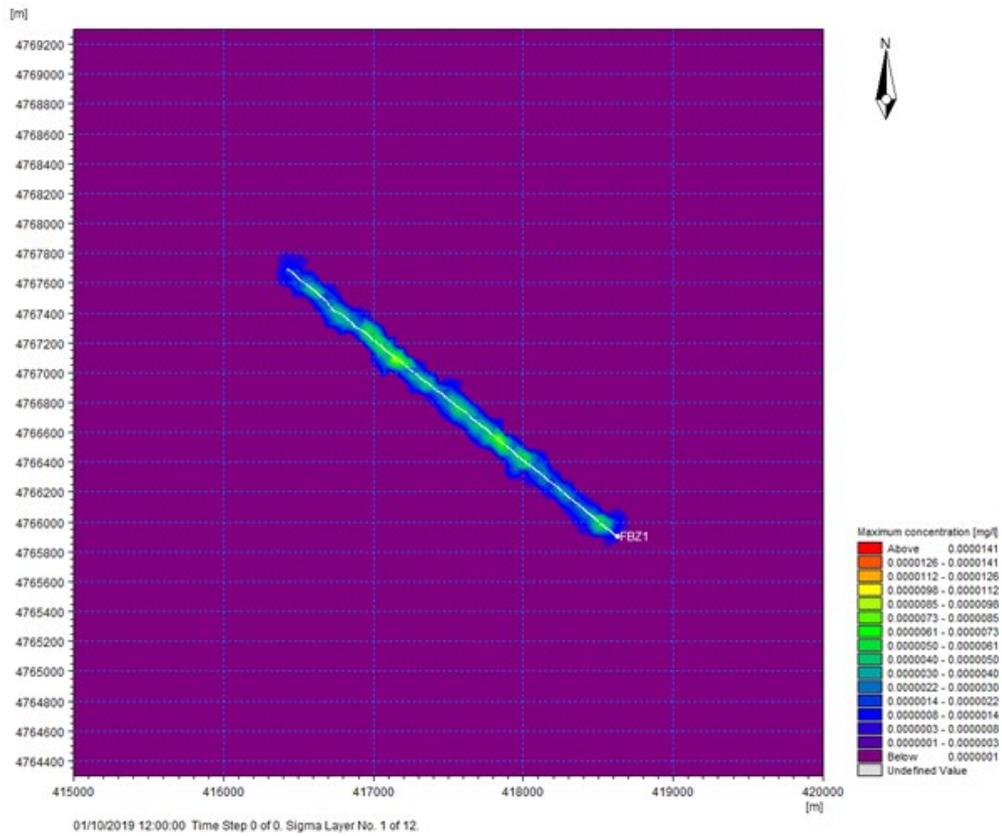


**Figura 7.32 – Toluene: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**

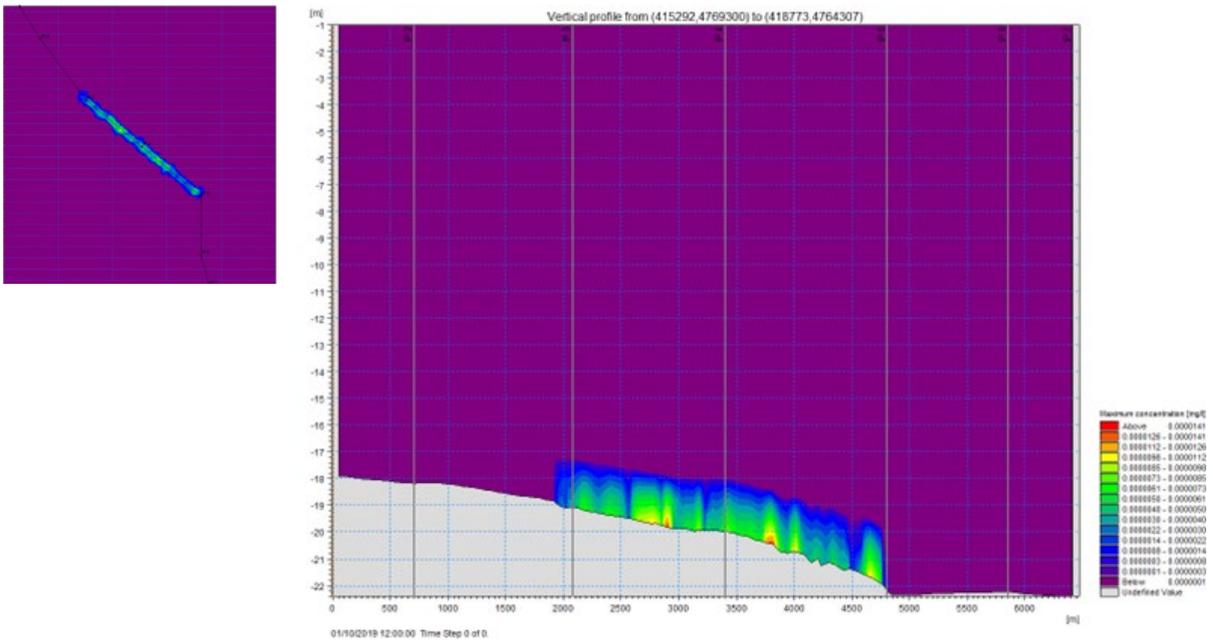


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	77 di 96

**Figura 7.33 – Xileni: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo AUT/WIN.**

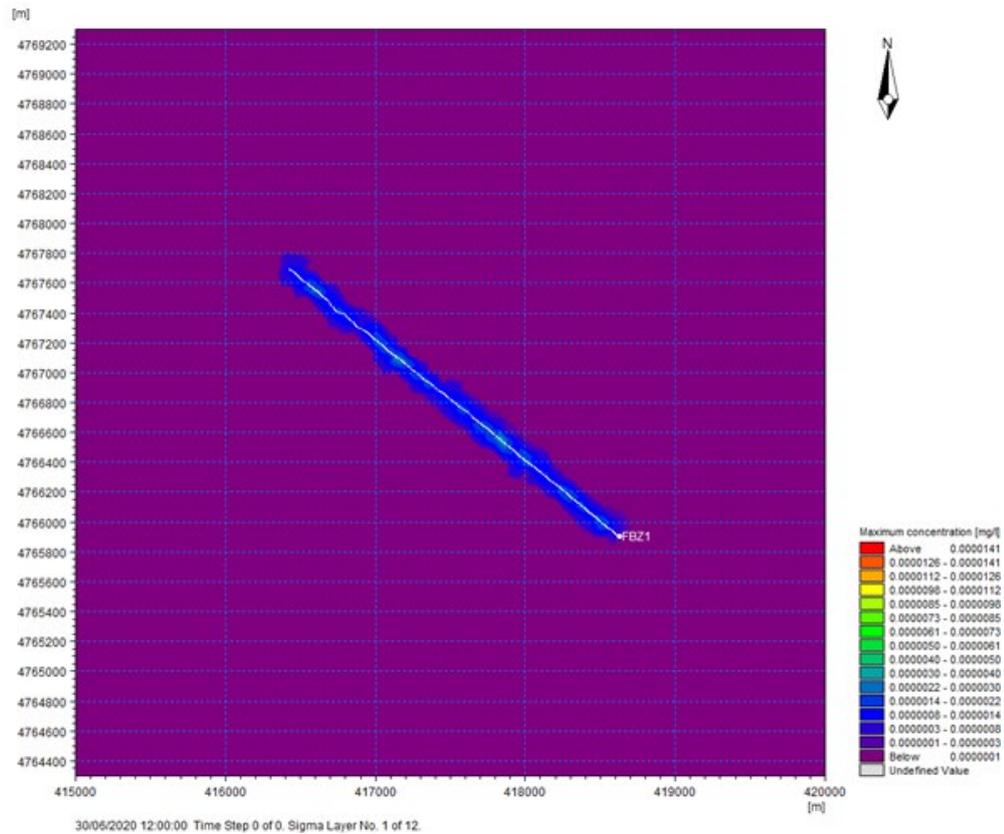


**Figura 7.34 – Xileni: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo AUT/WIN.**

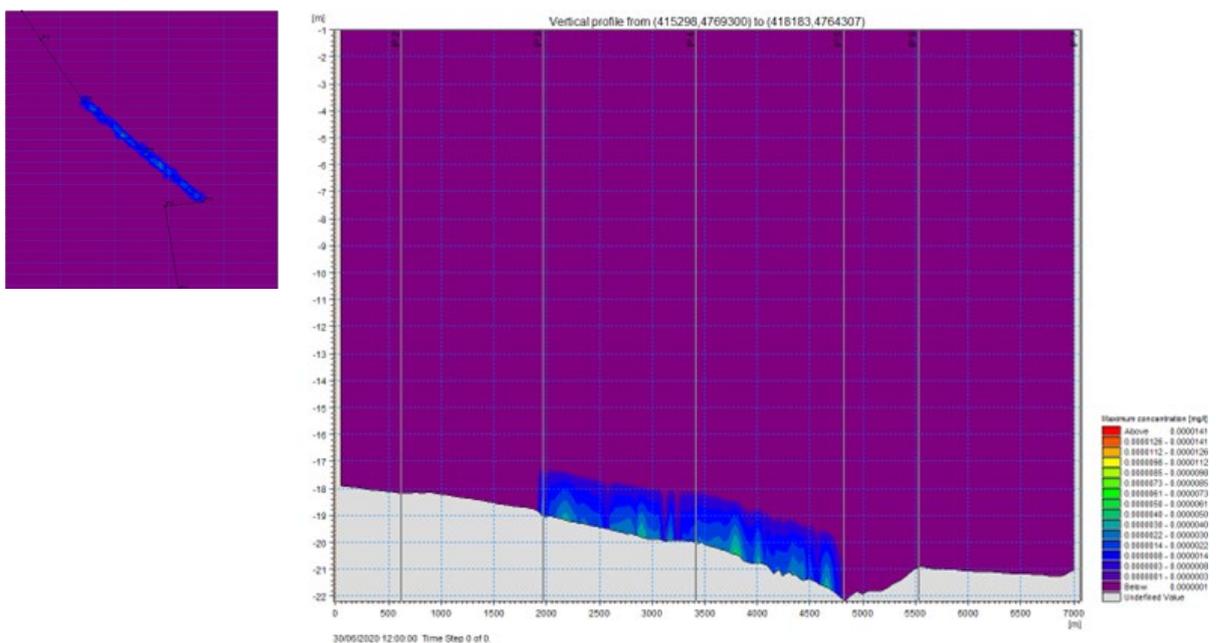


 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	78 di 96

**Figura 7.35 – Xileni: mappa dei massimi di concentrazione nel layer di fondo, periodo SPR/SUM.**



**Figura 7.36 – Xileni: valori massimi di concentrazione sul profilo verticale, periodo SPR/SUM.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	79 di 96

In Tabella 7.4 sono riportati i volumi di colonna d'acqua interessati da una concentrazione di contaminante superiore al riferimento normativo di SQA, per i due periodi meteorologici rappresentativi.

**Tabella 7.4 – Volume di colonna d'acqua interessata da concentrazioni di contaminante superiore allo SQA**

Contaminante		Scenario B	
		AUT/WIN	SPR/SUM
<b>Metalli Pesanti</b>			
Arsenico (As)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.005 mg/l	390,755	422,391
Cadmio (Cd)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.0015 mg/l	136,035	1,334
Cromo (Cr)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.004 mg/l	2,179,237	2,314,992
Mercurio (Hg)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.00007 mg/l	224,616	287,186
Nichel (Ni)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.034 mg/l	242,796	301,154
Piombo (Pb)	Volume [m <sup>3</sup> ] con conc. > 0.014 mg/l	211,874	227,557

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	80 di 96

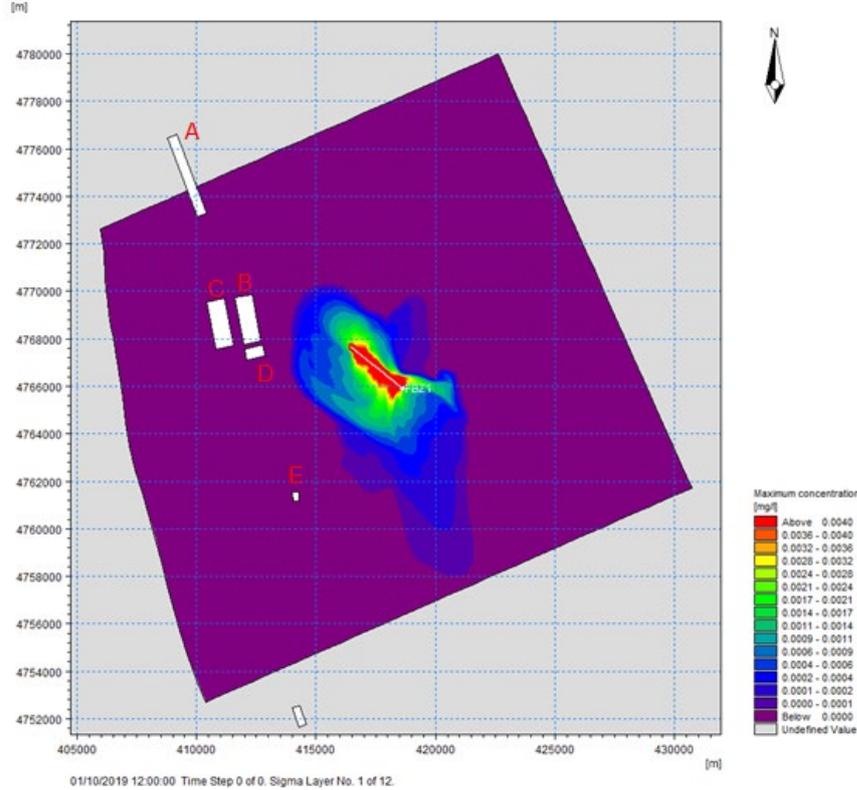
### 7.3.1.1 Impatto dei contaminanti sugli impianti di acquacoltura

Gli impatti da metalli pesanti e componenti idrocarburiche sugli impianti di acquacoltura, identificati con una lettera, da A ad E, presenti nell'area di studio e connessi alla movimentazione di sedimento a seguito della rimozione delle condotte (Scenario B), sono stati stimati limitatamente al contaminante più impattante, cioè il Cromo (Cr). Come si evince da Figura 7.37 e Figura 7.38 e da Tabella 7.5, per entrambi i periodi meteomarinari rappresentativi (AUT/WIN e SPR/SUM), i valori massimi di concentrazione sono sempre ben inferiori a 1 µg/l, concentrazioni trascurabili per quanto riguarda gli organismi allevati negli impianti.

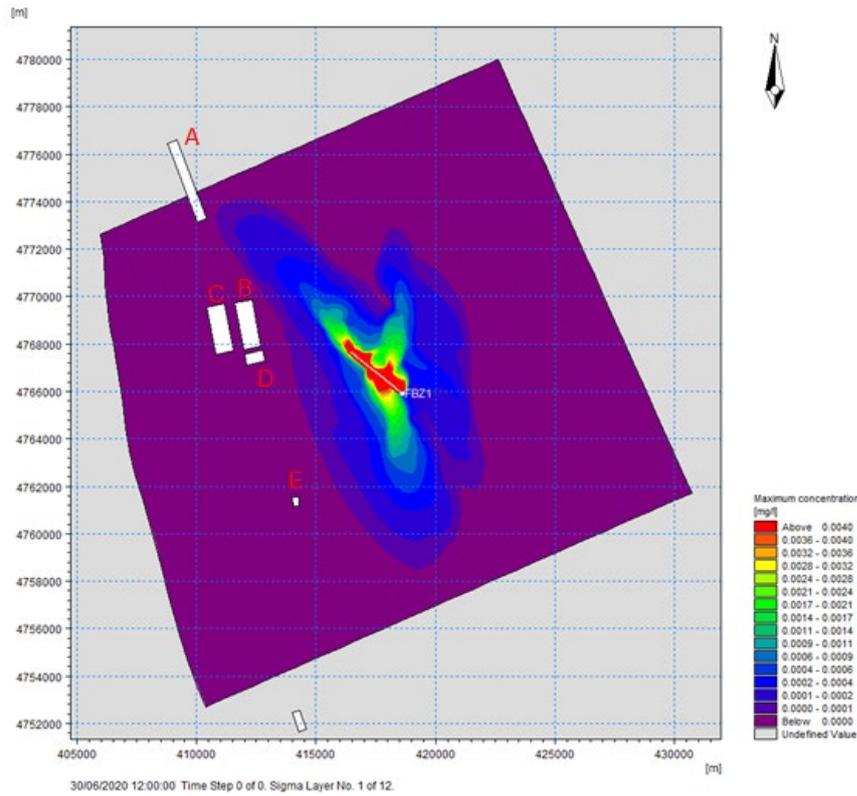
**Tabella 7.5 – Concentrazioni massime di contaminante (Cromo) negli impianti di acquacoltura analizzati**

ID acquacoltura	Concentrazioni massime di contaminante [µg/l]	
	AUT/WIN	SPR/SUM
A	0.001	0.028
B	0.006	0.021
C	0.004	0.012
D	0.007	0.012
E	0.005	0.004

**Figura 7.37 – Mappa dei valori massimi di concentrazione di Cromo (Cr) nel layer di fondo con riferimento agli impianti di acquacoltura, periodo AUT/WIN.**



**Figura 7.38 – Mappa dei valori massimi di concentrazione di Cromo (Cr) nel layer di fondo con riferimento agli impianti di acquacoltura, periodo SPR/SUM.**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 82 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 8 ANALISI DI DISPERSIONE RUMORE SOTTOMARINO

Il modulo acustico sottomarino “Underwater Acoustic Simulator” (UAS): del pacchetto MIKEbyDHI sviluppato da DHI (Danish Hydraulic Institute) è “Range dependent Acoustic Model (RAM)”, cioè basato su modelli di propagazione del suono presenti in letteratura e dipendenti dall’intervallo di frequenze considerate. Esso è in grado di tenere in considerazione i principali parametri rilevanti nel calcolo di rumore sottomarino, e in particolare i gradienti di velocità del suono, l’attenuazione volumetrica nella colonna d’acqua e gli effetti di salinità, temperatura e pH.

Per un trattamento realistico degli effetti di fondale sulla propagazione delle onde sonore nel mare, è necessario includere le proprietà assorbenti del fondale marino; perciò, il modulo UAS modella la propagazione delle onde di compressione all’interno del fondale. Ciò viene fatto includendo le variazioni di densità e proprietà assorbenti tra i vari strati che compongono il fondale, attraverso una modellazione semplificata che prevede un certo numero di strati solidi a densità e spessore costante. La condizione di limite (boundary) inferiore del dominio è rappresentata da uno strato fittizio a completo assorbimento allo scopo di assicurare che non ci sia energia riflessa dal limite inferiore del dominio.

Una descrizione dettagliata del modello MIKE UAS è riportata nell’ALLEGATO G.

Il termine sorgente è modellato come una sorgente puntuale omnidirezionale.

Il modulo UAS ha lo scopo di studiare la propagazione del suono, ad esempio, in progetti di ricerca o in valutazioni di impatto ambientale (VIA) dove viene investigato l’impatto acustico sulle forme di vita acquatica. Il modello è in grado di considerare sia basse che alte profondità in un ampio spettro di frequenze. Il modulo UAS simula quindi i livelli sonori generati in ogni punto del dominio di calcolo, incluso il fondale marino.

### 8.1 Termine di sorgente

Il termine sorgente considerato nel modello numerico è rappresentativo della condizione di presenza di navi in corrispondenza delle condotte per le operazioni di dismissione. Per quanto tale operazione sia di carattere intrinsecamente temporaneo, la durata prevista è superiore a 7 giorni, per cui è verosimile considerare la sorgente come costante nel tempo, in grado di produrre un tipo di rumore non impulsivo.

Durante le attività saranno coinvolti diversi natanti (Tabella 8.1): per ogni nave è stato assunto un valore di potenza sonora, facendo riferimento a dati di letteratura [Rif. 13, 14] per mezzi della stessa tipologia di quelli ipotizzati per lo scenario di rimozione delle condotte (Scenario B).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	83 di 96

**Tabella 8.1 – Potenza sonora delle possibili navi utilizzate durante le operazioni**

Tipologia nave	Nome nave	Lunghezza [m]	Potenza sonora [dB re 1 µPa]
Diving Support Vessel (DSV)	Skandi Patagonia	93	170 (Tanker 135m)
Towing Tug (x2)	Asd Puma	33	170 (Tug pulling loaded barge)

Per valutare la somma dei rumori emessi dalle tre imbarcazioni, ipotizzando in maniera conservativa che si trovino tutte e tre in contemporanea a motori accesi, si è utilizzata la formulazione proposta dall'ARPA [Rif. 15] per la somma di due suoni incoerenti (ovvero non identici e con fase diversa), qui riportata:

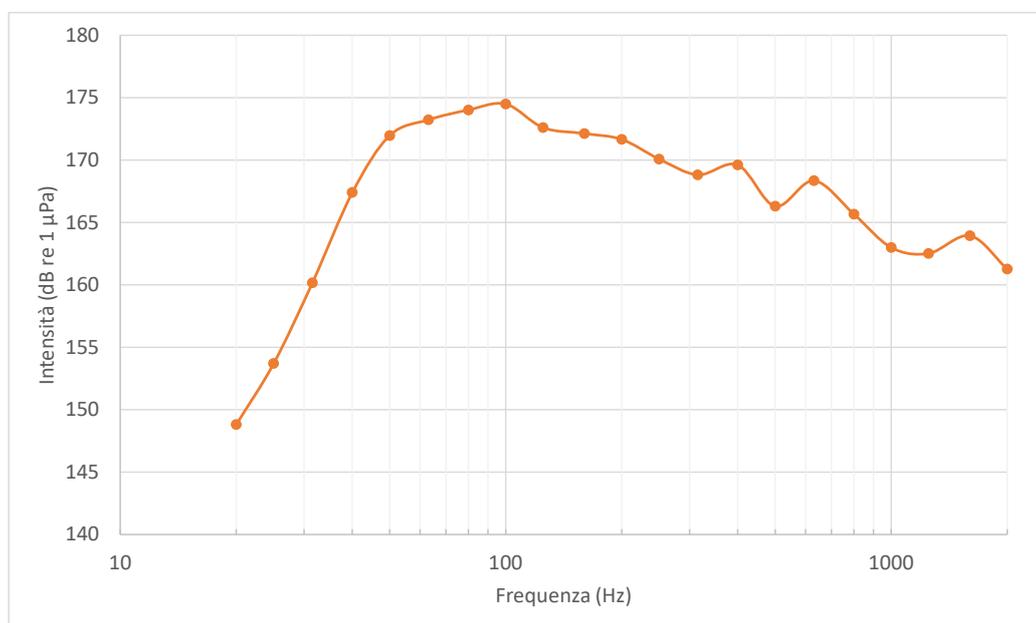
$$L_{eq,tot} = 10 \cdot \text{Log}_{10}(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$$

Applicando tale formula si ottengono quindi le seguenti potenze sonore:

DSV + 2 x Towing Tug = 174.77 dB re 1 µPa

Lo spettro di frequenza per la tipologia delle navi coinvolte nell'attività di carico è stato desunto da dati di letteratura [Rif. 16], riportato in Figura 8.1. Come si evince, la maggior parte dell'energia sonora risiede nel range 50 – 1,000 Hz.

**Figura 8.1 – Spettro adottato per le simulazioni (broadband = 183 dB re 1 µPa)**



La sorgente è collocata, in maniera conservativa, ad una profondità di -6 m sotto la superficie del mare, ovvero il pescaggio della nave più grande che potrebbe essere utilizzata, cioè il DSV.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 84 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 8.2 Dati di base e assunzioni modellistiche

In questo paragrafo verranno analizzati nel dettaglio tutti i dati di base e le assunzioni necessari per le modellazioni successive.

### 8.2.1 Range di frequenza

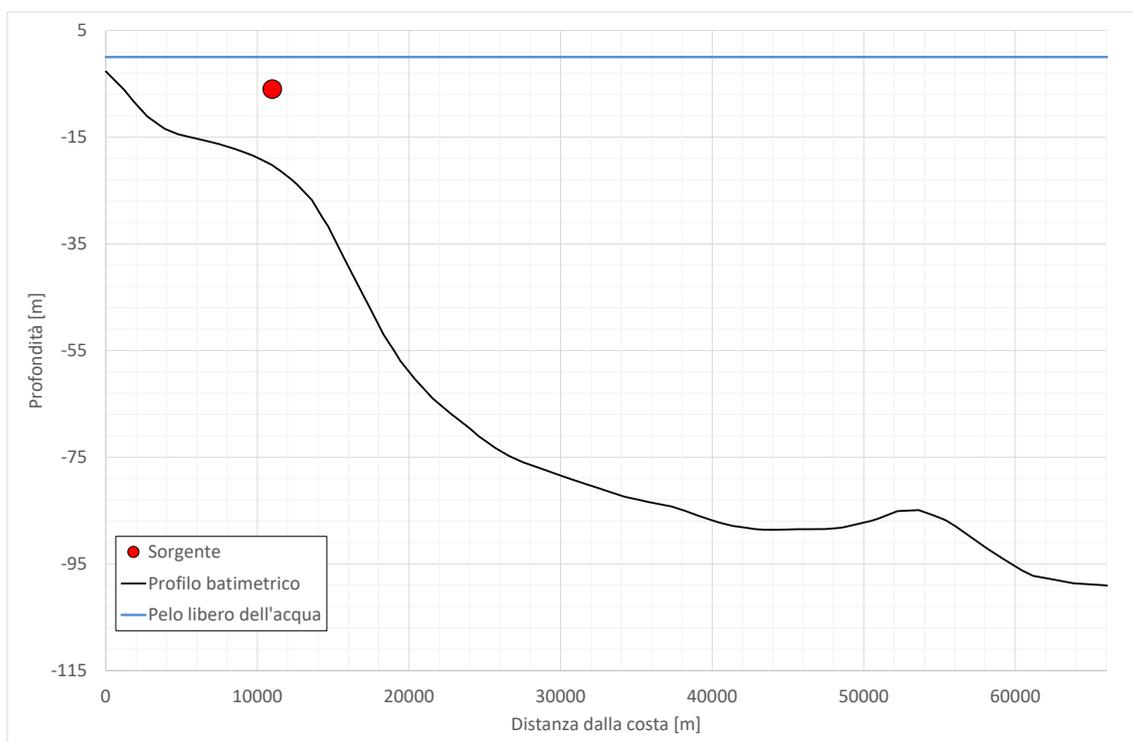
Il range di frequenza analizzato va da 20 Hz a 2,000 Hz, ovvero un intervallo più ampio di quello in cui risiede la maggior parte dell'energia dello spettro sonoro dato in input (50 – 1,000 Hz), in maniera tale da poter valutare gli effetti anche fuori dallo stesso. Tale intervallo è diviso in bande di terze di ottava, ottenendo 21 frequenze caratteristiche che sono state utilizzate nell'analisi dei risultati delle simulazioni.

### 8.2.2 Batimetria

La Figura 8.2 mostra l'andamento della batimetria lungo un transetto perpendicolare alla costa. Si può inoltre notare la posizione della sorgente, posta in corrispondenza di dove opereranno i mezzi per le operazioni.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	85 di 96

**Figura 8.2 – Profilo batimetrico e posizione della sorgente**



### 8.2.3 Dominio di calcolo

Il codice utilizzato è di tipo assialsimmetrico, infatti la posizione orizzontale della sorgente è sempre a coordinata orizzontale nulla ( $r = 0$ ). Per questo motivo, allo scopo di simulare l’impatto acustico sia nella zona diretta verso la costa che nella zona diretta verso il largo, la batimetria è stata suddivisa in due zone, “Verso costa” e “Verso largo”, a cui corrispondono altrettante simulazioni che insieme forniscono la situazione acustica complessiva.

Il dominio di calcolo dello scenario “Verso costa” ha una profondità di 20 m ed una lunghezza orizzontale di 11 km, mentre il dominio di calcolo dello scenario “Verso largo” ha una profondità di 99 m ed una lunghezza di 55 km. La griglia di calcolo è calcolata in maniera automatica dal software UAS in base ai valori di profondità e lunghezza analizzati, mentre in output è stata utilizzata una griglia da 50 m x 1 m.

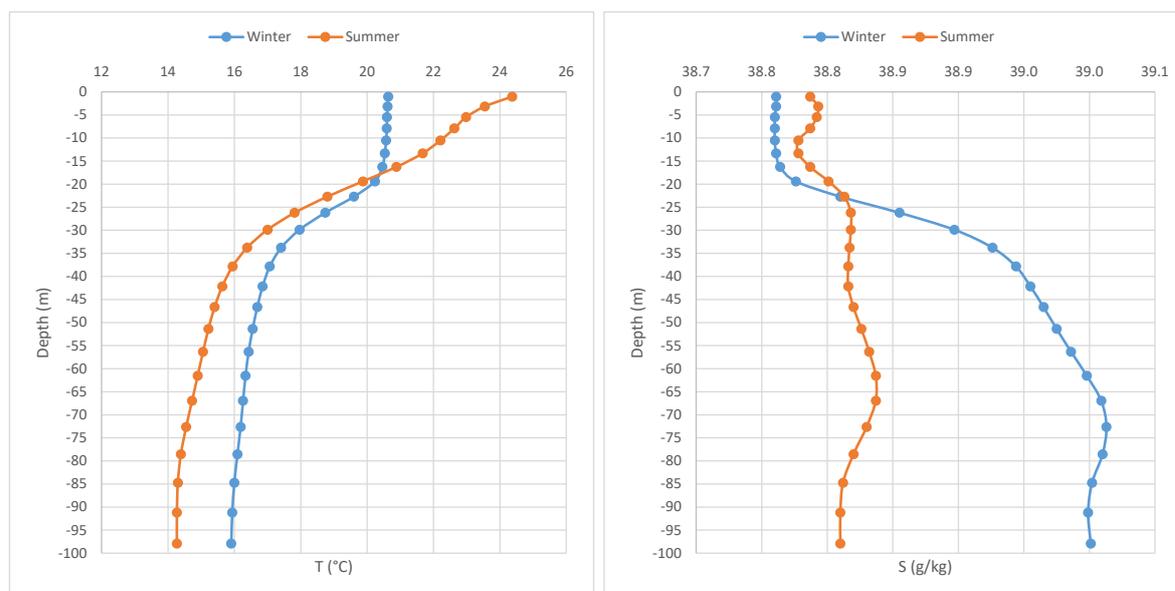
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	86 di 96

## 8.2.4 Caratteristiche dell'acqua

La propagazione del suono nell'acqua è definita tramite due proprietà: la velocità del suono e l'attenuazione del suono nel mezzo. La prima dipende dall'andamento della temperatura dell'acqua e della salinità con l'aumentare della profondità (e quindi della pressione). La seconda, oltre che alle due precedenti, dipende anche dal valore del pH. Quest'ultimo parametro, il pH, in assenza di dati più precisi, è stato assunto pari a 8.2 lungo tutta la colonna d'acqua [Rif. 8], mentre invece per quanto concerne temperatura e salinità, sono stati ottenuti valori medi relativi alla zona in analisi per le stagioni invernale ed estiva grazie al database Marine Copernicus Mediterranean Sea Physics Reanalysis [Rif. 2].

La Figura 8.3 mostra il profilo di temperatura e quello di salinità ottenuti: si può notare che entrambe le stagioni presentano una fascia di termoclino, che tuttavia risulta più marcato durante la stagione estiva. Per quanto riguarda la salinità, durante l'inverno si ha in incremento con la profondità, mentre durante la stagione estiva il valore rimane praticamente costante lungo tutta la colonna d'acqua. I dati arrivano fino alla profondità di -99 m in virtù della massima profondità raggiunta dal fondale nel dominio di calcolo.

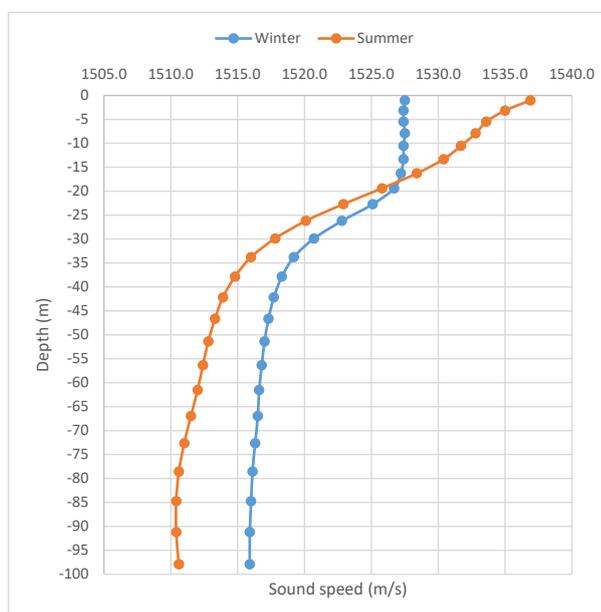
**Figura 8.3 – Profilo di temperatura (sinistra) e salinità (destra) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)**



Utilizzando i valori di temperatura e salinità mostrati in Figura 8.3, sono stati ottenuti due profili di velocità del suono, uno per la stagione estiva e uno per quella invernale, mostrati in Figura 8.4.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	87 di 96

**Figura 8.4 – Velocità del suono (m/s) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)**



La superficie del mare è descritta nel modello numerico come perfettamente riflettente.

### 8.2.5 Caratteristiche del fondale

Sulla base di dati geologici relativi ad una zona prossima a quella in analisi [Rif. 17], il fondale è stato modellato con due strati, come riportato in Tabella 8.2.

**Tabella 8.2 – Modellazione fondale marino**

	<b>Strato 1 Limo</b>	<b>Strato 2 Sabbia</b>	<b>Strato 3 Argilla</b>
Spessore (m)	50	50	3000
Densità (kg/m <sup>3</sup> )	1700	1900	1500
Velocità dell'onda compressa (m/s)	1575	1650	1500
Attenuazione (dB/lambda)	1.0	0.8	0.2

L'assunzione di uno spessore molto ampio (50 + 50 + 3000 = 3100 m) è conservativa, in quanto allontana la sorgente dallo strato ad assorbimento infinito posta alla base del fondale nel modello di calcolo.

### 8.2.6 Range di sensibilità caratteristici per cetacei e relative soglie

Sulla base di numerosi riferimenti bibliografici [Rif. 14, 18], è stata definita una classificazione della sensibilità uditiva dei mammiferi marini potenzialmente presenti nella zona marittima di interesse. La

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	88 di 96

Tabella 8.3 riporta per tre categorie di cetacei a differenti capacità acustiche i tipici range di frequenze sensibili e tre soglie di interesse per la stima dell'impatto sonoro sulla fauna marina.

In particolare, si definiscono come:

- **Soglia comportamentale:** valore soglia di rumore capace di originare le prime significative risposte comportamentali (quali ad esempio allontanamento dall'area e antagonismo verso altri animali);
- **TTS** – Temporary Threshold Shift: valore soglia di rumore capace di originare perdita temporanea di sensibilità uditiva;
- **PTS** – Permanent Threshold Shift: valore soglia di rumore capace di originare perdita permanente di sensibilità uditiva.

**Tabella 8.3 – Range e soglie di sensibilità uditiva.**

Gruppo funzionale	Larghezza di banda uditiva stimata [Hz]	Soglia comportamentale [dB re: 1 µPa]	TTS [dB re: 1 µPa]	PTS [dB re: 1 µPa]
Cetacei a bassa frequenza	7 – 22000	100	224	230
Cetacei a media frequenza	150 – 160000	110	224	230
Cetacei ad alta frequenza	200 – 180000	140	224	230

### 8.2.7 Quadro di riferimento ambientale

Sulla base dei dati messi a disposizione dall'IUCN (Rif. 19) sono state identificate le seguenti specie di cetacei presenti nella zona di interesse, per ognuno dei quali corrisponde una classificazione di sensibilità uditiva: Balenottera comune (*Balaenoptera physalus* – bassa frequenza), Capodoglio (*Physeter macrocephalus* – media frequenza), Grampo (*Grampus griseus* – alta frequenza), Delfino comune (*Delphinus delphis* – alta frequenza), Stenella striata (*Stenella coeruleoalba* – alta frequenza), Zifio (*Ziphius cavirostris* – bassa frequenza), Steno (*Steno bredanensis* – alta frequenza), Tursiope (*Tursiops truncatus* – alta frequenza).

Le categorie potenzialmente soggette all'impatto acustico nell'area considerata sono perciò quelle relative ai cetacei a bassa, media et alta frequenza.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 89 di 96
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 8.3 Risultati

In questo paragrafo vengono riportati e brevemente analizzati i risultati delle simulazioni svolte per lo scenario di rimozione delle condotte (Scenario B).

Il codice utilizzato (UAS) calcola il valore in tutto il dominio del Sound Exposure Level (SEL), che è il parametro tipico per la descrizione del clima acustico. Tale risultato viene dato sia per ogni valore di frequenza analizzato, sia come overall, cioè un valore somma di tutte le frequenze utilizzate.

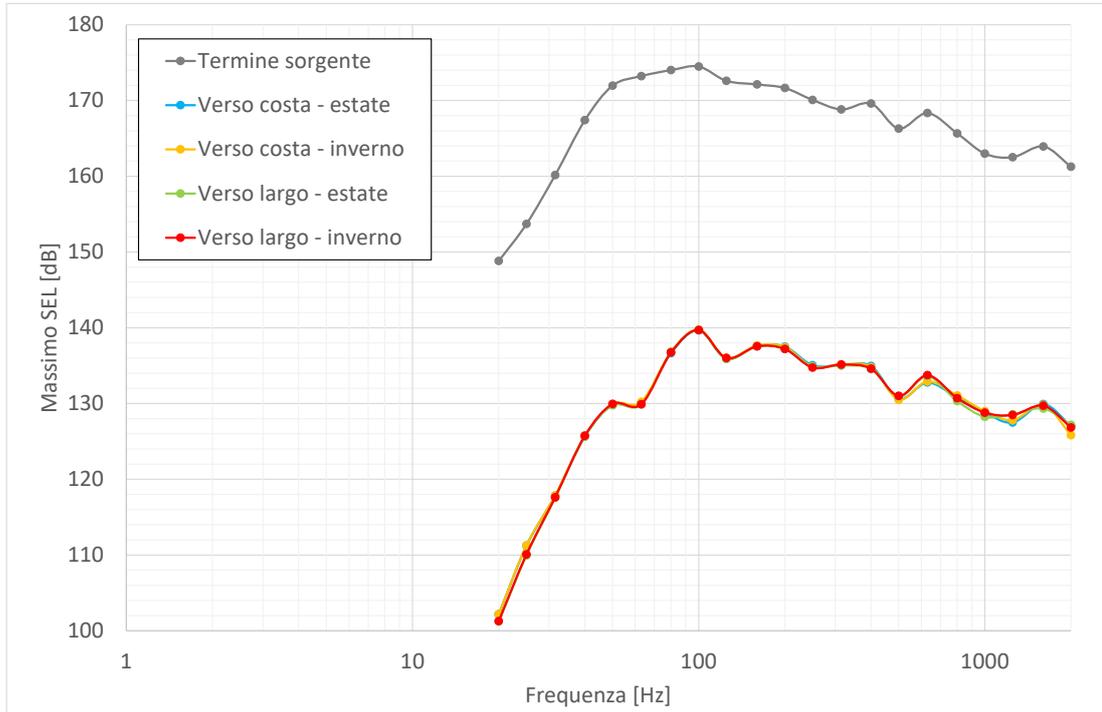
La Figura 8.5 mostra il massimo SEL ottenuto per ogni valore di frequenza analizzato. Tali valori ricalcano all'incirca l'andamento dello spettro di rumore dato in input (Figura 8.1), presentando minime differenze a seconda della stagione in cui è stata effettuata la simulazione. In tutti i casi si nota un forte abbattimento dell'intensità per ogni frequenza analizzata, soprattutto per le basse frequenze, dove la riduzione è maggiore.

Da Figura 8.6 a Figura 8.9 sono riportate le mappe acustiche del rumore sottomarino, in termini di SEL overall per tutti gli scenari, "verso costa" e "verso largo". Va notato che, per tutte le figure, in ordinata è riportata l'altezza dalla base del dominio di calcolo, da non confondere con la profondità del fondale che segue invece in profilo batimetrico, facilmente riconoscibile come il limite delle zone colorate.

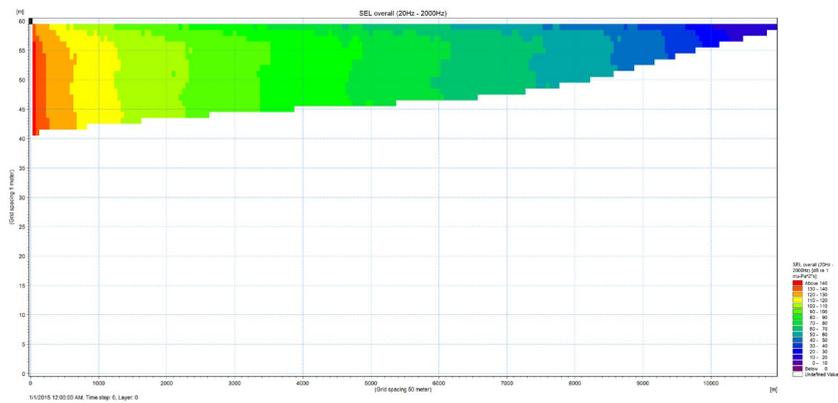
In Figura 8.10 e Figura 8.11 si possono invece valutare i massimi valori di SEL overall in funzione della distanza orizzontale dalla sorgente e confrontarli con la soglia di disturbo comportamentale dei cetacei a bassa e media frequenza. Non è stato attuato il confronto con le soglie TTS e PTS perché queste sono più alte del termine sorgente stesso. Si evince facilmente come durante la stagione estiva il rumore venga abbattuto molto più rapidamente rispetto a quella invernale, sia nel caso verso costa che in quello verso il largo.

Dalla Figura 8.10 e Figura 8.11 si può notare il tipico andamento con un rapido decremento nelle prime decine di metri dalla sorgente che poi si stabilizza su un decremento più lento una volta superati circa 1-2 km di distanza. Se si valuta il rumore verso costa, il raggio di disturbo per i cetacei a media frequenza è pari a 1.4 km nel periodo estivo e 2.0 km nel periodo invernale (Tabella 8.4), mentre per quelli a bassa frequenza è pari a circa 2.4 km nel periodo estivo e 4.5 km in quello invernale. Nel caso in cui si osservi il rumore verso il largo, invece, essendo le profondità del fondale maggiori, si verifica un leggero aumento delle distanze, pertanto si trova che il raggio di disturbo per i cetacei a media frequenza è pari a 1.5 km durante il periodo estivo e 2.1 km nel periodo invernale (Tabella 8.4), mentre per i cetacei a bassa frequenza sono pari rispettivamente a 2.9 km (estate) e 4.6 km (inverno). Per quanto concerne i cetacei ad alta frequenza, invece, il raggio di disturbo è sempre all'incirca uguale a 0.1 km in tutti i casi, poiché la soglia presenta un valore elevato che si trova nella parte iniziale di decremento rapido delle curve.

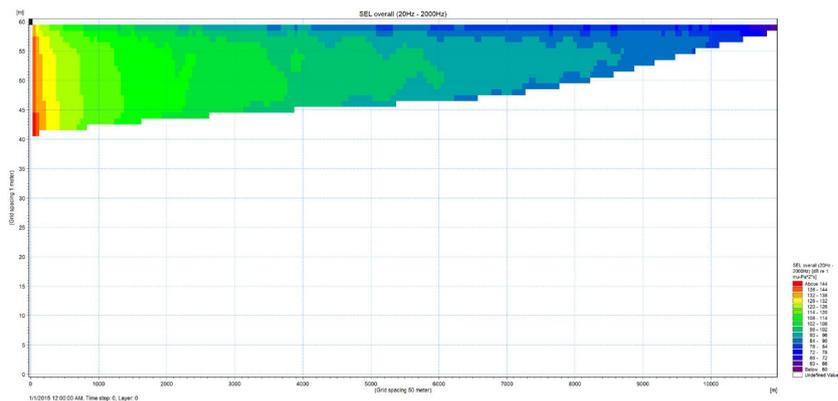
**Figura 8.5 – Massimo SEL ottenuto per ogni frequenza**



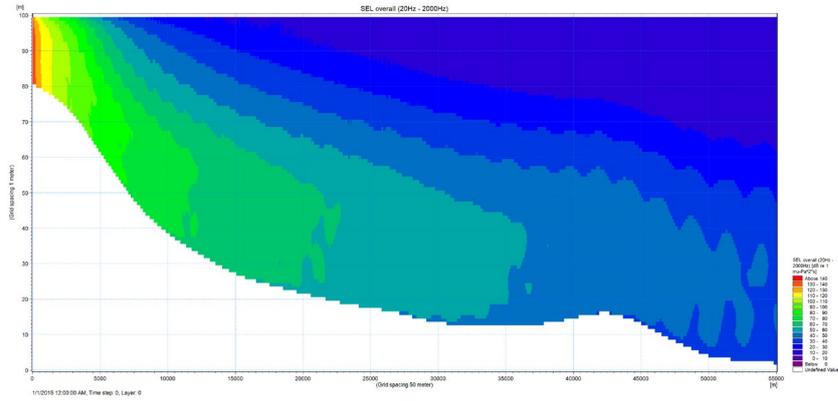
**Figura 8.6 – Verso costa – estate – Mappa acustica di rumore sottomarino**



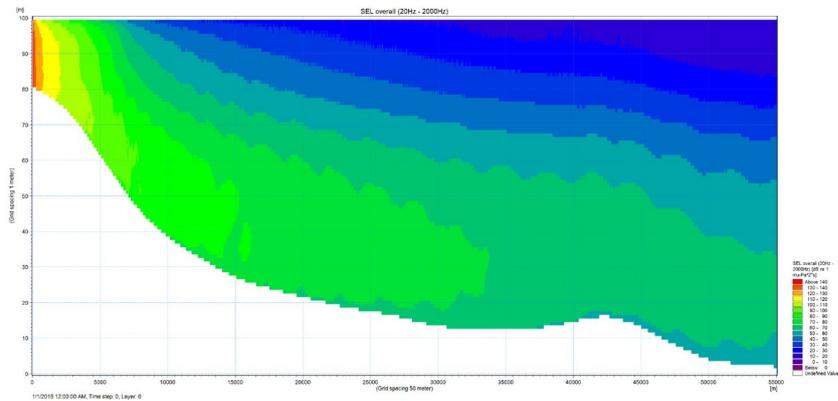
**Figura 8.7 – Verso costa – inverno – Mappa acustica di rumore sottomarino**



**Figura 8.8 – Verso largo – estate – Mappa acustica di rumore sottomarino**

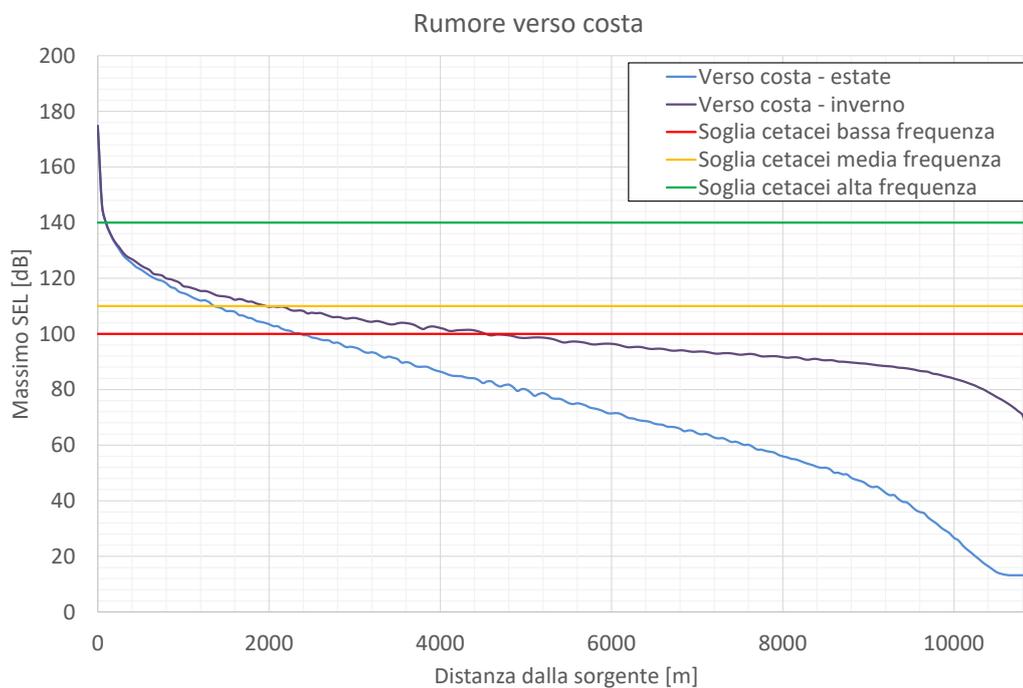


**Figura 8.9 – Verso largo – inverno – Mappa acustica di rumore sottomarino**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	92 di 96

**Figura 8.10 – Verso costa – Massimo SEL overall vs soglie comportamentali**



**Figura 8.11 – Verso largo – Massimo SEL overall vs soglie comportamentali**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	93 di 96

**Tabella 8.4 – Distanza di superamento soglie comportamentali**

<b>Raggio di superamento soglia comportamentale</b>			
<b>Caso</b>	<b>Cetacei bassa frequenza</b>	<b>Cetacei media frequenza</b>	<b>Cetacei alta frequenza</b>
Verso costa – estate	2.4 km	1.4 km	0.1 km
Verso costa – inverno	4.5 km	2.0 km	0.1 km
Verso largo – estate	2.9 km	1.5 km	0.1 km
Verso largo – inverno	4.6 km	2.1 km	0.1 km

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 94 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 95 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

1 [cds.climate.copernicus.eu](https://cds.climate.copernicus.eu)

2 [resources.marine.copernicus.eu](https://resources.marine.copernicus.eu)

3 [podaac.jpl.nasa.gov/TOPEX-POSEIDON](https://podaac.jpl.nasa.gov/TOPEX-POSEIDON)

4 MIKE 3 HD FM, DHI, release 2023.

5 [ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html](https://ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html)

6 MIKE 3 MT FM, DHI, release 2023.

7 Lighthouse Gas. Decommissioning Project. FBZ1-GTM (4" + 3"). Interro.

8 Piattaforma Pennina. 12° anno attività di monitoraggio. Relazione Tredicesima Campagna. Anno 2014. ISPRA in RTI con Atlantis e SGS Italia

9 Johannes Becker, Erik van Eekelen, Joost van Wiechen, William de Lange, Thijs Damsma, Tijmen Smolders, Mark van Koningsveld. Estimating source terms for far field dredge plume modelling. *Journal of Environmental Management* 149 (2015) 282-293

10 La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere. ISPRA, Manuali e Linee Guida 169/2017. ISBN 978-88-448-0872-3

11 K. Essink, P. Tydeman, F. De Koning e H. Kleef, "On the adaptation of the mussel *Mytilus edulis* L. to different SPM concentration" in R. Z. Klekowski, E. Styczynska-Jurewicz, and L. Falkowski, eds. *Proc. 21st European Marine Symposium* 15-19 Sept. 1986, 1989.

12 M. Gibbs e J. Hewitt, "Effects of sedimentation on macrofaunal communities: a synthesis of research studies for Arc. Prepared by NIWA for Auckland Regional Council. Auckland Regional Council Technical Report 2004/264", 2004.

13 Simmonds M., Dolman S., e L. Weilgart (2003). *Oceans of Noise. A WDCS (Whale and Dolphin Conservation Society) Science Report.*

14 "Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne", J.F.Borsani, C.Farchi, ISPRA

15 <https://www.arpa.vda.it/it/agenti-fisici/rumore-ambientale/calcoli-con-i-decibel>

16 Nedwell, J.R. and B. Edwards. 2004. A review of measurements of underwater man-made noise carried out by Subacoustech Ltd, 1993 – 2003. Report ref: 534R0109. Subacoustech. 131 p.

17 Azalea "B" Location Adriatica Sea – Geotechnical Investigation Report (1985)

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 96 di 96
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

18 Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W. J., Thomas, J.A. & P.L. Tyack (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. Aquatic Mammals, Vol 33(4) 121pp.

19 <https://www.iucnredlist.org/>



**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Appendice 2*  
*Studio di Dispersione dei Sedimenti, Contaminanti*  
*e Propagazione del Rumore Sottomarino*

**ALLEGATI**

**Marzo 2023**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 107
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

#### Appendice 2

#### Studio di Dispersione dei Sedimenti, Contaminanti e Propagazione del Rumore Sottomarino

#### ALLEGATI

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>ELABORATO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 3 di 107
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

INDICE

**ALLEGATO A ..... 4**

**ALLEGATO B ..... 10**

**ALLEGATO C ..... 51**

**ALLEGATO D ..... 57**

**ALLEGATO E ..... 63**

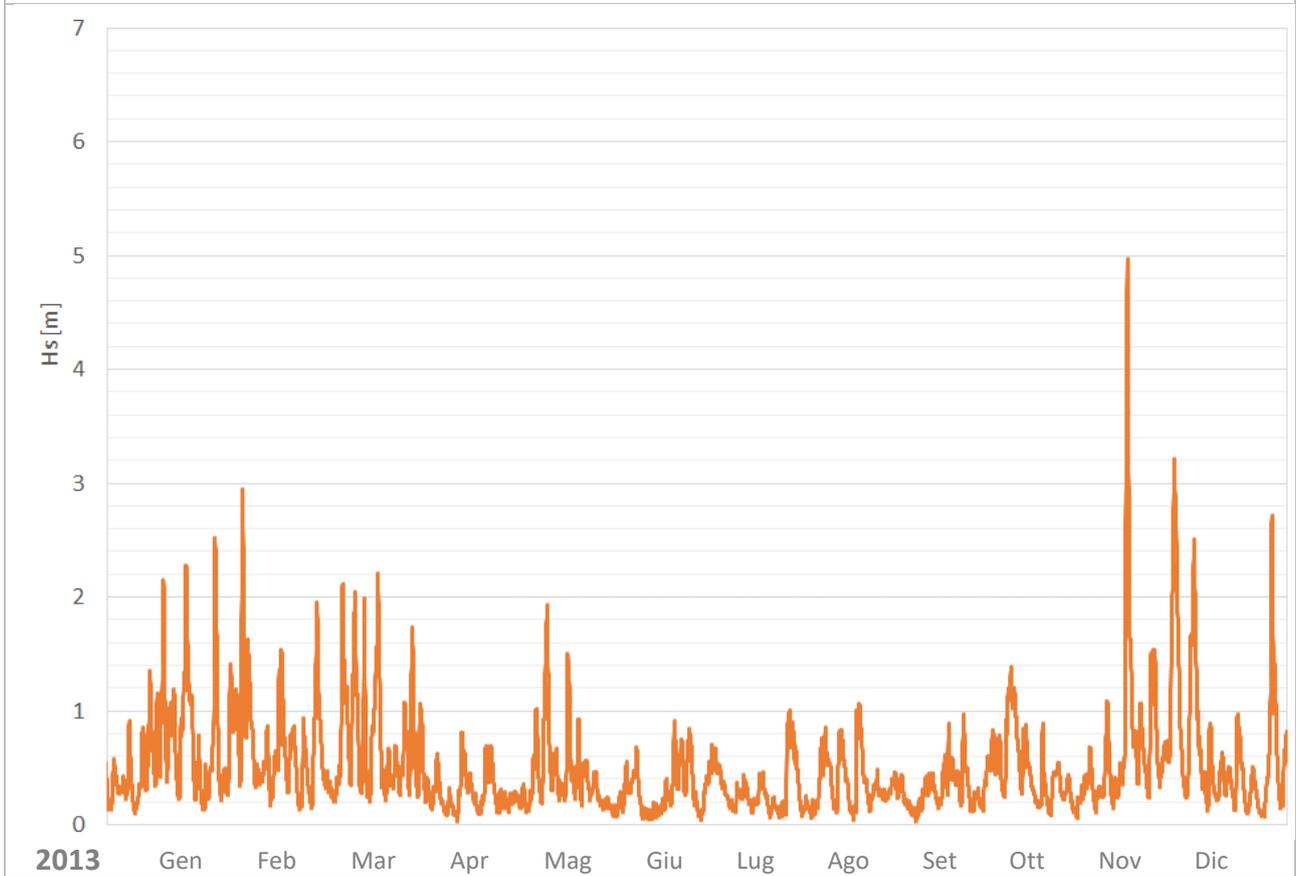
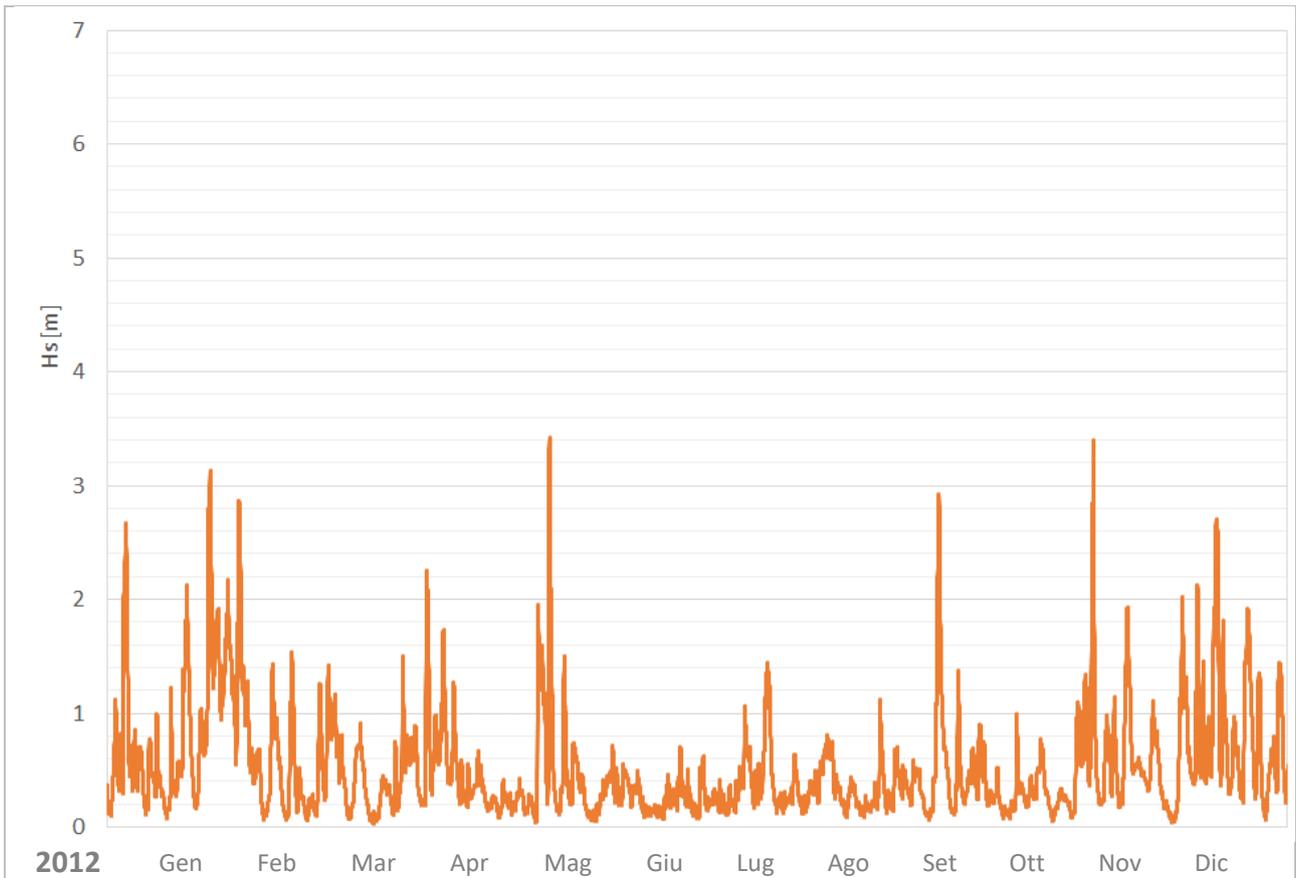
**ALLEGATO F ..... 78**

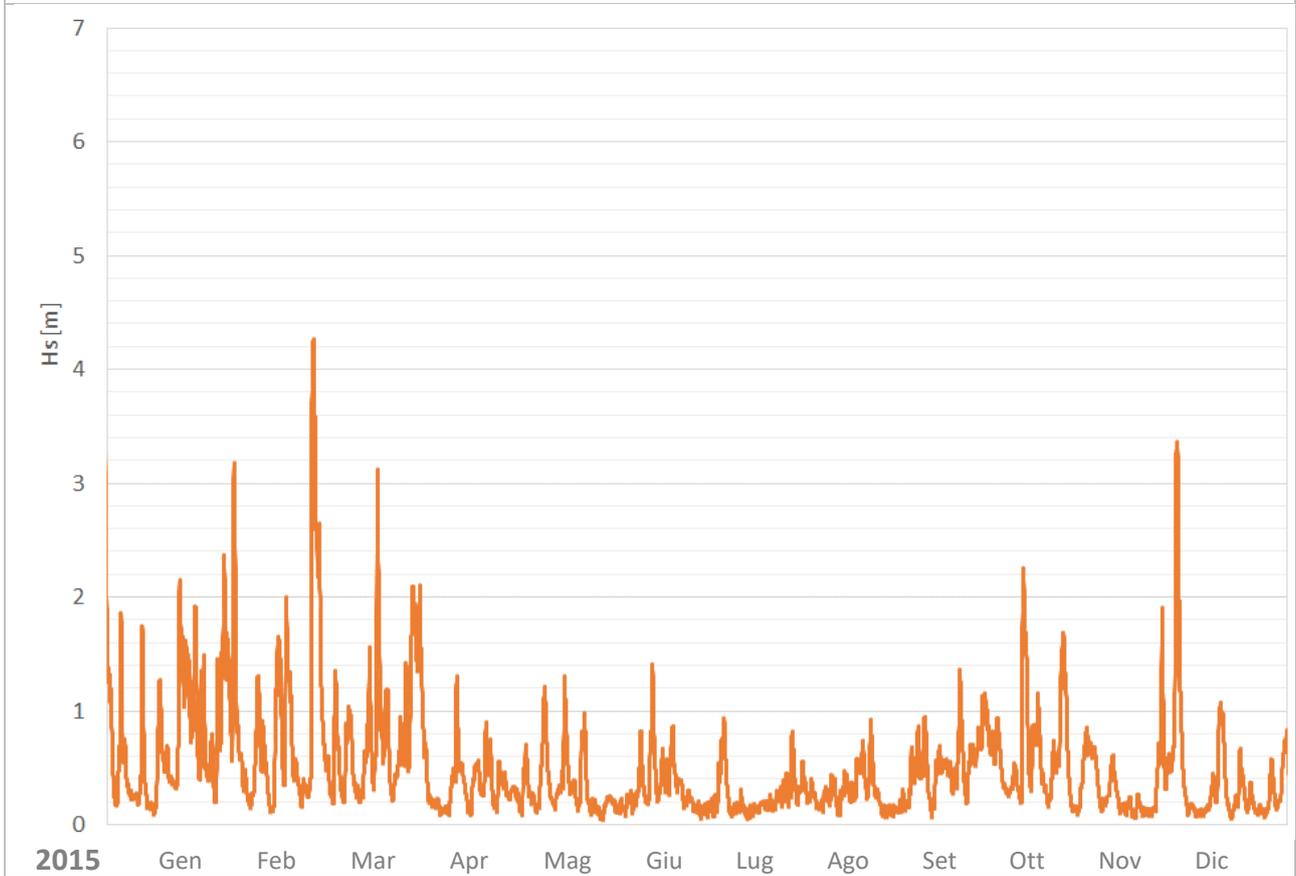
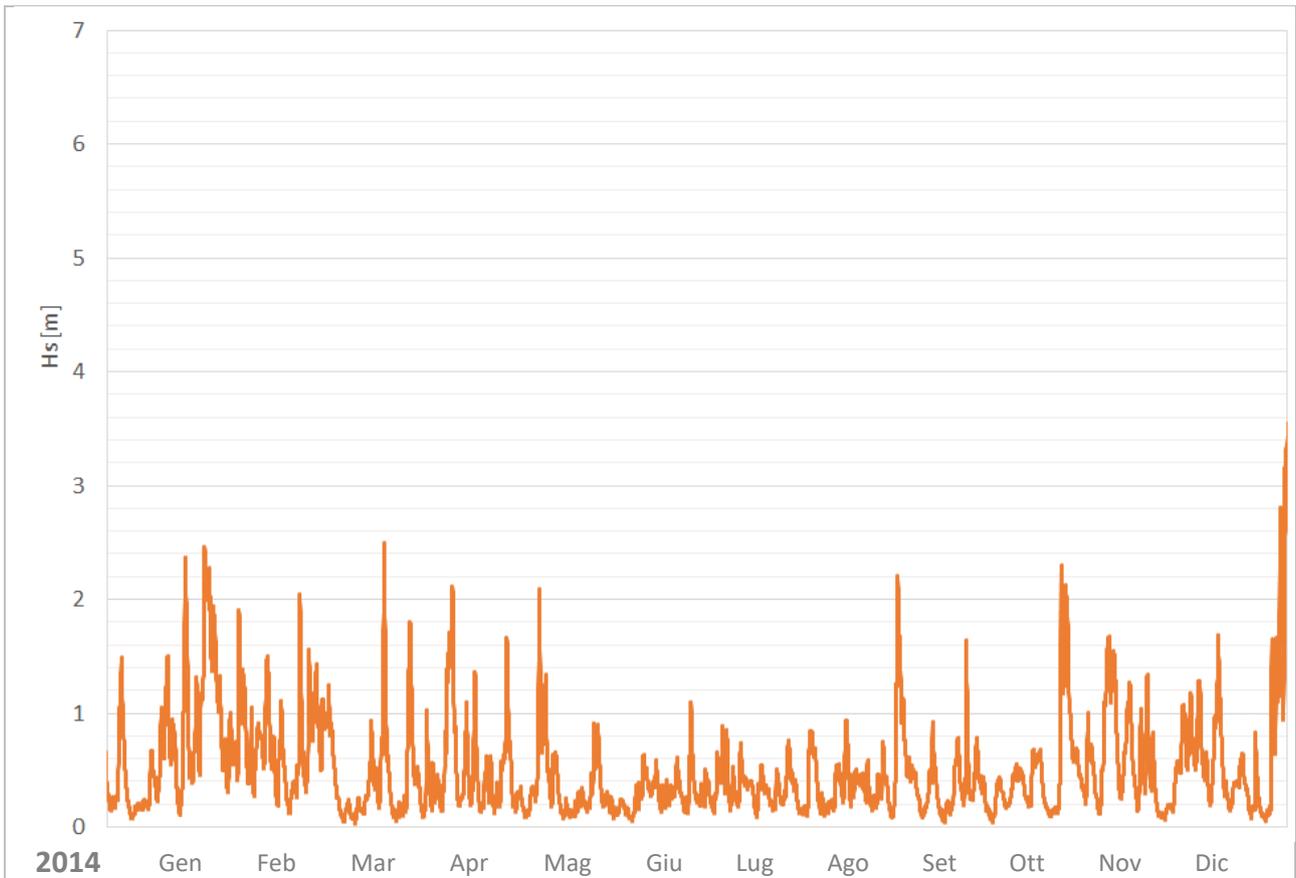
**ALLEGATO G ..... 90**

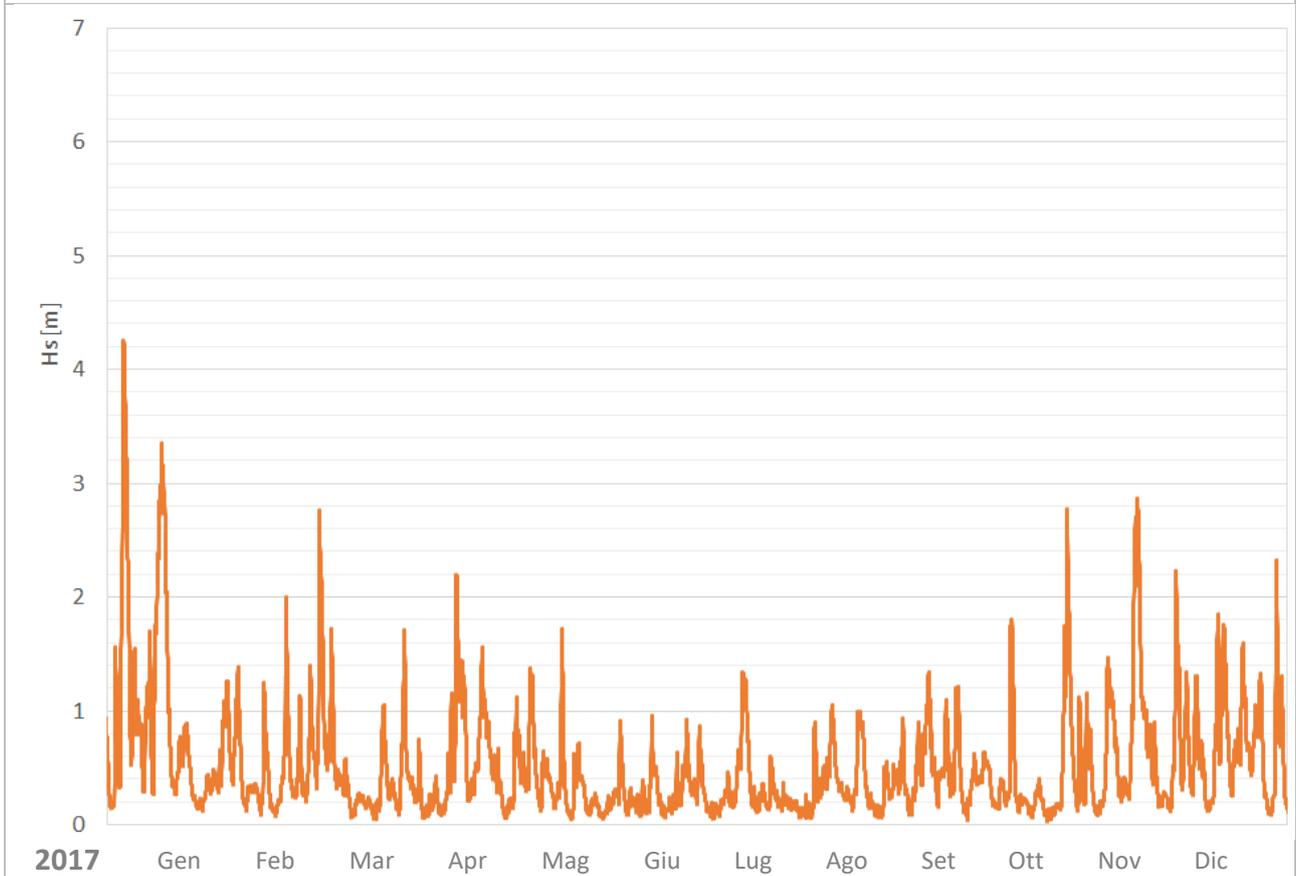
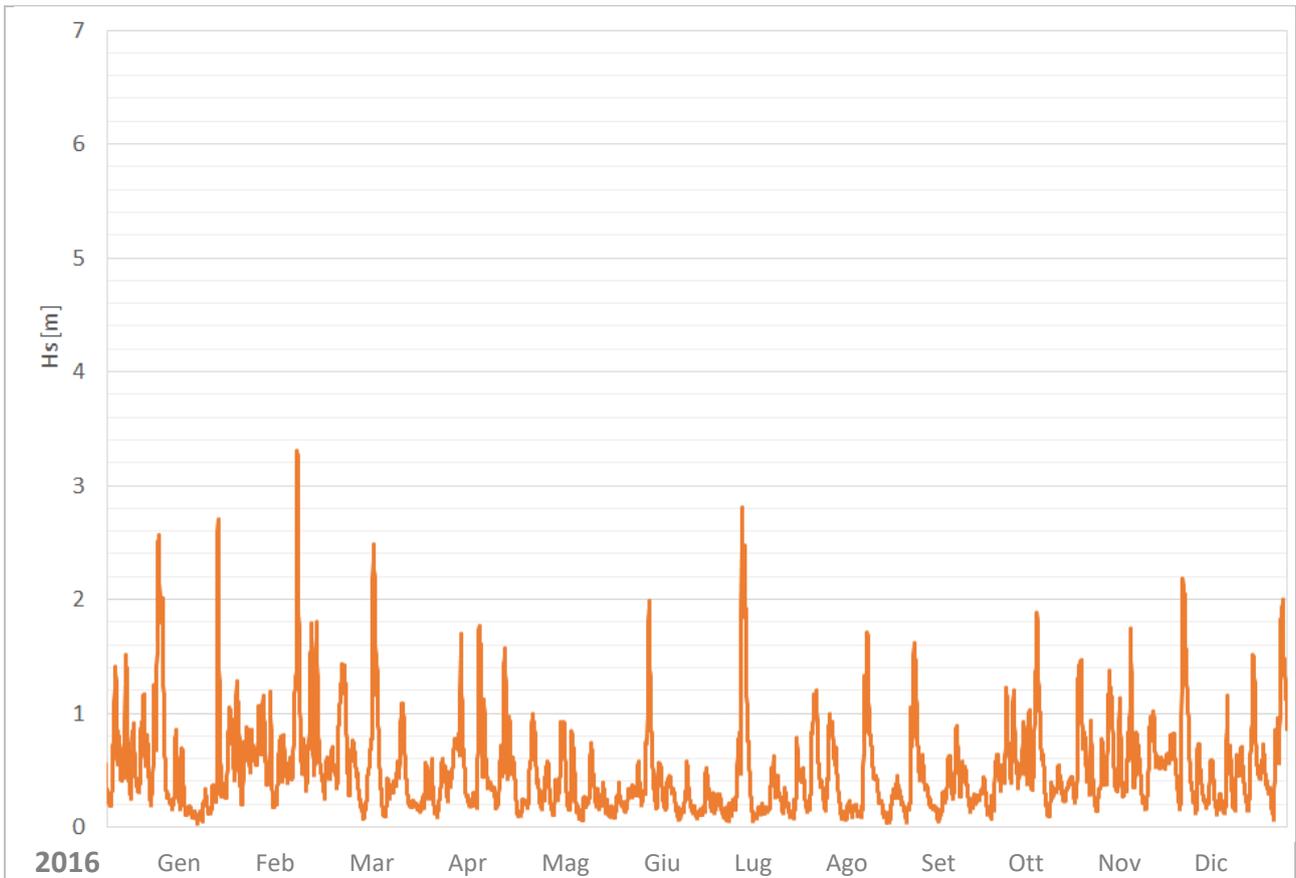
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 4 di 107
--	--------------------	---------------------	------------	--------------------

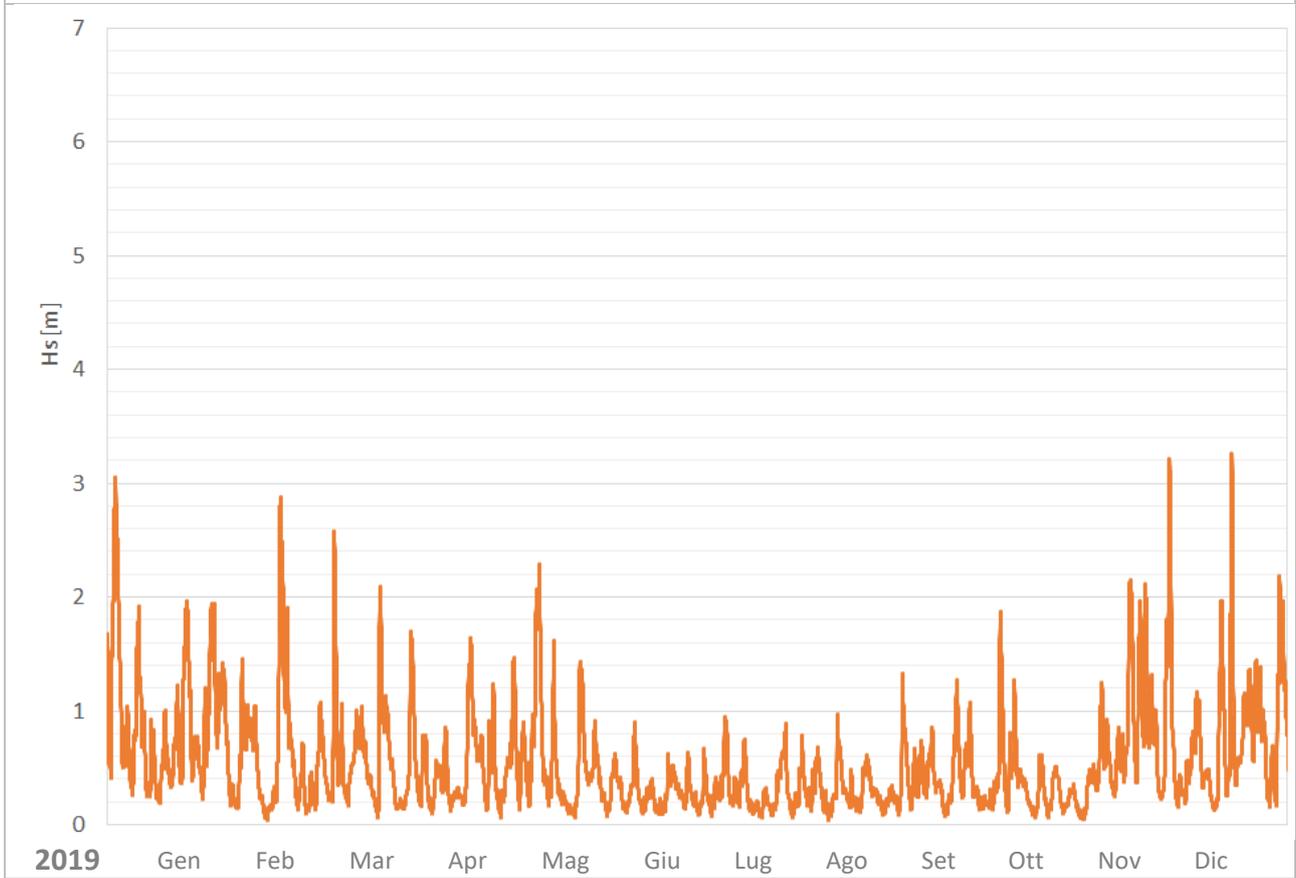
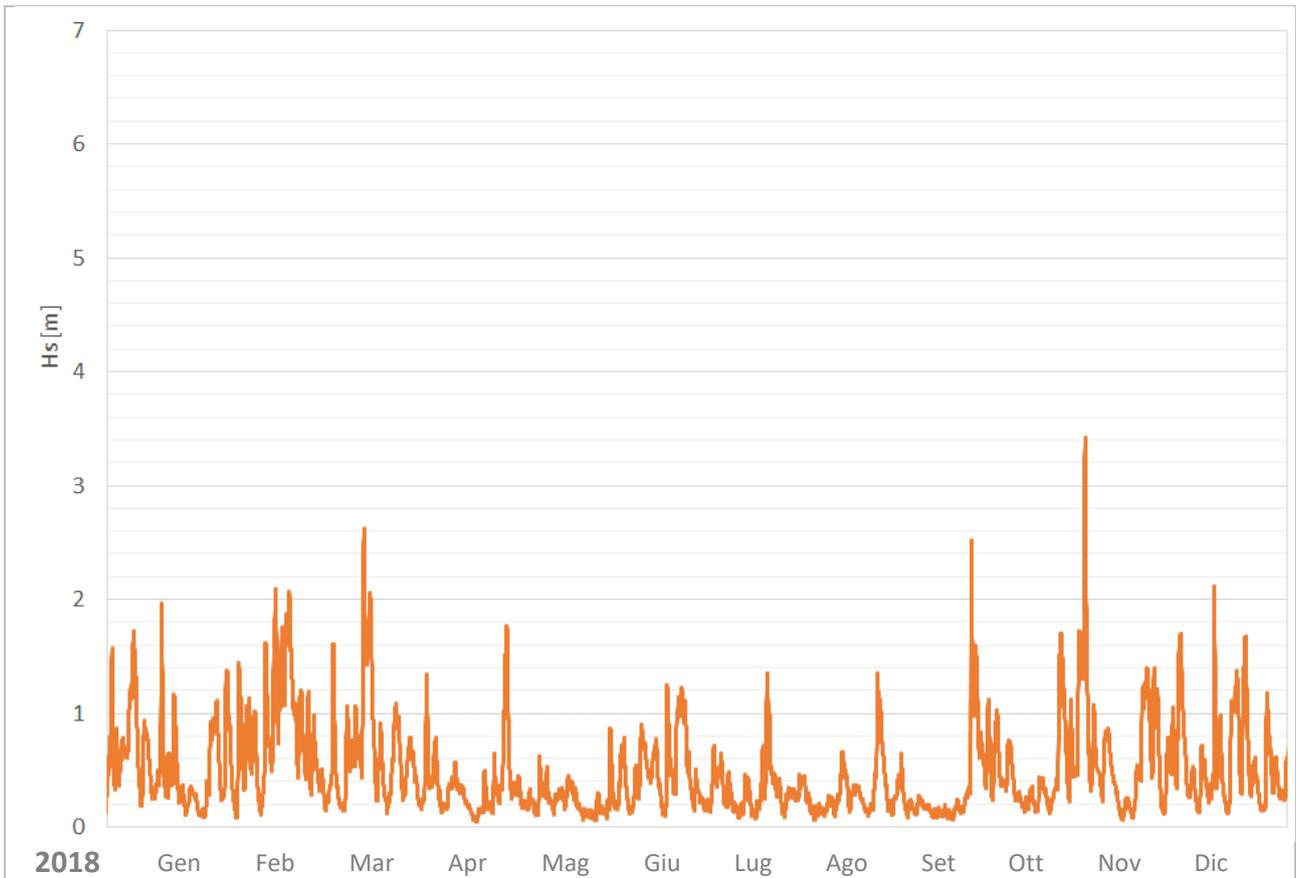
## ALLEGATO A

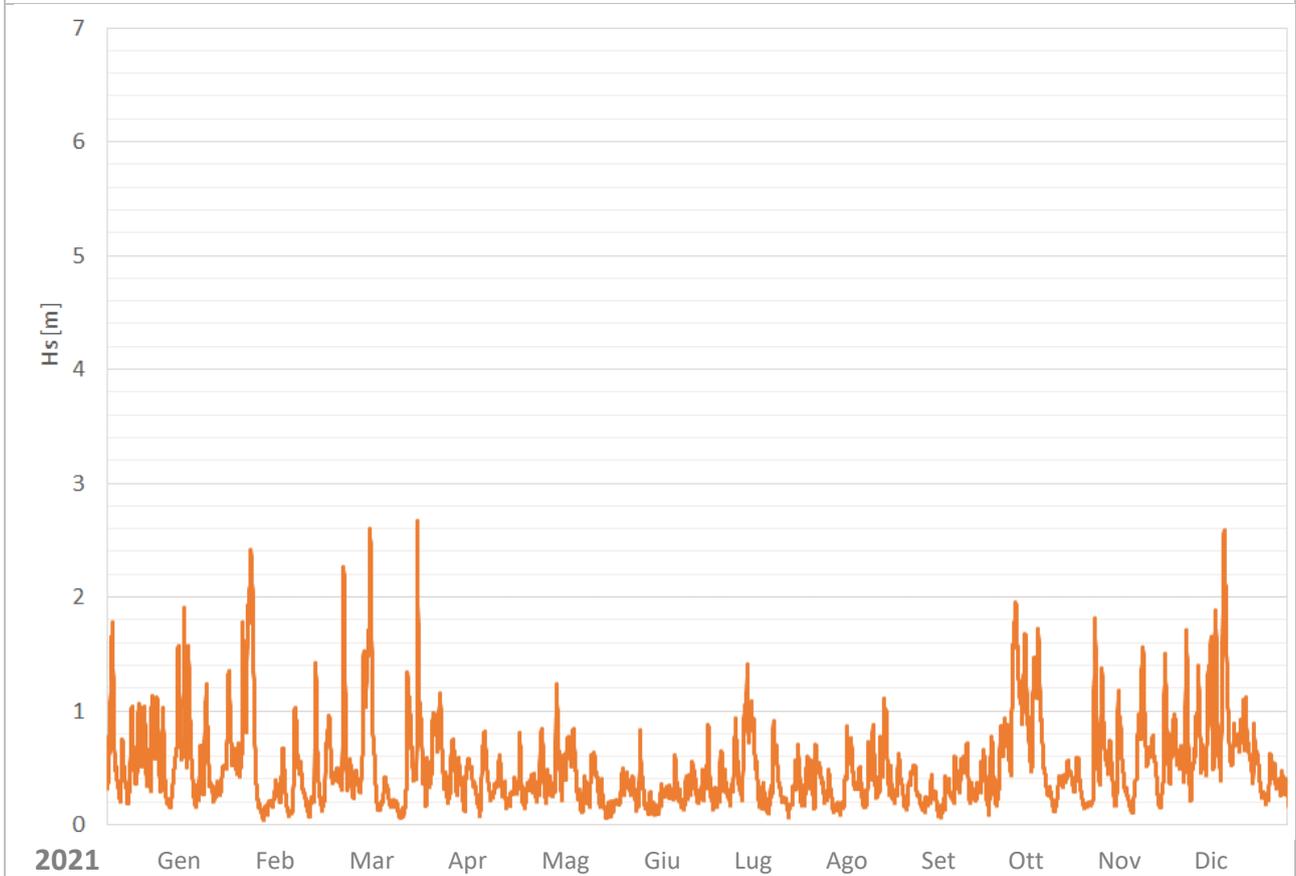
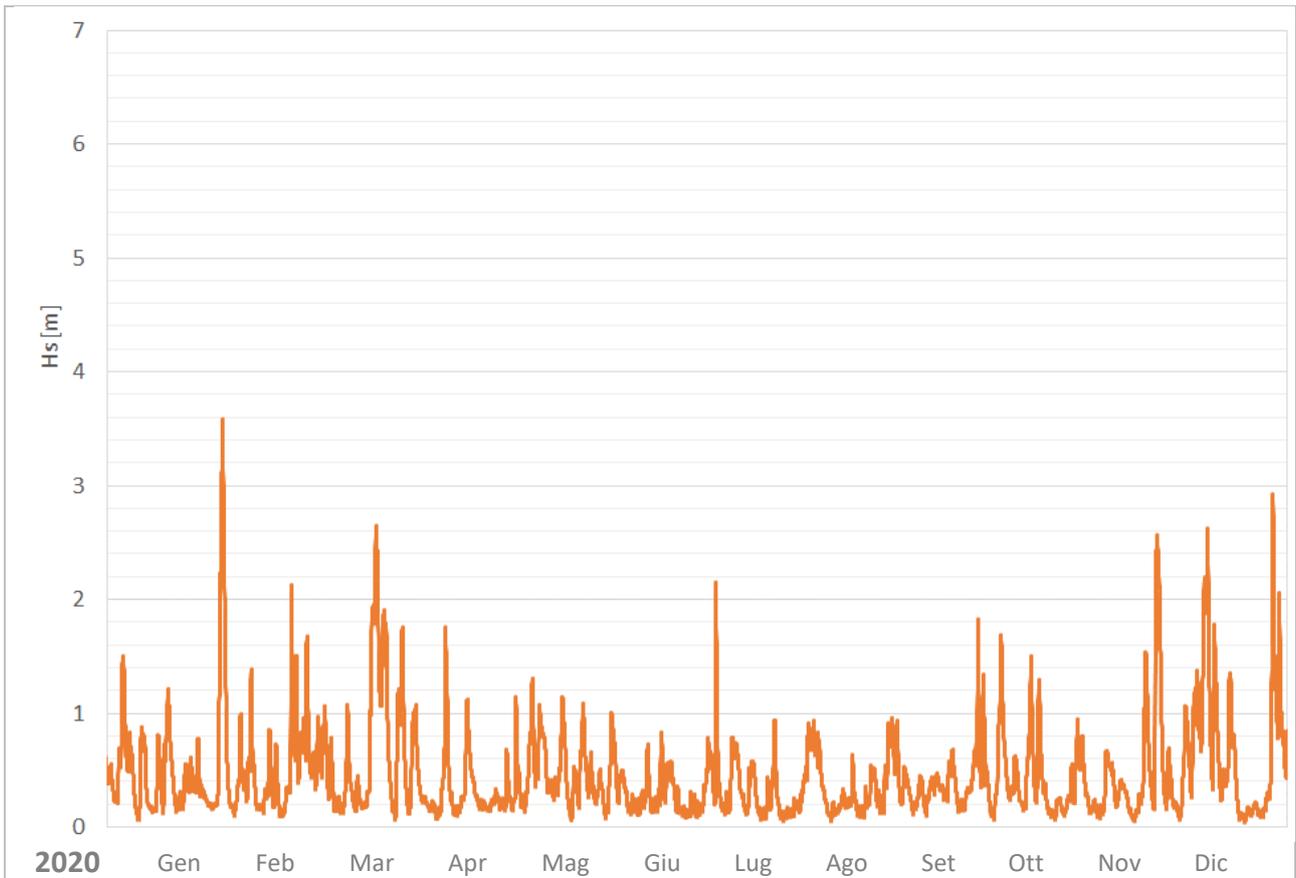
Andamento annuale del moto ondoso relativo all'area in cui insistono le condotte di Fabrizia 1.











 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 10 di 107
---	--------------------	---------------------	------------	---------------------

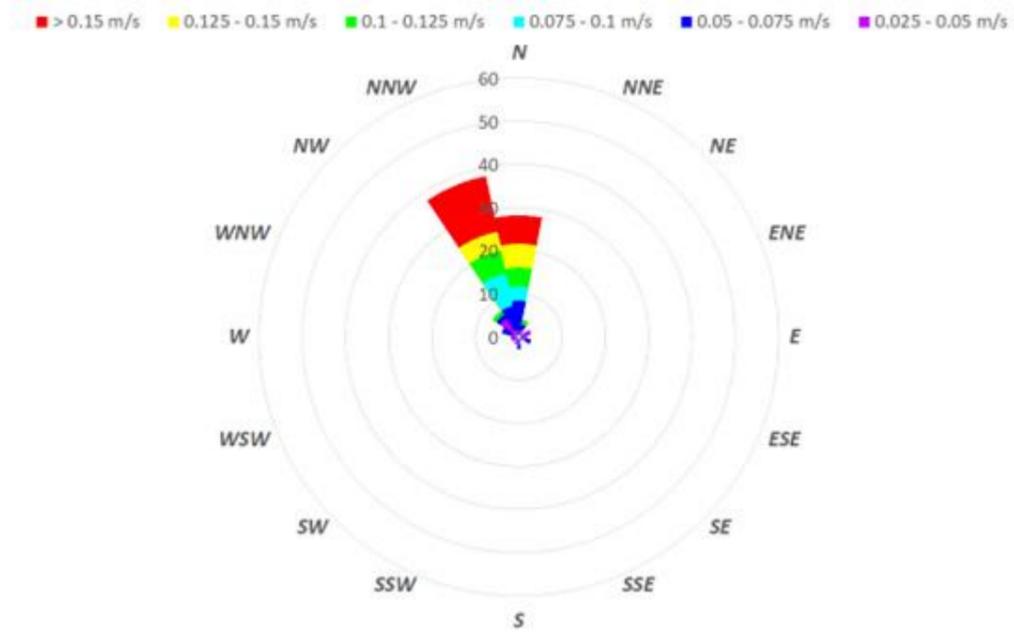
## **ALLEGATO B**

Distribuzione stagionale delle correnti in funzione di intensità e direzione di provenienza a tre profondità: in superficie (SUR), a profondità intermedia (INT) e sul fondo (BOT) relativo all'area in cui insistono le condotte di Fabrizia 1.

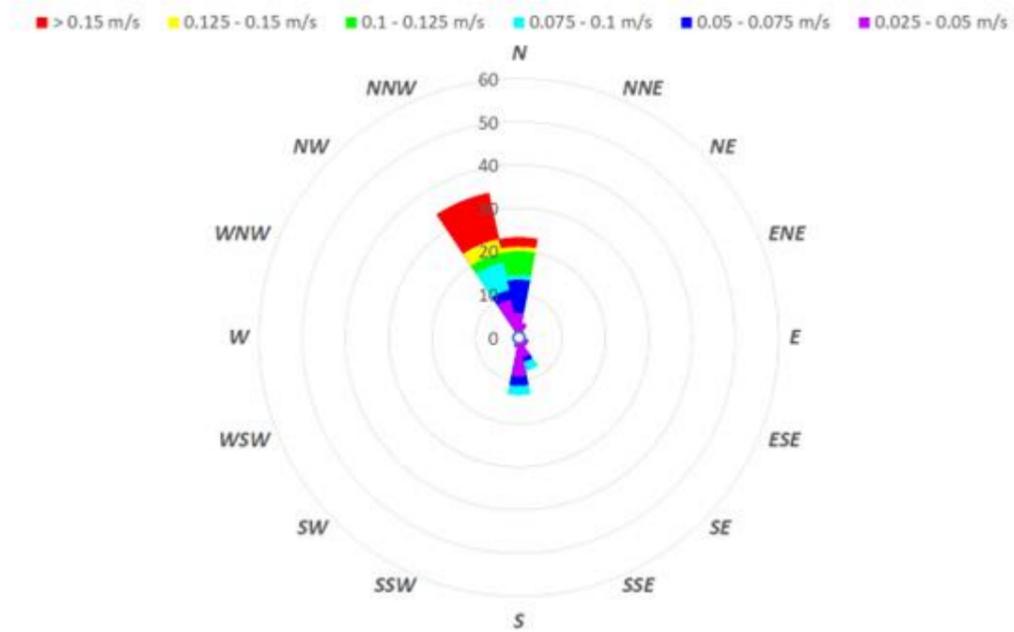


2012

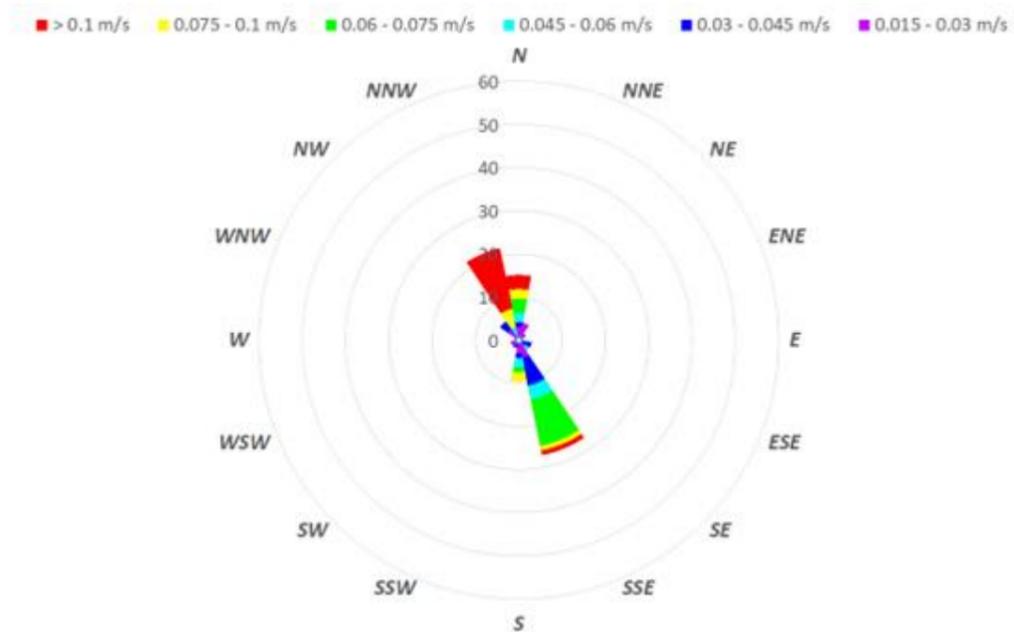
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

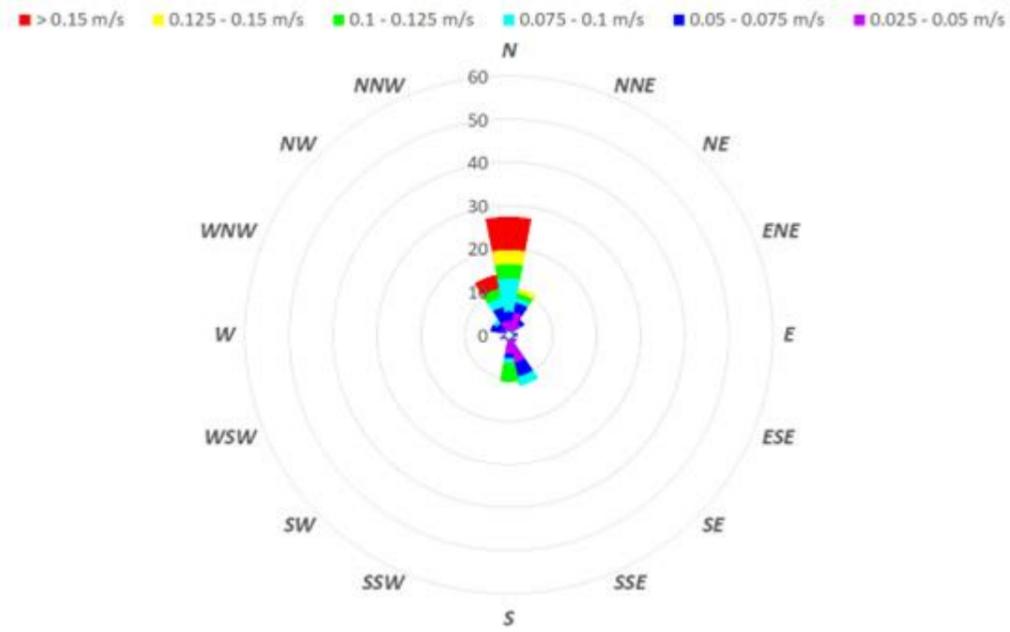


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

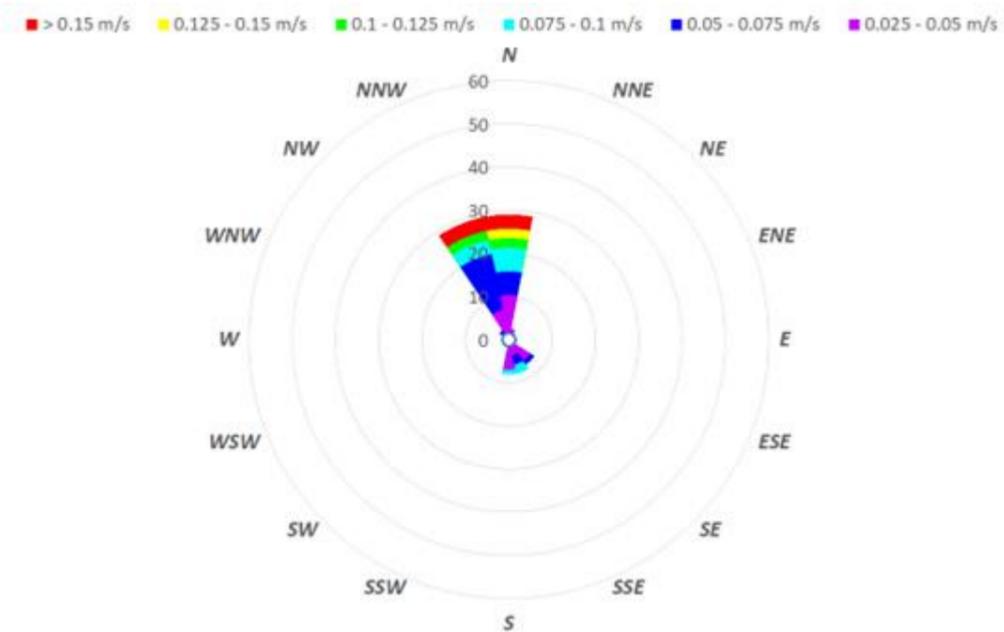




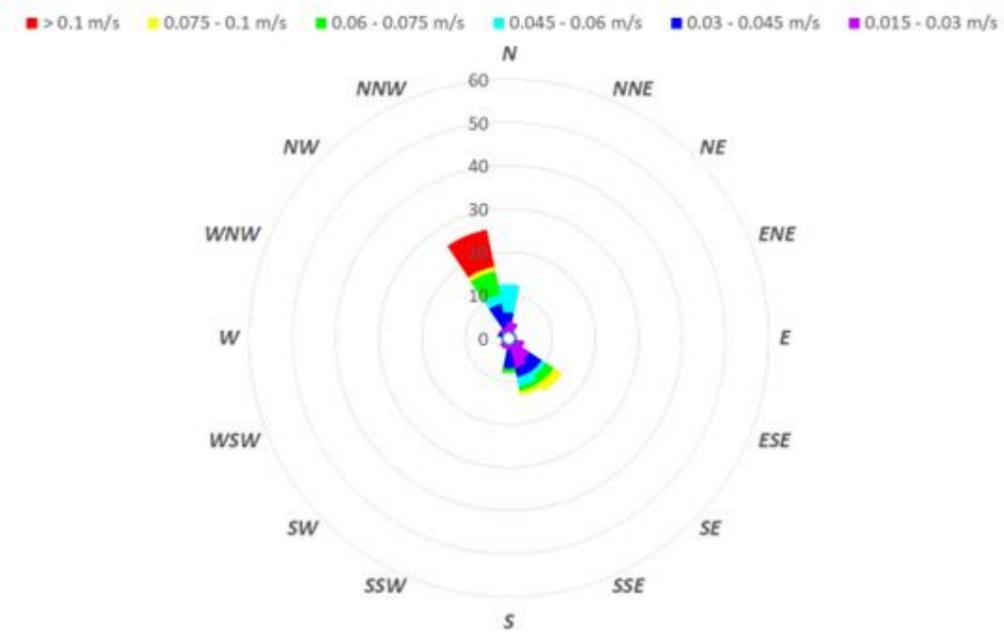
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

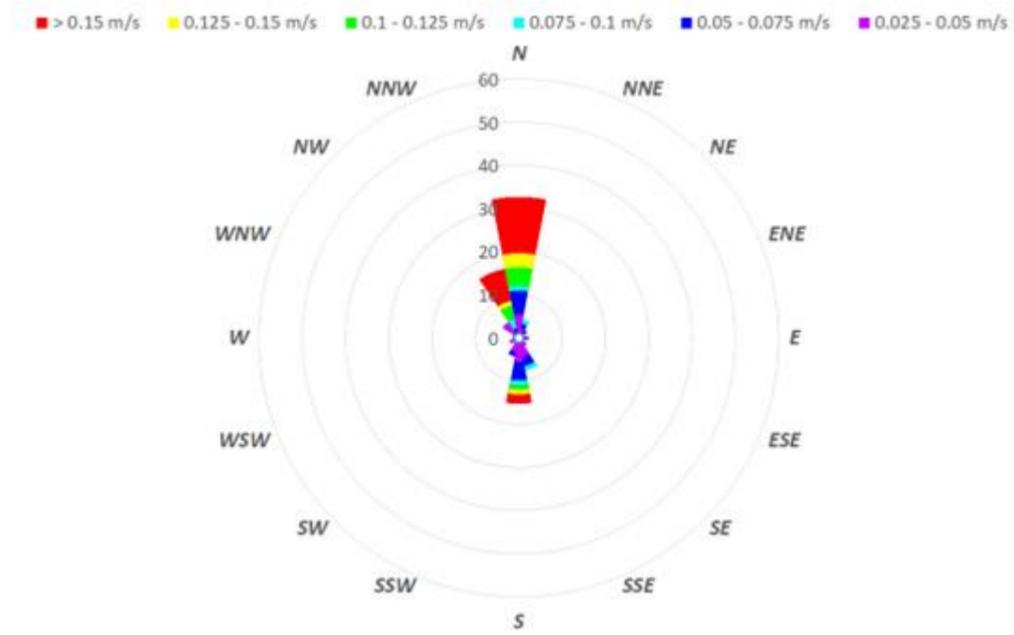


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

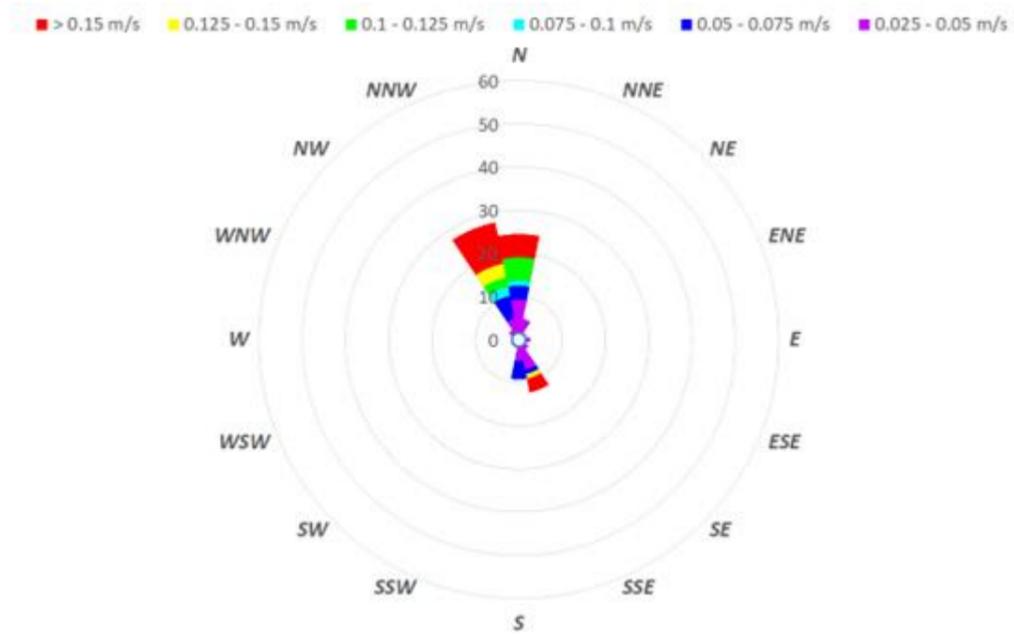




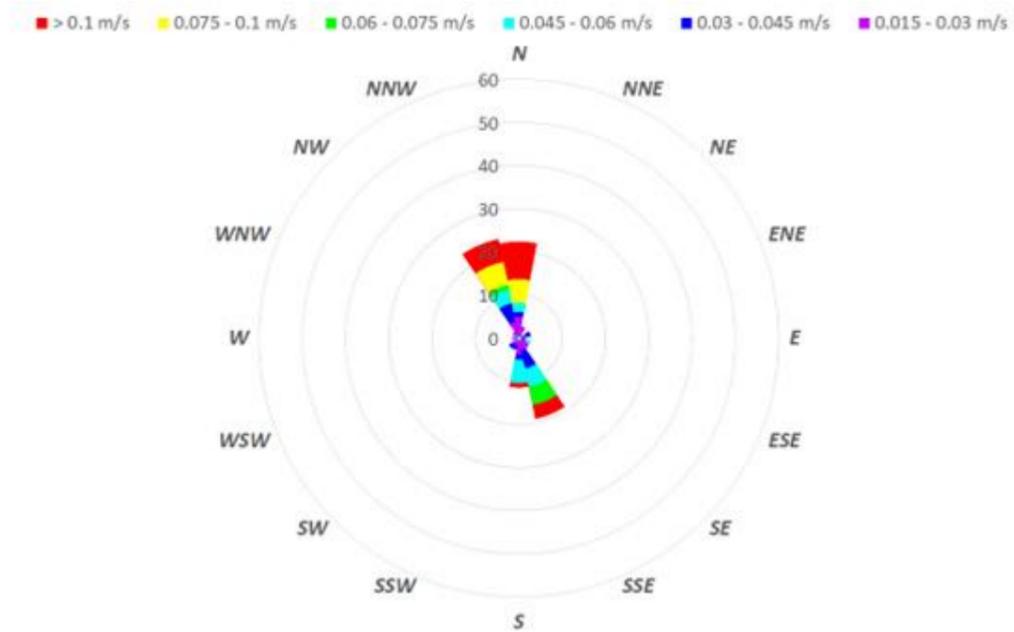
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

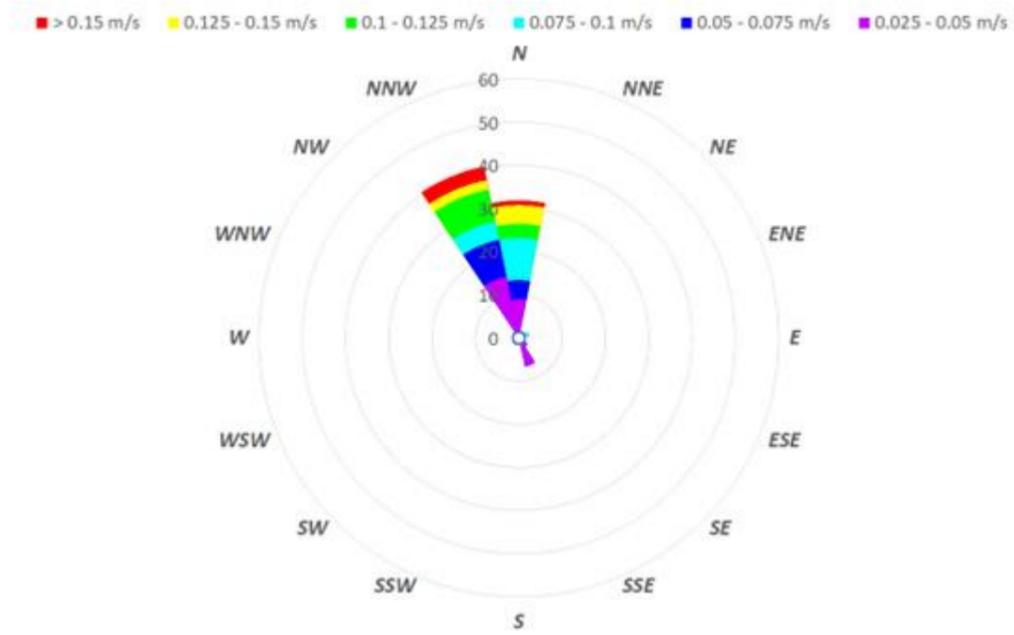


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

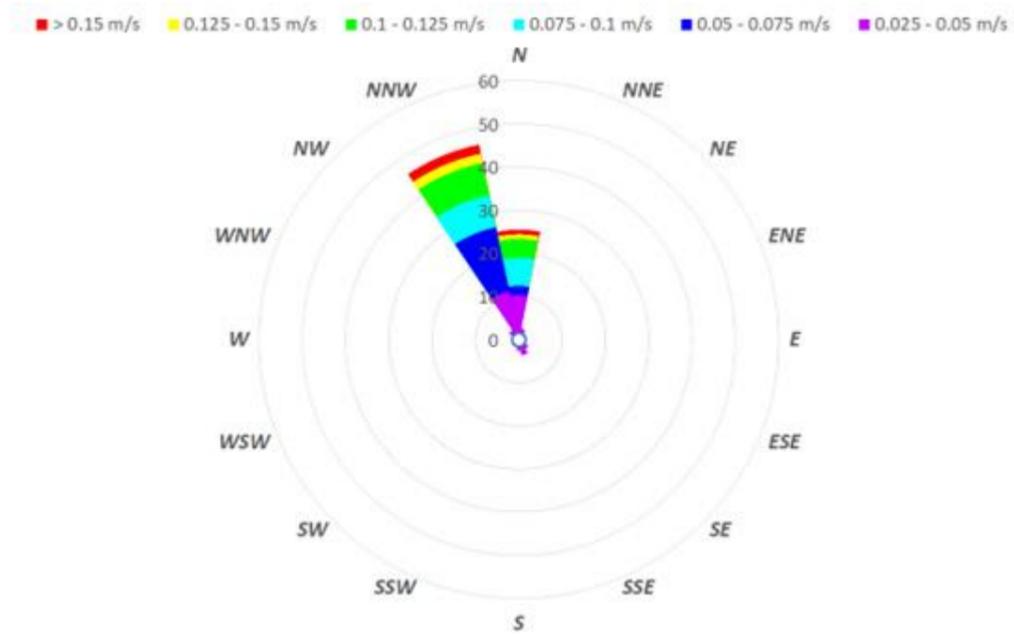




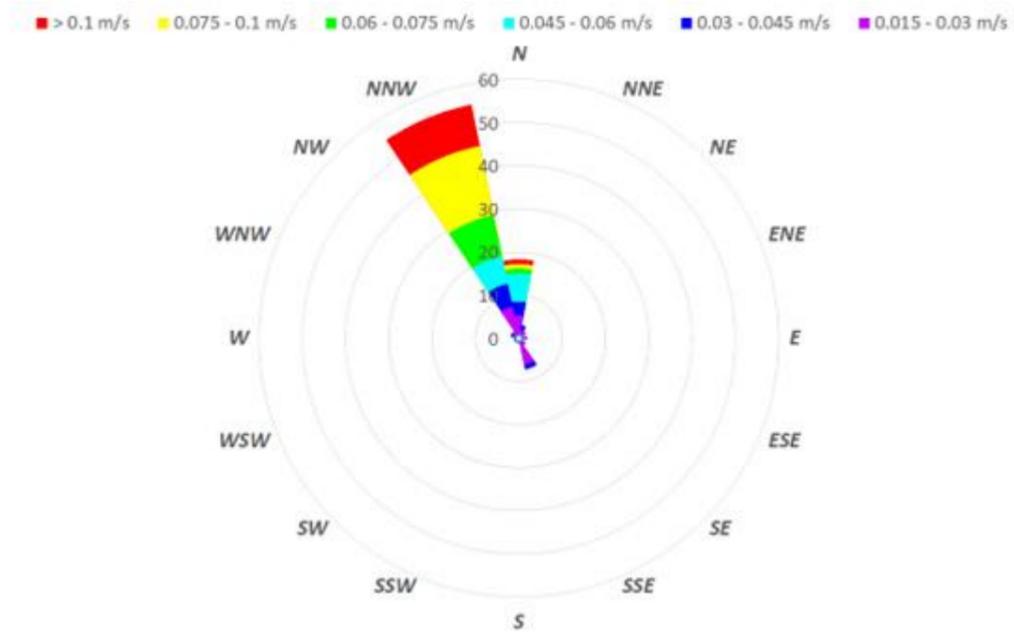
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



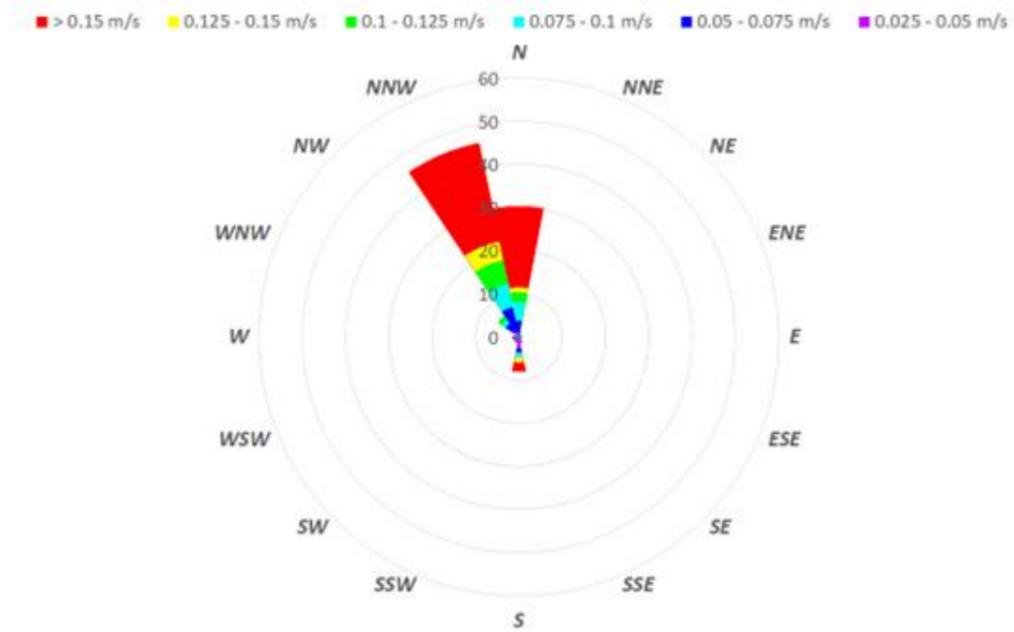
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



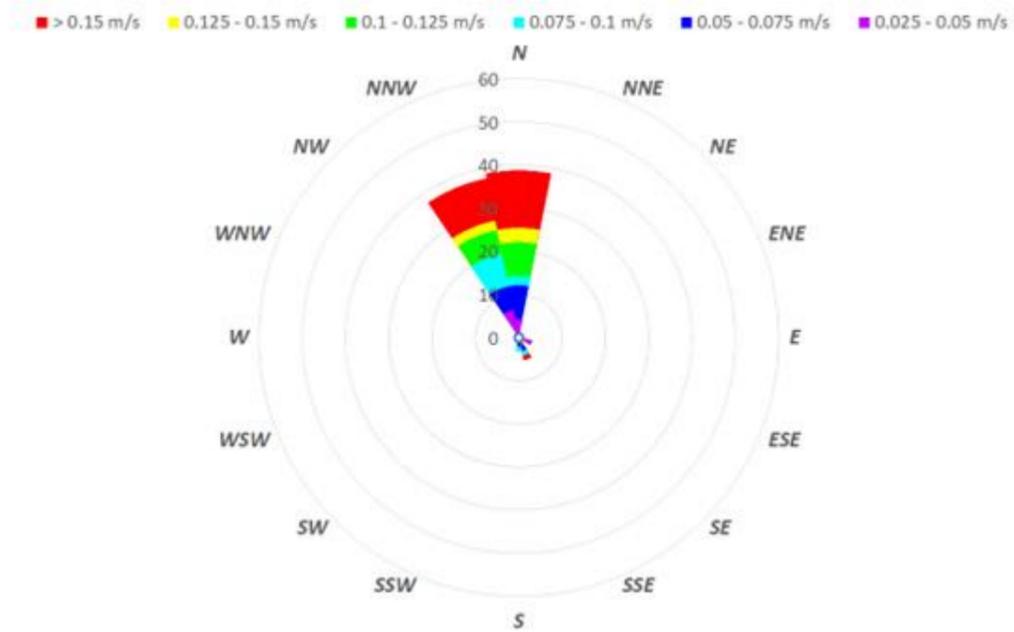


2013

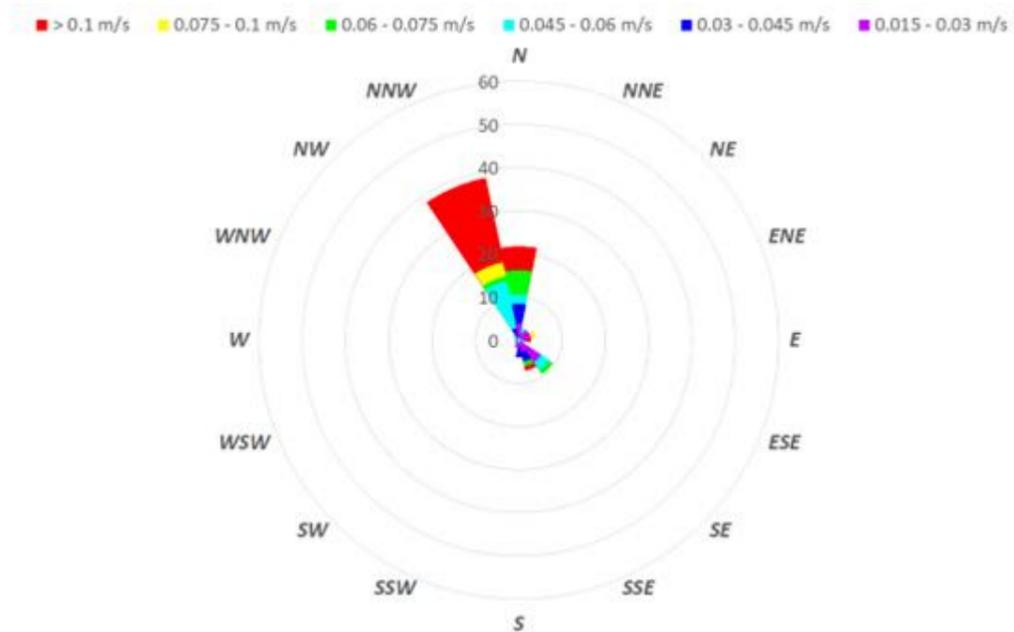
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

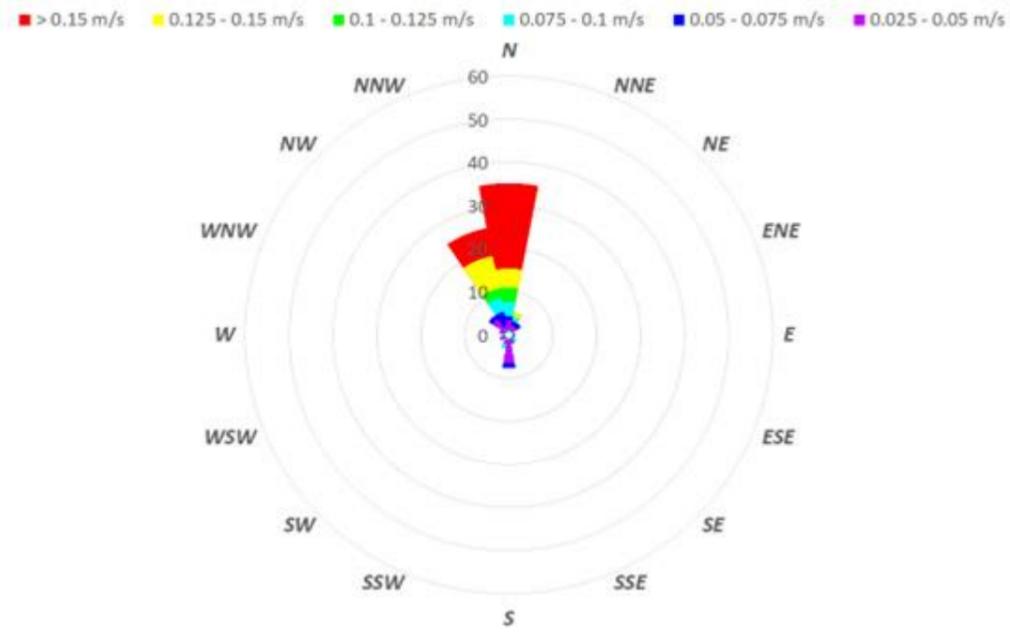


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

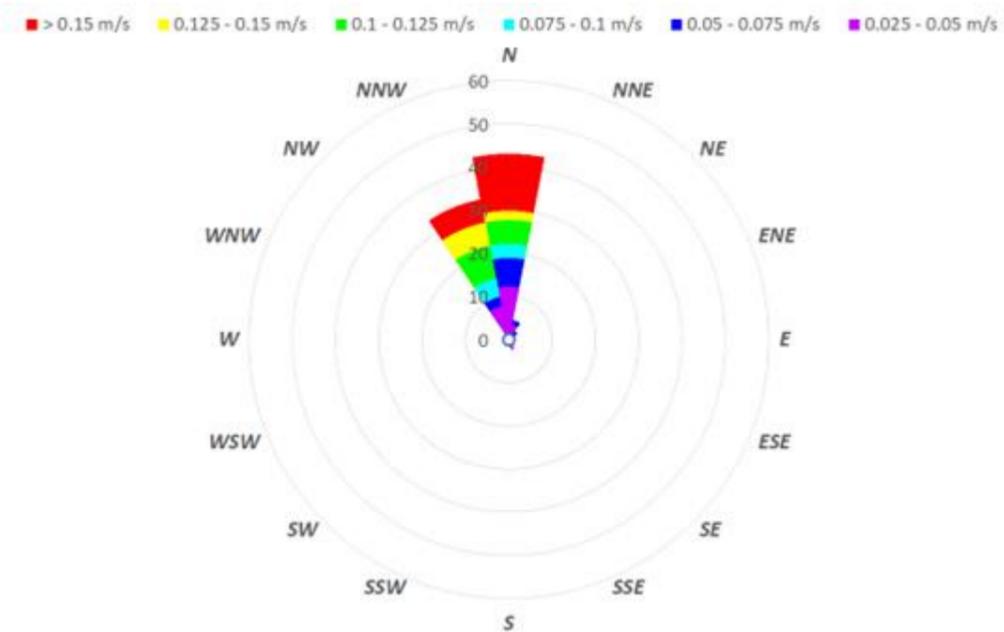




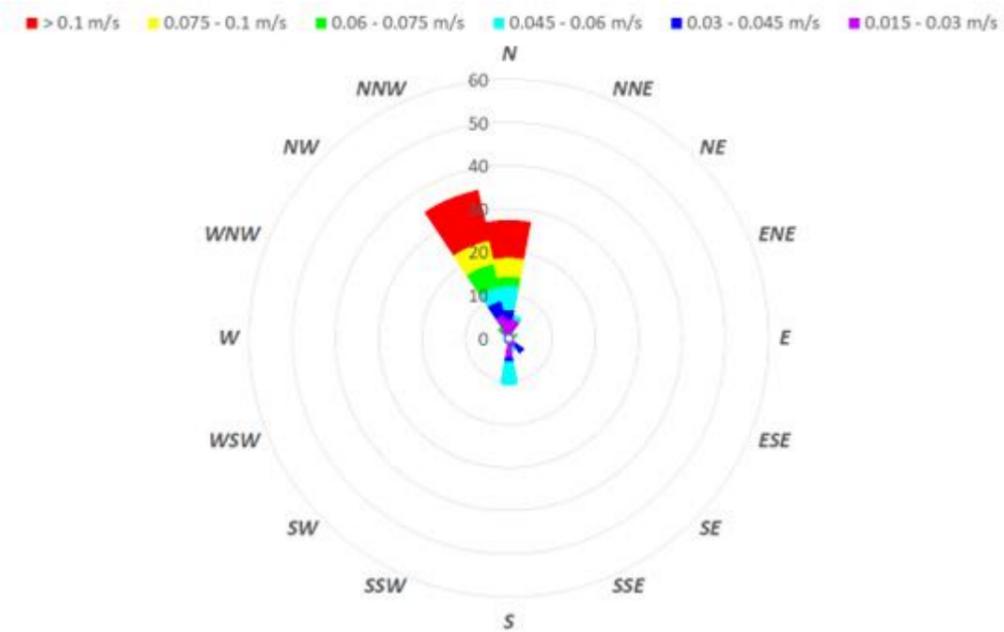
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

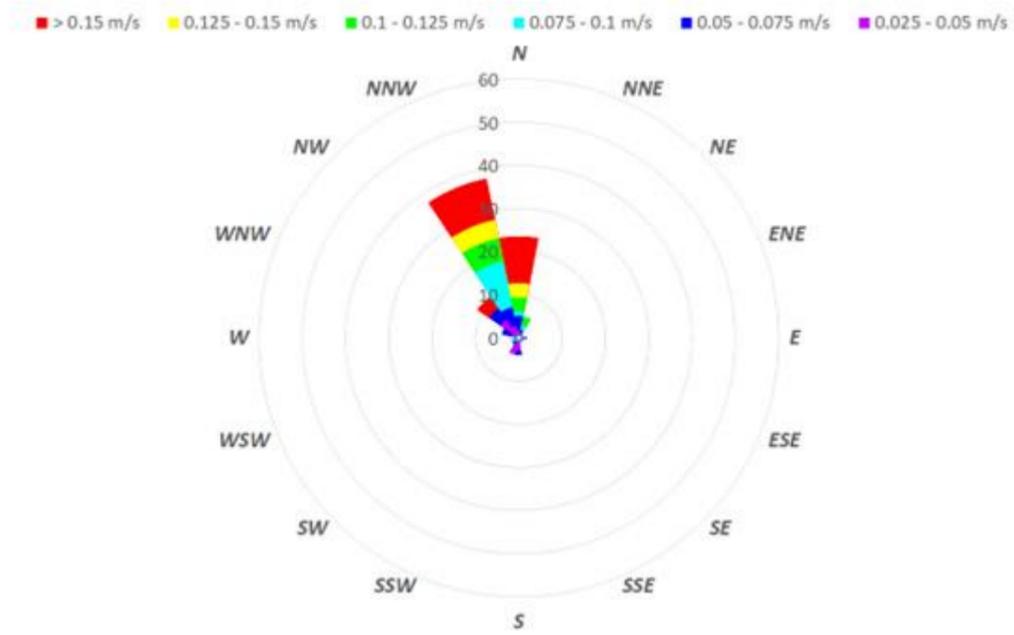


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

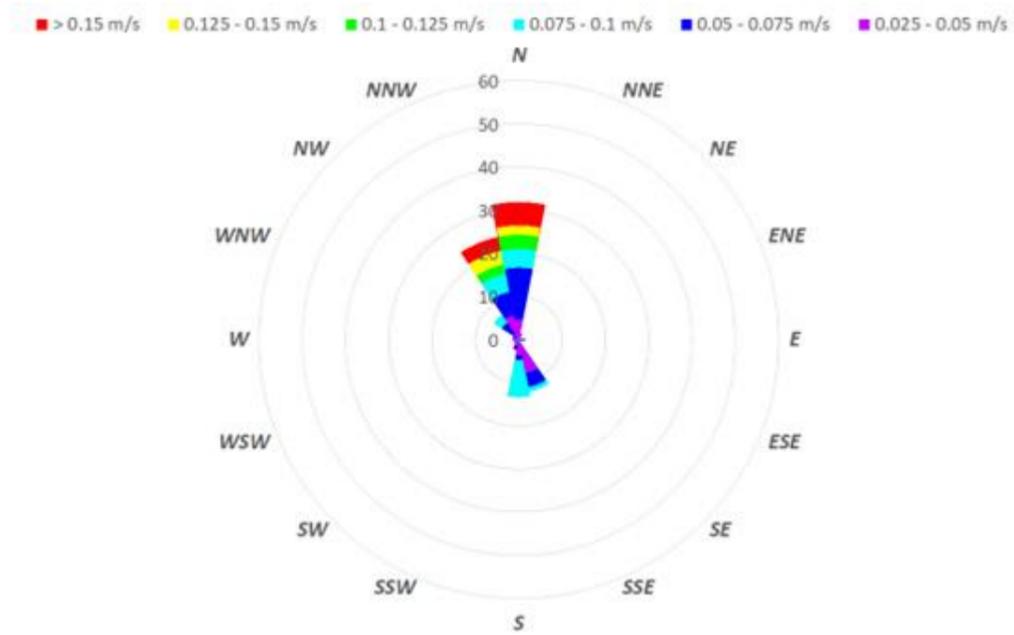




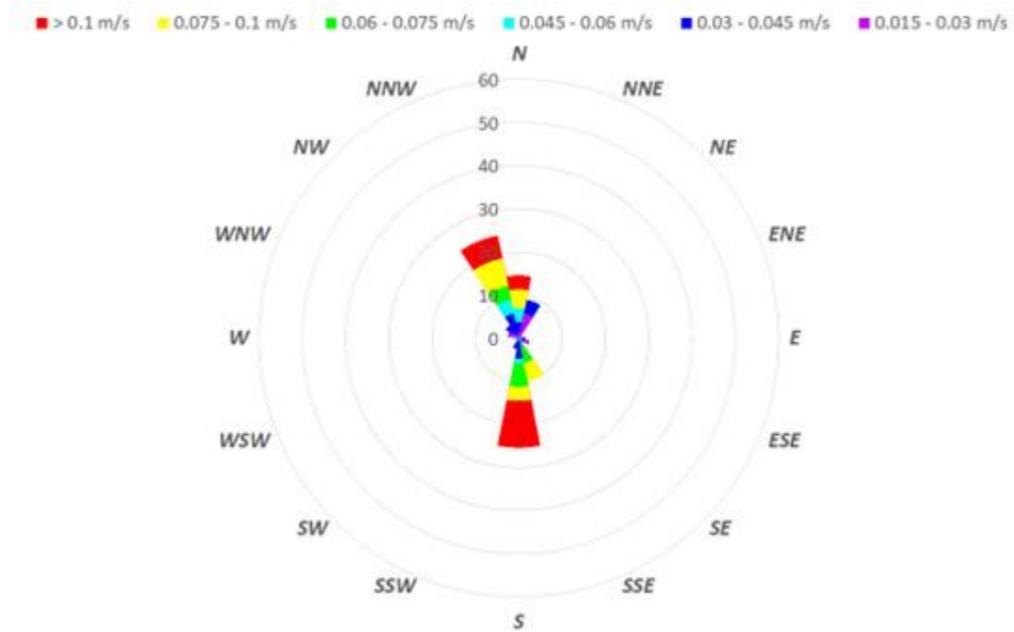
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

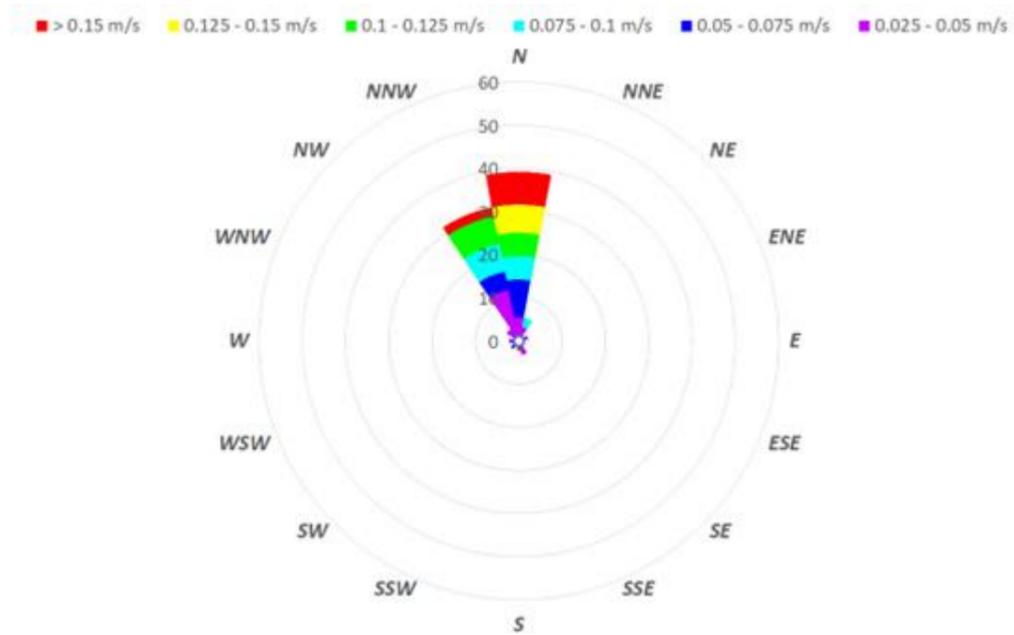


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

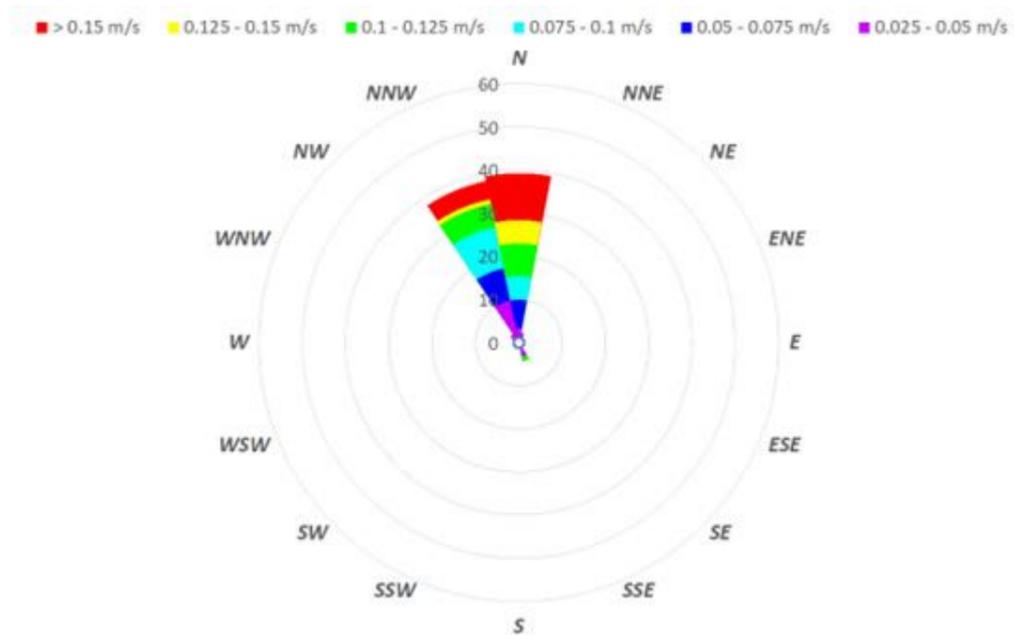




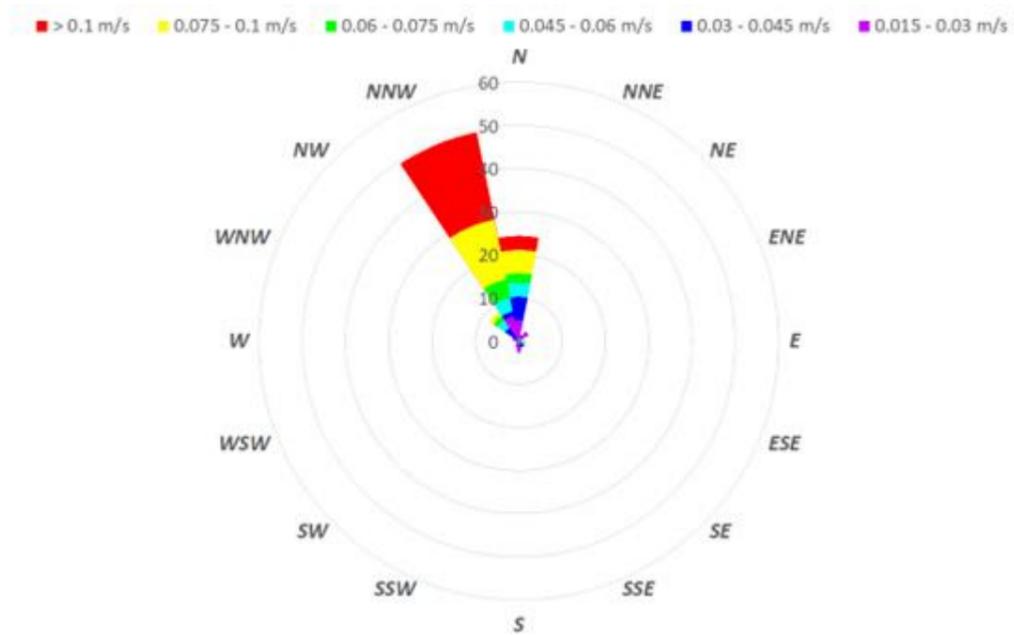
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



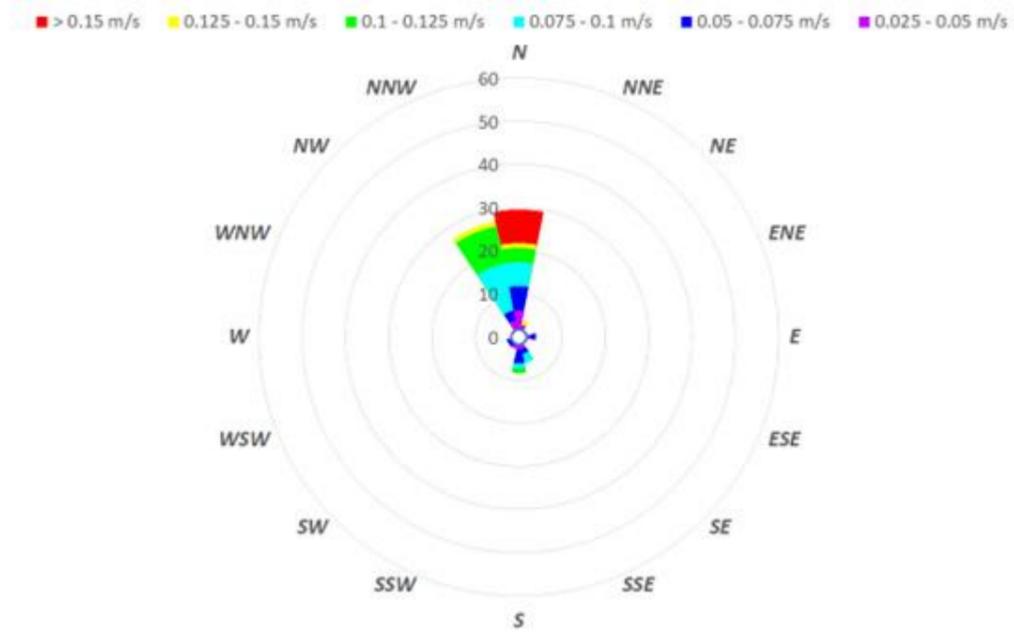
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



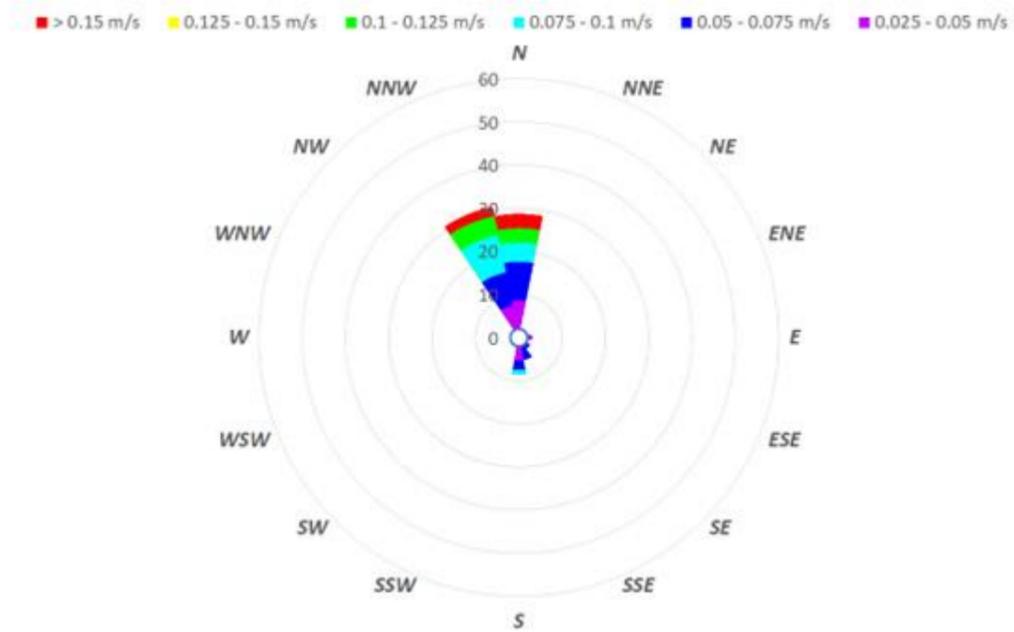


2014

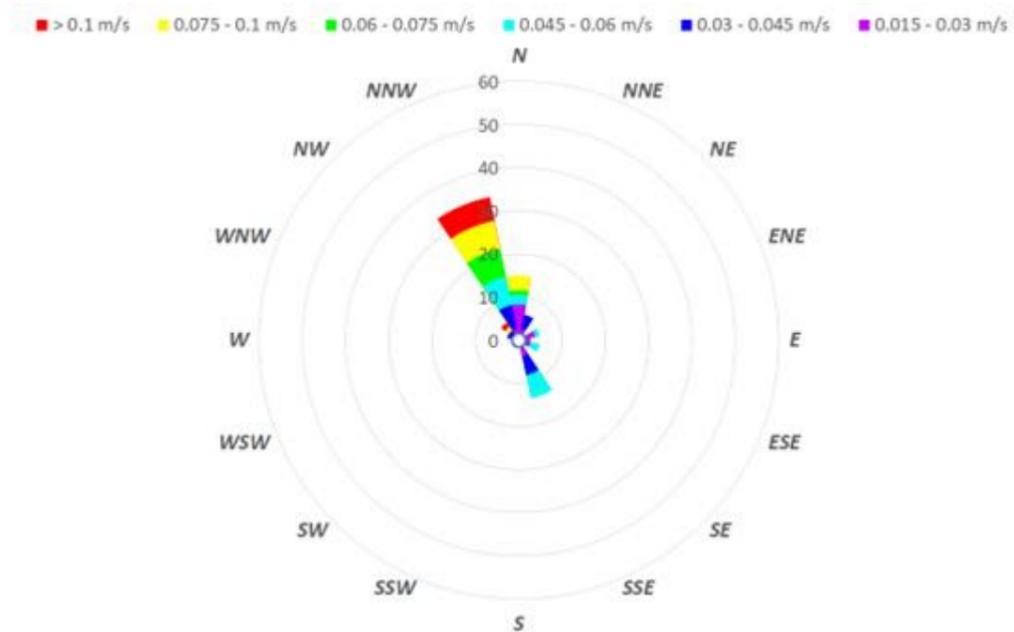
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

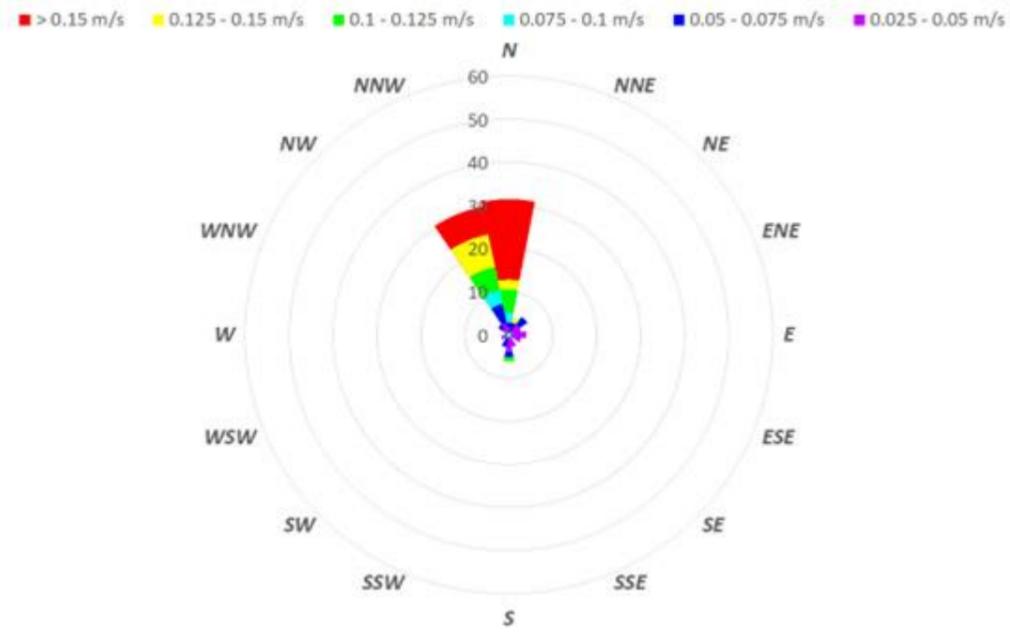


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

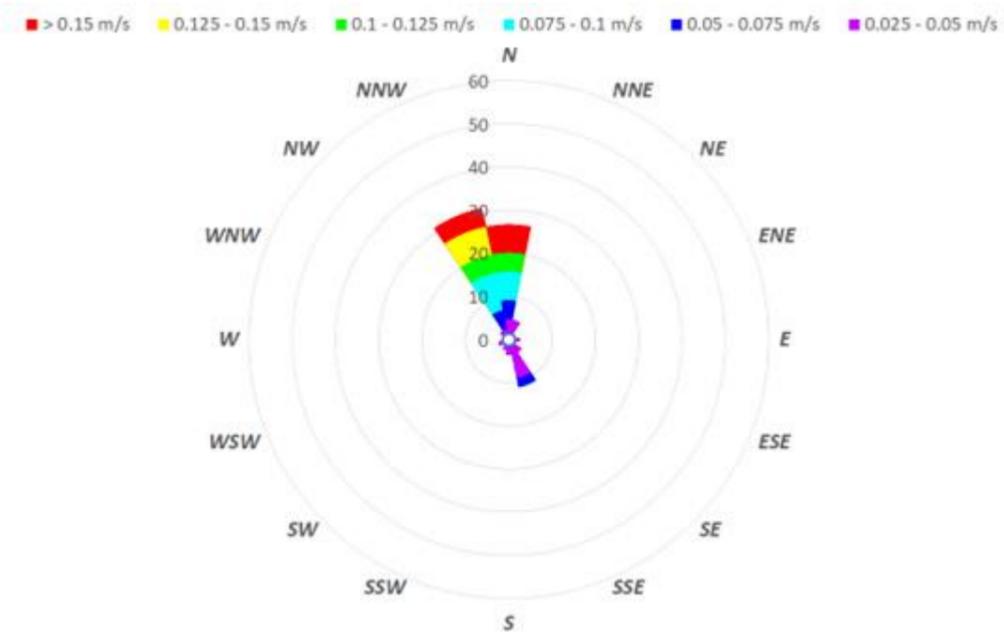




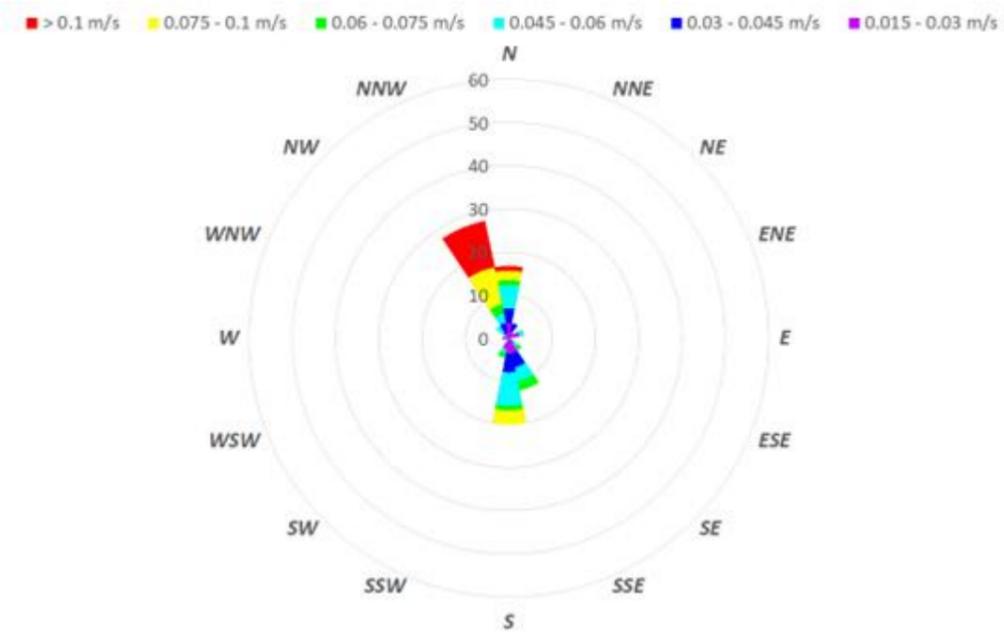
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

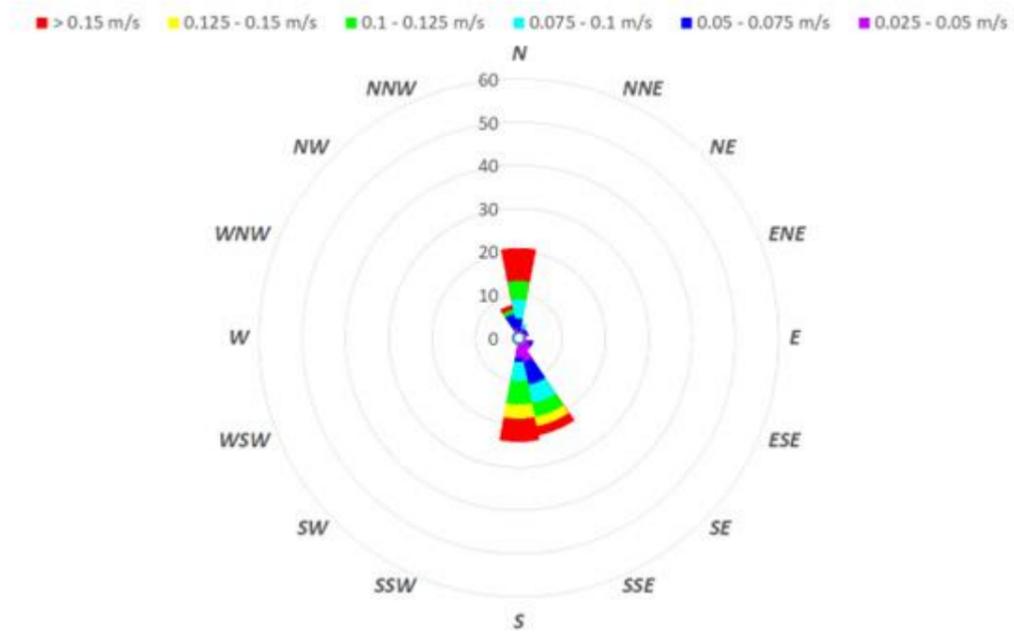


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

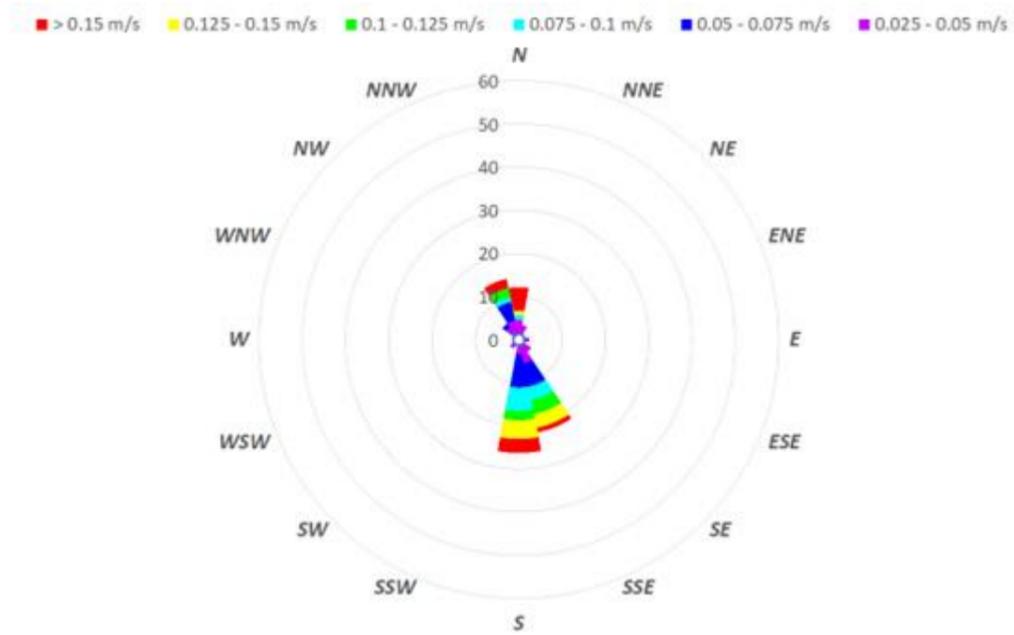




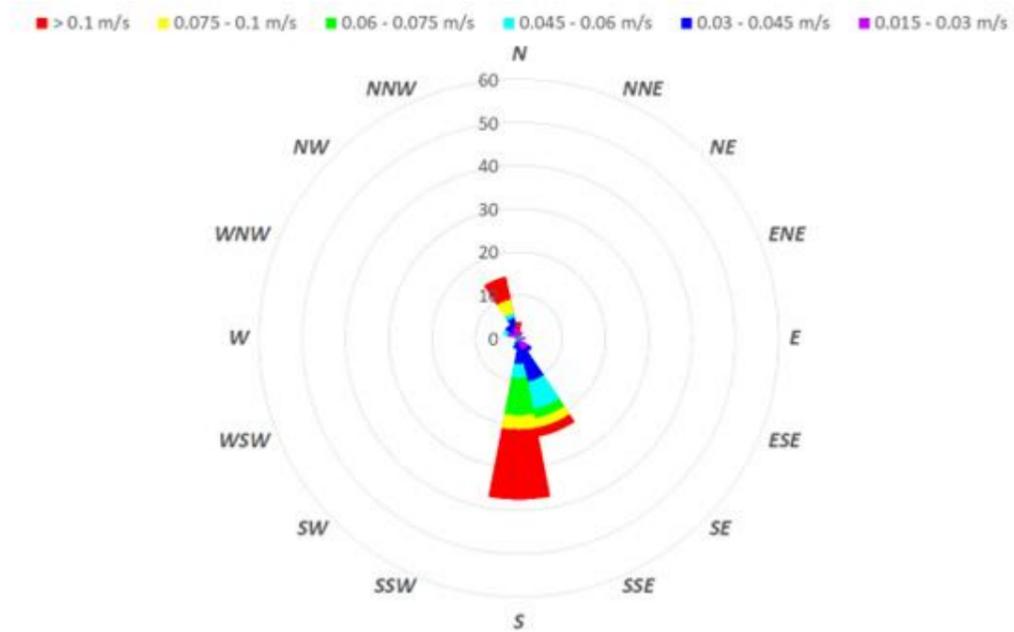
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

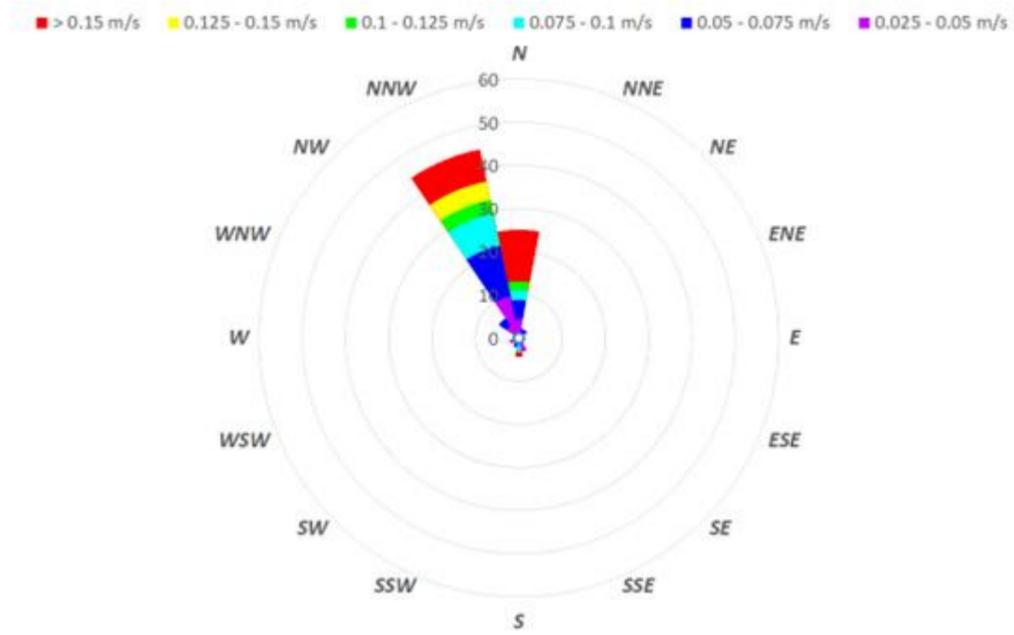


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

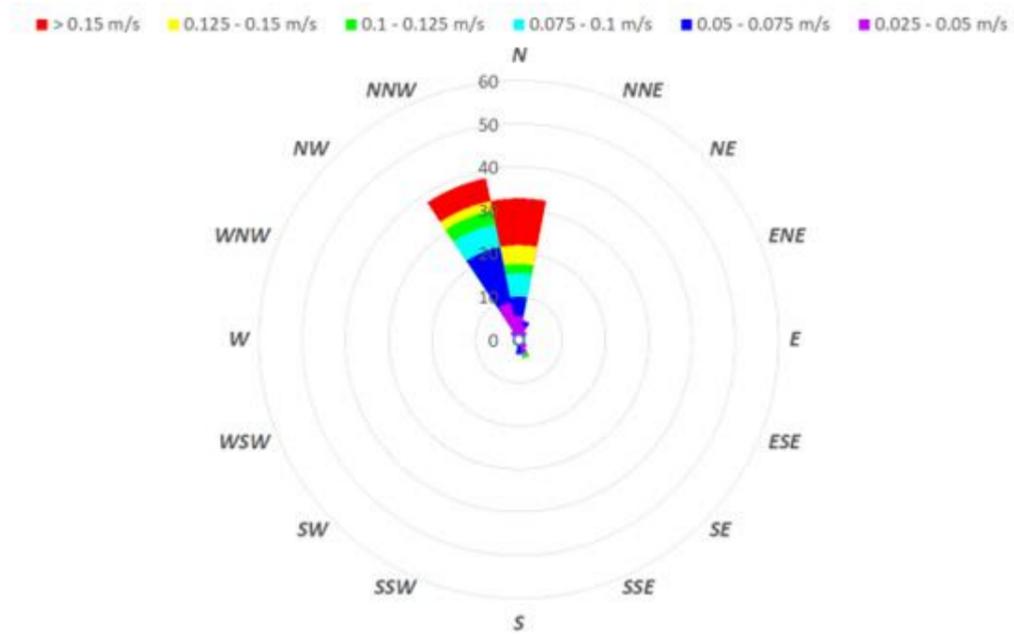




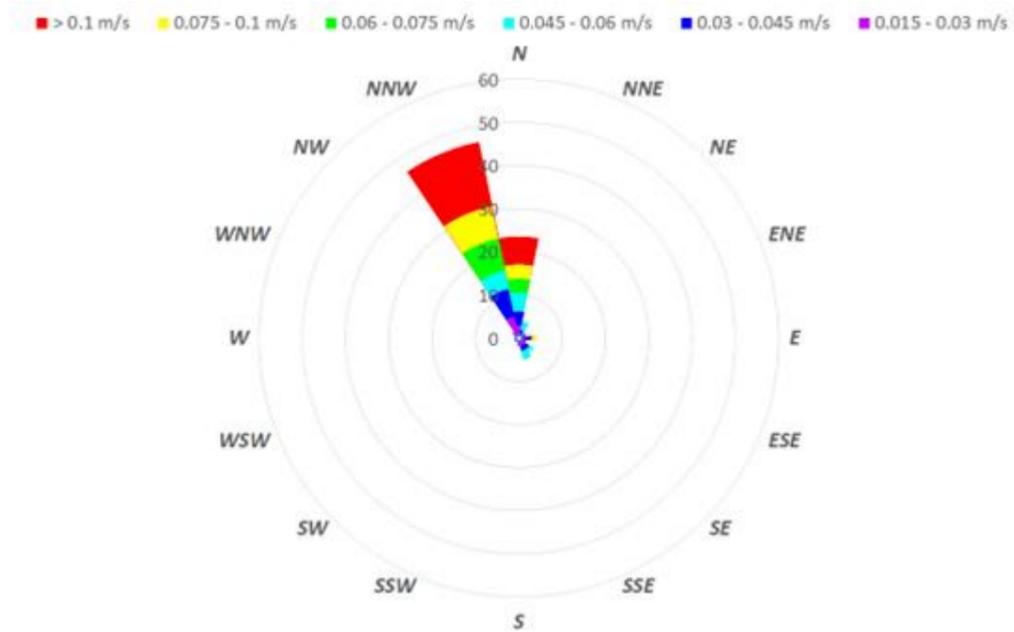
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



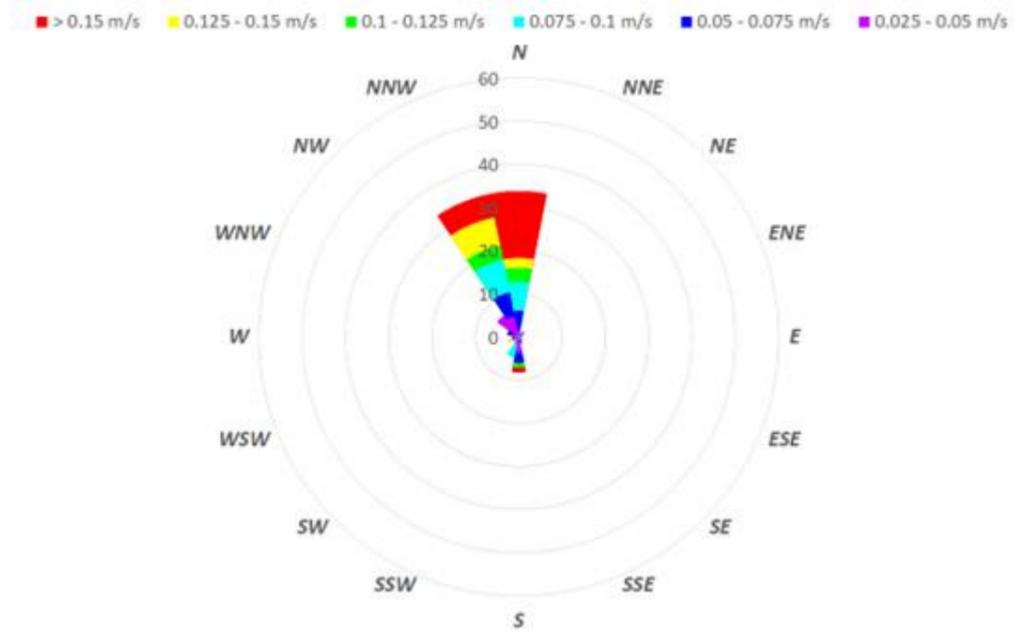
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



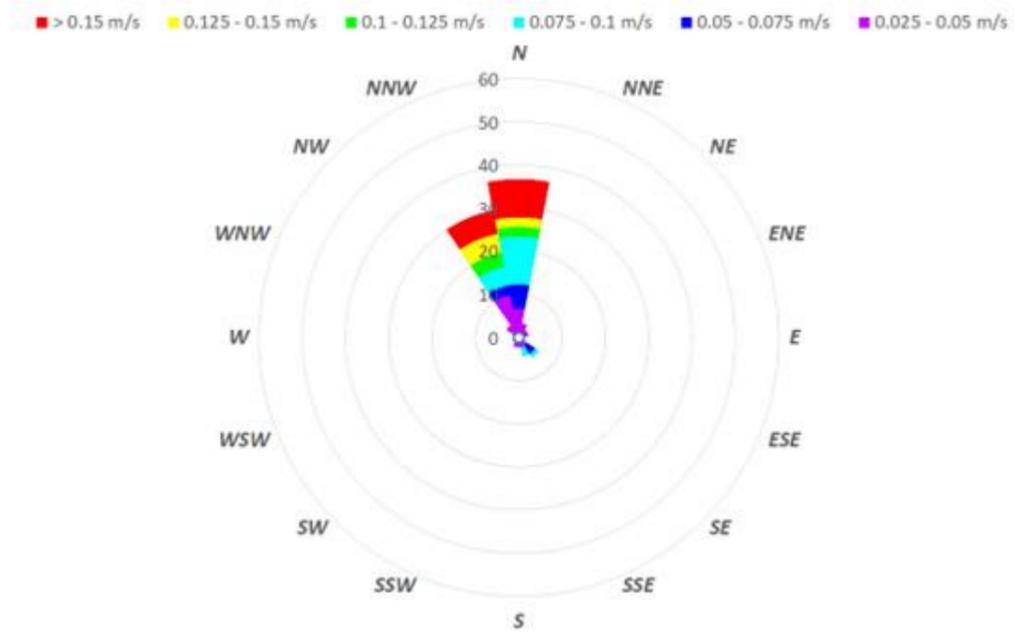


2015

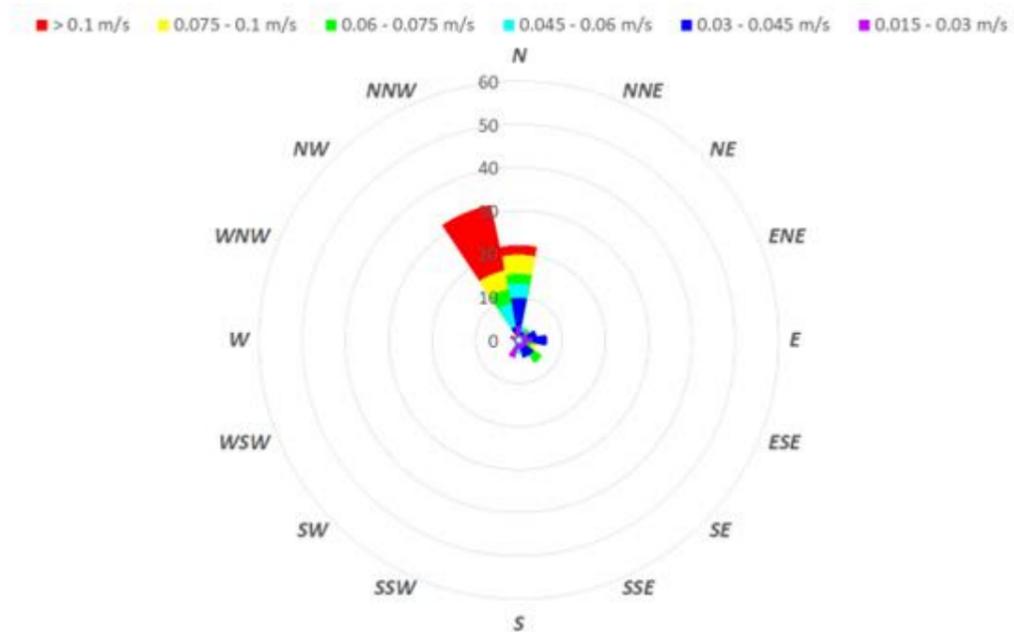
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

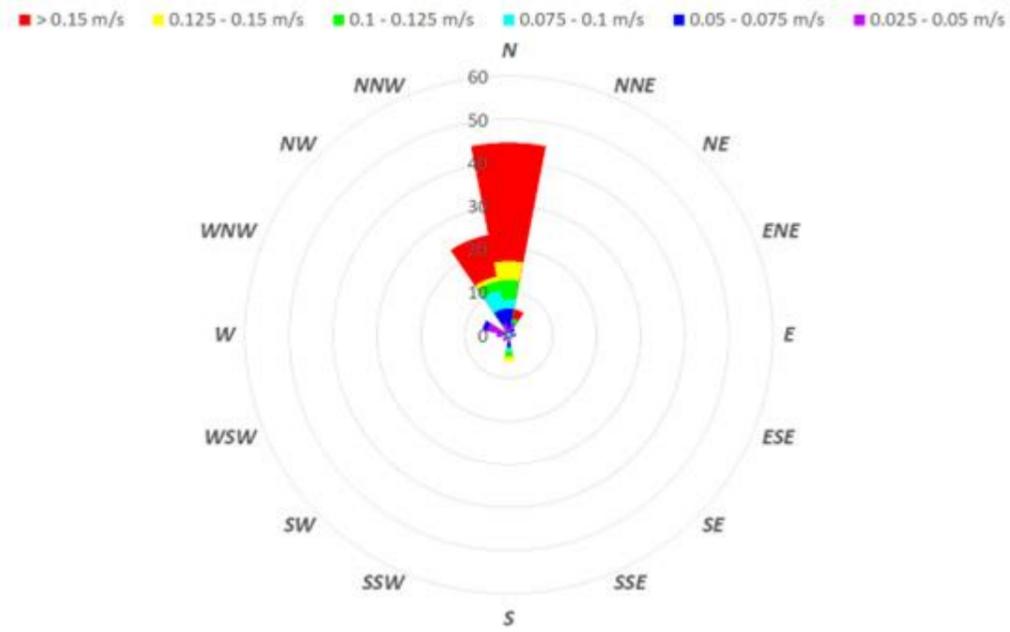


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

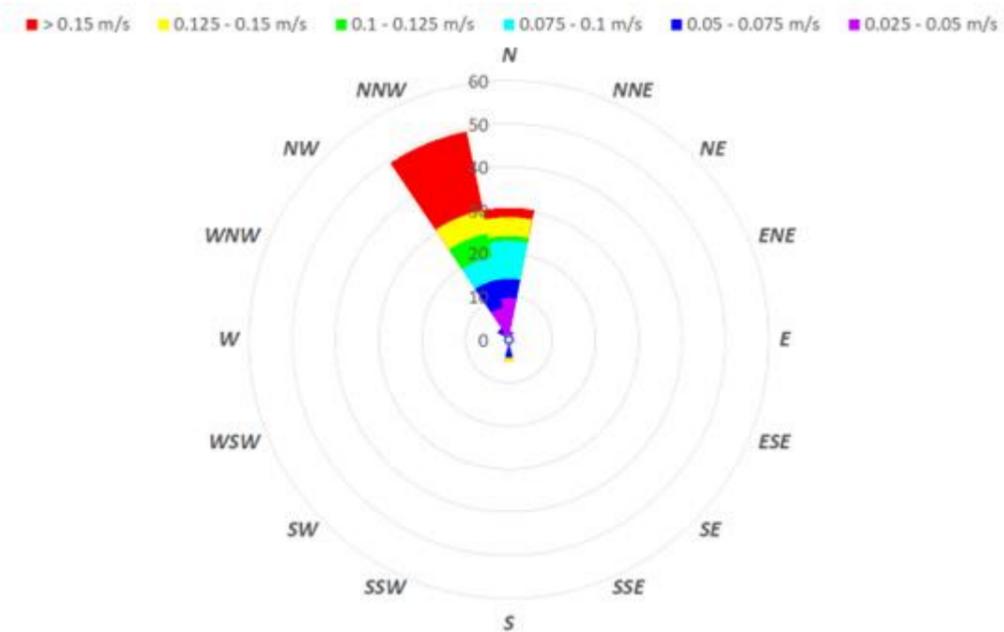




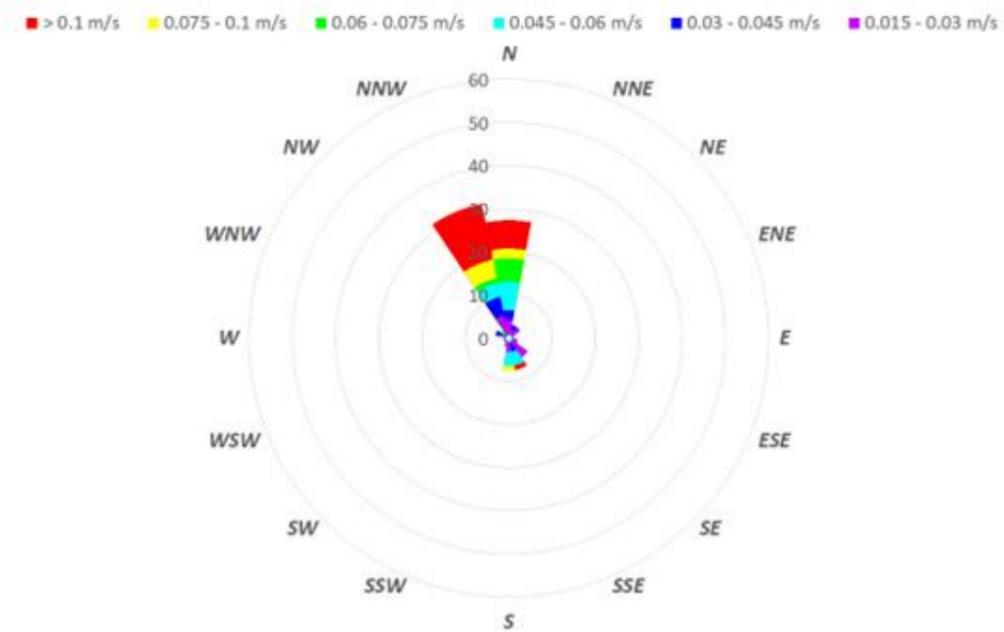
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

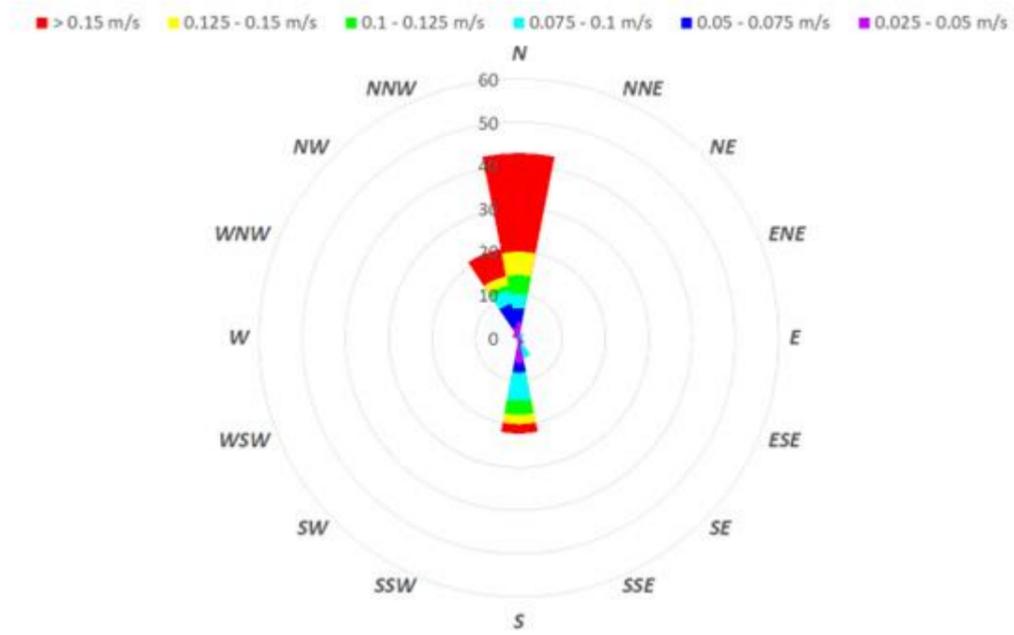


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

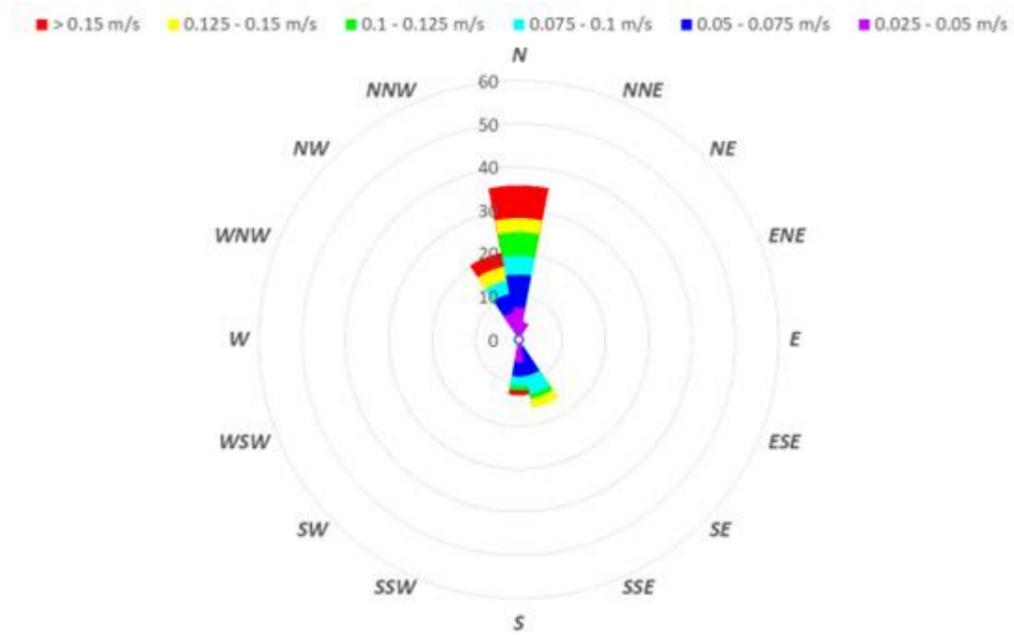




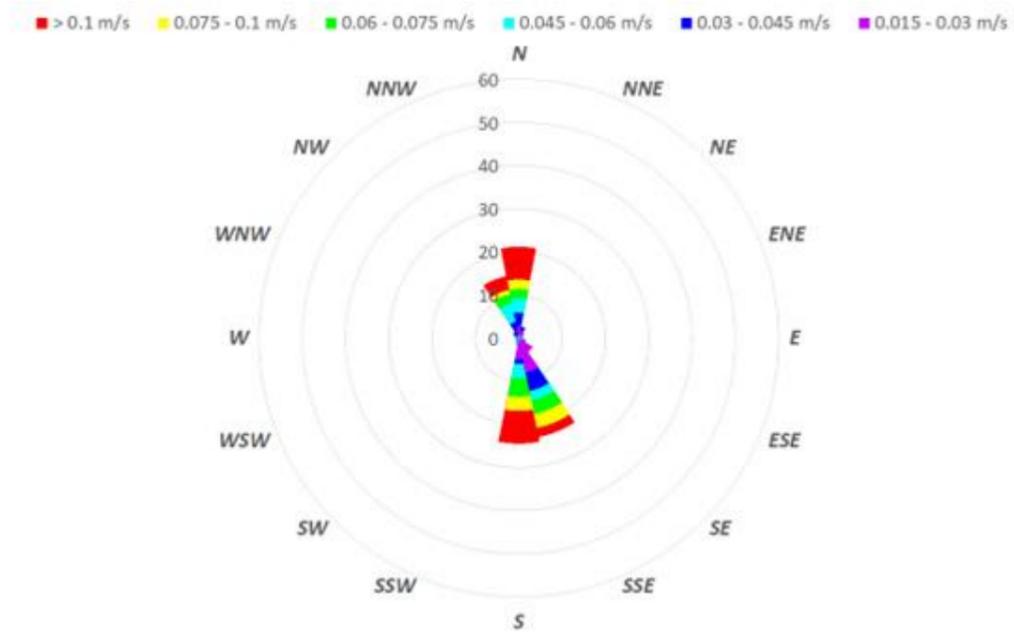
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

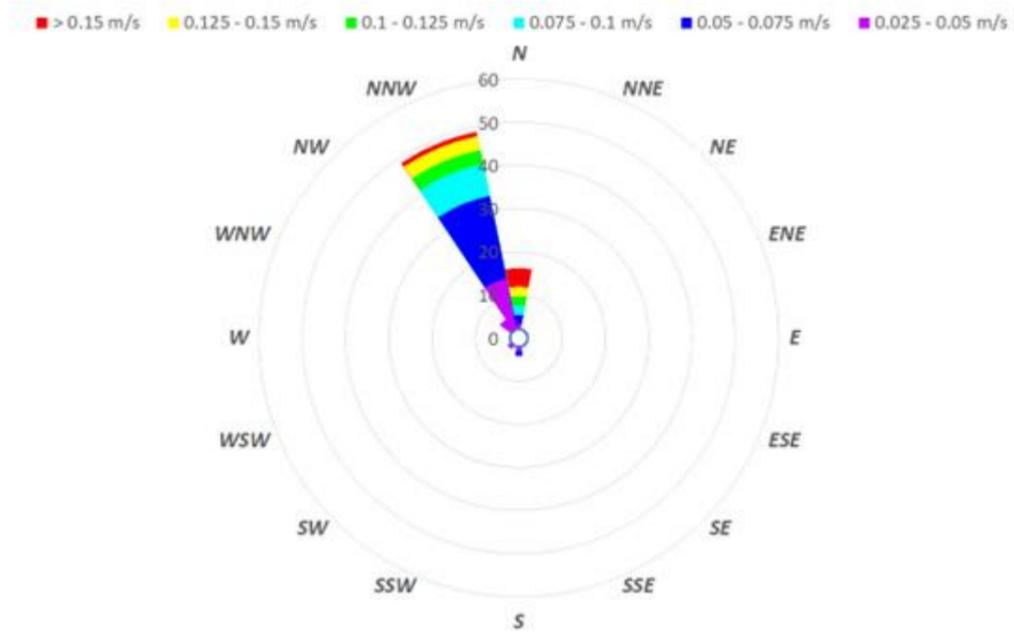


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

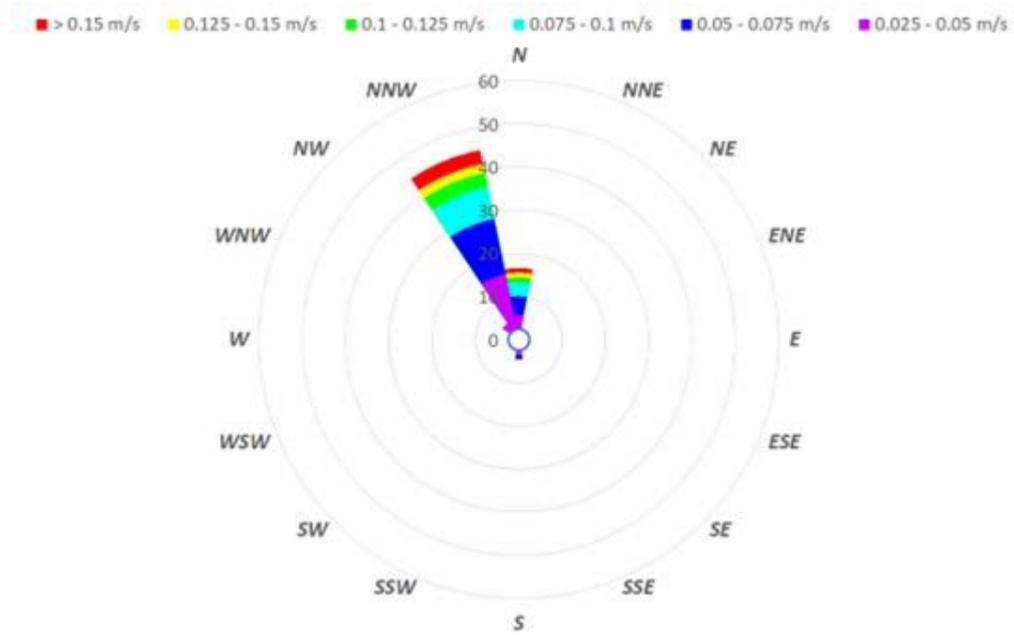




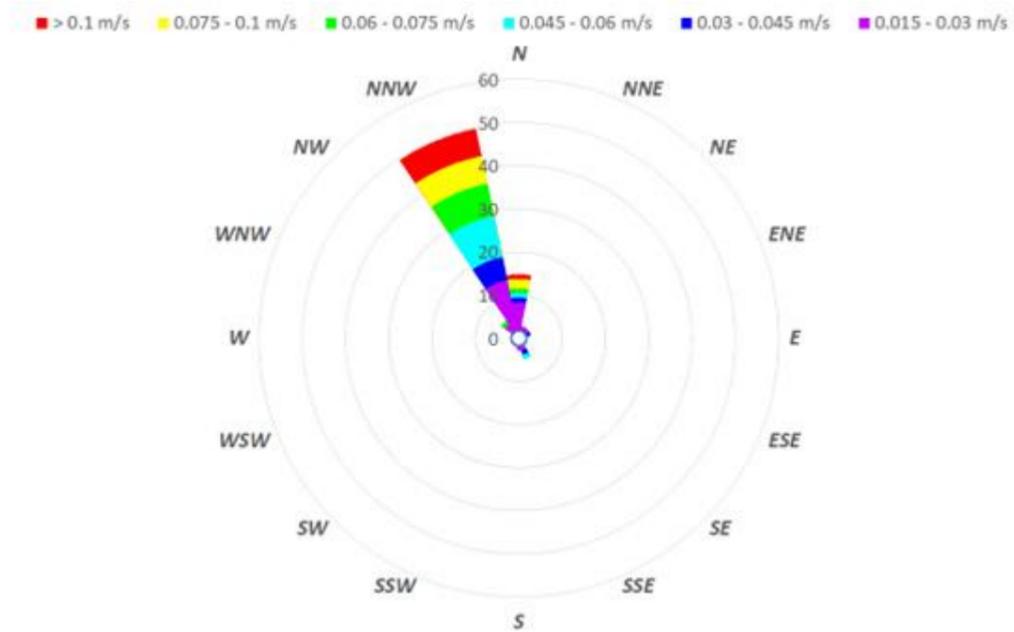
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



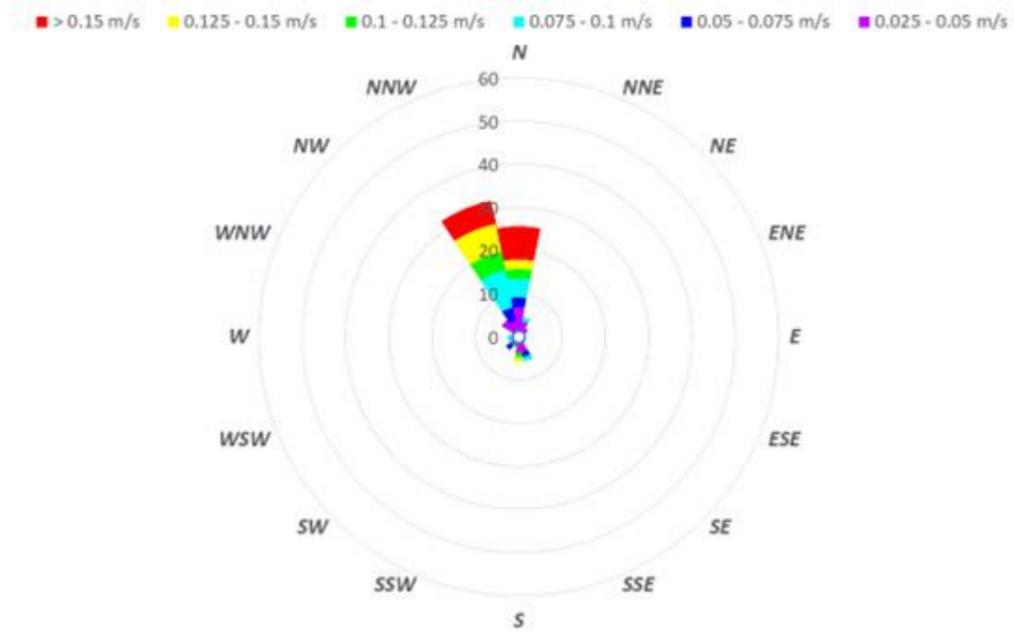
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



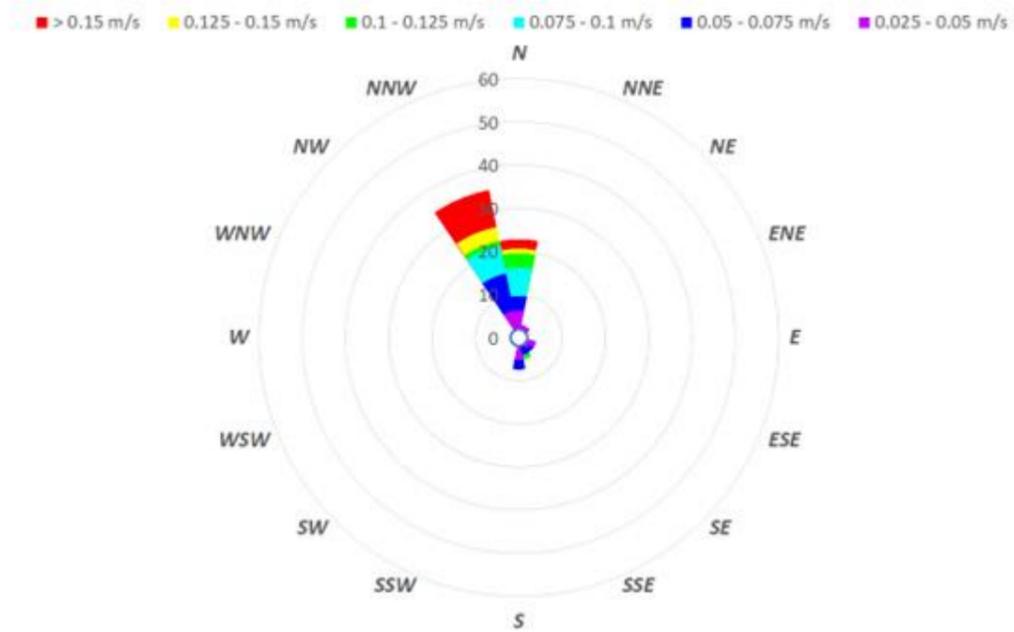


2016

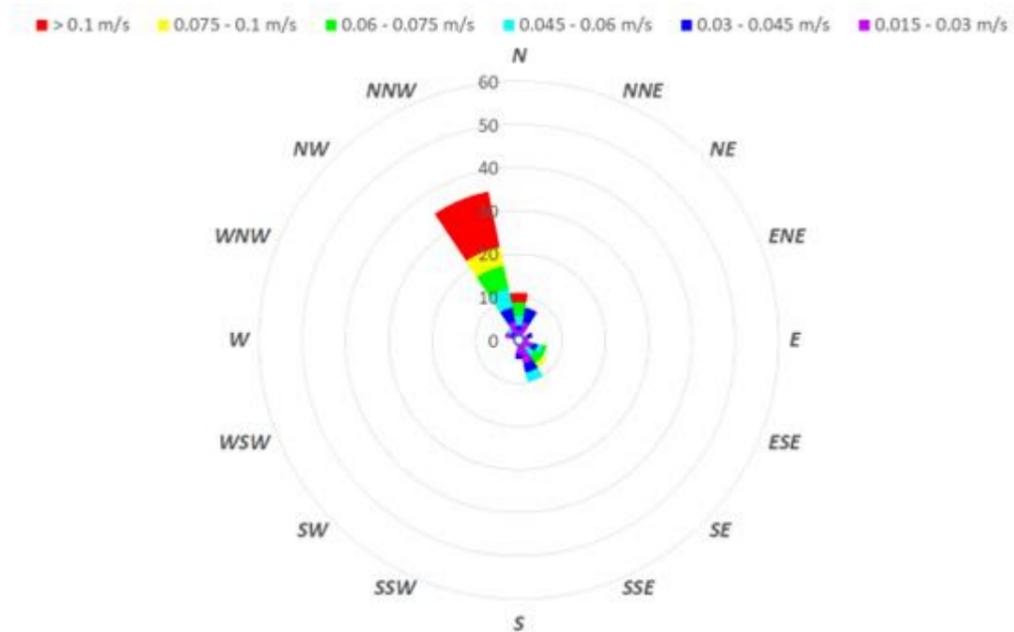
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

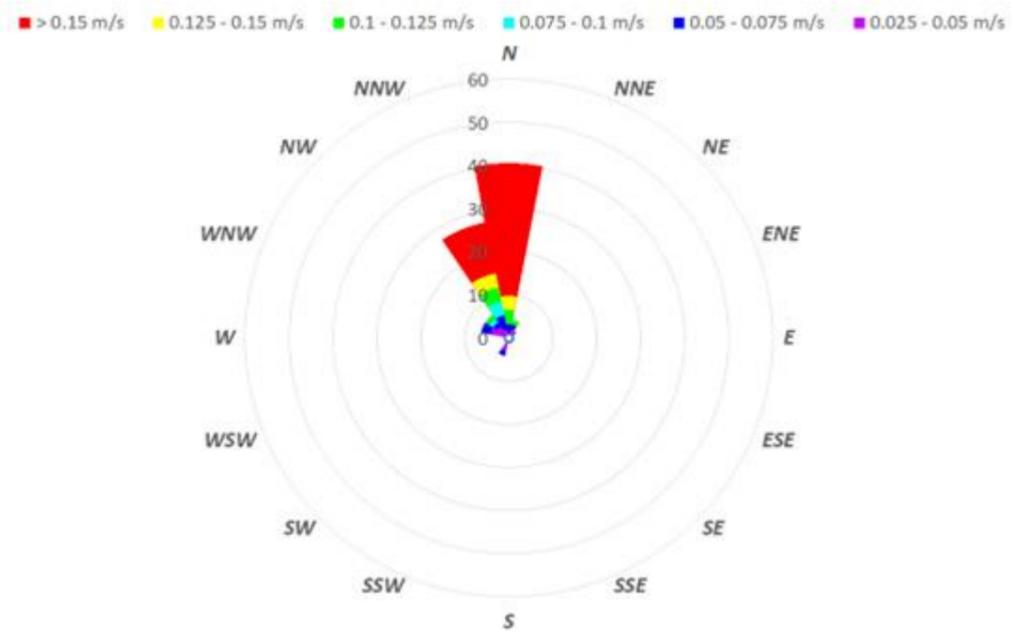


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

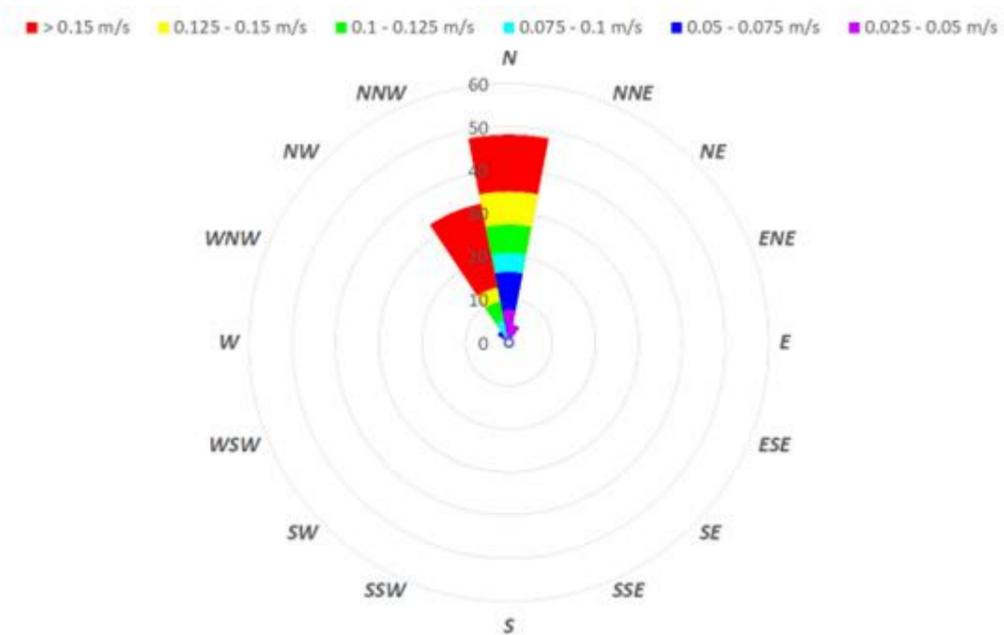




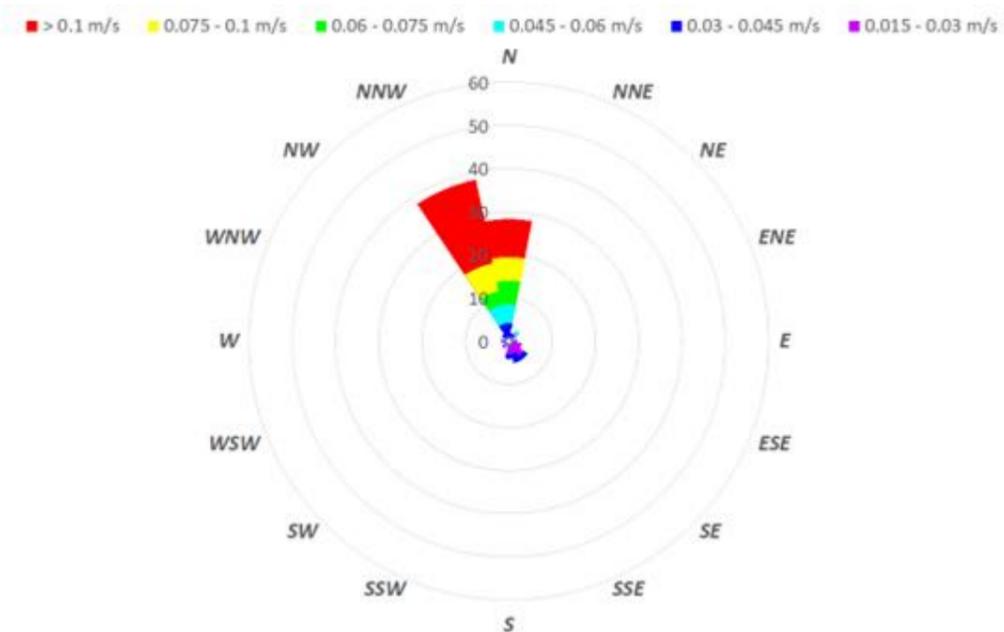
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

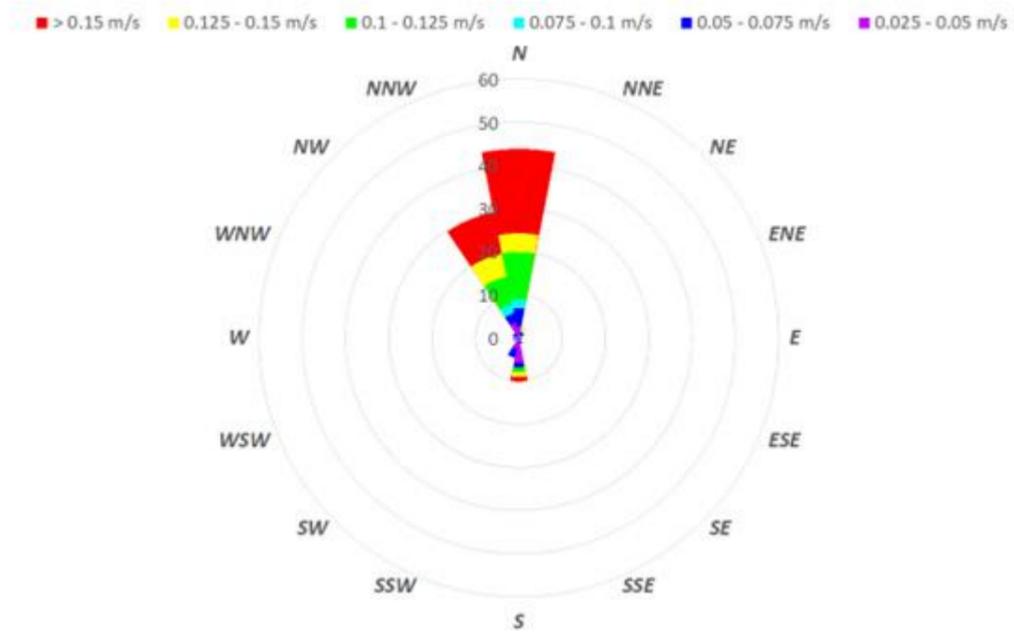


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

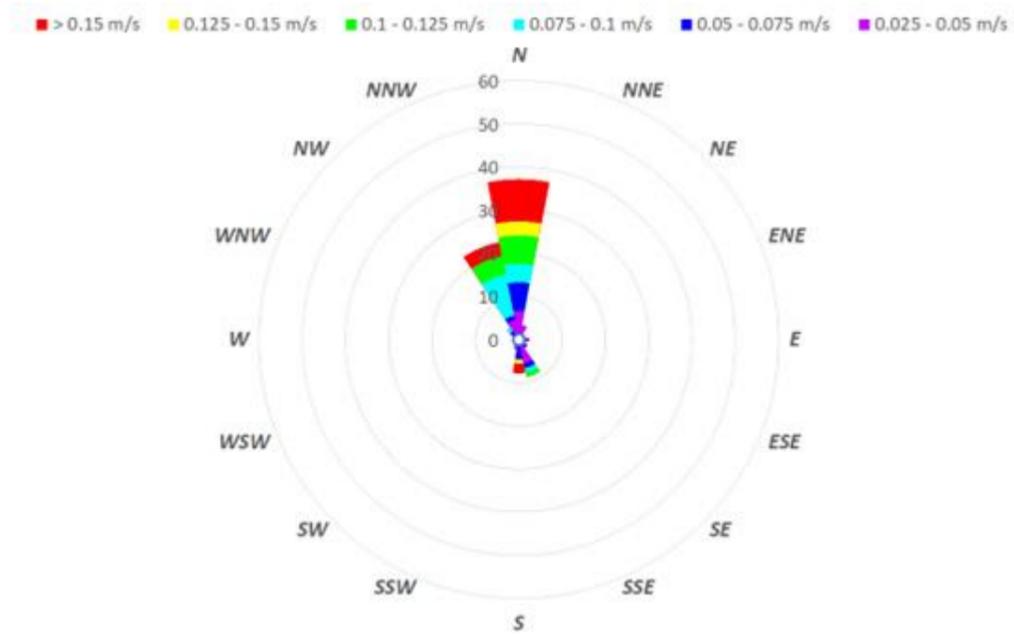




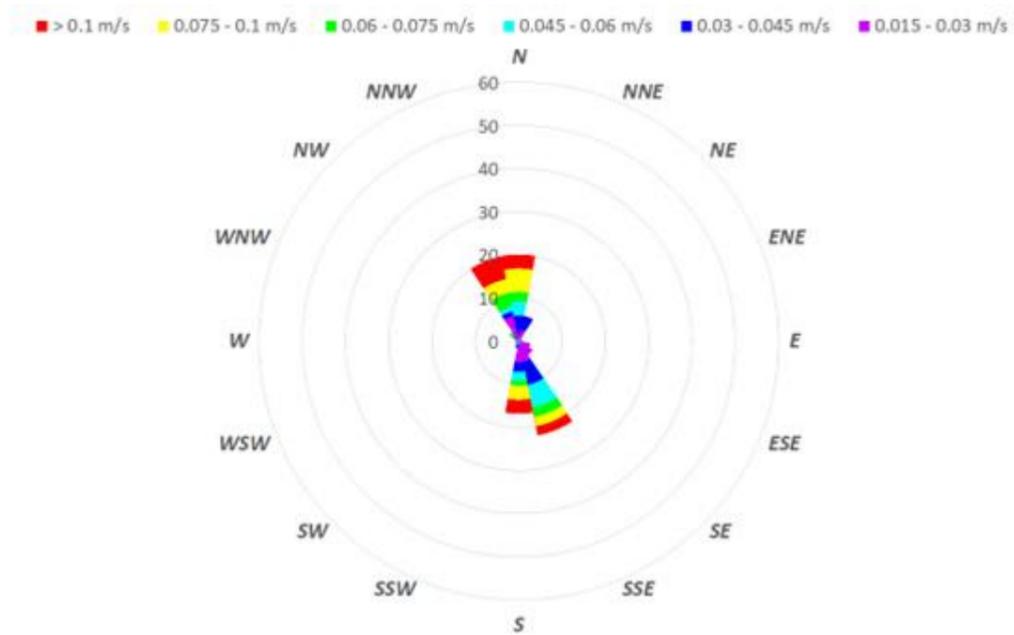
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

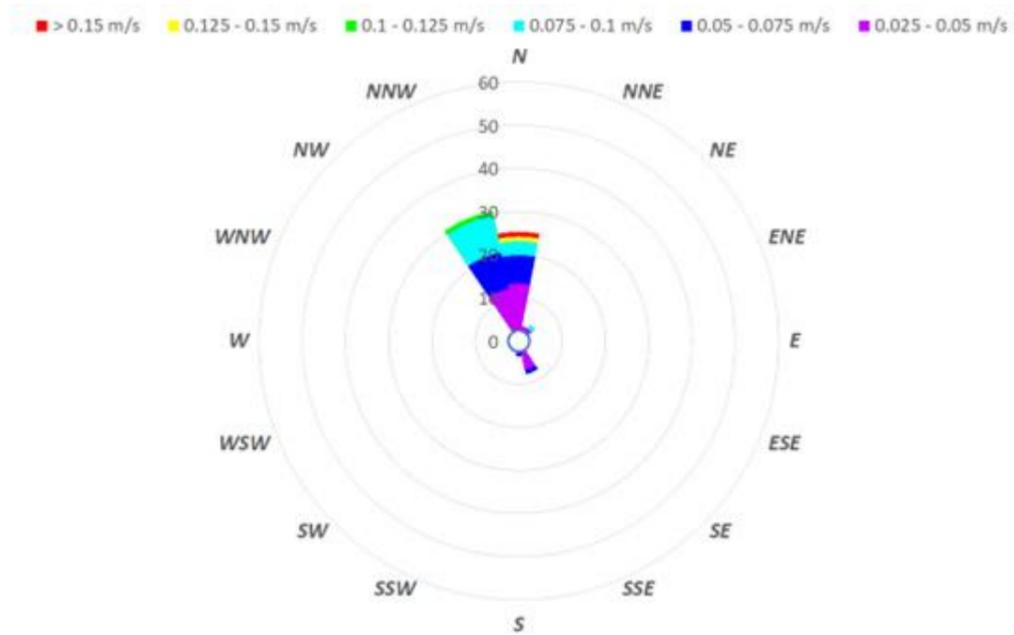


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

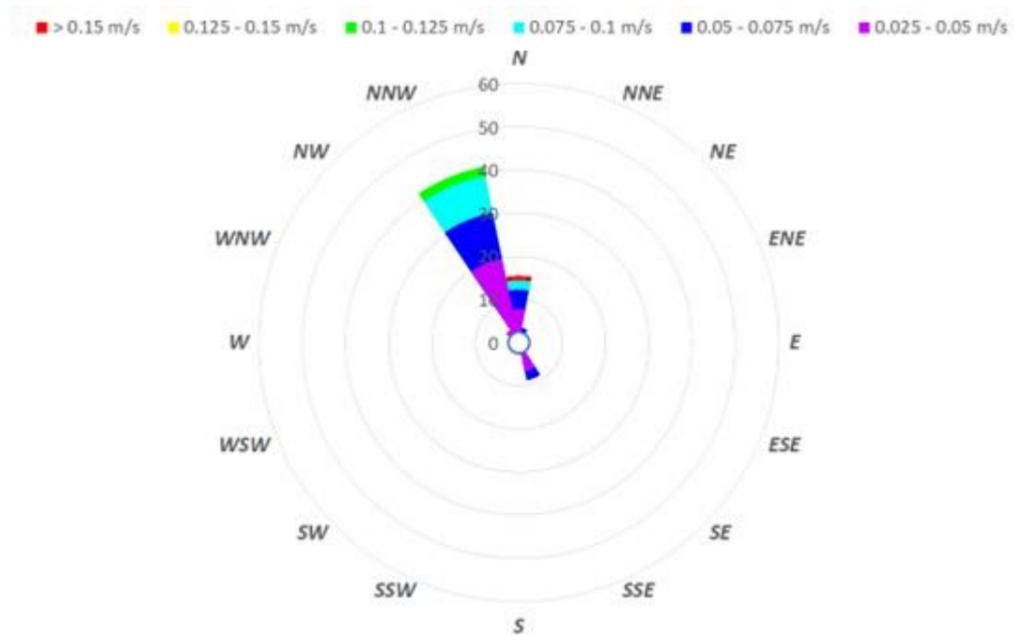




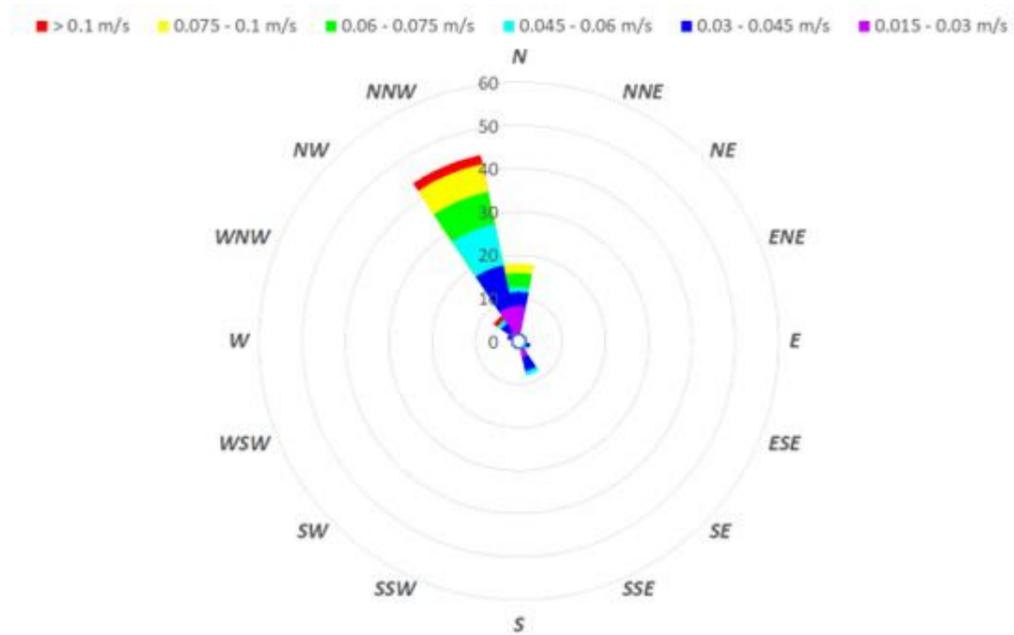
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



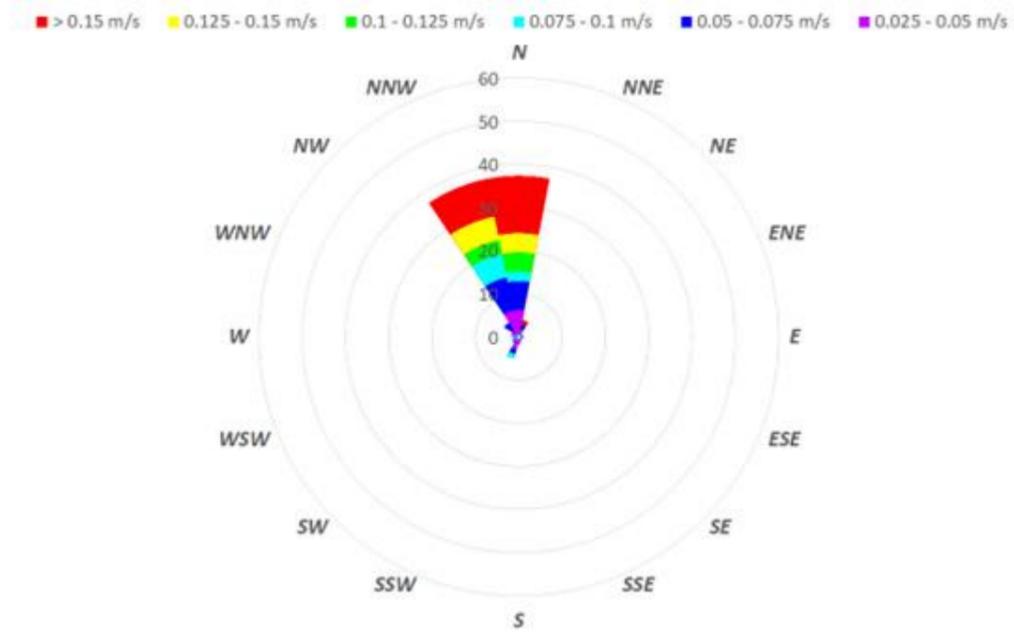
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



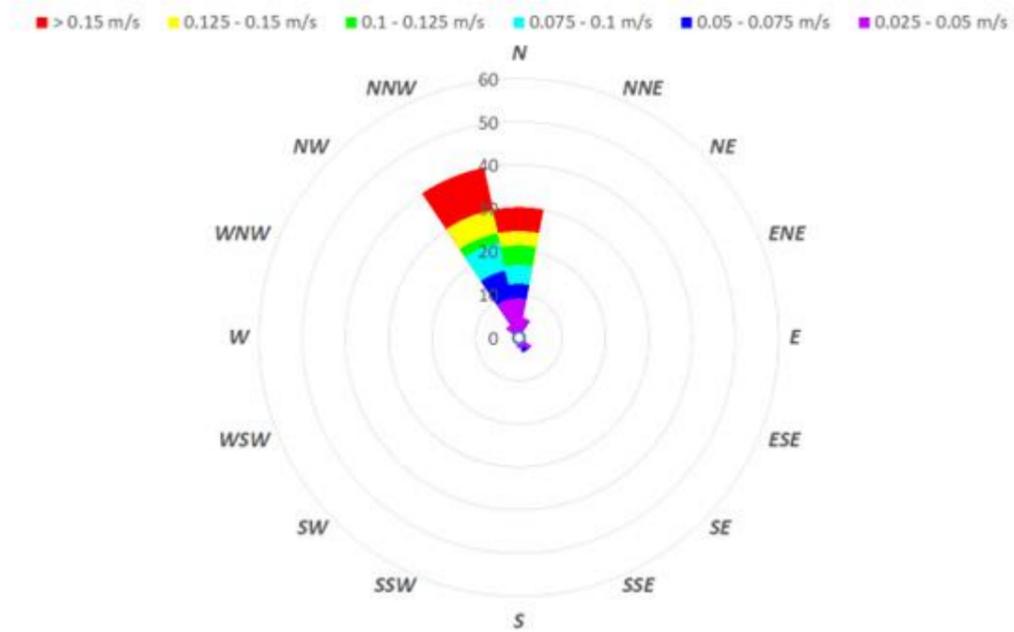


2017

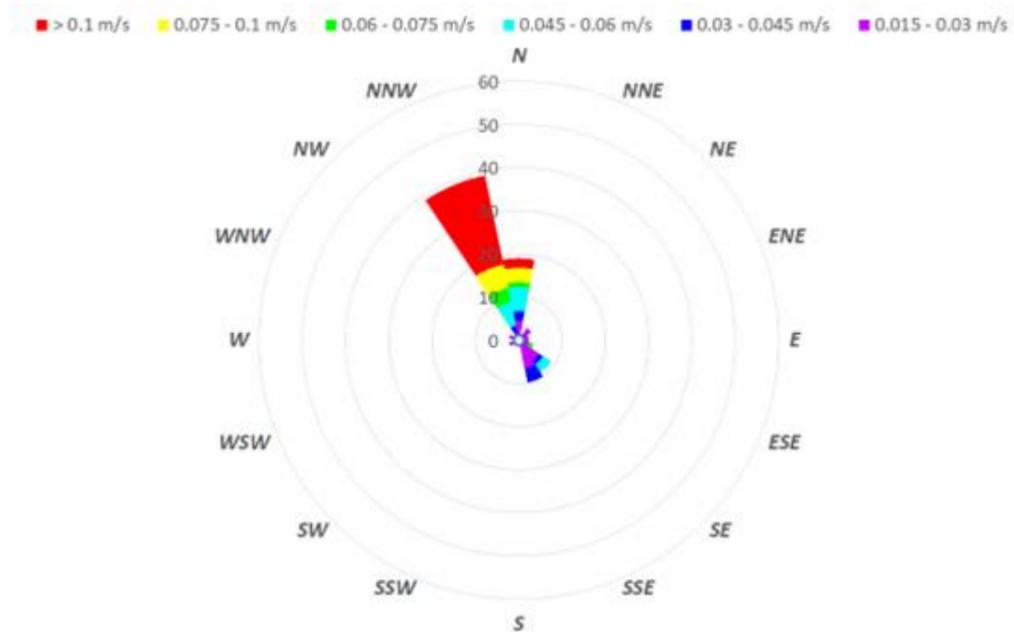
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

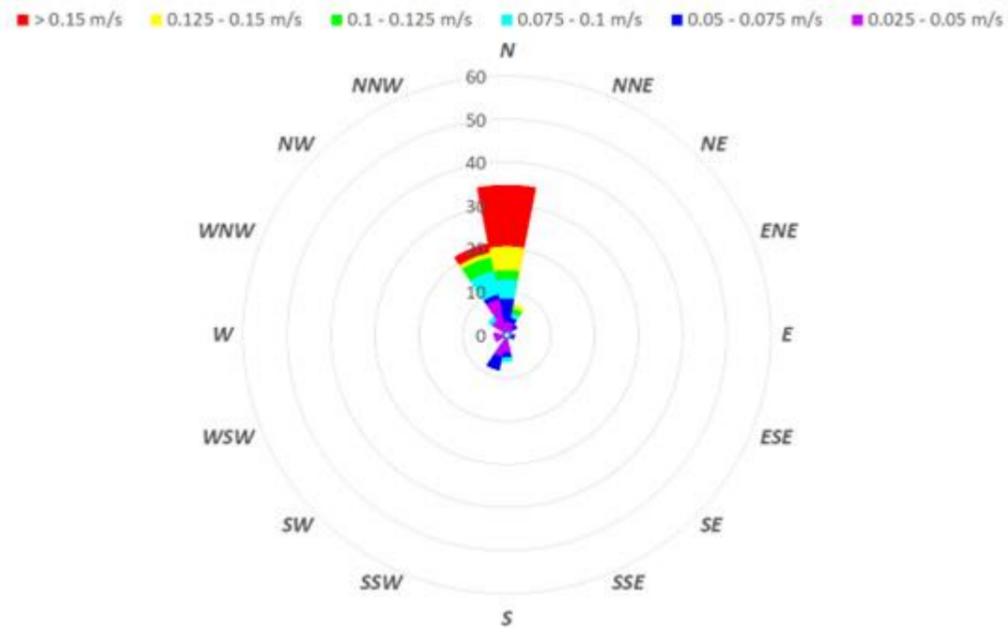


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

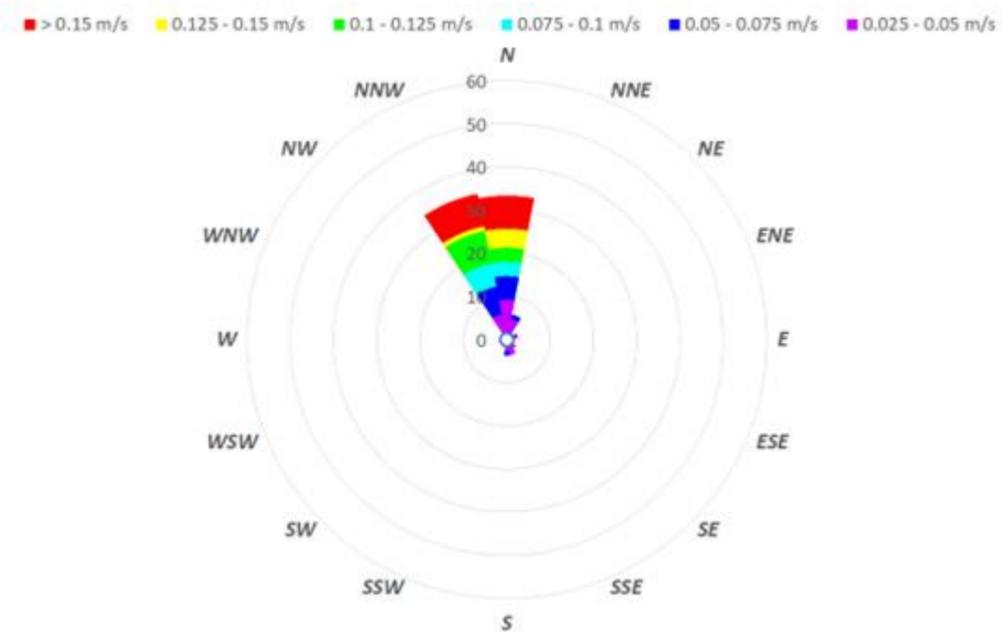




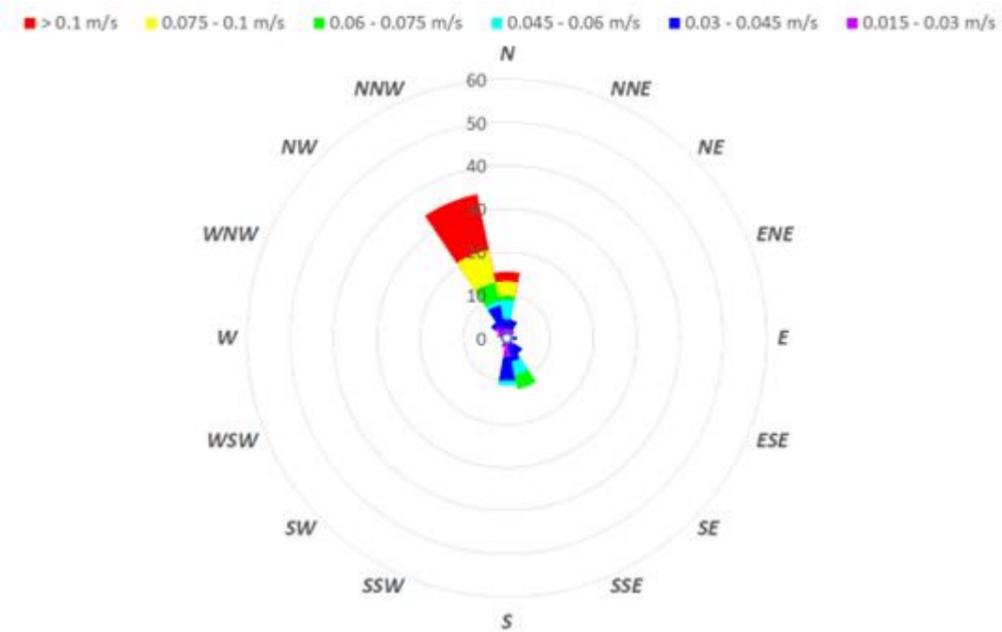
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

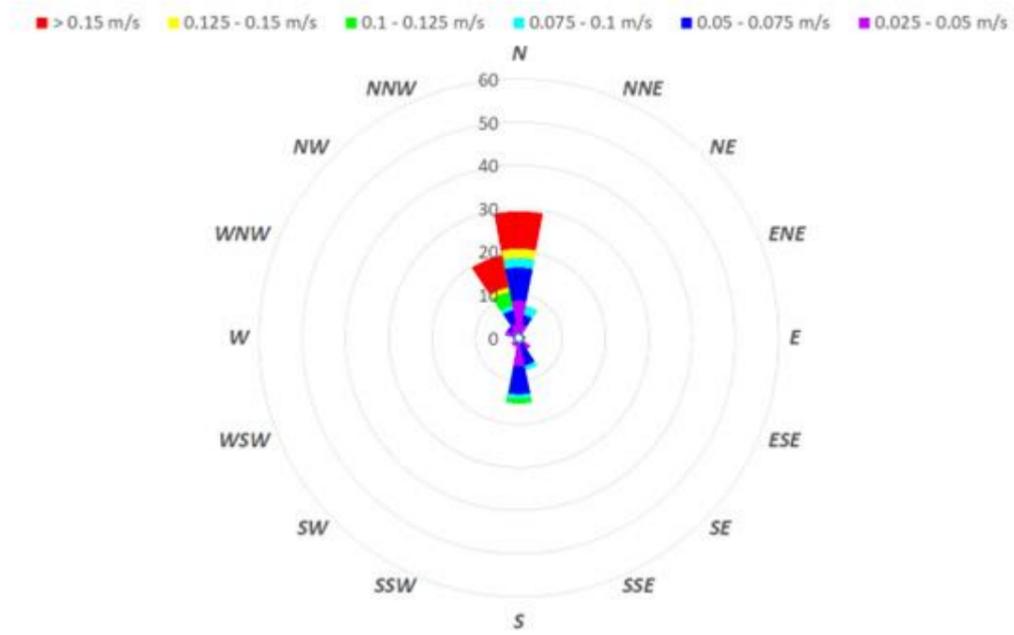


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

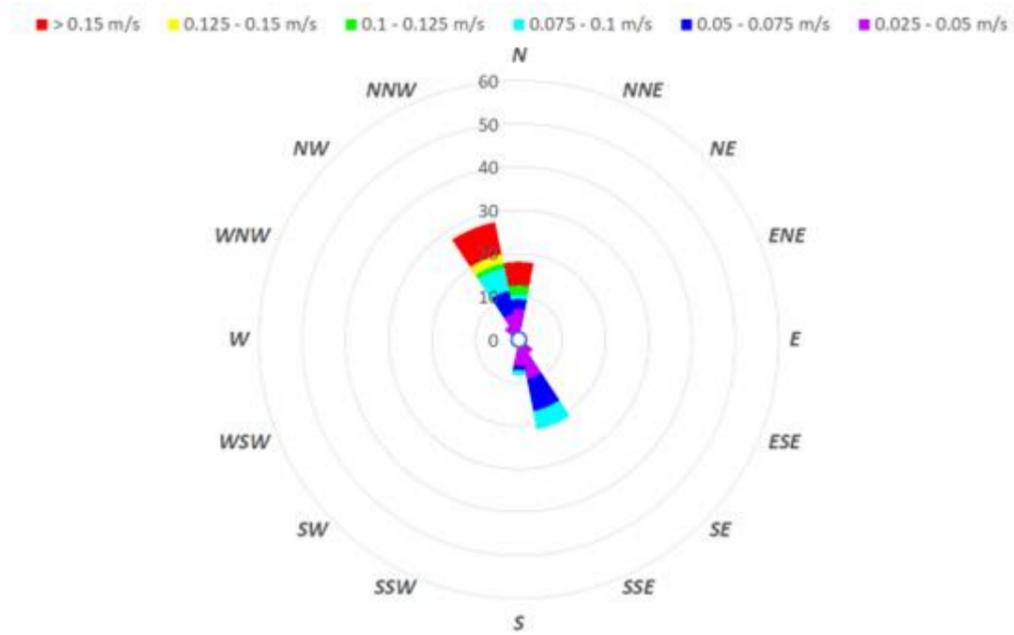




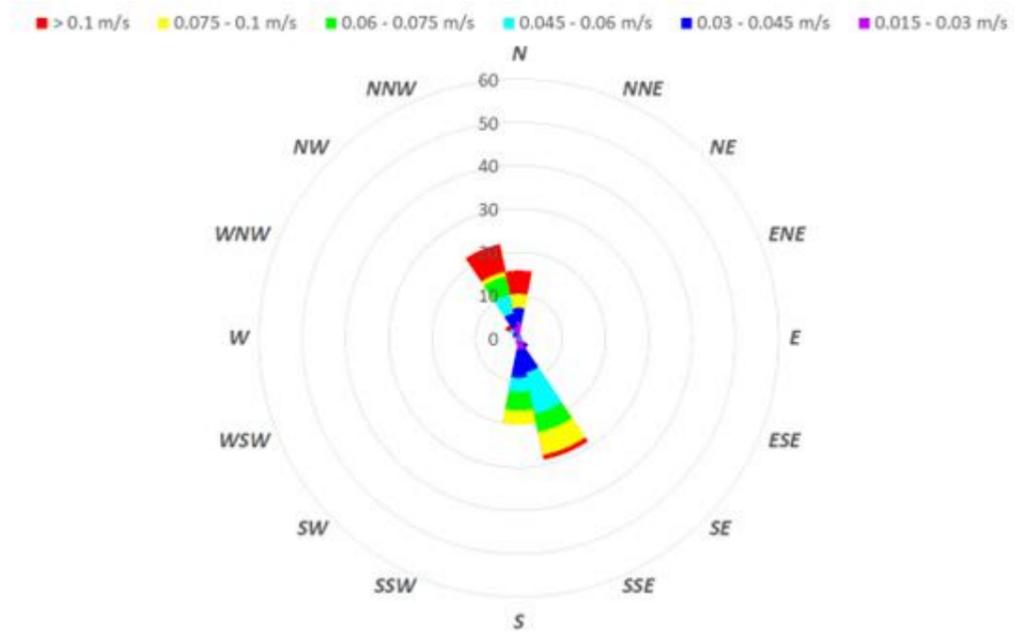
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

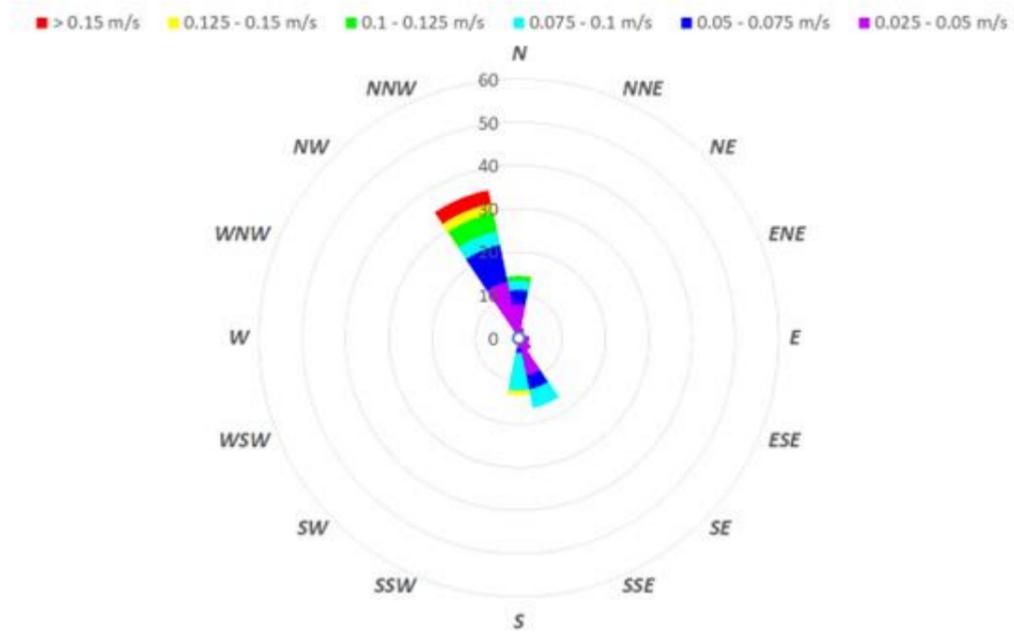


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

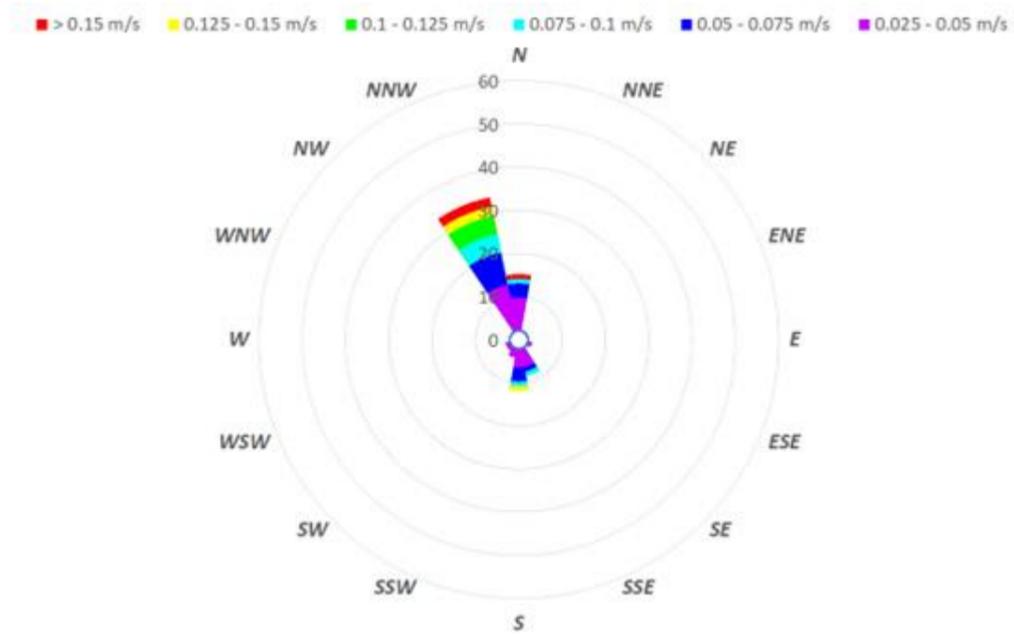




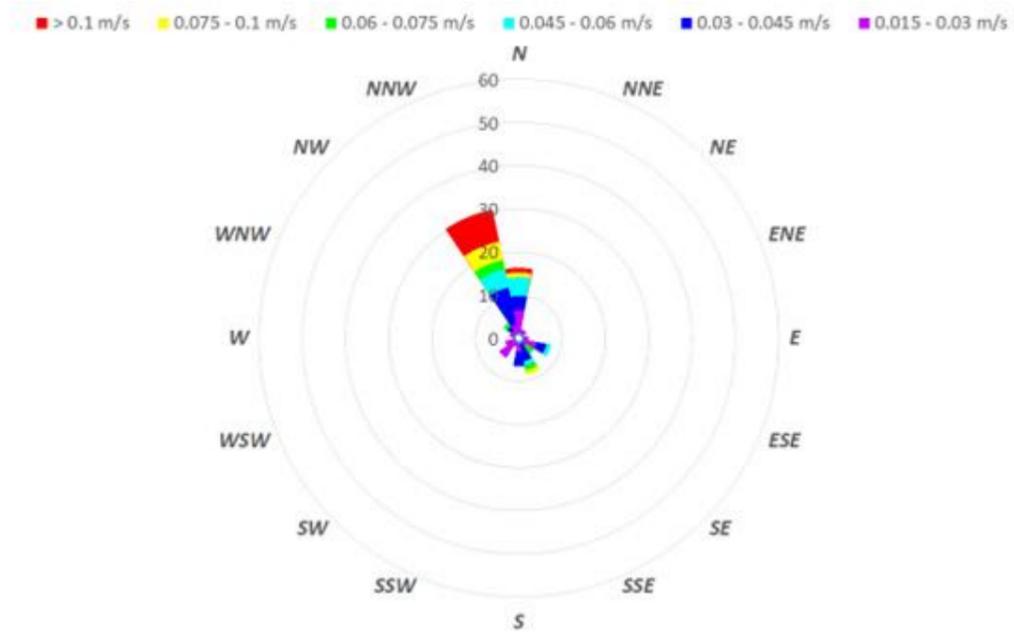
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



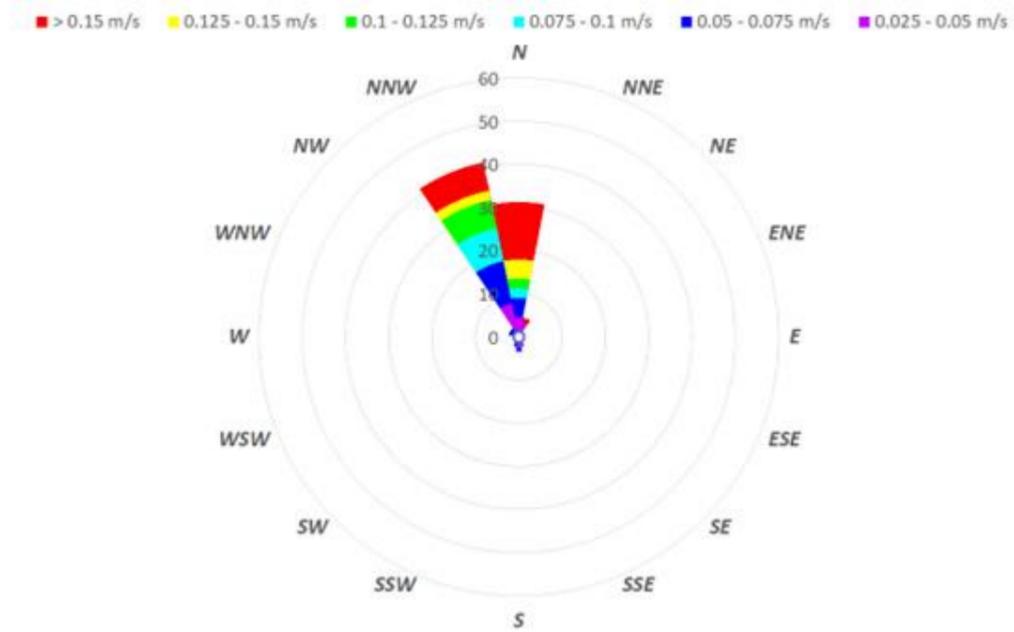
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



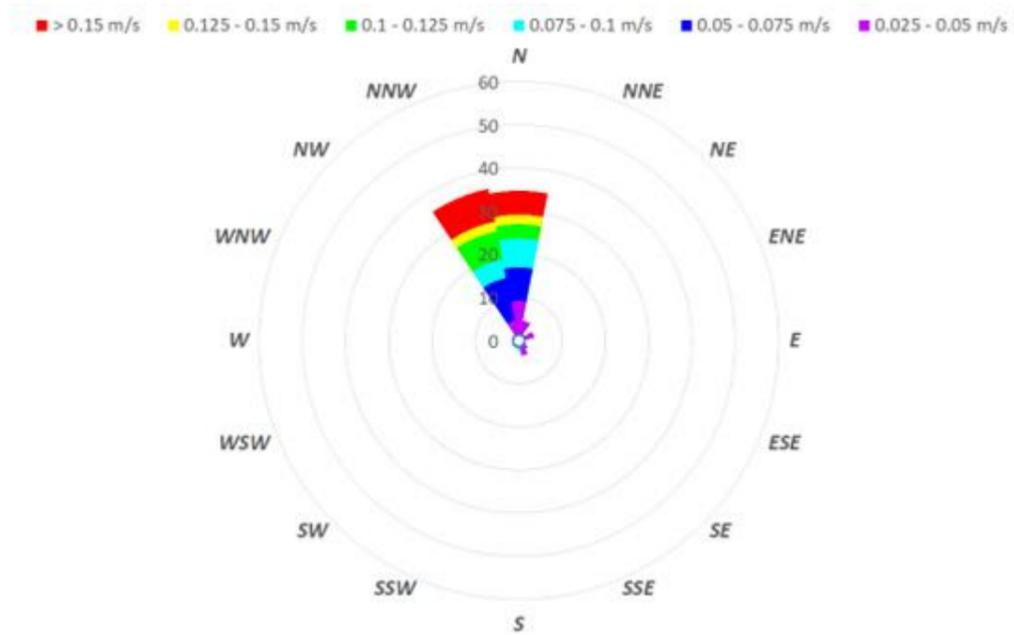


2018

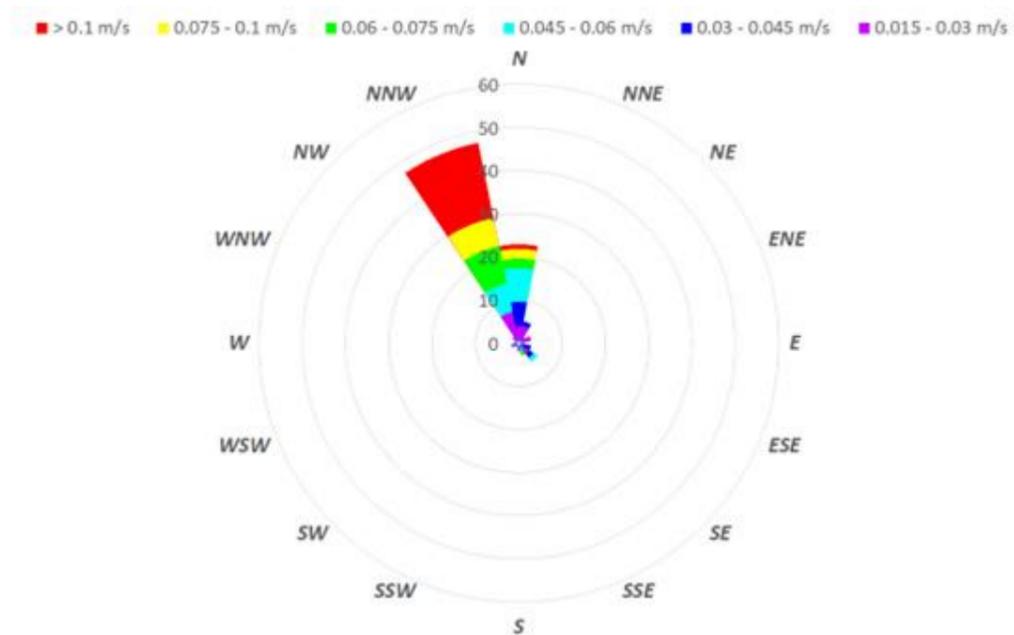
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

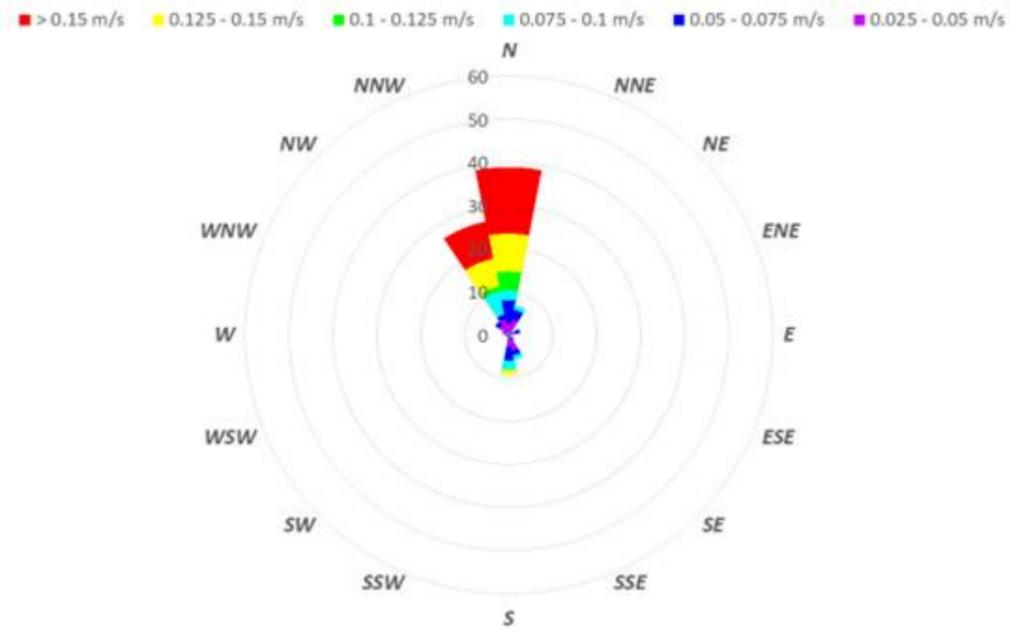


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

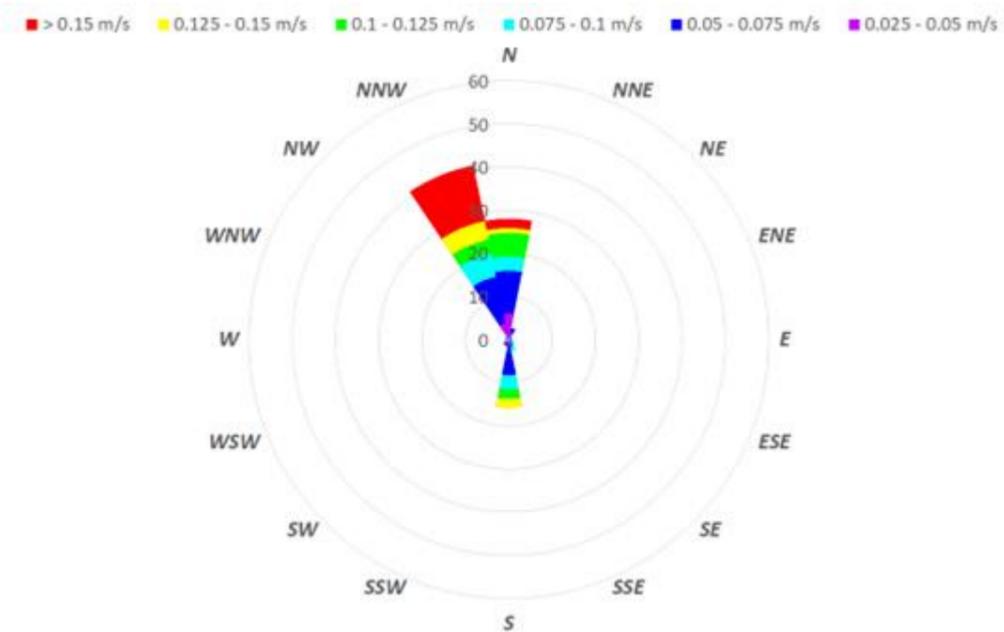




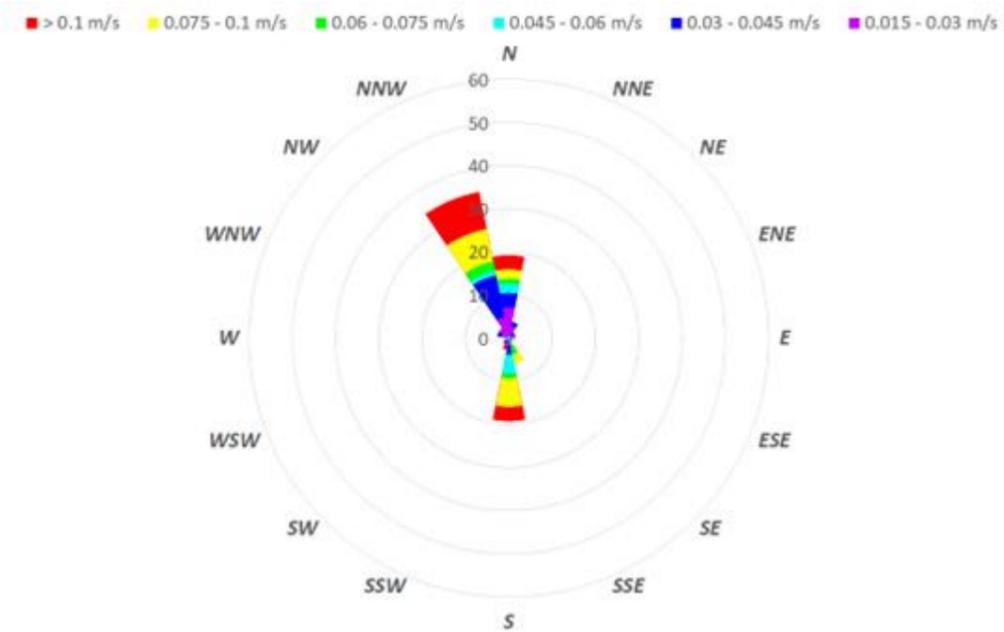
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

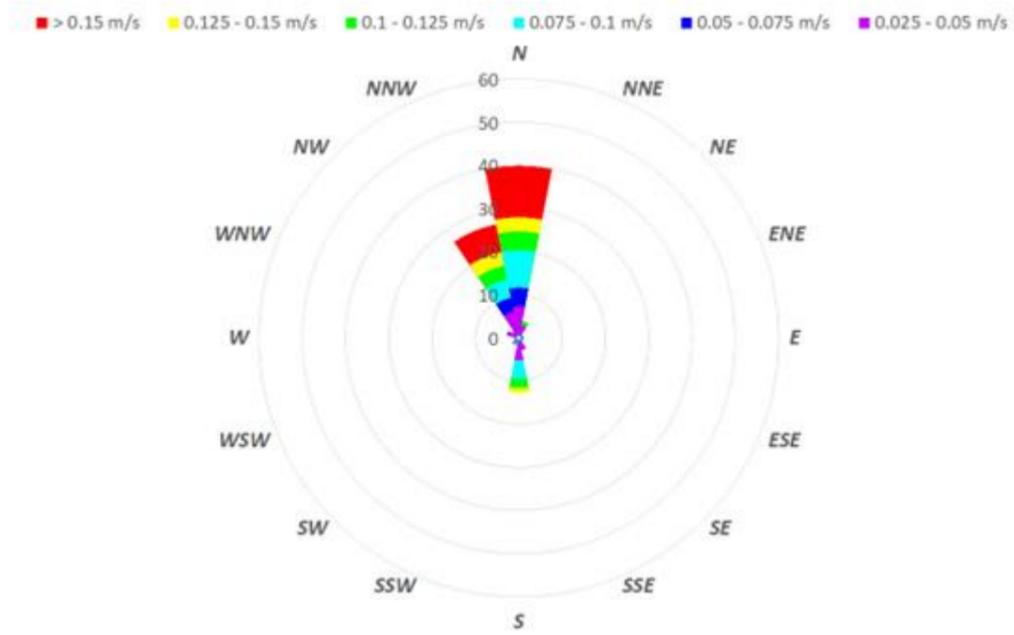


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

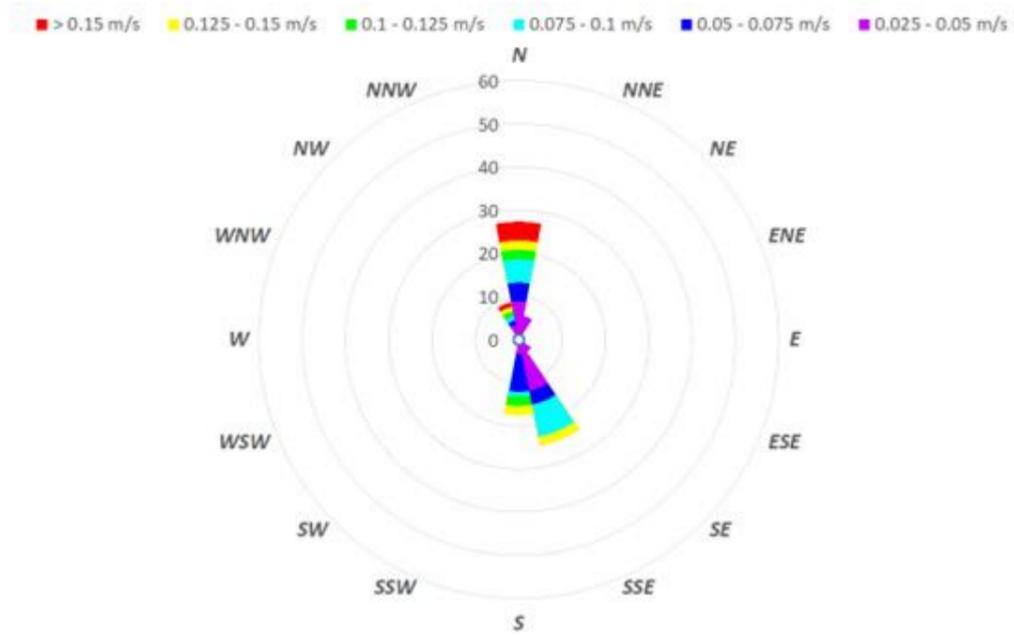




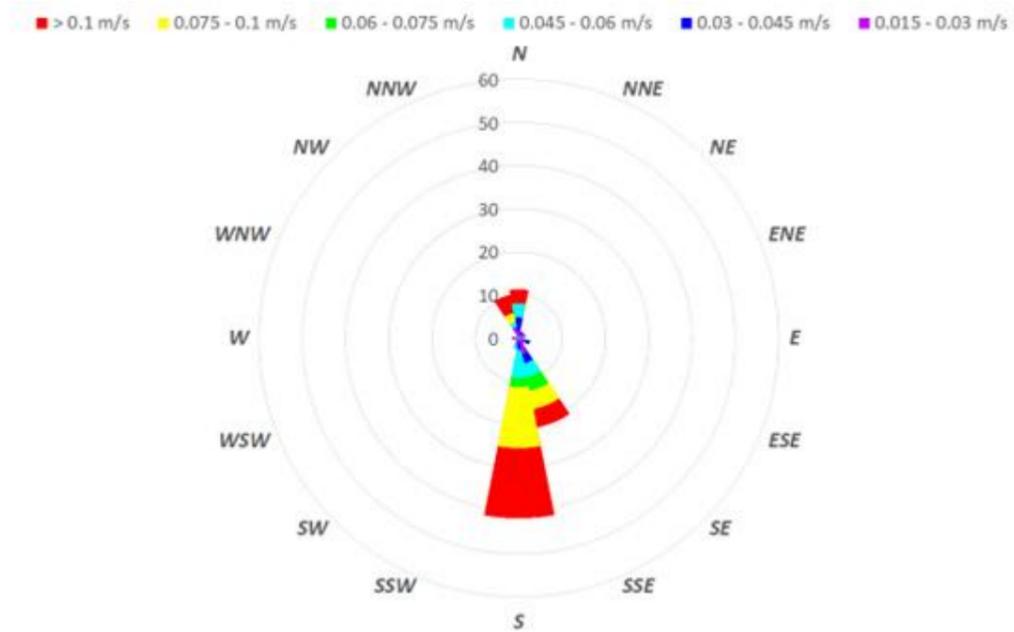
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

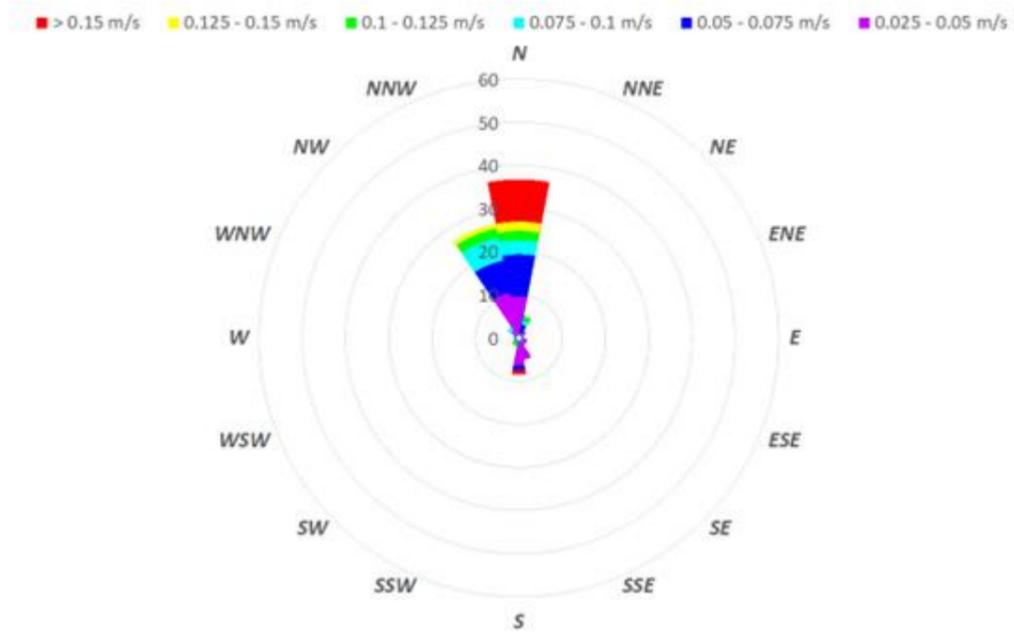


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

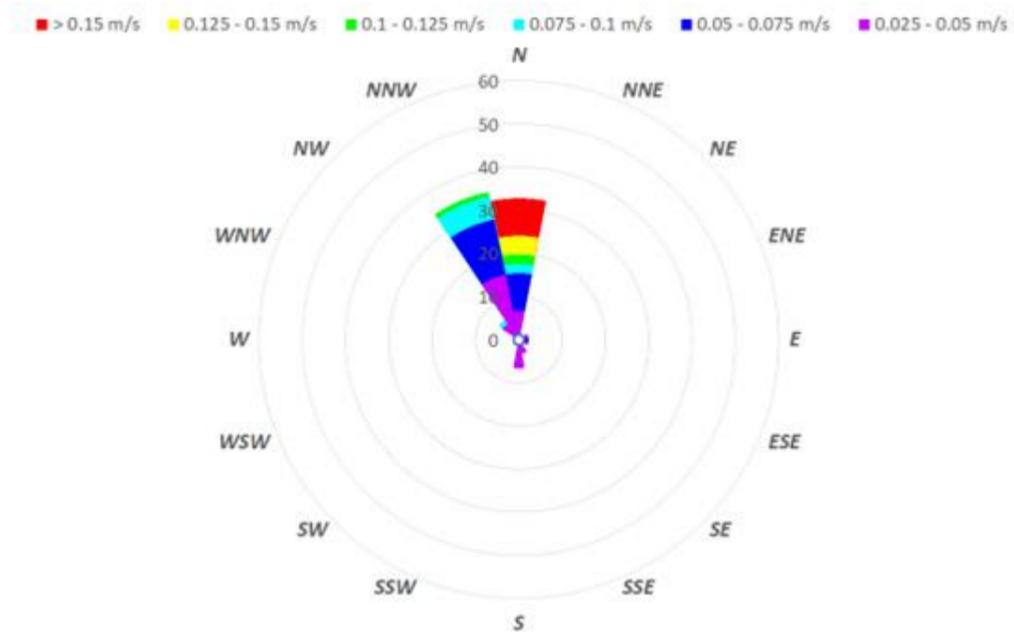




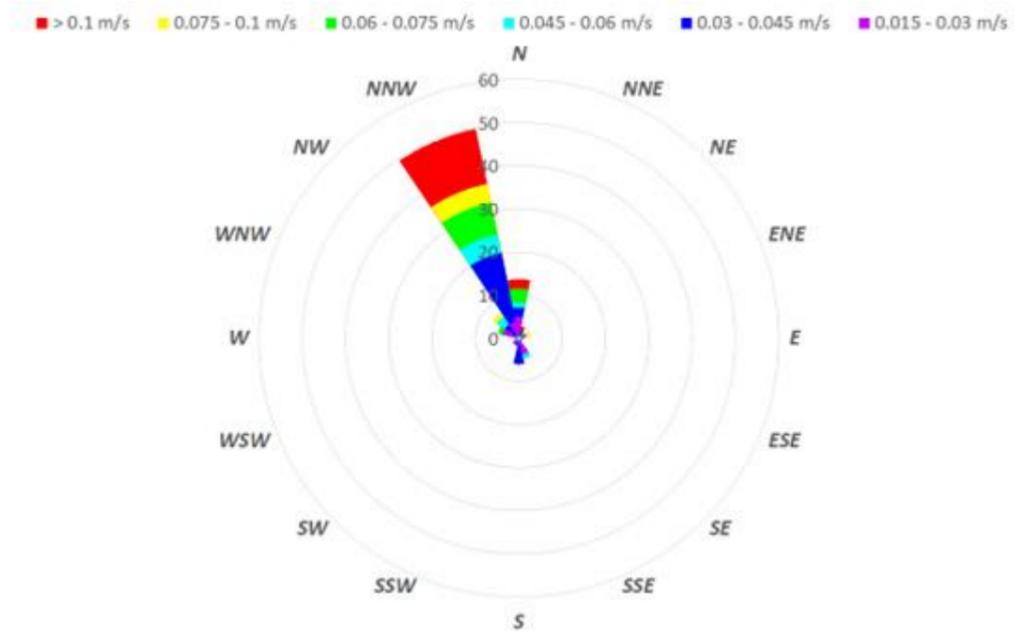
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



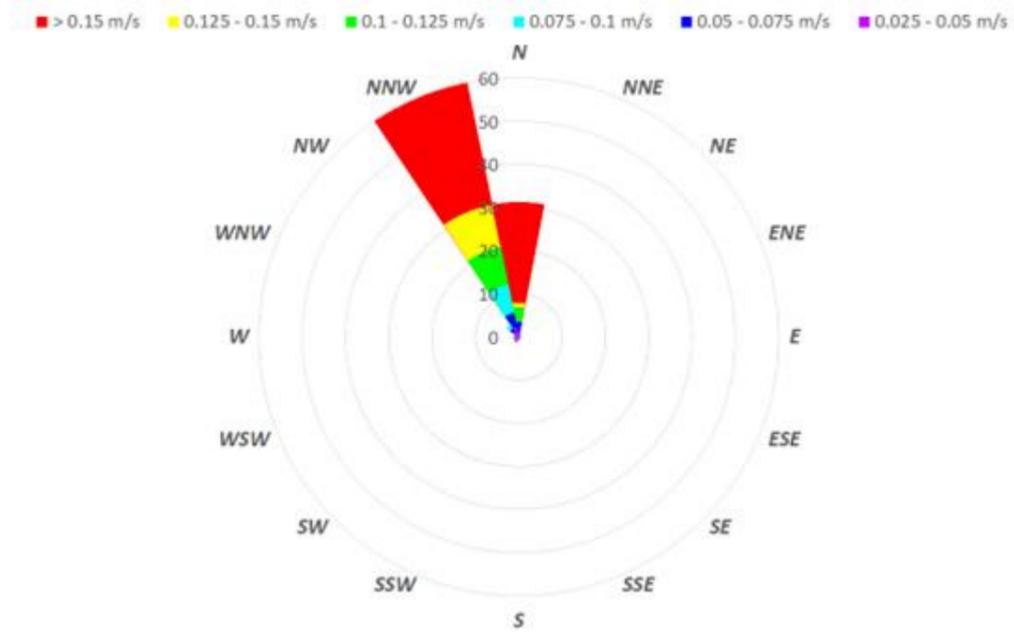
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



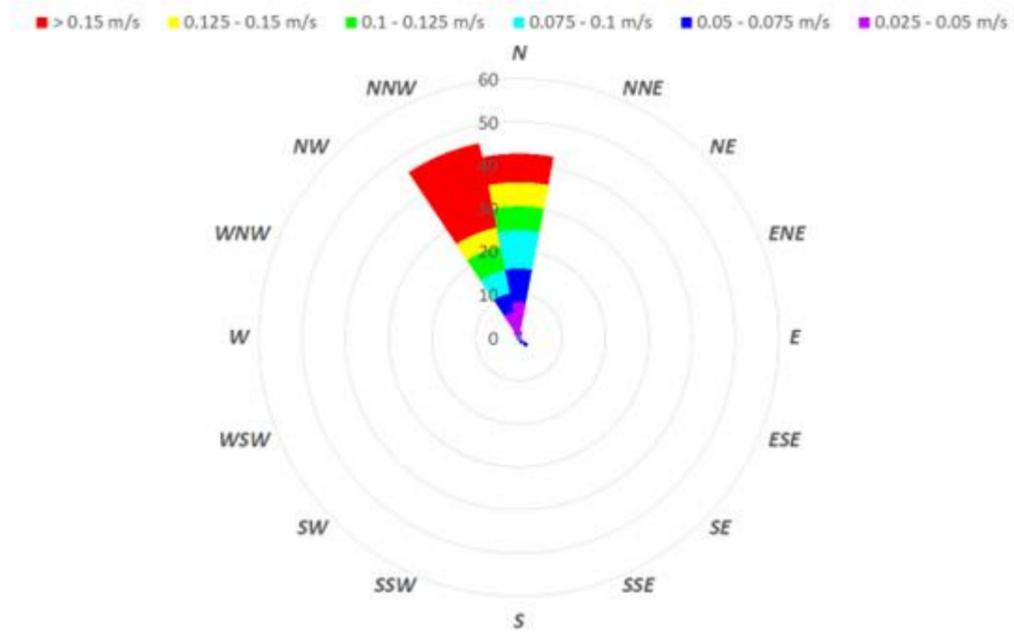


2019

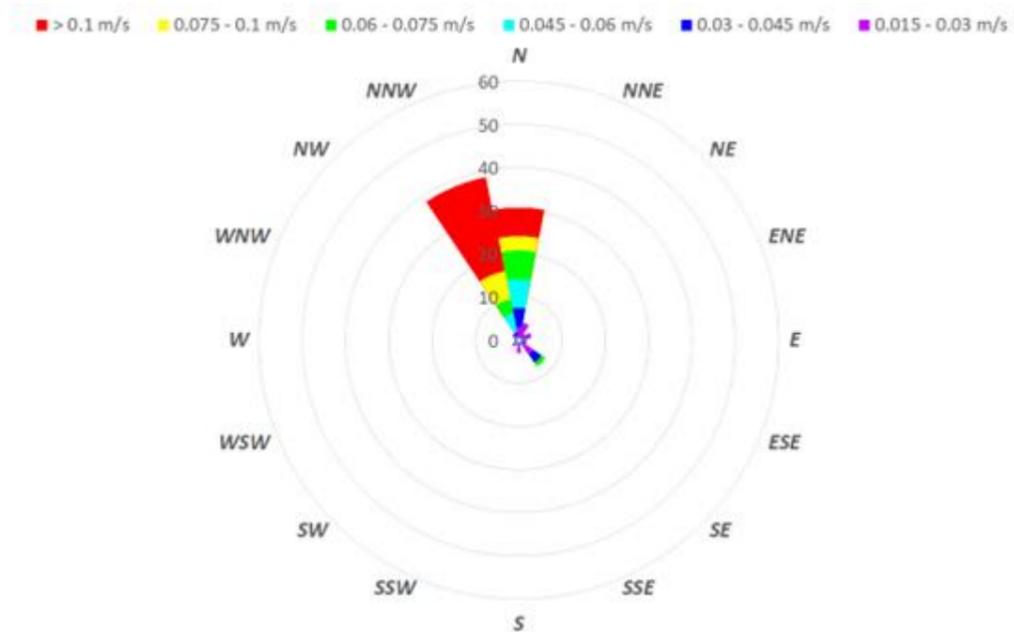
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

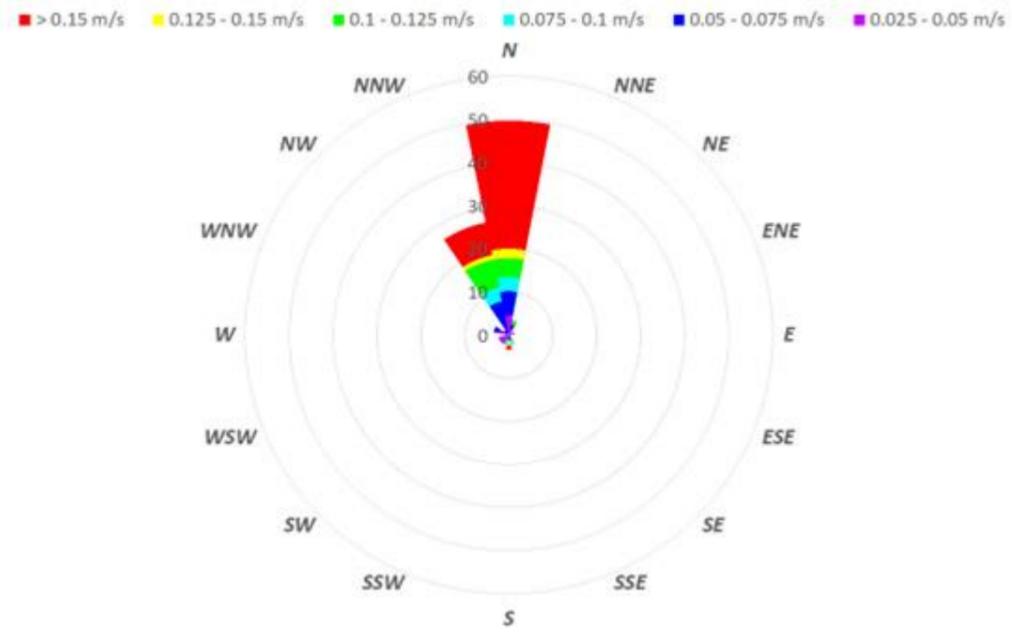


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

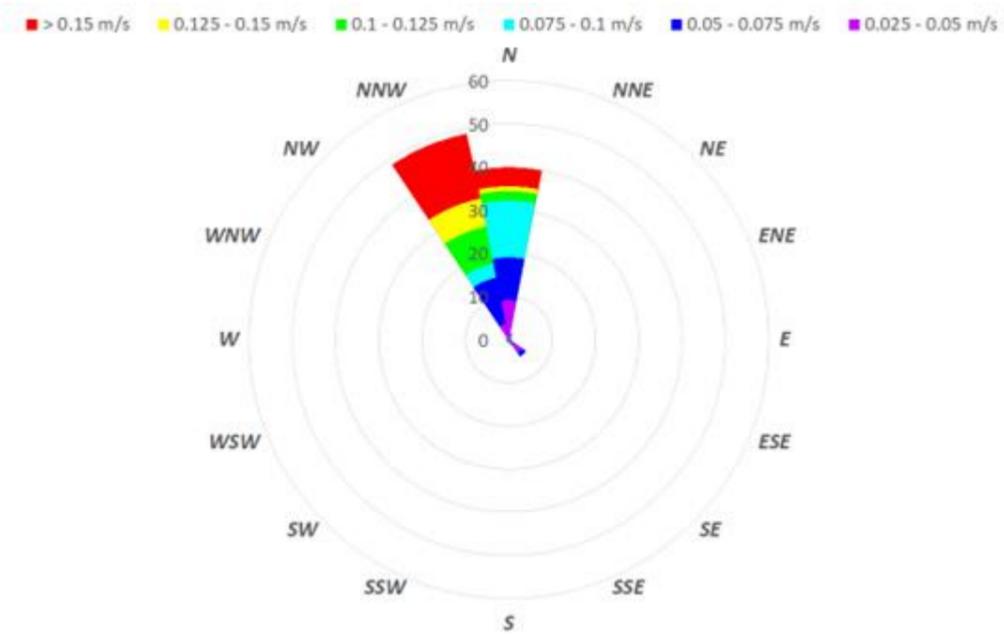




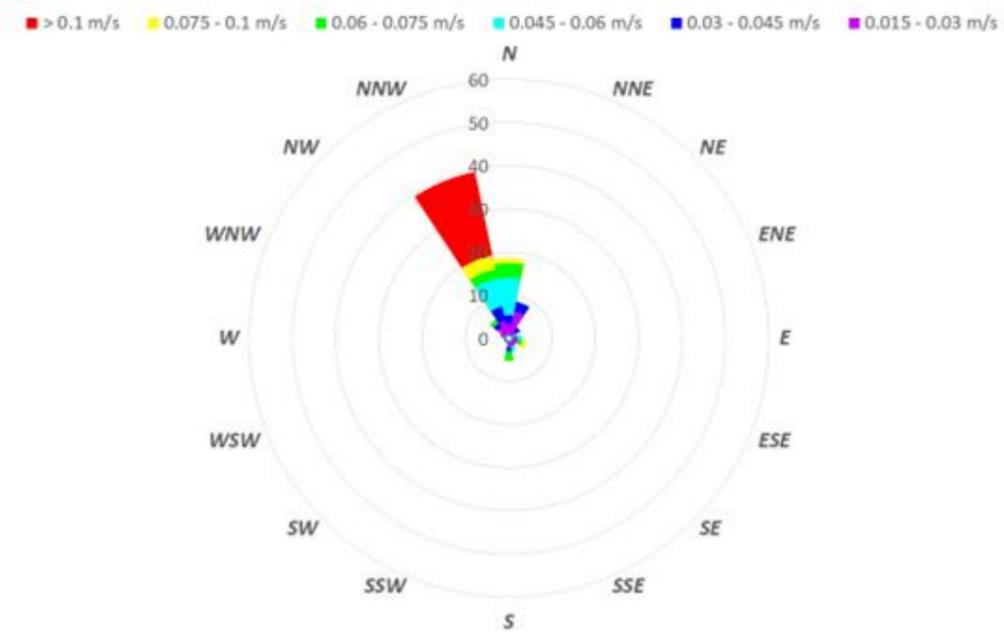
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

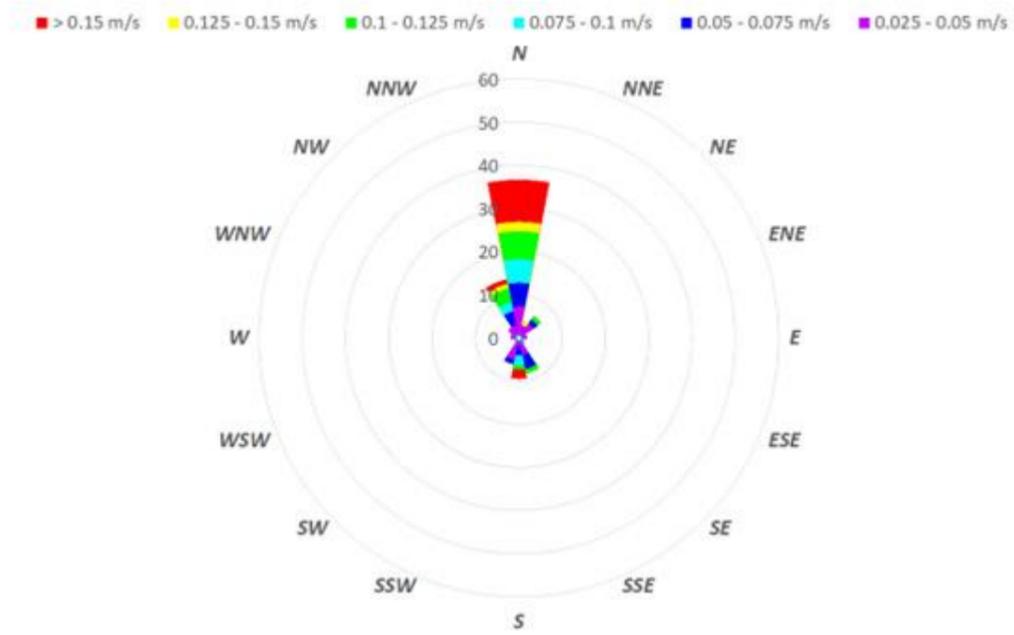


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

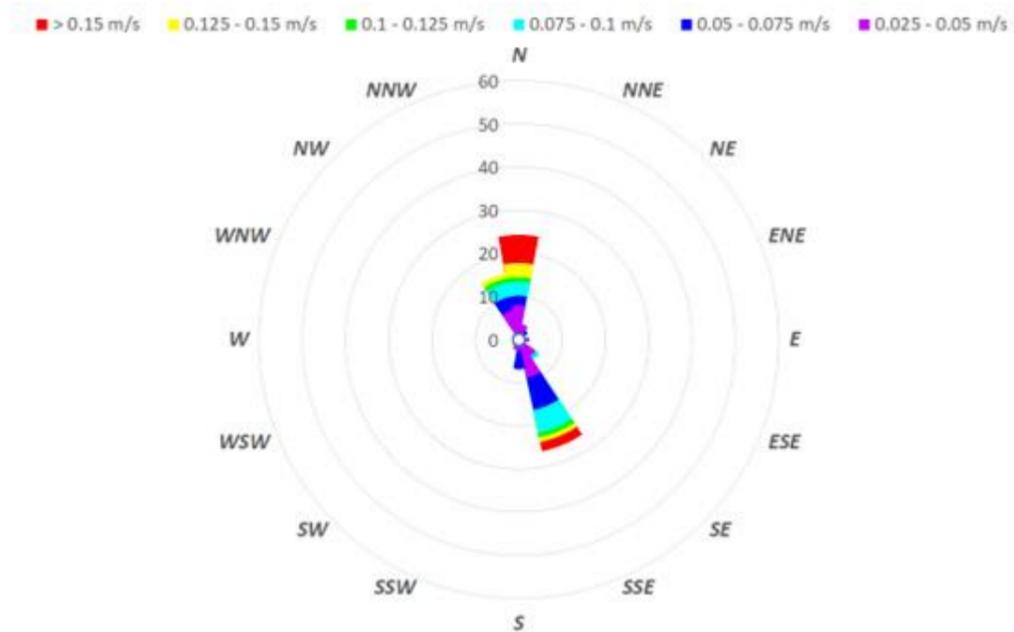




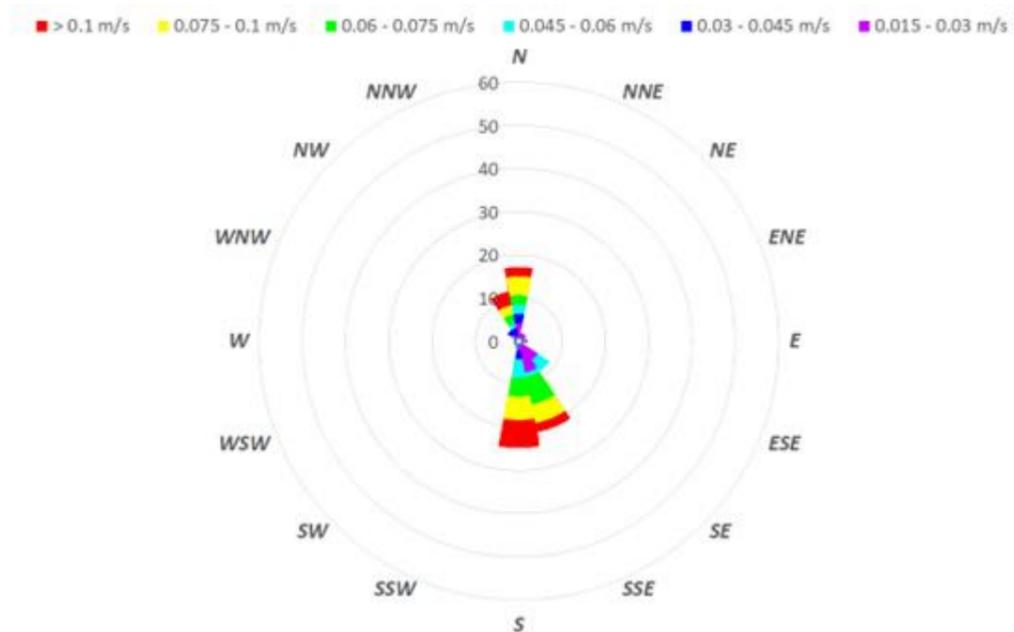
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

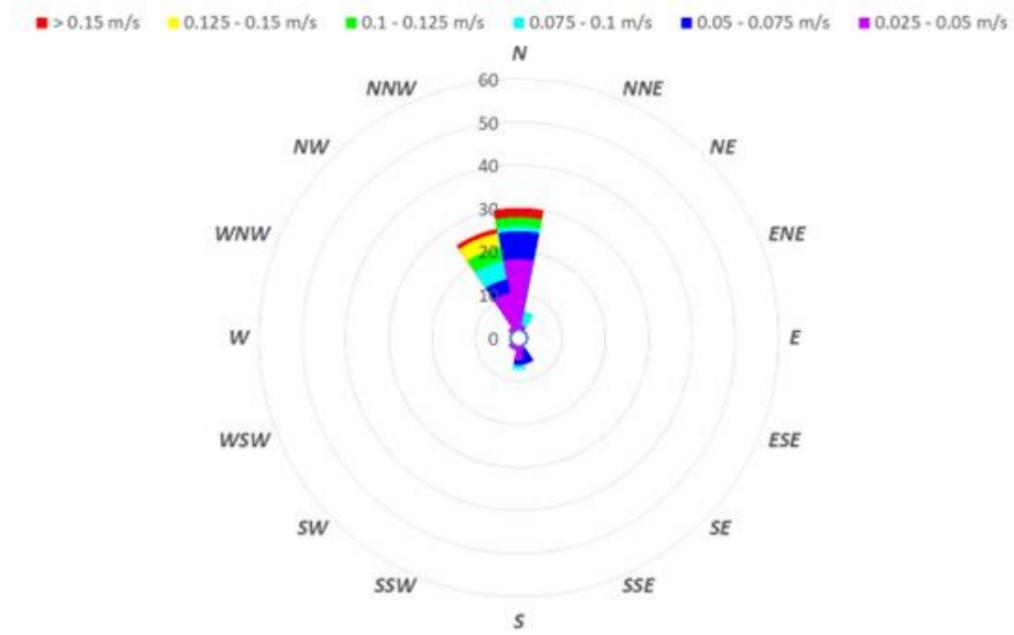


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

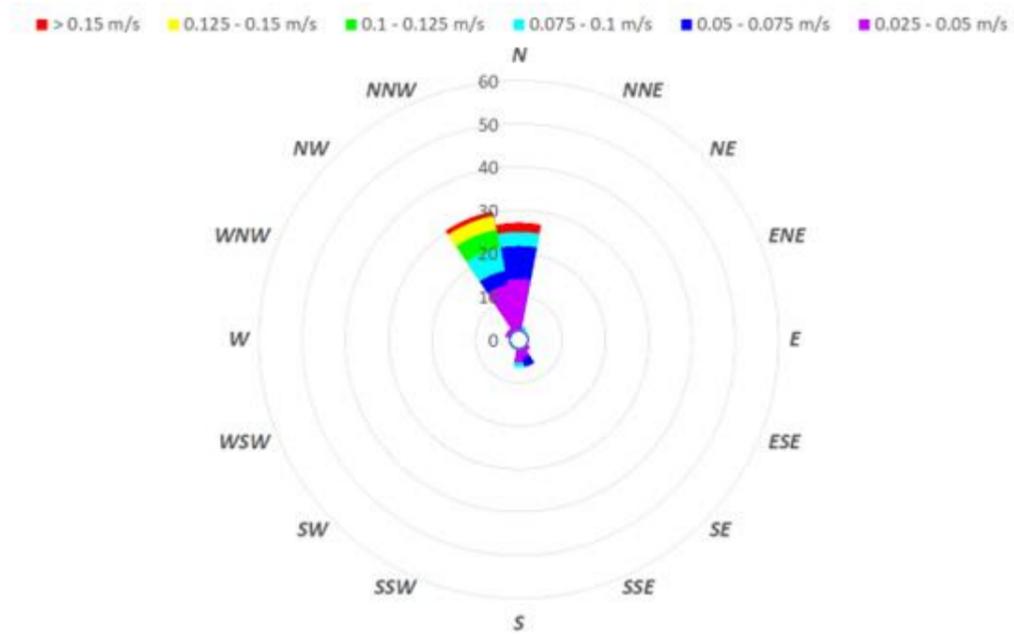




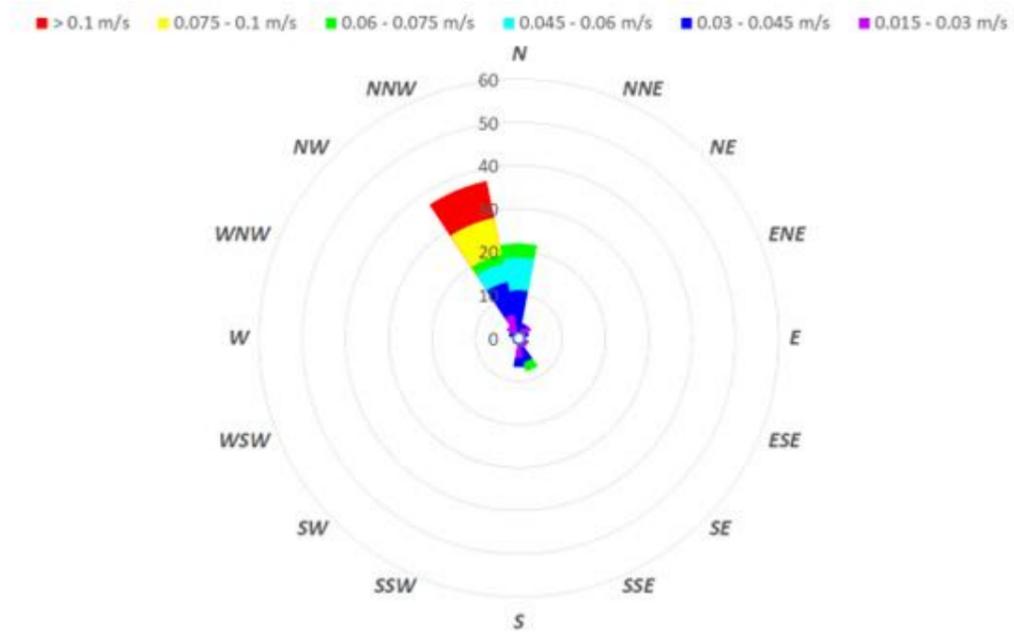
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



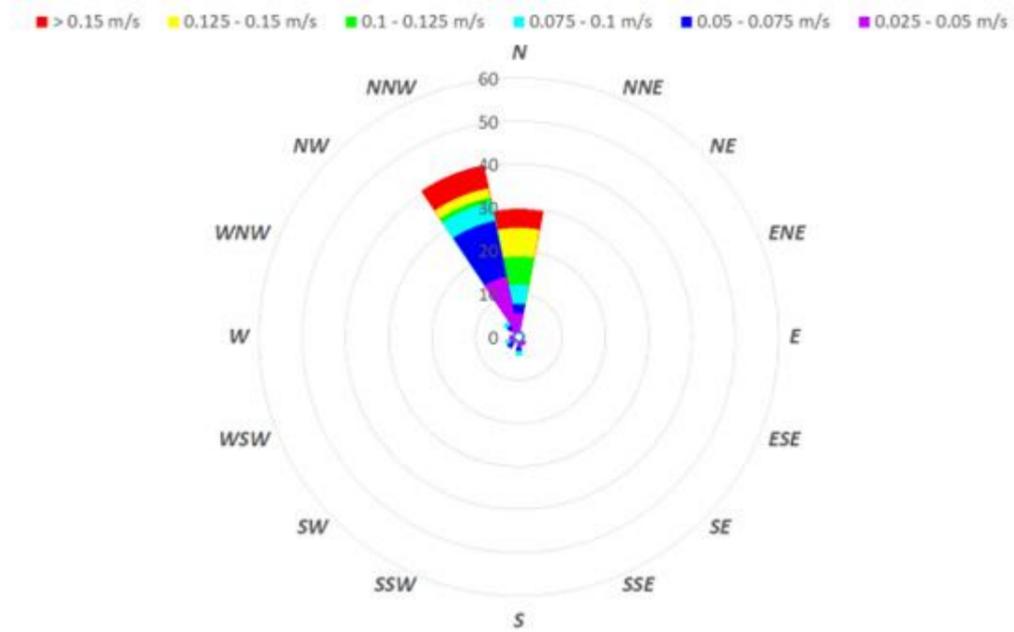
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



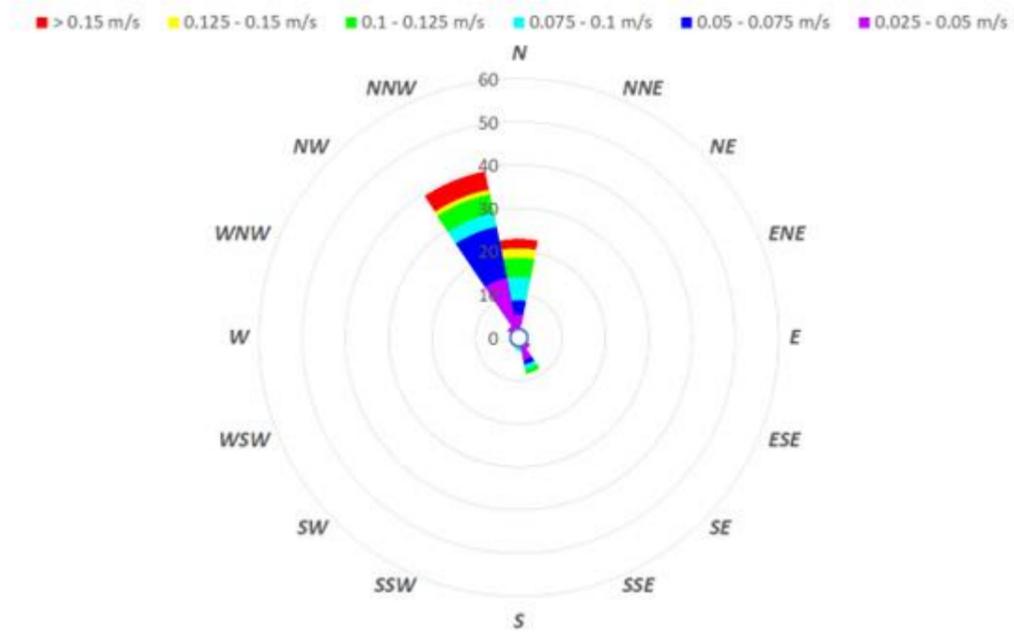


2020

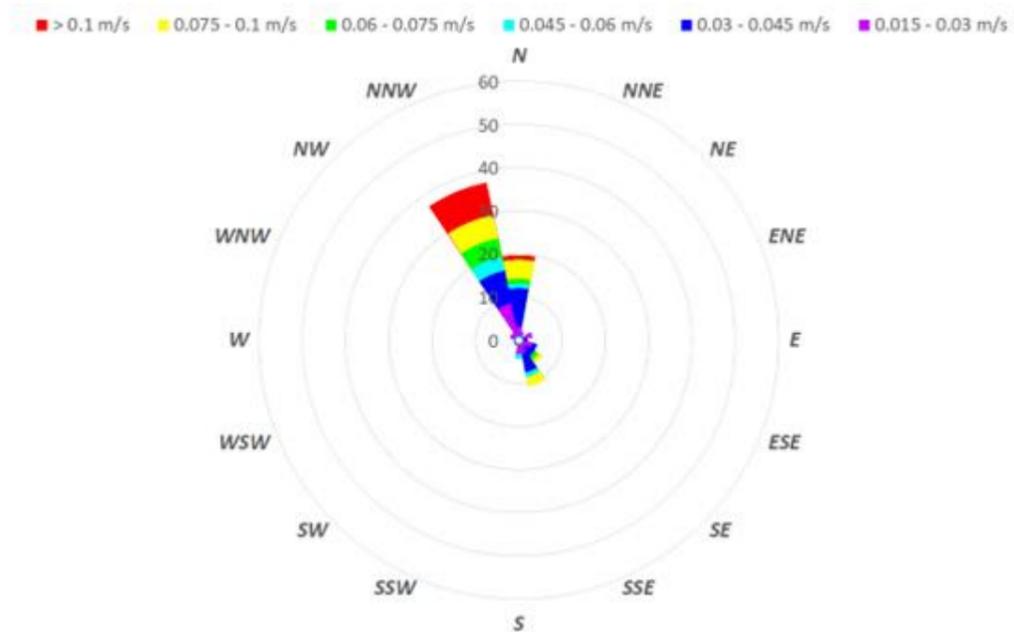
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

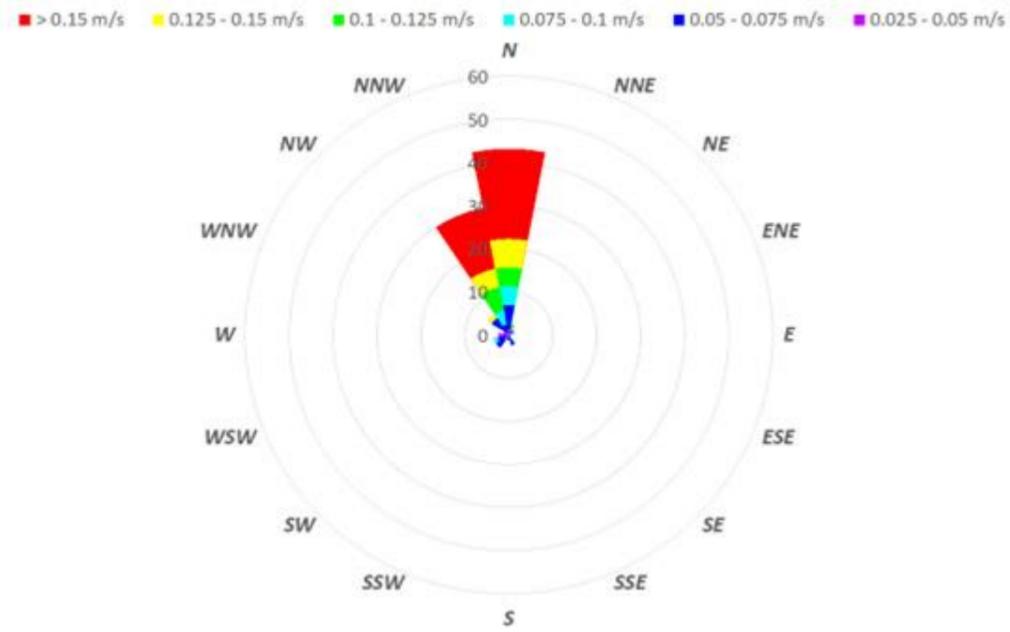


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

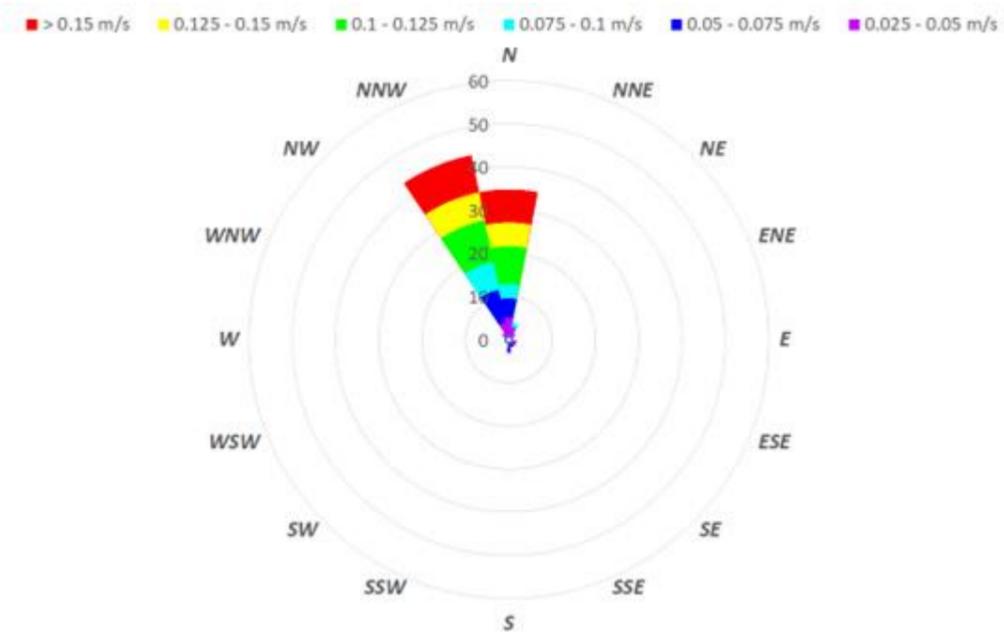




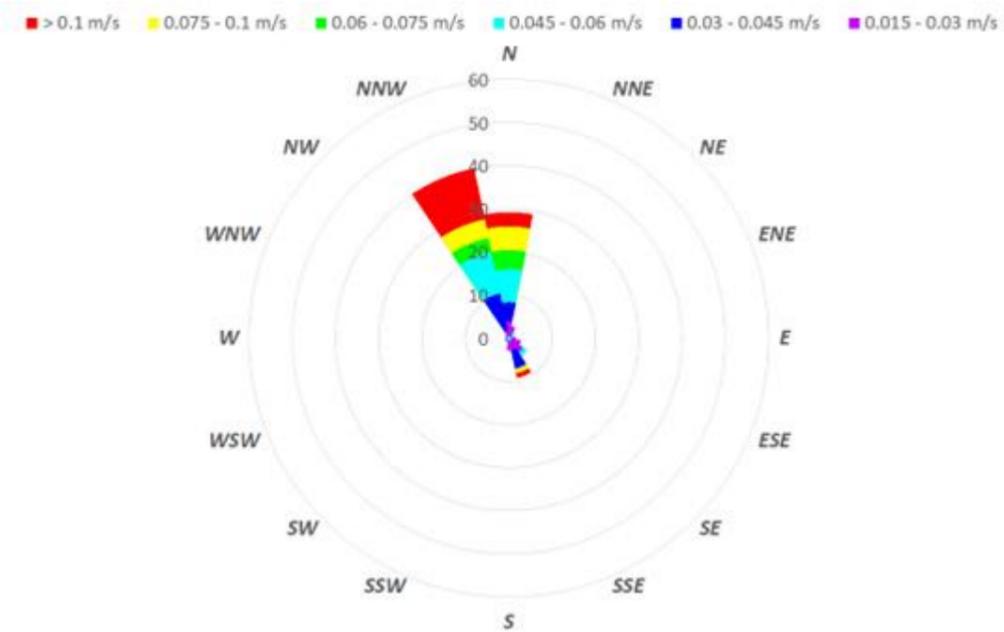
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

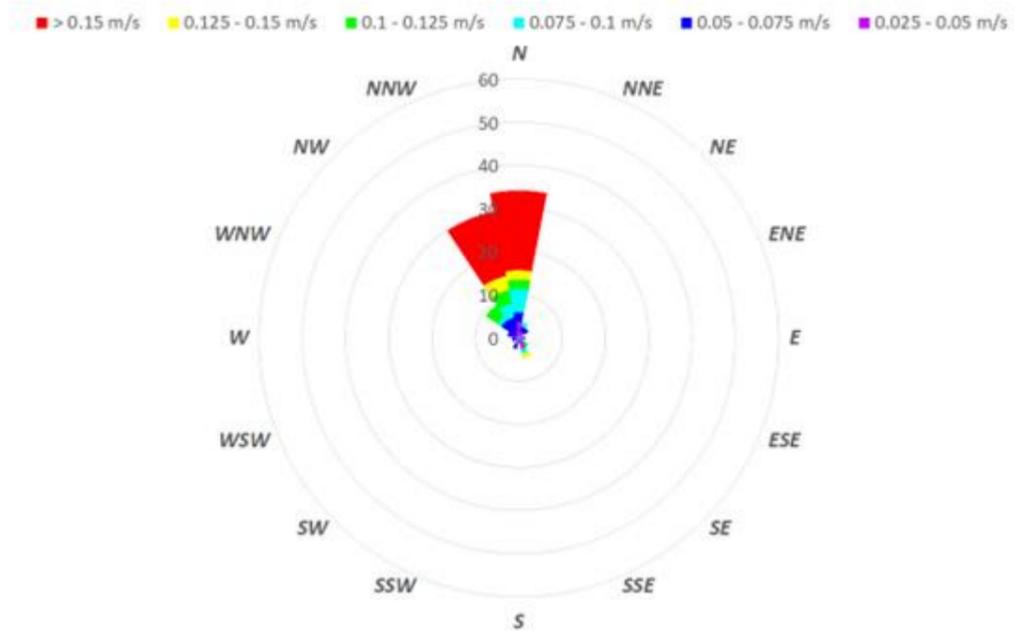


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

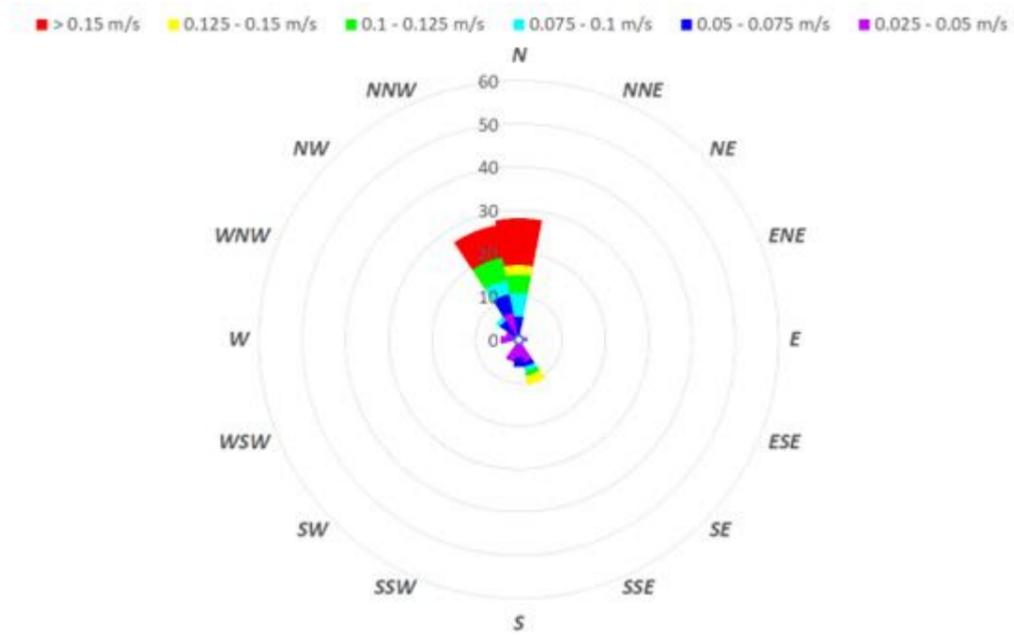




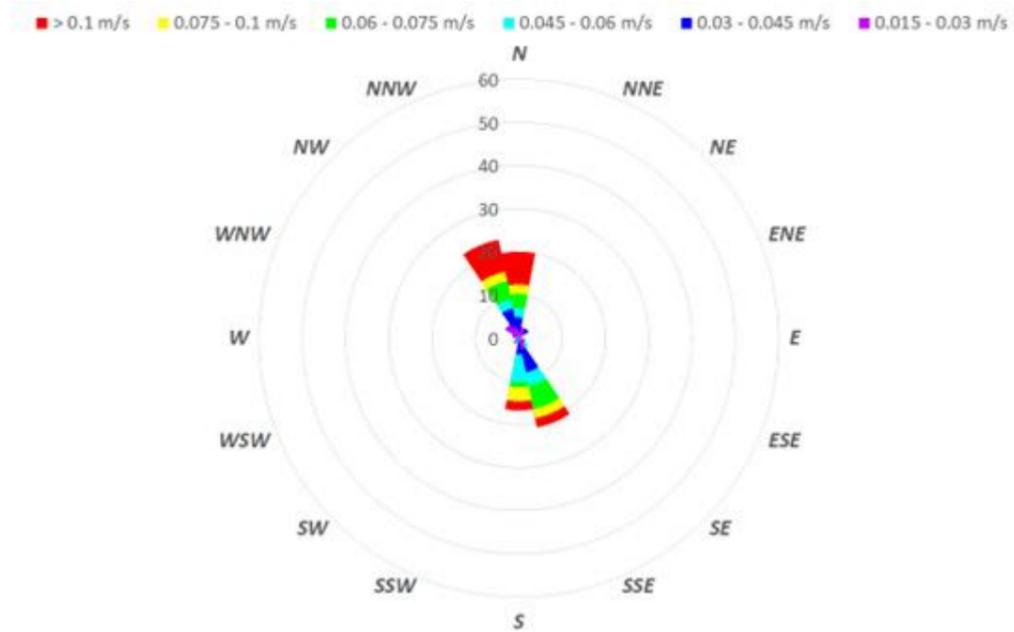
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

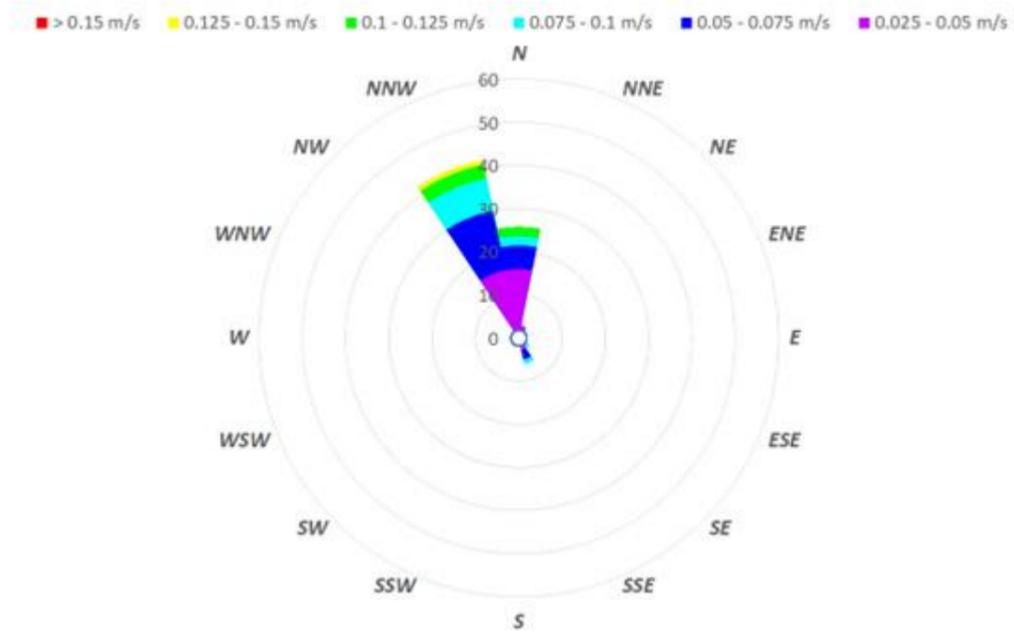


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

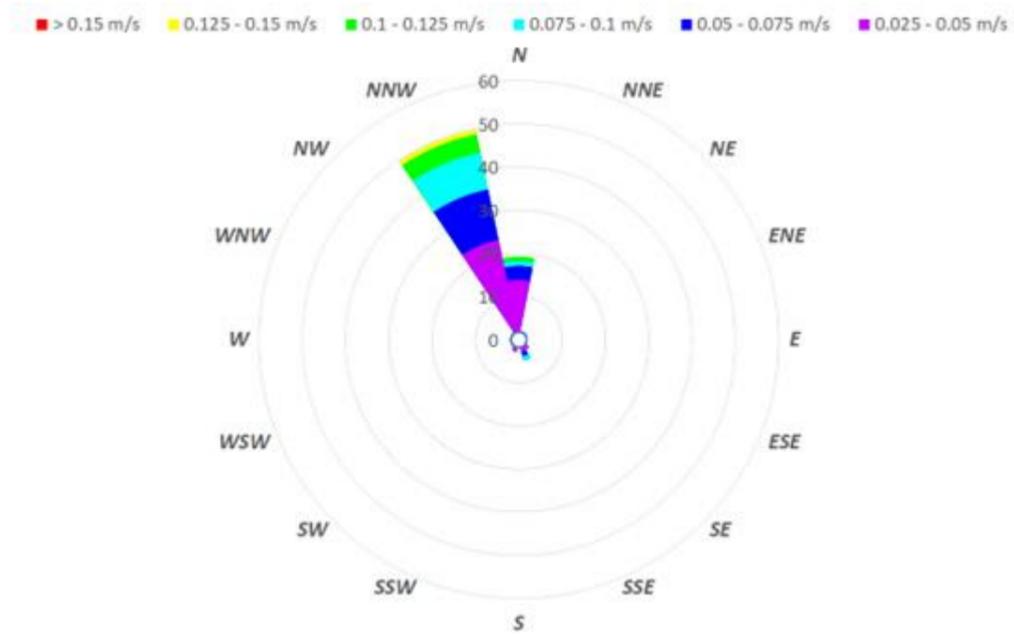




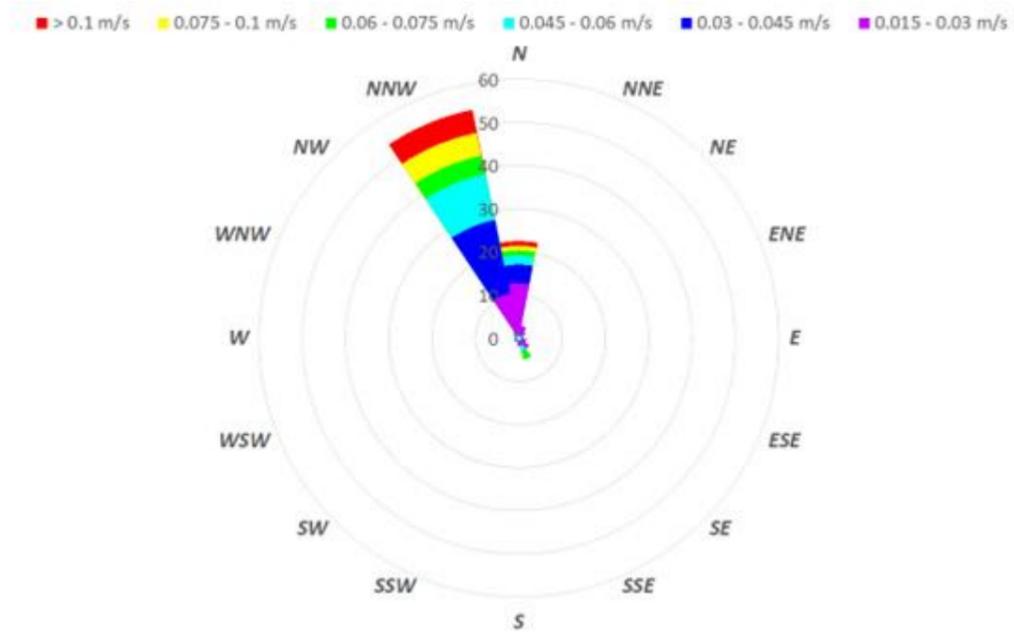
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



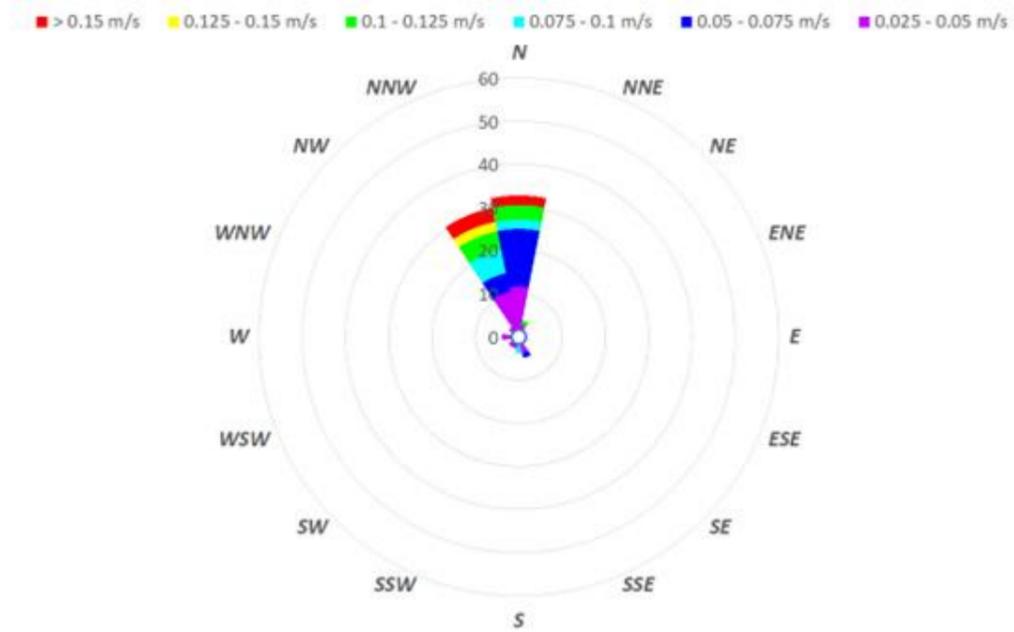
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



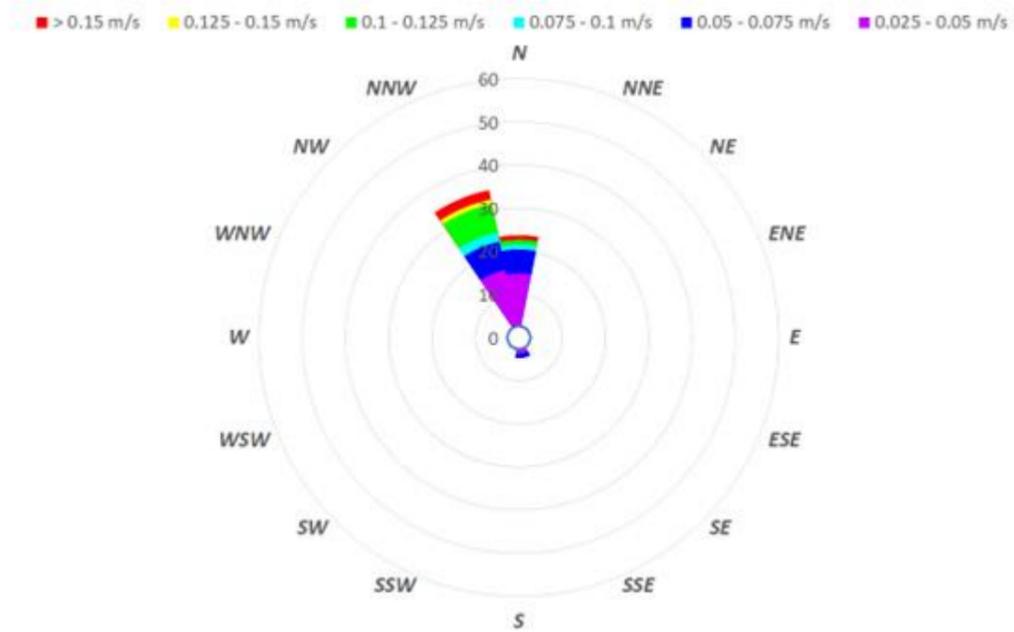


2021

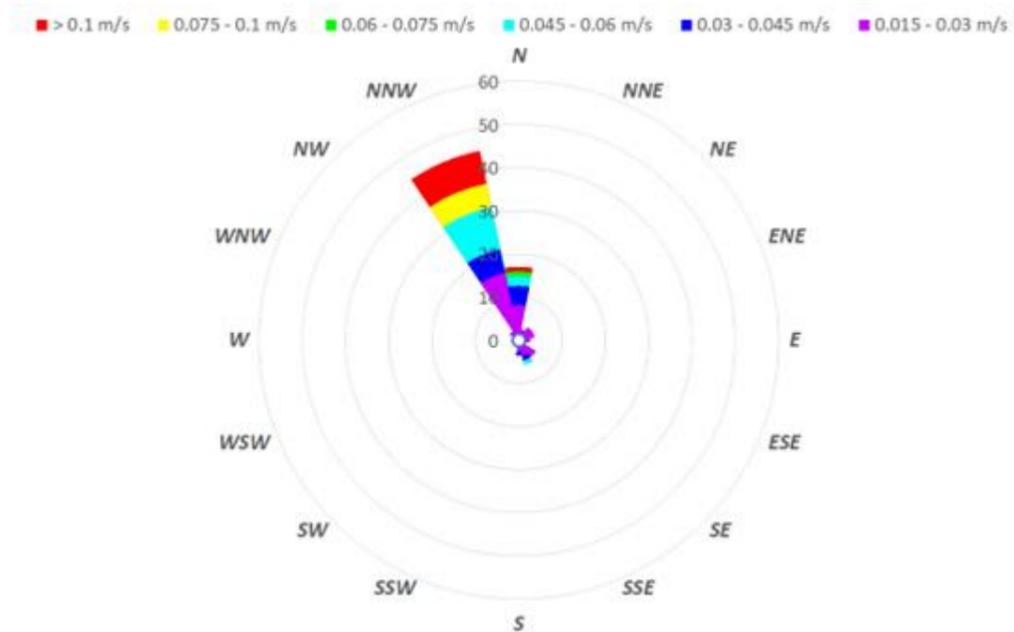
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

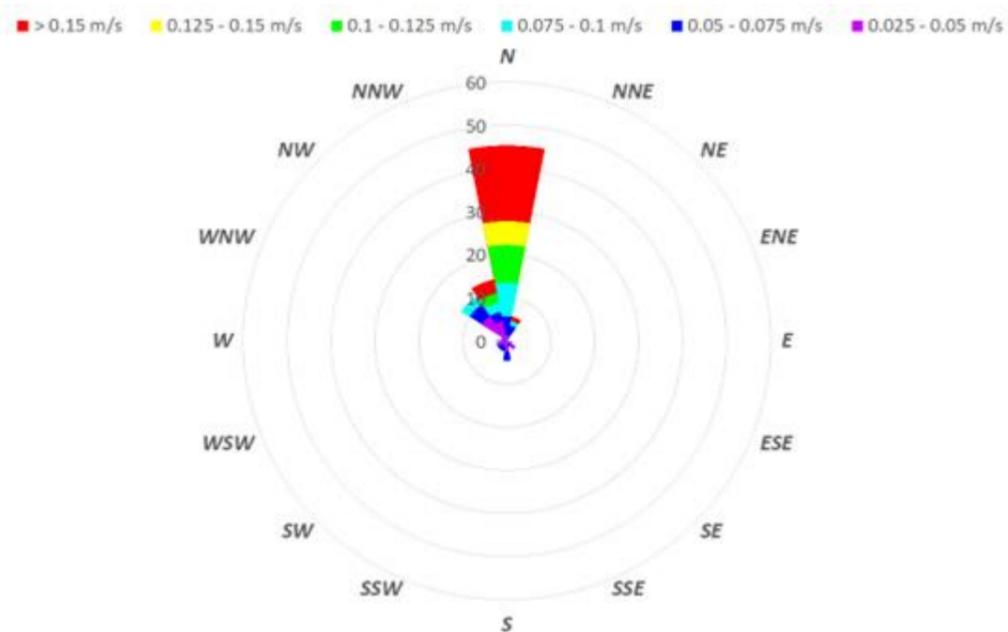


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione invernale (Gennaio – Marzo).

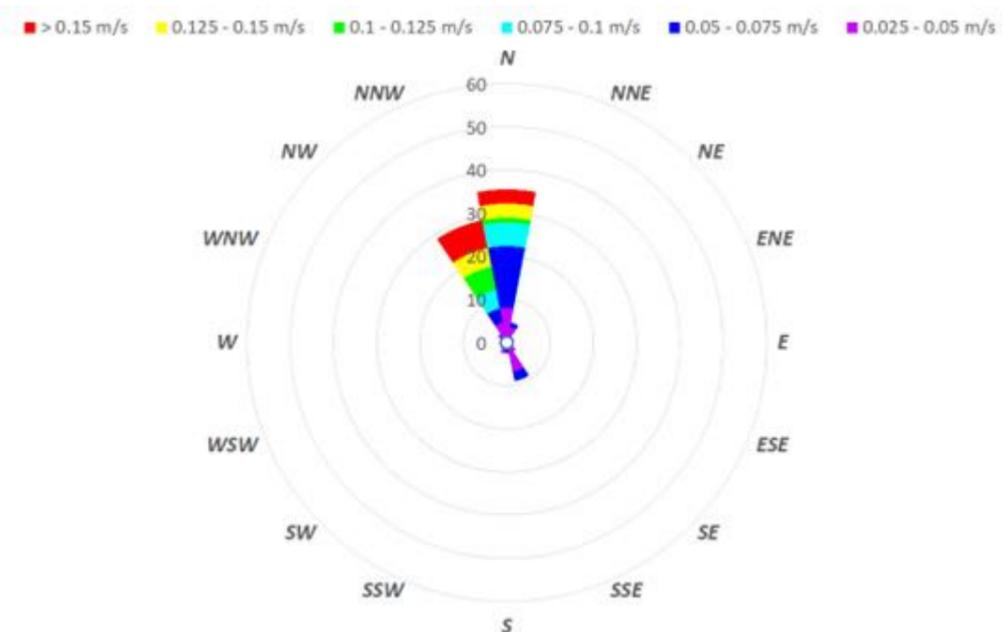




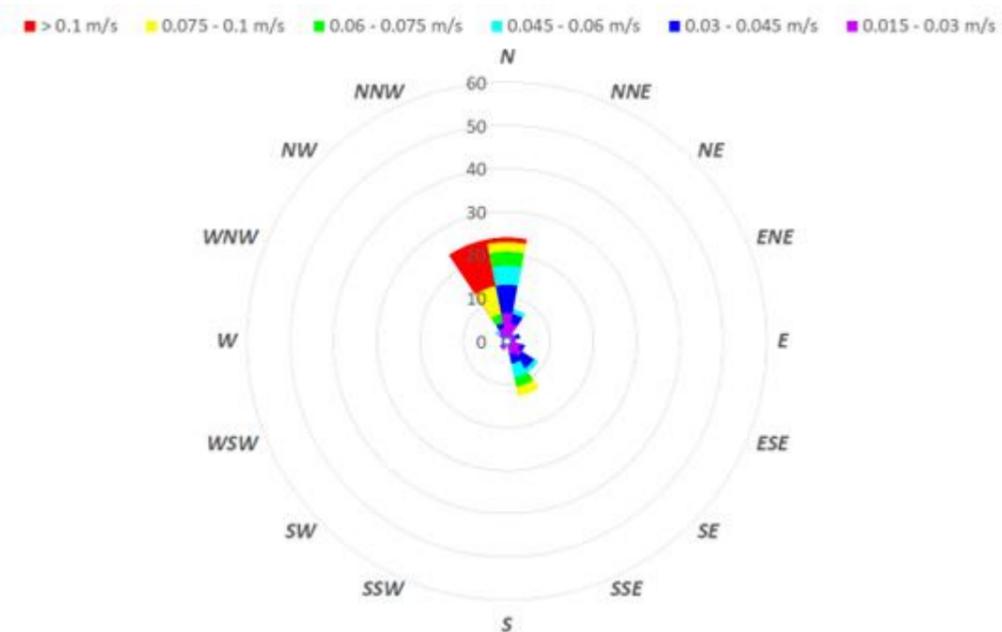
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

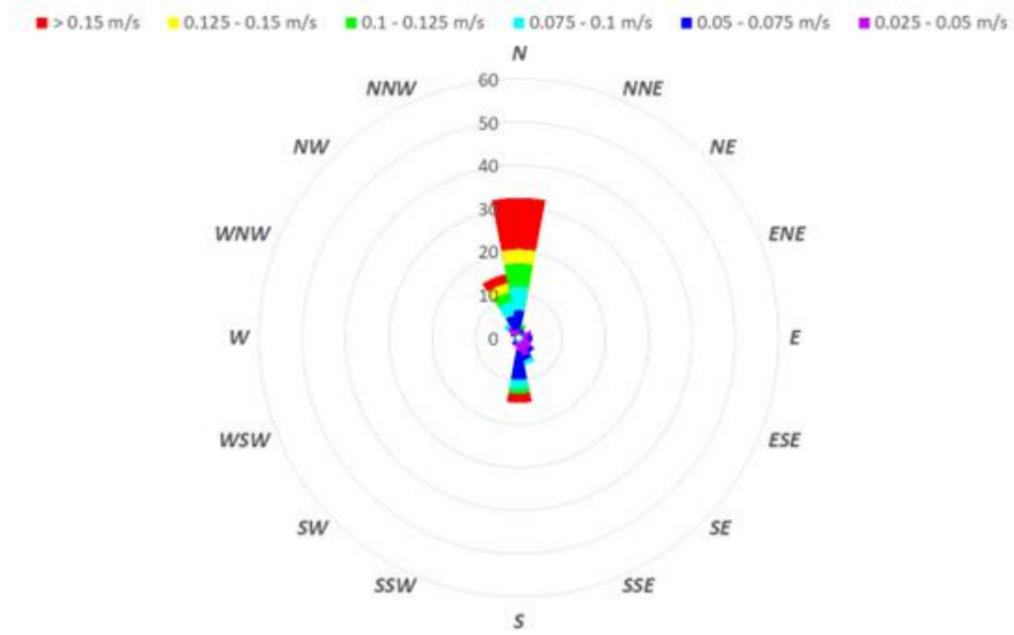


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione primaverile (Aprile – Giugno).

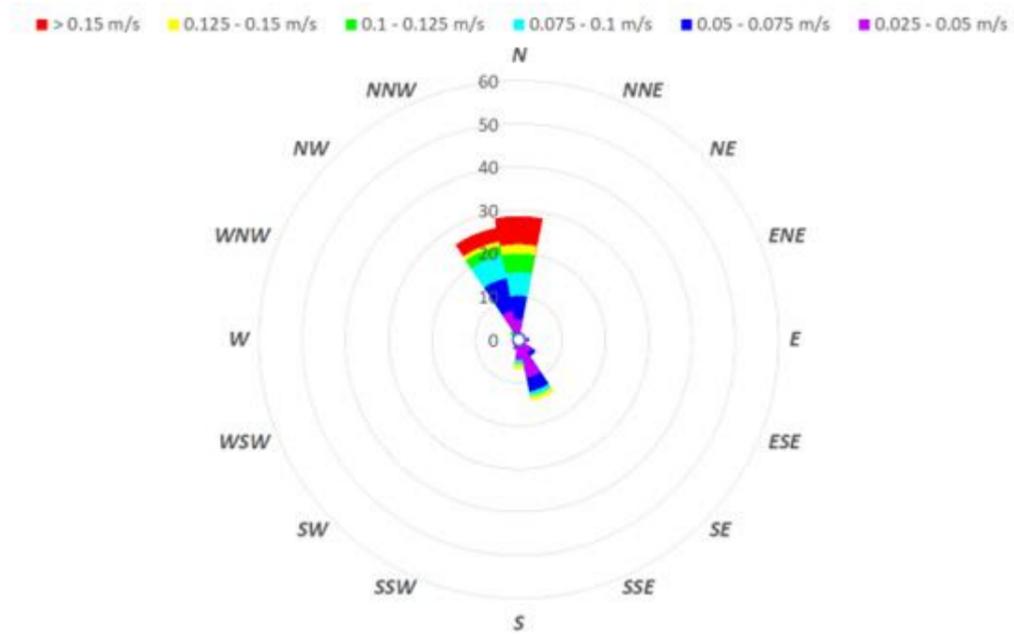




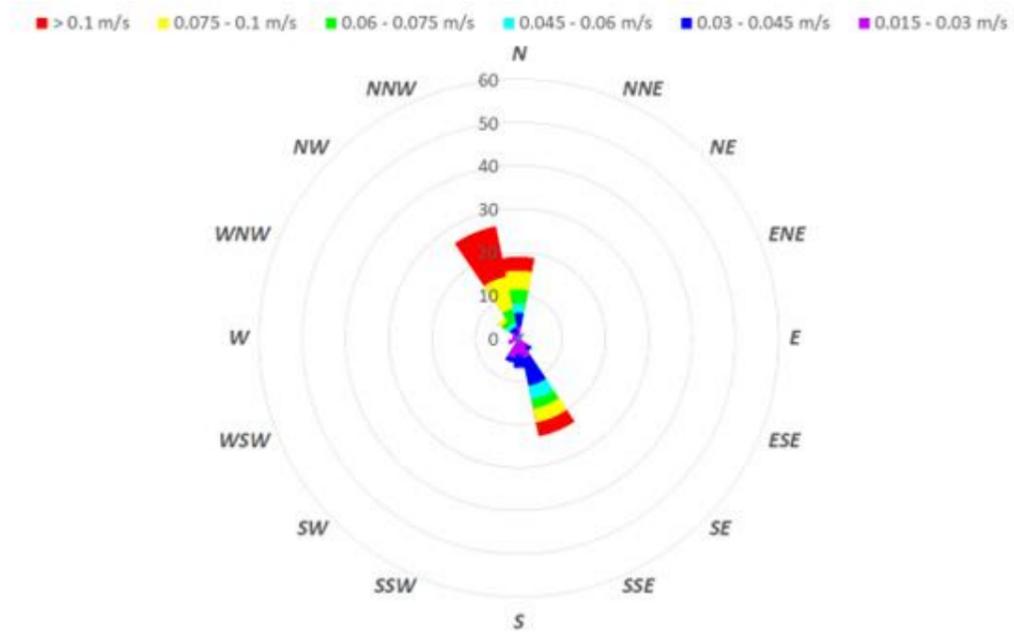
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione estiva (Luglio – Settembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

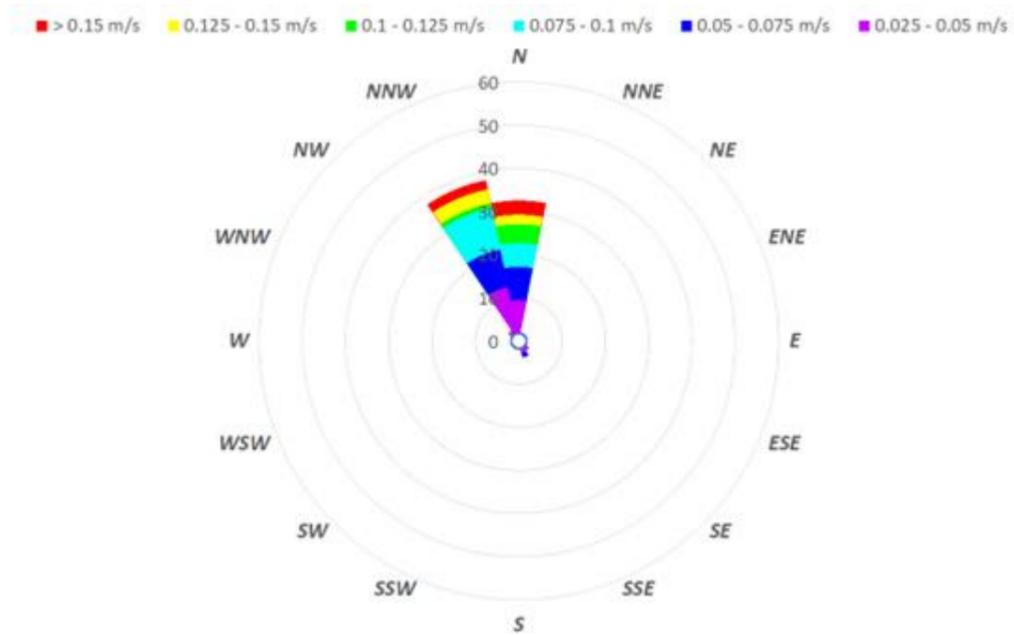


Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione estiva (Luglio – Settembre).

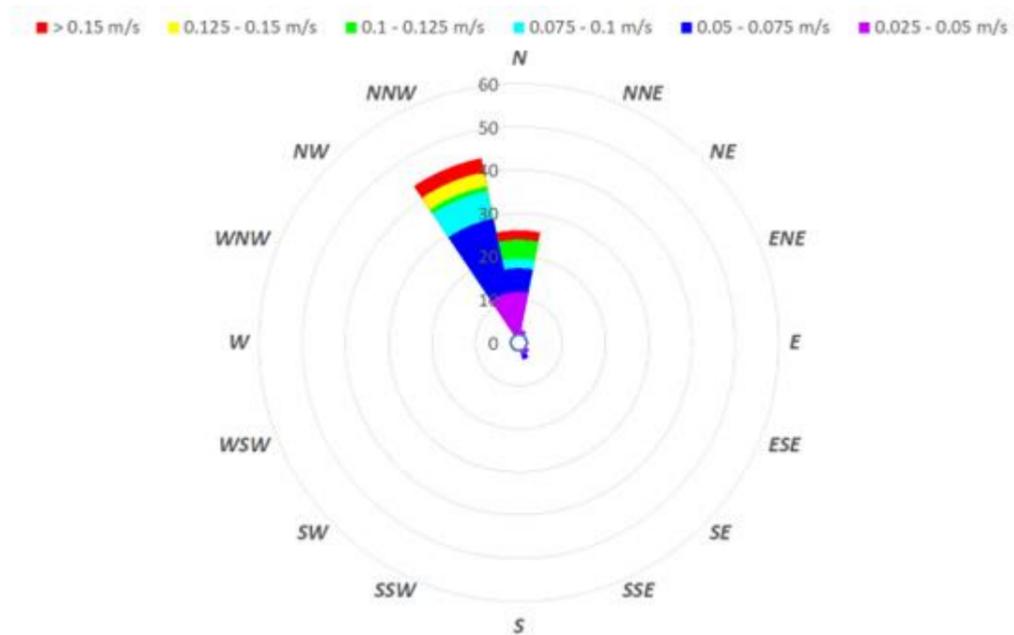




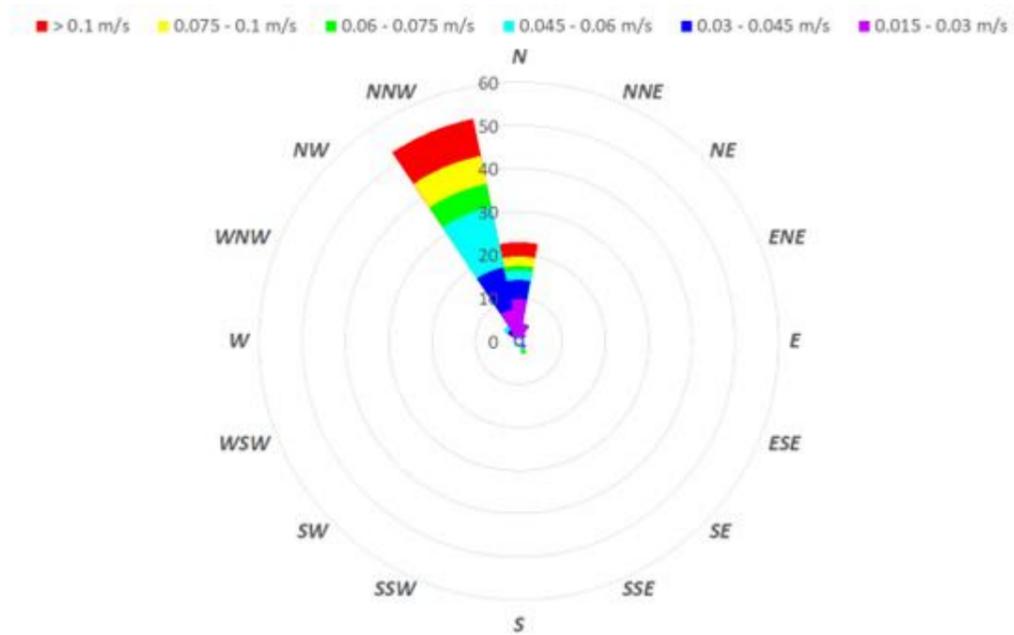
Velocità e direzione della corrente in superficie (@ SUR). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



Velocità e direzione della corrente a profondità intermedia (@ INT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).



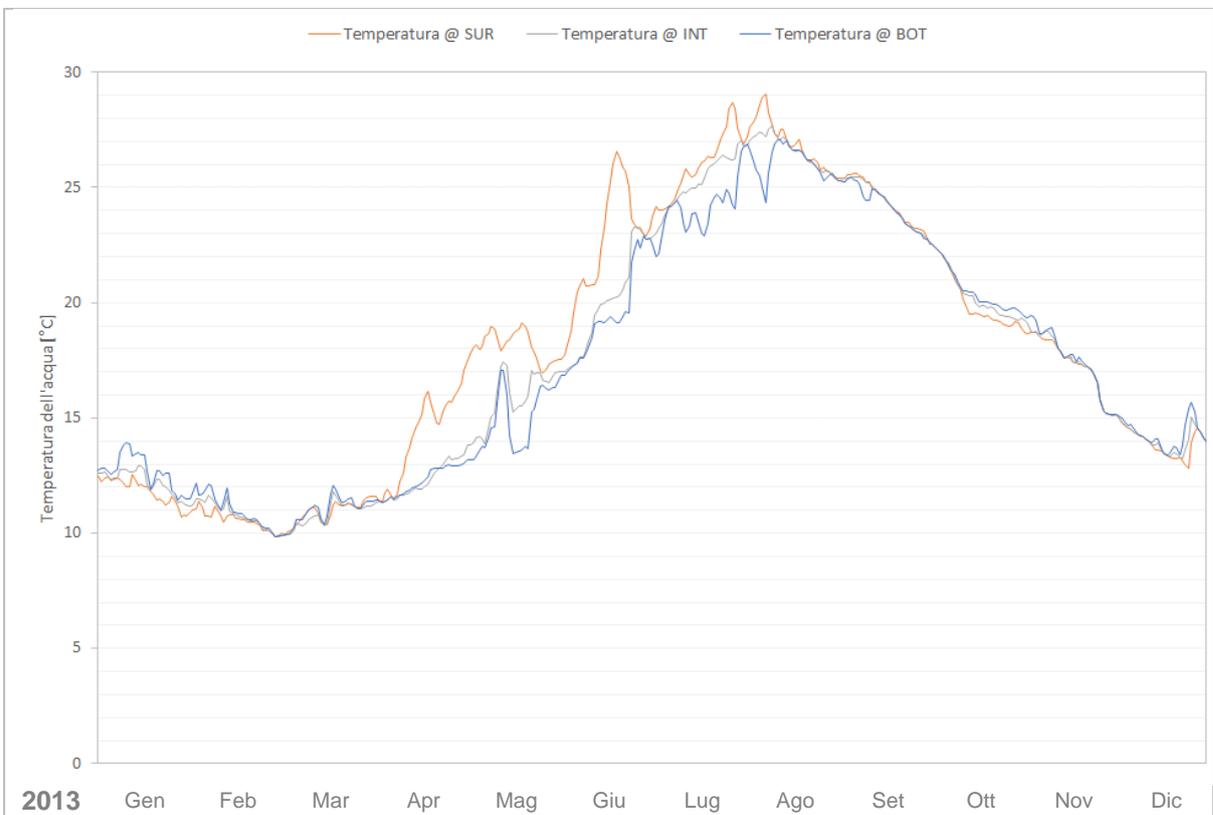
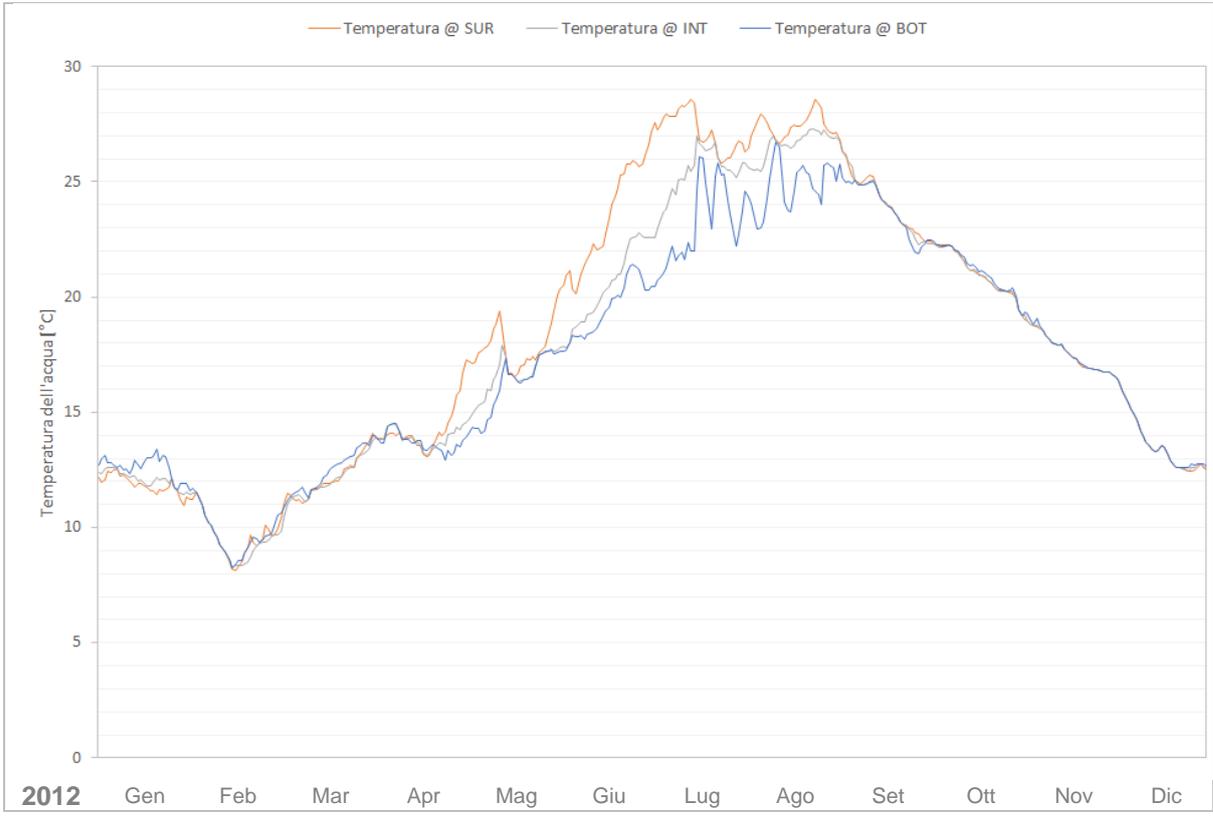
Velocità e direzione della corrente al fondo (@ BOT). Stagione autunnale (Ottobre – Dicembre).

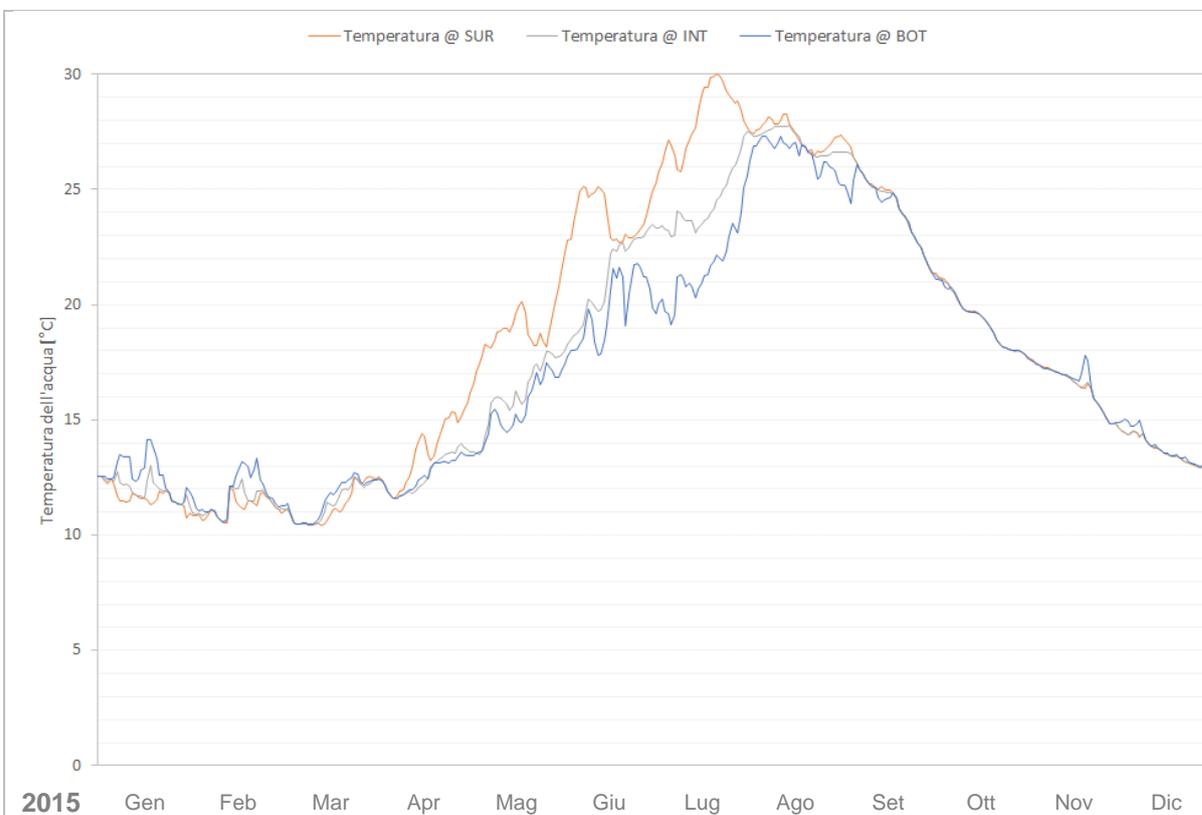
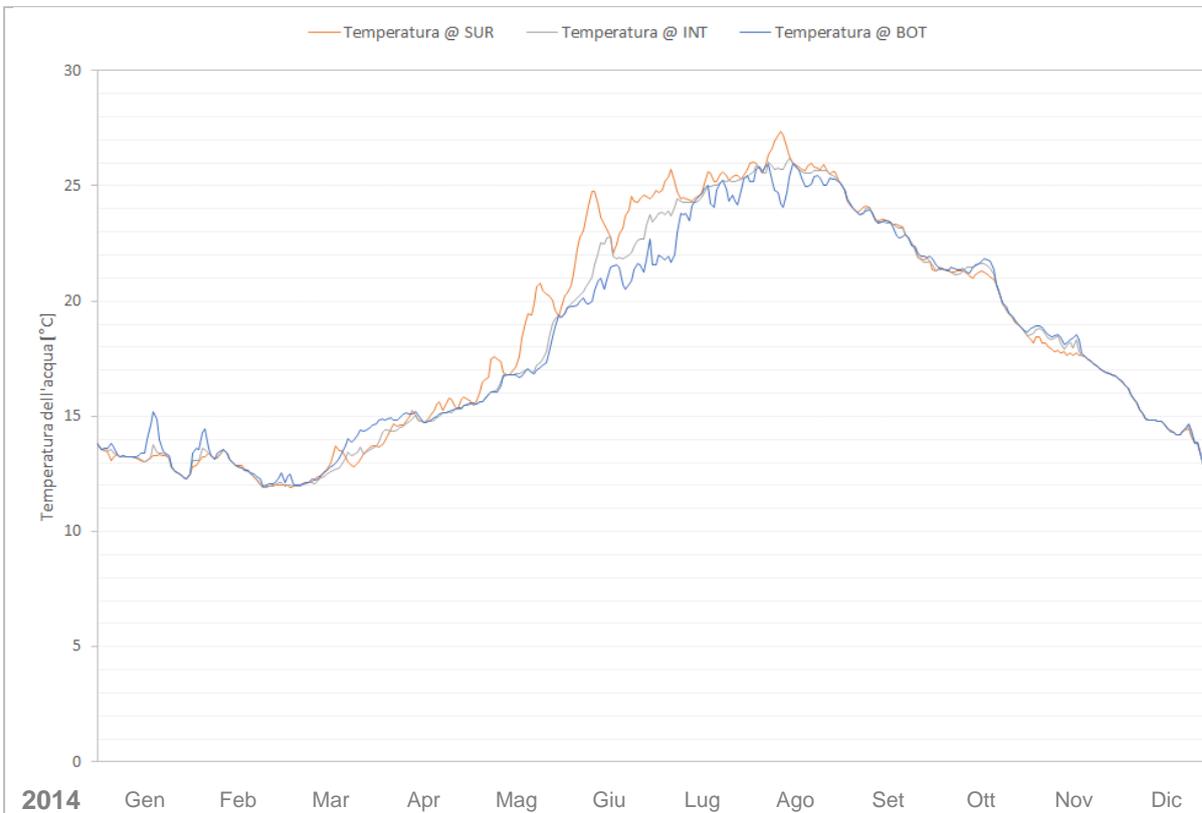


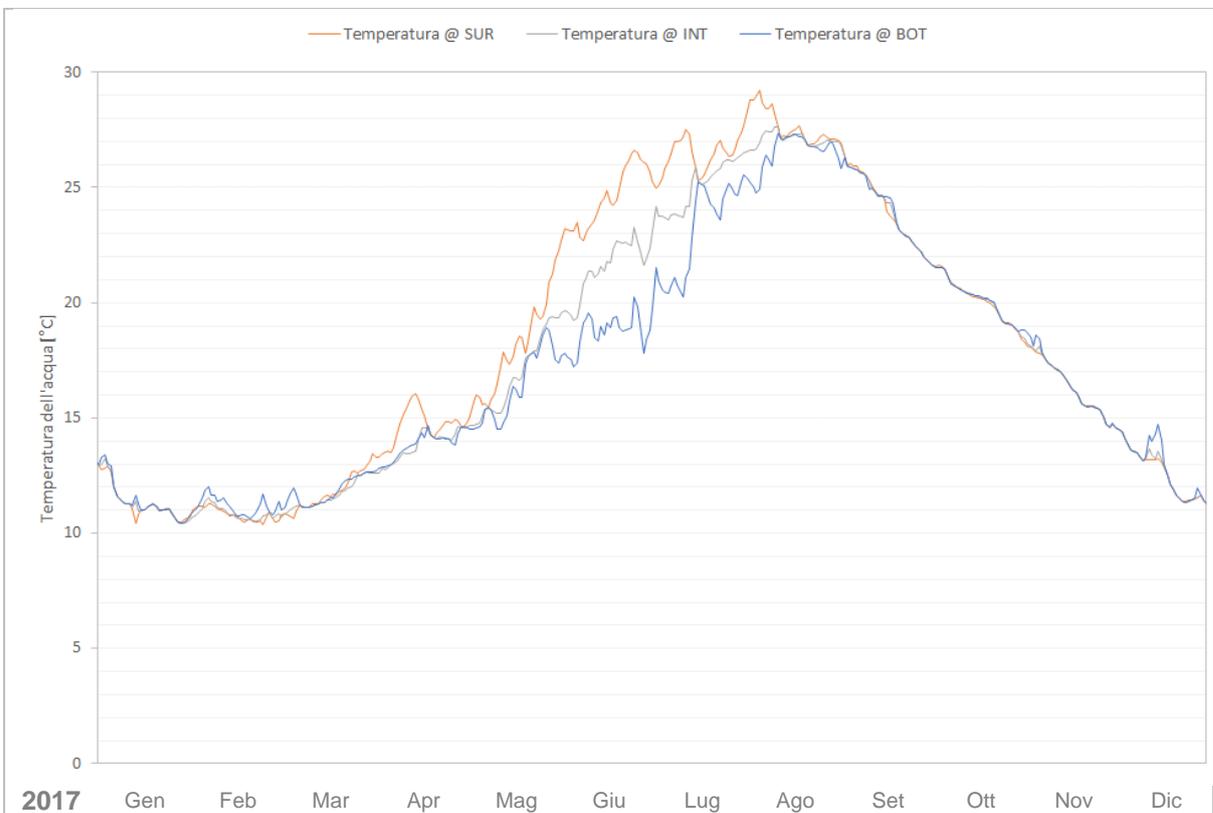
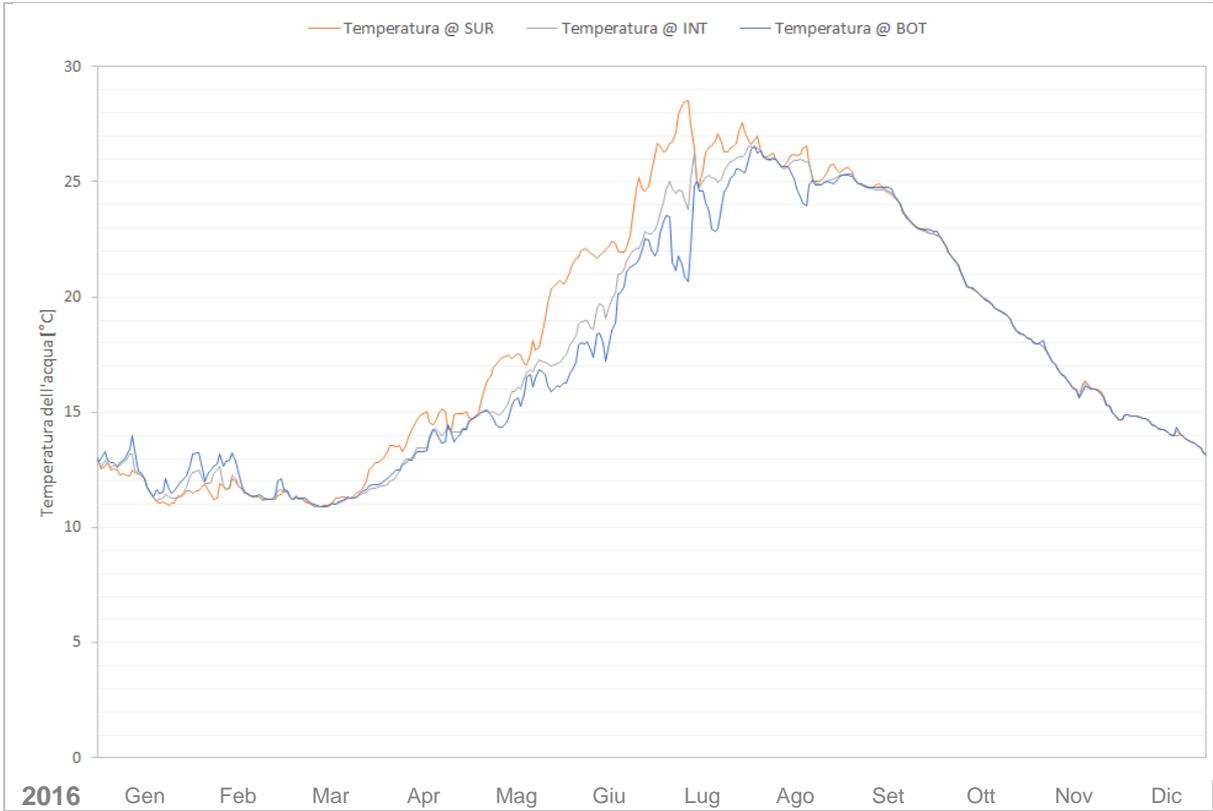
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 51 di 107
---	--------------------	---------------------	------------	---------------------

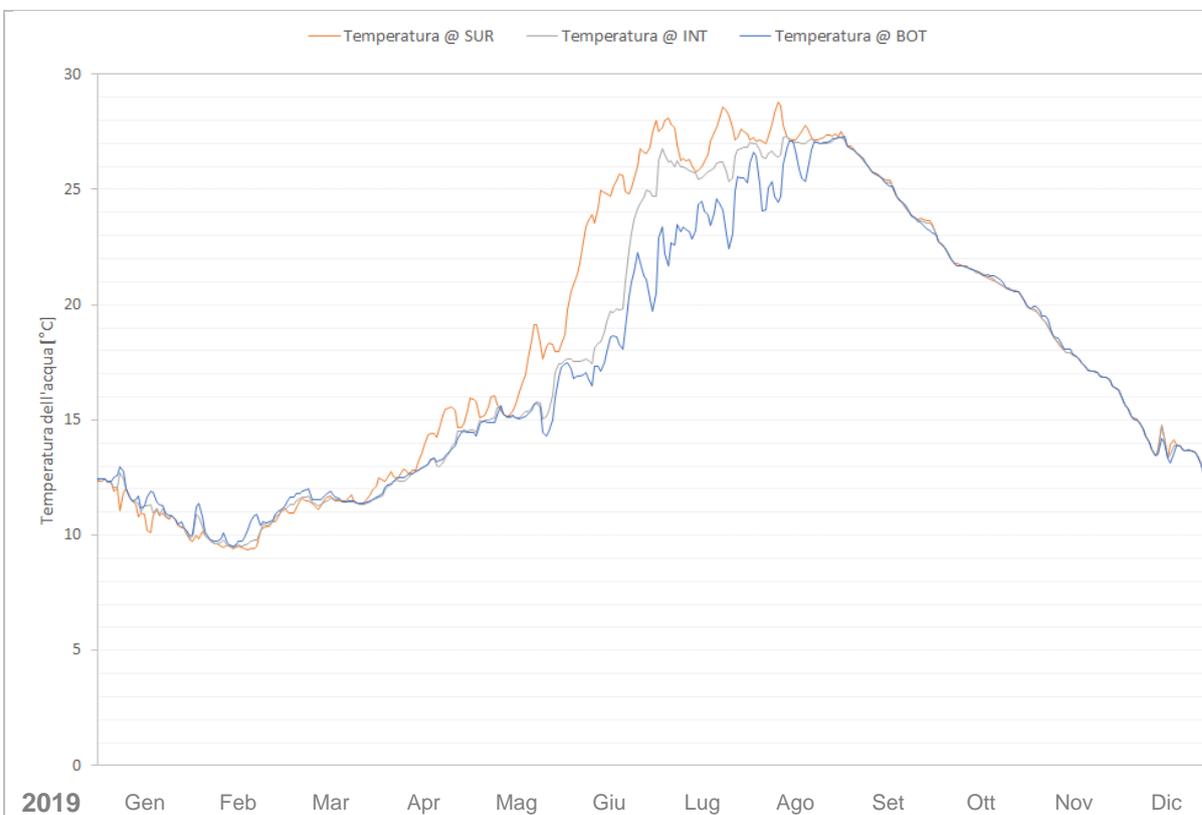
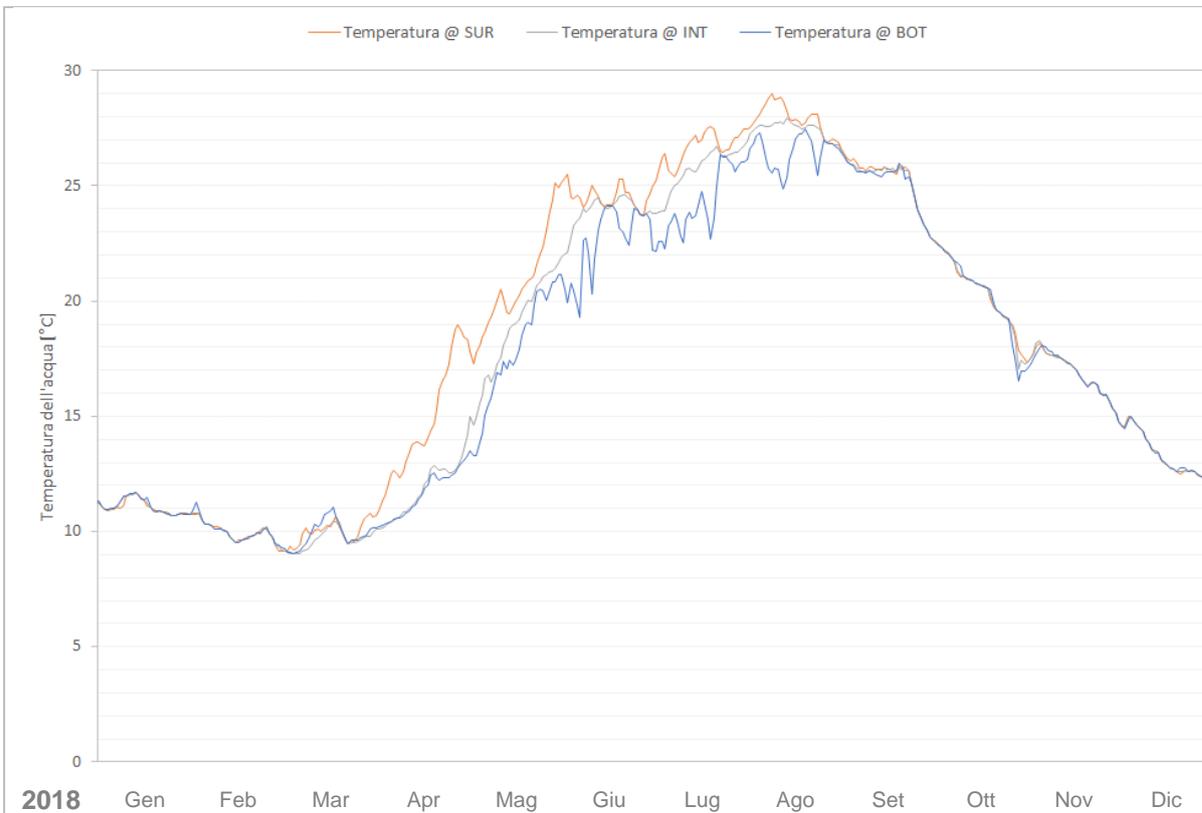
## **ALLEGATO C**

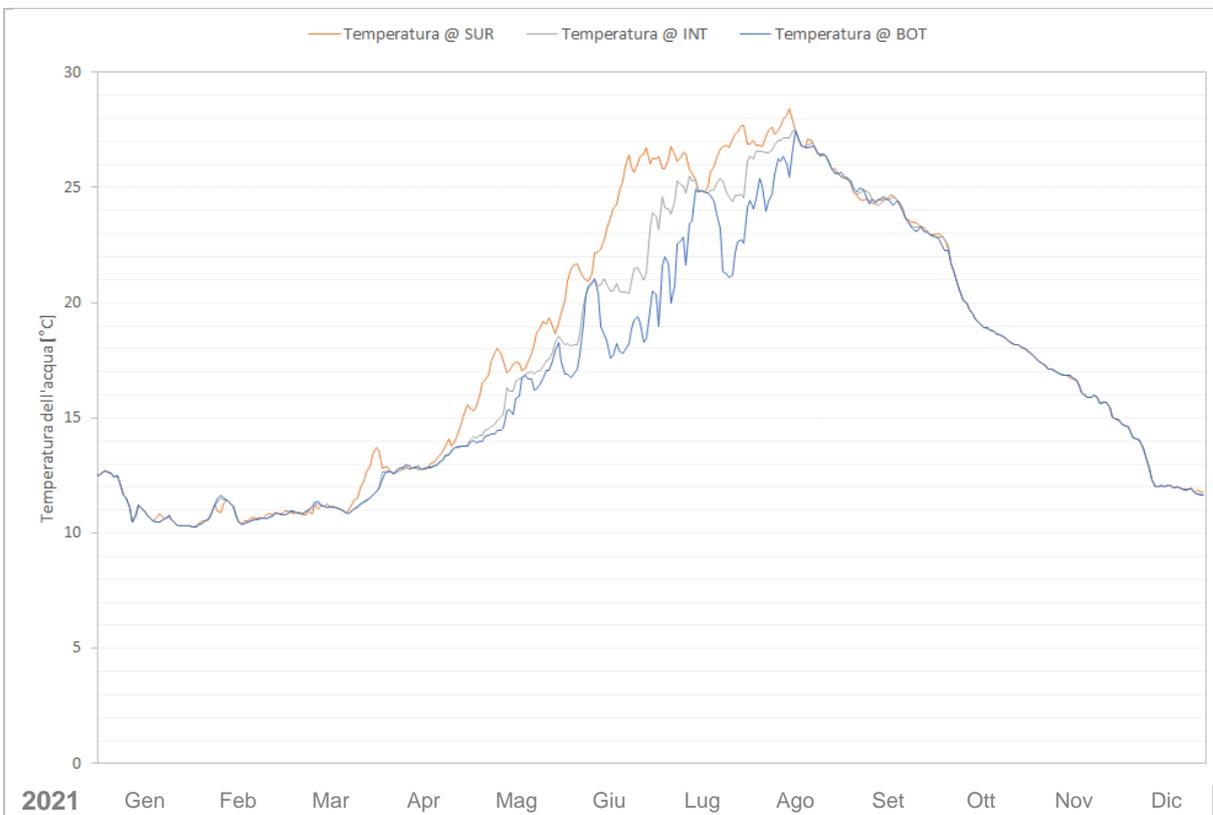
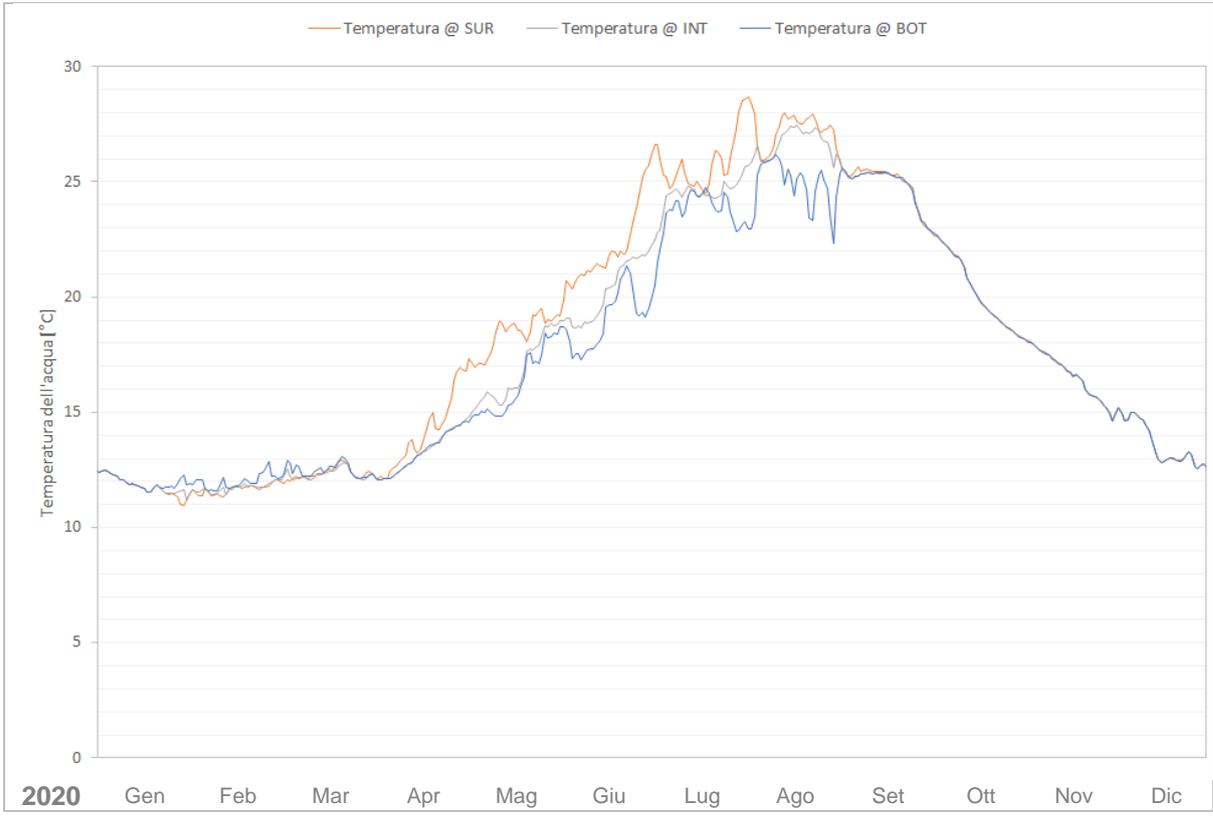
Andamento annuale della temperatura dell'acqua a tre profondità: in superficie (SUR), a profondità intermedia (INT) e sul fondo (BOT) relativo all'area in cui insistono le condotte di Fabrizia 1.







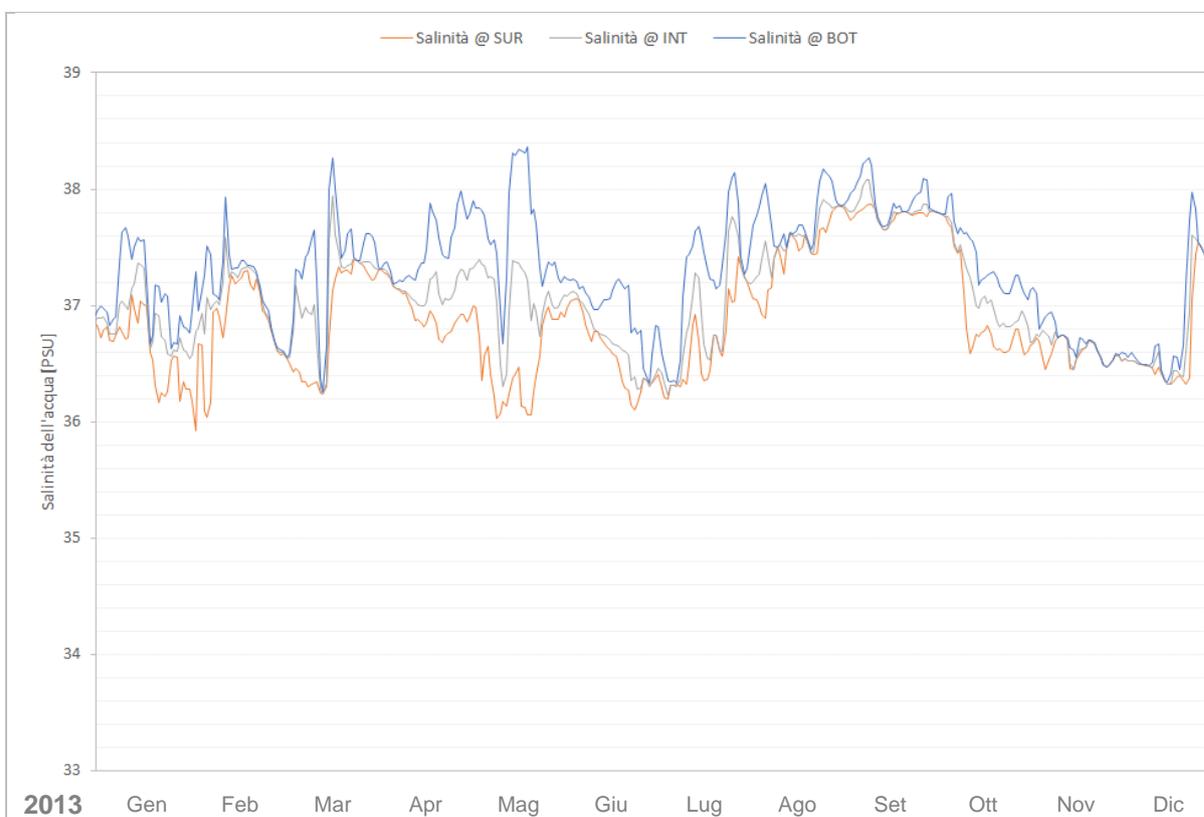
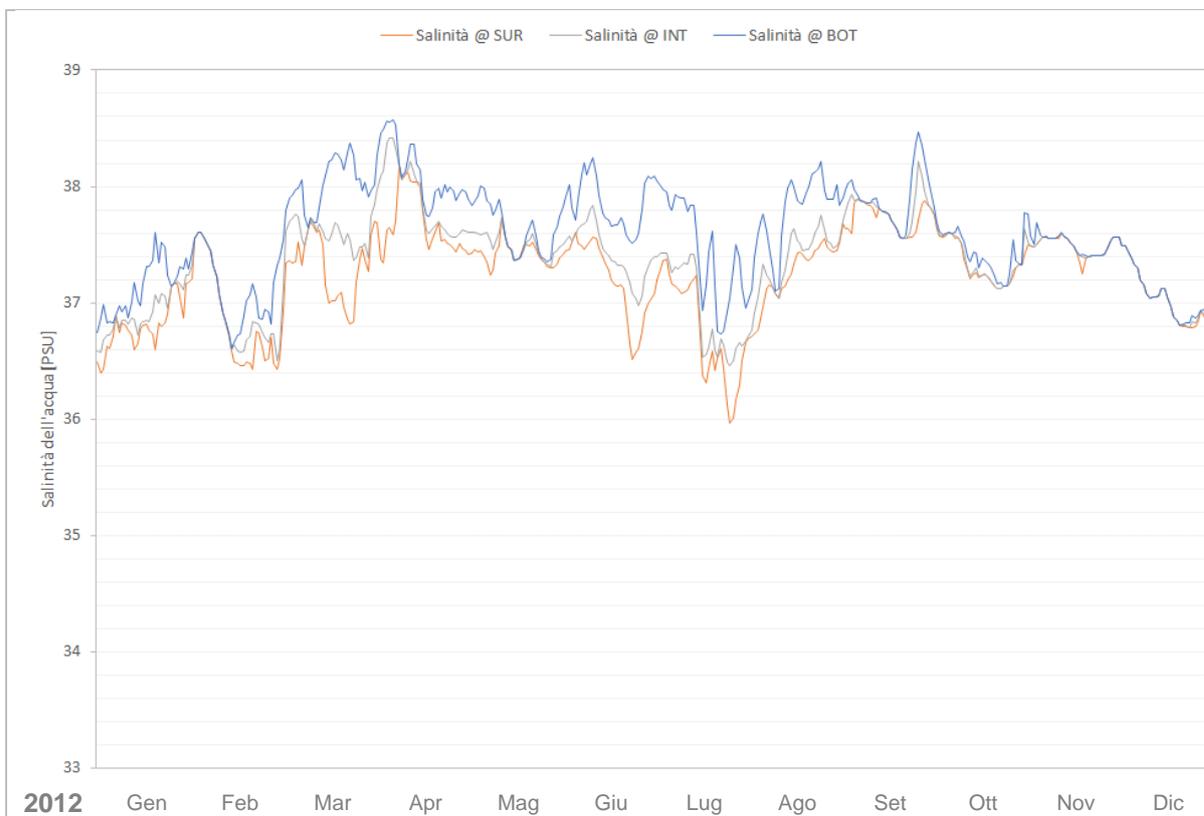


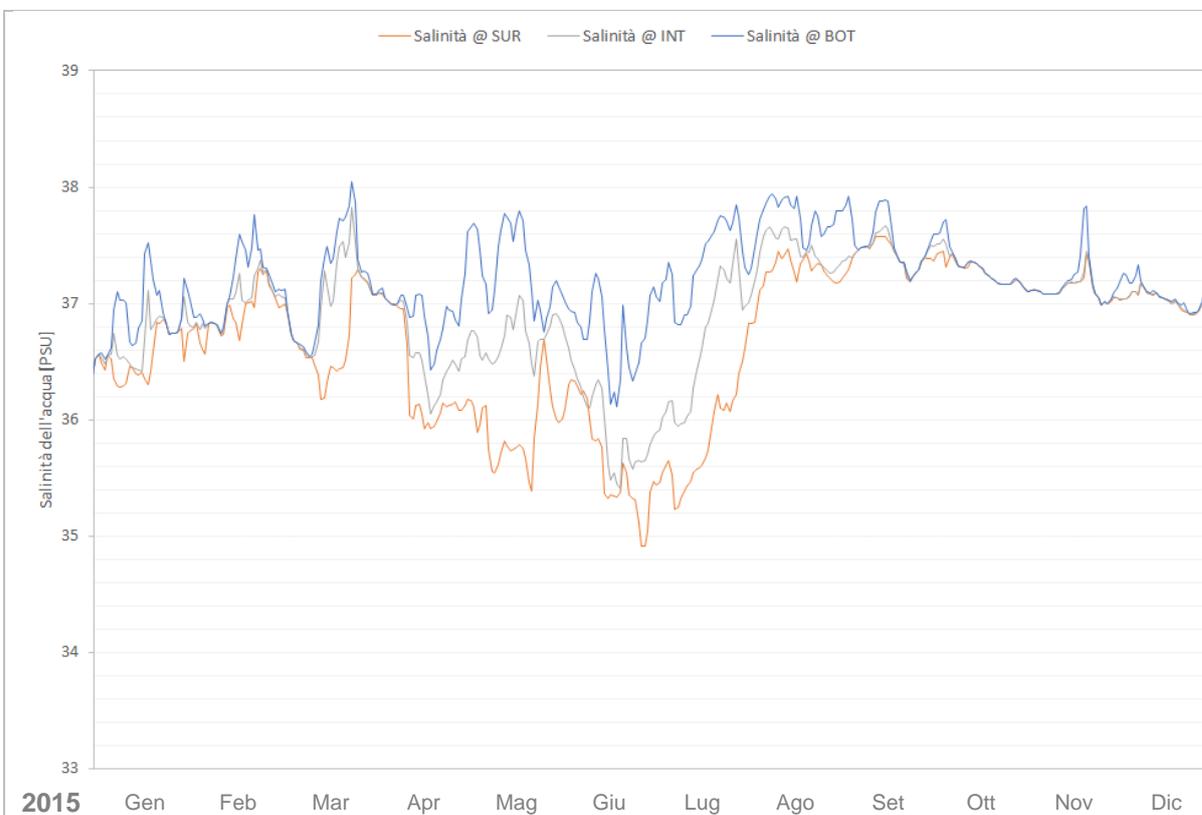
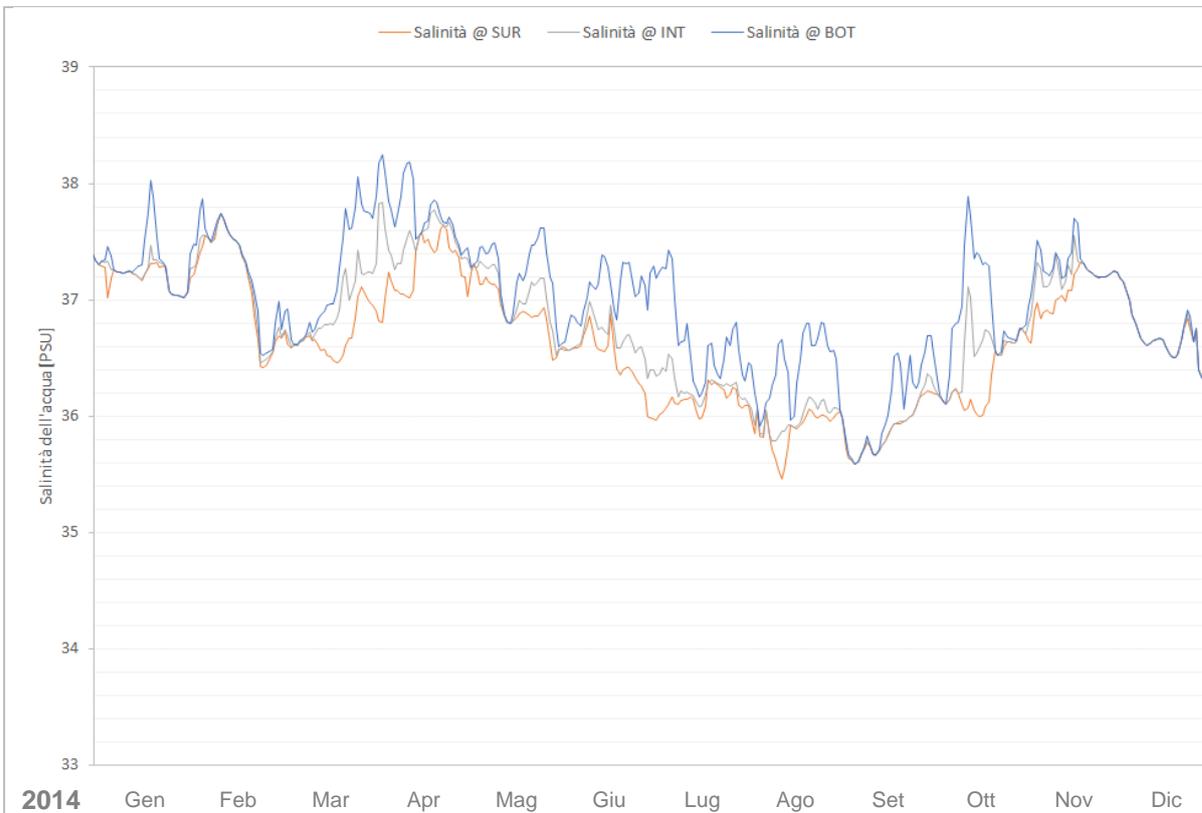


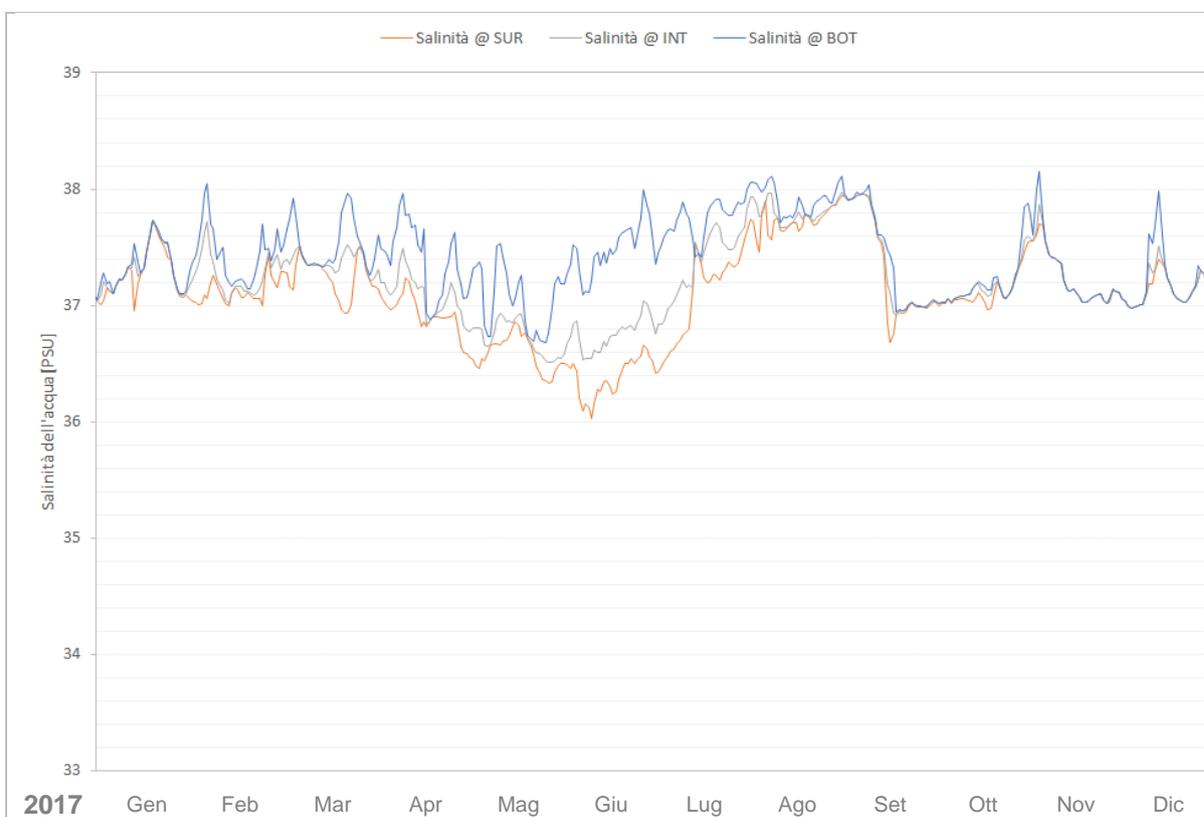
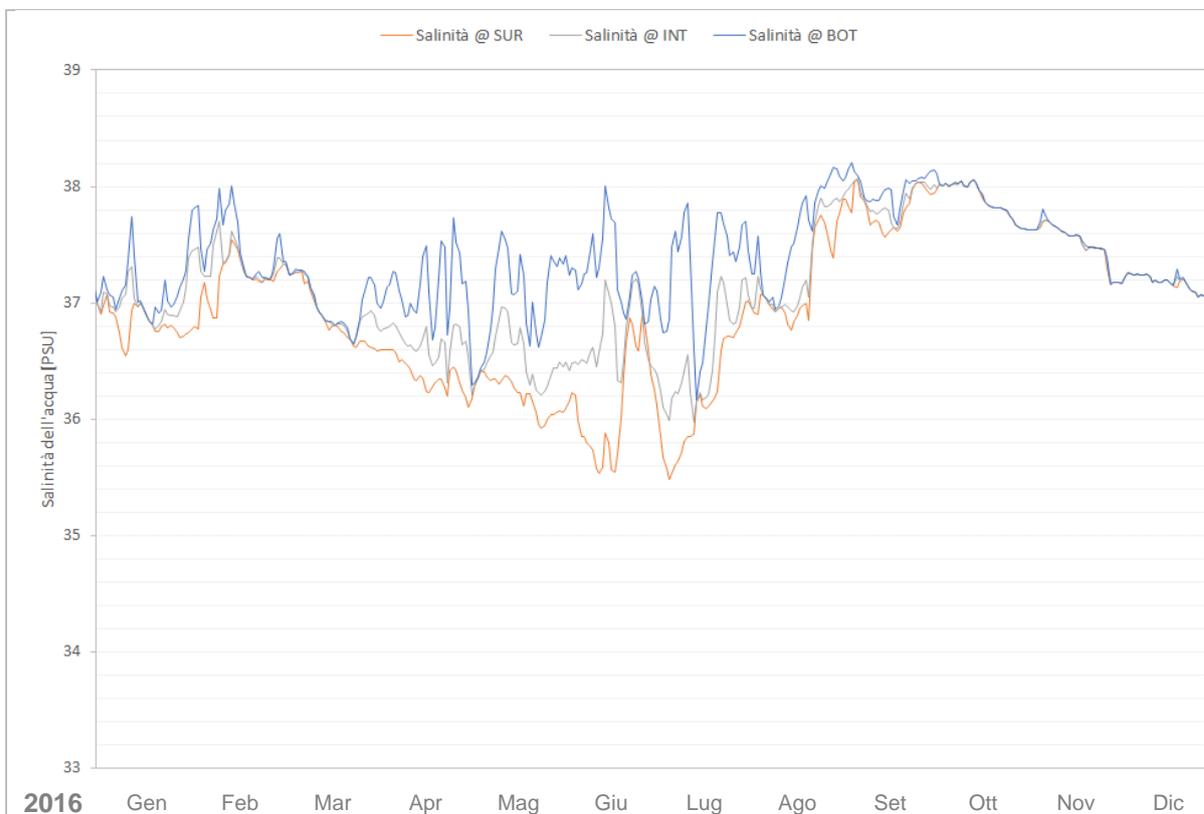
 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 57 di 107
---	--------------------	---------------------	------------	---------------------

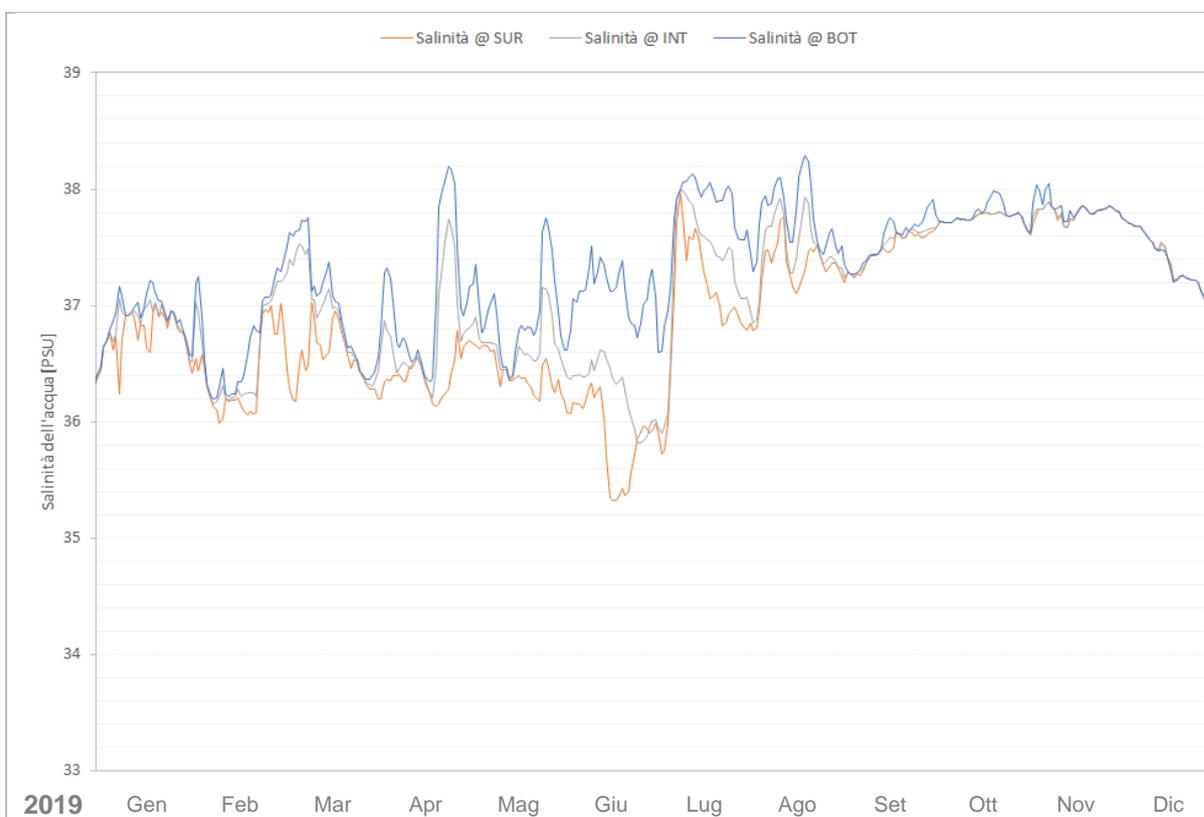
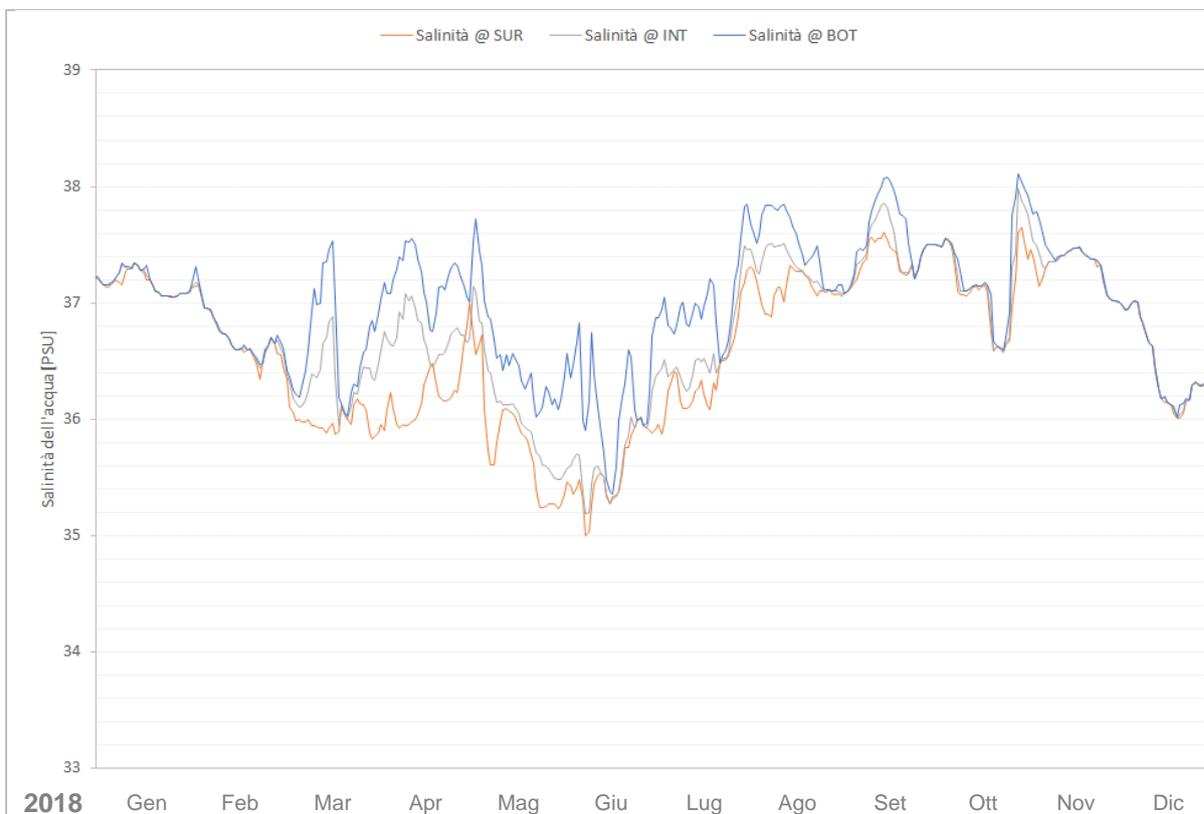
## **ALLEGATO D**

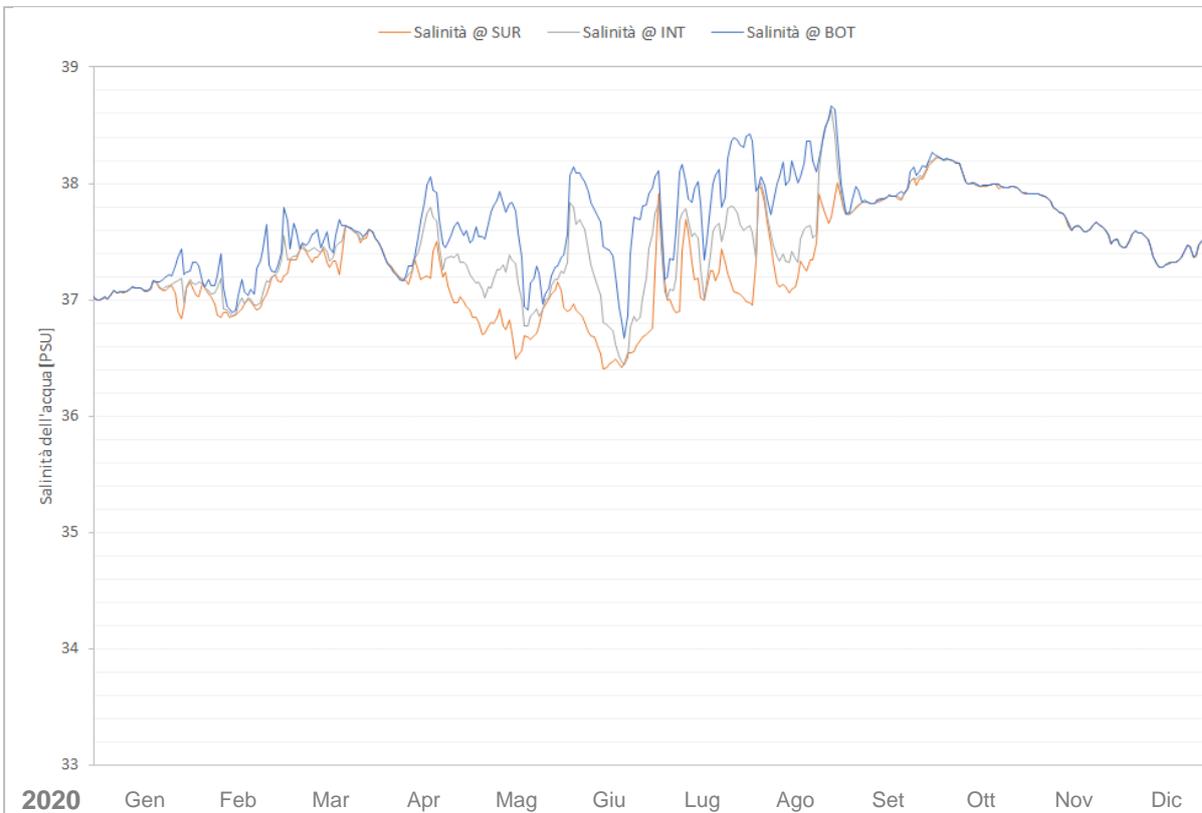
Andamento annuale della salinità dell'acqua a tre profondità: in superficie (SUR), a profondità intermedia (INT) e sul fondo (BOT) relativo all'area in cui insistono le condotte di Fabrizia 1.







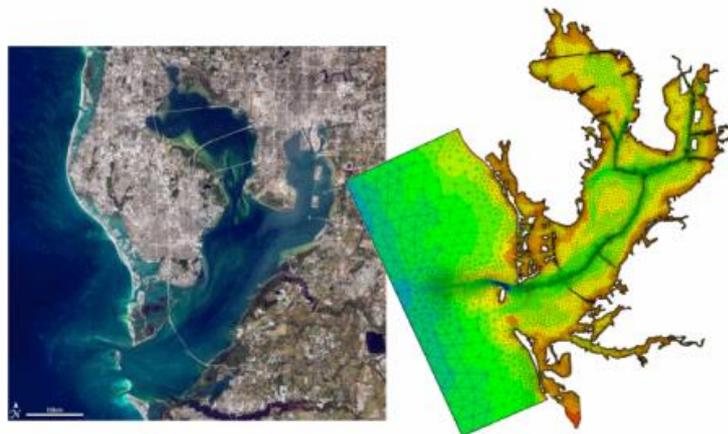




 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	<b>Data</b> Marzo 2023	<b>Doc. N°</b> SICS_266	<b>Rev.</b> 00	<b>Foglio</b> 63 di 107
--	---------------------------	----------------------------	-------------------	----------------------------

## **ALLEGATO E**

Descrizione del modello MIKE 3 HD FM



## MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM

### Hydrodynamic Module

#### Short Description



**Eni SpA**  
Distretto Centro Settentrionale

Data  
Marzo 2023

Doc. N°  
SICS\_266

Rev.  
00

Foglio  
65 di 107



**DHI headquarters**  
Ager Allé 5  
DK-2970 Hørsholm  
Denmark

+45 4516 9200 Telephone  
+45 4516 9333 Support  
+45 4516 9292 Telefax

[mike@dhigroup.com](mailto:mike@dhigroup.com)  
[www.mikepoweredbydhi.com](http://www.mikepoweredbydhi.com)

MIKE213\_HD\_FM\_Short\_Description\_dbox / AUSEBR/NHP / 2017-10-02



The Modules of the Flexible Mesh Series



## MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM

The Flow Model FM is a comprehensive modelling system for two- and three-dimensional water modelling developed by DHI. The 2D and 3D models carry the same names as the classic DHI model versions MIKE 21 & MIKE 3 with an 'FM' added referring to the type of model grid - Flexible Mesh.

The modelling system has been developed for complex applications within oceanographic, coastal and estuarine environments. However, being a general modelling system for 2D and 3D free-surface flows it may also be applied for studies of inland surface waters, e.g. overland flooding and lakes or reservoirs.



MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM is a general hydrodynamic flow modelling system based on a finite volume method on an unstructured mesh

### The Modules of the Flexible Mesh Series

DHI's Flexible Mesh (FM) series includes the following modules:

#### Flow Model FM modules

- Hydrodynamic Module, HD
- Transport Module, TR
- Ecology Modules, MIKE ECO Lab/AMB Lab
- Oil Spill Module, OS
- Mud Transport Module, MT
- Particle Tracking Module, PT
- Sand Transport Module, ST
- Shoreline Morphology Module, SM

#### Wave module

- Spectral Wave Module, SW

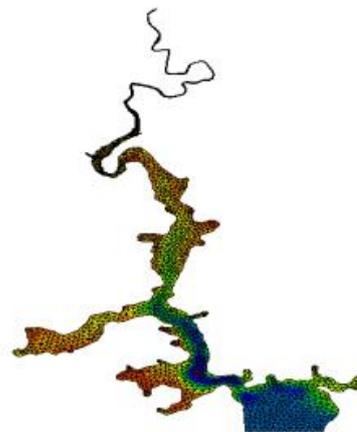
The FM Series meets the increasing demand for realistic representations of nature, both with regard to 'look alike' and to its capability to model coupled processes, e.g. coupling between currents, waves and sediments. Coupling of modules is managed in the Coupled Model FM.

All modules are supported by advanced user interfaces including efficient and sophisticated tools for mesh generation, data management, 2D/3D visualization, etc. In combination with comprehensive documentation and support, the FM series forms a unique professional software tool for consultancy services related to design, operation and maintenance tasks within the marine environment.

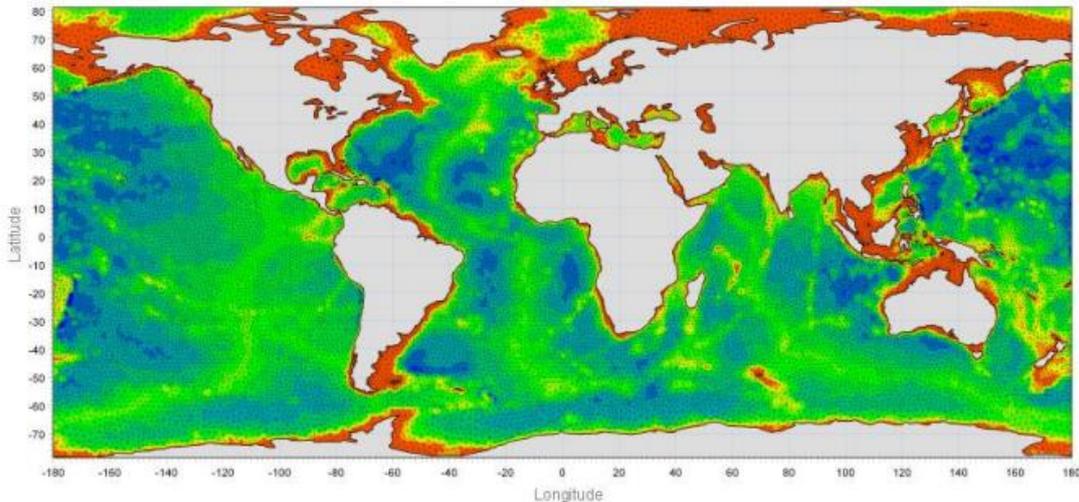
An unstructured grid provides an optimal degree of flexibility in the representation of complex geometries and enables smooth representations of boundaries. Small elements may be used in areas where more detail is desired, and larger elements used where less detail is needed, optimising information for a given amount of computational time.

The spatial discretisation of the governing equations is performed using a cell-centred finite volume method. In the horizontal plane, an unstructured grid is used while a structured mesh is used in the vertical domain (3D).

This document provides a short description of the Hydrodynamic Module included in MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM.



Example of computational mesh for Tamar Estuary, UK



MIKE 21 & MIKE 3 FLOW MODEL FM supports both Cartesian and spherical coordinates. Spherical coordinates are usually applied for regional and global sea circulation applications. The chart shows the computational mesh and bathymetry for the planet Earth generated by the MIKE Zero Mesh Generator

## MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM - Hydrodynamic Module

The Hydrodynamic Module provides the basis for computations performed in many other modules, but can also be used alone. It simulates the water level variations and flows in response to a variety of forcing functions on flood plains, in lakes, estuaries and coastal areas.

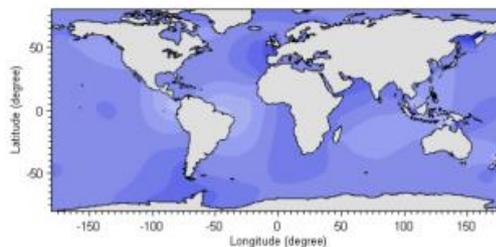
### Application Areas

The Hydrodynamic Module included in MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM simulates unsteady flow taking into account density variations, bathymetry and external forcings.

The choice between 2D and 3D model depends on a number of factors. For example, in shallow waters, wind and tidal current are often sufficient to keep the water column well-mixed, i.e. homogeneous in salinity and temperature. In such cases a 2D model can be used. In water bodies with stratification, either by density or by species (ecology), a 3D model should be used. This is also the case for enclosed or semi-enclosed waters where wind-driven circulation occurs.

### Typical application areas are

- Assessment of hydrographic conditions for design, construction and operation of structures and plants in stratified and non-stratified waters
- Environmental impact assessment studies
- Coastal and oceanographic circulation studies
- Optimization of port and coastal protection infrastructures
- Lake and reservoir hydrodynamics
- Cooling water, recirculation and desalination
- Coastal flooding and storm surge
- Inland flooding and overland flow modelling
- Forecast and warning systems



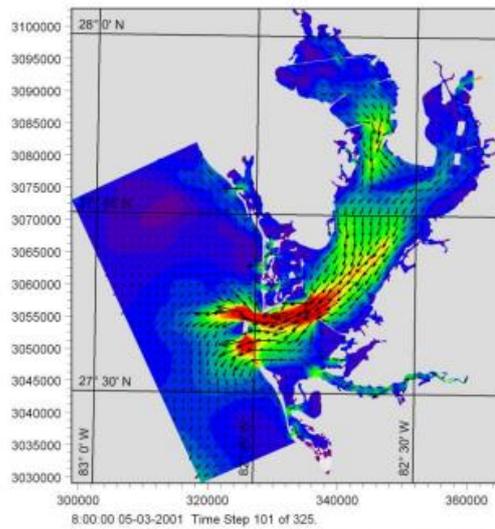
Example of a global tide application of MIKE 21 Flow Model FM. Results from such a model can be used as boundary conditions for regional scale forecast or hindcast models



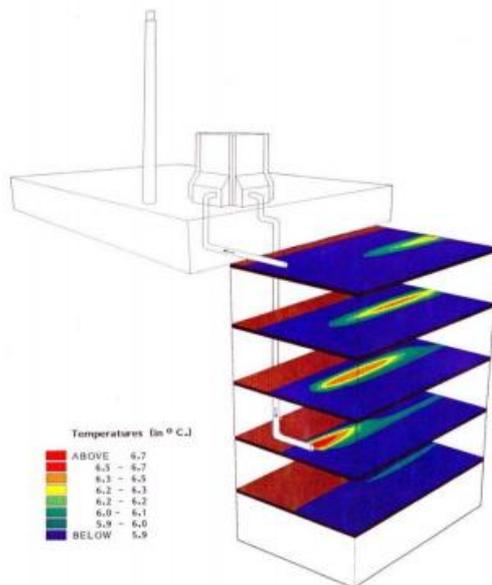
Application Areas



The MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM also support spherical coordinates, which makes both models particularly applicable for global and regional sea scale applications.



Example of a flow field in Tampa Bay, Florida, simulated by MIKE 21 Flow Model FM

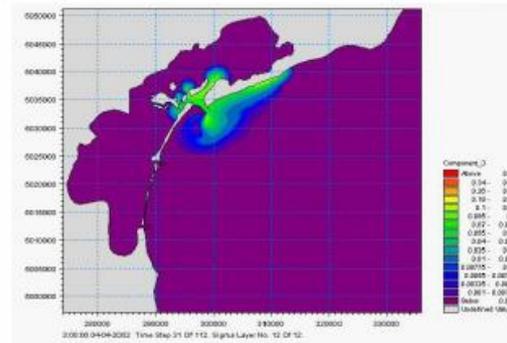


Study of thermal plume dispersion



Typical applications with the MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM include cooling water recirculation and ecological impact assessment (eutrophication)

The Hydrodynamic Module is together with the Transport Module (TR) used to simulate the spreading and fate of dissolved and suspended substances. This module combination is applied in tracer simulations, flushing and simple water quality studies.



Tracer simulation of single component from outlet in the Adriatic, simulated by MIKE 21 Flow Model FM HD+TR



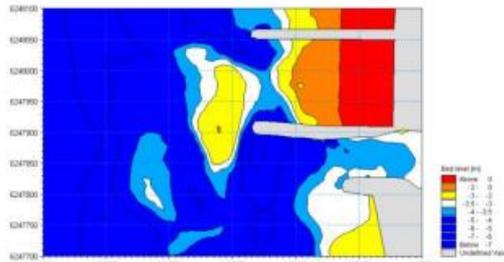
Prediction of ecosystem behaviour using the MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM together with MIKE ECO Lab



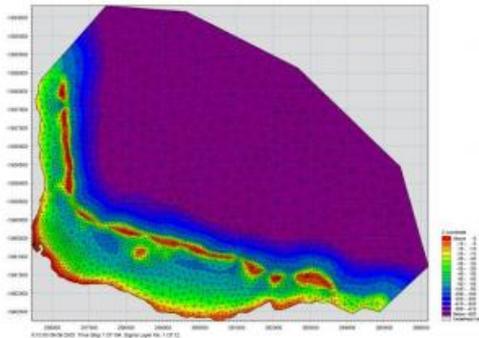
The Hydrodynamic Module can be coupled to the Ecological Module (MIKE ECO Lab) to form the basis for environmental water quality studies comprising multiple components.

Furthermore, the Hydrodynamic Module can be coupled to sediment models for the calculation of sediment transport. The Sand Transport Module and Mud Transport Module can be applied to simulate transport of non-cohesive and cohesive sediments, respectively.

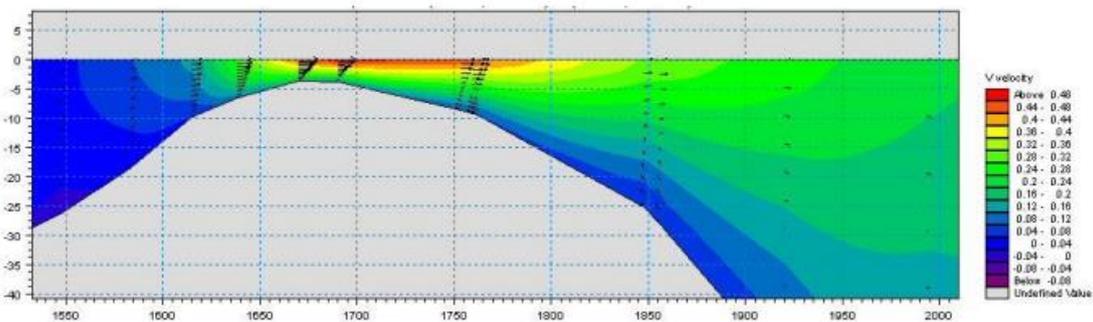
In the coastal zone the transport is mainly determined by wave conditions and associated wave-induced currents. The wave-induced currents are generated by the gradients in radiation stresses that occur in the surf zone. The Spectral Wave Module can be used to calculate the wave conditions and associated radiation stresses.



Coastal application (morphology) with coupled MIKE 21 HD, SW and ST, Torsminde harbour Denmark



Model bathymetry of Taravao Bay, Tahiti



Example of vertical profile of cross reef currents in Taravao Bay, Tahiti simulated with MIKE 3 Flow Model FM. The circulation and renewal of water inside the reef is dependent on the tides, the meteorological conditions and the cross reef currents, thus the circulation model includes the effects of wave induced cross reef currents



## Computational Features



### Computational Features

The main features and effects included in simulations with the MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM – Hydrodynamic Module are the following:

- Flooding and drying
- Momentum dispersion
- Bottom shear stress
- Coriolis force
- Wind shear stress
- Barometric pressure gradients
- Ice coverage
- Tidal potential
- Precipitation/evaporation
- Infiltration
- Heat exchange with atmosphere
- Wave radiation stresses
- Sources and sinks, incl. jet
- Structures

### Model Equations

The modelling system is based on the numerical solution of the two/three-dimensional incompressible Reynolds averaged Navier-Stokes equations subject to the assumptions of Boussinesq and of hydrostatic pressure. Thus, the model consists of continuity, momentum, temperature, salinity and density equations and it is closed by a turbulent closure scheme. The density does not depend on the pressure, but only on the temperature and the salinity.

For the 3D model, the free surface is taken into account using a sigma-coordinate transformation approach or using a combination of a sigma and z-level coordinate system.

Below the governing equations are presented using Cartesian coordinates.

The local continuity equation is written as

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

and the two horizontal momentum equations for the x- and y-component, respectively

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} -$$

$$\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_{-z}^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( \nu_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} -$$

$$\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_{-z}^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( \nu_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

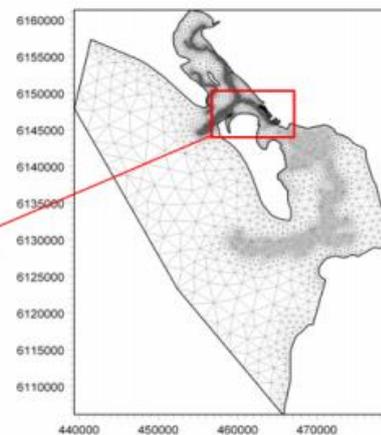
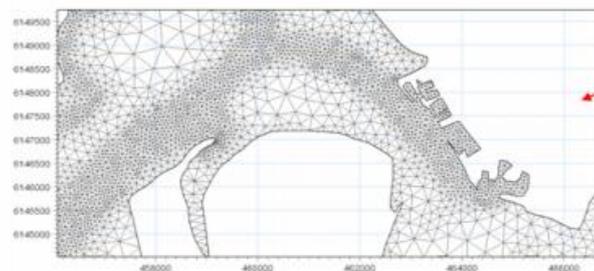
### Temperature and salinity

In the Hydrodynamic Module, calculations of the transports of temperature,  $T$ , and salinity,  $s$  follow the general transport-diffusion equations as

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} = F_T + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \hat{H} + T_s S$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial us}{\partial x} + \frac{\partial vs}{\partial y} + \frac{\partial ws}{\partial z} = F_s + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial s}{\partial z} \right) + s_s S$$

Unstructured mesh technique gives the maximum degree of flexibility, for example: 1) Control of node distribution allows for optimal usage of nodes 2) Adoption of mesh resolution to the relevant physical scales 3) Depth-adaptive and boundary-fitted mesh. Below is shown an example from Ho Bay, Denmark with the approach channel to the Port of Esbjerg





The horizontal diffusion terms are defined by

$$(F_T, F_s) = \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] (T, s)$$

The equations for two-dimensional flow are obtained by integration of the equations over depth.

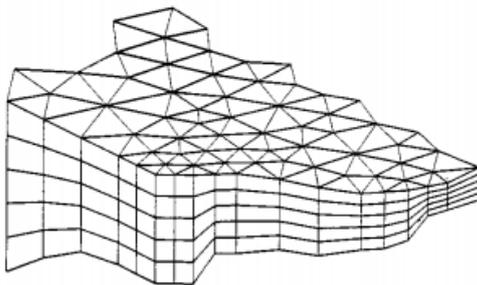
Heat exchange with the atmosphere is also included.

#### Symbol list

$t$	time
$x, y, z$	Cartesian coordinates
$u, v, w$	flow velocity components
$T, s$	temperature and salinity
$D_v$	vertical turbulent (eddy) diffusion coefficient
$\hat{H}$	source term due to heat exchange with atmosphere
$S$	magnitude of discharge due to point sources
$T_s, s_s$	temperature and salinity of source
$F_T, F_s, F_c$	horizontal diffusion terms
$D_h$	horizontal diffusion coefficient
$h$	depth

#### Solution Technique

The spatial discretisation of the primitive equations is performed using a cell-centred finite volume method. The spatial domain is discretised by subdivision of the continuum into non-overlapping elements/cells.



Principle of 3D mesh

In the horizontal plane an unstructured mesh is used while a structured mesh is used in the vertical domain of the 3D model. In the 2D model the elements can be triangles or quadrilateral elements. In the 3D model the elements can be prisms or bricks whose horizontal faces are triangles and quadrilateral elements, respectively.

The effect of a number of structure types (weirs, culverts, dikes, gates, piers and turbines) with a horizontal dimension which usually cannot be resolved by the computational mesh is modelled by a subgrid technique.

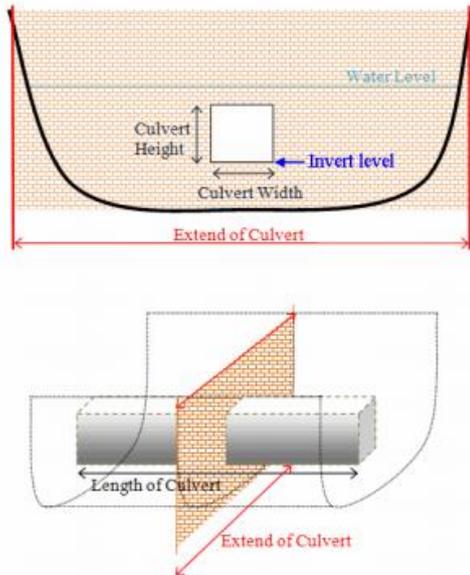
#### Model Input

Input data can be divided into the following groups:

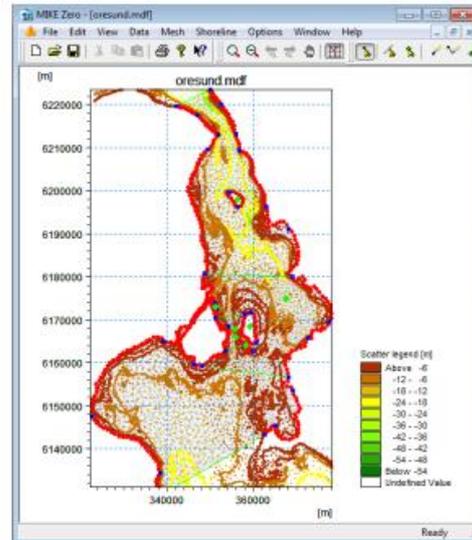
- Domain and time parameters:
  - computational mesh (the coordinate type is defined in the computational mesh file) and bathymetry
  - simulation length and overall time step
- Calibration factors
  - bed resistance
  - momentum dispersion coefficients
  - wind friction factors
  - heat exchange coefficients
- Initial conditions
  - water surface level
  - velocity components
  - temperature and salinity
- Boundary conditions
  - closed
  - water level
  - discharge
  - temperature and salinity
- Other driving forces
  - wind speed and direction
  - tide
  - source/sink discharge
  - wave radiation stresses
- Structures
  - Structure type
  - location
  - structure data



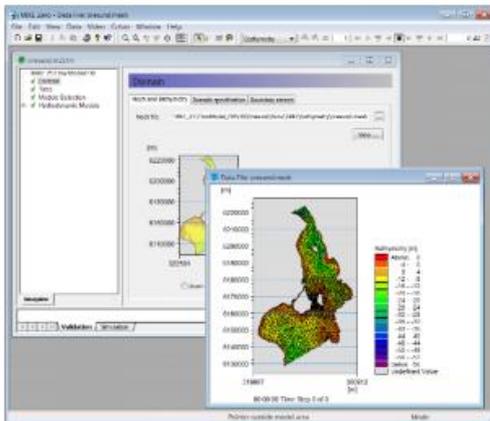
Model Input



Setup definition of culvert structure



The Mesh Generator is an efficient MIKE Zero tool for the generation and handling of unstructured meshes, including the definition and editing of boundaries



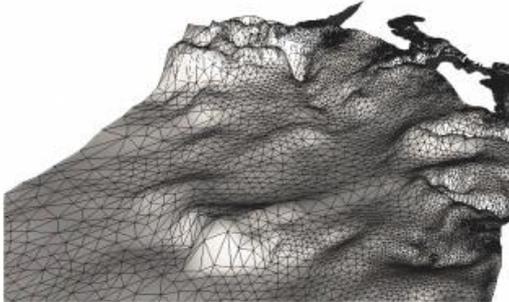
View button on all the GUIs in MIKE 21 & MIKE 3 FM HD for graphical view of input and output files

Providing MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM with a suitable mesh is essential for obtaining reliable results from the models. Setting up the mesh includes the appropriate selection of the area to be modelled, adequate resolution of the bathymetry, flow, wind and wave fields under consideration and definition of codes for defining boundaries.



2D visualization of a computational mesh (Odense Estuary)

Bathymetric values for the mesh generation can e.g. be obtained from the MIKE Powered by DHI product MIKE C-Map. MIKE C-Map is an efficient tool for extracting depth data and predicted tidal elevation from the world-wide Electronic Chart Database CM-93 Edition 3.0 from C-MAP Norway.

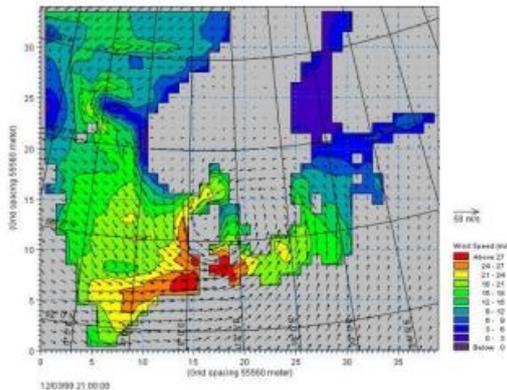


3D visualization of a computational mesh

If wind data is not available from an atmospheric meteorological model, the wind fields (e.g. cyclones) can be determined by using the wind-generating programs available in MIKE 21 Toolbox.

Global winds (pressure & wind data) can be downloaded for immediate use in your simulation. The sources of data are from GFS courtesy of NCEP, NOAA. By specifying the location, orientation and grid dimensions, the data is returned to you in the correct format as a spatial varying grid series or a time series. The link is:

<http://www.waterforecast.com/hindcastdataproducs>



The chart shows a hindcast wind field over the North Sea and Baltic Sea as wind speed and wind direction

### Model Output

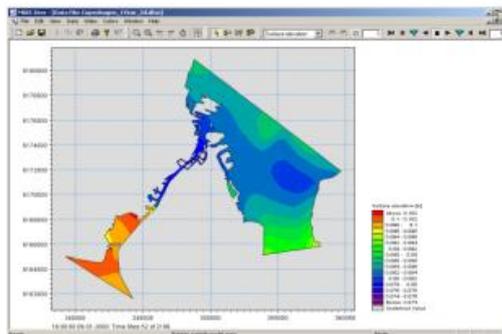
Computed output results at each mesh element and for each time step consist of:

- Basic variables
  - water depths and surface elevations
  - flux densities in main directions
  - velocities in main directions
  - densities, temperatures and salinities

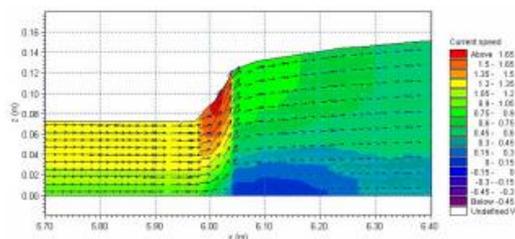
- Additional variables
  - Current speed and direction
  - Wind velocity
  - Air pressure
  - Drag coefficient
  - Precipitation/evaporation
  - Courant/CFL number
  - Eddy viscosity
  - Element area/volume

The output results can be saved in defined points, lines and areas. In the case of 3D calculations, the results are saved in a selection of layers.

Output from MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM is typically post-processed using the Data Viewer available in the common MIKE Zero shell. The Data Viewer is a tool for analysis and visualization of unstructured data, e.g. to view meshes, spectra, bathymetries, results files of different format with graphical extraction of time series and line series from plan view and import of graphical overlays.



The Data Viewer in MIKE Zero – an efficient tool for analysis and visualization of unstructured data including processing of animations. Above screen dump shows surface elevations from a model setup covering Port of Copenhagen



Vector and contour plot of current speed at a vertical profile defined along a line in Data Viewer in MIKE Zero

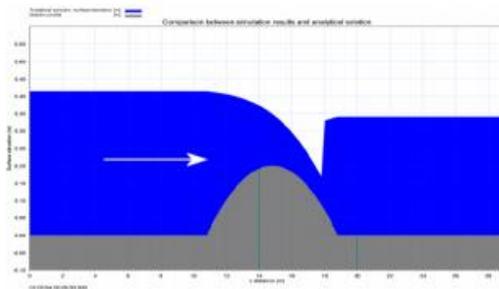


Validation

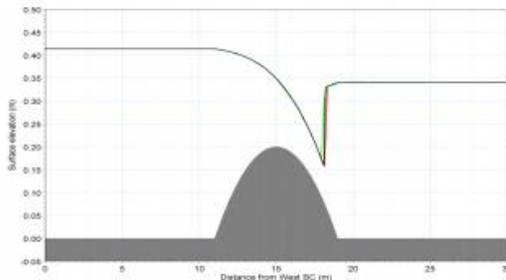


Validation

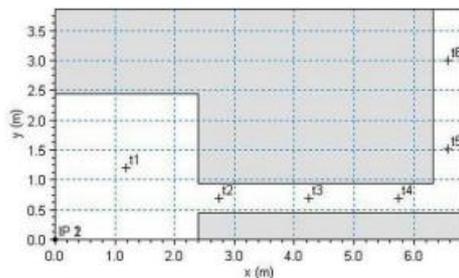
Prior to the first release of MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM in year 19xx the model has successfully been applied to a number of basic idealized situations for which the results can be compared with analytical solutions or information from the literature.



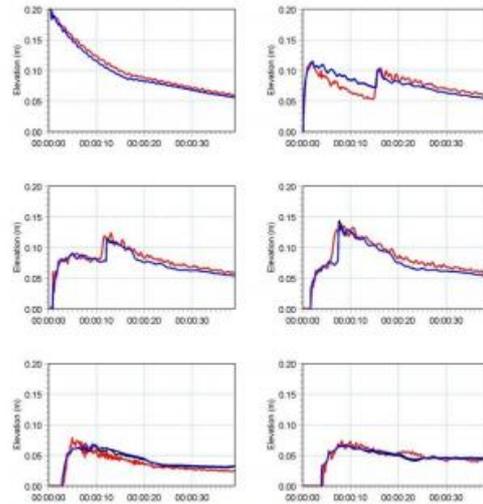
The domain is a channel with a parabola-shaped bump in the middle. The upstream (western) boundary is a constant flux and the downstream (eastern) boundary is a constant elevation. Below: the total depths for the stationary hydraulic jump at convergence. Red line: 2D setup, green line: 3D setup, black line: analytical solution



A dam-break flow in an L-shaped channel (a, b, c):

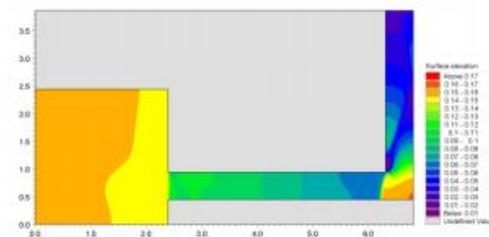
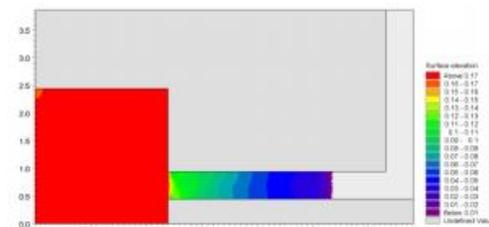


a) Outline of model setup showing the location of gauging points



b) Comparison between simulated and measured water levels at the six gauge locations. (Blue) coarse mesh solution (black) fine mesh solution and (red) measurements

The model has also been applied and tested in numerous natural geophysical conditions; ocean scale, inner shelves, estuaries, lakes and overland, which are more realistic and complicated than academic and laboratory tests.



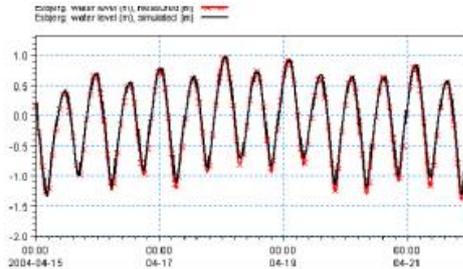
c) Contour plots of the surface elevation at T = 1.6 s (top) and T = 4.8 s (bottom)



MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM



Example from Ho Bay, a tidal estuary (barrier island coast) in South-West Denmark with access channel to the Port of Esbjerg.



Comparison between measured and simulated water levels

The user interface of the MIKE 21 and MIKE 3 Flow Model FM (Hydrodynamic Module), including an example of the extensive Online Help system



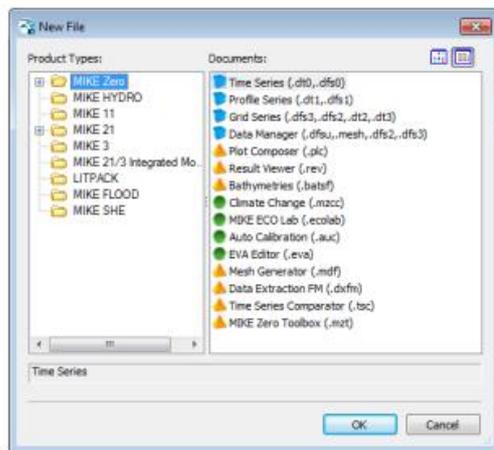
Graphical User Interface



Graphical User Interface

The MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Hydrodynamic Module is operated through a fully Windows integrated graphical user interface (GUI). Support is provided at each stage by an Online Help system.

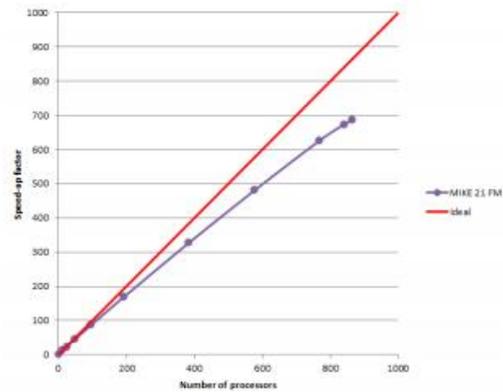
The common MIKE Zero shell provides entries for common data file editors, plotting facilities and utilities such as the Mesh Generator and Data Viewer.



Overview of the common MIKE Zero utilities

Parallelisation

The computational engines of the MIKE 21 & MIKE 3 FM series are available in versions that have been parallelised using both shared memory as well as distributed memory architecture. The latter approach allows for domain decomposition. The result is much faster simulations on systems with multiple cores. It is also possible to use a graphics card (GPU) to perform computational intensive hydrodynamic computations.



Example of MIKE 21 HD FM speed-up using a HPC Cluster with distributed memory architecture (purple)

Hardware and Operating System Requirements

The MIKE Zero Modules support Microsoft Windows 7 Professional Service Pack 1 (64 bit), Windows 10 Pro (64 bit), Windows Server 2012 R2 Standard (64 bit) and Windows Server 2016 Standard (64 bit).

Microsoft Internet Explorer 9.0 (or higher) is required for network license management. An internet browser is also required for accessing the web-based documentation and online help.

The recommended minimum hardware requirements for executing the MIKE Zero modules are:

Processor:	3 GHz PC (or higher)
Memory (RAM):	2 GB (or higher)
Hard disk:	40 GB (or higher)
Monitor:	SVGA, resolution 1024x768
Graphics card:	64 MB RAM (256 MB RAM or higher is recommended)
Graphics card:	1 GB RAM (or higher).
(for GPU computation)	requires a NVIDIA graphics card with compute capability 2.0 or higher



### Support

News about new features, applications, papers, updates, patches, etc. are available here:

[www.mikepoweredbydhi.com/Download/DocumentsAndTools.aspx](http://www.mikepoweredbydhi.com/Download/DocumentsAndTools.aspx)

For further information on MIKE 21 and MIKE 3 Flow Model FM software, please contact your local DHI office or the support centre:

MIKE Powered by DHI Client Care  
Agerø Allé 5  
DK-2970 Hørsholm  
Denmark

Tel: +45 4516 9333  
Fax: +45 4516 9292

[mike@dhigroup.com](mailto:mike@dhigroup.com)  
[www.mikepoweredbydhi.com](http://www.mikepoweredbydhi.com)

### Further Reading

Petersen, N.H., Rasch, P. "Modelling of the Asian Tsunami off the Coast of Northern Sumatra", presented at the 3rd Asia-Pacific DHI Software Conference in Kuala Lumpur, Malaysia, 21-22 February, 2005

French, B. and Kerper, D. Salinity Control as a Mitigation Strategy for Habitat Improvement of Impacted Estuaries. 7<sup>th</sup> Annual EPA Wetlands Workshop, NJ, USA 2004.

DHI Note, "Flood Plain Modelling using unstructured Finite Volume Technique" January 2004 – download from

<http://www.theacademybydhi.com/research-and-publications/scientific-publications>

### Documentation

The MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM models are provided with comprehensive user guides, online help, scientific documentation, application examples and step-by-step training examples.



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 78 di 107
--	--------------------	---------------------	------------	---------------------

## **ALLEGATO F**

Descrizione del modello MIKE 3 MT FM



## MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Mud Transport Module Short Description



**Eni SpA**  
Distretto Centro Settentrionale

Data  
Marzo 2023

Doc. N°  
SICS\_266

Rev.  
00

Foglio  
80 di 107



**DHI headquarters**  
Ager Allé 5  
DK-2970 Hørsholm  
Denmark

+45 4516 9200 Telephone  
+45 4516 9333 Support  
+45 4516 9292 Telefax

[mike@dhigroup.com](mailto:mike@dhigroup.com)  
[www.mikepoweredbydhi.com](http://www.mikepoweredbydhi.com)

MIKE213\_MIT\_FM\_ShortDescription.docx / AUSHHCHULU / 2017-10-03



Application Areas



## MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM – Mud Transport Module

This document describes the Mud Transport Module (MT) under the comprehensive modelling system for two- and three-dimensional flows, the Flexible Mesh series, developed by DHI.

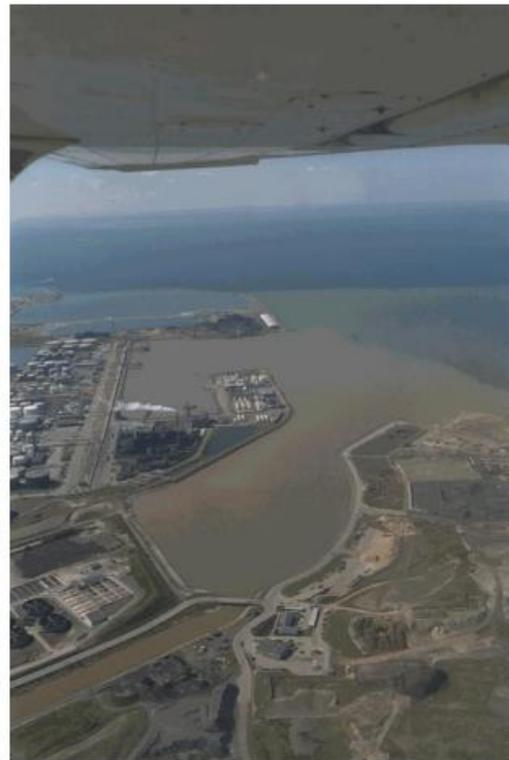
The MT module includes a state-of-the-art mud transport model that simulates the erosion, transport, settling and deposition of cohesive sediment in marine, brackish and freshwater areas. The module also takes into account fine-grained non-cohesive material.

With the FM series it is possible to combine and run the modules dynamically. If the morphological changes within the area of interest are within the same order of magnitude as the variation in the water depth, then it is possible to take the morphological impact on the hydrodynamics into consideration. This option for dynamic feedback between update of seabed and flow may be relevant to apply in shallow areas, for example, where long term effects are being considered. Furthermore, it may be relevant in shallow areas where capital or considerable maintenance dredging is planned and similarly at sites where disposal of the dredged material takes place.



Example of spreading of dredged material in Øresund, Denmark

The MT module is an add-on module to MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. It requires a coupling to the hydrodynamic solver and to the transport solver for passive components (Advection Dispersion module). The hydrodynamic basis is obtained with the MIKE 21 or MIKE 3 FM HD module. The influence of waves on the erosion/deposition patterns can be included by applying the Spectral Wave module, MIKE 21 FM SW.



Example of sediment plume from a river near Malmö, Sweden



### Application Areas

The MT module is used in a variety of cases where the erosion, dispersion, and deposition of cohesive sediments are of interest. Fine-grained sediment may cause impacts in different ways. In suspension, the fines may shadow areas over a time span, which can be critical for the survival of light-depending benthic fauna and flora. The fine-grained sediment may deposit in areas where deposition is unwanted, for instance in harbour inlets.

Furthermore, pollutants such as heavy metals and TBT are prone to adhere to the cohesive sediment. If polluted sediment is deposited in ecologically sensitive areas it may heavily affect local flora and fauna and water quality in general.



Example of resuspension in the nearshore zone. Caravelas, Brazil. Assessment of resuspension may be relevant in, for example, dredging projects to identify sources and levels of background turbidity

The estimation of siltation rates is an area where the MT module often is applied and also an important aspect to consider when designing new approach channels or deepening existing channels to allow access for larger vessels to the ports. Simulations of fine-grained sediment dynamics may contribute to optimise the design with regard to navigation and manoeuvrability on one hand and minimising the need for maintenance dredging on the other.

The MT module has many application areas and some of the most frequently used are listed below:

- Dispersion of dredged material
- Optimisation of dredging operations
- Siltation of harbours
- Siltation in access channels
- Cohesive sediment dynamics and morphology
- Dispersion of river plumes
- Erosion of fine-grained material under combined waves and currents
- Sediment laden gravity flows and turbidity currents
- Studies of dynamics of contaminated sediments



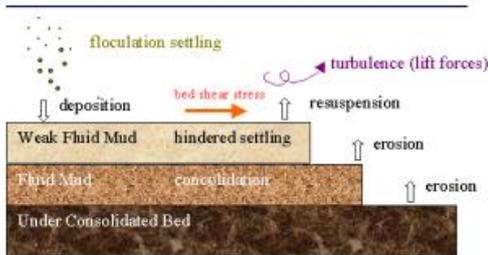
Example of muddy estuary. Caravelas, Brazil

### Computational Features

The main features of the MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Mud Transport module are:

- Multiple sediment fractions
- Multiple bed layers
- Flocculation
- Hindered settling
- Inclusion of non-cohesive sediments
- Bed shear stress from combined currents and waves
- Waves included as wave database or 2D time series
- Consolidation
- Morphological update of bed
- Tracking of sediment spills

Model Equations



Example of modelled physical processes

Model Equations

The governing equations behind the MT module are essentially based on Mehta et al. (1989). The impact of waves is introduced through the bed shear stress. The cohesive sediment transport module or mud transport (MT) module deals with the movement of mud in a fluid and the interaction between the mud and the bed.

The transport of the mud is generally described by the following equation (e.g. Teisson, 1991):

$$\frac{\partial c^i}{\partial t} + \frac{\partial uc^i}{\partial x} + \frac{\partial vc^i}{\partial y} + \frac{\partial wc^i}{\partial z} - \frac{\partial w_s c^i}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\nu_{Tx}}{\sigma_{Tx}^i} \frac{\partial c^i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\nu_{Ty}}{\sigma_{Ty}^i} \frac{\partial c^i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\nu_{Tz}}{\sigma_{Tz}^i} \frac{\partial c^i}{\partial z} \right) + S^i$$

The transport of the cohesive sediment is handled by a transport solver for passive components (AD-module). The settling velocity  $w_s$  is a sedimentological process and as such it is described separately with the extra term  $\frac{\partial w_s c^i}{\partial z}$  using an operator splitting technique.

Symbol list	
$t$	time
$x, y, z$	Cartesian co-ordinates
$u, v, w$	flow velocity components
$D_v$	vertical turbulent (eddy) diffusion coefficient
$c^i$	the $i$ 'th scalar component (defined as the mass concentration)
$w_s^i$	fall velocity
$\sigma_{Tx}^i$	turbulent Schmidt number
$\nu_{Tx}$	anisotropic eddy viscosity
$S^i$	source term

The bed interaction/update and the settling velocity terms are handled in the MT module.

The sedimentological effects on the fluid density and viscosity (concentrated near-bed suspensions) are not considered as part of the mud process module. Instead they are provided as separate sub-modules as they are only relevant for higher suspended sediment concentrations (SSC).



Mud plains in Loire River, France

Settling velocity

The settling velocity of the suspended sediment may be specified as a constant value. Flocculation is described as a relationship with the suspended sediment concentration as given in Burt (1986). Hindered settling can be applied if the suspended sediment concentration exceeds a certain level. To distinguish between three different settling regimes, two boundaries are defined,  $c_{floc}$  and  $c_{hindered}$ , being the concentrations where flocculation and hindered settling begins, respectively.

Constant settling velocity

Below a certain suspended sediment concentration the flocculation may be negligible and a constant settling velocity can be applied:

$$w_s = k \quad c < c_{floc}$$

where  $w_s$  is the settling velocity and  $k$  is the constant.

Flocculation

After reaching  $c_{floc}$ , the sediment will begin to flocculate. Burt (1986) found the following relationship:

$$w_s = k \times \left( \frac{c}{\rho_{sediment}} \right)^\gamma \quad c_{floc} > c > c_{hindered}$$

In which  $k$  is a constant,  $\rho_{sediment}$  is the sediment density, and  $\gamma$  is a coefficient termed settling index.



### Hindered settling

After a relatively high sediment concentration ( $C_{hindered}$ ) is reached, the settling columns of flocs begin to interfere and hereby reducing the settling velocity. Formulations given by Richardson and Zaki (1954) and Winterwerp (1999) are implemented.

### Deposition

The deposition is described as (Krone, 1962):

$$S_D = w_s c_b P_D$$

where  $w_s$  is the settling velocity of the suspended sediment ( $m\ s^{-1}$ ),  $c_b$  is the suspended sediment concentration near the bed, and  $p_d$  is an expression of the probability of deposition:

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}$$

In the three-dimensional model,  $c_b$  is simply equal to the sediment concentration in the water cell just above the sediment bed.

In the two-dimensional model, two different approaches are available for computing  $c_b$ . If the Rouse profile is applied, the near bed sediment concentration is related to the depth averaged sediment concentration by multiplying with a constant centroid height:

$$c_b = \bar{c} \times (\text{centroid height})$$

Teeter (1986) related the near bed concentrations to the Peclet number ( $P_e$ ), the bed fluxes, and the depth averaged suspended sediment concentrations. In this case, the near bed sediment concentration is described as:

$$c_b = \bar{c} \times \left( 1 + \left( \frac{P_e}{1.25 + 4.75(p_d^{2.5})} \right) \right)$$

where  $P_e$  is the Peclet number:

$$P_e = \frac{w_s h}{D_z}$$

where  $h$  is the water depth,  $D_z$  is the eddy diffusivity, both computed by the hydrodynamic model.

### Erosion

Erosion features the following two modes.

#### Hard bed

For a consolidated bed the erosion rate can be written as (Partheniades, 1965):

$$S_E = E \left( \frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n \quad \tau_b > \tau_c$$

Where  $E$  is the erodibility ( $kg\ m^{-2}\ s^{-1}$ ),  $n$  is the power of erosion,  $\tau_b$  is the bed shear stress ( $N\ m^{-2}$ ) and  $\tau_{ce}$  is the critical shear stress for erosion ( $N\ m^{-2}$ ).  $S_E$  is the erosion rate ( $kg\ m^{-2}\ s^{-1}$ ).

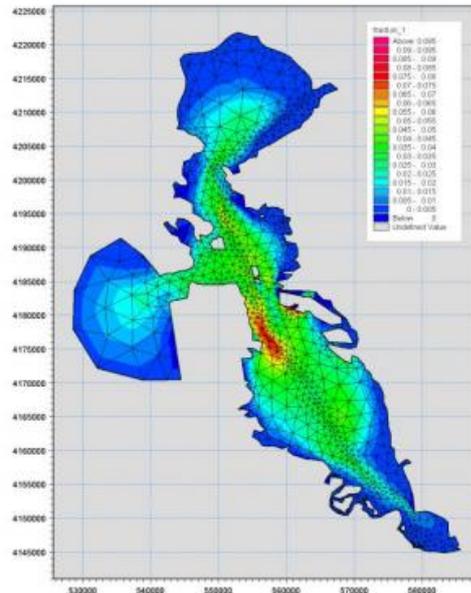
#### Soft bed

For a soft, partly consolidated bed the erosion rate can be written as (Parchure and Mehta, 1985):

$$S_E = E \left( e^{\alpha \sqrt{\tau_b - \tau_c}} \right) \quad \tau_b > \tau_c$$

### Consolidation

When long term simulations are performed consolidation of deposited sediment may be an important process. If several bed layers are used a transition rate ( $T_i$ ) can be applied. This will cause sediment from the top layers to be transferred to the subsequently lower layers.



The MT module is a tool for estuary sediment management in complex estuaries like San Francisco bay, California, USA



## Solution Technique



### Solution Technique

The solution of the transport equations is closely linked to the solution of the hydrodynamic conditions.

The spatial discretisation of the primitive equations is performed using a cell-centred finite volume method. The spatial domain is discretised by subdivision of the continuum into non-overlapping elements/cells. In the horizontal plane an unstructured grid is used while in the vertical domain in the 3D model a structured mesh is used. In the 2D model the elements can be triangles or quadrilateral elements. In the 3D model the elements can be prisms or bricks whose horizontal faces are triangles and quadrilateral elements, respectively.

The time integration is performed using an explicit scheme.

### Model Input

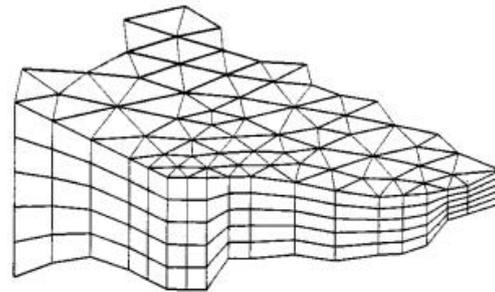
The generic nature of cohesive sediment dynamics reveals a numerical model that will always call for tremendous field work or calibration due to measurements performed. The following input parameters have to be given:

- Settling velocity
- Critical shear stress for erosion
- Critical shear stress for deposition
- Erosion coefficients
- Power of erosion
- Suspended sediment
- Concentration at open boundaries
- Dispersion coefficients
- Thickness of bed layers or estimate of total amount of active sediment in the system
- Transition coefficients between bed layers
- Dry density of bed layers

### Model Output

The main output possibilities are listed below:

- Suspended sediment concentrations in space and time
- Sediment in bed layers given as masses or heights
- Net sedimentation rates
- Computed bed shear stress
- Computed settling velocities
- Updated bathymetry



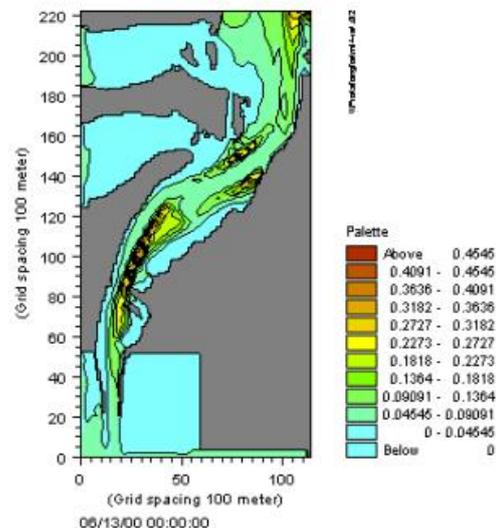
Principle of 3D mesh

### Validation

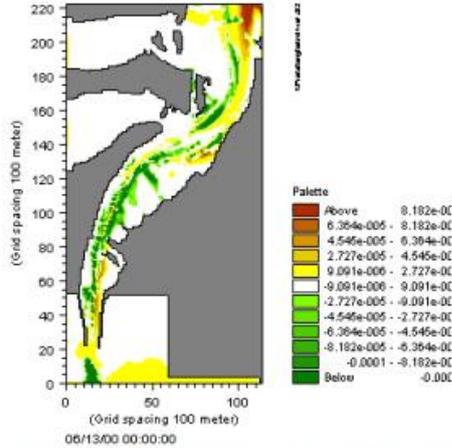
The model engine is well proven in numerous studies throughout the world:

#### The Rio Grande estuary, Brazil

In 2001, the model was applied for a 3D study in the Rio Grande estuary (Brazil). The study focused on a number of hydrodynamic issues related to changing the Rio Grande Port layout. In addition the possible changes in sedimentation patterns and dredging requirements were investigated.

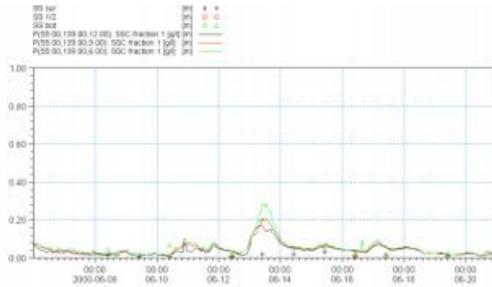


SSC in surface layer (kg/m<sup>3</sup>), Rio Grande, Brazil



Instantaneous erosion (kg/m<sup>2</sup>/s), Rio Grande, Brazil

The figure below shows the most common calibration parameter, which is the suspended sediment concentration (SSC). The results are reasonable given the large uncertainties connected with mud transport modelling.



Suspended sediment concentrations, Rio Grande, Brazil

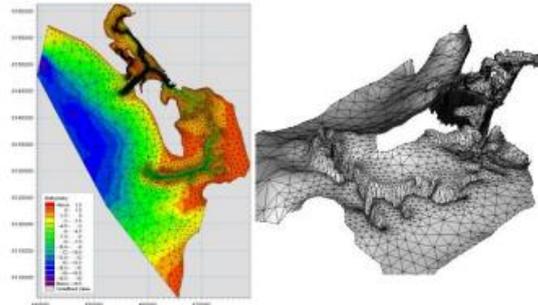
### The Graadby tidal inlet, Denmark

The MT module has also been used in the Graadby tidal inlet located in the Danish part of the Wadden Sea. In this area, the highest tidal range reaches 1.7 m at springs, but the storm surge in the area can be as high as 2-4 metres.

The maximum current in the navigation channel leading to the harbour of Esbjerg is in the range of 1-2 m/s. The depth in the channel is 10-12 m at mean sea level.

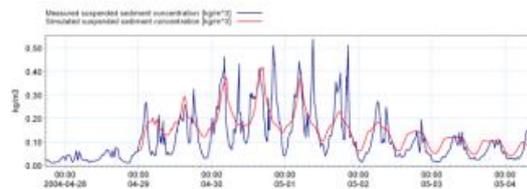


Graadby tidal inlet (Skallingen), Denmark



Bathymetry and computational mesh for the Graadby tidal inlet, Denmark

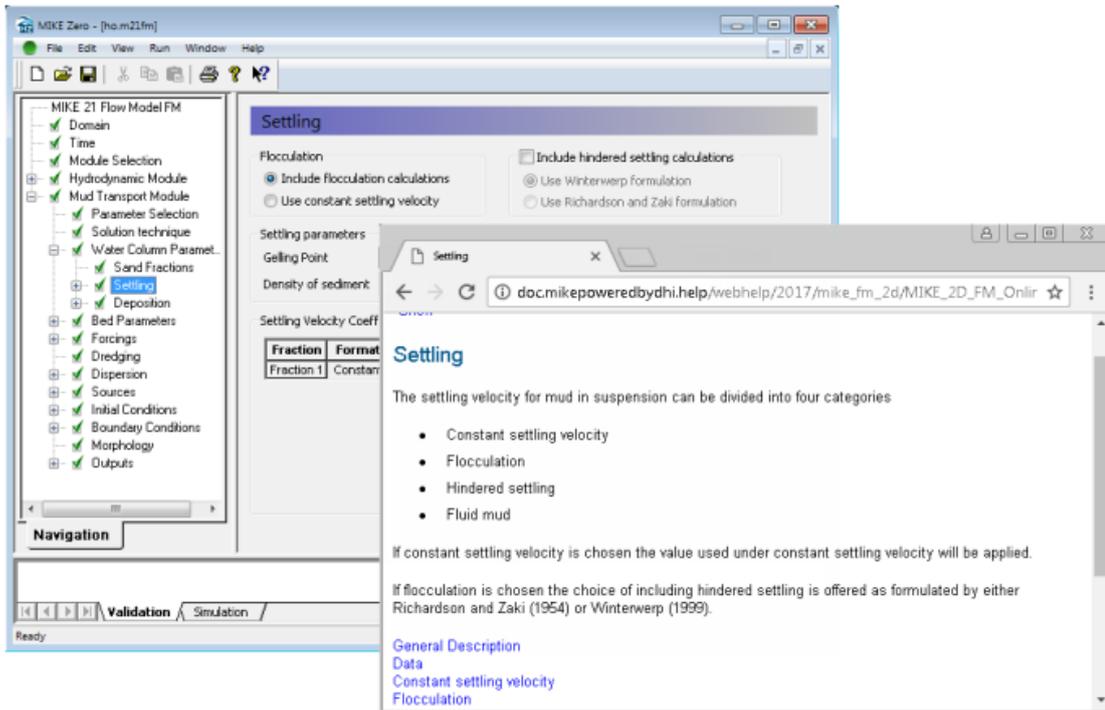
A comparison between measured and simulated SSC time series is shown below. The overall comparison is excellent.



Comparison between measured and simulated suspended sediment concentrations, Graadby tidal inlet, Denmark



Graphical User Interface

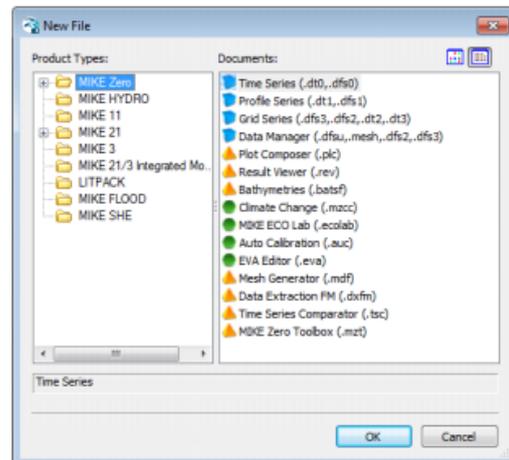


Graphical user interface of the MIKE 21 Flow Model FM, Mud Transport Module, including an example of the Online Help System

### Graphical User Interface

The MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Mud Transport Module is operated through a fully Windows integrated Graphical User Interface (GUI). Support is provided at each stage by an Online Help System.

The common MIKE Zero shell provides entries for common data file editors, plotting facilities and a toolbox for/utilities as the Mesh Generator and Data Viewer.

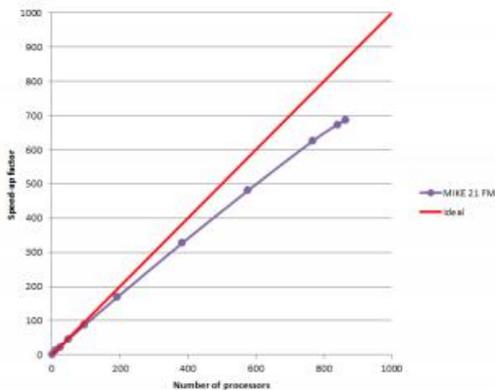


Overview of the common MIKE Zero utilities



### Parallelisation

The computational engines of the MIKE 21/3 FM series are available in versions that have been parallelised using both shared memory as well as distributed memory architecture. The latter approach allows for domain decomposition. The result is much faster simulations on systems with many cores.



Example of MIKE 21 HD FM speed-up using a HPC Cluster with distributed memory architecture (purple)

### Hardware and Operating System Requirements

The MIKE Zero Modules support Microsoft Windows 7 Professional Service Pack 1 (64 bit), Windows 10 Pro (64 bit), Windows Server 2012 R2 Standard (64 bit) and Windows Server 2016 Standard (64 bit).

Microsoft Internet Explorer 9.0 (or higher) is required for network license management. An internet browser is also required for accessing the web-based documentation and online help.

The recommended minimum hardware requirements for executing the MIKE Zero modules are:

Processor:	3 GHz PC (or higher)
Memory (RAM):	2 GB (or higher)
Hard disk:	40 GB (or higher)
Monitor:	SVGA, resolution 1024x768
Graphics card:	64 MB RAM (256 MB RAM or higher is recommended)

### Support

News about new features, applications, papers, updates, patches, etc. are available here:

[www.mikepoweredbydhi.com/Download/DocumentsAndTools.aspx](http://www.mikepoweredbydhi.com/Download/DocumentsAndTools.aspx)

For further information on MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM software, please contact your local DHI office or the support centre:

MIKE Powered by DHI Client Care  
Agern Allé 5  
DK-2970 Hørsholm  
Denmark

Tel: +45 4516 9333  
Fax: +45 4516 9292

[mike@dhigroup.com](mailto:mike@dhigroup.com)  
[www.mikepoweredbydhi.com](http://www.mikepoweredbydhi.com)

### Documentation

The MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM models are provided with comprehensive user guides, online help, scientific documentation, application examples and step-by-step training examples.





## References



### References

- Burt, N., 1986. Field settling velocities of estuary muds. In: *Estuarine Cohesive Sediment Dynamics*, edited by Mehta, A.J. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, NewYork, Tokyo, 126–150.
- Krone, R.B., 1962. Flume Studies of the Transport of Sediment in Estuarine Shoaling Processes. Final Report to San Francisco District U. S. Army Corps of Engineers, Washington D.C.
- Mehta, A.J., Hayter, E.J., Parker, W.R., Krone, R.B. and Teeter, A.M., 1989. Cohesive sediment transport. I: Process description. *Journal of Hydraulic Engineering* – ASCE 115 (8), 1076–1093.
- Parchure, T.M. and Mehta, A.J., 1985. Erosion of soft cohesive sediment deposits. *Journal of Hydraulic Engineering* – ASCE 111 (10), 1308–1326.
- Partheniades, E., 1965. Erosion and deposition of cohesive soils. *Journal of the hydraulics division Proceedings of the ASCE* 91 (HY1), 105–139.
- Richardson, J.F and Zaki, W.N., 1954. Sedimentation and fluidization, Part I, *Transactions of the institution Chemical Engineers* 32, 35–53.
- Teeter, A.M., 1986. Vertical transport in fine-grained suspension and newly deposited sediment. In: *Estuarine Cohesive Sediment Dynamics*, edited by Mehta, A.J. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, NewYork, Tokyo, 170–191.
- Teisson, C., 1991. Cohesive suspended sediment transport: feasibility and limitations of numerical modelling. *Journal of Hydraulic Research* 29 (6), 755–769.
- Winterwerp, J.C., 1999. "Flocculation and settling velocity", TU delft. pp 10-17.

### References on applications

- Edelvang, K., Lund-Hansen, L.C., Christiansen, C., Petersen, O.S., Uhrenholdt, T., Laima, M. and Berastegui, D.A., 2002. Modelling of suspended matter transport from the Oder River. *Journal of Coastal Research* 18 (1), 62–74.
- Lumborg, U., Andersen, T.J. and Pejrup, M., 2006. The effect of *Hydrobia ulvae* and microphytobenthos on cohesive sediment dynamics on an intertidal mudflat described by means of numerical modelling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68 (1-2), 208–220.
- Lumborg, U. and Pejrup, M., 2005. Modelling of cohesive sediment transport in a tidal lagoon – An annual budget. *Marine Geology* 218 (1-4), 1–16.
- Petersen, O. and Vested, H.J., 2002. Description of vertical exchange processes in numerical mud transport modelling. In: *Fine Sediment Dynamics in the Marine Environment*, edited by Winterwerp, J.C. and Kranenburg, C. Elsevier, Amsterdam, 375–391.
- Petersen, O., Vested, H.J., Manning, A.J., Christie, M. and Dyer, K., 2002. Numerical modelling of mud transport processes in the Tamar Estuary. In: *Fine Sediment Dynamics in the Marine Environment*, edited by Winterwerp, J.C. and Kranenburg, C. Elsevier, Amsterdam, 643–654.
- Valeur, J.R., 2004. Sediment investigations connected with the building of the Øresund bridge and tunnel. *Danish Journal of Geography* 104 (2), 1–12.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 90 di 107
--	--------------------	---------------------	------------	---------------------

## ALLEGATO G

Descrizione del modello MIKE UAS



Eni SpA  
Distretto Centro Settentrionale

Data  
Marzo 2023

Doc. N°  
SICS\_266

Rev.  
00

Foglio  
91 di 107



# UAS in MIKE

## Underwater Acoustic Simulation Module

### Scientific Documentation



## PLEASE NOTE

### COPYRIGHT

This document refers to proprietary computer software, which is protected by copyright. All rights are reserved. Copying or other reproduction of this manual or the related programmes is prohibited without prior written consent of DHI A/S (hereinafter referred to as "DHI"). For details please refer to your 'DHI Software License Agreement'.

### LIMITED LIABILITY

The liability of DHI is limited as specified in your DHI Software License Agreement:

In no event shall DHI or its representatives (agents and suppliers) be liable for any damages whatsoever including, without limitation, special, indirect, incidental or consequential damages or damages for loss of business profits or savings, business interruption, loss of business information or other pecuniary loss arising in connection with the Agreement, e.g. out of Licensee's use of or the inability to use the Software, even if DHI has been advised of the possibility of such damages.

This limitation shall apply to claims of personal injury to the extent permitted by law. Some jurisdictions do not allow the exclusion or limitation of liability for consequential, special, indirect, incidental damages and, accordingly, some portions of these limitations may not apply.

Notwithstanding the above, DHI's total liability (whether in contract, tort, including negligence, or otherwise) under or in connection with the Agreement shall in aggregate during the term not exceed the lesser of EUR 10.000 or the fees paid by Licensee under the Agreement during the 12 months' period previous to the event giving rise to a claim.

Licensee acknowledge that the liability limitations and exclusions set out in the Agreement reflect the allocation of risk negotiated and agreed by the parties and that DHI would not enter into the Agreement without these limitations and exclusions on its liability. These limitations and exclusions will apply notwithstanding any failure of essential purpose of any limited remedy.



## CONTENTS

UAS in MIKE  
Underwater Acoustic Simulation Module  
Scientific Documentation

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Parabolic Equation Technique.....</b>	<b>3</b>
2.1	Water Attenuation Loss .....	4
2.1.1	Absorption Coefficient of Water .....	4
2.1.2	Implementation of Water Attenuation Loss .....	5
2.2	Numerical Discretisation .....	5
2.3	Model Assumptions .....	6
<b>3</b>	<b>Validation .....</b>	<b>9</b>
3.1	Lloyd's Mirror Pattern .....	9
3.2	Ideal Wedge .....	11
<b>4</b>	<b>References.....</b>	<b>14</b>



## 1 Introduction

The present underwater acoustic model developed by DHI focuses on the noise propagation in the far-field with the aim of providing a basis for conducting a risk assessment of environmental noise impacts. The sources of sound that may affect the surrounding marine life may be noise emanating from pile driving related to offshore wind turbine installation, dredging, seismic survey, ship propulsion, etc.

A very effective and popular wave-theory technique for solving range-dependent<sup>1</sup> propagation problems in ocean acoustics is the parabolic equation method (Tappert, 1977). The method requires environments slowly varying with range and azimuth and that a preferred direction of propagation exists. Two criteria that underlie the widespread use of parabolic approximations in this context are: (1) outgoing energy dominates over backscattered energy, hence backscattering in the far-field is negligible, and (2) long-range sound propagation in the ocean waveguide is dominated by energy travelling at small angles to the horizontal. A noise source is often of spherical nature in the near field, however, as the acoustic waves propagate further away the wave fronts become cylindrical as they are confined between the seabed and water surface - further supporting a 2D modelling approach.

The present model is based on solving the Parabolic Equation (PE). The governing wave equation of parabolic nature is derived from the Helmholtz equation. There exists an infinity of parabolic approximations to this three-dimensional, elliptic partial differential equation, and the Underwater Acoustic Simulator (UAS) in MIKE is based on the 2D, very-wide angle formulation by Collins (1989). The very-wide angle approximation is important for propagation very near the source and propagation out to very long ranges.

Collins (1993) further refined his higher-order PE formulation based on a Padé series by a split-step Padé solution for the PE method. The paper was complemented by a corresponding algorithm of the split-step Padé solution, which forms the basis for UAS. The RAM<sup>2</sup> algorithm is outlined in Collins (1999a). By applying a higher-order Padé approximation (leading to higher-order PE) both numerical errors and asymptotic errors (e.g. phase errors due to wide-angle propagation) are reduced, and at the same time high computational efficiency is achieved. The splitting solution requires the numerical solution of the governing equation for each term of the Padé approximation.

The principal advantage of the parabolic wave equation over the elliptic Helmholtz equation is that the PE is a one-way wave equation (first-order in range) which can be solved by a range-marching solution technique - step by step from the source. The PE method is based on factoring the operator in the frequency-domain wave equation in order to obtain an outgoing wave equation. With this follows requirements of specification of both initial and boundary conditions for the ocean environment considered. In other words, the one-way wave equation for the envelope of the acoustic pressure implies numerically solving an initial value problem instead of an elliptic boundary value problem.

The original split-step Padé solution accounts for attenuation in the seabed. Volume attenuation<sup>3</sup> in the water column has a significant impact on sound wave propagation of

<sup>1</sup> Situations where the lateral variability along the propagation path strongly influences the acoustic sound field pattern. Environmental parameters such as sound-speed profile, water depth, and bottom composition are not invariant with range.

<sup>2</sup> Range-dependent Acoustic Model

<sup>3</sup> Volume attenuation of sound in seawater is governed by viscosity, temperature, pressure, salinity, and acidity (pH value).



Introduction



above 1 kHz (Ainslie 2010) and is important to take into account when modelling broad band noise. The split-step Padé solution algorithm was expanded to consider the attenuation of acoustic waves in water. UAS includes propagation in the seabed, but handles only compressional waves and not shear waves, i.e. ocean bottom sediments are modelled as fluids.

The original paper by Collins (1993) describing the split-step Padé solution and the paper outlining part of the finite difference discretisation used (Collins, 1989) are both referenced in Chapter 4.



## 2 Parabolic Equation Technique

The core of the UAS is a 2D (vertical) range-dependent acoustic model simulating transmission loss (TL) in a vertical transect ( $r$ - $z$  plane) for a given omnidirectional sound source located at the start of the transect and ambient conditions. UAS allows for simulating the effect of a noise source with broad band signature.

At a certain distance from the source, the complex pressure,  $p$ , satisfies the following far-field equation in each 2D range-independent region (Collins, 1993;1999a):

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \rho \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \right) + k^2 p = 0 \quad (2.1)$$

where  $\rho$  is the density,  $k = (1 + i\eta\beta)\omega/c$  is the wave number,  $i$  is the imaginary unit,  $\omega$  is the circular frequency,  $c$  is the sound speed,  $\beta$  is the attenuation in dB per wave length, and  $\eta = (40\pi \log_{10} e)^{-1}$ . Factoring the operator in Eq. (2.1) will result in:

$$\left( \frac{\partial}{\partial r} + ik_0(1 + X)^{1/2} \right) \left( \frac{\partial}{\partial r} - ik_0(1 + X)^{1/2} \right) p = 0 \quad (2.2)$$

$$X = k_0^{-2} \left( \rho \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} + k^2 - k_0^2 \right) \quad (2.3)$$

with  $k_0 = \omega/c_0$  and  $c_0$  as the representing phase speed. Assuming that the outgoing energy is dominating the back-scattered energy, the outgoing wave equation can be written as:

$$\frac{\partial p}{\partial r} = ik_0(1 + X)^{1/2} p \quad (2.4)$$

The formal solution of Eq. (2.4) is:

$$p(r + \Delta r, z) = \exp(ik_0\Delta r(1 + X)^{1/2}) p(r, z) \quad (2.5)$$

where  $\Delta r$  is the range step. Applying an  $n$ -term rational function to approximate the exponential function will transform Eq. (2.5) to:

$$p(r + \Delta r, z) = \exp(ik_0\Delta r) \prod_{j=1}^n \frac{1 + \alpha_{j,n}X}{1 + \beta_{j,n}X} p(r, z) \quad (2.6)$$

This Padé approximation consists of a sum of  $n$  rational-linear terms defined by the complex coefficients,  $\alpha_{j,n}$  and  $\beta_{j,n}$ . For further details we refer to Collins (1993,1999a) and pages 460 and 463-465 in Jensen et al. (2011). The depth operator,  $X$ , is discretised using the finite-differences scheme described in Collins and Westwood (1991). UAS solves the parabolic approximation using a forward-marching finite difference scheme to solve the acoustic field in discretised steps of range and depth.

As stated earlier, the one-way wave equation requires specification of both initial and boundary conditions for the ocean environment considered. Establishing initial data for the parabolic equation involves a specification of the complex pressure over depth at the starting range of the computation transect. A self-starter is an accurate and efficient approach for obtaining an initial condition (starting field). The self-starter developed by Collins (1992, 1999b) is obtained by solving a boundary-value problem involving the PE



depth operator (hence the name) with a forcing delta function,  $\delta(z - z_0)$ . The self-starter for a point source is of the form:

$$p(r_0, z) = \exp(ik_0 r_0(1 + X)^{1/2})(k_0^{1/2}(1 + X)^{1/4})^{-1} \delta(z - z_0) \quad (2.7)$$

The sea surface is treated as a pressure-release (zero pressure) boundary, since the density of the air is much smaller than that of the water. The boundary condition is implemented in the numerical solution scheme.

UAS accounts for range-dependent change in speed of sound in the water column and bathymetry. The composition of the seafloor is treated in terms of a number of constant-density layers of sediments. UAS includes propagation in the seabed, but only handles compressional waves and not shear waves, i.e. ocean bottom sediments are modelled as fluids. The geo-acoustic profile for each soil layer includes compressed wave speed and compressional attenuation. Besides accounting for attenuation constants in the bottom layers, it is important to include density changes at the water-bottom interface as well as within the bottom itself for a realistic treatment of bottom effects on propagation. The lower boundary condition involves termination of the physical solution domain by an artificial absorption layer of several wavelengths thickness so as to ensure that no significant energy is reflected from the lower boundary. The attenuation is increased linearly over the lower few wavelengths of the grid.

UAS provides the option to include volume attenuation in the water column using the empirical model by (Francois & Garrison 1982b; Francois & Garrison 1982a). The details are described in the next section.

## 2.1 Water Attenuation Loss

### 2.1.1 Absorption Coefficient of Water

In the model of Francois-Garrison (Francois and Garrison, 1982a and 1982b), the absorption coefficient is decomposed into three terms, corresponding to the contributions of boric acid, magnesium sulphate and pure water (Lurton, 2010):

$$\alpha_{att} = A_1 P_1 \frac{f_1 f^2}{f_1^2 + f^2} + A_2 P_2 \frac{f_2 f^2}{f_2^2 + f^2} + A_3 P_3 f^2 \quad (2.8)$$

where  $\alpha_{att}$  is the attenuation in dB/km and  $f$  is the frequency in kHz.

The contribution of boric acid  $B(OH)_3$  is defined as:

$$A_1 = \frac{8.86}{c} 10^{(0.78pH-5)} \quad (2.9)$$

$$P_1 = 1 \quad (2.10)$$

$$f_1 = 2.8 \sqrt{\frac{S}{35}} 10^{(4 - \frac{1245}{T+273})} \quad (2.11)$$

$$c = 1412 + 3.21T + 1.19S + 0.0167z \quad (2.12)$$

where  $pH$  is the pH value,  $z$  is the depth in m,  $S$  is the salinity in psu and  $T$  is the temperature in °C.



The contribution of magnesium sulphate  $Mg(SO)_4$  is defined as:

$$A_2 = 21.44 \frac{S}{c} (1 + 0.025T) \quad (2.13)$$

$$P_2 = 1 - 1.37 \times 10^{-4}z + 6.2 \times 10^{-9}z^2 \quad (2.14)$$

$$f_2 = \frac{8.17 \times 10^{\left(\frac{8-1990}{T+273}\right)}}{1 + 0.0018(S - 35)} \quad (2.15)$$

The contribution of pure water viscosity is defined as:

$$P_3 = 1 - 3.83 \times 10^{-5}z + 4.9 \times 10^{-10}z^2 \quad (2.16)$$

with  $T \leq 20^\circ\text{C}$ :

$$A_3 = 4.937 \times 10^{-4} - 2.59 \times 10^{-5}T + 9.11 \times 10^{-7}T^2 - 1.5 \times 10^{-8}T^3 \quad (2.17)$$

and  $T > 20^\circ\text{C}$ :

$$A_3 = 3.964 \times 10^{-4} - 1.146 \times 10^{-5}T + 1.45 \times 10^{-7}T^2 - 6.5 \times 10^{-10}T^3 \quad (2.18)$$

## 2.1.2 Implementation of Water Attenuation Loss

The attenuation loss in water is neglected in the paper by Collins (1999a) and the wave number is defined as:

$$k = \omega/c \quad (2.19)$$

whereas UAS considers the water attenuation loss by defining the wave number as:

$$k = (1 + i\eta\beta)\omega/c \quad (2.20)$$

where  $i$  is the imaginary unit,  $\eta = (40\pi \log_{10} e)^{-1}$ ,  $\beta = \alpha_{ab} \cdot \lambda$  ( $\alpha_{ab}$  is the absorption coefficient in dB/m,  $\lambda = c/f$  is the wave length in m).

For the definition of  $\alpha$  please refer to Eq. (2.8),  $\omega$  is the circular frequency, and  $c$  is the sound speed.

## 2.2 Numerical Discretisation

UAS requires an equidistant computational grid in horizontal and vertical direction. A schematic of the solution domain is shown in Figure 2.1. The spatial discretisation used in the finite difference model is defined in terms of the wavelength,  $\lambda$ , being modelled. Hence, the simulations take into account sensitivity to frequency components to obtain an accurate numerical solution. The depth resolution is:

$$dz = \gamma\lambda \quad (2.21)$$

and the radial resolution is then defined as:

$$dr = \varphi dz \quad (2.22)$$

where  $\gamma$  determines the number of fractions in which the acoustic wave is resolved in the vertical direction. In the radial direction the spatial gradients are weaker compared to the vertical direction and  $\varphi$  is used to relax the resolution of the propagating wave.

The numerical accuracy of the solution is not only determined by the resolution of the computational grid but is also governed by the number of Padé terms in the PE approximation. Deep water situations often require a larger number of terms in Padé series due to wide-angle propagation, in order to obtain a numerical accurate solution. An increase in terms of the Padé approximation comes at an additional computational cost. Convergence tests form the basis for an accurate numerical solution. This part is automated in the UAS algorithm, building on an extensive convergence study with focus on grid resolution, Padé series expansion and depth (seabed interaction) relevant to EIA<sup>4</sup> applications.

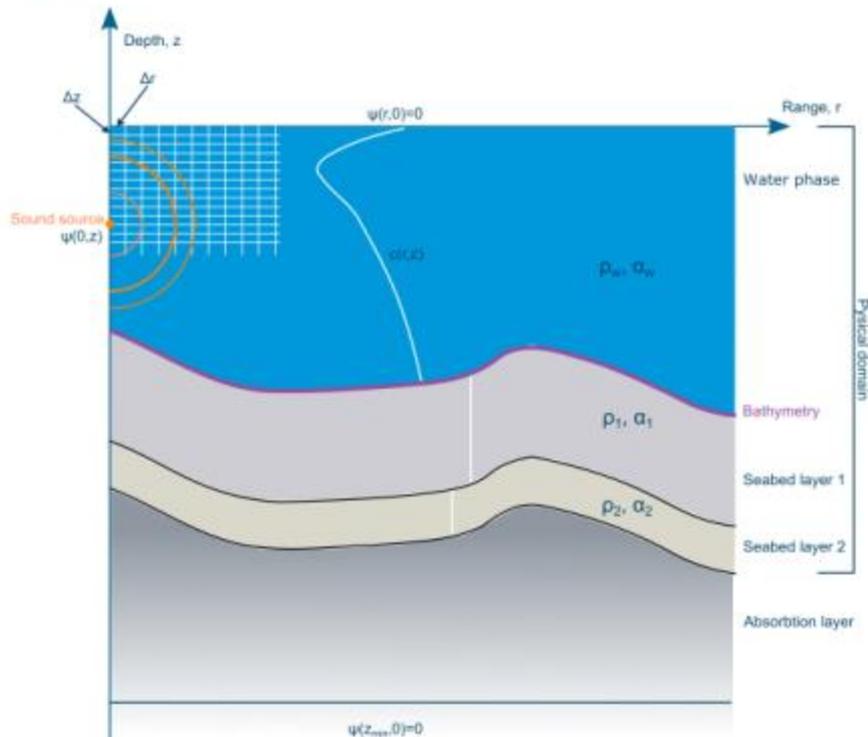


Figure 2.1 Schematic of solution domain for the UAS PE range-dependent wave propagation model

## 2.3 Model Assumptions

UAS is based on the following simplified conditions. The list also provides some hints to where special care must be taken in modelling of underwater sound propagation.

- The sea surface is treated as a simple, horizontal perfectly reflecting boundary ignoring the sea states, where in addition to surface gravity waves the upper ocean

<sup>4</sup> Environmental Impact Assessment.



will have an infusion of air bubbles which has a significant impact on the speed of sound in the surface part of the water column. It is judged that this approach will lead to conservative noise impact ranges.

- Layers of bubbles near the surface may result in significant noise attenuation due to scattering off of surface bubble layer. Besides the enhanced transmission loss due to scattering, the sound is further attenuated by refraction caused by a spatially-varying sound velocity. Although the volume concentration of the infused air bubbles is relatively small – usually a small fraction of 1% – it has a dramatic effect on the speed of sound even for small air concentrations (Jensen et al. 2011). Particularly high-frequency acoustic propagation is highly affected by the air bubble sound attenuation mechanisms.
- A roughness of the sea surface can be important for high frequencies (> 1 kHz).
- The impact of internal waves on sound propagation is neglected. In areas with strong stratifications the model must be used with care.
- Only compressional waves are modelled in UAS. Elastic (shear) wave propagation may be important when the bottom consists of consolidated sediments which are having enough rigidity to transmit acoustic shear waves.
  - When sound interacts with the seafloor, the structure of the ocean bottom becomes important. Ocean bottom sediments are modelled in UAS as fluids which means that they support only one type of sound wave – a compressional wave. This is often a good approximation since the rigidity (and hence the shear speed) of the sediment is usually considerably less than that of a solid, such as rock. In the latter case, which applies to the ocean basement or the case where there is no sediment overlying the basement, the medium must be modelled as elastic, which means that it supports both compressional and shear waves.
- The seabed is divided into soil layers with different acoustic properties. UAS accounts for the large-scale bathymetry, but does not resolve localised areas with large stones on the bottom or accounts for the effect of underwater sea plants on the ocean floor.
  - In shallow waters, the ocean bottom boundary condition plays a dominant role, as propagating sound waves to a larger extent interact with the ocean surface and bottom due to the short distance between the two boundaries. When sound interacts with the seafloor multiple times over short distances, the structure of the ocean bottom becomes as important as the bathymetry. Thus sound may spread significantly not only through the water but also through the underlying sediments, resulting in attenuation of its level as a result of energy being lost into the underlying sediments.
- The code is a 2D model ignoring 3D effects, due to e.g. horizontal refraction of sound rays reflected by a sloped sea bottom.
  - The seabed is in general quite flat, even close to seamounts, ridges, and the continental slopes, with a slope seldom exceeding 10°. The importance of treating the ocean bottom accurately in the numerical model depends on factors such as source-receiver separation, source frequency, and ocean depth.
  - When the seafloor is shoaling, as is the case for the ocean over a sloping beach and the continental slope, and around seamounts and islands, a ray travelling obliquely across the slope experiences the phenomenon of horizontal refraction.



Parabolic Equation Technique



- Effects of underwater ambient noise and masking are not addressed in UAS. For the most energetic part of the noise source frequencies of concern in most EIAs, the ambient level is approximately 100 dB lower, hence it is judged to have insignificantly small impact on the calculated results.
- Near-field effects are neglected. At impact ranges of interest (e.g. > 100 m), the sound intensity effects and oblique radiated sound waves dominating the near-field are to some extent diluted. The effect of the near-field on the far-field sound pressure level is EIA case dependent.



### 3 Validation

The Underwater Acoustic Simulator (UAS) has been successfully tested in a number of basic, idealised situations for which simulated results may be compared to analytical solutions or information from the literature.

This section presents a comparison between UAS solutions and reference solutions for two idealised cases: A deep water case (Lloyd's mirror pattern) and a shallow water case (ideal wedge).

#### 3.1 Lloyd's Mirror Pattern

This test case simulates the acoustic interference pattern created by a point source placed near a smooth, perfectly reflecting sea surface in a deep water domain with a flat, absorbing bottom. The resulting beam pattern arises as an interference effect between the two possible sound paths from source to receiver, i.e. the direct path and the surface reflected path.

The analytical solution to the acoustic problem is (Jensen et al, 2011):

$$|p| = \frac{2}{\sqrt{r^2 + z_r^2}} + \left| \sin \left( \frac{kz_s z_r}{\sqrt{r^2 + z_r^2}} \right) \right| \quad (3.1)$$

$$TL = -20 \log \left( \frac{|p|}{p_{ref}} \right)$$

where  $p$  is pressure,  $r$  is range,  $z_r$  is depth of the receiver,  $k$  is wave number,  $z_s$  is source depth,  $TL$  is transmission loss and  $p_{ref}$  is the reference pressure.

The model domain has a constant water depth of 5000 m and a maximum range of 30 km. In the water column a constant sound speed of 1500 m/s and an attenuation of zero are applied. In order to minimise reflections at the sea floor the bottom description comprises a bed layer with a thickness of 50 m (sound speed of 1500 m/s; density of 1200 kg/m<sup>3</sup>; compressional attenuation of 0.5 dB/λ) and a termination layer with a thickness of 100 λ and an attenuation of 3 dB/λ, where λ is the acoustic wave length.

Two pure tone sound sources of 150 Hz and 3600 Hz placed at 25 m and 10 m water depth, respectively, were simulated.

The applied numerical settings are  $\gamma = 0.02$ ,  $\varphi = 2$ ,  $np = 5$ ,  $ns = 1$  and  $rs = 0$ . The mother grid (output) resolution is 1 m in the horizontal and 0.5 m in the vertical.

In Figure 3.1 the simulated transmission loss field solution for the two source frequencies is shown. In both plots the Lloyd's mirror beams (areas of low transmission loss) are clearly observed radiating from the location of the source. The number of beams,  $M$ , is found as (Jensen et al, 2011):

$$M = \text{int} \left\{ \frac{2z_s}{\lambda} + 0.5 \right\} \quad (3.2)$$

For the 150 Hz and 3600 Hz sources the number of beams is 5 and 48, respectively. In both plots a triangular area of irregular transmission losses is observed below the source.



Validation



Although the numerical scheme of UAS is valid for wide-angle sound propagation, these triangular areas represent source angles that are too wide (well above 60° from horizontal) for the calculated transmission losses to be accurate.

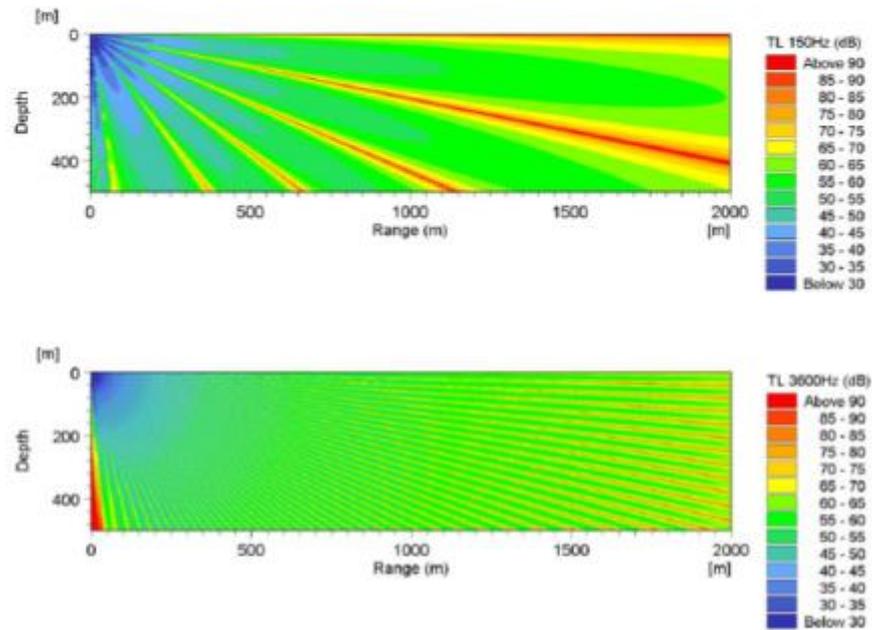


Figure 3.1 Simulated transmission loss (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ) field solutions by UAS for the Lloyd's mirror problem. The top and bottom plots show the Lloyd's mirror pattern for the 150 Hz and 3600 Hz sound sources, respectively

In Figure 3.2 comparisons between analytic and simulated transmission loss for the two sound sources at a receiver depth of 200m are shown. Also in these plots the Lloyd's mirror beams are clearly distinguishable. It is observed that the UAS results compare well to the analytic solutions for the applied source frequencies except for the first 50 m, which represent the area where the source angle is too wide for the results to be accurate. In view of UAS being a far-field propagation model the simulated results show excellent agreement with theory.

Validation

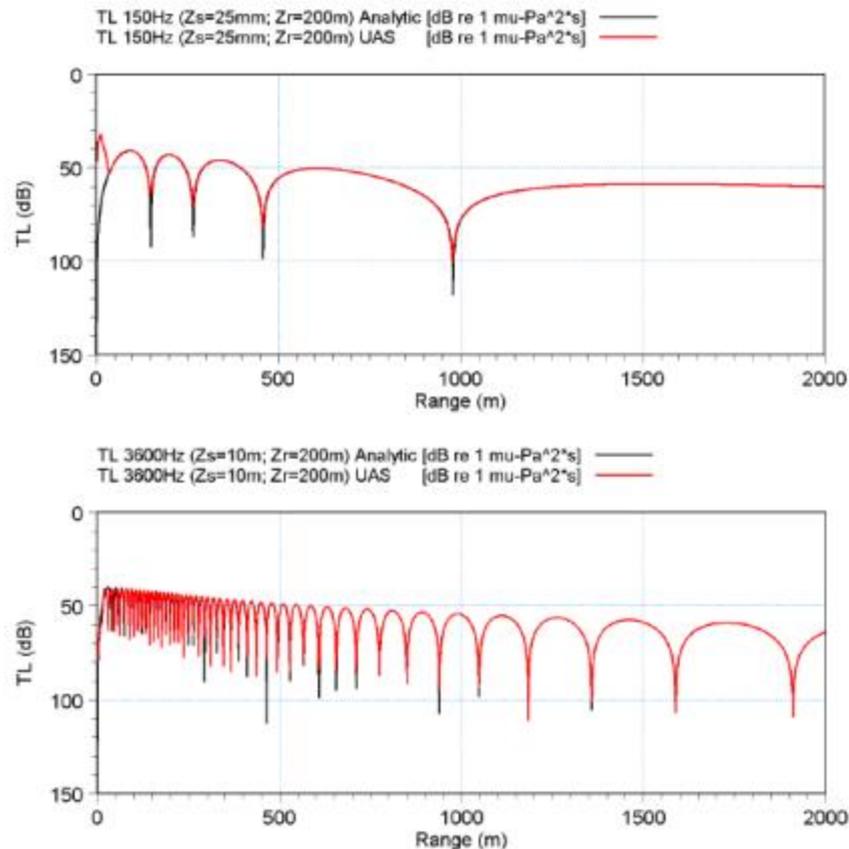


Figure 3.2 Comparison of analytic and UAS solutions for the Lloyd's mirror problem. The top and bottom plots show transmission loss at 200 m depth for the 150 Hz and 3600 Hz sources, respectively.

### 3.2 Ideal Wedge

The applied wedge problem is described by Jensen and Ferla (1990). The problem deals with upslope acoustic propagation in a wedge geometry with a fully reflecting, flat sea surface, a homogeneous water column (sound speed of 1500 m/s; no attenuation) and a penetrable, lossy bottom (sound speed of 1700 m/s; density of 1500 kg/m<sup>3</sup>; compressional attenuation of 0.5 dB/λ). The water depth at the source position is 200 m decreasing linearly to 0 m at a range of 4 km. The source frequency is 25 Hz and the source depth is 100 m (mid-depth). This test configuration is referred to as "Benchmark 3" by Jensen and Ferla (1990) and is the most realistic of the benchmark wedge problems described in the paper.

In order to avoid spurious boundary reflections at the seafloor in the UAS test simulation the bottom description comprises a bed layer with a thickness of 5000 m and a termination layer with a thickness of 20 λ and an attenuation of 3 dB/λ. The applied numerical settings are  $\gamma = 0.02$ ,  $\varphi = 5$ ,  $n_p = 5$ ,  $n_s = 1$  and  $r_s = 0$ . The mother grid (output) resolution is 6 m in the horizontal and 1.2 m in the vertical.



Validation



In Figure 3.3 the simulated transmission loss (TL) field solution is shown down to about 285 m below the sea surface. It may be noticed in the figure that the radiation into the bottom is particularly evident at short ranges and at a range of about 3.5 km.

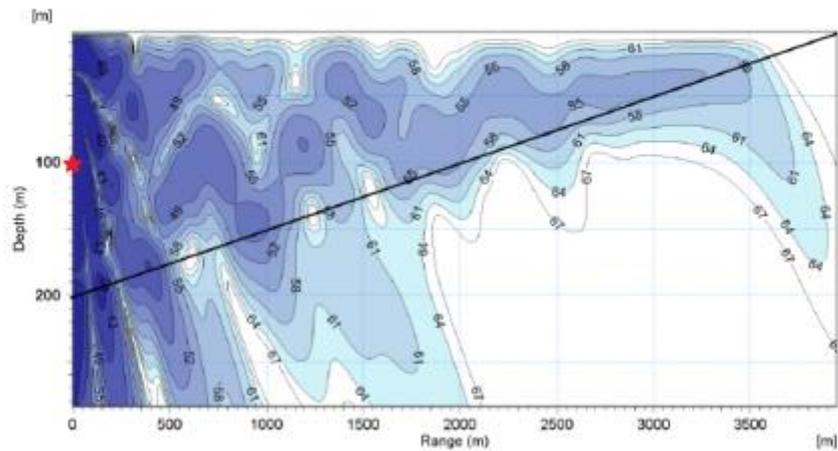


Figure 3.3 Simulated transmission loss (dB re  $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ ) field solution by UAS for the wedge problem with a lossy bottom. The seafloor is indicated by a black line and the location of the source by a red star

In Figure 3.4 the transmission loss at receiver depths of 30 m and 150 m is shown. Both the UAS solution and the reference solution by Jensen and Ferla (1990) are shown. It is observed in the figure that the transmission loss as simulated by UAS agrees well with the reference solution.



Validation

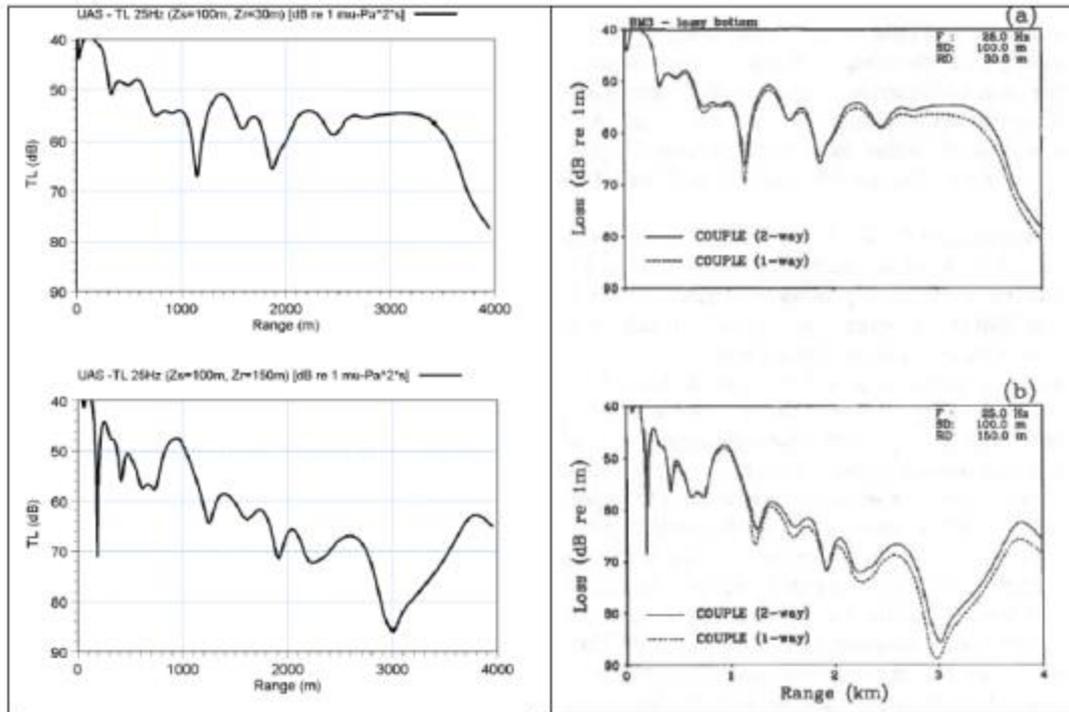


Figure 3.4 Comparison of transmission loss at 30 m and 150 m depth for the wedge problem with a lossy bottom. The left panel shows the UAS solution and the right panel (solid line) shows the reference solution (COUPLE full two-way solution) by Jensen and Ferla (1990). The paper states that the accuracy of the COUPLE (2-way) solution is within a few tenths of a decibel



## 4 References

Ainslie M.A. Principles of sonar performance modelling, Vol. Springer in association with Praxis Publishing Chichester, UK, 2010.

Collins, M.D. (1989). Applications and time-domain solution of higher-order parabolic equations in underwater acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 86(3), 1097–1102.

Collins, M.D. and Westwood, E.K. (1991), A higher-order energy-conserving parabolic equation for range-dependent ocean depth, sound speed, and density, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 89, 1068-1075.

Collins, M.D. (1992). A self starter for the parabolic equation method. *J. Acoust. Soc. Am.* 92, 2069–2074.

Collins, M.D., 1993. A split-step Padé solution for the parabolic equation method. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93(April), pp.1736–1742.

Collins, M.D. (1999a), User's guide for RAM version 1.0 and 1.0p.  
<http://www.siplab.fct.uaig.pt/models/ram/manual.pdf>

Collins, M.D. (1999b) The stabilized self-starter. *J. Acoust. Soc. Am.* 106, 1724–1726.

Jensen, F.B. et al., 2011. *Computational Ocean Acoustics* Second edition, Springer.

Jensen F. B. and Ferla C. M. (1990) "Numerical solutions of range-dependent benchmark problems in ocean acoustics", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 87, No. 4.

Francois, R.E. and Garrison, G.R. (1982a), Sound absorption based on ocean measurements: Part I: Pure water and magnesium sulfate contributions, *Journal of Acoustical Society of America*, Vol. 72 No. 3, pp. 896-907.

Francois, R.E. and Garrison, G.R. (1982b), Sound absorption based on ocean measurements. Part II: Boric acid contribution and equation for total absorption, *Journal of Acoustical Society of America*, Vol. 72 No. 6, pp. 1879-1890.

Lurton, X. (2010), *An introduction to underwater acoustics: Principles and applications*, Springer-Praxis.

Tappert, F.D. (1977). The parabolic approximation method. J. Keller and J. Papadakis, editors, *Wave Propagation and Underwater Acoustics*, volume 70 of *Lecture Notes in Physics*, pages 224–287. Springer Berlin / Heidelberg.

**eni spa**

**DISTRETTO  
CENTRO  
SETTENTRIONALE**



**SICS\_266**

**Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e  
Socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione  
delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1**

*Appendice 3*  
*Studio di Propagazione del Rumore*  
*da Mezzi a Terra*

**Marzo 2023**

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 2 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## SICS\_266

### Valutazione Comparativa degli Impatti Ambientali e Socio-economici degli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1

Appendice 3  
Studio di Propagazione del Rumore  
da Mezzi a Terra

Appaltatore					
	00	Marzo 2023	ERM	Eni S.p.A. HSEQ/NR - AMTE – STEA DECO - MADE- DECST / DECPR LDPB/C	Eni S.p.A. DICS – SICS - AMB/CS DICS – DECS
	<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>ELABORATO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 3 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## INDICE DEI CONTENUTI

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>8</b>
3.1	DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE NUMERICA .....	8
3.2	PRINCIPALI ASSUNZIONI.....	9
3.2.1	<b>Definizione del modello generale</b> .....	9
3.2.2	<b>Definizione degli ostacoli</b> .....	9
3.2.3	<b>Definizione dei termini sorgente</b> .....	10
3.2.4	<b>Limiti verso l'esterno del cantiere</b> .....	13
3.2.5	<b>Limiti all'interno del cantiere</b> .....	16
3.2.6	<b>Impostazioni numeriche e analisi dei risultati</b> .....	16
<b>4</b>	<b>RISULTATI</b> .....	<b>17</b>
4.1	AREA DI CANTIERE ALL'APERTO .....	18
4.2	AREE CONTIGUE AL PERCORSO DEI CAMION.....	19
<b>5</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b> .....	<b>23</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 4 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## ACRONIMI

<b>dB</b>	Decibel – unità di misura dei livelli di rumore, in scala logaritmica
<b>dB(A)</b>	Decibel corretti con pesatura A, che tiene conto delle caratteristiche percettive dell'orecchio umano
<b>DPI</b>	Dispositivi di Protezione Individuale
<b>Hz</b>	Hertz (cicli al secondo) – unità di misura della frequenza
<b>SPL</b>	Sound Pressure Level (indicato anche come L o Lp) – livello di rumore al punto recettore
<b>SWL, o PWL</b>	Sound power Level (indicato anche come L o Lp) – potenza sonora complessiva di una data sorgente (o di un insieme di sorgenti)

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 5 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'Appendice 3 all'Allegato 3 dello "Studio di Valutazione Comparativa degli impatti ambientali e socio-economici relativi agli Scenari di Dismissione delle Condotte della Piattaforma Fabrizia 1".

Lo scopo di questa analisi è di descrivere i risultati dello studio di propagazione del rumore a terra generato dalle attività di dismissione delle condotte per lo scenario di rimozione (Scenario B). Lo Scenario di dismissione in sito delle condotte (Scenario A) non prevede alcuna attività a terra e quindi nessuna potenziale sorgente di rumore.

Le attività a terra per lo Scenario B includono lo stoccaggio iniziale delle sezioni di condotte recuperate all'interno del Cantiere Navale Rosetti (Porto di Ravenna) e il successivo conferimento presso siti smaltimento e/o riciclo idonei e autorizzati.

**Figura 1.1 - Sito Cantiere Rosetti Marino**



Sono stati valutati anche i livelli di rumore generati all'interno del cantiere, per quanto riguarda l'esposizione dei lavoratori, e nelle aree esterne circostanti (specialmente i recettori più critici), per la verifica del rispetto della legislazione nazionale.

Le sorgenti di rumore identificate sono:

- N°1 Gru di terra (motore Diesel)
- N°1 Forklift (motore Diesel)
- N°1 Generatore Diesel
- Traffico stradale

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 6 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

L'attività svolta all'interno del cantiere onshore consiste nel raccogliere i materiali di risulta generati durante le operazioni di recupero e rimozione delle condotte, de-coating (separazione del coating dai tratti di tubo), l'opportuna caratterizzazione e l'avviamento a recupero/smaltimento. Si prevede il recupero e smaltimento delle acque di flussaggio e pulizia.

Il presente studio valuta le emissioni di rumore generate dallo:

- *Scenario B: rimozione delle condotte.*

Lo Scenario A: dismissione in sito delle condotte non prevede alcuna attività di rimozione delle condotte e conseguentemente di movimentazione di mezzi a terra per il recupero/smaltimento delle condotte. Non è stato quindi oggetto di simulazione modellistica.

È assunto che le attività verranno condotte in accordo a tutti i requisiti di legge applicabili in ambito salute, sicurezza ed ambiente, con lo scopo di ottenere la massima riduzione possibile del rischio in considerazione delle migliori tecniche disponibili di settore. Le normative nazionali applicabili verranno considerate obbligatorie.

Per ogni aspetto, verrà applicato il requisito più stringente tra i requisiti presenti negli standard / normative applicabili.

In caso di conflitto tra diversi standard / normative applicabili, sarà applicata la seguente gerarchia:

- 1) Leggi e normative nazionali;
- 2) Accordi contrattuali;
- 3) Codici e standard internazionali;
- 4) Standard di company.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 7 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

## 2 CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state valutate le emissioni di rumore a terra generate dalle operazioni connesse alla dismissione delle condotte della piattaforma Fabrizia 1, per lo scenario di rimozione delle condotte (Scenario B), mediante l'utilizzo di un software di simulazione numerica (SoundPLAN 8.1.)

L'area assunta per lo svolgimento delle attività a terra è il Cantiere Navale Rosetti Marino, ubicata all'interno del porto di Ravenna.

Oltre all'analisi dell'esposizione sonora all'interno del cantiere, si sono valutati anche gli impatti, in termini di esposizione sonora, legati all'incremento del traffico veicolare (N°1 camion al giorno) nel tratto che collega il cantiere ai siti di smaltimento e/o riciclo dei rifiuti.

Per quanto riguarda le emissioni prodotte dalle macchine e dalle apparecchiature di cantiere, adottando un approccio conservativo è stato assunto che la potenza sonora emessa dalle sorgenti presenti in cantiere sia pari al limite di legge [9] [10] previsto per la tipologia di macchina o apparecchiatura in analisi.

La modellazione della sorgente corrispondente al traffico stradale è stata effettuata sulla base dei dati ANAS relativi al Traffico Medio Giornaliero Annuale per l'anno 2019 [2] (si è scelto di non fare riferimento all'anno 2020 a seguito della diminuzione del traffico conseguente alla pandemia di COVID-19, non risultano disponibili i dati 2021 o 2022).

La valutazione del rumore descritta in questo documento permette di determinare il contributo acustico di queste sorgenti e di individuare le potenziali zone di eccessiva esposizione.

Riguardo all'area del Cantiere Navale Rosetti Marino, in generale, le sorgenti generano livelli di rumore superiori a 85 dB(A) a distanze maggiori di 1 m dall'apparecchiatura, in quanto si è conservativamente scelto di sovrastimare l'emissione sonora corrispondente alle macchine/apparecchiature in esame; la sorgente con potenza sonora massima (Forklift) genera un livello di rumore pari a 85 dB(A) a una distanza di circa 4 metri da essa. Non risultano aree dove il limite di rumore di 85 dB(A) viene superato anche a distanze maggiori di 4 m a causa del contributo combinato di sorgenti di rumore ravvicinate.

La stessa valutazione può essere effettuata considerando il limite di 83 dB(A) per turni lavorativi fino a 12 h, in questo caso, il limite viene superato entro i 7 m dai macchinari in funzione, e va considerato solo per personale rimanente nell'area con alto livello acustico per le 12 h del turno (o comunque per più di 8 h).

Anche l'area limitrofa al cantiere (ipotizzando una classificazione di destino d'uso industriale) rispetta i limiti di legge, in quanto è soggetta ad un'esposizione sonora inferiore a 65 dB(A) [11].

Oltre allo studio del livello sonoro all'interno del cantiere e nelle aree limitrofe, è stata svolta un'ulteriore valutazione riguardante le aree esterne ad esso; assumendo che le aree circostanti il percorso effettuato dai camion per il conferimento delle condotte presso i siti di raccolta e/o riciclo dei rifiuti siano "Aree di tipo misto" e che abbiano dunque un valore limite di esposizione sonora pari a 55 dB(A) per il periodo diurno [11]; sulla base di queste assunzioni, non è stata individuata alcuna criticità, in quanto per tutte le aree descritte in precedenza è rispettato il limite normativo (il limite di 55 dB(A) è superato solo in adiacenza della carreggiata stradale).

Le attività in analisi (incremento di n.1 camion/giorno) producono un aumento della potenza sonora emessa dalla sorgente corrispondente al traffico veicolare inferiore a 0,01 dB(A) (si è passati da 84,048 dB(A) a 84,051 dB(A)); è dunque possibile affermare che, in termini di esposizione acustica, l'aumento del traffico veicolare indotto dal trasporto verso i siti di smaltimento e/o riciclo è trascurabile.

I risultati del presente studio confermano dunque l'assenza di impatti significativi in termini acustici durante le operazioni descritte in precedenza connesse allo smantellamento e al conferimento dei rifiuti prodotti dalle attività di rimozione delle condotte (Scenario B).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 8 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Descrizione della modellazione numerica

Il modello acustico è stato realizzato utilizzando il software SoundPLAN (v.8.1) [3], sviluppato da Braunstein & Berndt GmbH e appartiene ad una classe di sofisticati modelli predittivi, basati sulla tecnica del Ray Tracing, che permette di simulare la propagazione del rumore in situazioni complesse relativamente a sorgenti presenti ed orografia. Il modello permette di calcolare i livelli sonori dovuti a vari tipi di sorgenti industriali e utilizza appropriati algoritmi per il calcolo degli effetti del terreno, dell'assorbimento e di altri fenomeni coinvolti.

Le equazioni utilizzate allo scopo di stimare la propagazione delle onde sonore, in particolare per sorgenti di tipo industriale, sono quelle descritte nello Standard Internazionale ISO 9613 [12]. Il Sound Pressure Level ai recettori, cioè il rumore effettivamente percepito in una determinata posizione, è la somma di tutte le frequenze che contribuiscono e l'equazione fondamentale è la seguente:

$$SPL = PWL + D_I - (A_D + A_A + A_G + A_B + A_N + A_V)$$

dove:

SPL = Sound Pressure Level al recettore

PWL = Sound Power Level della sorgente di rumore

$D_I$  = direttività della sorgente

$A_D$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta alla divergenza geometrica

$A_A$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta all'assorbimento dell'aria

$A_G$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta all'assorbimento del terreno e alla riflessione

$A_B$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta alla diffrazione

$A_N$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta alle variazioni del gradiente verticale di temperatura, alla velocità del vento e alla turbolenza atmosferica

$A_V$  = attenuazione dell'onda sonora dovuta alla vegetazione

La correzione relativa alla direttività  $D_I$  descrive la misura in cui l'equivalente Sound Pressure Level devia per una sorgente puntuale caratterizzata da una direzione specifica rispetto al livello di una sorgente puntuale omnidirezionale.

La divergenza geometrica  $A_D$  tiene conto della diffusione sferica in campo aperto a partire da una sorgente puntuale. La legge di diffusione è diversa per sorgenti puntuali, lineari o areali. Per esempio, nel caso di sorgenti puntuali che possono propagarsi in tutte le direzioni l'attenuazione, in decibel, è calcolata tramite la seguente formula:

$$A_D = - \left( 10 * \log_{10} \left( \frac{1}{4\pi} \right) - 20 * \log_{10} (d) \right)$$

L'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico  $A_A$ , in decibel, durante la propagazione lungo una distanza "d", in metri, è uguale a:

$$A_A = \alpha * d / 1000$$

dove "α" è il coefficiente di attenuazione atmosferica per ciascuna banda di ottava. Esso dipende fortemente dalla frequenza del suono, dalla temperatura ambientale e dall'umidità relativa.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 9 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	-------------------

L'assorbimento delle onde sonore a causa del terreno è espresso nel modello usando un coefficiente G (adimensionale), compreso fra 0 (terreno duro, come pavimentazione, acqua, ghiaccio o altre superfici a bassa porosità) e 1 (terreno poroso, come zone ricoperte da erba, alberi o altra vegetazione); per terreni intermedi ( $0 < G < 1$ ), G rappresenta la percentuale di terreno poroso.

È utile ricordare inoltre che il livello totale di rumore in un determinato punto è definito come:

$$L_{eq} = 10 * \log_{10} \left( \sum_i 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)} \right)$$

dove  $L_i$  sono i contributi al livello sonoro, da parte delle numerose sorgenti esistenti, in quel punto.  $L_{eq}$  e  $L_i$  sono in decibel.

### 3.2 Principali assunzioni

Nei seguenti paragrafi è riportata una rassegna delle scelte operative adottate per la definizione delle simulazioni acustiche.

#### 3.2.1 Definizione del modello generale

Nel presente studio, il livello acustico è stato valutato ad altezza 1,5 m rispetto al terreno, considerato orizzontale. L'elevazione delle sorgenti rispetto al terreno è stata definita adottando un approccio conservativo, posizionandole quindi ad un'altezza pari a 1,5 m (la cosiddetta "altezza uomo").

Il terreno all'interno del cantiere è stato considerato come interamente composto da terra e cemento/asfalto, assegnando il corrispondente coefficiente di assorbimento acustico G pari a 0 (ipotesi cautelativa), mentre è stato considerato pari a 0,5 nella simulazione relativa alle aree circostanti il percorso per il trasporto tramite camion, considerata l'ampia presenza di campi agricoli e vegetazione (ipotesi cautelativa, in quanto questo valore corrisponde a zone a urbanizzazione discontinua).

Il coefficiente di riflessione delle pareti degli ostacoli è stato posto pari a 0,5 (ipotesi cautelativa).

#### 3.2.2 Definizione degli ostacoli

Sono stati considerati solo gli ostacoli interni al cantiere.

L'effetto di schermatura dovuto agli ostacoli più grandi, cioè edifici e altri grandi elementi, è stato considerato includendo nel modello numerico gli ostacoli riportati in Tabella 3.1, le dimensioni degli edifici/ostacoli principali sono state ricavate attraverso mappe georeferenziate a libero accesso, cercando di riprodurre forme e dimensioni degli edifici nel modo più fedele possibile. Gli edifici sono stati numerati indicando come "Edificio 1" quello posto nella sezione Nord-Ovest del cantiere.

Tutti gli ostacoli sono appoggiati al terreno.

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 10 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

**Tabella 3.1 - Lista degli edifici/ostacoli rilevanti.**

Nome	Codice	Altezza [m]
Edificio 1	-	10
Edificio 2	-	10
Edificio 3	-	10
Edificio 4	-	10
Edificio 5	-	4
Edificio 6	-	4
Edificio 7	-	4
Edificio 8	-	4
Edificio 9	-	4
Edificio 10	-	4
Edificio 11	-	4
Edificio 12	-	4
Edificio 13	-	4
Edificio 14	-	4
Edificio 15	-	4
Edificio 16	-	4
Edificio 17	-	4
Edificio 18	-	4
Edificio 19	-	4
Muro di cinta	-	2

### 3.2.3 Definizione dei termini sorgente

Le sorgenti di rumore identificate sono:

- N°1 Gru di terra (motore Diesel)
- N°1 Forklift (motore Diesel)
- N°1 Generatore Diesel
- Traffico stradale

Si è ipotizzato che il cantiere sia attivo nel periodo diurno, con un turno di 12 h (dalle 6.00 alle 18.00), pertanto la sorgente relativa al traffico stradale è stata valutata solo in questo periodo temporale.

In maniera conservativa, ai fini modellistici è stata ipotizzata la generazione del valore massimo di potenza sonora, pari al limite massimo consentito per ogni tipologia di macchina [9],[10]. I valori limite consentiti per ogni tipologia di macchina sono riassunti nella seguente tabella (Tabella 3.2):

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	11 di 23

**Tabella 3.2 - Massimi livelli di potenza sonora consentiti**

«Tipo di macchina e attrezzatura	Potenza netta installata P in kW Potenza elettrica $P_{el}$ in kW <sup>(1)</sup> Massa dell'apparecchio m in kg Ampiezza di taglio L in cm	Livello ammesso di potenza sonora in dB/1 pW	
		Fase I A partire dal 3 gennaio 2002	Fase II A partire dal 3 gennaio 2006
Mezzi di compattazione (rulli vibranti, piastre vibranti e vibrocostipatori)	$P \leq 8$	108	105 <sup>(2)</sup>
	$8 < P \leq 70$	109	106 <sup>(2)</sup>
	$P > 70$	$89 + 11 \lg P$	$86 + 11 \lg P$ <sup>(2)</sup>
Apripista, pale caricatrici e terne cingolati	$P \leq 55$	106	103 <sup>(2)</sup>
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$ <sup>(2)</sup>
Apripista, pale caricatrici e terne gommati; dumper; compattatori di rifiuti con pala caricatrice; carrelli elevatori con motore a combustione interna con carico a sbalzo; gru mobili; mezzi di compattazione (rulli statici); vibrofinitrici; compressori idraulici	$P \leq 55$	104	101 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$82 + 11 \lg P$ <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
Escavatori, montacarichi per materiali da cantiere, argani, motozappe	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \lg P$	$80 + 11 \lg P$
Martelli demolitori tenuti a mano	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	$94 + 11 \lg m$	$92 + 11 \lg m$ <sup>(2)</sup>
	$m \geq 30$	$96 + 11 \lg m$	$94 + 11 \lg m$
Gru a torre		$98 + \lg P$	$96 + \lg P$
Gruppi elettrogeni e gruppi elettrogeni di saldatura	$P_{el} \leq 2$	$97 + \lg P_{el}$	$95 + \lg P_{el}$
	$2 < P_{el} \leq 10$	$98 + \lg P_{el}$	$96 + \lg P_{el}$
	$10 > P_{el}$	$97 + \lg P_{el}$	$95 + \lg P_{el}$
Motocompressori	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \lg P$	$95 + 2 \lg P$
Tosaerba, tagliaerba elettrici e tagliabordi elettrici	$L \leq 50$	96	94 <sup>(2)</sup>
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98 <sup>(2)</sup>
	$L > 120$	105	103 <sup>(2)</sup>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	12 di 23

Sulla base di queste informazioni e delle schede tecniche delle macchine utilizzate [4][5][6], è stato possibile effettuare una stima della massima potenza sonora emessa dalle sorgenti puntiformi all'interno del cantiere:

**Tabella 3.3 - Potenze sonore sorgenti puntiformi**

Macchina	Potenza [kW]	Potenza Sonora [dB(A)]
Gru di terra	83	103
Forklift	185	107
Generatore Diesel	54	97

La pressione sonora di sottofondo (background noise) dovuta alle eventuali ulteriori attività svolte all'interno del cantiere è stata assunta pari a 60 dB(A).

Per quanto riguarda invece la sorgente sonora derivante dal traffico stradale (sorgente lineare), è stata effettuata una stima della potenza sonora emessa sulla base dei dati ANAS relativi al Traffico Medio Giornaliero Annuale per l'anno 2019 [2] (si è scelto di non fare riferimento al 2020 a seguito della diminuzione del traffico conseguente alla pandemia di COVID-19, mentre i dati 2021 e 2022 non risultano disponibili). Anche in questo caso, ci si è basati su un approccio conservativo assumendo lo stesso traffico veicolare del tratto più trafficato (SS309) su tutto il tragitto fino a destino finale nonostante i valori di traffico reali saranno presumibilmente inferiori negli altri tratti stradali (soprattutto in quelli nelle vicinanze del Cantiere Navale Rosetti Marino).

**Tabella 3.4 - Traffico veicolare giornaliero SS309 (2019)**

Postazione	Strada	km	Comune	Pr	Consistenza gg	Leggeri [unità/giorno]	Pesanti [unità/giorno]
50024	SS309	31,465	Comacchio	FE	267	9.152	2.227

Al fine di valutare quanto l'incremento del traffico veicolare (N°1 camion al giorno, definito in modo conservativo considerando un totale di 8 viaggi, per un cantiere della durata di 30 gg) nel tratto descritto possa influenzare l'esposizione sonora dei tratti limitrofi, il numero di veicoli pesanti indicato nella tabella 3.4 è stato aumentato di un'unità (2.228).

La stima della potenza sonora derivante dal traffico veicolare è stata effettuata applicando la seguente formula (standard NMPB - Routes - 96 / XP S31-133, [7]):

$$L_{Eeq} = 0,21v + 10,2 \log(Q_{VL} + 6Q_{VP}) - 13,9 \log d + 49,5 \text{ [dBA]}$$

Dove:

v = Velocità media veicoli (Km/h)

$Q_{VL}$  = Flusso dei veicoli leggeri (n° veicoli/h)

$Q_{VP}$  = Flusso dei veicoli pesanti (n° veicoli/h)

Costante moltiplicativa che equipara un veicolo pesante a sei leggeri

D = Distanza dal bordo strada

Di conseguenza, assumendo:

- Velocità media mezzi pesanti: 60 Km/h
- Distanza dal bordo strada: 4 m
- Turno giornaliero cantiere: 12 h (in periodo diurno)

In condizioni ordinarie, ovvero senza l'aggiunta dell'ulteriore camion utilizzato, risulta una potenza sonora emessa pari a 84,048 dB(A); mentre se si considera anche l'aumento del traffico veicolare indotto dalle attività in analisi (N°1 camion al giorno), questo valore aumenta quasi impercettibilmente a 84,051 dB(A).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data	Doc. N°	Rev.	Foglio
	Marzo 2023	SICS_266	00	13 di 23

### 3.2.4 Limiti verso l'esterno del cantiere

La valutazione dei livelli acustici all'esterno dell'area di cantiere è stata effettuata sviluppando il modello in accordo alla metodologia ad alle assunzioni indicate nei paragrafi, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.6.

L'area è stata modellata e classificata in accordo a mappe georeferenziate a libero accesso ed a foto aeree, valutando:

- Area adiacente al cantiere Piomboni Rosetti Marino: considerando la presenza di diverse attività produttivo/industriale e di un'area verde, è stata assunta come "prevalentemente industriale" (Vedere tabella 3.5).
- Percorso stradale effettuato dai camion atti allo smaltimento materiali dal cantiere all'imbocco dell'autostrada A14 ed aree adiacenti, considerando la presenza prevalente di campi agricoli nei dintorni del percorso stradale e la non trascurabile distanza dai centri abitati, sono assunte come "Aree di tipo misto" (Vedere tabella 3.5).

La modellazione è consistita in:

- Definizione del terreno dell'area adiacente al cantiere
- Definizione del terreno dell'area adiacente al percorso stradale
- Definizione delle barriere all'interno dell'area di cantiere e muro di cinta
- Definizione delle sorgenti di Cantiere (sorgenti puntuali)
- Definizione delle sorgenti stradali (sorgenti lineari)

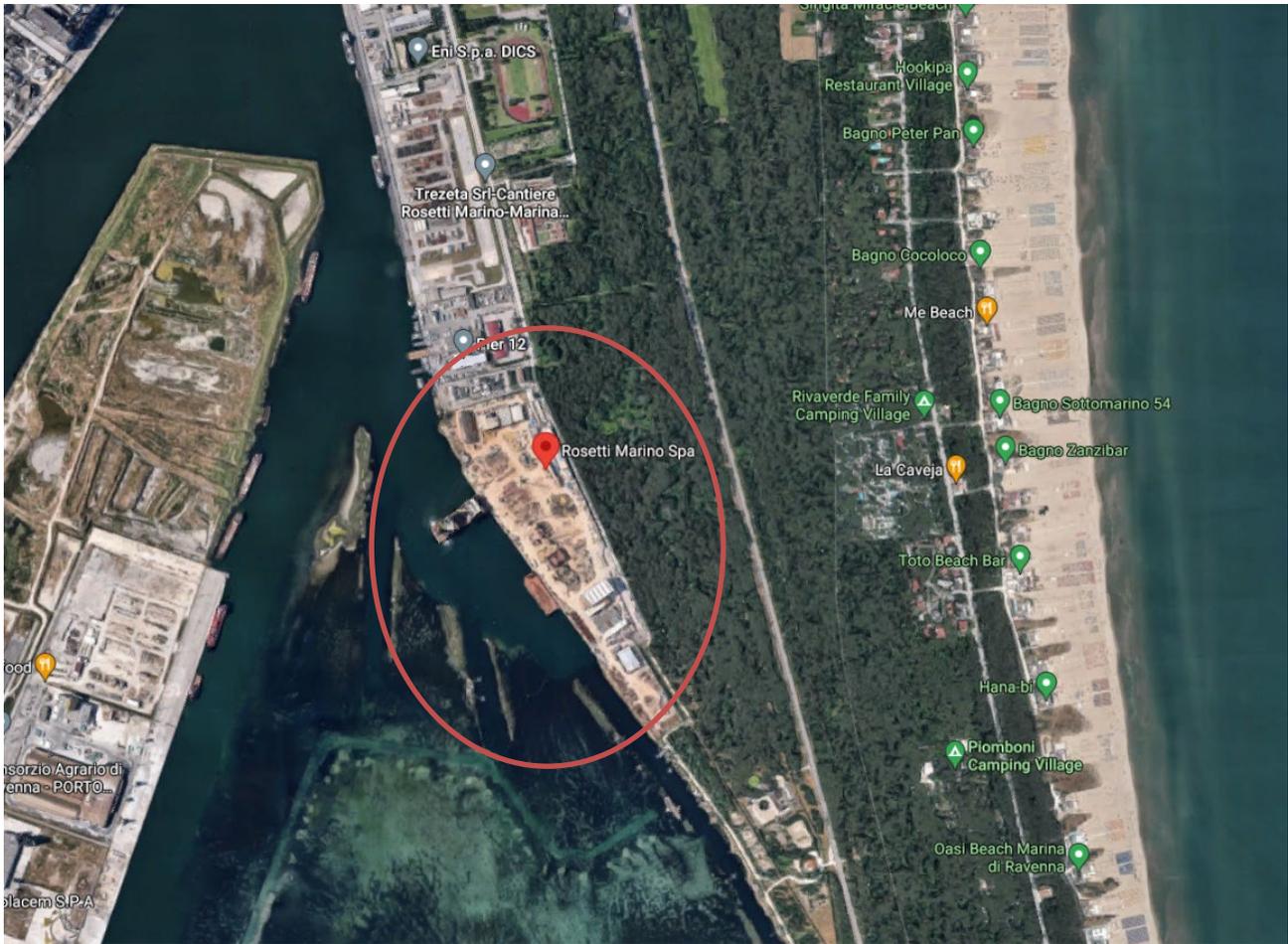
I livelli acustici risultanti dalle simulazioni effettuate sul modello prodotto sono stati confrontati con i limiti per l'emissione come da normativa vigente [11], in base alla classificazione effettuata.

**Tabella 3.5 - Valori limite di emissione**

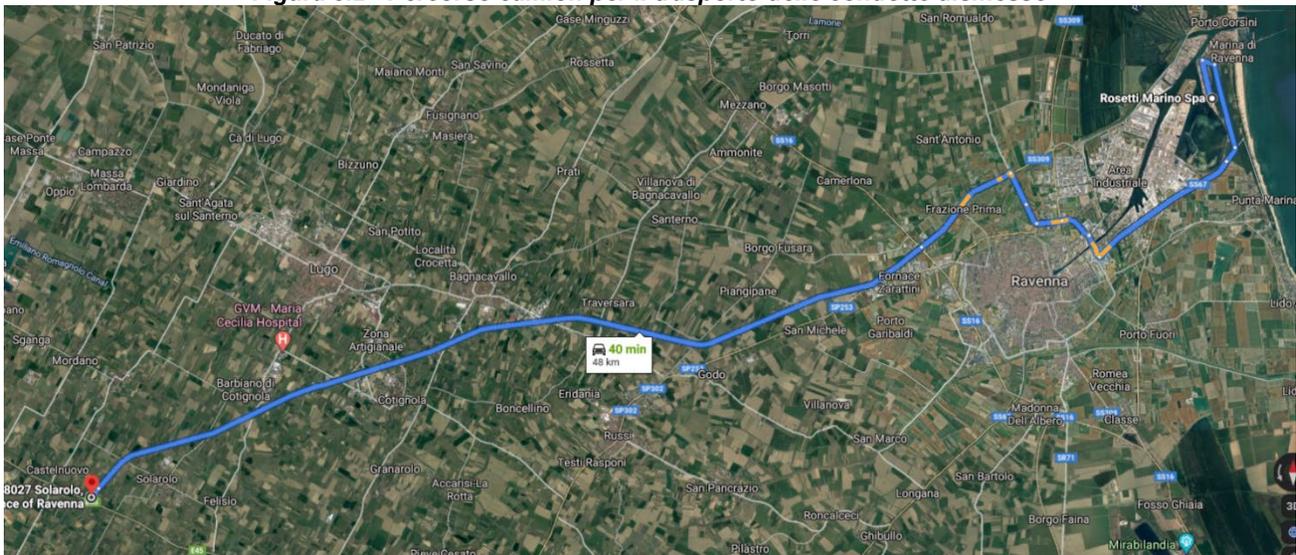
<b>VALORI LIMITE DI EMISSIONE- Leq in dB(A)</b>			
<b>Classi di destinazione d'uso del territorio</b>		<b>Tempi di riferimento</b>	
		<b>Periodo diurno (06-22)</b>	<b>Periodo notturno (22-06)</b>
<b>Classe 1</b>	Aree particolarmente protette	<b>45</b>	<b>35</b>
<b>Classe 2</b>	Aree prevalentemente residenziali	<b>50</b>	<b>40</b>
<b>Classe 3</b>	Aree di tipo misto	<b>55</b>	<b>45</b>
<b>Classe 4</b>	Aree di intensa attività umana	<b>60</b>	<b>50</b>
<b>Classe 5</b>	Prevalentemente industriali	<b>65</b>	<b>55</b>
<b>Classe 6</b>	Esclusivamente industriali	<b>65</b>	<b>65</b>

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 14 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

**Figura 3.1 - Sito Cantiere Rosetti Marino**

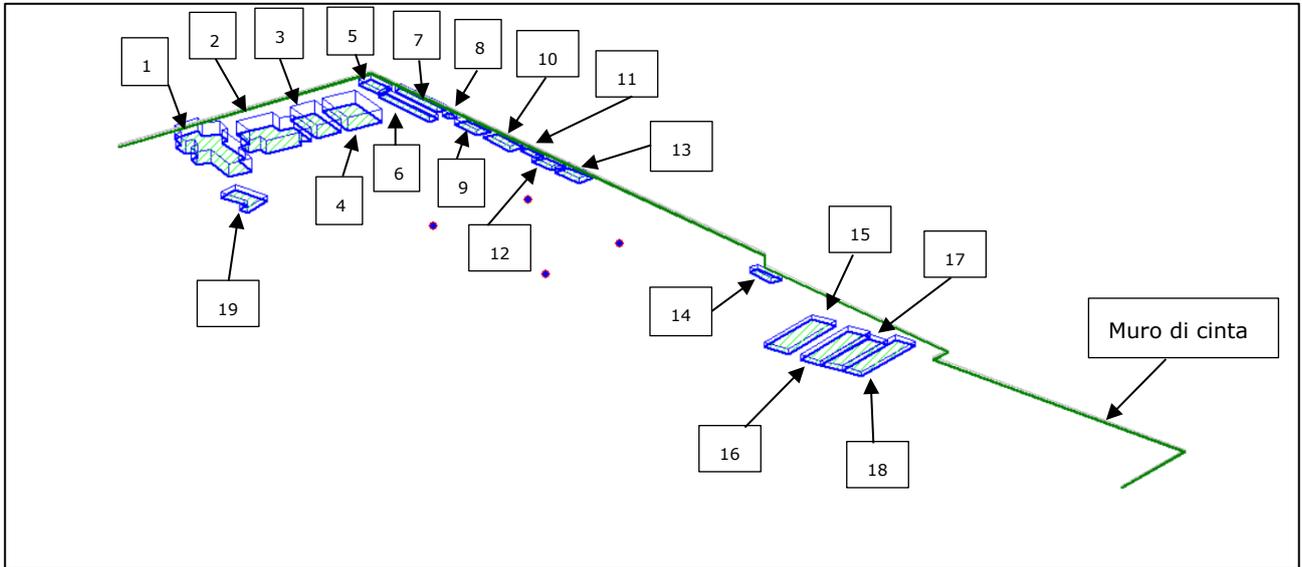


**Figura 3.2 - Percorso camion per il trasporto delle condotte dismesse**

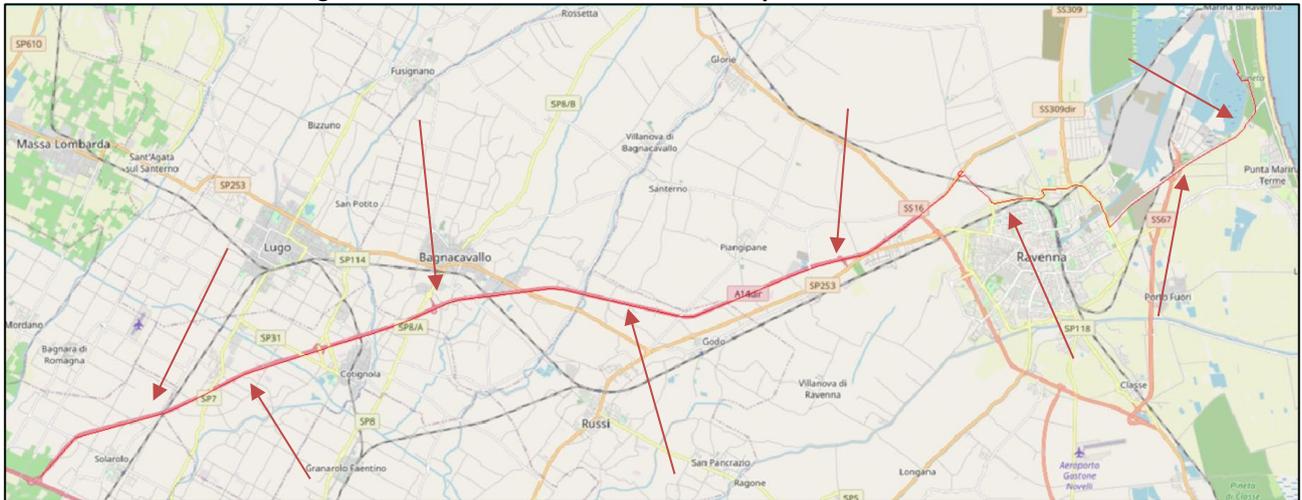




**Figura 3.3 - Vista 3D del modello numerico**



**Figura 3.4 - Modello numerico relativo al percorso dei camion**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 16 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

### 3.2.5 Limiti all'interno del cantiere

Per i limiti all'interno del cantiere si è fatto riferimento all'istruzione di Company "Noise and vibration management" ([8]), che è coerente con la legislazione nazionale; tali limiti sono riportati di seguito:

- Limite di 85 dB(A) per le aree di lavoro, durante la normale operatività (ad almeno un metro dalle apparecchiature), in caso di superamento, le aree devono essere considerate ad accesso limitato, con obbligo di apposita segnaletica (**legislazione italiana**).
- Per le aree di lavoro, durante la normale operatività, verrà effettuata un'ulteriore verifica con il limite di 83 dB(A) valore di riferimento per turni di lavoro da 12 h, (**opi sg hse 012 ep r01**)
- Il limite assoluto, valido in tutte le condizioni (p.es. emergenza) è pari a 110 dB(A).

Non sono stati considerati i limiti all'interno degli edifici in quanto è stato assunto che non presentino rilevanti sorgenti di rumore e che non risentano delle sorgenti al di fuori di essi, considerati i livelli di rumore all'esterno.

### 3.2.6 Impostazioni numeriche e analisi dei risultati

Lo studio modellistico ha riguardato due differenti aree di interesse:

- Le aree interne al cantiere e l'ambiente immediatamente contiguo ad essa. Allo scopo di calcolare la mappa di SPL in questa zona, è stata usata una griglia con celle di 0,5m x 0,5m. Una rappresentazione del modello completo, con l'indicazione delle sorgenti di rumore e degli edifici/ostacoli, è riportata in Figura 3.3.
- Gli spazi contigui al percorso effettuato dai camion per il trasporto (rappresentato in rosso e indicato dalle frecce rosse in Figura 3.4), con una particolare attenzione alle aree posizionate vicino alla costa e a quelle circostanti la città di Ravenna. In questo caso, al fine di calcolare la mappa di SPL relativa alle aree appena descritte, è stata utilizzata una griglia con celle di 20m x 20m.

In corrispondenza di tali aree è stato verificato il rispetto dei limiti acustici di legge.

Relativamente ai livelli nelle aree esterne al cantiere, è stato fatto un confronto con i limiti di rumore di emissione. Si ricorda che per valore limite di emissione si intende *"il rumore immesso in tutte le zone circostanti ad opera delle sorgenti sonore studiate"* (cioè quello emesso dalle attività oggetto di valutazione).

È stata inoltre svolta un'analisi della situazione acustica interna al cantiere, delle zone di maggior impatto acustico locale (dovuto ad esempio alla concentrazione di più sorgenti di rumore ravvicinate).

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 17 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 4 RISULTATI

In questo capitolo è riportata una panoramica dei principali risultati dello studio di valutazione degli impatti sonori prodotti dalle attività a terra connesse alla dismissione delle condotte per lo scenario di rimozione (Scenario B).

Tramite il software Soundplan è stata simulata la propagazione del rumore per le seguenti aree di interesse:

- Aree di cantiere all'aperto e zone contigue.
- Aree contigue al percorso effettuato dai camion per il trasporto dei rifiuti ai siti di conferimento, con particolare attenzione dedicata alle aree posizionate vicino alla costa e a quelle circostanti la città di Ravenna.

Per ciascuna area di interesse vengono riportate le mappe di rumore; esse si riferiscono ad un'altezza di 1.5 m sopra il terreno per l'intera area di interesse simulata (Figura 4.1, Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4).

Di seguito si riportano alcune considerazioni emerse dall'analisi dei risultati:

- L'effetto di schermatura dovuto agli ostacoli più grandi implementati nella simulazione è chiaramente visibile.
- Le posizioni maggiormente affette dall'impatto sonoro sono quelle più vicine alle apparecchiature più rumorose, sebbene l'impatto sonoro sia limitato anche in queste zone.
- Le uniche zone all'interno del cantiere in cui viene superato il limite di 85 dB(A) anche a distanze maggiori di 1 m, sono quelle che circondano le sorgenti. Per questo motivo si raccomanda l'obbligo di utilizzo di DPI per la protezione dell'apparato uditivo per il personale di cantiere operante in vicinanza (a meno di 4 m) dei macchinari, per i macchinari in posizione fissa è raccomandato limitare l'area ed indicare l'obbligo di utilizzo di DPI per la protezione dell'apparato uditivo con apposita segnaletica.
- La stessa valutazione può essere effettuata considerando il limite di 83 dB(A) per turni lavorativi fino a 12 h, in questo caso, il limite viene superato entro i 7 m dai macchinari in funzione, e va considerato solo per personale rimanente nell'area con alto livello acustico per le 12 h del turno (o comunque per più di 8 h), anche in questo caso è richiesto l'obbligo di utilizzo di DPI per la protezione dell'apparato uditivo e resta valida l'installazione di apposita segnaletica

 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 18 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

#### 4.1 Area di cantiere all'aperto

Le aree di cantiere più rumorose risultano in vicinanza delle sorgenti puntiformi descritte in precedenza (Paragrafo 3.2.3), specialmente in vicinanza della sorgente "Forklift", la quale presenta una potenza di emissione sonora pari a 107 dB(A); tutte le altre zone interne al cantiere sono invece caratterizzate da un livello di pressione sonora compreso tra 60 e 65 dB(A).

L'analisi relativa al rumore calcolato ai confini del cantiere evidenzia che il limite di emissione (65 dB(A), vedi Paragrafo 3.2.4) è rispettato in tutte le zone adiacenti all'area di cantiere.

**Figura 4.1 - Mappa di rumore dell'area di cantiere e delle aree contigue**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 19 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

#### 4.2 Aree contigue al percorso dei camion

Il livello acustico nelle aree circostanti il percorso dei camion utilizzati per il trasporto a destinazione dei rifiuti prodotti dalle attività di dismissione delle condotte è stato valutato con particolare attenzione alle zone posizionate vicino alla costa e a quelle circostanti la città di Ravenna.

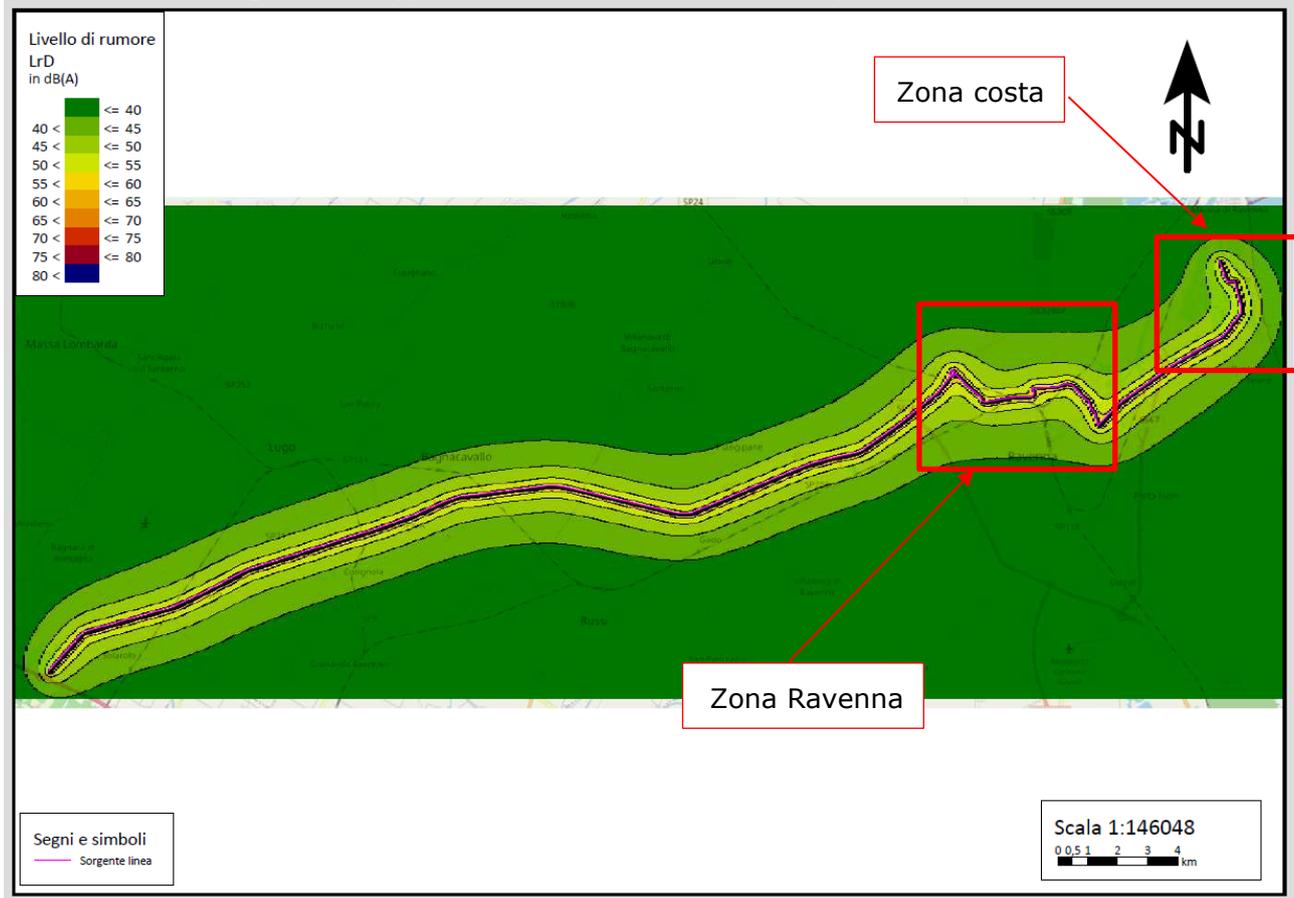
L'analisi è stata effettuata tenendo in considerazione le seguenti assunzioni:

- È stato utilizzato un coefficiente di assorbimento del terreno uniforme, pari a 0,5, questa valutazione è stata fatta considerando che l'area circostante risulta piuttosto disomogenea e per gran parte coperta da vegetazione (vedi *Figura 3.2*). Si consideri inoltre che normalmente sono utilizzati i seguenti valori di assorbimento:
  - o Zone industriali: 0 – 0,1
  - o Terreno spoglio: 0 (valore cautelativo)
  - o Specchi d'acqua: 0
  - o Zone a urbanizzazione discontinua: 0,5
  - o Zone coperte da vegetazione: 1
- All'esterno dell'area di cantiere, conservativamente non sono stati considerati gli ostacoli (edifici, barriere) presenti tra la sorgente lineare e le aree sensibili, che possono ridurre ulteriormente la propagazione del rumore verso di esse.

In accordo alle assunzioni definite ed alle mappe di rumore riportate in *Figura 4.2*, *Figura 4.3* e *Figura 4.4*, è possibile affermare che non sono state individuate zone in cui si sia evidenziato un superamento del limite stabilito per queste aree, che nel periodo diurno è pari a 55 dB(A), ad esclusione dell'area adiacente la carreggiata; si segnala inoltre che i risultati sono dovuti al traffico esistente, in quanto l'impatto del traffico generato dai trasporti richiesti al progetto (n. 1 camion/giorno), risulta trascurabile (< 0,01 dB(A)).



Figura 4.2 - Mappa di rumore delle zone circostanti il percorso dei camion



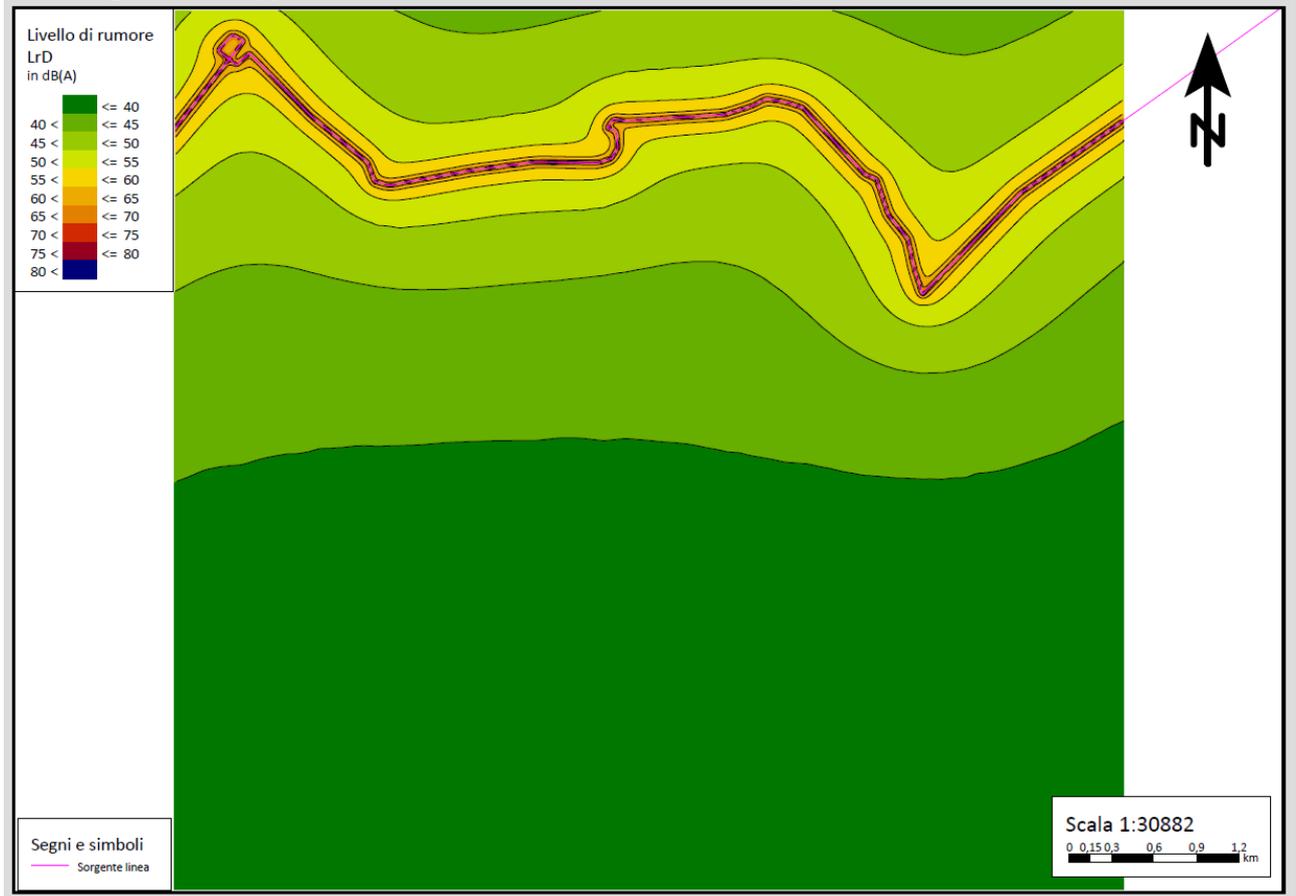


**Figura 4.3 - Mappa di rumore delle zone circostanti il tratto di percorso vicino alla costa**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 22 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

**Figura 4.4 - Mappa di rumore delle zone circostanti il tratto di percorso vicino alla città di Ravenna**



 <b>Eni SpA</b> Distretto Centro Settentrionale	Data Marzo 2023	Doc. N° SICS_266	Rev. 00	Foglio 23 di 23
---	--------------------	---------------------	------------	--------------------

## 5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Anas Dati TGMA 2019
- [2] SoundPLAN (v.8.1) ([www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/](http://www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/))
- [3] catalogue-CVS-ECH\_RS\_0519 - Catalogue: The Box Swinger
- [4] GRIL\_13.12\_04.2018 - Catalogue: Gril 13.12 Light Duty
- [5] <https://www.atlascopco.com/en-uk/construction-equipment/products/power-diesel-generators/mobile-diesel-generators/mobile-diesel-generator>
- [6] WP 3.1.1 - Road traffic noise - Description of the calculation method
- [7] opi-sg-hse-012-ep-01 - Noise and Vibration Management
- [8] Direttiva 2000/14/CE - Emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto
- [9] Direttiva 2005/88/CE - Modifica della direttiva 2000/14/CE (Emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto)
- [10] D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- [11] ISO 9613-2:1996 - Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation