



*Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale*

**Difesa del Litorale Domitio Comune di Castelvoturno –**

**Area a nord dello scolmatore Lavapiatti**

**(Lotto 1)**

**DOCUMENTAZIONE TECNICA  
POSTA A BASE DI GARA**

## Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale

### Difesa del Litorale Domitio Comune di Castelvolturmo - Area a nord dello scolmatore Lavapiatti

#### Quadro Economico di Progetto

DESCRIZIONI	Importi in Euro
<b>A) LAVORI A MISURA</b>	
a.1) Importo lavori a misura	€ 5 900 000.00
a.2) Oneri Specifici della Sicurezza (costi indiretti)	€ 50 000.00
<b>a.3) Totale lavori a misura</b>	<b>€ 5 950 000.00</b>
a.4) Lavori a Corpo	€ 0.00
<b>Atot) TOTALE IMPORTO OGGETTO DELL'APPALTO</b>	<b>€ 5 950 000.00</b>
<b>B) SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE</b>	
b.1) Lavori in economia, affidamenti sotto-soglia e diretti (max 5%)	€ 297 500.00
b.2) Accantonamento per Analisi terre e Oneri di smaltimento a discarica	€ 297 500.00
b.3) Accantonamento per Allacciamenti ai pubblici servizi	€ 2 000.80
b.4) Accantonamento per Imprevisti - inclusa IVA (5%)	€ 297 500.00
b.5) Accantonamento Acquisizione ed occupazione di aree ed immobili - Accordi Bonari (art. 12 dpr 207/2010)	€ 238 000.00
b.6) Spese per Rilievi, accertamenti e indagini(2%)	€ 119 000.00
b.7) Spese tecniche relative alla progettazione esecutiva, alle necessarie attività preliminari, nonché al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, nonché Incentivi per funzioni tecniche art. 113 Dlgs 50/2016, Verifica progettuale e tutte le altre spese tecniche con esclusione dei collaudi e dei supporti specialistici al Rup	€ 892 500.00
b.8) Spese per attività di consulenza e supporto	€ 119 000.00
b.9) Spese per commissioni giudicatrici, pubblicità dei bandi e pubblicazione	€ 59 500.00
b.10) Collaudo tecnico amministrativo, statico ed altri eventuali collaudi specialistici (2%)	€ 119 000.00
b.11) IVA su lavori (22% di Atot)	1 309 000.00
b.12) IVA e cassa su spese tecniche e indagini	€ 299 499.20
<b>Btot) TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 4 050 000.00</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>€ 10 000 000.00</b>



*Autarità di Bacina Distrettuale dell'Appennino Meridionale*



**AZIONE INTEGRATA DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO  
IDROGEOLOGICO DELLA FOCE DEL VOLTURNO E DEL LITORALE  
DOMITIO**

**LOTTO 1: DIFESA DEL LITORALE COMUNE DI CASTEL VOLTURNO  
AREA A NORD DELLO SCOLMATORE LA VAPIATTI**

scala	<b>STUDIO PRELIMINARE RELAZIONE GENERALE</b>
Data: OTTOBRE	
2017	

**IL SEGRETARIO GENERALE**  
*dott.ssa. geol. Vera Corbelli*

**Funzionari responsabili incaricati**

*dott. geol. Gennaro Capasso*

*dott. ing. Raffaele Velardo*

## **1. INQUADRAMENTO GENERALE**

### **1.1 Premessa**

Il presente progetto riguarda l'individuazione tecnica ed economica relativamente alle opere di difesa costiera nel Comune di Castel Volturno al fine di mitigare i rischi di erosione e/o mareggiata. Il tratto di costa oggetto di intervento è stato inserito quale area ad elevata criticità nel Piano Stralcio Erosione Costiera elaborato nel 2007 dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno (adottato dal Comitato Istituzionale con del. n°3 del 18.07.2012, approvato con D.P.C.M. del 15.02.2013 e pubb. su G.U. 146 del 24-06-2013).

L'obiettivo specifico dell'intervento proposto è quello di mitigare gli effetti negativi sul sistema naturale ed antropico legati ad fenomeni erosivi e di mareggiata intensa al fine di aumentare il rapporto sicurezza/rischio di tali aree permettendone un incremento delle attività turistiche per rilanciarne lo sviluppo economico e sociale. Tale intervento è inserito in un quadro più ampio di gestione delle aree costiere del Litorale Domitio, zona quest'ultima di importanza strategica a livello regionale.

In particolare il tratto di intervento non è delimitato a nord da elementi naturali o antropici specifici, il limite è localizzato circa 2500 m a nord dello Scolmatore di piena "Lavapiatti", in corrispondenza di una delle numerose carrarecche che dalla strada litoranea principale consentono l'accesso al mare; a sud invece il limite è rappresentato dallo sbocco a mare dello stesso "Lavapiatti".

### **1.2 Analisi delle criticità locali**

Il comune di Castelvolturno è quello che ha risentito maggiormente della progressiva drastica diminuzione dell'apporto di sedimenti da parte del fiume Volturno. La realizzazione delle due scogliere sommerse in sponda sinistra ed in sponda destra, se da un lato hanno permesso la relativa stabilizzazione dei tratti di litorale a tergo delle scogliere stesse, hanno incrementato i processi erosivi già in atto nei tratti limitrofi. In particolare, il tratto di litorale presso la foce dello scolmatore "Lavapiatti" e a nord dello stesso, presentano una tendenza all'accentuazione dell'erosione già in atto, con arretramenti previsti a 20 anni fino a 30 m rispetto alla linea di riva attuale. (cfr. figg 1 e 2).

La limitata estensione dell'arenile nel tratto in esame, unitamente alla elevata urbanizzazione presente a tergo della spiaggia nel tratto più prossimo al canale scolmatore "Lavapiatti", rendono particolarmente sensibile questa area alle azioni del moto ondoso anche in termini di potenziale interessamento delle infrastrutture stradali e dell'abitato a tergo a fenomeni di erosione da mareggiata intensa. Le figure 3 e 4 illustrano la classificazione della pericolosità relativa al tratto in oggetto. Come si può osservare, numerosi edifici ricadenti nel Comune di Castelvolturno ricadono sono soggetti a pericolosità idraulica P3 o P2.





Figura 1 - Evoluzione della linea di riva a 20 anni. In rosa la linea di riva attuale, in arancio la previsione di evoluzione a 20 anni, dettaglio 1.





Figura 2 - Evoluzione della linea di riva a 20 anni. In rosa la linea di riva attuale, in arancio la previsione di evoluzione a 20 anni, dettaglio 2.



Figura 3 - Classificazione della pericolosità idraulica, tratto a nord del canale "Lavapiatti", dettaglio 1.



Figura 4 - Classificazione della pericolosità idraulica, tratto a nord del canale "Lavapiatti", dettaglio 2.

### 1.3 Finalità dell'intervento

La finalità primaria dell'intervento oggetto del presente elaborato è la stabilizzazione e l'eventuale incremento della linea di riva attuale, stante l'elevato tasso di arretramento annuo al quale è soggetta la costa. La realizzazione dei pennelli e l'eventuale ripascimento determineranno inoltre una maggiore protezione dall'azione del moto ondoso alle infrastrutture e agli edifici posti a tergo dell'arenile.

### 1.4 Descrizione della tipologia di difesa individuata

Per la difesa dall'erosione del tratto di costa in oggetto sono state esaminate diverse soluzioni alternative, costituite dall'accoppiamento di diverse tipologie di opere sia di tipo "rigido" che di tipo "morbido".

Per tutte le soluzioni esaminate è stata sempre prevista una sistemazione di base con opere di tipo "rigido", dislocate trasversalmente alla linea di costa, aventi lo scopo di intercettare le componenti litoranee del trasporto solido e contrastare i fenomeni erosivi in atto, garantendo una migliore distribuzione dei sedimenti sul litorale e la stabilizzazione della linea di spiaggia.

In particolare, la sistemazione di base prevede la realizzazione di un sistema di strutture posizionate ortogonalmente alla linea di riva (pennelli), caratterizzate da una geometria semplice e costituite da materiali naturali idonei (massi di cava).

Le distanze relative tra le singole strutture, le caratteristiche geometriche e strutturali delle stesse sono descritte in dettaglio nei capitoli successivi

Come già detto, oltre alla tipologia di opere difensiva sopra descritta, aventi fondamentalmente funzione di stabilizzazione della linea di spiaggia, è stata valutata la possibilità di integrazione della stessa con un'opera di ricostituzione artificiale della spiaggia erosa.

In particolare per la sistemazione dell'intera area in destra idraulica della foce del fiume Volturno si deve fare riferimento anche a quanto riportato nel Progetto Definitivo di Rifunionalizzazione scolmatore Lavapiatti (*Intervento n.17 della Delibera n.8/2012 CIPE del 20/01/2012 cod. Istat 3 dell'Allegato 1 all'Accordo di Programma tra MATTM e Regione Campania*).

## 2. ANALISI DELLA PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI

La caratterizzazione del clima ondoso sottocosta, relativo all'area di intervento, ha seguito una procedura complessa di cui si riporta una breve sintesi.

Il clima ondoso di largo è stato trasferito sottocosta mediante l'utilizzo del modulo **SW** (Spectral Waves) del codice di calcolo **MIKE 21** del DHI. Tale modello, a maglia triangolare "flessibile" permette di utilizzare una risoluzione grossolana al largo ma consente di aumentare la risoluzione nelle aree per le quali si richiede un maggior dettaglio di risultati ed in genere sottocosta, laddove rifrazione, shoaling, attrito con il fondo e frangimento determinano una forte trasformazione delle caratteristiche dell'onda incidente su distanze relativamente limitate.



Il modello è stato implementato su un dominio di calcolo molto esteso, in modo da comprendere tutto il tratto di mare che divide l'isola di Ponza, al largo della quale è posizionata la boa ondometrica, ed il litorale Domitio oggetto del presente studio. La batimetria (o "mesh") di calcolo, illustrata in figura 5, evidenzia come il dominio di calcolo sia stato significativamente esteso anche a Nord e a Sud del litorale Domitio, in modo da poter simulare al meglio tutte le onde caratterizzate da direzioni medie di provenienza più inclinate rispetto alla costa domiziana.

La scelta della risoluzione della mesh di calcolo ha potuto usufruire del grande vantaggio tipico dei modelli a maglia flessibile, ovvero quello di poter variare significativamente le dimensioni degli elementi (triangoli) di calcolo in funzione della zona di interesse e dei fenomeni che si intendono modellare. Si è pertanto potuto limitare il numero degli elementi riducendo drasticamente la risoluzione dei triangoli laddove la profondità dell'acqua e la distanza dalla costa garantiva l'assenza di significativi processi di trasformazione dell'onda, mentre la risoluzione degli elementi è stata notevolmente aumentata in prossimità della costa del litorale Domitio ed in genere in prossimità delle isole poste al largo della costa campana, la corretta modellazione delle quali determina l'accuratezza nella definizione del clima ondoso sottocosta nell'area oggetto del presente studio.

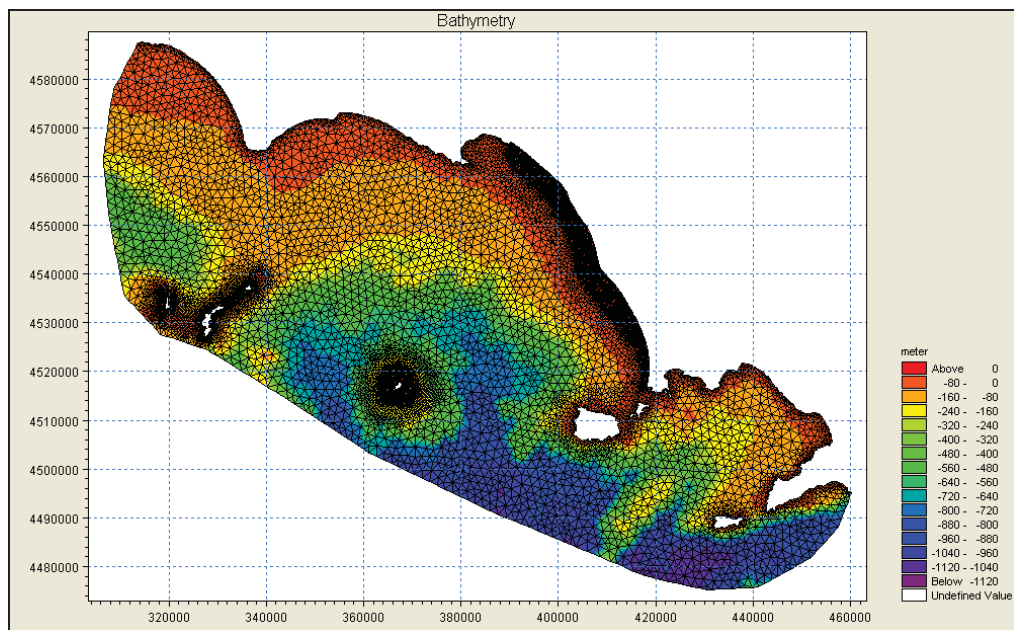


Figura 5 - Batimetria del modello di trasformazione dell'onda MIKE 21 SW.

L'applicazione del modello ha permesso di estrarre il clima ondoso trasposto in una serie di punti significativi al largo del litorale Domitio, secondo una linea immaginaria che delimita la condizione al contorno offshore dei modelli bidimensionali di dettaglio in termini di modellazione sottocosta del moto ondoso e generazione delle correnti litoranee, nonché dell'analisi dell'andamento della capacità di trasporto. La rappresentazione dei punti di estrazione del clima ondoso sottocosta, tutti posti alla medesima profondità di circa 30 metri, è illustrata in figura 6.



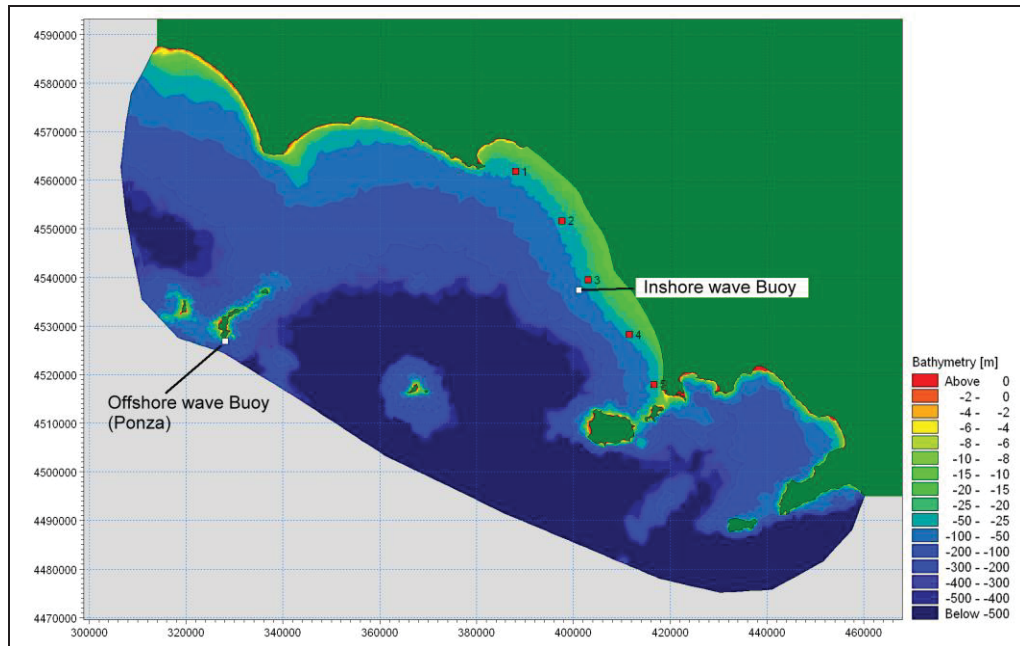


Figura 6 - Rappresentazione del dominio di calcolo del modello di trasformazione dell'onda dal largo a sottocosta, del posizionamento delle boe di Ponza e Castelvoltumo (quadrati bianchi) e dei punti di estrazione del clima ondoso sottocosta (quadrati rossi).

Nella figura 7 è illustrata la rosa del clima ondoso sottocosta estratte nel punto 3, riferimento per l'intervento oggetto del presente documento. A seguire viene riportata la tabella della frequenza delle onde in funzione di altezza significativa e direzione media di provenienza (tabella 1).

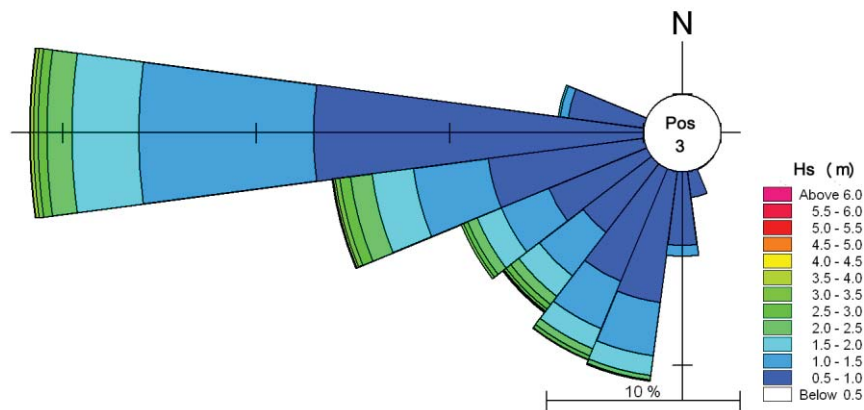


Figura 7 - Rosa del clima ondoso sottocosta estratto in corrispondenza del punto 3 in figura 6.

Hs [m] Dir [°N]	< 0.5	0.5 1.0	1.0 1.5	1.5 2.0	2.0 2.5	2.5 3.0	3.0 3.5	3.5 4.0	4.0 4.5	4.5 5.0	5.0 5.5	5.5 6.0	6.0 6.5	6.5 7.0	>7.0	Tot
0 - 15	7880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7880
15 - 30	977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	977
30 - 45	812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	812
45 - 60	423	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	423
60 - 75	326	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326
75 - 90	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229

<b>90 - 105</b>	218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218
<b>105 - 120</b>	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255
<b>120 - 135</b>	255	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258
<b>135 - 150</b>	377	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	382
<b>150 - 165</b>	1586	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1659
<b>165 - 180</b>	1989	500	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2510
<b>180 - 195</b>	1860	1137	227	57	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3283
<b>195 - 210</b>	2361	1756	754	287	79	21	4	1	0	0	0	0	0	0	5263
<b>210 - 225</b>	2575	1026	499	264	100	41	17	5	10	1	0	0	0	0	4538
<b>225 - 240</b>	2476	1067	717	312	151	57	38	4	8	4	0	0	1	0	4835
<b>240 - 255</b>	2754	1594	630	355	142	66	35	14	4	2	0	0	0	0	5596
<b>255 - 270</b>	4127	3328	2195	951	484	209	104	72	18	3	0	0	0	0	11491
<b>270 - 285</b>	7872	3020	814	217	50	14	6	0	0	0	0	0	0	0	11993
<b>285 - 300</b>	2122	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2123
<b>300 - 315</b>	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242
<b>315 - 330</b>	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
<b>330 - 345</b>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>345 - 360</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOT</b>	41759	13510	5857	2443	1008	408	204	96	40	10	0	0	1	0	65336

Tabella 1 - Clima ondoso relativo al sito 3: classificazione per altezza d'onda e direzione.

Per i siti per quali è stato estratto il clima ondoso sottocosta è stata ripetuta la procedura, già vista per la boa di Ponza, finalizzata alla stima degli eventi ondosi estremi. L'analisi, anche in questo caso, è stata condotta dapprima aggregando i singoli "record" di dati estratti nei 5 punti di interesse individuando gli "eventi di mareggiata". In seguito si è quindi proceduto all'applicazione del cosiddetto metodo POT (Peak Over Threshold) per estrarre dalla lunga lista degli eventi di mareggiata non un solo valore annuo in termini di altezza d'onda, direzione e periodo ma una serie di valori il cui numero è variabile di anno in anno a seconda del clima ondoso dell'anno specifico.

I valori di soglia adottati nell'analisi sono stati individuati in modo da ottenere un numero di eventi quanto più possibile simile per i 5 siti di estrazione e, nell'ambito di ciascun sito di estrazione, per le differenti direzioni di provenienza dell'onda considerate nell'analisi. Nel caso dei 5 siti sottocosta infatti, l'analisi degli eventi estremi "omnidirezionale" è stata estesa in modo da riuscire a differenziare la distribuzione di probabilità associata agli eventi estremi per i settori di provenienza più significativi. Tale analisi direzionale può risultare assai utile a supporto della progettazione di strutture costiere per le quali risulti importante non soltanto l'individuazione dell'altezza d'onda di progetto ma anche della direzione dell'onda secondo cui dimensionare il manufatto.

Una volta selezionate le mareggiate (identificate con l'altezza d'onda significativa massima registrata e la direzione di provenienza ad essa associata) che concorrono alla statistica degli eventi estremi, la regolarizzazione statistica è stata effettuata utilizzando il modulo EVA - Extreme Values Analysis del DHI.

I risultati dell'analisi omnidirezionale e direzionale per il sito 3 è riportata in forma grafica e tabellare nelle successive figure 8 - 12. I settori di provenienza delle onde sono stati suddivisi secondo i criteri illustrati nella seguente tabella 2.

Settore di provenienza	Identificativo settore	Direzioni considerate [° N]
Sud (S)	S	168.75 – 191.25
Sud Sud Ovest	SSO	191.25 – 213.75
Sud Ovest	SO	213.75 – 236.25
Ovest Sud Ovest	OSO	236.25 – 258.75
Ovest	O	258.75 – 281.25
Ovest Nord Ovest	ONO	281.25 – 303.75

Tabella 2 - Settori di provenienza identificati per l'analisi direzionale degli eventi estremi.

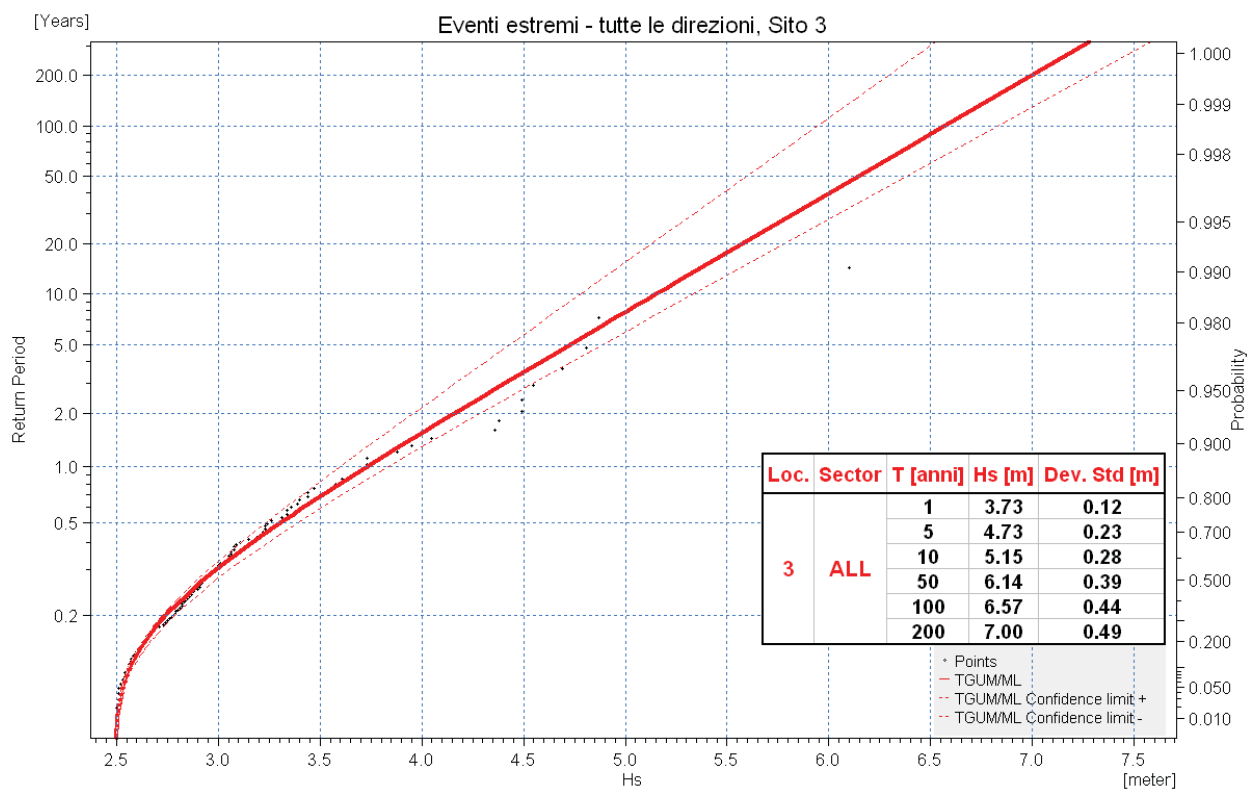


Figura 8 - Analisi degli eventi estremi per il sito 3 – Omnidirezionale.



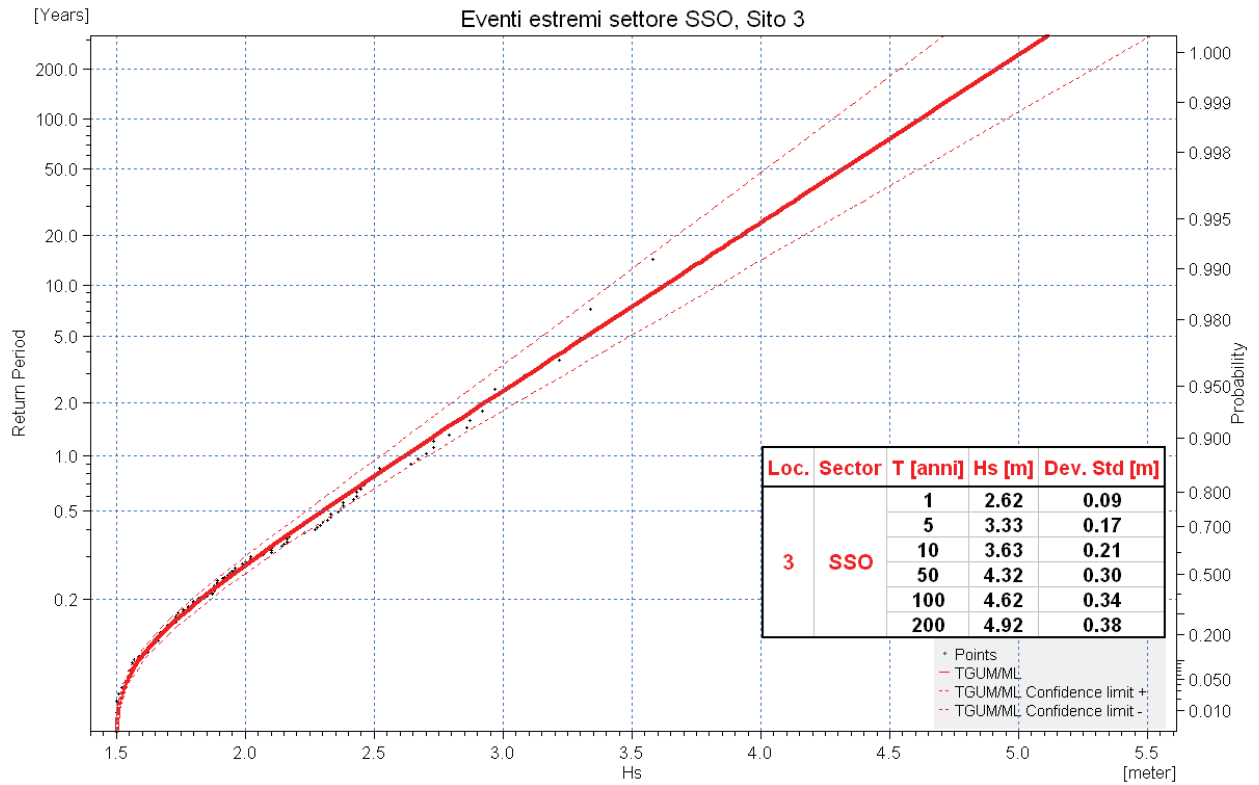


Figura 9 - Analisi degli eventi estremi per il sito 3 – Settore Sud Sud Ovest.

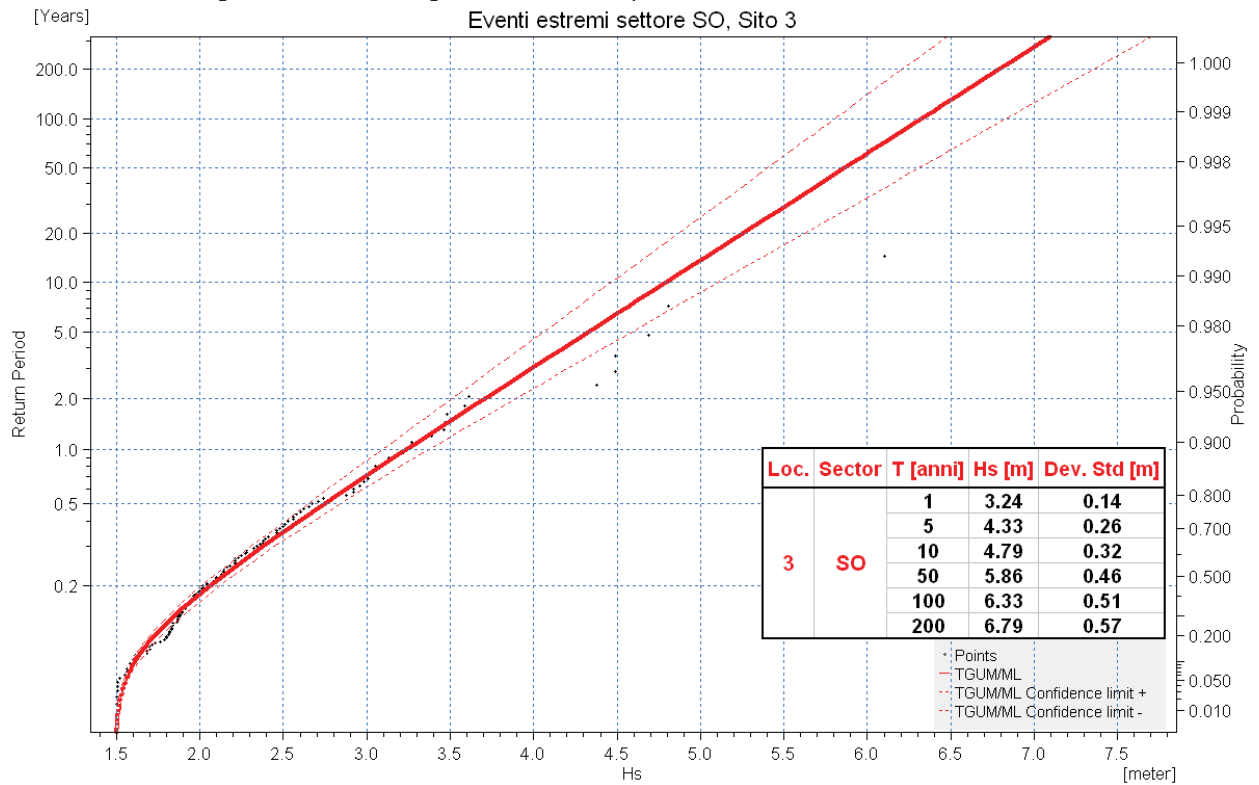


Figura 10 - Analisi degli eventi estremi per il sito 3 – Settore Sud Ovest.

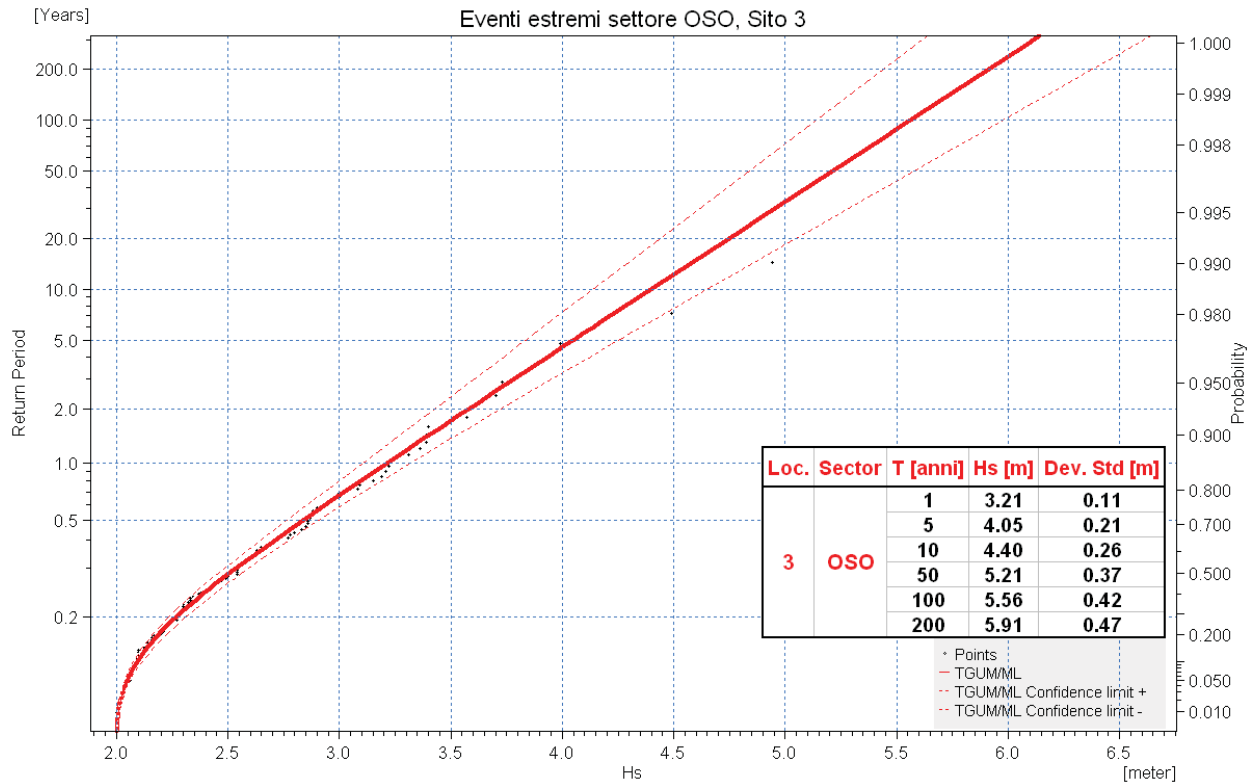


Figura 11 - Analisi degli eventi estremi per il sito 3 – Settore Ovest Sud Ovest.

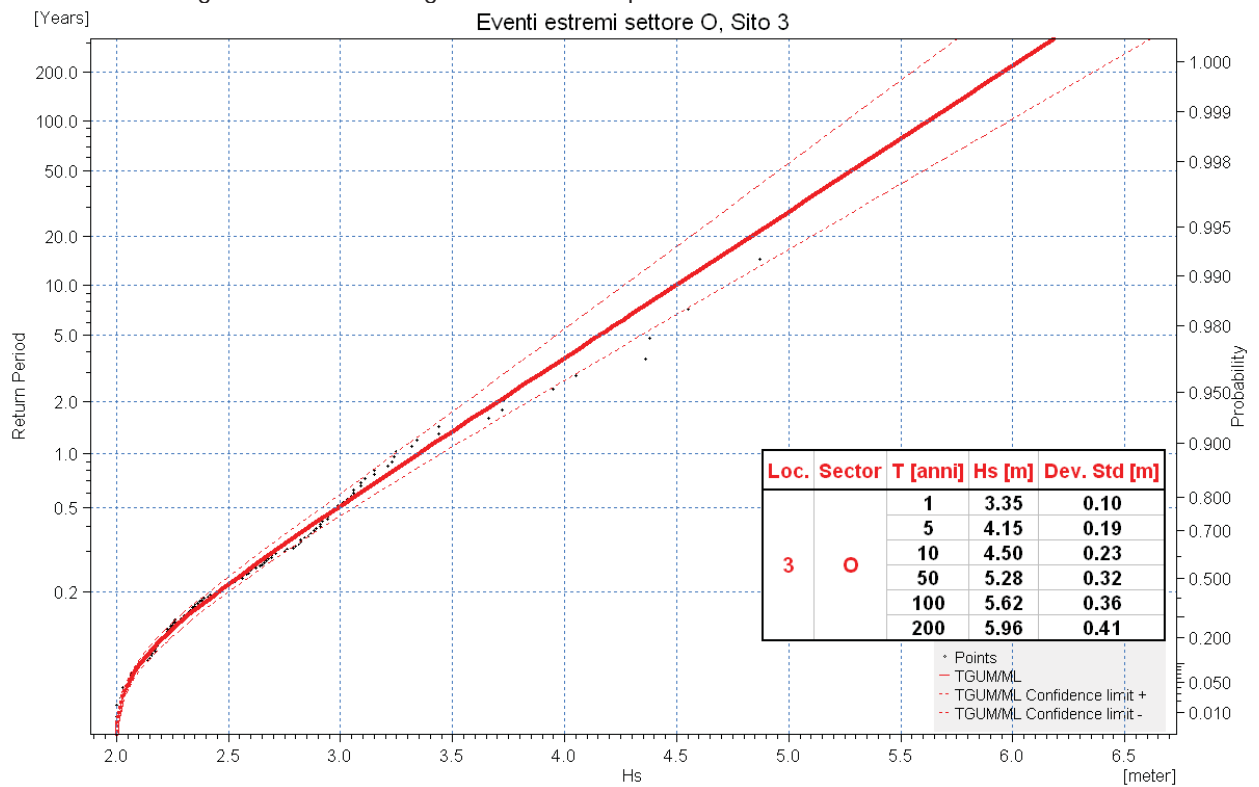


Figura 12 - Analisi degli eventi estremi per il sito 3 – Settore Ovest.

Ai fini della valutazione dell'impatto determinato dagli interventi previsti sulla propagazione locale del moto ondoso, è stato predisposto un modello di trasformazione del moto ondoso bidimensionale di dettaglio, di risoluzione via via crescente procedendo verso costa ed in prossimità delle opere esistenti e/o in progetto. La massima risoluzione della maglia triangolare è dell'ordine dei 5m.

In figura 13 è illustrata l'estensione del dominio di calcolo adottato per la modellazione di dettaglio del moto ondoso nell'area oggetto dell'intervento n°2. In figura 14 è invece riportato un dettaglio della mesh di calcolo sull'area di intervento con ortofoto in trasparenza.

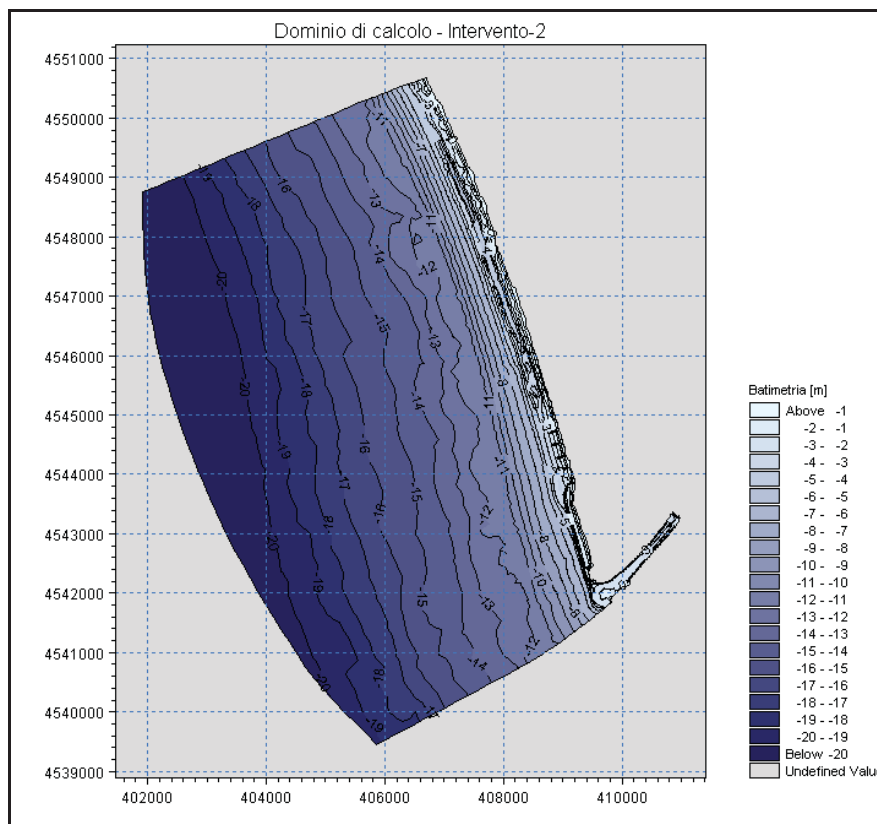


Figura 13 - Estensione del dominio di calcolo relativo al modello 2D di dettaglio relativo all'intervento 2.



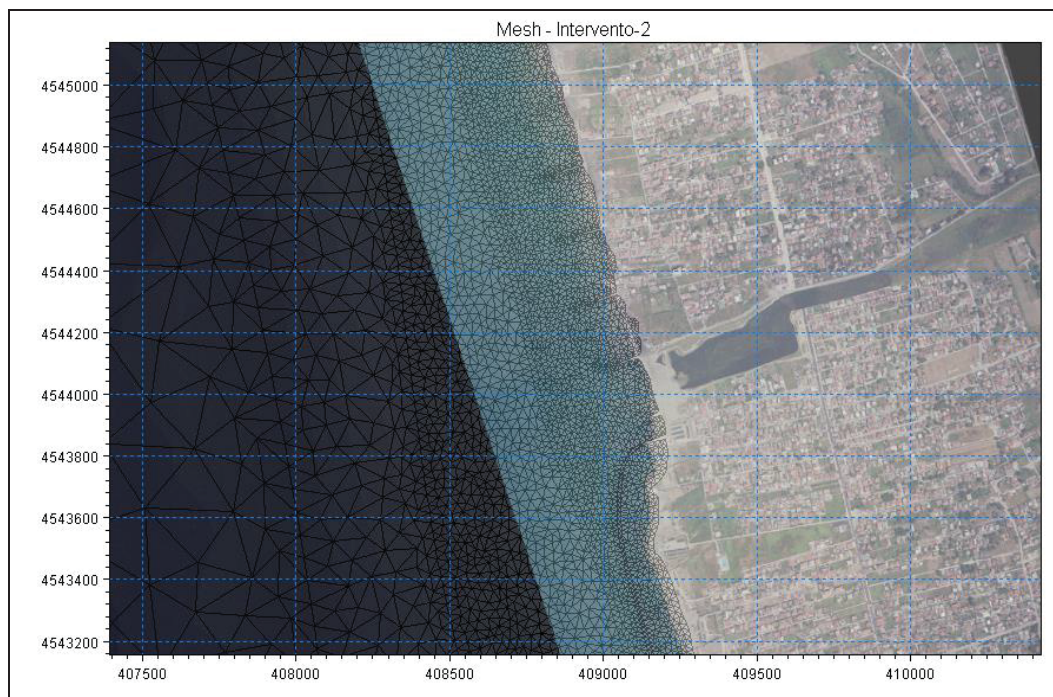


Figura 14 - Dettaglio della mesh di calcolo sull'area di intervento con ortofoto in trasparenza.

Per studiare adeguatamente la risposta all'azione del moto ondoso fornita dalle soluzioni progettuali individuate, si è resa necessaria la modellazione di almeno quattro onde per ogni sito oggetto di intervento, caratterizzate da differente frequenza e da diversa direzione di provenienza. La distribuzione dei campi d'onda e la conseguente corrente litoranea associata al trasporto costiero, infatti, possono variare notevolmente in funzione dell'intensità e della direzione del moto ondoso incidente.

In particolare, per l'intervento in prossimità del canale scolmatore "Lavapiatti" sono state selezionate per la successiva modellazione due direzioni di provenienza del moto ondoso, la prima responsabile dell'instaurarsi di una corrente litoranea in direzione Nord- Nord Ovest, la seconda responsabile dell'instaurarsi di una corrente litoranea in direzione Sud- Sud Est.

Per quanto riguarda l'altezza d'onda incidente, per entrambe le direzioni sono state selezionate per la successiva modellazione due differenti altezze: la prima, pari ad 1.0 m, assai frequente durante l'anno; la seconda di altezza pari all'onda con tempo di ritorno pari ad 1 anno per la specifica direzione di provenienza.

Si riporta nella successiva tabella 3 uno schema relativo alle onde oggetto della modellazione bidimensionale per l'intervento di zona "Lavapiatti".

	Hs [m]	Tp [s]	MWD [°N]
<b>Onda 1</b>	3.24	9.0	225 (SO)
<b>Onda 2</b>	3.35	9.0	270 (O)
<b>Onda 3</b>	1.00	7.0	225 (SO)
<b>Onda 4</b>	1.00	7.0	270 (O)

Tabella 3 - Onde oggetto della modellazione 2D per l'intervento nel comune di Castelvoturno, zona "Lavapiatti".

Per ciascuna onda è stato simulato lo stato attuale (A0) e due alternative di progetto (A1 e A2). Le alternative A1 ed A2, per un avanzamento medio della linea di costa pari a 20m e la realizzazione dei pennelli trasversali di contenimento. L'alternativa A1 prevede inoltre l'esecuzione del solo pennello in sponda destra, mentre nel caso dell'alternativa A2 è previsto anche il collegamento della scogliera soffolta esistente al pennello in sponda sinistra del canale scolmatore "Lavapiatti", avente la finalità di "armare" la foce del canale ed in tal modo contrastare la formazione della barra di foce e favorire il mantenimento di una profondità nel corso d'acqua tale da rendere possibile la navigabilità per piccole imbarcazioni.

Per le alternative di progetto, la batimetria in input al modello è stata modificata al fine di simulare correttamente il nuovo profilo post-intervento. In particolare, per la valutazione della pendenza del nuovo profilo si è fatto riferimento alla ben nota teoria sul profilo di equilibrio [Dean, 1987].

La rappresentazione grafica dei risultati in termini di campi di moto ondoso per le onde più alte è riportata nella successione di immagini dalla 15 alla 24. Per le onde più basse, i risultati in forma grafica sono limitati alla rappresentazione dei campi di velocità di corrente (cap. 3.4 del presente elaborato).

La distribuzione dei campi di moto ondoso relativi all'alternativa progettuale A2 risulta identica alla distribuzione relativa all'alternativa progettuale A1 a meno dell'area più prossima alla foce del canale Lavapiatti. Per l'alternativa A2, pertanto, la rappresentazione grafica dei risultati è limitata a tale area.

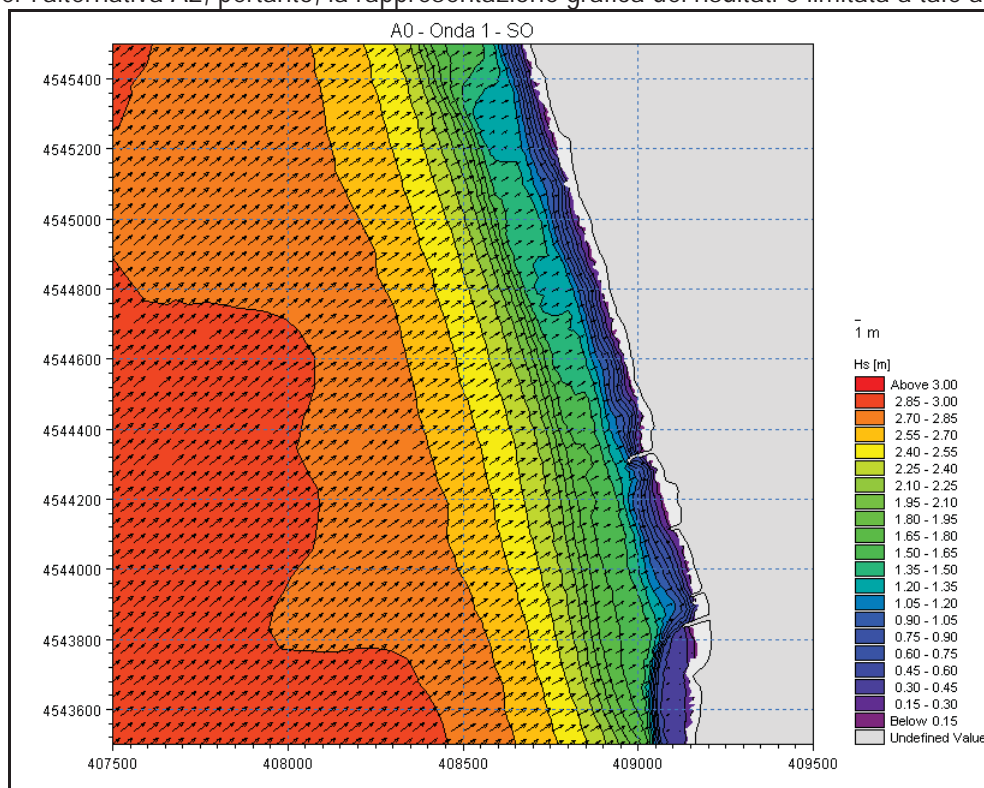


Figura 15 - A0 - Campo di moto ondoso per onda Hs=3.24m e direzione di provenienza SO.

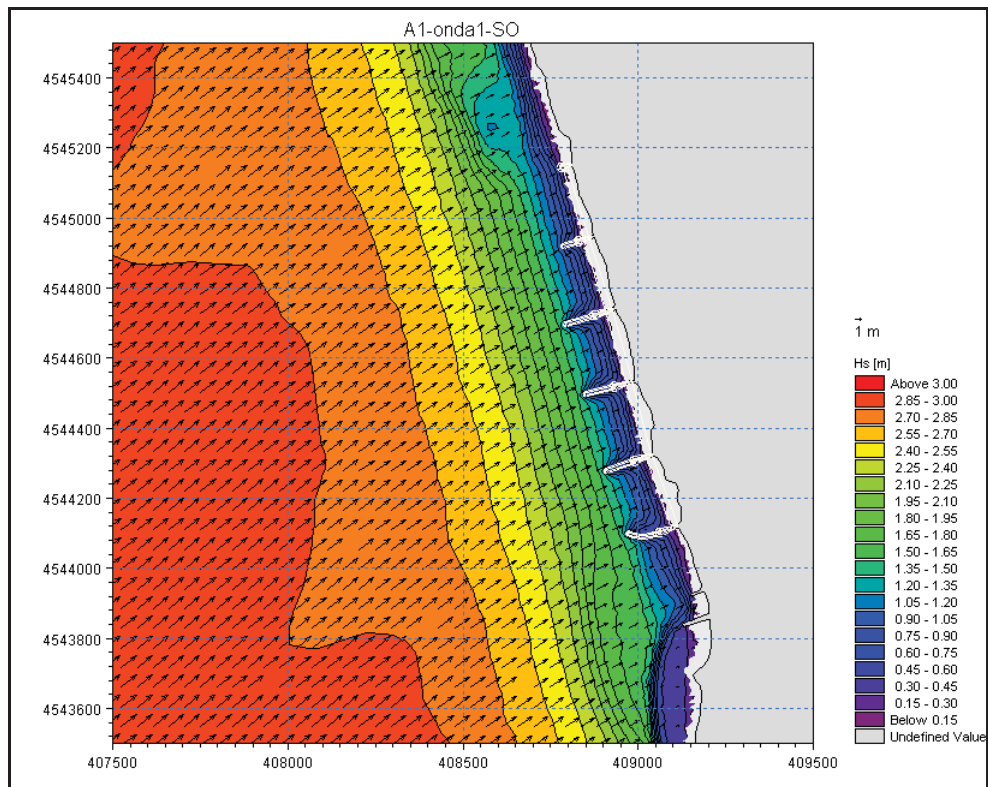


Figura 16 - A1 - Campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

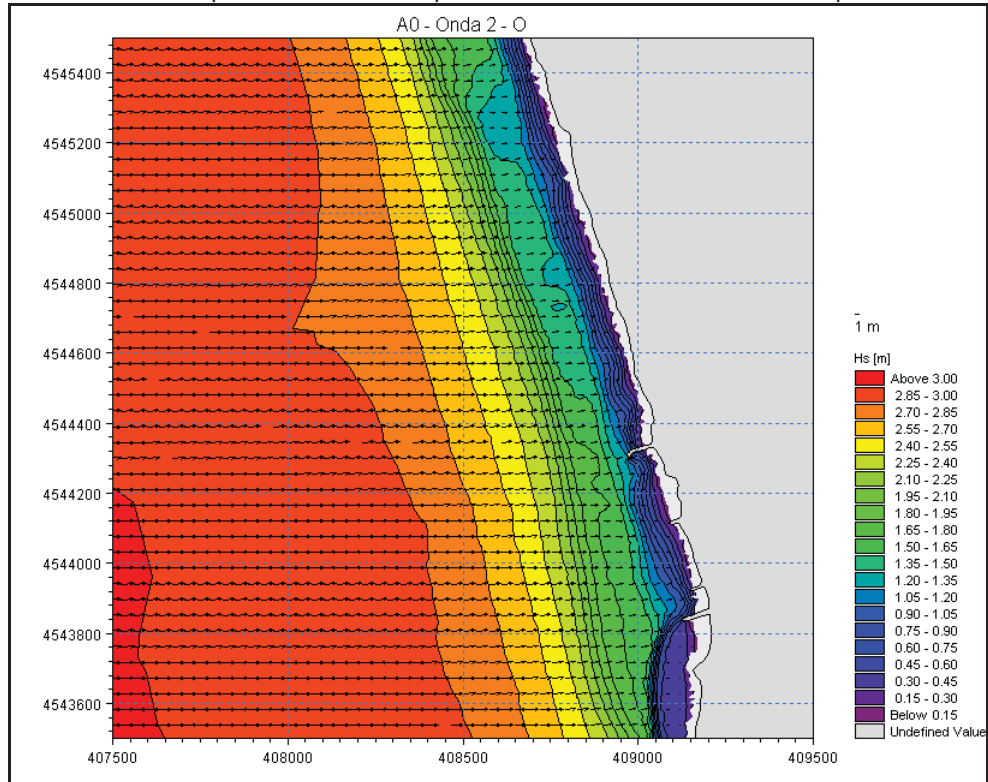


Figura 17 - A0 - Campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.



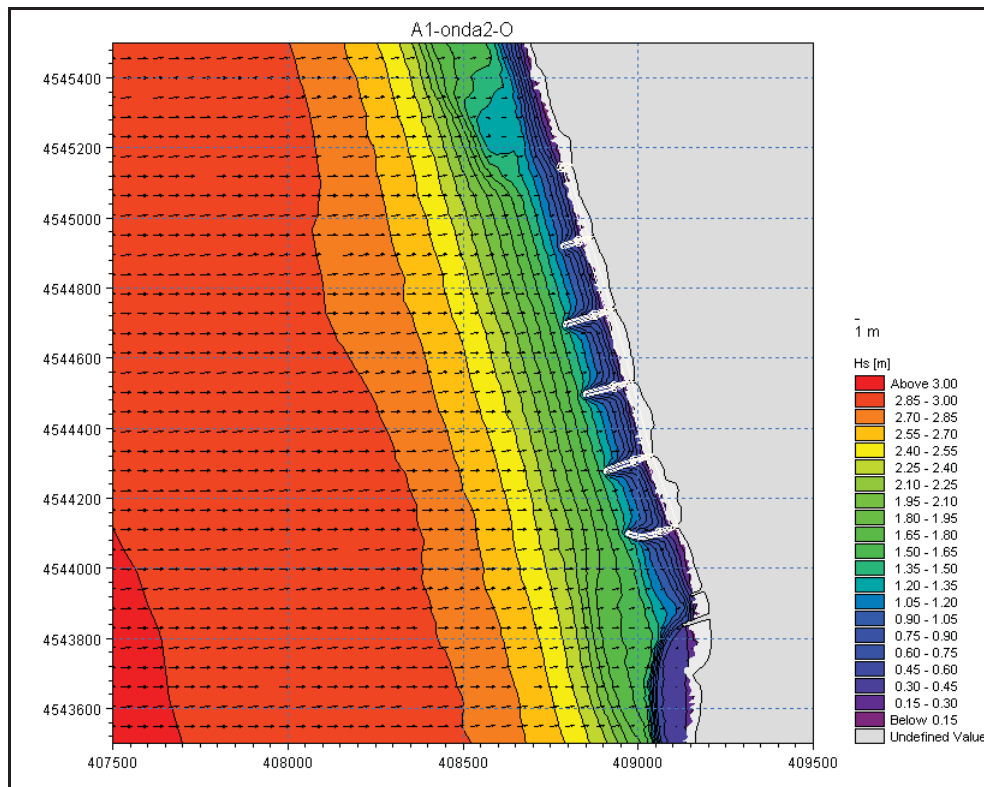


Figura 18 - A1 - Campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

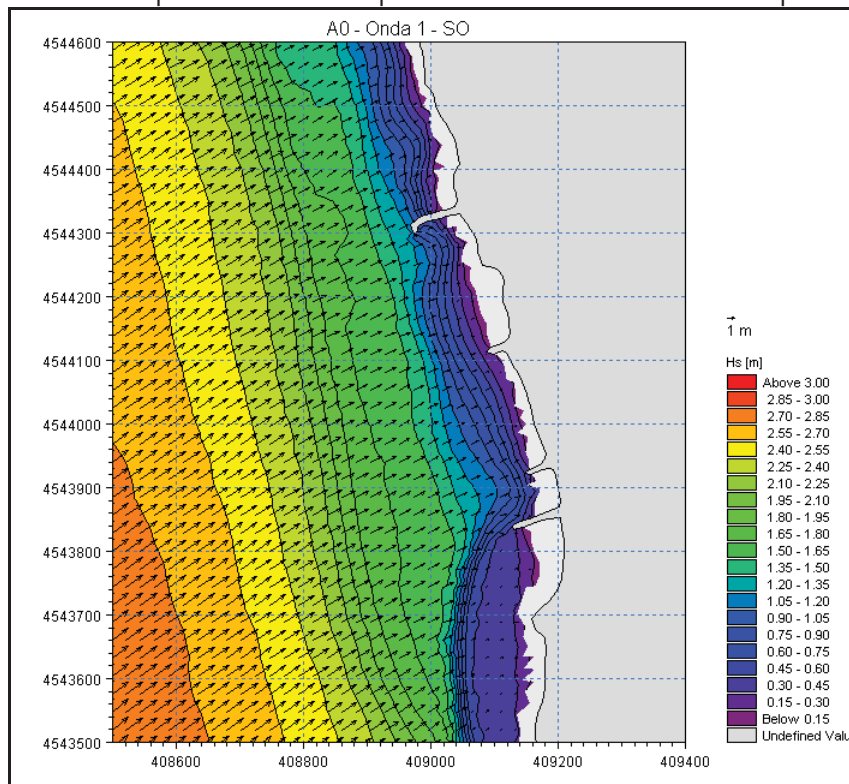


Figura 19 - A0 - Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

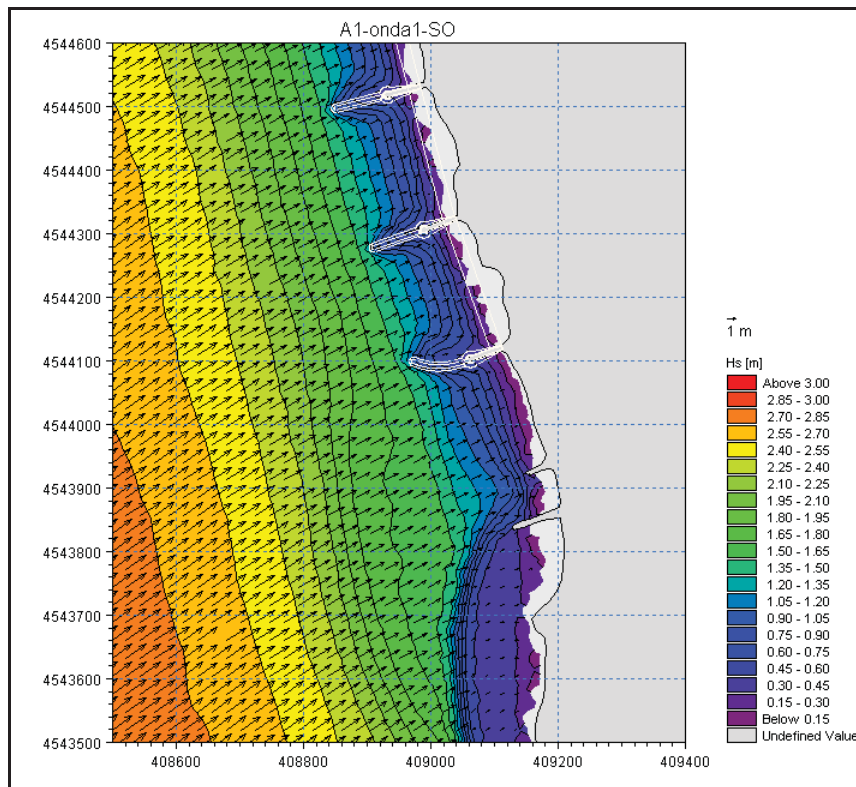


Figura 20 - A1 – Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

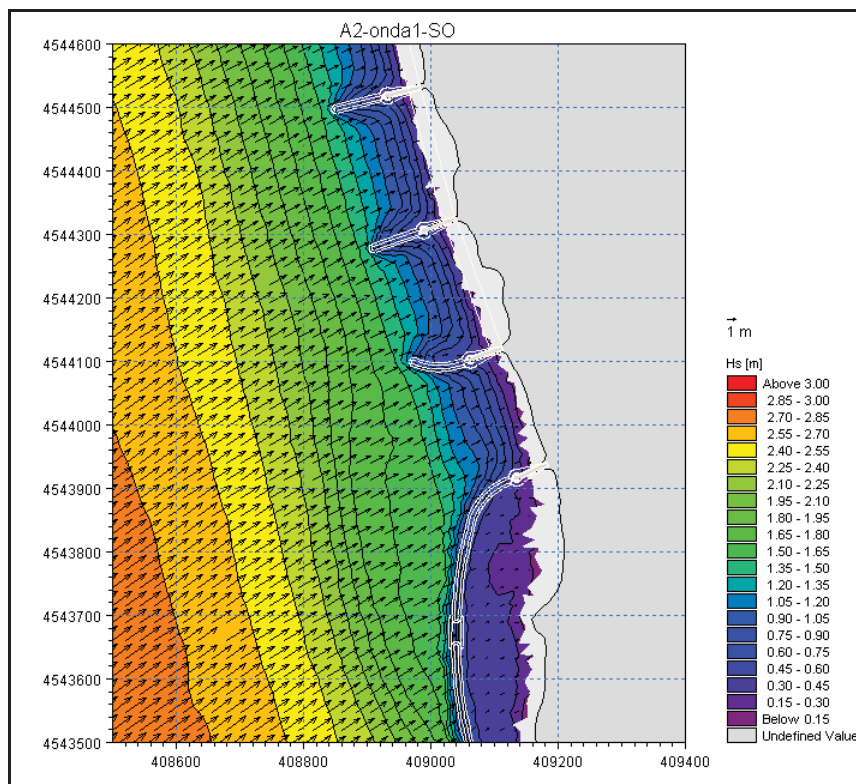


Figura 21 - A2 – Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

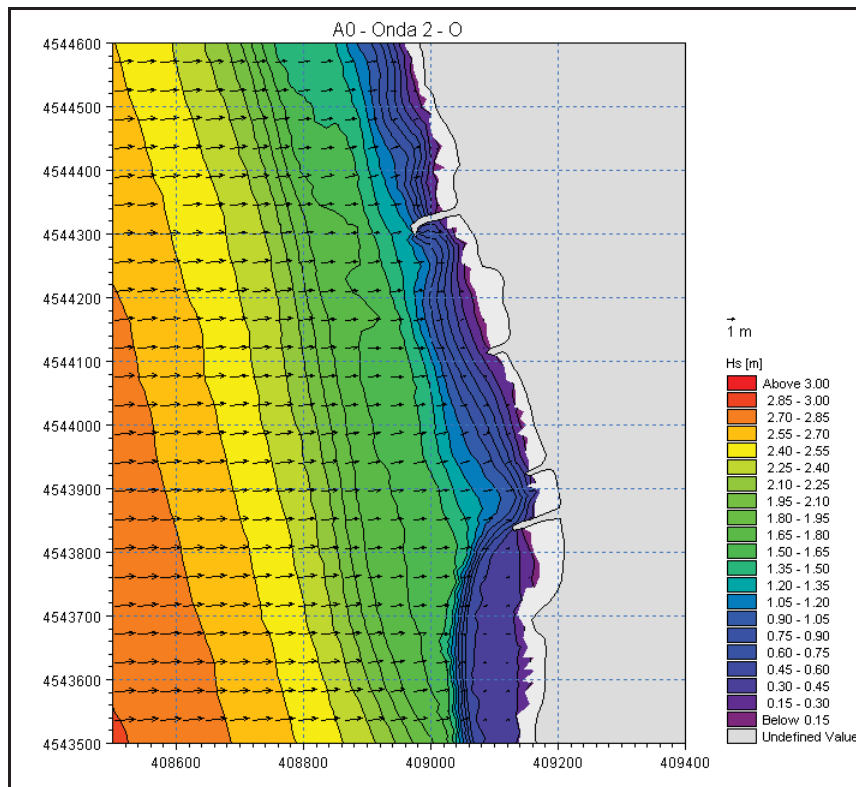


Figura 22 - A0 – Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

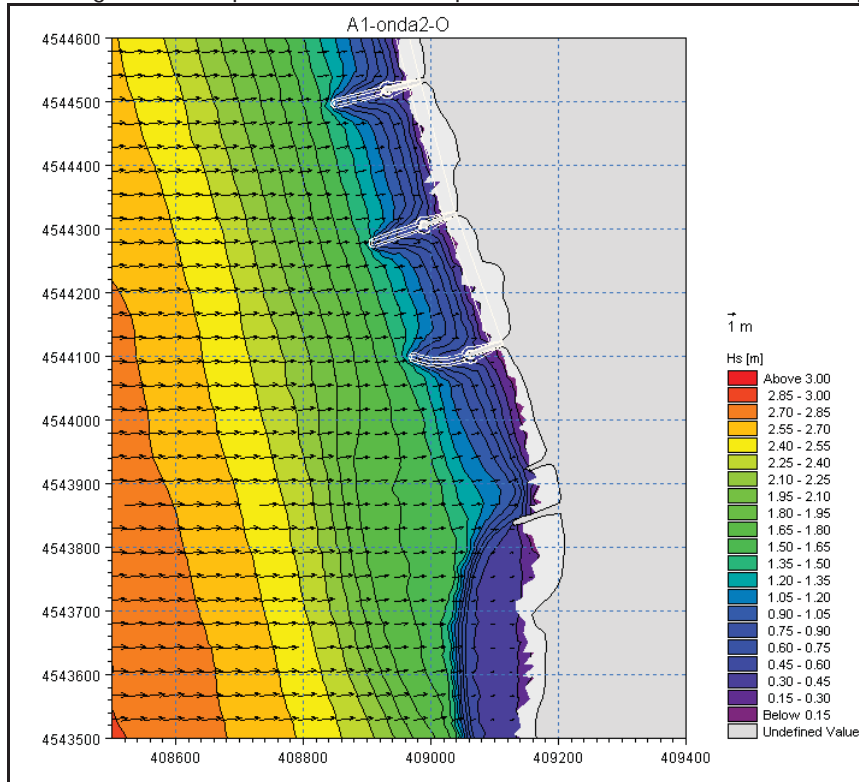


Figura 23 - A1 – Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

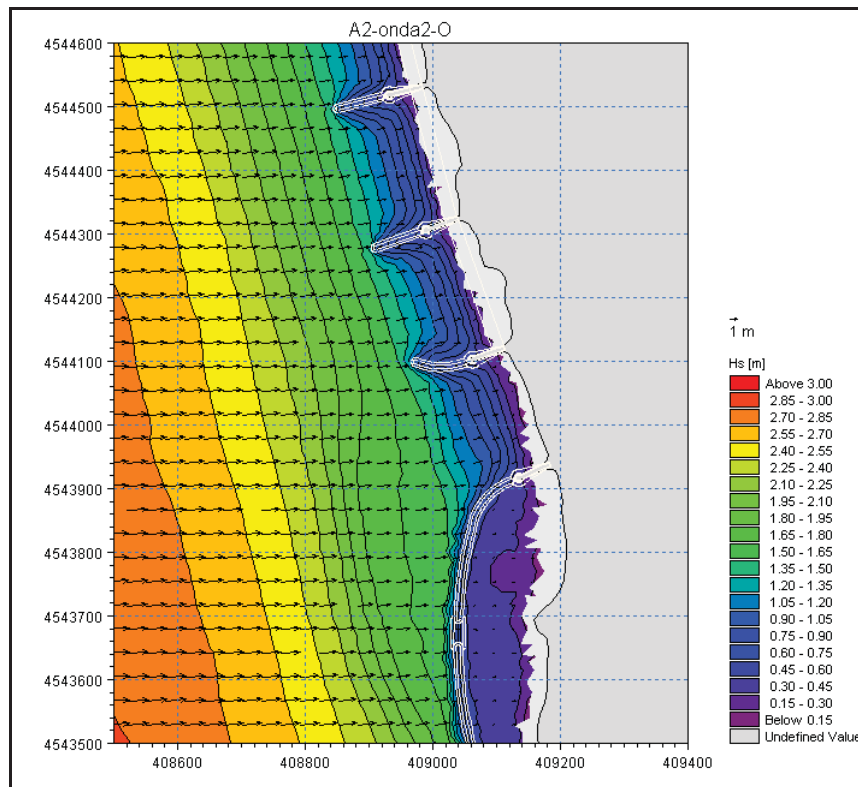


Figura 24 - A2 – Dettaglio del campo di moto ondoso per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

Analizzando i risultati relativi alla distribuzione delle altezze d'onda all'interno del dominio di calcolo preso in esame, si può osservare (figg. 15 e 17) un avvicinarsi delle linee a pari altezza d'onda ad una distanza dalla costa compresa tra i 200 ed i 300 m. Tale caratteristica indica che le onde più elevate frangono, seppure parzialmente, in corrispondenza della berma sommersa del profilo di spiaggia, che si trova ad una distanza dalla linea di riva pari a quella prima riportata.

Nella parte meridionale del dominio si può osservare come la presenza della scogliera sommersa in sponda destra del fiume Volturno determini il frangimento delle onde incidenti. In virtù del suo basso grado di sommergenza (0.5 m), l'energia viene qui pressochè completamente dissipata sulla scogliera, tanto che i valori di altezza d'onda a tergo della stessa si abbassano fino a divenire inferiori a 0.5m (le onde simulate presentano altezze significative di oltre 3 m al largo).

In generale si può affermare che il ripascimento previsto nelle alternative A1 ed A2 determini una regolarizzazione dei campi d'onda. Anche la parte sommersa dei pennelli trasversali previsti è in grado di determinare il frangimento delle onde più alte, con una evidente rotazione del fronte d'onda per effetto della rifrazione.

### 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

#### 3.1 Evoluzione storica della linea di costa



Le modificazioni della linea di costa che hanno interessato il tratto in esame si inquadrano nel contesto più ampio dell'evoluzione del delta del Volturno.

Tale settore ha storicamente rappresentato l'ambiente morfologico maggiormente dinamico della fascia costiera. Le fasce di accrescimento a mare connesse a deposizione lungo il delta del Volturno interessano un tratto di costa esteso oltre 9 km, a nord ed a sud del corso attuale, ovvero un tratto molto più esteso rispetto a quello che caratterizza l'attuale delta emerso.

In particolare, come è possibile evincere dall'analisi cartografica e da bibliografia il complesso di foce ha subito dal 1800 fino almeno ai primi del '900 (cartografia IGM 1907) un fenomeno di protendimento continuo, mentre dal 1907 al 1954 la linea di costa comincia a presentare fenomeni di arretramento piuttosto spinto in destra orografica con valori massimi dell'ordine di 2 metri all'anno nel settore più prossimo alla foce stessa (circa 1.5 km).

Nello stesso periodo l'area in sinistra foce è soggetta ad un arretramento meno vistoso, per un tratto sino a 750 metri a sud, con valori leggermente minori di un metro all'anno.

La tendenza all'arretramento, e più in generale ad un processo di rettilineazione del settore di foce viene confermata nel periodo dal 1954 al 1982, con valori compresi tra 1 e 6 metri/anno in destra foce e da 1 a 19 metri/anno in sinistra.

Il protrarsi dei fenomeni erosivi anche nell'ultimo ventennio, condizione incompatibile con l'antropizzazione ed urbanizzazione attuale del settore, ha reso necessaria la stabilizzazione del tratto tramite le opere emerse e soffolte attualmente riscontrabili nel tratto di foce. Tali sistemazioni modificano il rapporto tra il delta e la fascia costiera, riducendo il margine di evoluzione morfologica di un settore storicamente soggetto a cicli di progradazione e di rierosione.

Le opere attualmente presenti in destra della foce Volturno, interessano il settore di delta storicamente soggetto alla massima dinamica evolutiva, ma non l'intero settore con erosione in atto, che si estende per oltre 1 km in destra della ex foce del Canale Lavapiatti. L'evoluzione in questo settore, ed in particolare i fenomeni erosivi recenti, hanno portato nella fascia emersa alla progressiva riduzione dell'arenile. I fenomeni erosivi di massima entità si riconoscono, per il settore di progetto, immediatamente a NE del tratto sistemato con opere di protezione, in cui vi sono in particolare tratti in cui l'arenile è assente e la linea di battigia è almeno localmente molto prossima o addirittura direttamente in fregio al piede esterno dell'apparato dunare, testimoniando la condizione di massimo arretramento storico della linea di riva.

A tergo dell'arenile, è in tutto il tratto particolarmente sviluppato l'apparato dunare, con un'ampiezza massima trasversale dell'ordine di oltre 2.5 km, delimitato verso l'entroterra da depressioni retrodunari ex-acquitrinose, bonificate, e dalla piana alluvionale costiera del Volturno. L'elevata estensione trasversale della duna (massima lungo la fascia in esame), è un elemento indicativo della progradazione storica del settore di foce Volturno, per l'accumulo eolico delle sabbie prelevate da un arenile in continuo e rapido avanzamento.

### **3.2 Caratterizzazione sedimentologica**

Nel tratto in esame i depositi presentano una composizione omogenea per fasce batimetriche, analogamente a quanto riscontrabile con scarse variazioni lungo tutto il settore centrale del paraggio di studio.

Con riferimento alla carta della localizzazione delle indagini, Elaborato 2118-10-00200.GIS del PSEC, per il tratto di progetto, la caratterizzazione granulometrica deriva dal transetto di rilievo costituito dai campioni cod. SE08÷10, SS011, 312÷316M (9 campioni).

Nel tratto di progetto i sedimenti di spiaggia emersa sono costituiti da sabbie medie, uniformi. Il diametro medio d50 dell'insieme granulometrico è compreso tra 0.3 e 0.5 mm.

La granulometria risulta inferiore, con incremento della percentuale di limo (fino a circa il 5%), procedendo lungo il transetto in mare fino al piede della barra sommersa esterna (d50 0.13-0.14 mm).

### **3.3 Trasporto solido e tendenze evolutive: situazione recente**

Per il tratto di progetto, la persistenza recente ed attuale dei fenomeni erosivi della linea di costa è evidenziata dal confronto tra la CTR in scala 1:5000 della Regione Campania (1997) e gli ortofotogrammi 2007 dell'Autorità di Bacino del Liri-Garigliano e Volturno (e relativa restituzione cartografica).

Per accuratezza di georeferenziazione e qualità dei rilievi il confronto consente l'analisi di variazioni della linea di costa valutabile nell'ordine dei 5 m, pertanto adatta all'analisi recente, nell'ambito anche delle variazioni riscontrabili nell'arco temporale limitato.

Nel decennio di riferimento, il tratto in esame è stato interessato da un arretramento medio di circa 2.0 m/a. In termini volumetrici, è stato calcolato un volume unitario di erosione (per metro lineare di costa) di circa 10.6 m<sup>3</sup>/m/a.

La tendenza all'arretramento caratterizza omogeneamente tutto il tratto di progetto, senza soluzione di continuità. I valori massimi dell'erosione (fino a 3.7 m/a) si riscontrano peraltro nel tratto prospiciente il canale stagno Lavapiatti, nonostante la presenza già oggi di pennelli trasversali, non sufficienti a contenere il fenomeno.

### **3.4 Trasporto solido e tendenze evolutive: situazione in atto e di progetto**

Lo studio del trasporto solido costiero, nelle condizioni attuali e secondo le alternative progettuali considerate, ha previsto da un lato la modellazione bidimensionale della corrente litoranea e della capacità di trasporto, che ha permesso una adeguata valutazione dell'effetto locale esercitato dalle singole opere sulla dinamica costiera, e dall'altro la modellazione monodimensionale dell'evoluzione prevista della linea di riva a 10 anni.

Quest'ultimo tipo di modellazione è di fondamentale importanza nella verifica dell'impatto a medio-lungo termine degli interventi previsti sui tratti di costa oggetto degli stessi e anche su quelli limitrofi.

La modellazione bidimensionale, effettuata mediante l'utilizzo combinato dei modulo idrodinamico (MIKE 21 HD FM) e di trasporto di sedimenti (MIKE 21 ST FM), ha previsto la simulazione dello stato attuale (A0) e delle due alternative di progetto (A1 e A2).

La rappresentazione grafica dei risultati in termini di distribuzione dell velocità di corrente e di capacità di trasporto è riportata nella successione di immagini dalla 25 alla 54. Per le onde più basse, i risultati in forma grafica sono limitati alla rappresentazione dei campi di velocità di corrente.

La distribuzione delle velocità di corrente e della capacità di trasporto relativi all'alternativa progettuale A2 risulta identica alla distribuzione relativa all'alternativa progettuale A1 a meno dell'area più prossima alla foce del canale "Lavapiatti". Per l'alternativa A2, pertanto, la rappresentazione grafica dei risultati è limitata a tale area.

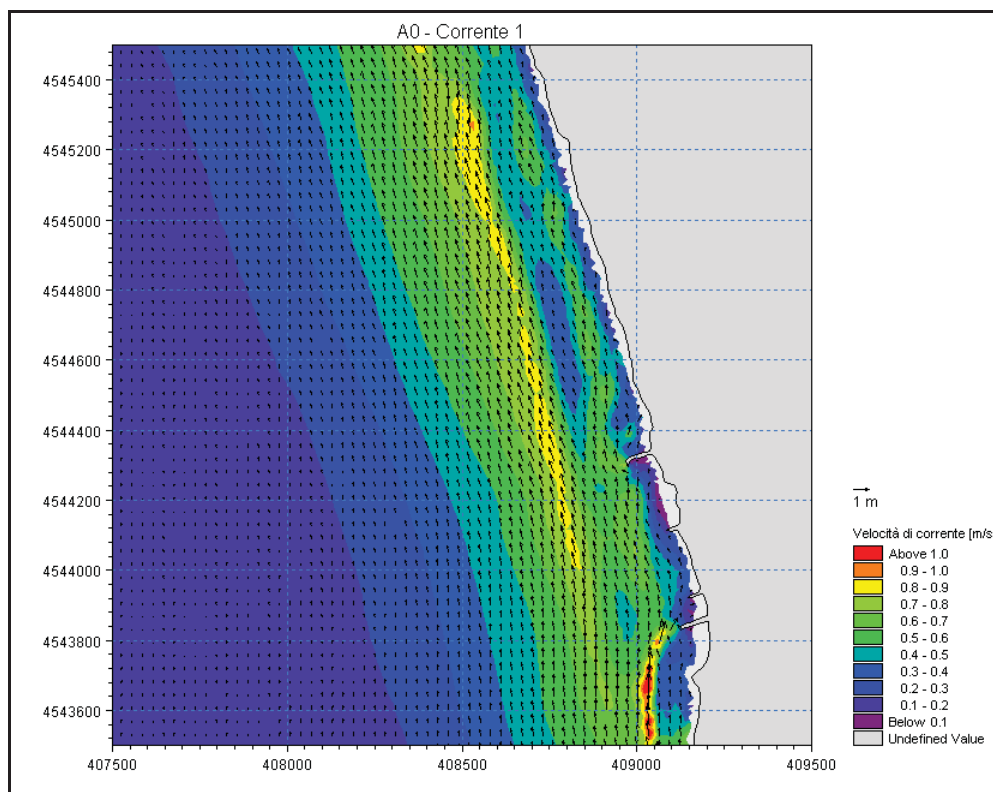


Figura 25 - A0 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.

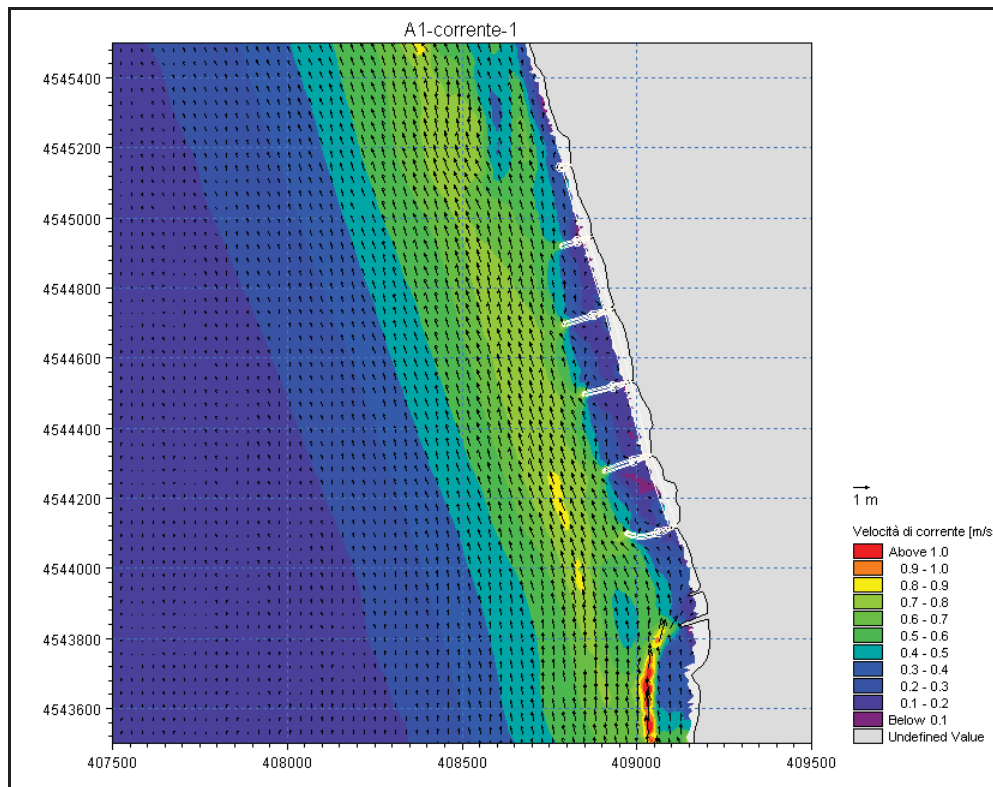


Figura 26 - A1 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

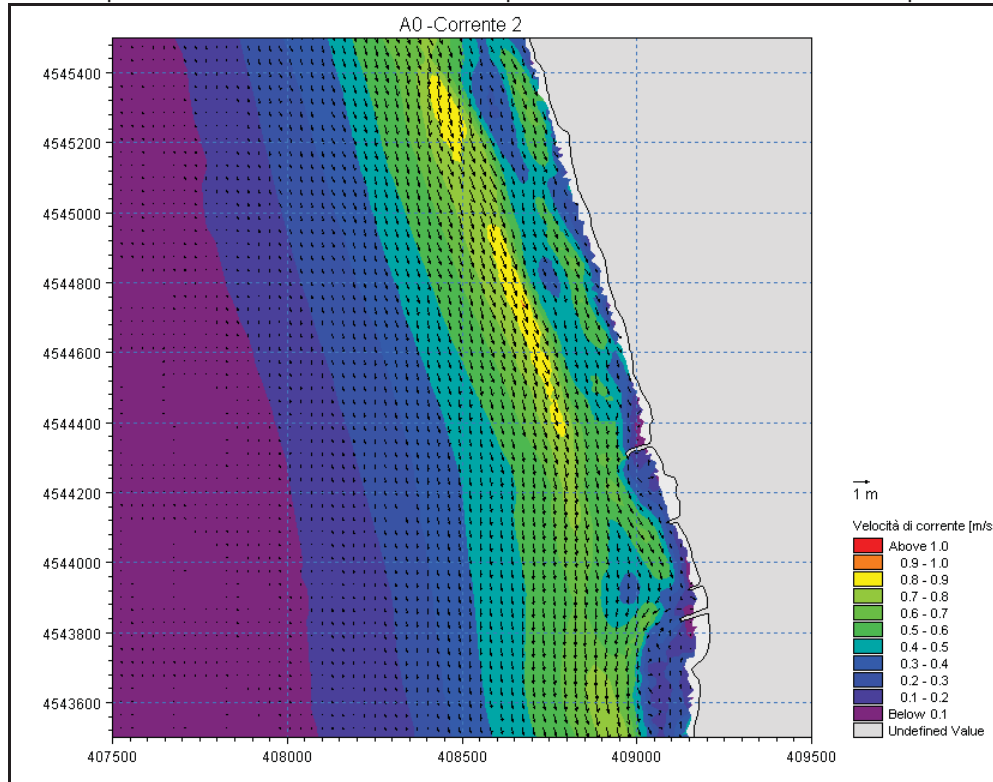


Figura 27 - A0 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.



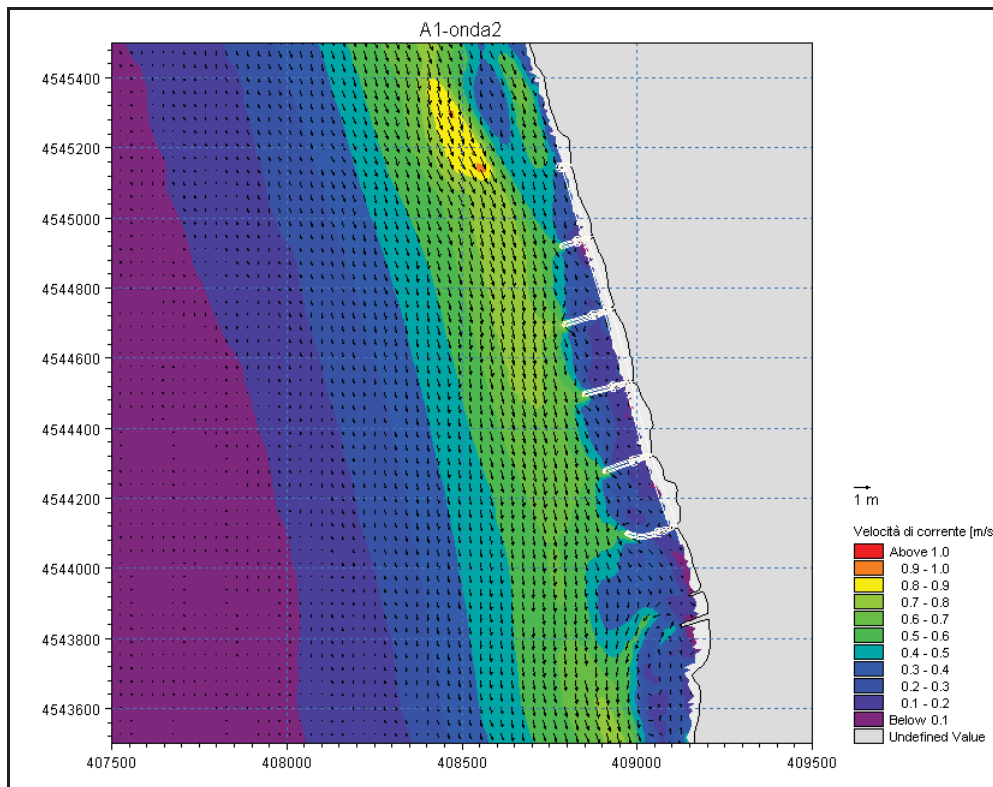


Figura 28 - A1 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

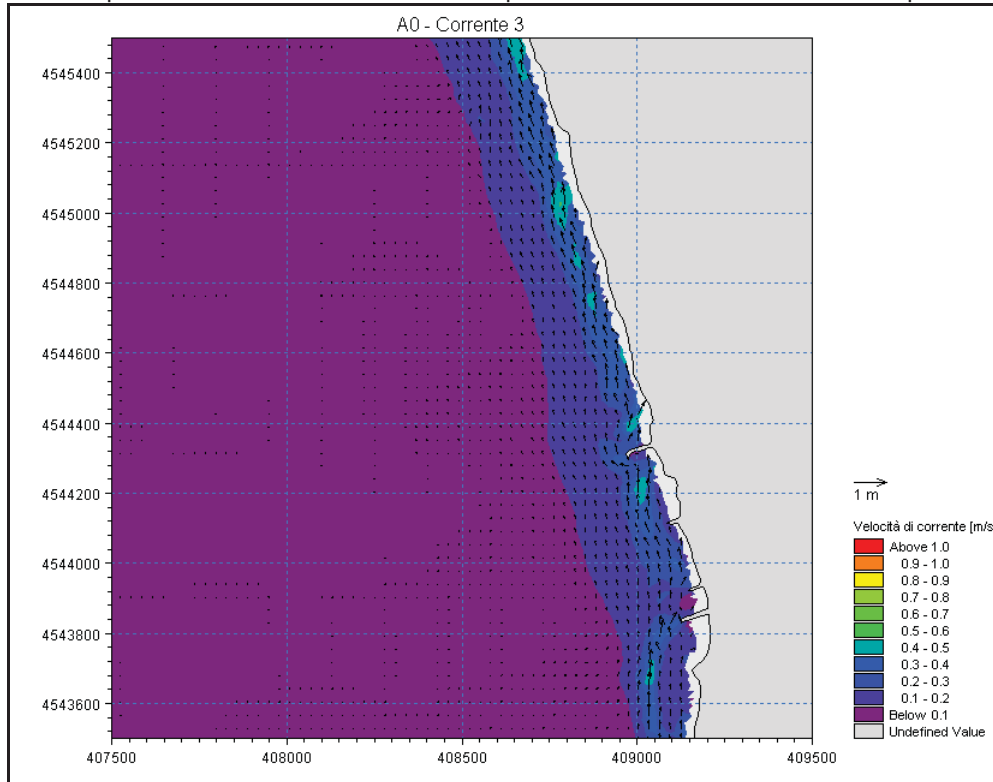


Figura 29 - A0 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

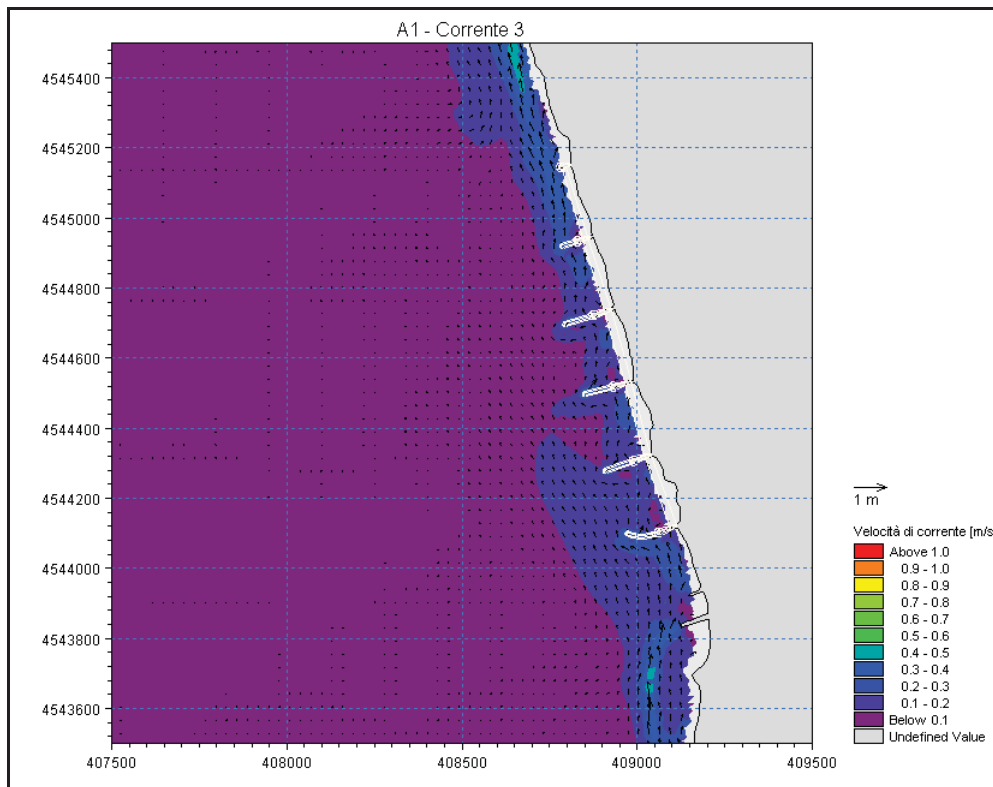


Figura 30 - A1 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

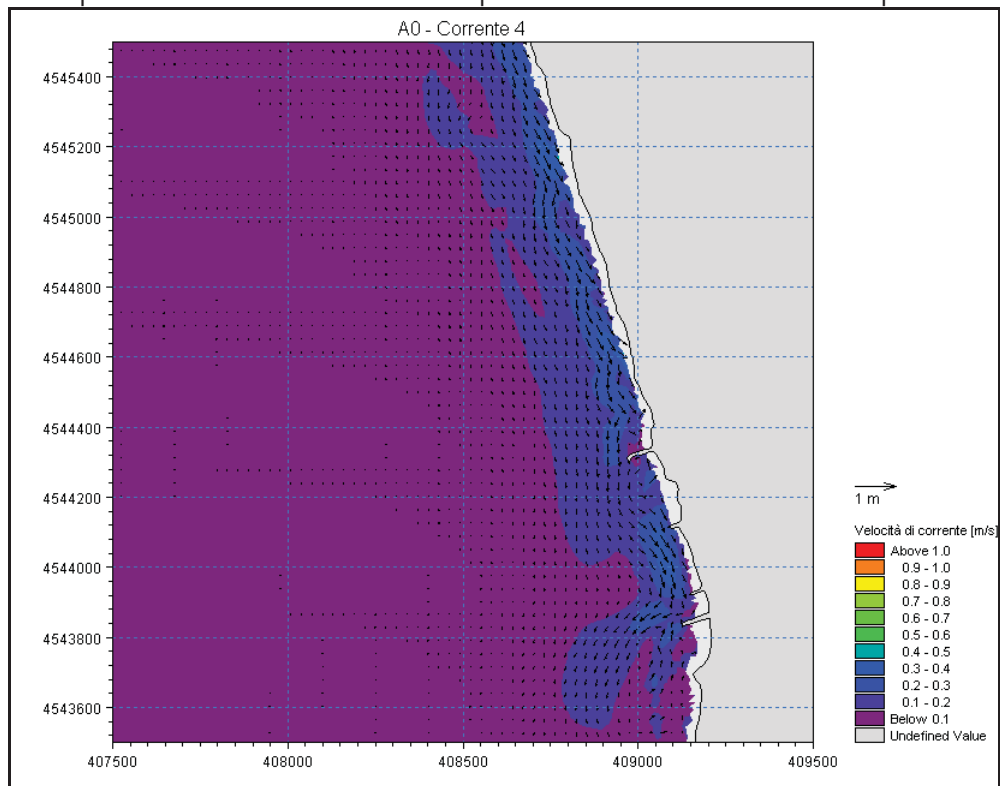


Figura 31 - A0 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza O.

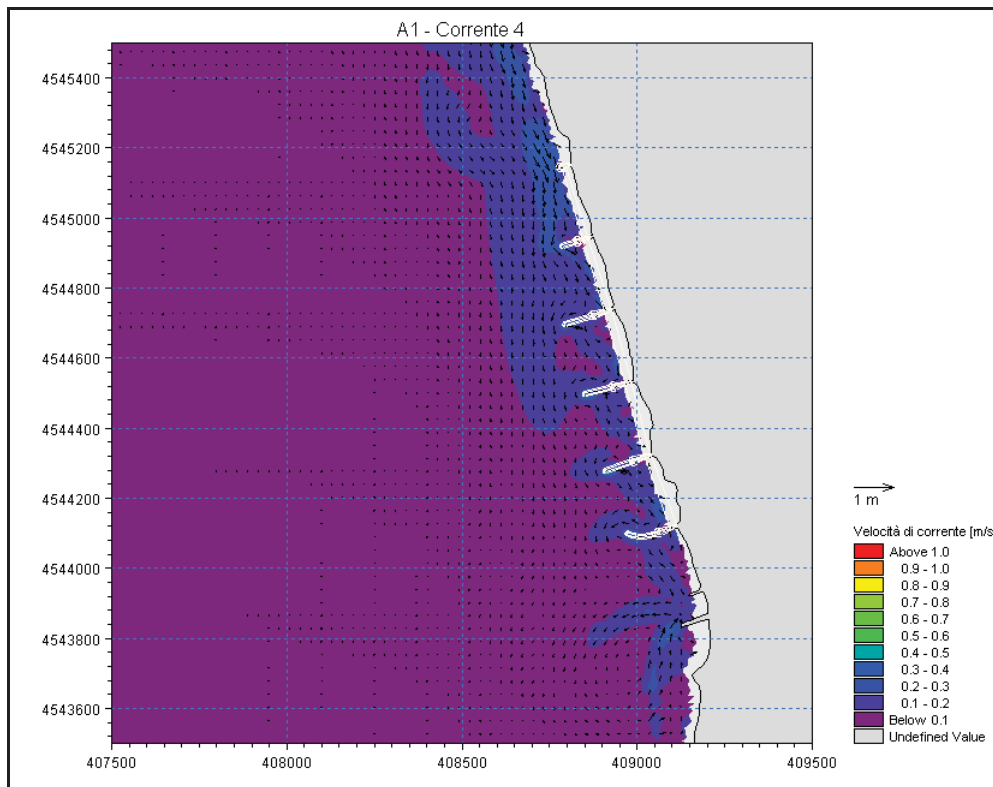


Figura 32 - A1 - Campo di velocità di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza O.

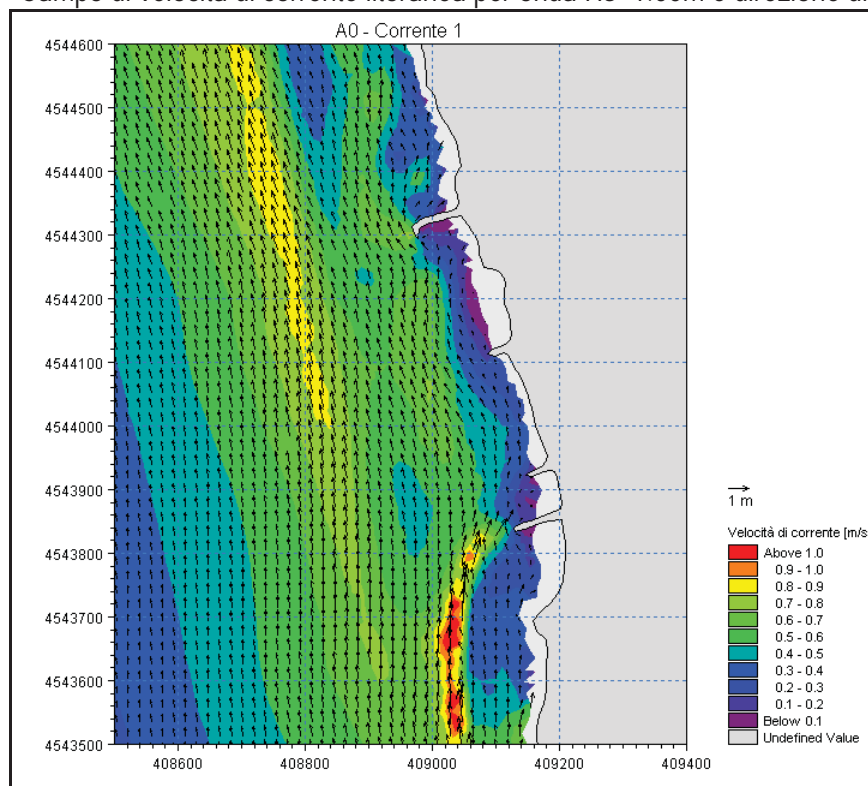


Figura 33 - A0 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.24\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

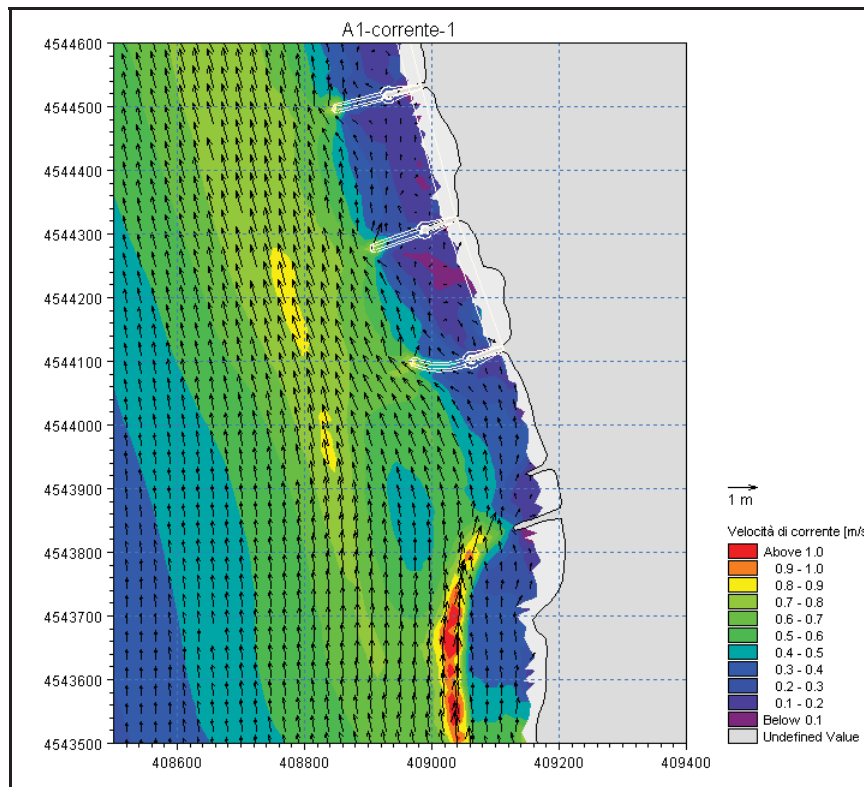


Figura 34 - A1 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.

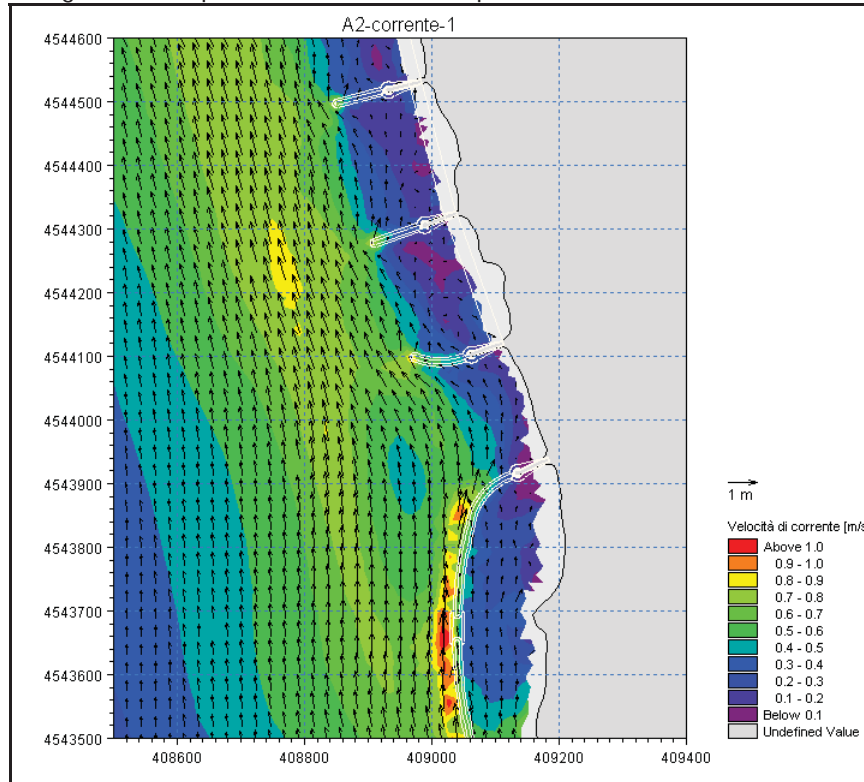


Figura 35 - A2 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.



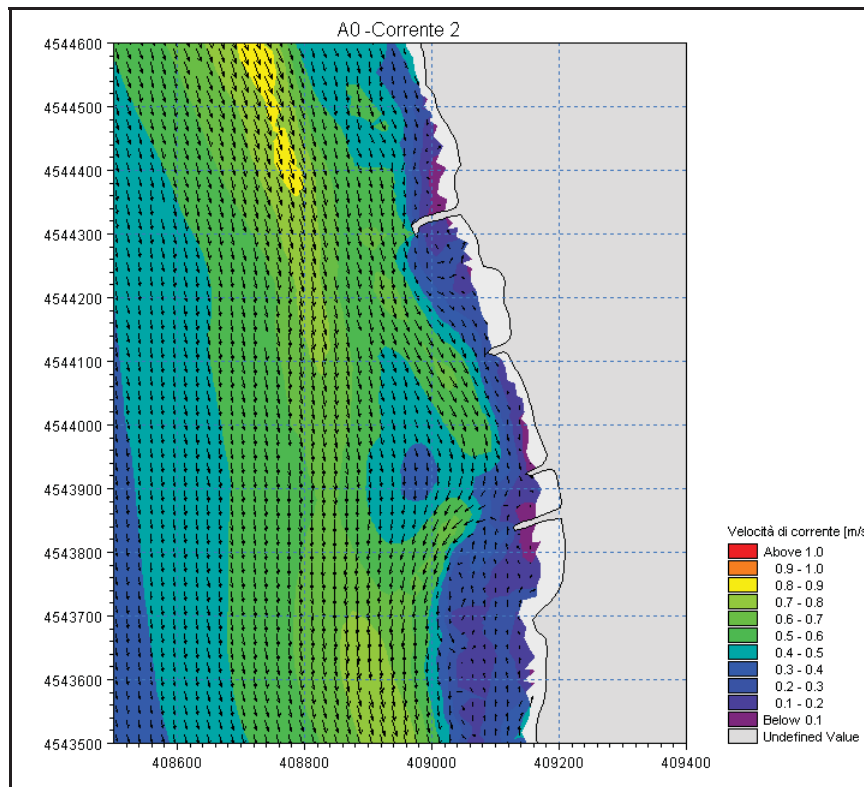


Figura 36 - A0 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

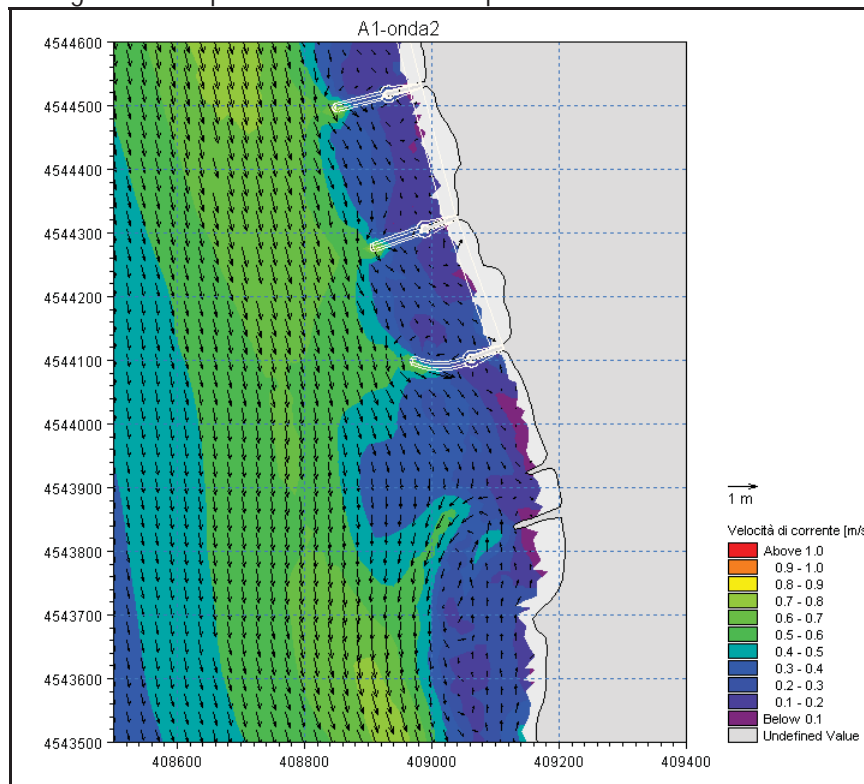


Figura 37 - A1 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

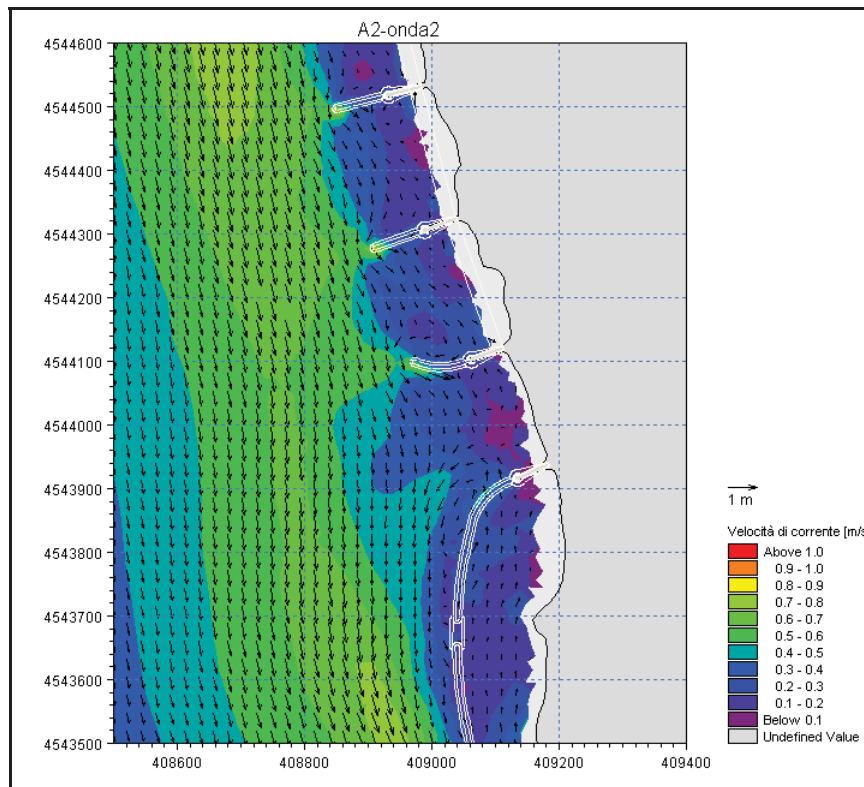


Figura 38 - A2 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

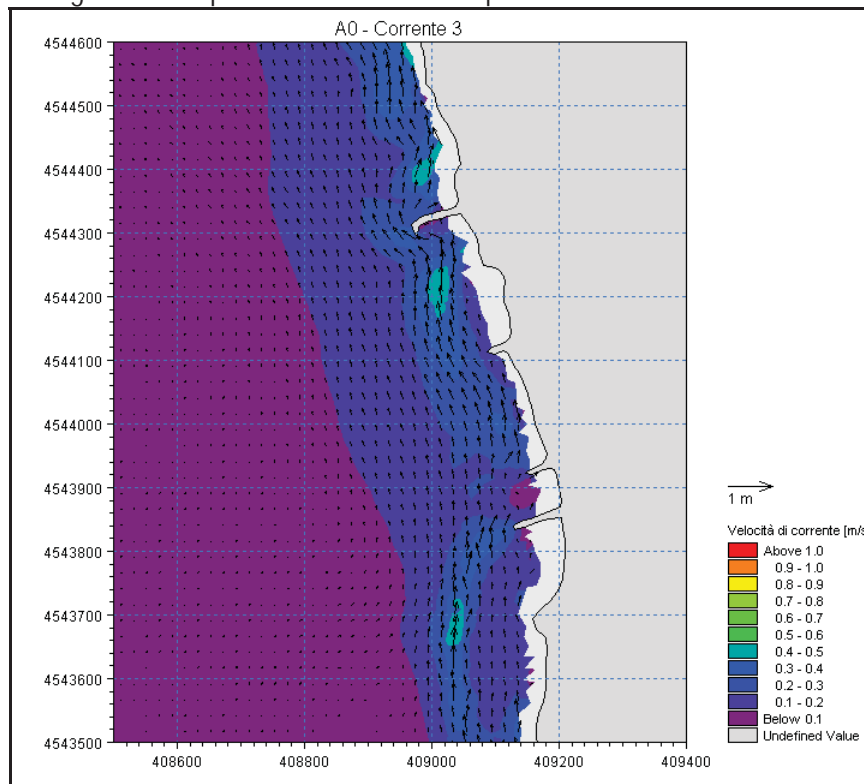


Figura 39 - A0 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza SO.

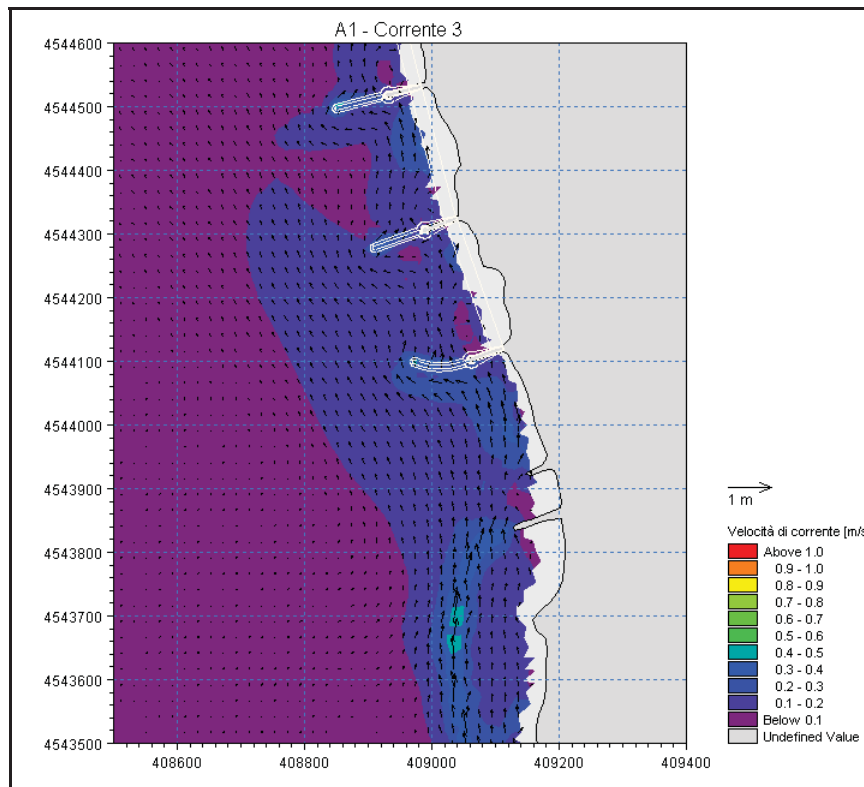


Figura 40 - A1 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00m$  e direzione di provenienza SO.

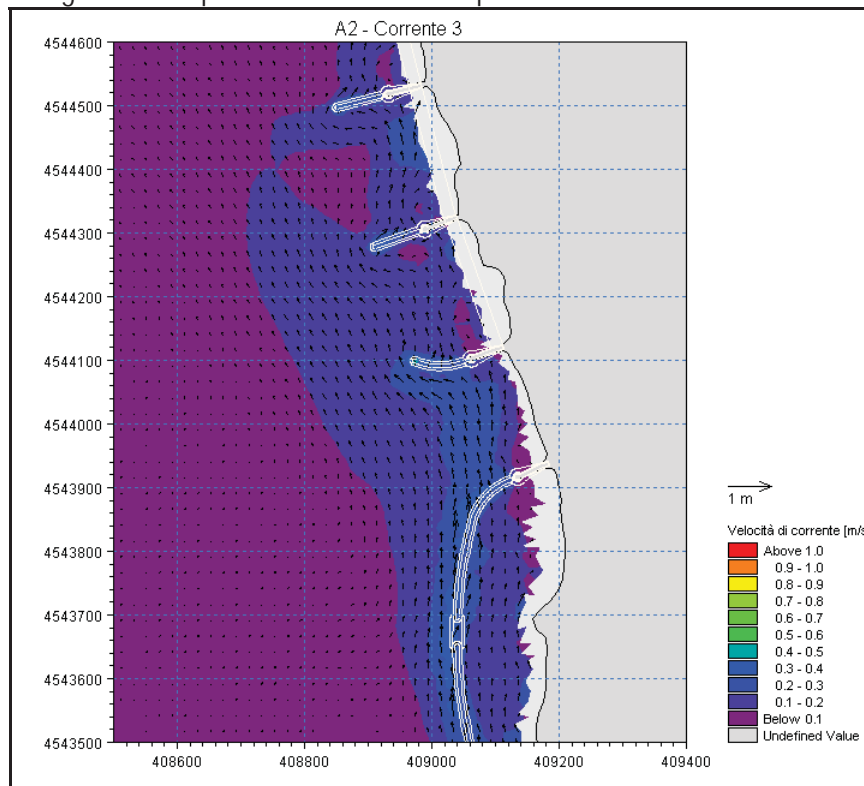


Figura 41 - A2 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00m$  e direzione di provenienza SO.

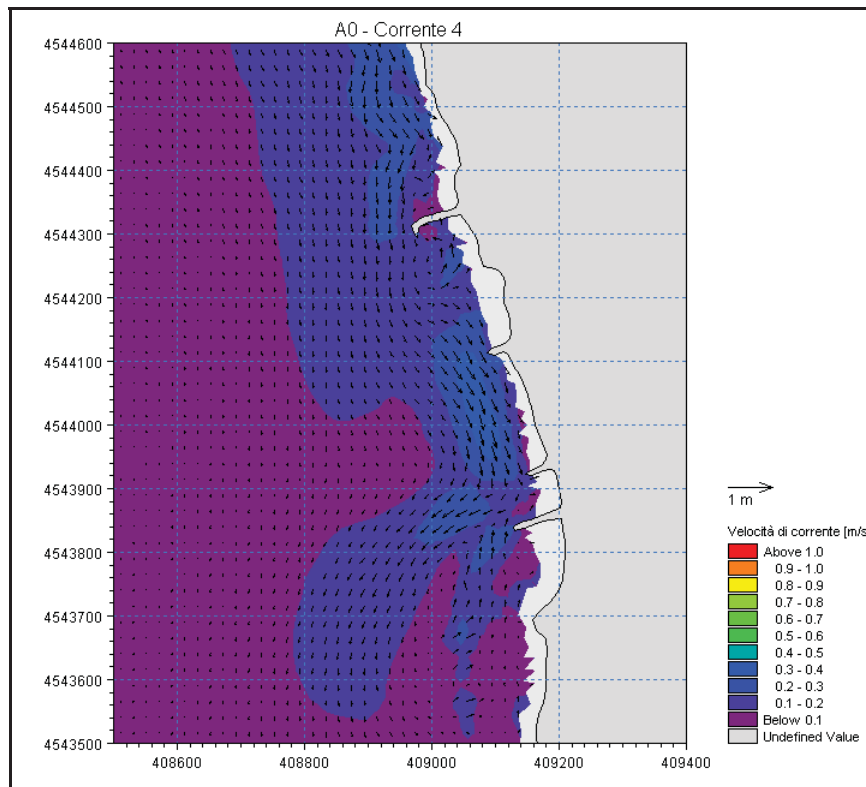


Figura 42 - A0 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza O.

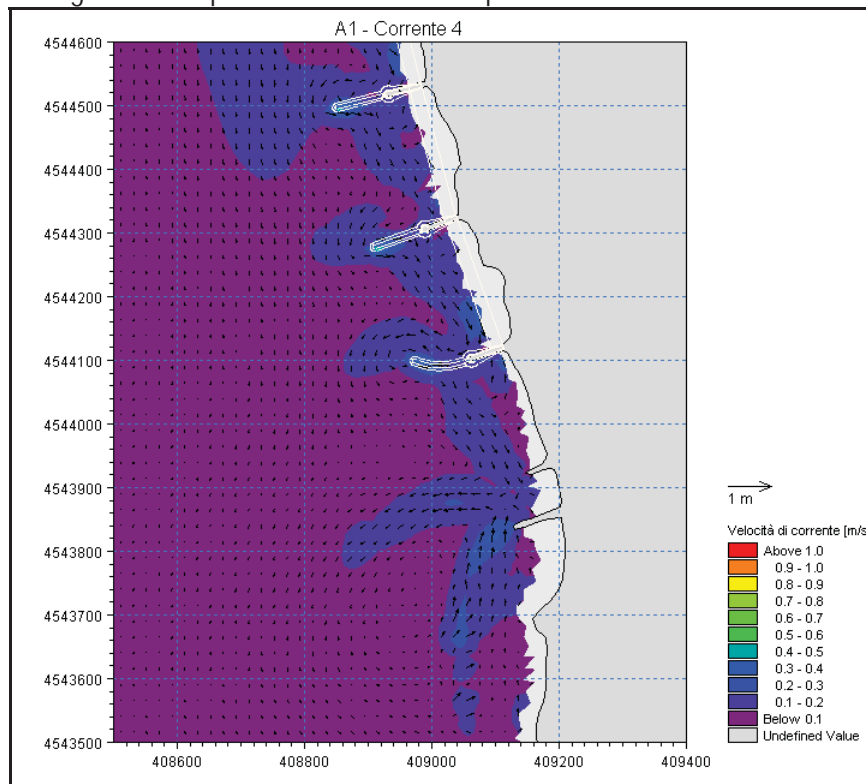


Figura 43 - A1 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza O.



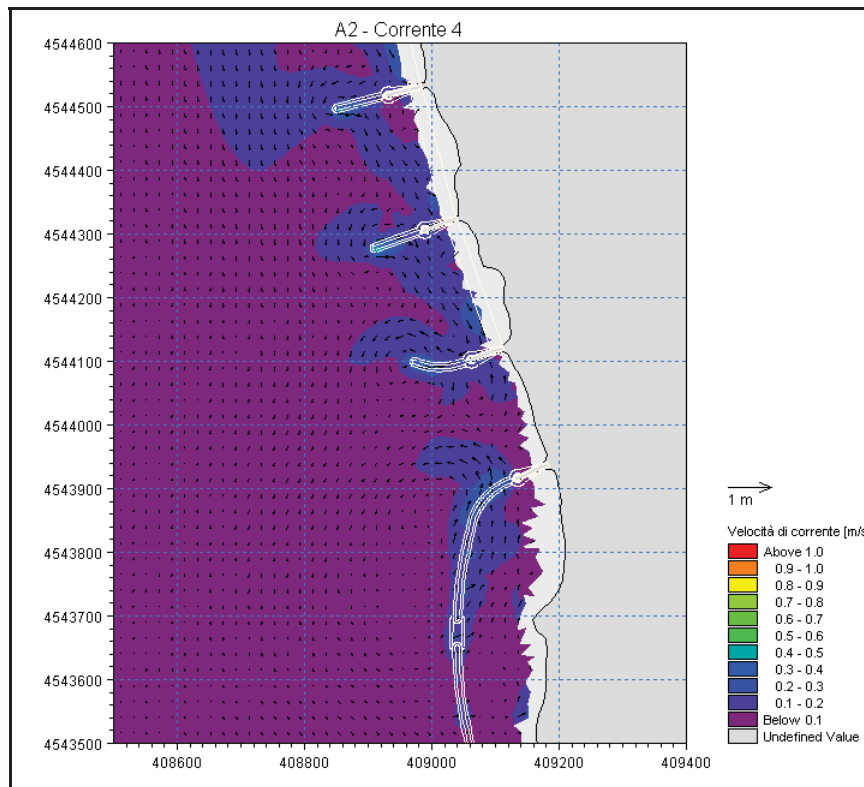


Figura 44 - A0 - Dettaglio del campo di corrente litoranea per onda  $H_s=1.00\text{m}$  e direzione di provenienza O.

L'analisi dei risultati illustrati nelle figure precedenti, evidenzia alcuni aspetti interessanti della dinamica litoranea nei pressi della foce del canale "Lavapiatti". Mareggiate intense, caratterizzate da frequenza annuale, sono in grado di determinare l'instaurarsi di correnti litoranee significative, caratterizzate da velocità superiori agli 0.5 m/s. In particolare, si può osservare in figura 25 un picco di velocità di corrente (compresa tra 0.8 e 0.9 m/s) circa 250 m al largo della linea di riva. Tale picco di velocità è determinato dalla presenza della berma sommersa che, posta alla profondità di circa 2.0 – 2.5 m, induce il frangimento delle onde più alte. Nella modellazione della condizione post-ripascimento, la ricostruzione di un profilo di equilibrio secondo la teoria di Dean non ha permesso di rappresentare la presenza della berma sommersa; i risultati in termini di distribuzione delle velocità di corrente, come si può osservare ad esempio nella figura 26, risultano pertanto più "regolari", senza il picco precedentemente descritto.

Sempre nelle condizioni attuali (figg. 25 e 27) è possibile individuare una seconda fascia caratterizzata da un picco locale di velocità (comunque non superiore agli 0.6 m/s) ad una distanza minore dalla linea di riva rispetto al primo picco. Tale fascia è sede di un secondo frangimento dell'onda, laddove il profilo trasversale della costa assume quote via via più ridotte con l'approssimarsi alla battigia.

La sistemazione del tratto di litorale con pennelli trasversali di contenimento induce un generale abbattimento delle velocità di corrente nel tratto più prossimo alla costa, indotto dalla protezione offerta dai pennelli, sia per la loro parte emersa, sia per la loro parte sommersa. Valori più elevati di velocità si ritrovano localmente proprio in corrispondenza della sommità della parte sommersa dei pennelli, effetto determinato dal basso grado di sommergenza dell'opera e dal conseguente frangimento delle onde più elevate sull'opera stessa (es. figura 30).

I valori più elevati di velocità di corrente si riscontrano in prossimità della scogliera sommersa di sponda destra del fiume Volturno. La scogliera, come già illustrato in precedenza, è in grado di abbattere la maggior parte dell'energia associata al moto ondoso incidente attraverso il frangimento indotto dall'opera stessa. Proprio in corrispondenza del frangimento si osserva l'instaurarsi di correnti lungo il perimetro della struttura che possono arrivare ad assumere valori localmente superiori ad 1 m/s.

In corrispondenza della foce del canale Lavapiatti si osserva in entrambe le alternative progettuali previste, per le onde in grado di generare correnti dirette verso Sud- Sud Est, la formazione di un vortice locale che può determinare un accumulo di sedimenti nell'area immediatamente a sud del pennello stesso. La formazione del vortice suggerisce che, qualora si volesse tenere libera la foce del canale, un periodico dragaggio risulterebbe quindi come la soluzione più opportuna.

I risultati dell'applicazione del modello di trasporto di sedimenti, illustrati nelle successive figure 45 – 54, ricalcano fedelmente l'andamento della velocità di corrente. In particolare, le figure 45 e 47 mettono bene in evidenza la localizzazione della berma sommersa, sede di un locale picco di trasporto di materiale. Le figure che illustrano in dettaglio l'andamento della capacità di trasporto nei pressi dei pennelli in progetto (figg. 50, 51, 53, 54) evidenziano l'incremento locale di capacità di trasporto in corrispondenza della testata sommersa dei pennelli, sede di erosione localizzata.

In conclusione, si può affermare che le soluzioni progettuali proposte sono in grado di determinare un andamento del flusso di corrente e della capacità di trasporto generalmente più regolare dell'attuale, senza apparentemente l'insorgere di correnti di rip dirette verso mare, che rappresentano una delle principali cause di perdita definitiva di materiale. Tra un pennello trasversale e l'altro ("cella"), l'andamento della velocità di corrente e della capacità di trasporto è quello tipico riscontrabile in letteratura e nei numerosi progetti simili realizzati: la distribuzione del flusso di corrente e del trasporto all'interno della cella è pertanto in grado di determinare un accumulo di materiale nei pressi dei pennelli ed uno scavo maggiore in prossimità del centro della cella stessa.

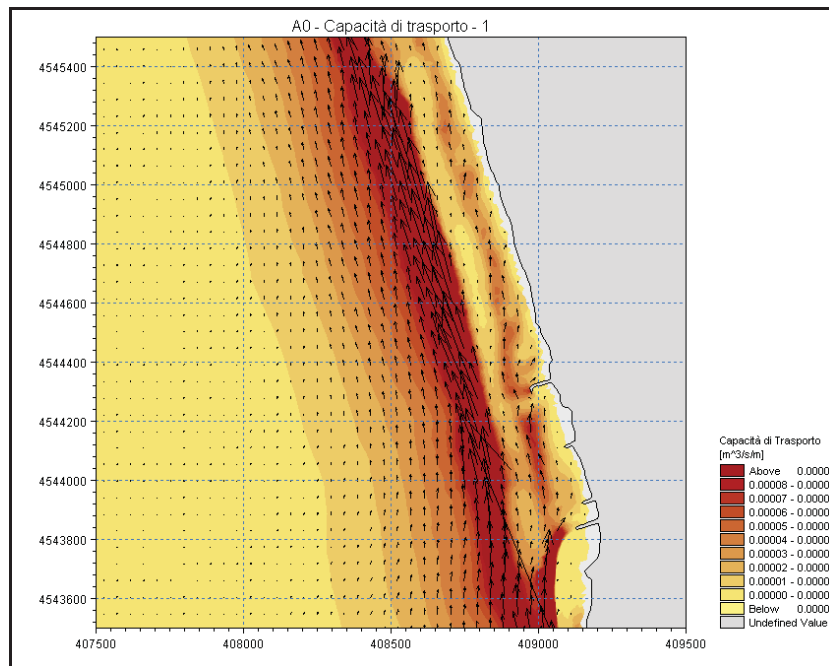


Figura 45 - A0 - Campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.

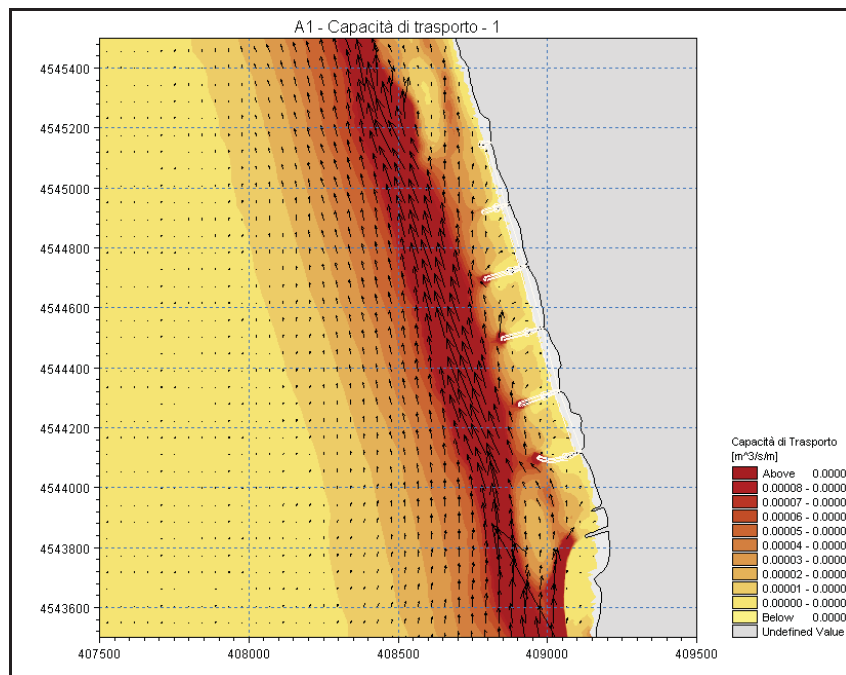


Figura 46 - A1 - Campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.

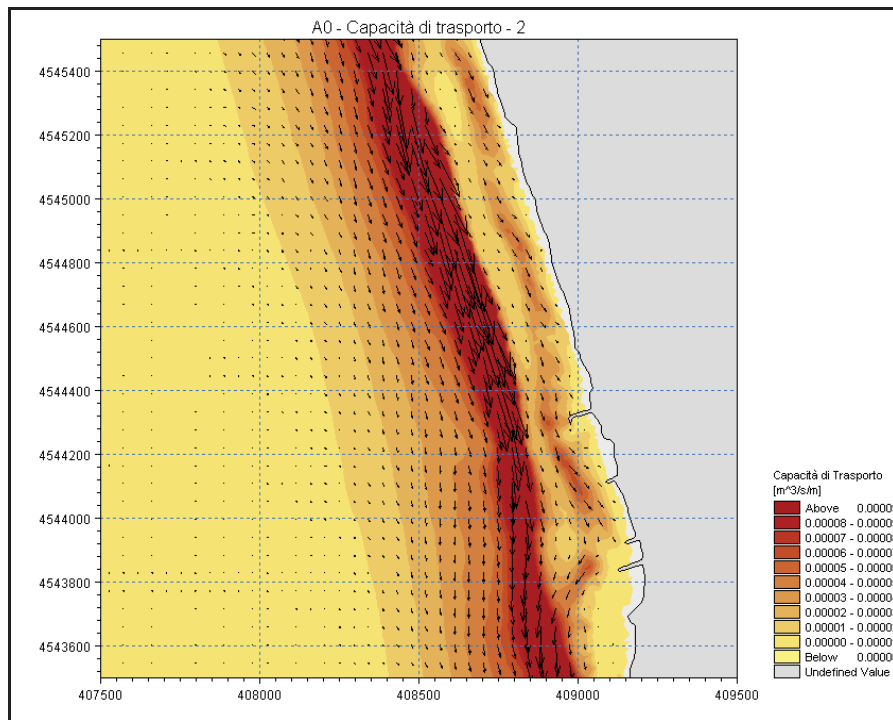


Figura 47 - A0 - Campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

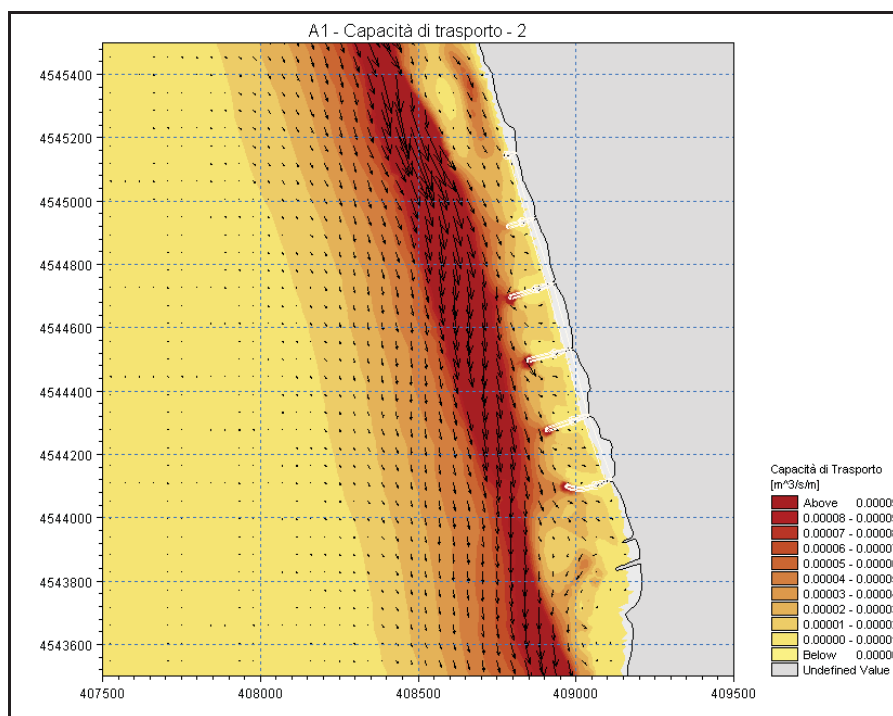


Figura 48 - A1 - Campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.35\text{m}$  e direzione di provenienza O.

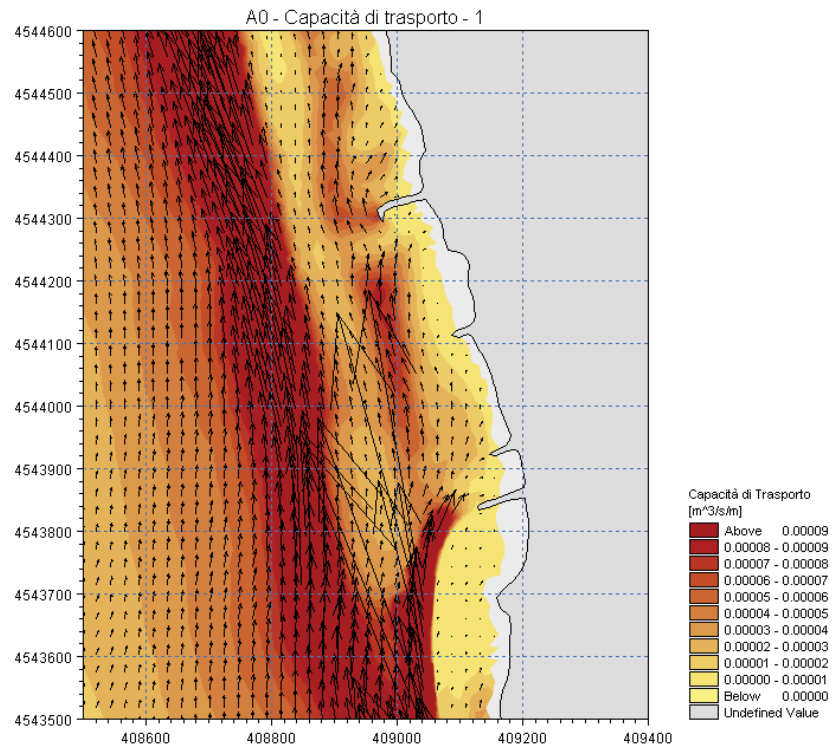


Figura 49 - A0 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.

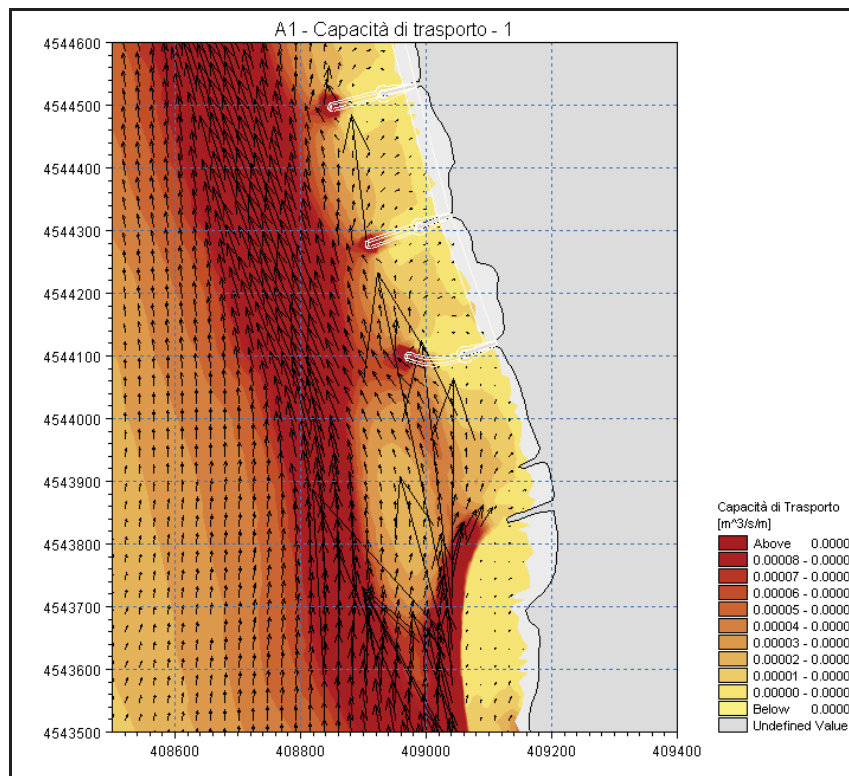


Figura 50 - A1 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.24m$  e direzione di provenienza SO.



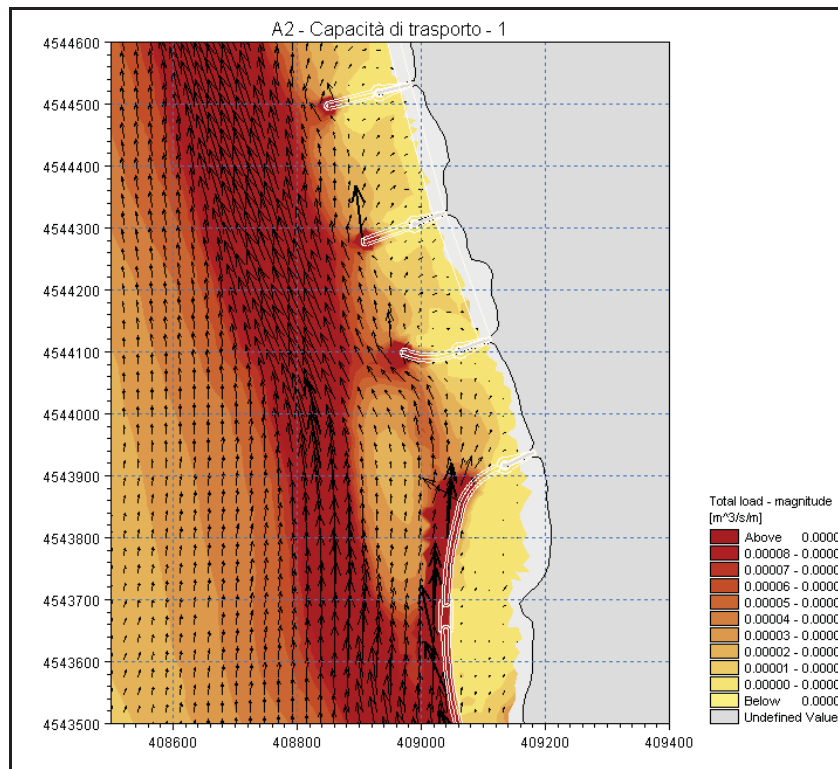


Figura 51 - A2 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda Hs=3.24m e direzione di provenienza SO.

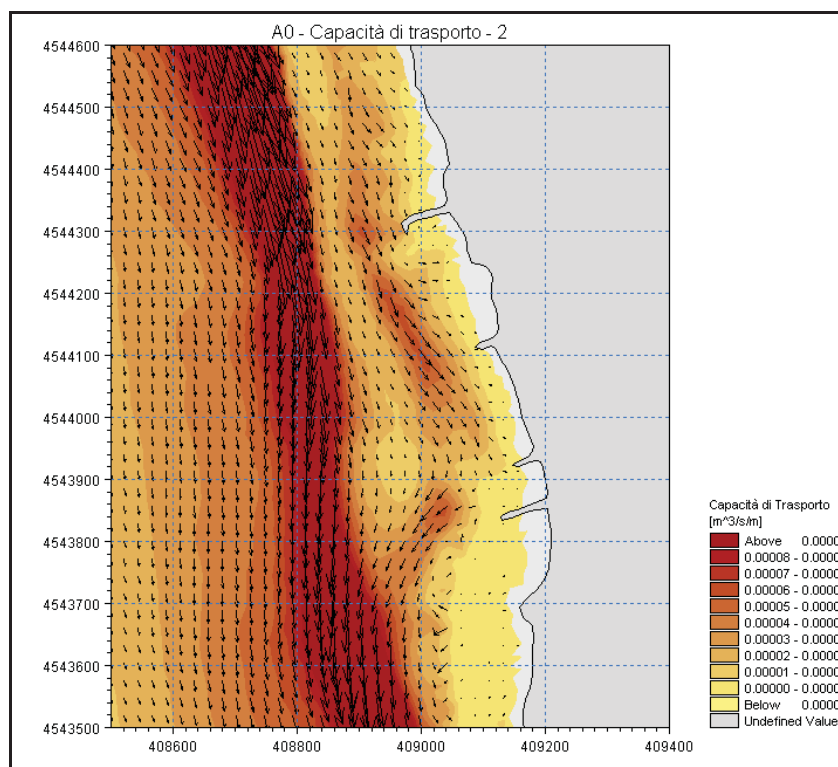


Figura 52 - A0 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda Hs=3.35m e direzione di provenienza O.

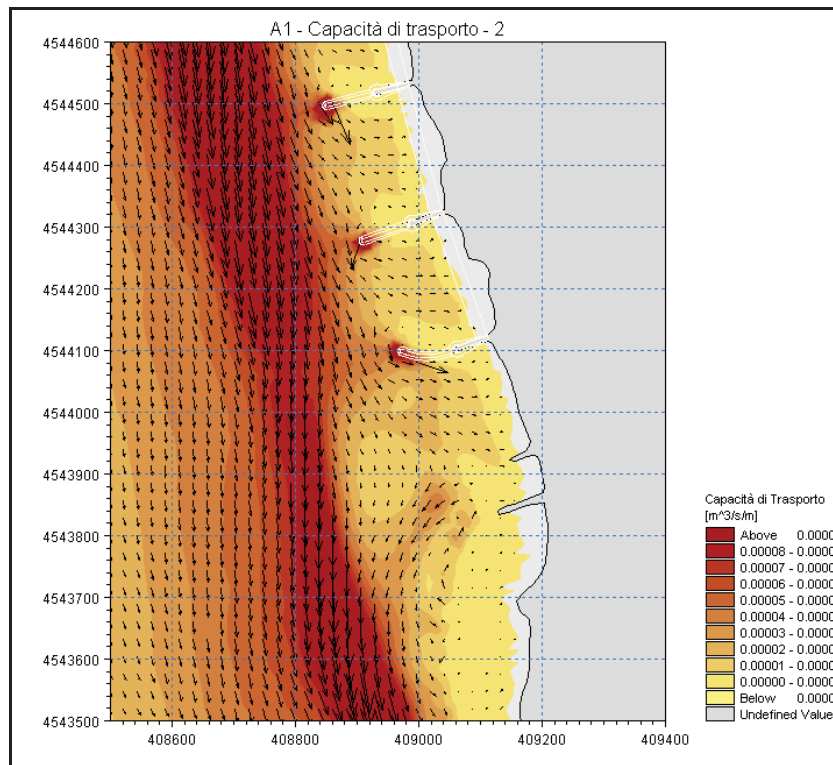


Figura 53 - A1 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.35m$  e direzione di provenienza O.

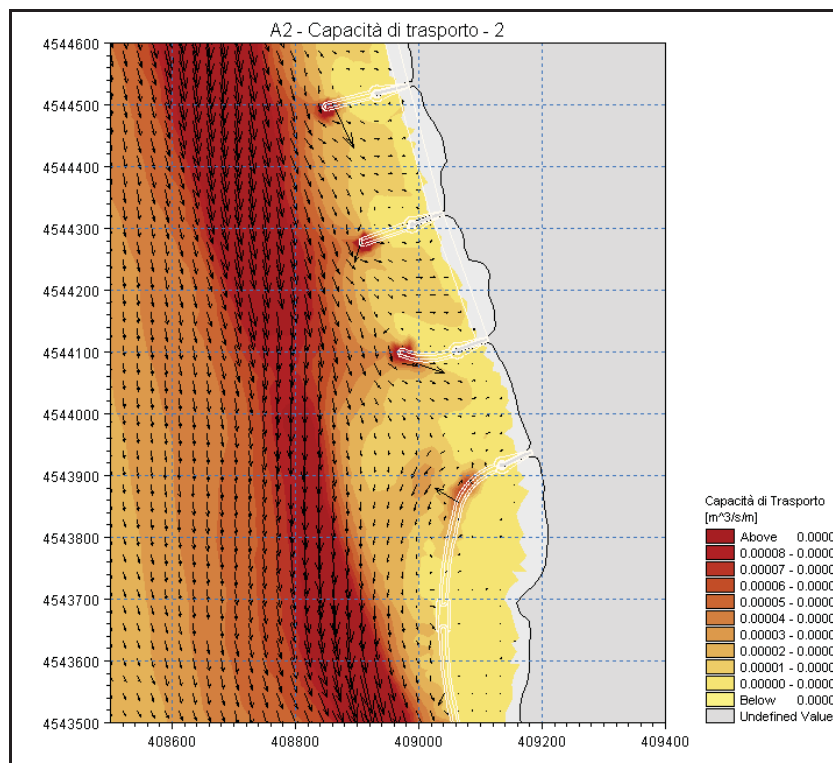


Figura 54 - A2 - Dettaglio del campo di capacità di trasporto per onda  $H_s=3.35m$  e direzione di provenienza O.

Le figure 55 - 57 illustrano l'evoluzione della linea di riva a 10 anni per la situazione attuale (A0) e per le due alternative progettuali (A1 e A2). Come si può osservare, in assenza di intervento la posizione della linea di riva a 10 anni, rappresentata con tratto blu in figura, evidenzia una situazione critica a nord del pennello più settentrionale esistente, a 350 m circa dalla foce del canale Lavapiatti, con arretramenti che possono arrivare a 20m. La realizzazione dei pennelli trasversali, in parte emersi ed in parte sommersi, determina una generale stabilizzazione del tratto di costa, con la linea di riva che tende, tra pennello e pennello, a disporsi secondo l'orientazione locale di equilibrio, molto simile peraltro alla configurazione attuale. La configurazione assunta dalla linea di riva futura evidenzia che in questo tratto di litorale prevale un trasporto netto debolmente orientato in direzione nord. Un debole arretramento, fino ad un massimo di 10m rispetto alla posizione attuale della linea di riva, risulta essenzialmente localizzato nei pressi dei due pennelli più settentrionali, previsti più corti degli altri al fine di evitare che l'effetto di parziale cattura del trasporto litoraneo esercitato dalle strutture trasversali determini una erosione significativa nel tratto non protetto, a nord dell'ultimo pennello.

Se alla realizzazione dei pennelli si associa un ripascimento, qui ipotizzato tale da determinare un avanzamento della linea di riva dell'ordine dei 20m, l'effetto di arretramento della posizione della riva rispetto all'attuale viene limitato alla sola ultima cella a nord.

Stante la direzione del trasporto netto di materiale verso nord, l'intervento in progetto è in grado di determinare un deficit di materiale nel tratto immediatamente a valle del pennello posto a maggiore distanza dalla foce del Lavapiatti. Gli arretramenti a dieci anni, in assenza di un programma di ripascimento di questo tratto di litorale, sono comunque limitati, con valori che solo localmente raggiungono i 10m. L'effetto negativo indotto dalla protezione del litorale a nord del canale Lavapiatti si esaurisce comunque in circa 900 m dall'ultimo pennello previsto.

A seguito di tale analisi, appare opportuno che la necessità di proteggere il tratto di litorale a nord della foce del Lavapiatti, interessato dalla presenza di abitazioni ed infrastrutture, non debba comunque essere in grado di indurre una significativa accelerazione dei processi erosivi a valle dell'intervento stesso. L'intervento nel suo complesso, pertanto, dovrà prevedere, oltre al monitoraggio dell'evoluzione della linea di riva nel tratto protetto, anche un programma di ripascimento periodico nel tratto di litorale a nord del pennello più settentrionale previsto.





Figura 55 - Rappresentazione della linea di riva attuale (linea rosa), dell'evoluzione prevista a 10 anni nella condizione A0 (linea blu), A1 e A2 senza ripascimento (linea azzurra) e A1 e A2 con ripascimento (linea verde).



Figura 56 - Rappresentazione della linea di riva attuale (linea rosa), dell'evoluzione prevista a 10 anni nella condizione A0 (linea blu), A1 e A2 senza ripascimento (linea azzurra) e A1 e A2 con ripascimento (linea verde).





Figura 57 - Rappresentazione della linea di riva attuale (linea rosa), dell'evoluzione prevista a 10 anni nella condizione A0 (linea blu), A2 senza ripascimento (linea gialla) e A2 con ripascimento (linea arancione). In corrispondenza della foce del Lavapiatti le linee sono da considerarsi fittizie.

#### 4. ANALISI TERRITORIALE

Nell'ambito dell'Attività G sviluppata nel PSEC, è stata operata un'analisi degli aspetti insediativi e socio-economici che ha riguardato tutte le tematiche ritenute fondamentali per l'individuazione degli elementi che incidono sull'evoluzione delle dinamiche della fascia costiera.

L'analisi ha riguardato una fascia di territorio denominata "fascia di studio", parallela alla costa e con ampiezza variabile in funzione della presenza di elementi infrastrutturali lineari di delimitazione, quali principalmente strade ad elevata percorrenza e di interesse sovracomunale.

Da tale analisi, che ha avuto come obiettivo l'evidenziazione degli impatti esercitati dalle attività antropiche, la definizione dell'interrelazione tra gli usi del territorio attuali e futuri e l'individuazione degli elementi di pregio da salvaguardare in termini di aree naturali e peculiarità paesistiche, sono emerse indicazioni di interesse per la caratterizzazione del tratto costiero prospiciente l'intervento.

##### 4.1 Caratterizzazione del territorio comunale

Il Comune di Castel Volturno ha una forma allungata che si estende a comprendere un lungo tratto del Litorale Domitio caratterizzato da realtà sociali e ambientali anche molto diverse tra loro ma accomunate da una situazione di elevata pressione antropica sulla costa e da una generale condizione di degrado più o meno accentuata.



A scala comunale la superficie urbanizzata occupa il 18% dell'intero territorio, mentre il 70% è destinato all'attività agricola. Il territorio della fascia di studio è invece caratterizzato dalla presenza assolutamente prevalente di aree urbanizzate (51%) sulle aree agricole (15%), il che porta ad evidenziare come gran parte dell'urbanizzato comunale si trovi nella fascia prospiciente il mare.

La forte urbanizzazione corrisponde all'espansione del capoluogo, sviluppatasi prevalentemente intorno agli anni 1970-80 e dedicata quasi interamente alle seconde case e alle attività legate al turismo estivo (densità turistica pari a 37,62 ab/ha); i dati evidenziano infatti nella fascia litoranea una prevalenza di abitazioni dichiarate vuote o ad uso saltuario pari all'80% del patrimonio edilizio totale, contro il 20% di quelle residenziali.

Il periodo di edificazione prevalente si attesta nel trentennio tra il 1961 e il 1991 con un'incidenza massima nel decennio 1971-81 e un prevalente accentramento in nuclei urbani dalla forma allungata parallelamente alla costa e lungo la viabilità principale.

L'attività economica prevalente nell'area di studio è stata, nel trentennio sopra indicato, quella legata al turismo balneare; ancora ad oggi sono presenti stabilimenti balneari lungo la costa comunale e il fiume Volturno offre al diporto numerosi posti barca tramite un pontile fisso e una darsena per l'ormeggio di piccole e medie imbarcazioni.

Quasi la metà del territorio della fascia di studio (48%) è oggetto di tutela da parte della normativa ambientale vigente per le peculiarità naturalistiche insite in alcuni dei luoghi presenti lungo la costa quali pinete, zone umide e foci fluviali; il 33% del territorio protetto ha caratteristiche naturali, per la restante parte il vincolo interessa anche zone antropizzate limitrofe ai siti.

L'espansione edilizia ha infatti interessato anche la zona prospiciente un'area dagli spiccati valori ambientali, oggetto di numerose forme di tutela: la Riserva regionale di Castelvoturno che comprende il sito di importanza comunitaria della foce del Volturno e l'Oasi dei Variconi, con i laghetti salmastri frequentati da pesci, anfibi e rettili rari e da trampolieri che spesso si fermano a svernare.

La realtà del territorio, quale emerge dai sopralluoghi effettuati, è attualmente quella di una fascia costiera dove la pressione antropica, accentuata e concentrata, ha portato in alcuni tratti ad un elevato livello di criticità dello stato ambientale, in particolar modo riscontrabile nell'arretramento della linea di riva che in alcuni casi ha raggiunto il limite dell'urbanizzato, nella presenza di rifiuti, nello stato qualitativo pessimo dell'acqua fluviale e marina, nelle condizioni di rischio ambientale delle residue aree naturali.

Il depauperamento delle risorse ambientali originarie che un tempo attiravano il turismo balneare (ampie spiagge, mare balneabile, pinete costiere), ha generato conseguentemente un progressivo abbandono della costa e delle zone urbanizzate limitrofe dedicate all'uso turistico. Tali zone sono state abitate, nella maggior parte dei casi abusivamente, da lavoratori stranieri stagionali occupati nella campagna circostante nel periodo della raccolta dei prodotti tipici locali, causando un ulteriore aggravio della già critica situazione sociale e ambientale dell'area.

## 4.2 Caratterizzazione del tratto di intervento

Il tratto di intervento non è delimitato a nord da elementi naturali o antropici specifici, il limite è localizzato circa 1 km a nord dello Stagno Lavapiatti, in corrispondenza di una delle numerose carrarecce che dalla strada litoranea principale consentono l'accesso al mare; a sud invece il limite è rappresentato dallo sbocco a mare dello Stagno.

La linea di costa è caratterizzata per tutta la lunghezza del tratto dalla presenza, anche se poco accentuata, della duna; la scarpata dunale è elevata sul livello del mare di circa 2-3 m e la spiaggia è ridotta in alcuni punti ad una larghezza di pochi metri.

Il terrazzo dunale prospiciente il mare conserva ancora estese zone libere dalle costruzioni, in larga parte occupate dalla vegetazione naturale autoctona costituita da arbusti e canneti e da zone a vegetazione più rada; solo in minima parte è colonizzato da coltivazioni, prevalentemente orticole.

Oltre la strada, verso l'interno, la zona è occupata quasi esclusivamente da abitazioni ad uso saltuario nella tipologia prevalente a 1-2 piani, in cattivo stato di manutenzione, molte in stato di totale abbandono. Nel tratto in prossimità della foce del canale Lavapiatti l'accentuata azione erosiva del mare è giunta al limite dell'edificato determinando l'abbandono delle strutture presenti.

La zona prospiciente la foce denota un forte degrado sia per la presenza di rifiuti che per lo stato di abbandono in cui versano le costruzioni presenti.



Spiagge libere lungo il tratto di interesse



Stabilimenti balneari sull'arenile al piede della duna



Edifici abbandonati in prossimità della linea di riva



Costruzioni danneggiate dalle mareggiate

La spiaggia è prevalentemente libera, lasciata alla fruizione pubblica; sono presenti in numero ridotto alcuni stabilimenti balneari con le connesse attrezzature: ombrelloni, zone gioco e bagni, i cui gestori evidenziano lo stato di continua erosione che ha determinato la riduzione rilevante dell'arenile.

Il valore del tratto è in parte legato all'attività di fruizione turistico-balneare degli arenili tipica della zona e fortemente connesso alle possibilità fruibili offerte dall'ampiezza delle spiagge e dalla qualità dell'acqua di balneazione; principalmente però può essere attribuito alle ampie zone del terrazzo dunale ancora libere dalle costruzioni e colonizzate da residue formazioni della macchia mediterranea, in relazione alle potenzialità ambientali intrinseche e alla presenza della tutela normativa che dovrebbe contribuire alla loro salvaguardia e valorizzazione.

## 5. DESCRIZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO PROPOSTA

Nel seguito viene fornita una descrizione delle tipologie di intervento proposte con rimandi a sez. tipo numerate; tali tipologie sono rappresentate graficamente nell'elaborato grafico "Sezioni tipologiche".

La sistemazione di base del tratto di costa in oggetto prevede la realizzazione di pennelli in massi di cava disposti ortogonalmente alla linea di costa, con un primo tratto di immorsamento a terra (sez. tipo 1), un secondo tratto emerso (sez. tipo 2 e 3), una testata alla fine del tratto emerso (sez. tipo 3bis) ed un tratto terminale sommerso (sez. tipo 4).

In particolare sono previsti:

- n. 8 pennelli semi-sommersi, ciascuno di lunghezza 270 m posti ad interasse 250 m, con testata imbasata alla stessa profondità della scogliera sommersa esistente in destra Volturno; la lunghezza del tratto emergente di ciascun pennello è stata prevista pari a 120 m, mentre quella del tratto soffolto è stata prevista di 150 m;
- n. 3 pennelli di "attenuazione", anche essi semi-sommersi, di lunghezza via via decrescente (da 200 m a 100 m);

E' previsto l'utilizzo di massi di cava di III categoria e, laddove l'altezza dell'opera supera i 2,5 m, un nucleo in massi di cava di I categoria (sez. tipo 3). La posa dei massi sarà effettuata previa la preparazione di una bonifica del fondale in tout-venant di cava di spessore minimo di 50 cm. Laddove se ne ravvisasse la necessità potrà essere prevista la distesa di un telo di geotessile, di adeguata resistenza strutturale, finalizzato al trattenimento del materiale fine sottostante la struttura in massi; in alternativa si potrà realizzare una struttura a granulometria decrescente verso il fondo avente la funzione di filtro rovescio su cui appoggeranno i massi di dimensioni maggiori. Tale accorgimento potrà garantire una maggiore stabilità alla mantellata impedendo i fenomeni di scalzamento e di assestamento al piede.

I tratti emersi avranno la sommità posta a quota +1 m s.l.m. con larghezza pari a 6 m; nel caso venga realizzato l'intervento di ripascimento, questo tratto potrebbe venire interrato dalla sabbia di versata sulla spiaggia attuale.

La sezione di testata del tratto emerso avrà invece una impronta planimetrica circolare con un diametro pari a 10 m.

Il tratto di pennello sommerso avrà invece la sommità posta a quota -0,5 m s.l.m., ma manterrà la larghezza in sommità pari a 6 m.

In tutti i casi la pendenza delle scarpate laterali sarà indicativamente inferiore o pari a 2/1.

Il tratto di litorale oggetto di ripascimento è esteso circa 2700 m, su cui si prevede la realizzazione di un totale di 11 pennelli.

L'ubicazione planimetrica degli interventi e le sezioni tipologiche sono riportate rispettivamente negli elaborati appositi allegati alla presente relazione.