

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 1 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## TERMINALE DI PORTOVESME

Idrodinamica costiera e dell'area portuale



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
02	EMISSIONE PER ENTI	P. DE GIROLAMO	G.SAGARIA	G. MONTI	15/11/21
01	EMISSIONE PER COMMENTI	P. DE GIROLAMO	G.SAGARIA	G. MONTI	10/09/21
00	EMISSIONE PER COMMENTI	P. DE GIROLAMO	G.SAGARIA	G. MONTI	23/08/21

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 2 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DI PORTOVESME	4
3.	OBIETTIVI E METODOLOGIA DI LAVORO	5
4.	DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO	6
4.1.	Marea Astronomica	6
4.2.	Vento	6
5.	STUDIO NUMERICO DELL' IDRODINAMICA COSTIERA	8
5.1.	Descrizione metodologia e modello di calcolo DELFT3D-FM FLOW	8
5.2.	Validazione dei risultati con solo marea astronomica	11
5.3.	Risultati dei campi idrodinamici relativi alle simulazioni con marea astronomica e vento	14
5.3.1.	Risultati per lo scenario di vento Tr = 25 anni	15
5.3.2.	Risultati per lo scenario di vento Tr = 50 anni	20
5.3.3.	Risultati per lo scenario di vento Tr = 100 anni	24
6.	SINTESI DEI RISULTATI	28

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 3 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## 1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La Società Snam Rete Gas ("SRG"), società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A ("Snam"), una delle principali società di infrastrutture energetiche e principale TSO (Transport System Operator - gestore del sistema di trasporto gas) in ambito europeo, intende allestire nel porto di Portovesme un terminale di rigassificazione per consentire su un mezzo navale permanentemente ormeggiato:

- lo stoccaggio e la vaporizzazione di gas naturale liquefatto (GNL) per il suo trasferimento nella rete di trasporto di gas naturale a terra che sarà realizzata da Enura SpA, Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam;
- Servizi di Small Scale LNG attraverso:
  - La distribuzione di GNL tramite autocisterne (truck loading);
  - La distribuzione di GNL con apposite navi metaniere "bunkering vessels".

In particolare, il Terminale sarà costituito da una unità navale di stoccaggio e rigassificazione flottante (FSRU, Floating Storage Regasification Unit) con una capacità di stoccaggio di circa 130.000 m<sup>3</sup> di GNL e una capacità di rigassificazione massima di circa 330.000 Sm<sup>3</sup>/h. La FSRU sarà permanentemente ormeggiata lungo la banchina Est del porto di Portovesme (SU).

Il progetto è parte integrante del più ampio progetto di "Collegamento Virtuale" (Virtual Pipeline) per l'approvvigionamento di gas naturale alla Sardegna, che Snam, in qualità di principale operatore di trasporto e dispacciamento di gas naturale sul territorio nazionale, intende realizzare, anche attraverso le sue controllate e partecipate come Snam Rete Gas ed Enura, in coerenza con la legge del 11 settembre 2020, n. 120 «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitali» (c.d. Decreto Semplificazioni).

Il presente rapporto descrive lo studio dell'idrodinamica costiera e dell'area portuale redatto a supporto del progetto che prevede l'installazione nel porto commerciale di Portovesme (frazione di Portoscuso, provincia di Sud Sardegna) di una nave gasiera opportunamente modificata (FSRU) per consentire lo stoccaggio e la vaporizzazione di GN liquido (GNL) proveniente principalmente dal sito SNAM di Panigaglia (SP).

Lo studio è stato eseguito dal Prof. Ing. Paolo De Girolamo che si è avvalso della collaborazione del Dott. Ing. Myrta Castellino e del Dott. Ing. Gioele Ruffini, entrambi PhD e specialisti nel campo dell'idraulica marittima.

Committente  	Progettista  	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località  PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 4 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DI PORTOVESME

Con riferimento alla Figura 2-1, Portovesme è localizzato sulla costa Sud-occidentale della Sardegna e si affaccia sulla porzione di mare protetta dalle Isole di S. Pietro e di S. Antioco la quale è caratterizzata da bassi fondali e da secche rocciose anche affioranti dal livello del mare. L'accesso al porto è garantito da un canale dragato, segnalato da mede, orientato lungo la direzione Ovest-Nord-Ovest. Si prevede di ormeggiare la FSRU lungo la banchina Est del Porto.

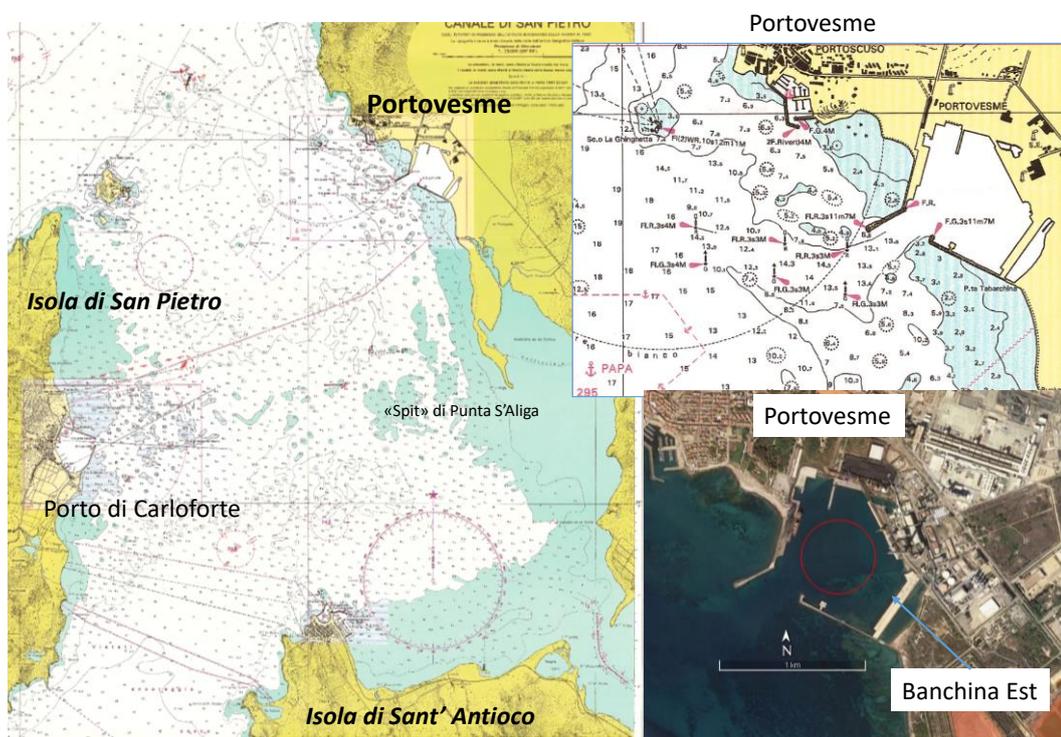


Figura 2-1 - Localizzazione geografica di Portovesme e della banchina Est dove si prevede di ormeggiare la FSRU.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 5 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

### 3. OBIETTIVI E METODOLOGIA DI LAVORO

L'obiettivo del presente lavoro è quello di definire la circolazione idrodinamica che si verifica lungo la costa e all'interno di Portovesme a causa sia della sola marea astronomica, sia della marea astronomica associata a condizioni di vento estreme al fine di valutare i massimi valori di corrente che si possono verificare nel porto e in particolare che possono agire sulla FSRU che sarà ormeggiata per circa 25 anni lungo la banchina Est.

A scopo cautelativo, per la marea astronomica si è preso in esame un ciclo di marea sizigiale medio che produce, in media, le massime escursioni di livello mensili e quindi le massime correnti mensili.

Per quanto riguarda il vento si sono prese in esame le condizioni anemometriche più gravose definite nell'ambito dello studio meteomarino, ovvero condizioni di vento provenienti da maestrale con tempo di ritorno di 25, 50 e 100 anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 6 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## 4. DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO

### 4.1. Marea Astronomica

Per definire le condizioni al contorno lungo i contorni “aperti” – verso il mare - del dominio di calcolo è stata imposta una marea astronomica sizigiale di media intensità idonea a produrre le massime escursioni di livello mensili e di conseguenza le massime correnti mensili.

Poiché a Portovesme non sono disponibili misure mareografiche, per definire il ciclo di marea da assumere nel calcolo si è fatto riferimento alla stazione mareografica di Carloforte gestita dall'ISPRA, posta a breve distanza da Portovesme.

Nella Figura 4-1 è riportato il ciclo di marea sizigiale medio a Carloforte preso in esame per le simulazioni numeriche.

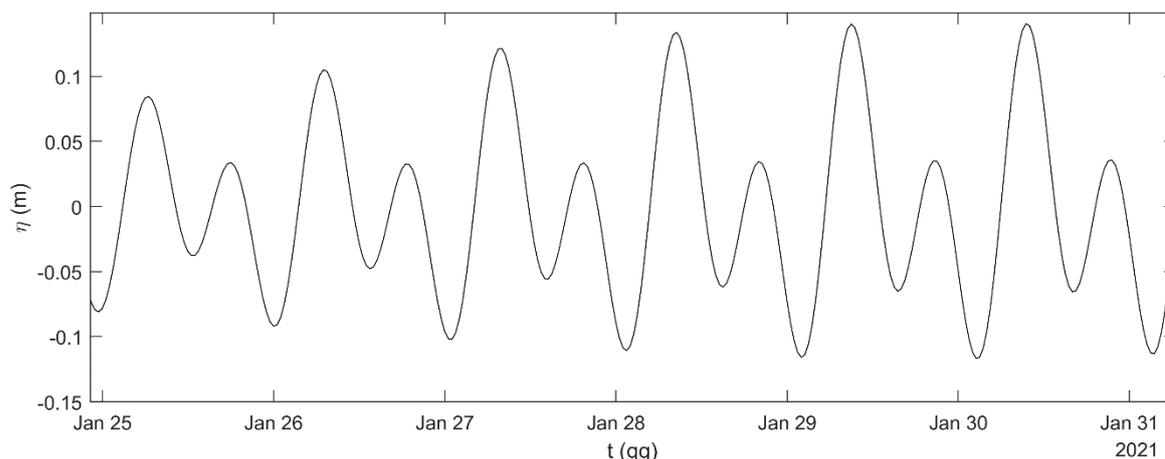


Figura 4-1 Marea astronomica nel periodo di sizigia media che si è verificata nel Porto di Carloforte nel mese di gennaio 2021 e che è stata utilizzata per le simulazioni numeriche.

Stabilito il ciclo di marea da riprodurre a Carloforte, le condizioni al contorno in termini di variazioni di livello del mare sono state imposte lungo i contorni del modello numerico mediante il codice Open Earth Tool in modo tale da ottenere a Carloforte il ciclo di marea selezionato.

### 4.2. Vento

Per la definizione delle condizioni di vento da utilizzare per forzare l'idrodinamica nell'area di interesse, si è fatto riferimento alle condizioni di vento estreme ( $T_r = 25, 50$  e  $100$  anni) provenienti da maestrale ( $300^\circ$  N) definite nello studio meteomarinario (vedi documento 100-ZA-E-10008 Studio Meteomarinario). Nella Tabella 4-1, estratta dallo studio meteomarinario, sono riportate le velocità del vento e le relative direzioni di provenienza per i tre tempi di ritorno utilizzati.

Le condizioni di vento riportate nella tabella sono state assunte costanti in tutta l'area simulata.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 7 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

*Tabella 4-1 Condizioni al contorno di vento.*

<b>Tr (anni)</b>	<b>W10 (kn)</b>	<b>DIR (°N)</b>
25	47.44	300
50	49.80	300
100	52.45	300

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 8 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## 5. STUDIO NUMERICO DELL' IDRODINAMICA COSTIERA

### 5.1. Descrizione metodologia e modello di calcolo DELFT3D-FM FLOW

Il modello numerico utilizzato per calcolare l'idrodinamica costiera e portuale forzata dalla marea e dal vento è DELFT3D-FM FLOW che è stato sviluppato da Deltares.

Il modello risolve le equazioni di Navier-Stokes utilizzando l'ipotesi di "acqua bassa" ("shallow water") con l'approssimazione di Boussinesq. Tale modello è stato utilizzato nel presente lavoro nella sua formulazione integrata sulla verticale.

Il codice consente di schematizzare il dominio di calcolo mediante una griglia agli elementi finiti e quindi permette di aumentare la risoluzione spaziale nelle aree in cui si sviluppano i massimi gradienti di velocità e di seguire agevolmente i contorni "terra", costituiti dalla costa e dalle opere marittime, anche fortemente irregolari.

La griglia di calcolo utilizzata (vedi Figura 5-1), di forma rettangolare, ha la stessa estensione spaziale di quella utilizzata per lo studio 100-ZA-E-10009 "Propagazione del moto ondoso da largo a riva" e quindi ha le dimensioni di 62.5 km x 52.5 km. La griglia è ruotata rispetto al Nord geografico in modo tale da presentare il lato NO del dominio di calcolo perpendicolare alla direzione di provenienza del vento analizzata (300°N) come mostrato nella Figura 5-1.

La Figura 5-2 e la Figura 5-3 mostrano due particolari della griglia di calcolo rispettivamente della zona prospiciente Portovesme e dell'area interna portuale. La risoluzione spaziale della griglia varia da un massimo di 250.0 m a largo ad un minimo di 10.0 m vicino e all'interno dell'area portuale di Portovesme. Nella Figura 5-3 sono indicate le posizioni dei tre punti denominati P1, P2 e P3, posti lungo la banchina Est dove verrà ormeggiata la FSRU, in corrispondenza dei quali sono state valutate le velocità delle correnti indotte da marea e vento.

Per quanto riguarda la batimetria sono state utilizzate le seguenti sorgenti di dati:

- carte nautiche IGMI CN45, 46, 47;
- carta nautica IGMI CN 294-Canale di S.Pietro;
- dati batimetrici Emodnet;
- rilievo batimetrico dell'area portuale eseguito dalla Geosintech nel 2019;
- planimetria generale dell'area di dragaggio stato di Progetto relativo al Progetto Definitivo di dragaggio (Capogruppo mandataria: Intercantieri Vittadello) redatto nel 2016.

Lungo i contorni aperti della griglia di calcolo (lati NE, NO, SO e SE) è stata imposta mediante l'ausilio del codice Open Earth Tool, la variazione nel tempo della marea astronomica, opportunamente sfasata nello spazio sia nel tempo che in ampiezza, in modo tale da riprodurre in corrispondenza del Porto di Carloforte la marea astronomica riportata in Figura 4-1.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 9 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

Per quanto riguarda il vento, la sua azione è stata assunta costante sia nel tempo che in intensità e in direzione sull'intero dominio di calcolo.

Come mostrato in Figura 5-4, per ridurre i fenomeni di instabilità numerica che potrebbero insorgere nelle simulazioni applicando in modo repentino un vento di intensità elevata, questo è stato applicato con una rampa iniziale incrementando linearmente la sua velocità partendo da un valore nullo. La rampa ha una durata di 18.5 h al termine della quale si raggiunge la velocità finale che poi è stata mantenuta costante nelle successive 24 ore durante le quali si verifica la marea sizigiale stabilita. La rampa di incremento del vento è stata inizializzata quando si verifica la velocità massima della corrente indotta da marea astronomica nelle 24 h precedenti all'intervallo di tempo analizzato (velocità massima di flusso o "flood") in modo tale da ridurre ulteriormente i fenomeni di instabilità numerica.

Per i parametri e le variabili che caratterizzano le simulazioni numeriche sono stati utilizzati valori "standard" suggeriti dalla letteratura specializzata in situazioni idrodinamiche e morfologiche simili.

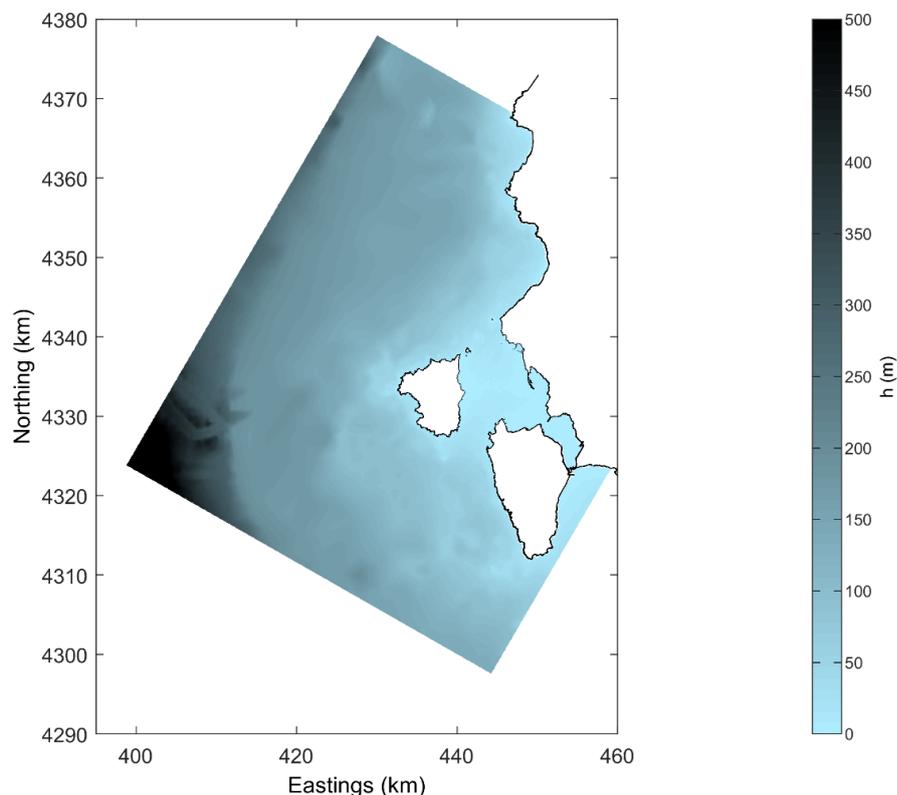


Figura 5-1 Griglia di calcolo.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località <b>PORTOVESME (SU)</b>	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto <b>TERMINALE DI PORTOVESME</b>	Pag. 10 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

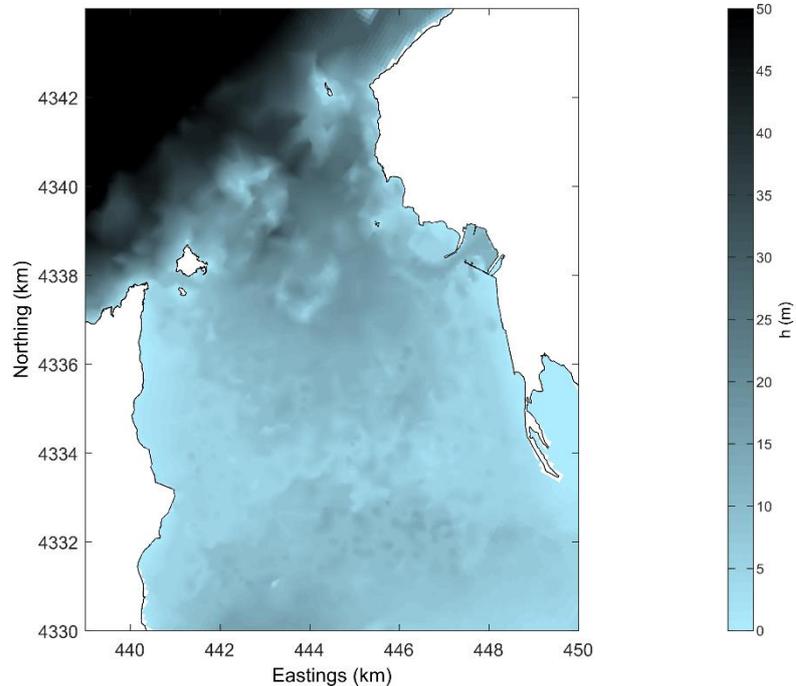


Figura 5-2 Ingrandimento nella zona prospiciente Portovesme.

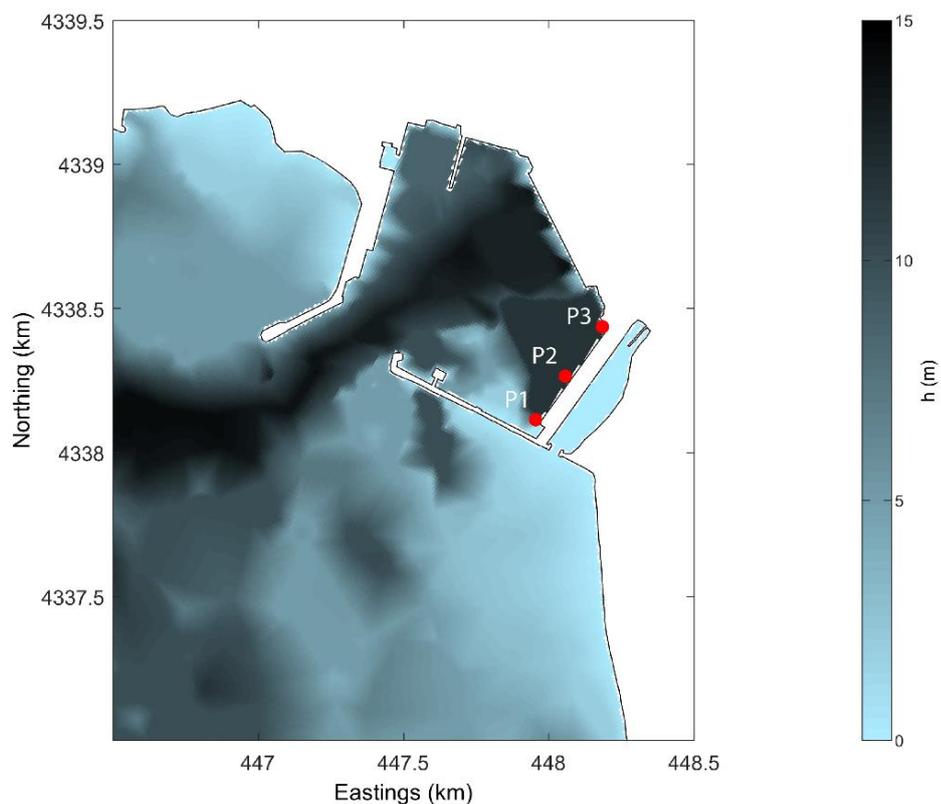


Figura 5-3 Particolare della zona portuale di Portovesme.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 11 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

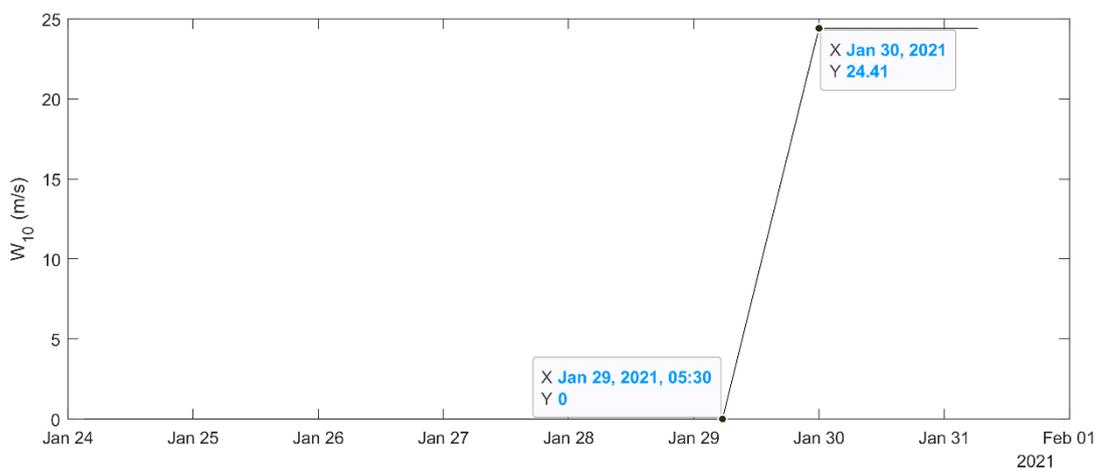


Figura 5-4 Serie temporale della rampa di crescita del vento per una simulazione con vento con  $Tr = 25$  anni.

## 5.2. Validazione dei risultati con solo marea astronomica

In una prima fase del lavoro sono state condotte alcune simulazioni nell'ambito delle quali si è considerata come forzante della circolazione costiera solo la marea astronomica. In tal modo si è potuto verificare il corretto funzionamento del modello numerico controllando la sua inizializzazione al fine di ottenere condizioni di regime stabili.

Inoltre, nell'ambito di questa fase, è stata eseguita la validazione delle condizioni al contorno utilizzate per riprodurre la marea astronomica comparando i risultati in termini di marea astronomica ottenuti numericamente in corrispondenza del Porto di Carloforte con quelli previsti per lo stesso porto.

I risultati della comparazione sono mostrati nella Figura 5-5 dove sono riportate le variazioni di livello del mare previste (predette) e ottenute numericamente in corrispondenza dell'imboccatura portuale di Carloforte. In totale sono stati simulati 6 giorni, di cui 5 giorni precedono il ciclo di 24 ore di marea oggetto delle simulazioni il quale è delimitato nella figura da due linee tratteggiate verticali grigie.

Ponendo l'attenzione sulla Figura 5-5 si osserva come al passare del tempo si riducano le differenze tra la marea prevista e simulata per Carloforte fino a raggiungere nella finestra temporale di effettiva simulazione compresa tra il 30 e il 31 gennaio 2021 differenze molto modeste nell'ordine del 3-4%. La ragione di queste modeste differenze è probabilmente dovuta al fatto che nelle simulazioni non è stato riprodotto l'interno del Porto di Carloforte dove invece viene effettuata la previsione della marea astronomica. Infatti il paragone è stato effettuato utilizzando il segnale di marea calcolato nei pressi dell'imboccatura del Porto.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 12 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

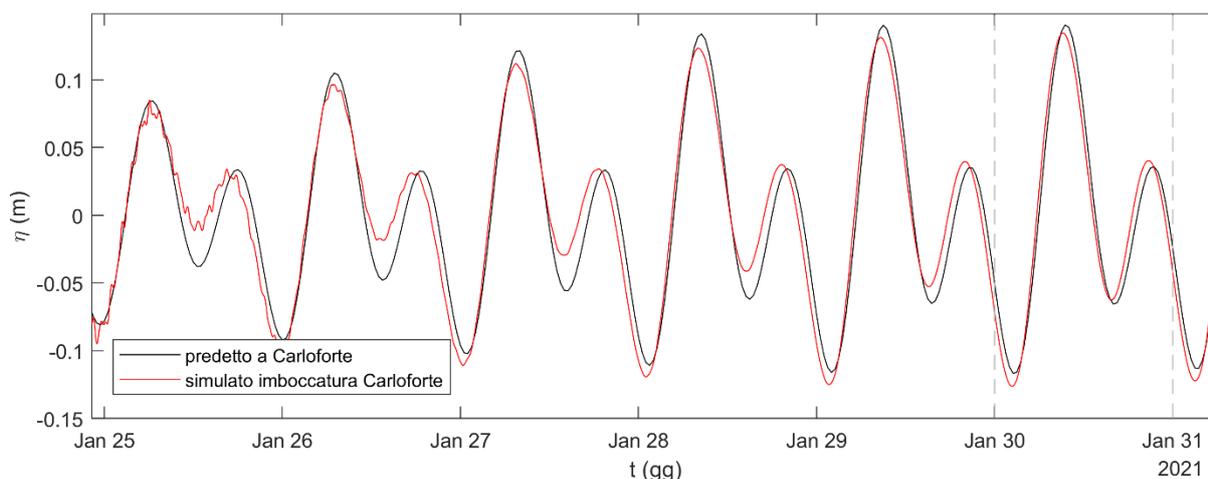


Figura 5-5 Validazione della serie temporale della marea astronomica.

Nella Figura 5-6 e nella Figura 5-7 sono mostrate rispettivamente le serie temporali della variazione della superficie libera rispetto al livello medio marino (l.m.m.) e i moduli delle velocità omnidirezionali calcolati nei punti P1, P2 e P3 della banchina Est di Portovesme la cui posizione è riportata nella Figura 5-3.

Si osserva che i valori massimi del modulo delle velocità indotte dalla sola marea astronomica, che risultano sempre estremamente piccoli, sono sfasati rispetto ai livelli idrici e si verificano quando il livello di marea passa per lo zero che coincide con il livello medio marino.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 13 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

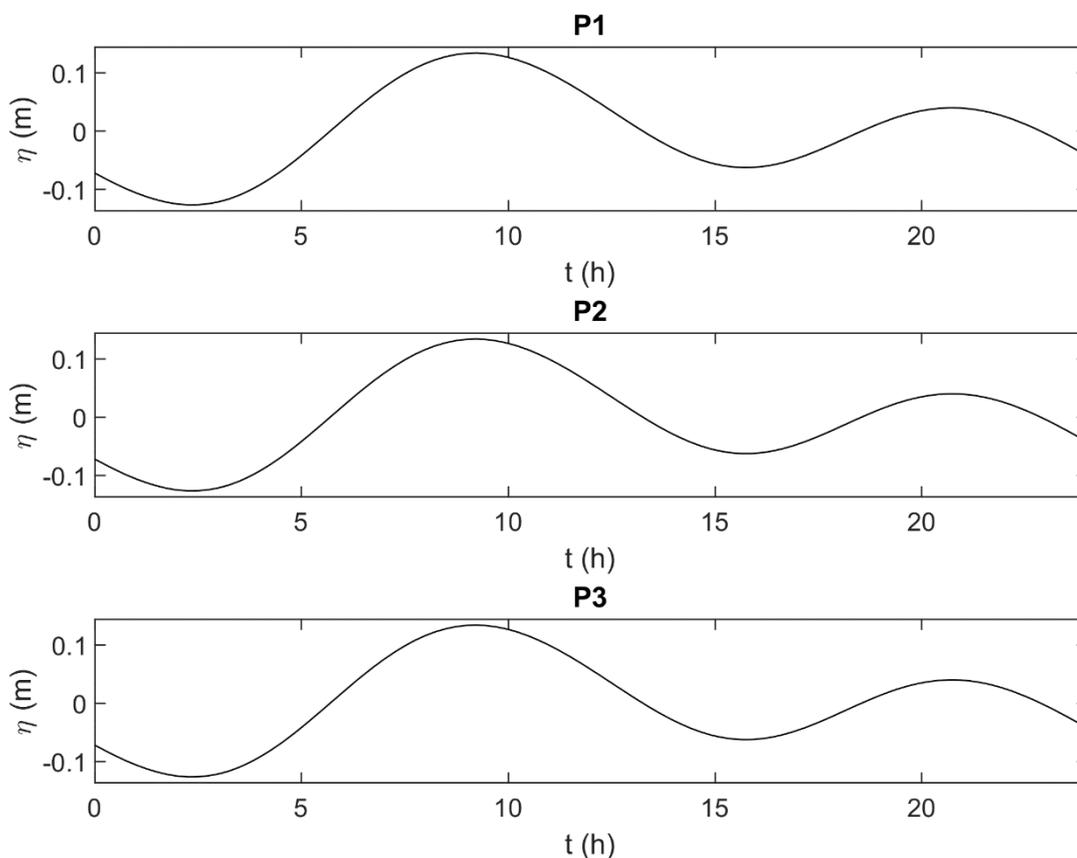


Figura 5-6 Serie temporale della variazione della superficie libera rispetto al l.m.m. nei punti P1, P2 e P3 per una simulazione con solo marea astronomica.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 14 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

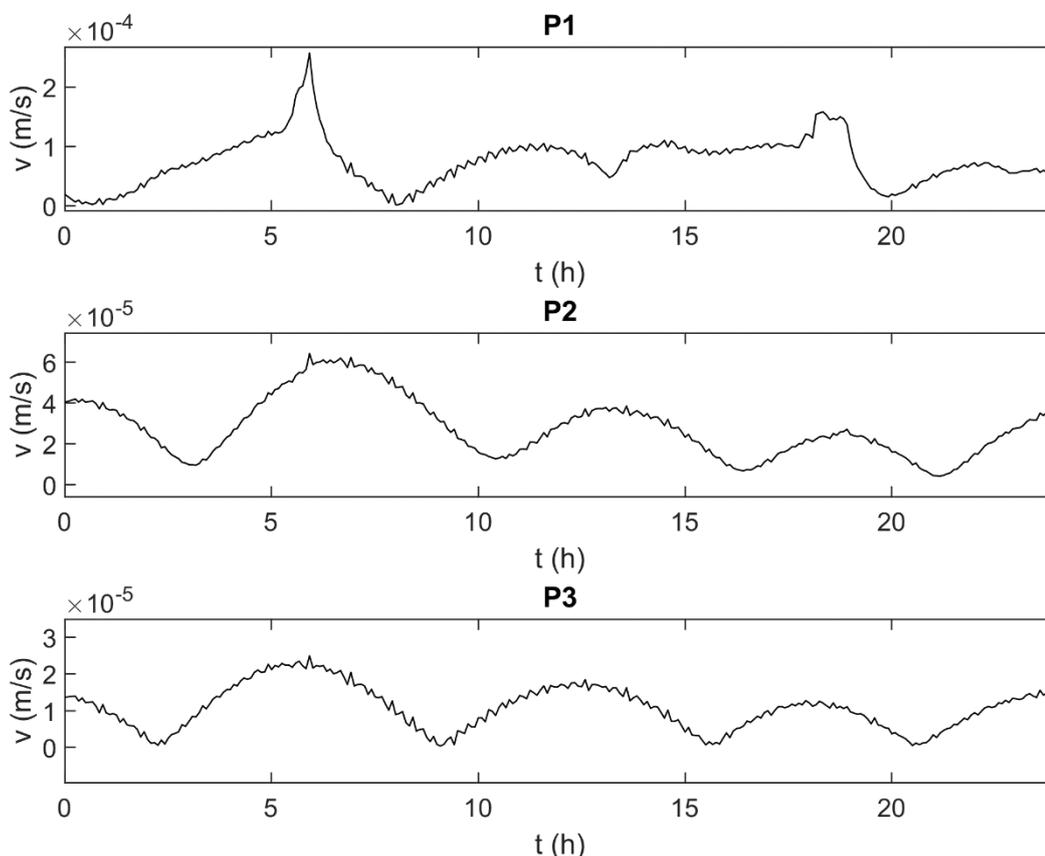


Figura 5-7 Serie temporale del modulo della velocità omnidirezionale nei punti P1, P2 e P3 per una simulazione con solo marea astronomica.

### 5.3. Risultati dei campi idrodinamici relativi alle simulazioni con marea astronomica e vento

Sono riportati di seguito i risultati dei campi idrodinamici ottenuti per i tre scenari di vento analizzati relativi ai tempi di ritorno di 25, 50 e 100 anni.

Per ciascuno scenario di velocità del vento sono riportati i seguenti risultati:

- il campo di velocità della corrente nel canale compreso tra Portovesme e l'Isola di S. Pietro definito nella Figura 5-2, nell'istante di tempo in cui si verifica la massima velocità della corrente idrica all'interno di Portovesme;
- il campo di velocità della corrente nella porzione di mare in cui ricade Portovesme e il suo canale di accesso definita nella Figura 5-3, nell'istante di tempo in cui si verifica la massima velocità della corrente idrica all'interno di Portovesme.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 15 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

Inoltre sono riportate le variazioni temporali (i) della superficie libera rispetto al l.m.m. e (ii) dei moduli delle velocità omnidirezionali nei punti P1, P2 e P3 della banchina Est.

### 5.3.1. Risultati per lo scenario di vento $Tr = 25$ anni

La Figura 5-8 e la Figura 5-9 mostrano il modulo e la direzione del campo idrodinamico indotto dal vento e dalla marea nell'istante in cui si verificano i massimi valori in modulo della velocità all'interno di Portovesme.

In particolare queste figure evidenziano i seguenti aspetti:

- la velocità media sulla verticale della corrente, diretta prevalentemente lungo la direzione di azione del vento, è influenzata in termini direzionali dalla costa e nella sua intensità dai fondali tendendo ad aumentare in modulo dove si riducono i fondali e quindi aumentano le dissipazioni di energia;
- il pennello orientato lungo la direzione Sud-Ovest Nord-Est, che delimita il lato Ovest dell'imboccatura portuale, indirizza verso l'esterno del porto la corrente longitudinale costiera forzata dal vento e proveniente da Nord-Ovest deviando di conseguenza verso il largo eventuali sedimenti costieri che comunque sono da considerarsi di modesta entità essendo il litorale prevalentemente roccioso;
- la corrente sopra descritta deviata dal pennello forma all'esterno del porto un vortice anti-orario il quale determina, in aderenza al molo Est che delimita l'imboccatura portuale, una debole corrente di ritorno diretta verso l'imboccatura portuale (vedi Figura 5-9) la quale però non è sicuramente in grado di trasportare rilevanti quantitativi di materiale solido di fondo verso l'imboccatura portuale stessa sia a ragione della sua limitata intensità, sia a ragione della mancanza nella zona di significativi quantitativi di materiale incoerente;
- all'interno del porto si genera in prossimità della banchina Est, dove verrà ormeggiata la FSRU, un vortice anti-orario la cui intensità aumenta nella zona di fondale esclusa dal dragaggio (caratterizzata da basse profondità) posta in aderenza al lato interno del molo Est che delimita l'imboccatura portuale. Questa corrente potrebbe essere in grado di trasportare parte del materiale non dragato nella zona di ormeggio della FSRU.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 16 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

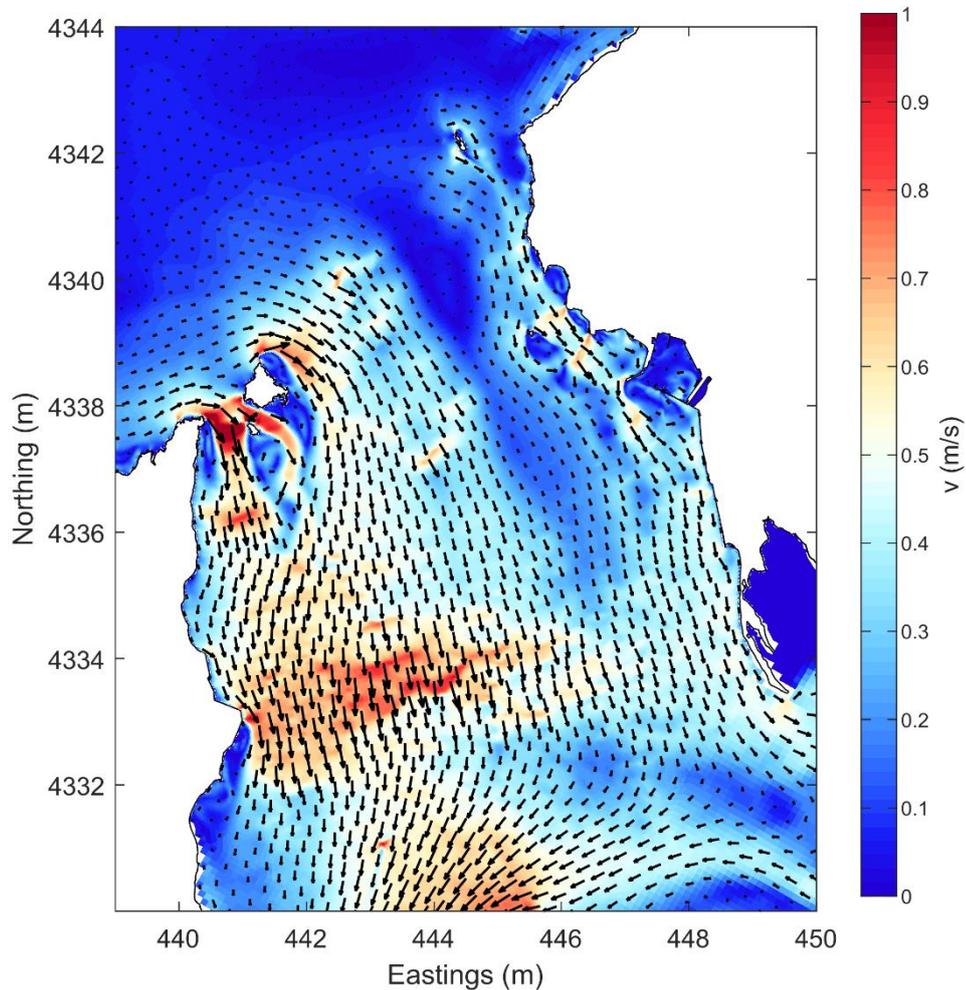


Figura 5-8 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima nell'area prospiciente Portovesme per marea e vento con  $T_r = 25$  anni.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 17 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

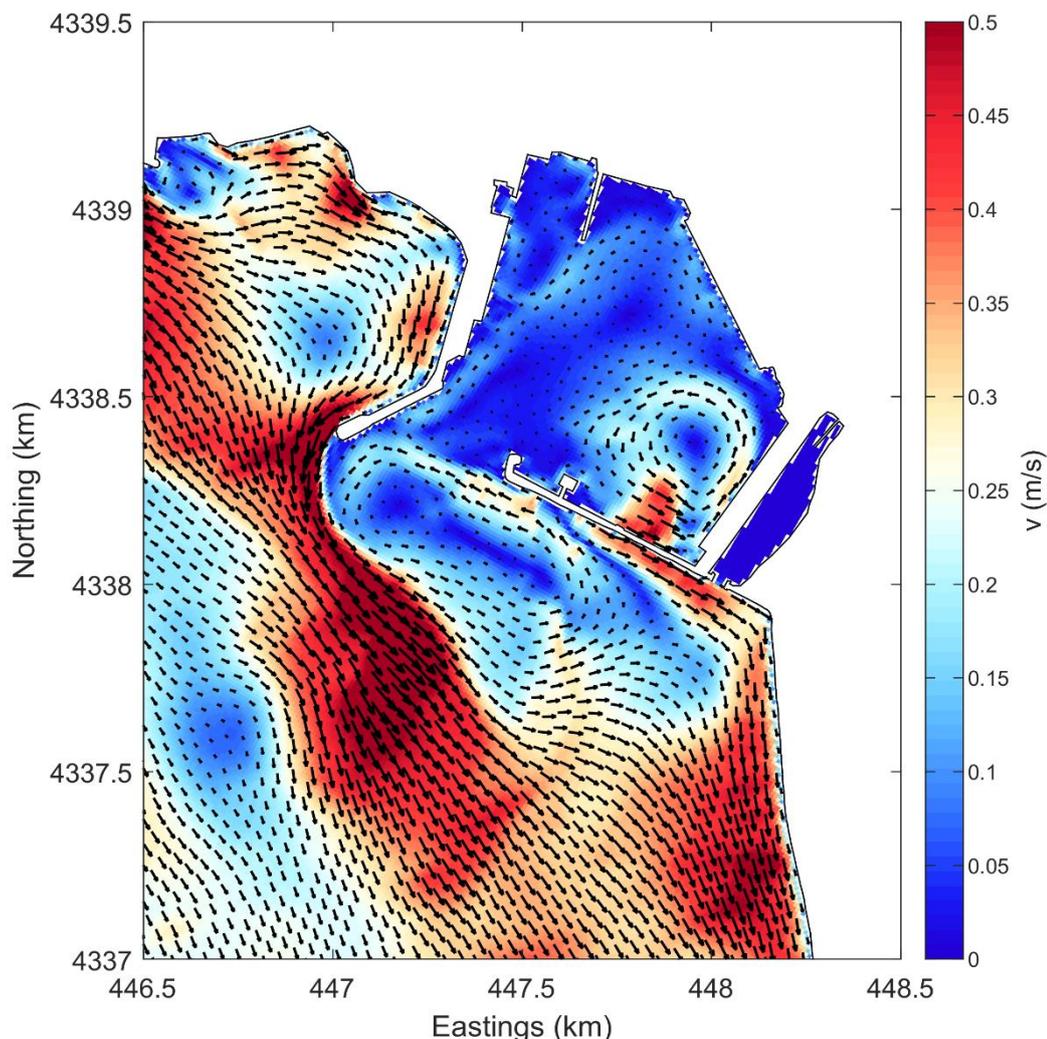


Figura 5-9 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima dentro Portovesme per marea e vento con  $T_r = 25$  anni.

Nella Figura 5-10 e nella Figura 5-11 sono mostrate rispettivamente per i punti P1 (Sud), P2 (centro) e P3 (Nord) posti lungo la banchina Est del Porto (vedi Figura 5-3):

- le serie temporali della variazione della superficie libera rispetto al l.m.m.;
- le serie temporali della variazione del modulo della velocità della corrente idrica omnidirezionale.

Le figure mostrano che:

- le variazioni di livello presentano un valor medio superiore al livello medio marino a causa del sovrizzo di livello indotto dall'azione del vento;

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 18 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

- solo nei punti P1 e P2, dove si riscontrano le massime intensità della corrente idrica, le variazioni di livello risultano in fase con le velocità della stessa corrente idrica;
- il massimo valore della velocità si riscontra nel punto P2 posto al centro della banchina.

Si evidenzia infine che i valori massimi della corrente idrica nel porto si verificano durante la fase di riflusso ("ebb") della marea astronomica.

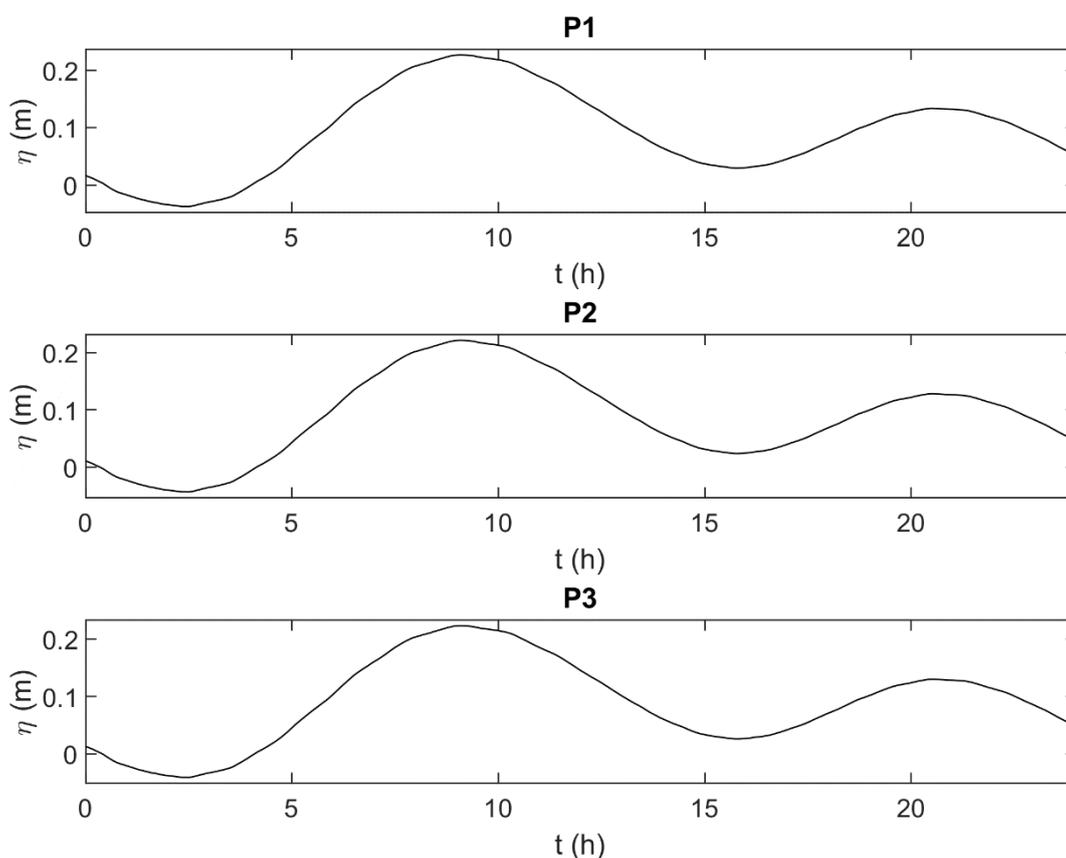


Figura 5-10 Serie temporali della variazione della superficie libera rispetto al l.m.m. nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $T_r = 25$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 19 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

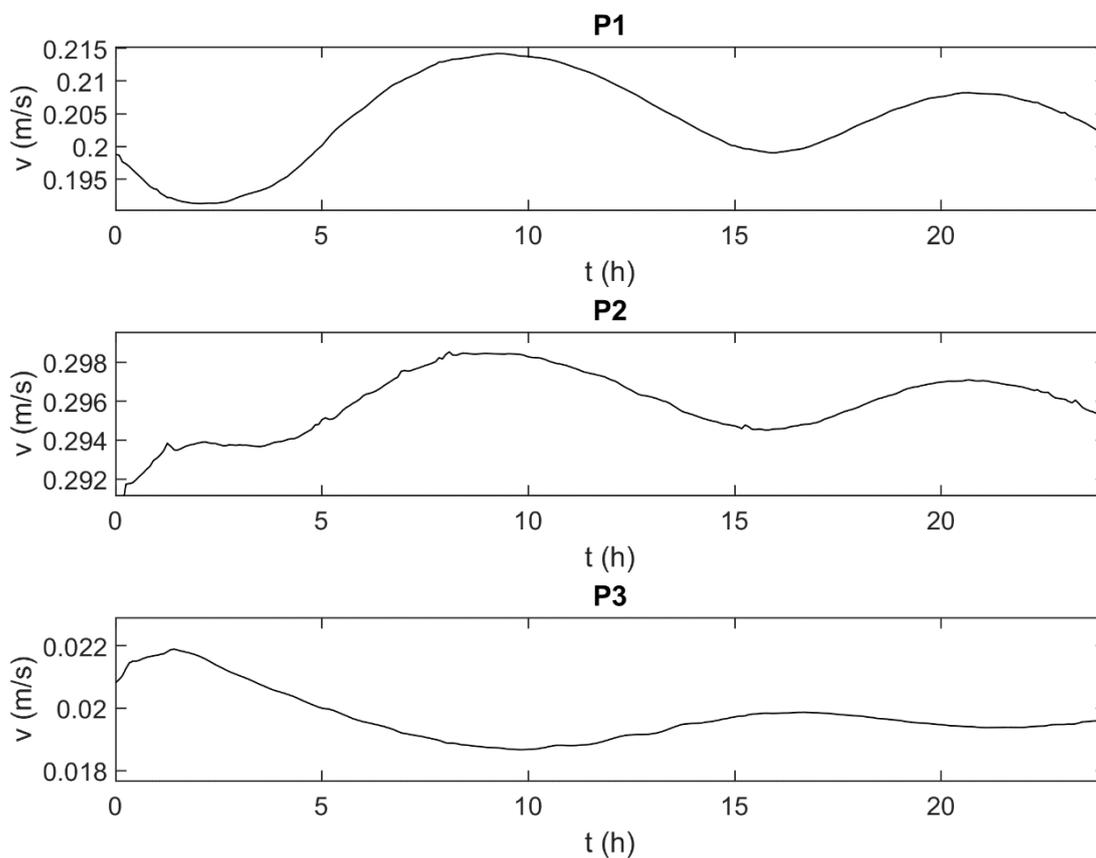


Figura 5-11 Serie temporali della variazione del modulo della velocità della corrente idrica omnidirezionale nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $Tr = 25$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 20 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

### 5.3.2. Risultati per lo scenario di vento $T_r = 50$ anni

Si riportano di seguito i risultati ottenuti con la velocità del vento la cui intensità ha un tempo di ritorno di 50 anni.

I risultati, riportati nella Figura 5-12, nella Figura 5-13, nella Figura 5-14 e nella Figura 5-15 sono simili a quelli già discussi per  $T = 25$  anni ad eccezione del fatto che si ottengono velocità della corrente e variazioni di livello maggiori a causa della maggiore velocità del vento.

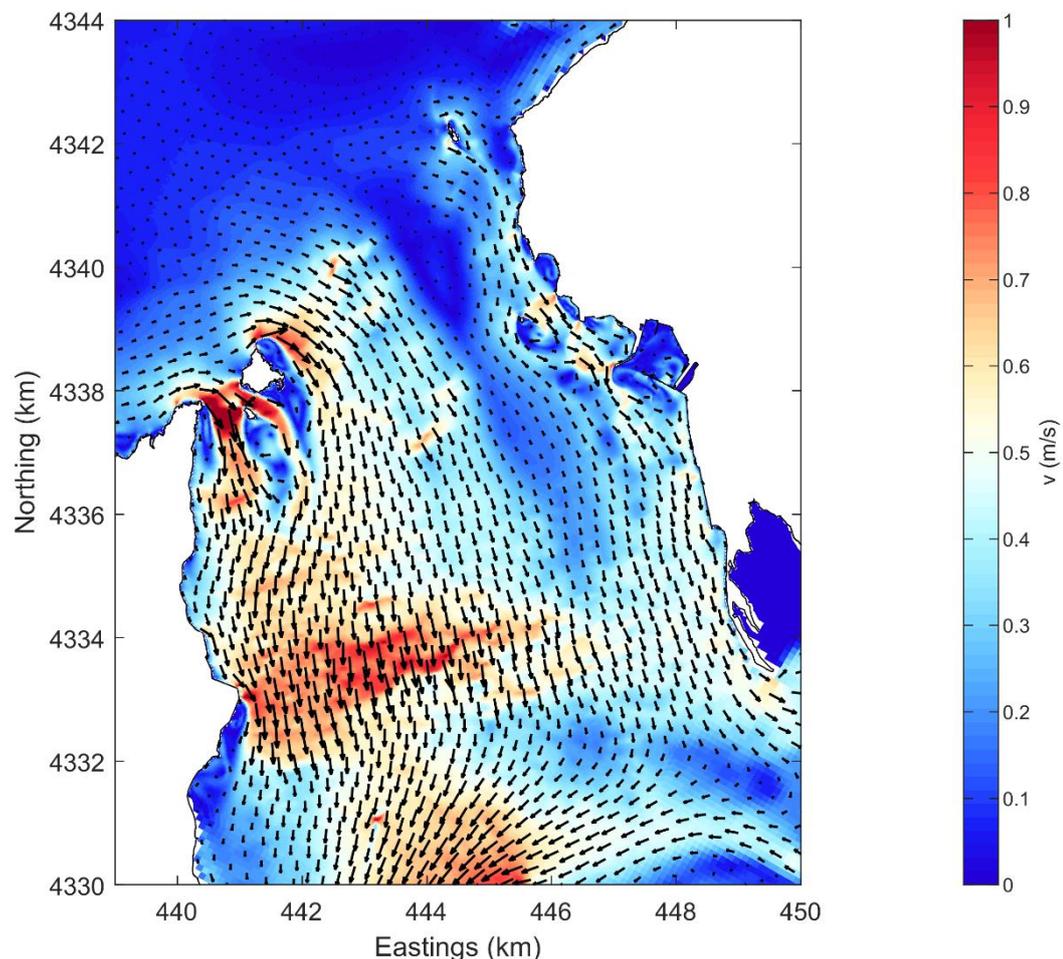


Figura 5-12 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima nell'area prospiciente Portovesme per marea e vento con  $T_r = 50$  anni.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 21 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

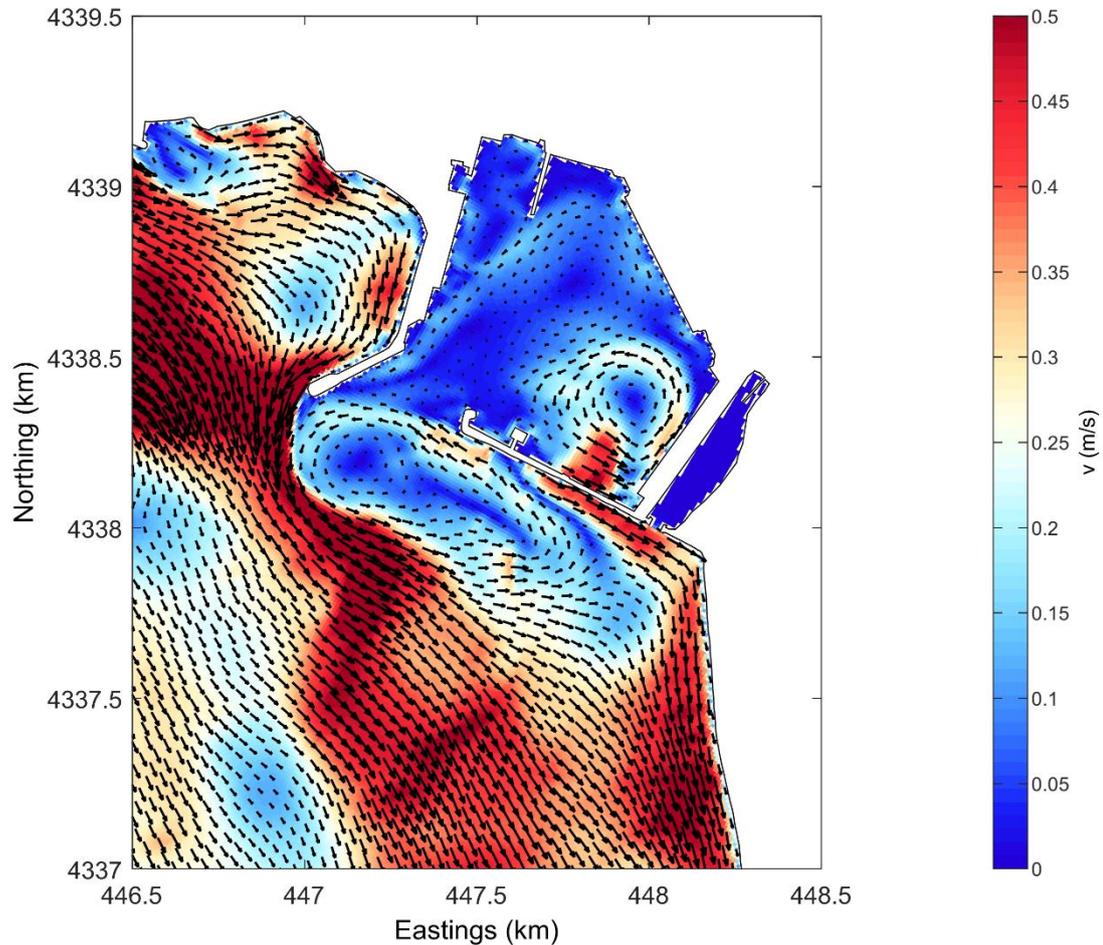


Figura 5-13 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima dentro Portovesme per marea e vento con  $Tr = 50$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 22 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

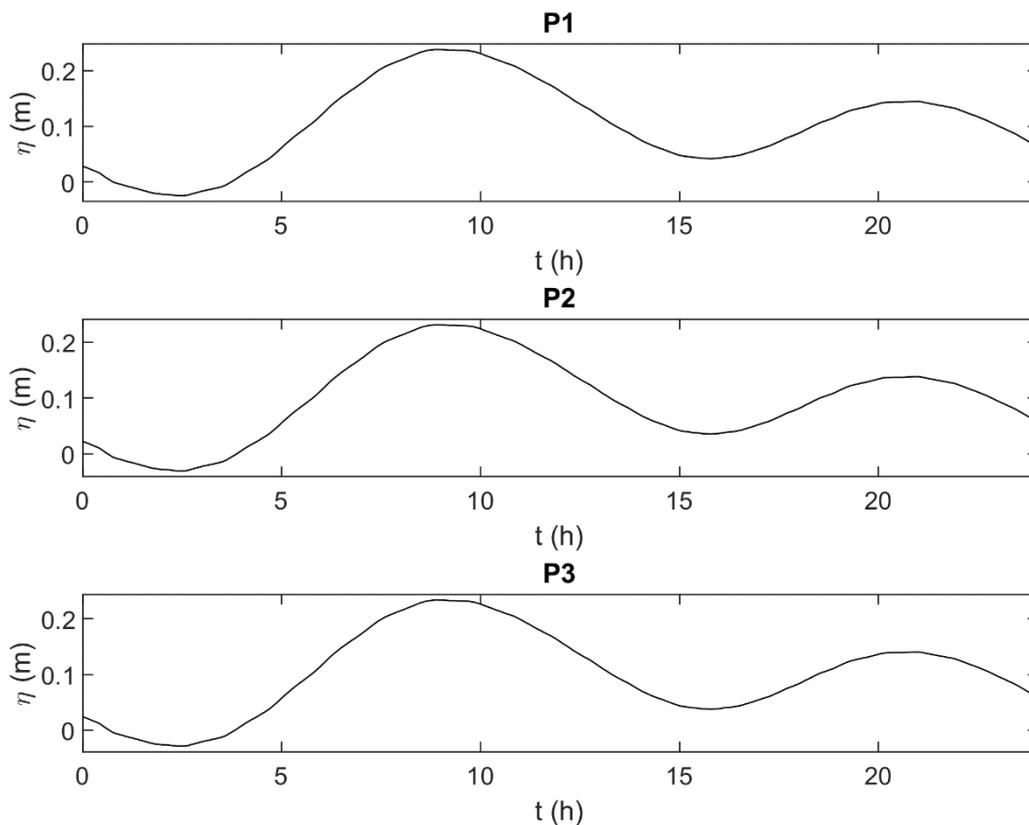


Figura 5-14 Serie temporali della variazione della superficie libera rispetto al l.m.m. nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $Tr = 50$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 23 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

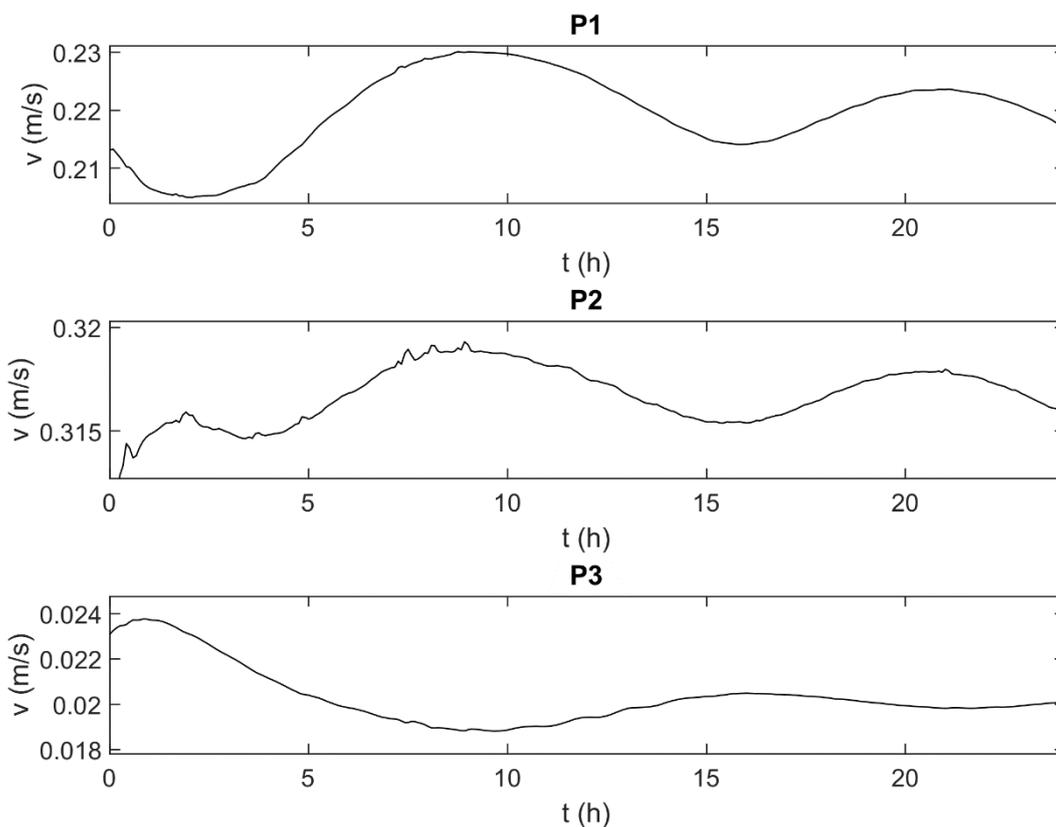


Figura 5-15 Serie temporali della variazione del modulo della velocità della corrente idrica omnidirezionale nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $T_r = 50$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 24 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

### 5.3.3. Risultati per lo scenario di vento $Tr = 100$ anni

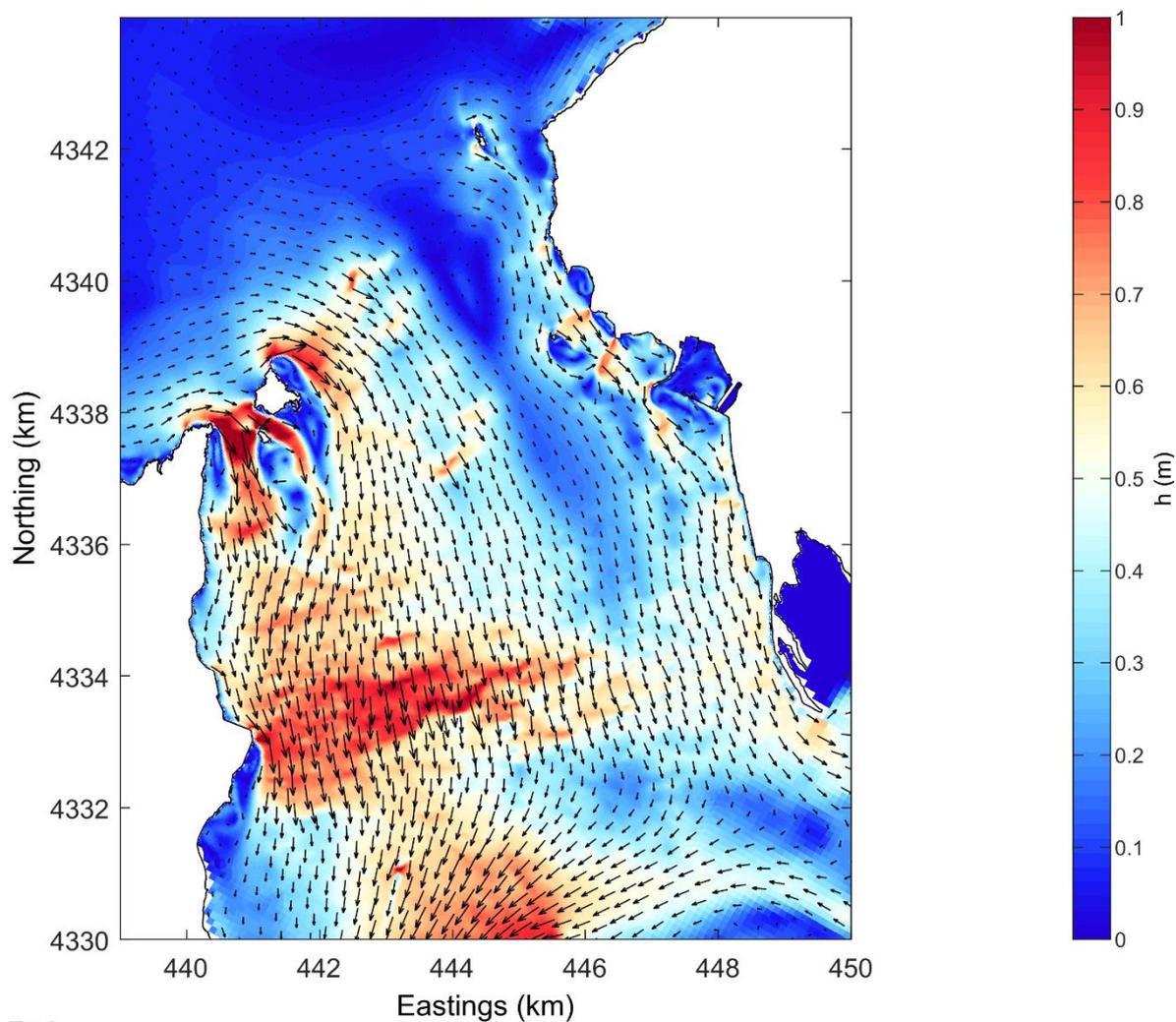


Figura 5-16 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima nell'area prospiciente Portovesme per marea e vento con  $Tr = 100$  anni.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 25 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

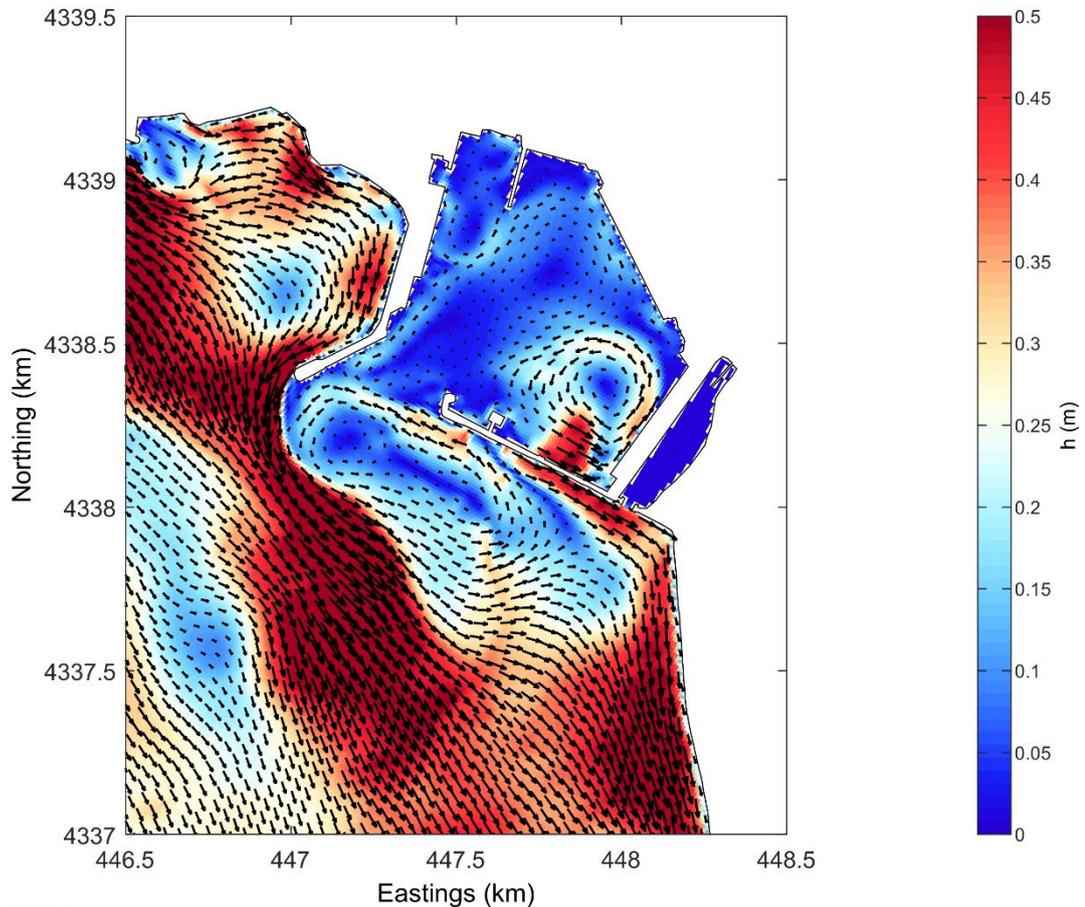


Figura 5-17 Modulo della velocità e direzioni di corrente massima dentro Portovesme per marea e vento con  $Tr = 100$  anni.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 26 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

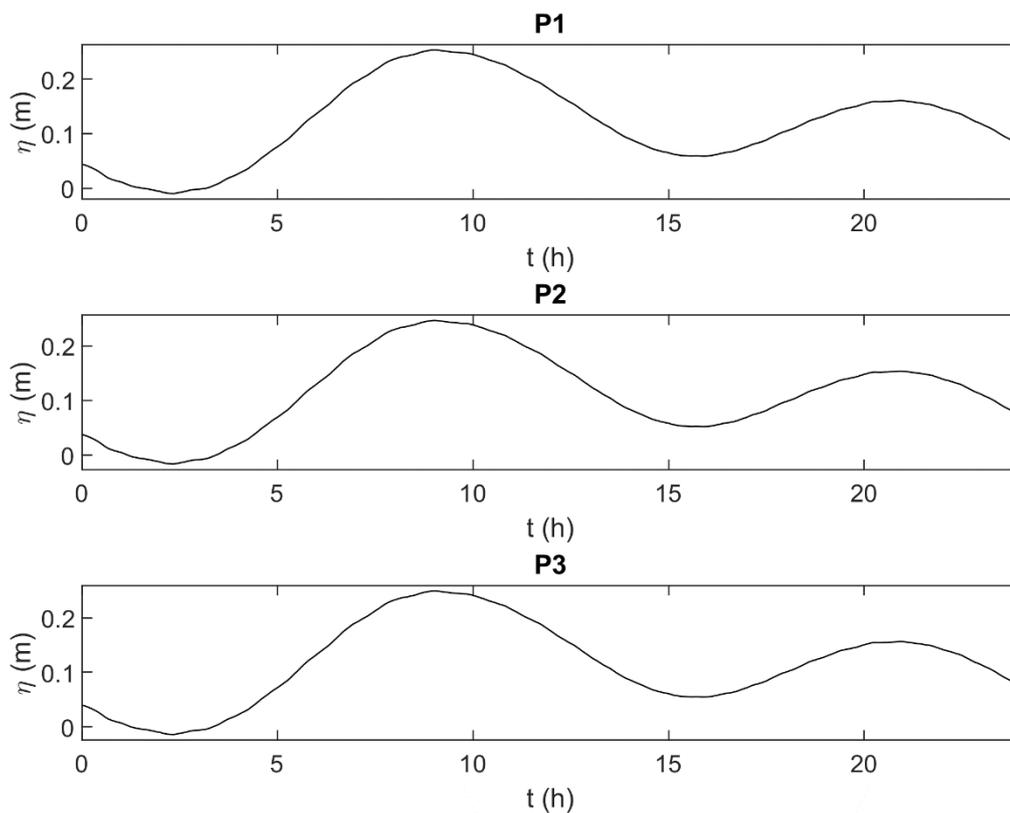


Figura 5-18 Serie temporali della variazione della superficie libera rispetto al l.m.m. nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $Tr = 100$  anni.

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 27 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

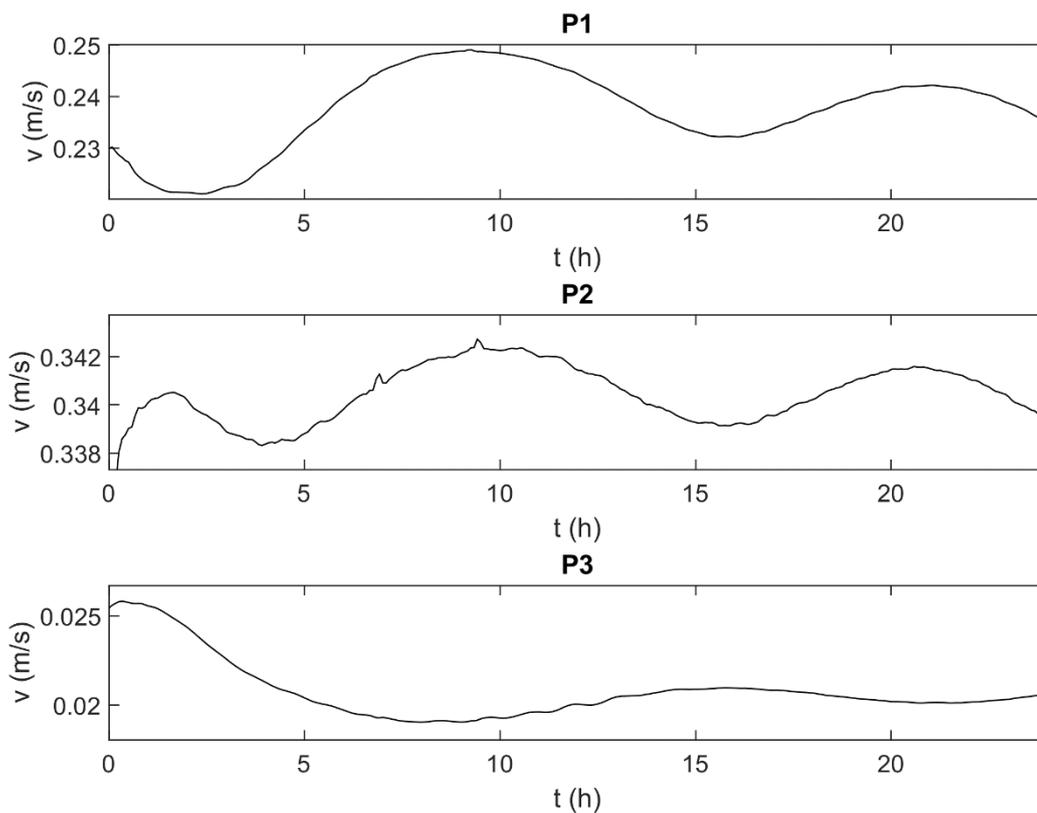


Figura 5-19 Serie temporali della variazione del modulo della velocità della corrente idrica omnidirezionale nei punti P1, P2 e P3 ottenute in presenza di marea e vento di intensità caratterizzata dal  $T_r = 100$  anni.

Committente 	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 28 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

## 6. SINTESI DEI RISULTATI

Si riassumono di seguito i principali risultati ottenuti nell'ambito del presente studio.

Dal punto di vista generale si osserva quanto segue:

- l'idrodinamica che si verifica in corrispondenza dell'imboccatura portuale esclude la possibilità che si possano verificare sensibili fenomeni di sedimentazione della stessa imboccatura per le seguenti ragioni: (i) il pennello che delimita ad Ovest l'imboccatura portuale devia verso il largo la corrente costiera longitudinale; (ii) la prevalenza di fondale coerente nella zona;
- all'interno del porto si genera, interessando anche la banchina Est, un macro vortice anti-orario la cui intensità aumenta nella zona del porto esclusa dal dragaggio posta in aderenza al lato interno del molo che delimita ad Est l'imboccatura portuale. Questa corrente potrebbe essere in grado di trasportare parte del materiale non dragato nella zona di ormeggio della FSRU.

Per quanto riguarda le variazioni di livello e le correnti generate dalla marea astronomica e dal vento, nella Tabella 6-1 sono riportati i valori del modulo della velocità massima registrata nei punti P1, P2 e P3 della banchina EST in relazione ai 4 scenari analizzati.

La velocità massima della corrente si registra sempre nel punto P2 che si trova al centro della banchina Est.

Si fa notare come con il crescere del tempo di ritorno  $T_r$  associato alle condizioni di vento, la velocità della corrente tenda ad aumentare in corrispondenza di tutti i punti anche se l'aumento risulta estremamente modesto.

*Tabella 6-1 Valori riassuntivi dei massimi del modulo delle velocità omnidirezionali per i punti P1, P2 e P3 per ogni condizione al contorno investigata.*

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
	<b>Vmax (m/s)</b>	<b>Vmax (m/s)</b>	<b>Vmax (m/s)</b>
Solo marea astronomica	0.00025	6.42e-05	2.49e-05
Marea + Vento $T_r = 25$ anni	0.21	0.30	0.02
Marea + Vento $T_r = 50$ anni	0.23	0.32	0.02
Marea + Vento $T_r = 100$ anni	0.25	0.34	0.03

Per stabilire i valori massimi della corrente a cui la FSRU può essere soggetta in condizioni di ormeggio alla banchina Est occorre combinare i risultati ottenuti nell'ambito del presente lavoro (Tabella 6-1) con quelli che si sono ottenuti nell'ambito dello studio 100-ZA-E-10019 Studio della risonanza portuale indotta dalle "bound long waves". Sommando in prima approssimazione i contributi si ottiene una velocità della corrente omnidirezionale non superiore a circa 0,6 m/s. Data l'incertezza che permane nella combinazione dei fenomeni in questione, si suggerisce in via cautelativa di assumere per il dimensionamento dei dispositivi di

Committente  	Progettista 	<b>COMMESSA</b> GC/R2004	<b>UNITA'</b> 001
	Località PORTOVESME (SU)	Riferimento Committente <b>100-ZA-E-10021</b>	
	Progetto / Impianto TERMINALE DI PORTOVESME	Pag. 29 di 29	<b>Rev.</b> 02

Riferimento TPIDL: 201969C-RT-3301-006

ormeggio un valore della corrente omnidirezionale incrementata di circa il 20% ottenendo di conseguenza un valore di circa 0,7 m/s.