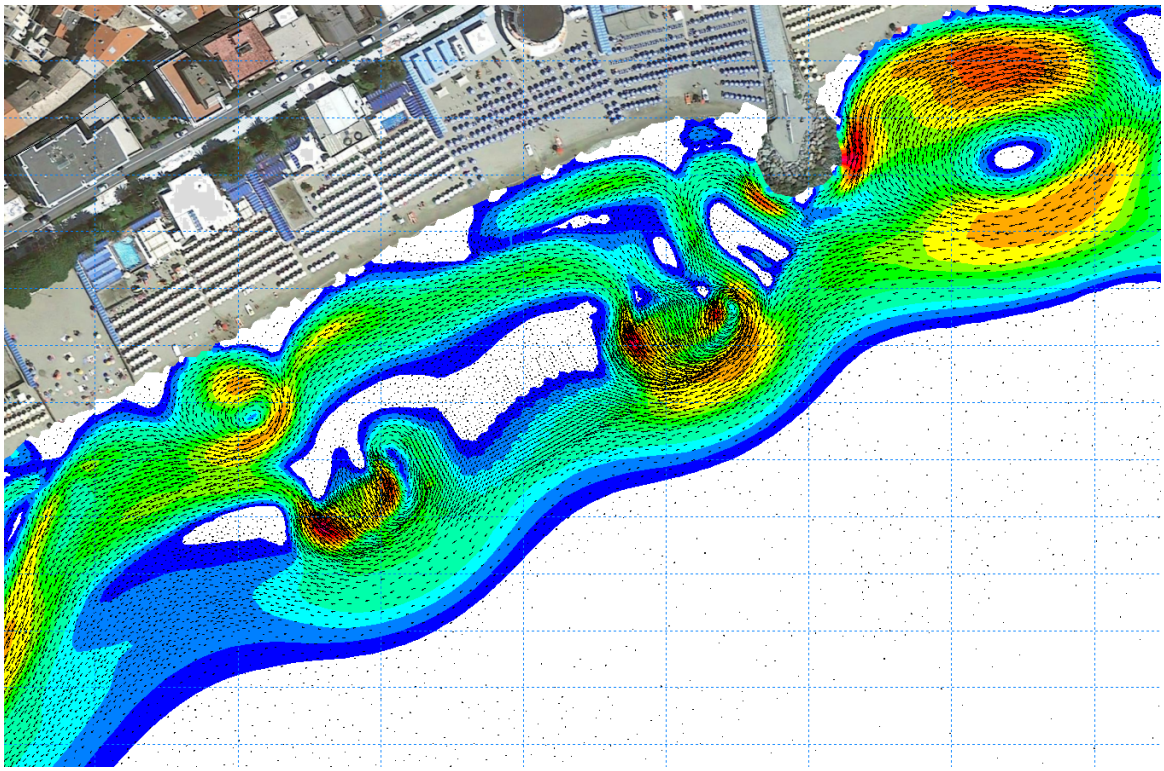
Interventi di difesa costiera e riqualificazione del litorale di Albissola Marina a seguito dei danni della mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e di cui alla O.C.D.P.C. n.558/2018

Attività di studio e modellazione numerica a supporto della progettazione

Nota tecnica – Agosto 2021



The expert in WATER ENVIRONMENTS

Comune di Albissola Marina

This report has been prepared under the DHI Business Management System certified by Bureau Veritas to comply with ISO 9001 (Quality Management)



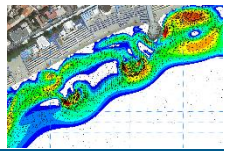
Interventi di difesa costiera e riqualificazione del litorale di Albissola Marina a seguito dei danni della mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e di cui alla O.C.D.P.C. n.558/2018

Attività di studio e modellazione numerica a supporto della progettazione

Nota tecnica – Agosto 2021

Committente Comune di Albissola Marina

Referente del Committente



Esempio di velocità di corrente

Project manager	Luis Cusati
Quality supervisor	Andrea Pedroncini
Author	Andrea Pedroncini

Codice progetto - elaborato	22802988-03-00100 - BOZZA
Data di approvazione	09-08-2021
Emissione	1.0
Classificazione	Aperta

DHI S.r.l. a socio unico • Via Bombrini 11/12 • 16149 Genova • Italia•
Telefono: +39 010 8481220 • dhi-italia@dhi-italia.it • www.dhigroup.com

INDICE

1 Premessa 1

2 Configurazioni oggetto di simulazione 3

3 Selezione delle condizioni d'onda rappresentative 5

4 Risultati del modello integrato onda-corrente 6
4.1 Risultati del modello d'onda 6
4.2 Risultati del modello idrodinamico 13

5 Riferimenti 20

1 Premessa

Nell'ambito dei finanziamenti previsti per gli "Interventi di difesa costiera e riqualificazione del litorale di Albissola Marina a seguito dei danni della mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e di cui alla O.C.D.P.C. n.558/2018", il Comune di Albissola Marina ha provveduto a commissionare a DHI, ad Aprile 2020, la predisposizione di attività di analisi e modellazione numerica a supporto della progettazione dell'intervento di ripascimento protetto del tratto di arenile a ponente del molo Sant'Antonio, soggetto a progressivo arretramento (riquadro rosso in Figura 1). Le attività di modellazione numerica [1] hanno supportato la progettazione dell'intervento (sia al livello di Fattibilità Tecnica ed Economica – PFTE, sia a livello Definitivo) commissionata dal Comune a Studio Gaggero.



Figura 1-1 Inquadramento dell'arenile oggetto di interventi

L'analisi modellistica ha evidenziato che l'allungamento della diga "alti fondali" del Porto di Savona ha verosimilmente determinato, nella porzione di spiaggia che si estende all'incirca dal molo Sant'Antonio ai Bagni Sole Luna, una rotazione della linea di riva in senso antiorario, per disporsi perpendicolare alla (nuova) risultante energetica del moto ondoso. Tale rotazione, in presenza di un punto fisso quale il molo Sant'Antonio, ha indotto un arretramento progressivo nel tratto di costa a ponente del molo stesso. Più verso Savona, nell'ultimo tratto di spiaggia verso lo scoglio della Madonnetta, la rotazione dell'arenile si concretizza, al contrario, in un locale avanzamento della riva.

La rotazione della linea di riva ed il conseguente arretramento a cui è soggetto il tratto di litorale a ponente del molo Sant'Antonio è associato ad un significativo deficit sedimentario, non bilanciato dagli apporti del torrente Sansobbia, anche per effetto della presenza dei pennelli di foce e dello stesso molo Sant'Antonio.

Sulla base di tale analisi e delle attività modellistiche che hanno messo in evidenza le attuali criticità, il Gruppo di Lavoro ha individuato nel **ripascimento del tratto di arenile posto a ponente del molo Sant'Antonio** la base di qualsiasi intervento di difesa del litorale. Le successive simulazioni con modello numerico hanno evidenziato come il solo ripascimento "libero" non garantisse un'adeguata durata dell'intervento, con conseguente reiterarsi della migrazione rapida del sedimento verso ponente e della pericolosità idraulica associata alla risalita del moto ondoso sull'arenile. Il ripascimento è stato quindi abbinato ad un intervento di tipo "rigido" che ha previsto l'ipotesi di realizzazione di una scogliera semi-sommersa di forma ellissoidale "secca" posta ad una distanza di alcune decine di metri dalla riva, nel tratto più soggetto all'arretramento.

La posizione delle opere rigide è stata successivamente ottimizzata e la soluzione progettuale candidata a garantire la maggiore durata dell'intervento di ripascimento ha previsto **l'introduzione di due secche.**

Nella foto di Figura 1-2 è riportata la posizione delle secche a seguito della loro realizzazione (Maggio 2021).

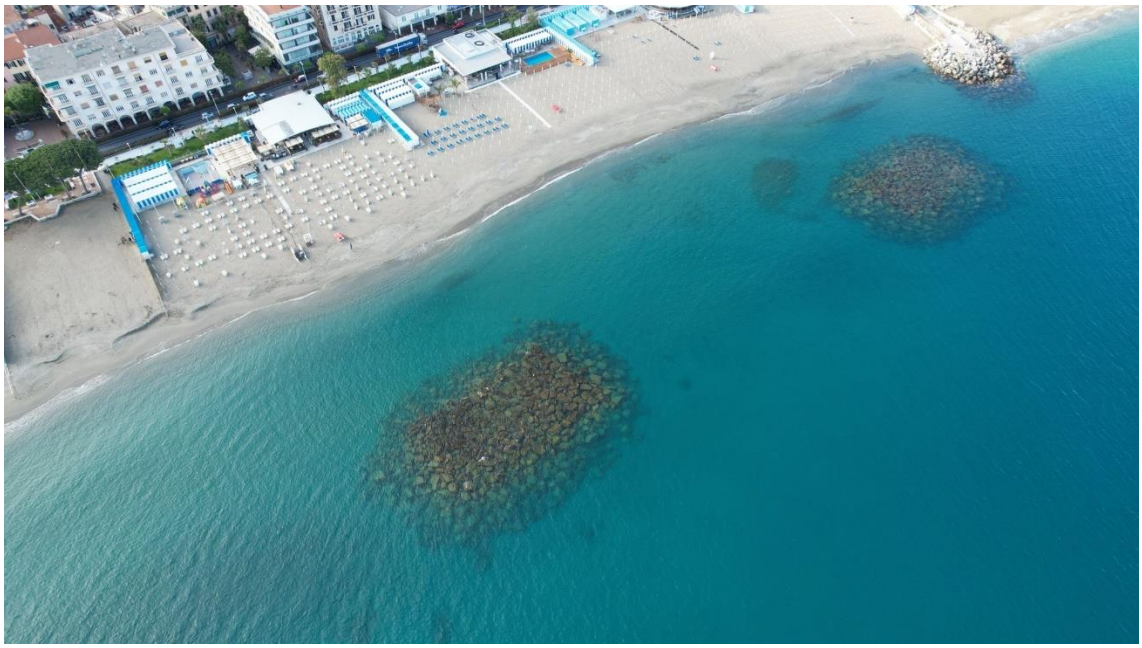


Figura 1-2 Secche semisommerse e ripascimento, non ancora completato, dell'arenile (Maggio 2021)

Gli esiti dello studio modellistico 2020 hanno chiaramente evidenziato come, stante quanto sopra riportato, non sia attualmente perseguibile una stabilizzazione duratura di questo tratto di arenile. Tuttavia, la soluzione individuata garantisce un non trascurabile rallentamento nella migrazione dei sedimenti verso ponente e, pertanto, incrementa la durata del ripascimento previsto.

Nel corso dei mesi di Giugno e Luglio e della prima parte di Agosto 2021, a seguito dell'occorrere di numerosi eventi di mareggiata da Scirocco e Ostro, le ondazioni più sfavorevoli per questo tratto di spiaggia per via degli effetti erosivi sottoflutto del molo Sant'Antonio, è stato possibile osservare locali arretramenti dell'arenile nel tratto oggetto degli interventi, con particolare riferimento alla porzione di spiaggia immediatamente a ponente del molo e a quella tra le due secche.

La disponibilità di un rilievo batimetrico aggiornato rispetto a quello utilizzato nello studio 2020 a supporto della progettazione ha suggerito l'opportunità di verificare, con modellazione numerica, eventuali modifiche al moto ondoso e alla circolazione locale nelle nuove condizioni del fondale.

Il nuovo rilievo ha contemplato sia una posizione della linea di riva più avanzata, sia un fondale meno profondo nei primi metri antistanti la battigia rispetto al rilievo utilizzato nell'analisi 2020, nella quale è stata assunta cautelativamente una posizione della linea di riva tra le più arretrate dell'ultimo decennio e, di conseguenza, una maggiore profondità del fondale.

La nuova analisi modellistica ha messo in evidenza un andamento delle correnti indotte dal moto ondoso qualitativamente analogo (in termini di modalità di circolazione) a quello modellato nel 2020, con locali incrementi nell'intensità dei flussi, che possono risultare in maggiore erosione localizzata di alcune porzioni di arenile. Le nuove modellazioni hanno peraltro confermato, anche con le nuove condizioni del fondale, l'assenza di correnti dirette verso il largo (*rip currents*) indotte dalla presenza delle secche.

Al fine di ridurre tali accelerazioni localizzate, il Gruppo di Lavoro ha ipotizzato l'inserimento di una successione di massi sparsi tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio e tra le due secche.

La finalità del posizionamento di tali massi è principalmente di esaltare la dissipazione di energia del moto ondoso incidente, sia in termini di parziale frangimento dell'onda, garantito dalla minore profondità del fondale, ancorché irregolare, sia soprattutto in termini di forte incremento localizzato della scabrezza del fondo, in grado di abbattere le velocità orbitali più prossime al fondale e, di conseguenza, di rallentare l'onda contribuendo alla dissipazione dell'energia.

Si anticipa che le simulazioni hanno evidenziato come l'introduzione dei massi sia in grado di determinare una non trascurabile dissipazione del moto ondoso incidente, con conseguente riduzione dell'energia ondosa a riva e contestuale riduzione delle intensità di corrente nella zona dei frangenti.

Per l'esecuzione delle modellazioni integrative sono stati utilizzati differenti codici di calcolo appartenenti alla famiglia MIKE Powered by DHI, già ampiamente descritti in [1], in particolare:

- MIKE 21 SW (Spectral Waves), modello d'onda bidimensionale;
- MIKE 21 HD (Hydrodynamics), modulo idrodinamico bidimensionale.

A seguire si riporta la descrizione delle nuove configurazioni oggetto di simulazione ed i principali risultati ottenuti.

2 Configurazioni oggetto di simulazione

Le configurazioni oggetto delle nuove attività modellistiche sono due:

- configurazione di stato attuale, derivata dal rilievo batimetrico messo a disposizione dall'impresa esecutrice prima dell'avvio dei lavori, modificato a seguito della messa a disposizione di nuovi punti di controllo rilevati da Studio Gaggero in data 12.07.2021. Un dettaglio della batimetria di calcolo risultante, per l'area di interesse, è riportato nella successiva Figura 2-1.

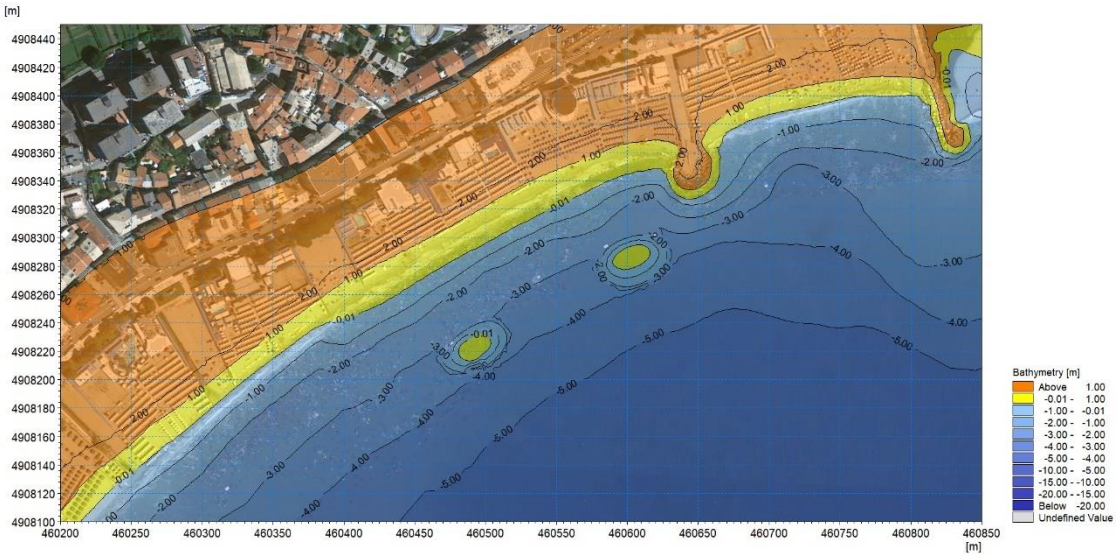


Figura 2-1 Dettaglio della batimetria di calcolo - configurazione attuale

- configurazione di stato attuale comprensiva dell'introduzione dei massi tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio e tra le due secche.

  In particolare, in accordo con il Gruppo di Lavoro, si è ipotizzato un posizionamento dei massi secondo una configurazione "a scacchiera" (Figura 2-2) seguendo le seguenti assunzioni:

  - saranno impiegati massi di terza categoria dal peso medio di 5 tonnellate;
  - si considera un peso specifico per i massi pari a 2.6 ton / m^3;
  - si assumono, ai fini modellistici, massi di forma cubica di volume pari a 1.92 m^3 (ottenuto dal rapporto tra peso e peso specifico del masso); approssimando, il lato del cubo risulta pari a 1.25 m;
  - si considera un affondamento del masso pari al 10% della lunghezza del lato; tale assunzione porta ad una elevazione del masso dal fondale pari a 1.125 m;
  - si deve garantire in ogni caso una profondità minima al di sopra dei massi pari a 1.2 m. Laddove questa profondità non sia garantita, il masso non viene posizionato.

  Al fine di rappresentare adeguatamente l'ingombro dei massi, nella porzione di dominio di calcolo compresa tra le secche ed in quella compresa tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio è stata introdotta una "mesh" di calcolo quadrangolare (Figura 2-3).

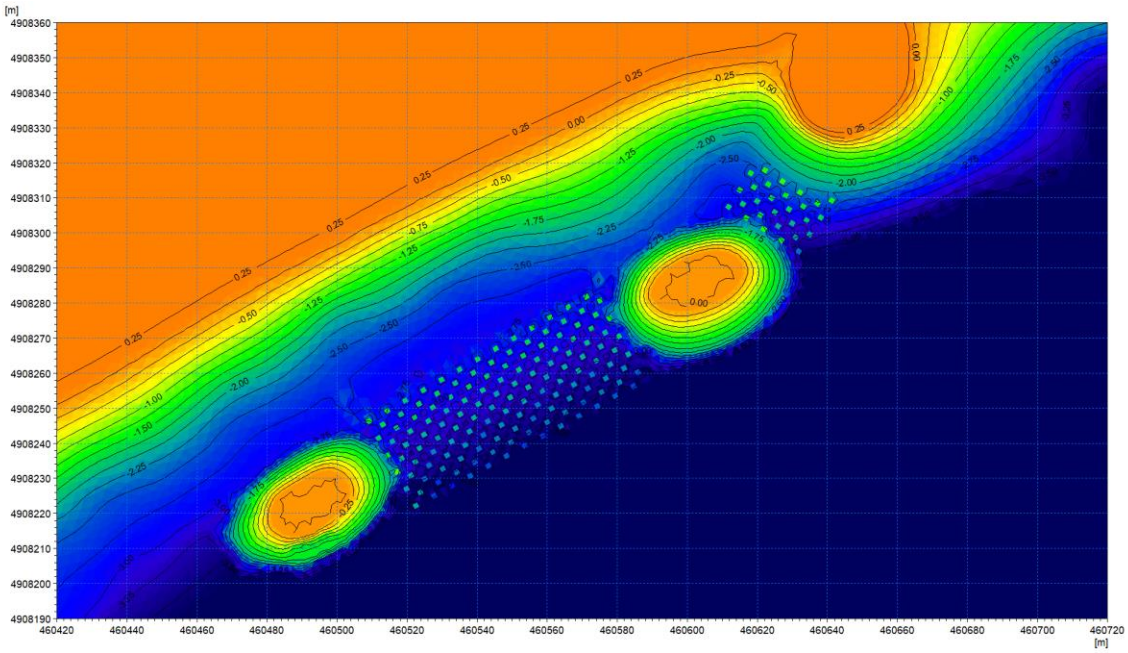


Figura 2-2 Dettaglio della batimetria di calcolo - configurazione comprensiva dei massi tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio

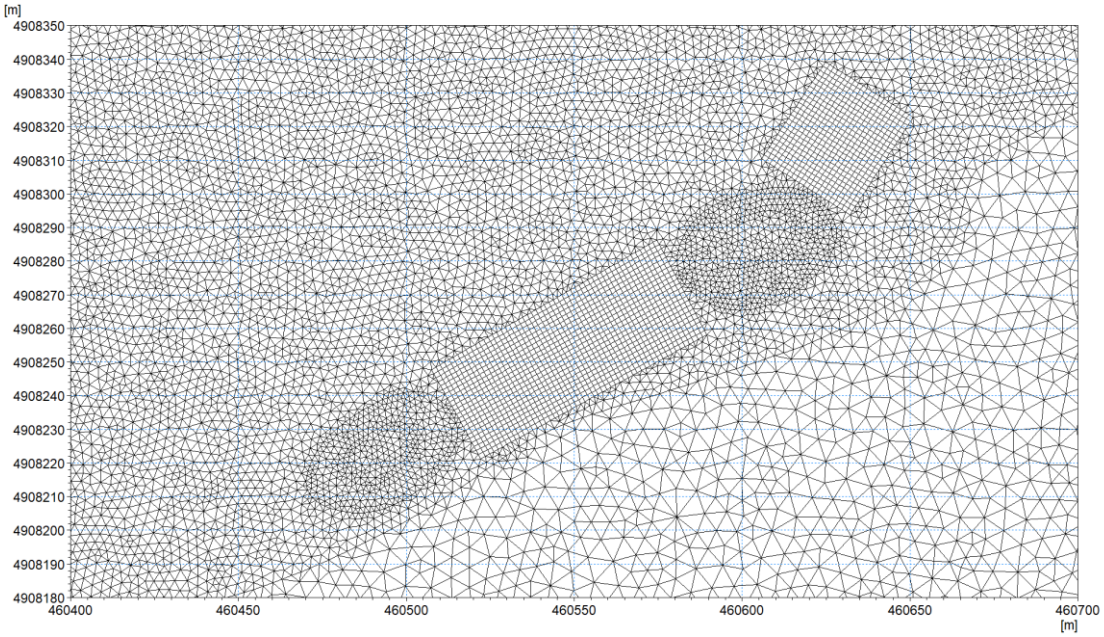


Figura 2-3 Dettaglio della mesh di calcolo modificata nella zona tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio

3 Selezione delle condizioni d'onda rappresentative

Al fine di garantire la necessaria coerenza di trattazione con lo studio 2020, le simulazioni del moto ondoso e delle correnti per le due configurazioni illustrate nella sezione precedente sono state predisposte in riferimento alle medesime condizioni d'onda rappresentative individuate in [1]. A seguire si riportano nuovamente le caratteristiche delle onde selezionate, variabili per intensità (altezza d'onda) e direzione di provenienza.

Tabella 3-1 Elenco delle condizioni d'onda selezionate per il modello 2D di dettaglio (onda e conseguente circolazione locale)

Onda	Hs	Tp	MWD	g/anno
1	1.8	7.9	180	2.8
2	2.5	8.6	180	0.7
3	1.5	7.6	150	3.2
4	2.3	8.4	150	0.9
5	1.3	7.2	120	2.1
6	2.0	8.1	120	0.4

4 Risultati del modello integrato onda-corrente

Le simulazioni condotte hanno permesso di ottenere, per ciascun evento, i risultati delle principali grandezze di moto ondoso ed idrodinamiche in tutti i punti del dominio di calcolo.

I risultati del modello, riportati nei paragrafi a seguire, fanno principalmente riferimento a:

- mappe di altezza d'onda e direzione di provenienza;
- mappe di velocità e direzione di corrente.

4.1 Risultati del modello d'onda

Le immagini da Figura 4-1 a Figura 4-12 riportano la distribuzione dell'altezza d'onda e della direzione di provenienza (quest'ultima in forma di vettori) per le sei condizioni d'onda rappresentative e per le due configurazioni considerate: per ciascuna onda, al fine di agevolare il confronto, i risultati relativi alla configurazione di stato attuale e alla configurazione con l'inserimento dei massi tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio, sono riportati uno di seguito all'altro.

In tutte le condizioni d'onda considerate si può osservare in corrispondenza dei tratti a tergo delle aree di posizionamento dei massi una non trascurabile dissipazione del moto ondoso incidente, con riduzione dell'energia ondosa a riva. In particolare, il confronto tra i risultati in forma numerica evidenzia un abbattimento dell'altezza d'onda significativa nell'ordine del 15-18 % nella zona tra le due secche. L'abbattimento risulta più ridotto (ma comunque nell'ordine del 10%) nella zona tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio.

È interessante notare come i massi inducano anche una lieve rotazione del fronte d'onda, che se da un lato contribuisce all'abbattimento dell'altezza significativa nella direzione di propagazione dell'onda stessa, determina un lieve incremento di altezza d'onda nelle zone a tergo delle secche.

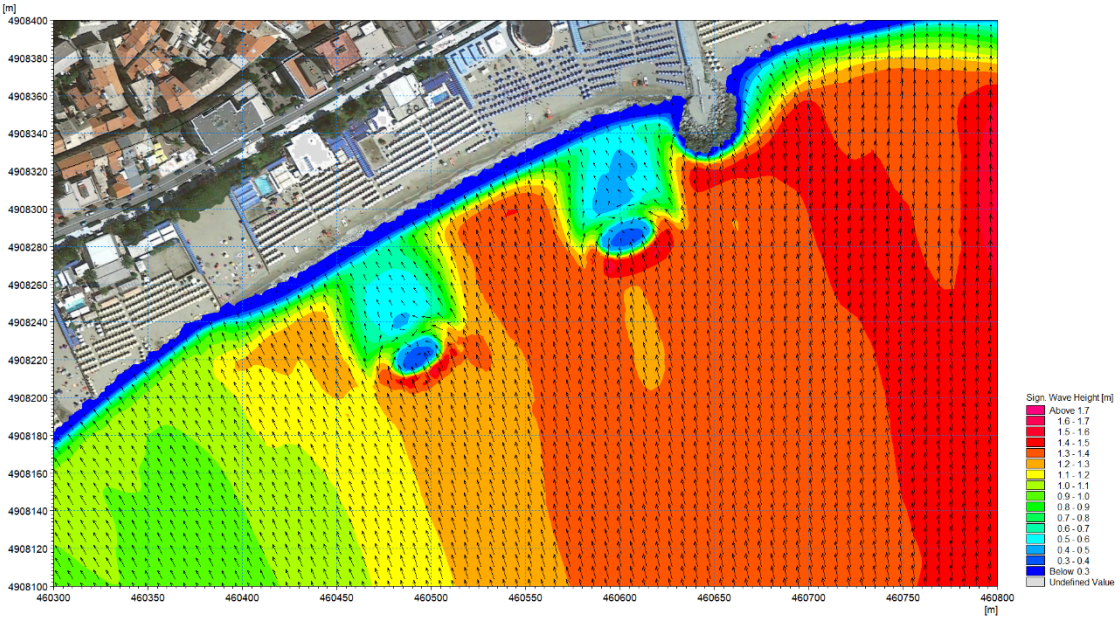


Figura 4-1 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 1 con Hs=1.8 m Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

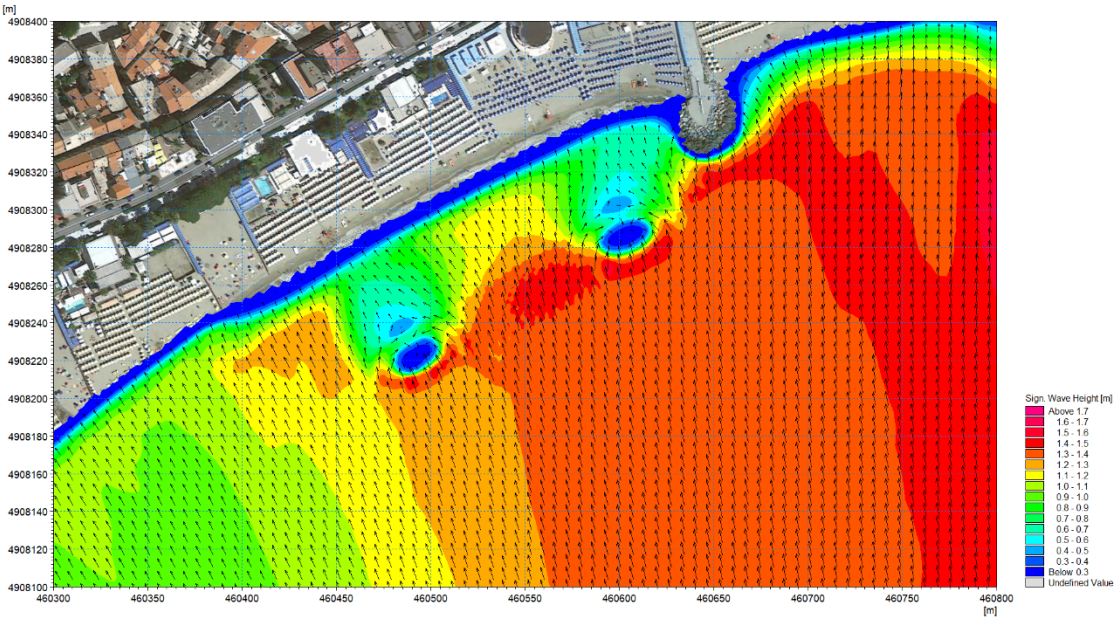


Figura 4-2 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 1 con Hs=1.8 m Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

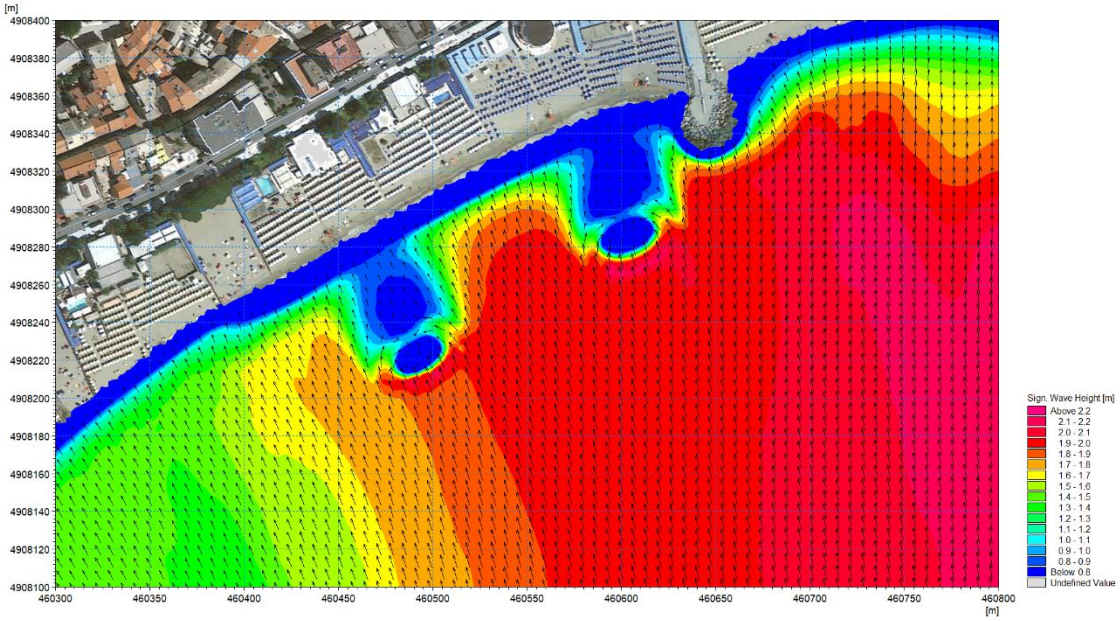


Figura 4-3 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

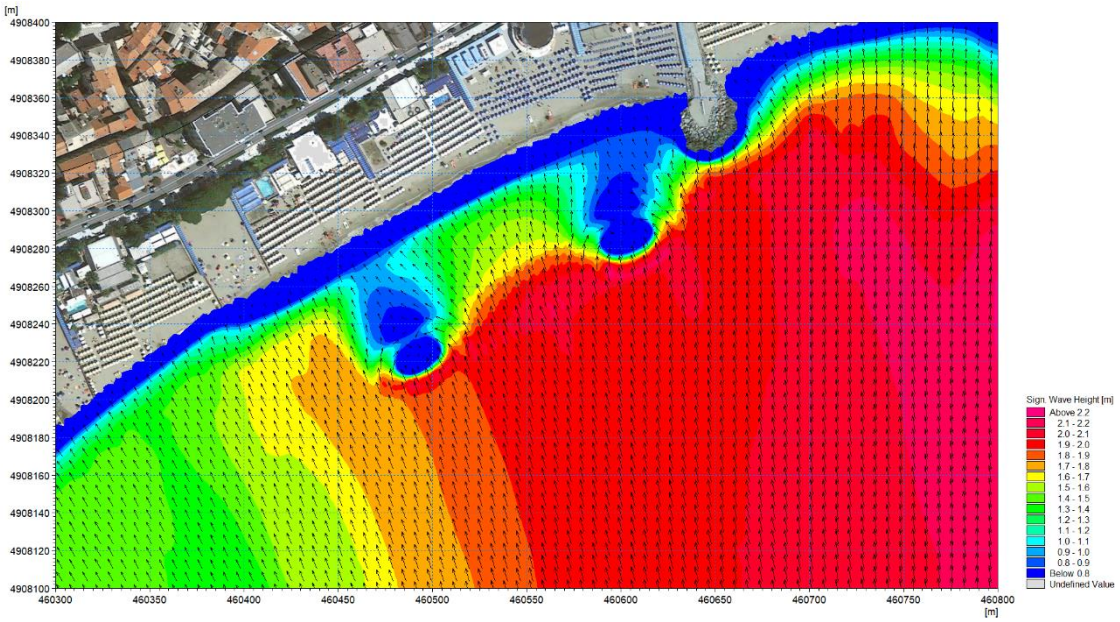


Figura 4-4 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

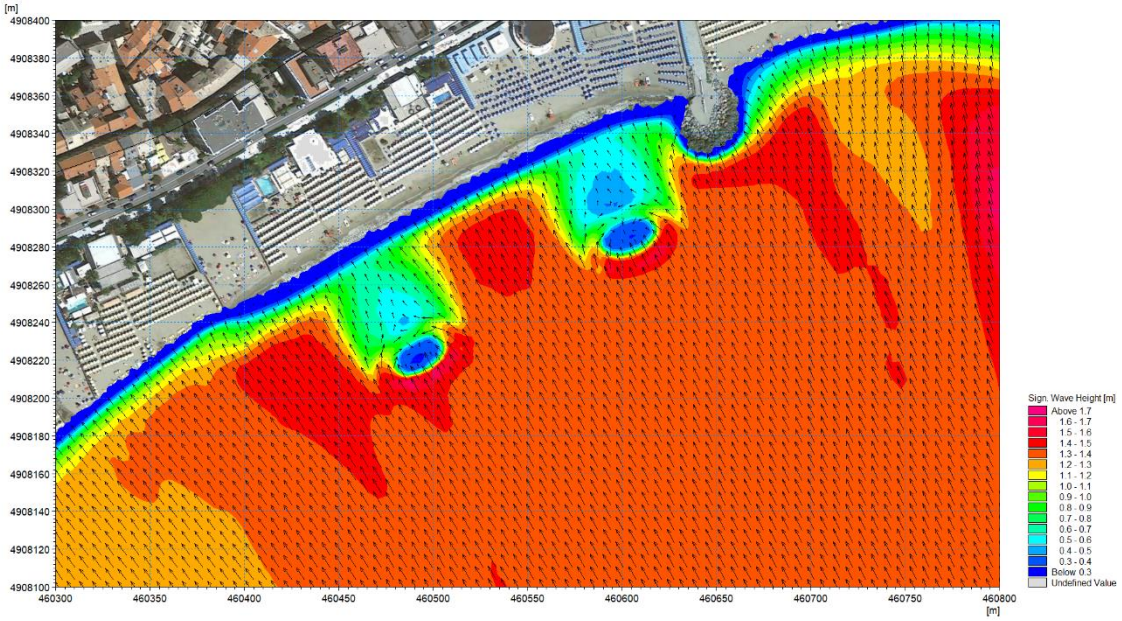


Figura 4-5 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

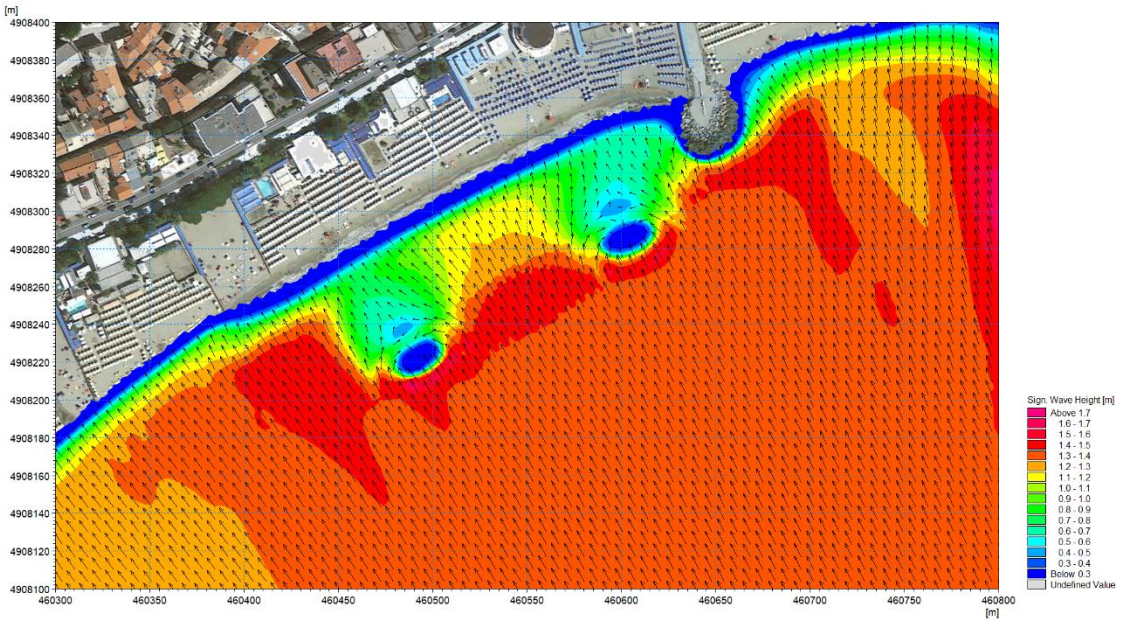


Figura 4-6 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

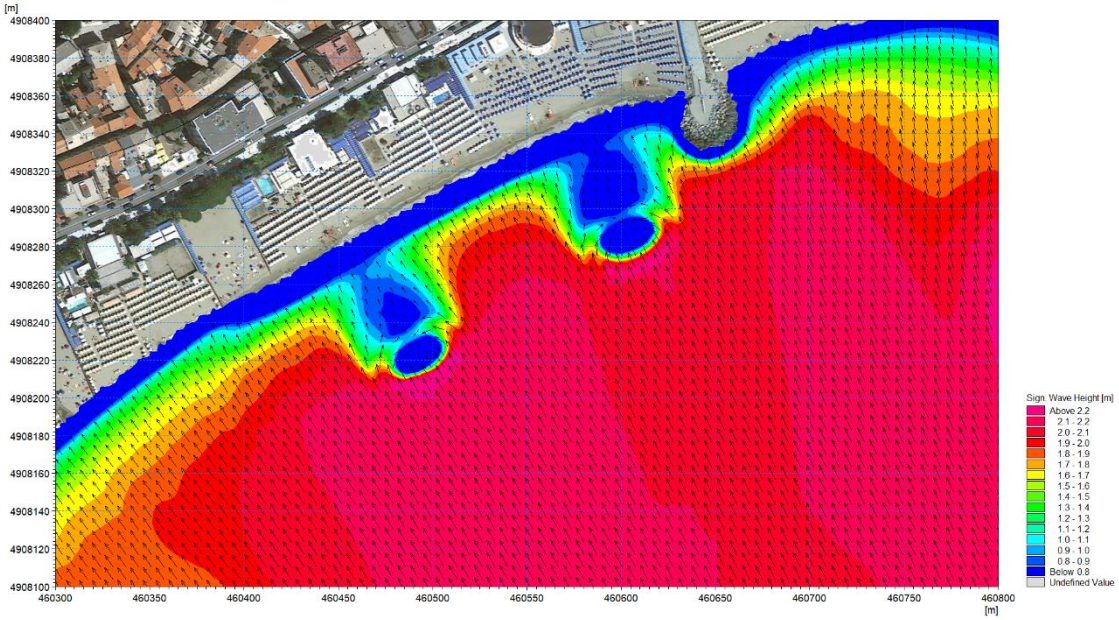


Figura 4-7 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

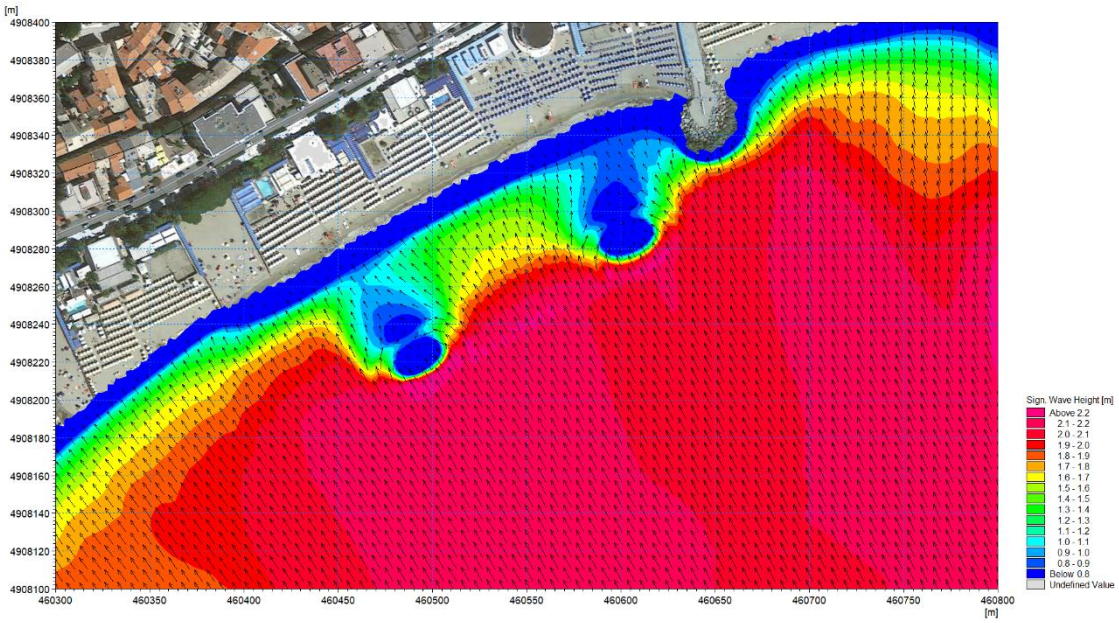


Figura 4-8 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

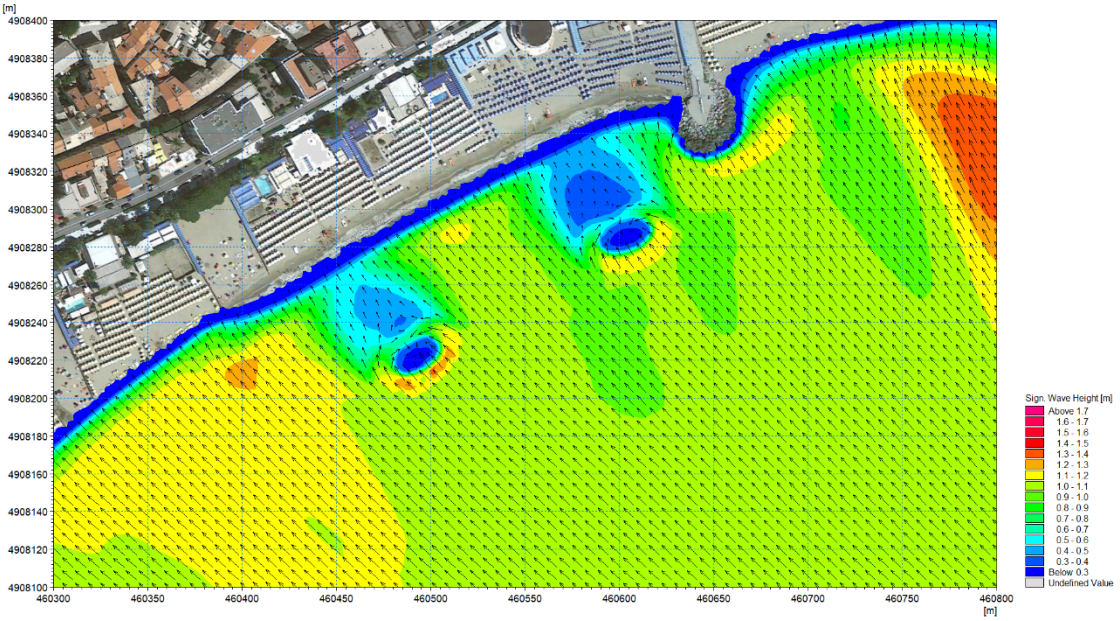


Figura 4-9 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

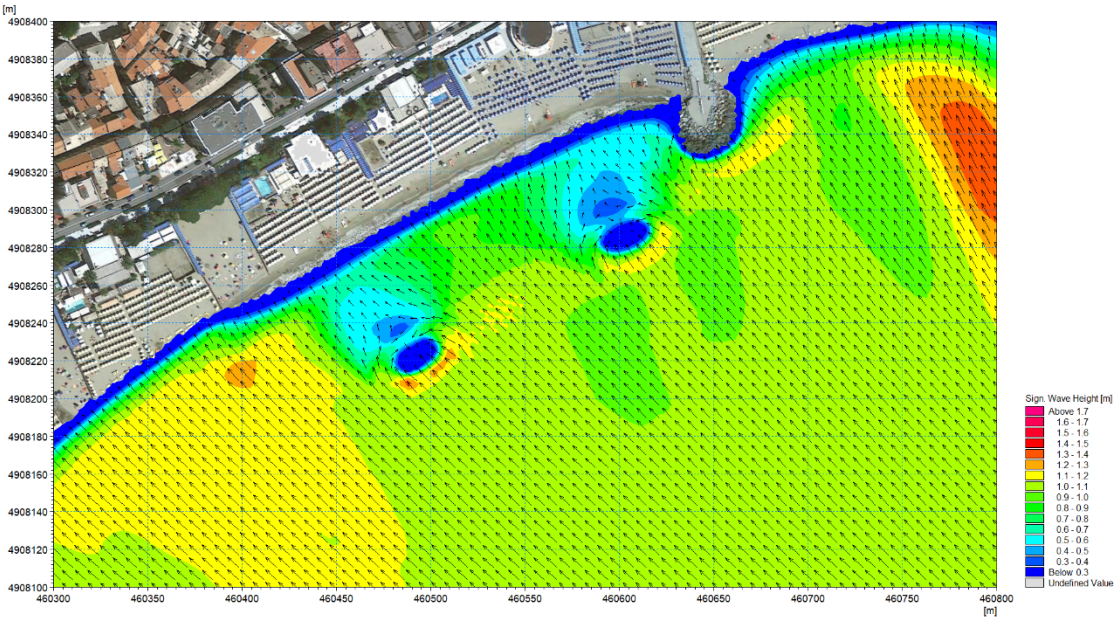


Figura 4-10 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

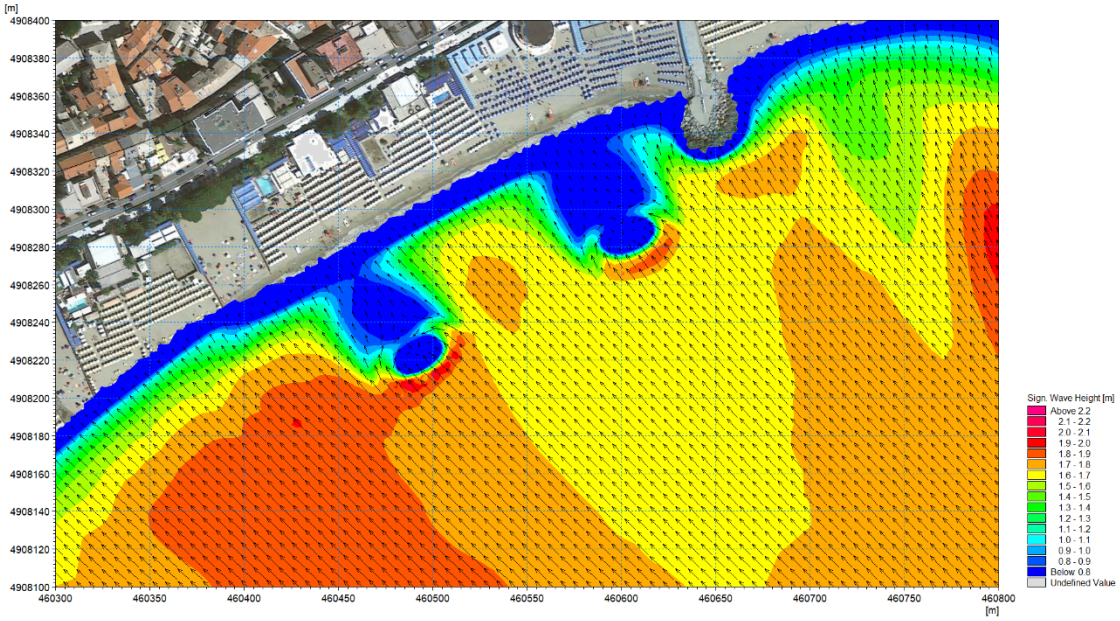


Figura 4-11 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

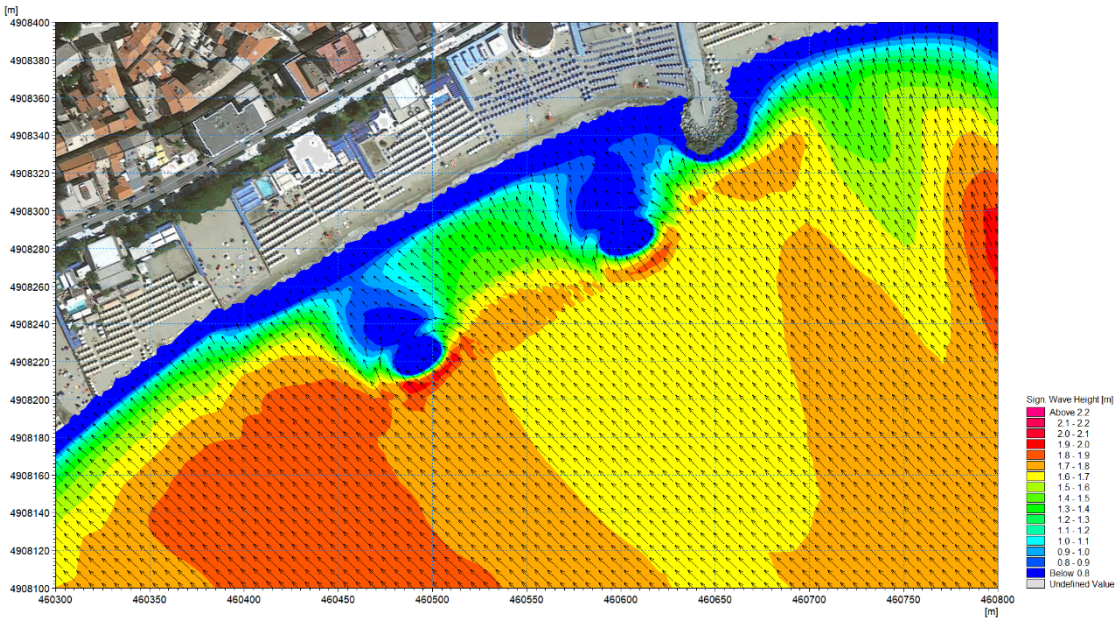


Figura 4-12 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

4.2 Risultati del modello idrodinamico

Le immagini da Figura 4-13 a Figura 4-24 riportano la distribuzione delle correnti e della direzione del flusso (quest'ultima in forma di vettori) per le sei condizioni d'onda rappresentative e per le due configurazioni considerate: anche in questo caso per ciascuna onda, al fine di agevolare il confronto, i risultati relativi alla configurazione di stato attuale e alla configurazione con l'inserimento dei massi tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio, sono riportati uno di seguito all'altro.

In tutte le condizioni d'onda considerate, come era lecito attendersi in virtù della riduzione delle altezze d'onda, in corrispondenza del litorale tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio si osserva una contestuale riduzione delle intensità delle correnti litoranee, indotte dal frangimento del moto ondoso. Rispetto ai risultati relativi alla distribuzione dell'altezza d'onda significativa, non risulta tuttavia agevole quantificare l'abbattimento dell'intensità della corrente indotto dalla presenza dei massi: in generale si può affermare che i risultati della configurazione con la presenza dei massi mettano in evidenza il medesimo *pattern* di circolazione (tra vortici locali, accelerazioni e rallentamenti della corrente) rispetto alla configurazione in assenza di massi ma che questi ultimi siano in grado di garantire localmente riduzioni percentuali di intensità anche più significative rispetto a quelle riscontrate per il moto ondoso.

La riduzione delle intensità di corrente, unitamente all'abbattimento dell'altezza d'onda significativa, è naturalmente associabile ad una minore energia complessiva disponibile per le dinamiche di trasporto sedimentario. Pur in un contesto di significativo deficit di materiale e di marcata tendenza erosiva, come ampiamente illustrato nello studio 2020, si ritiene che le dinamiche di trasporto complessivamente più deboli qui evidenziate siano in grado di rallentare in misura non trascurabile la naturale migrazione del sedimento verso ponente.

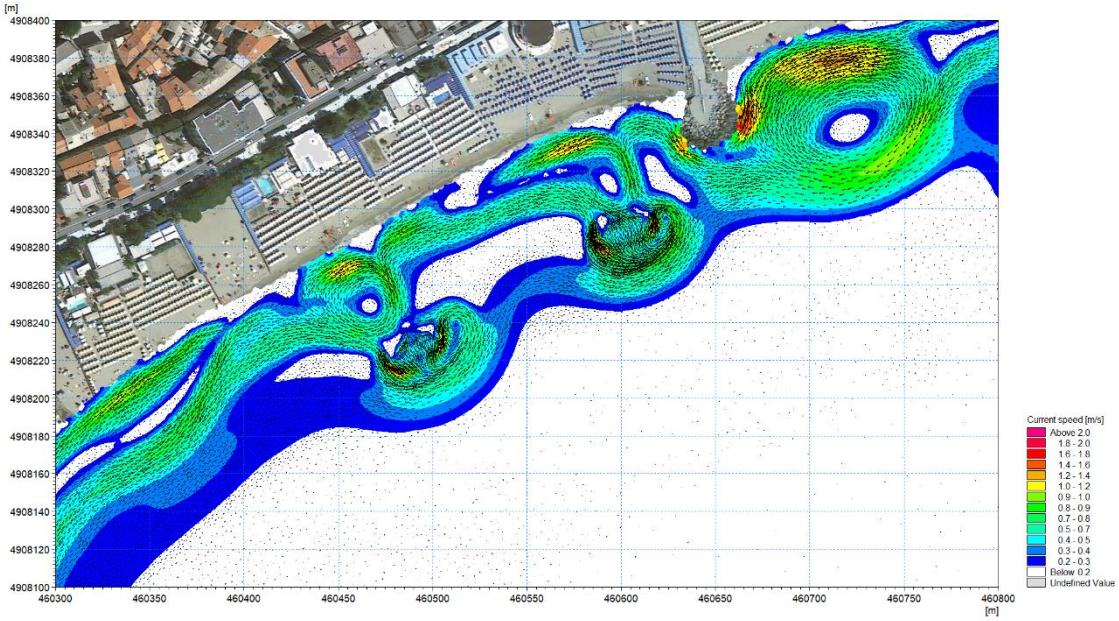


Figura 4-13 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 1 con Hs=1.8 m, Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

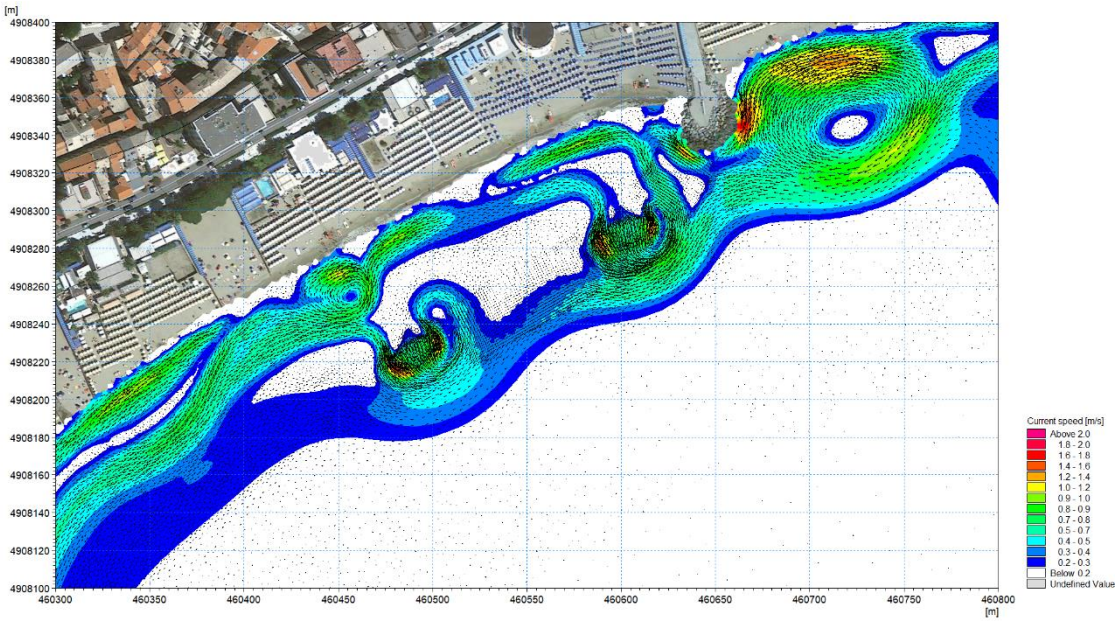


Figura 4-14 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 1 con Hs=1.8 m, Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

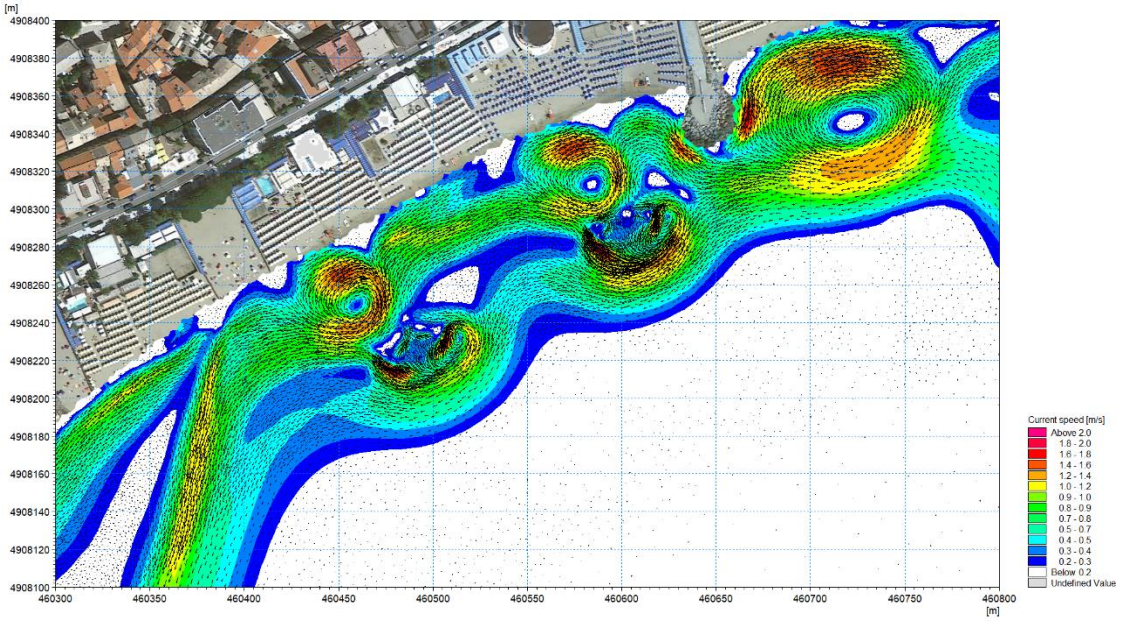


Figura 4-15 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

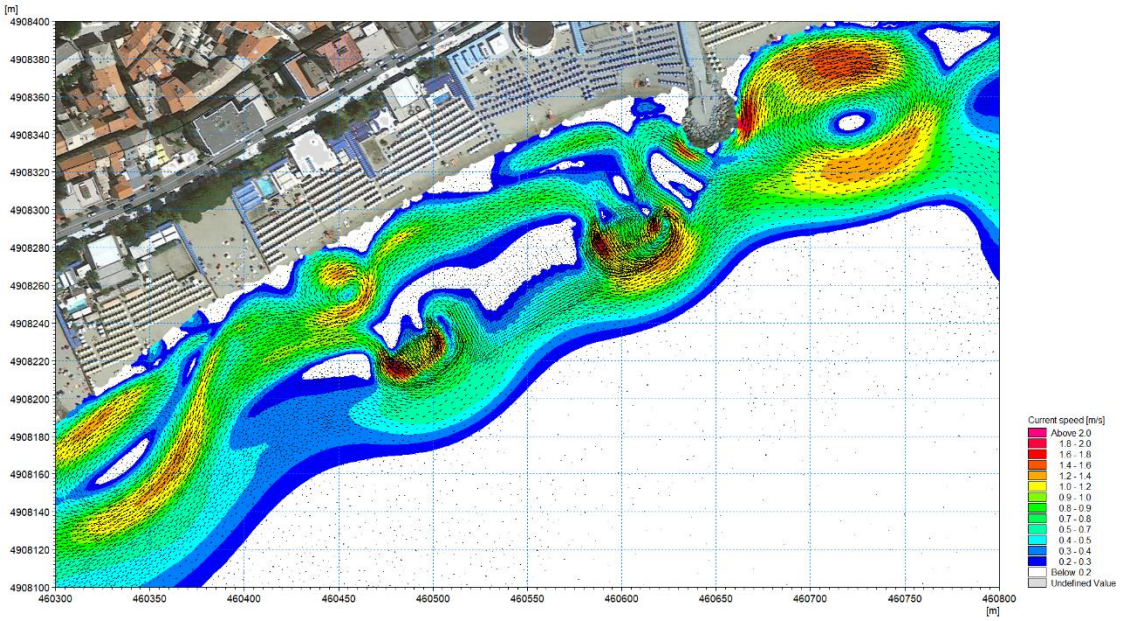


Figura 4-16 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

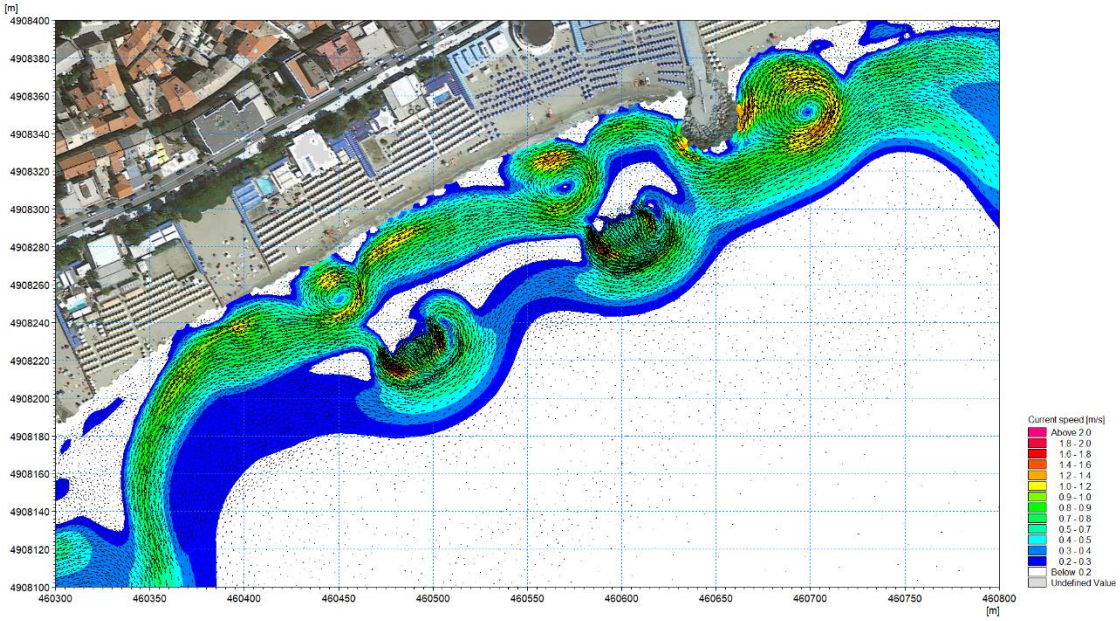


Figura 4-17 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

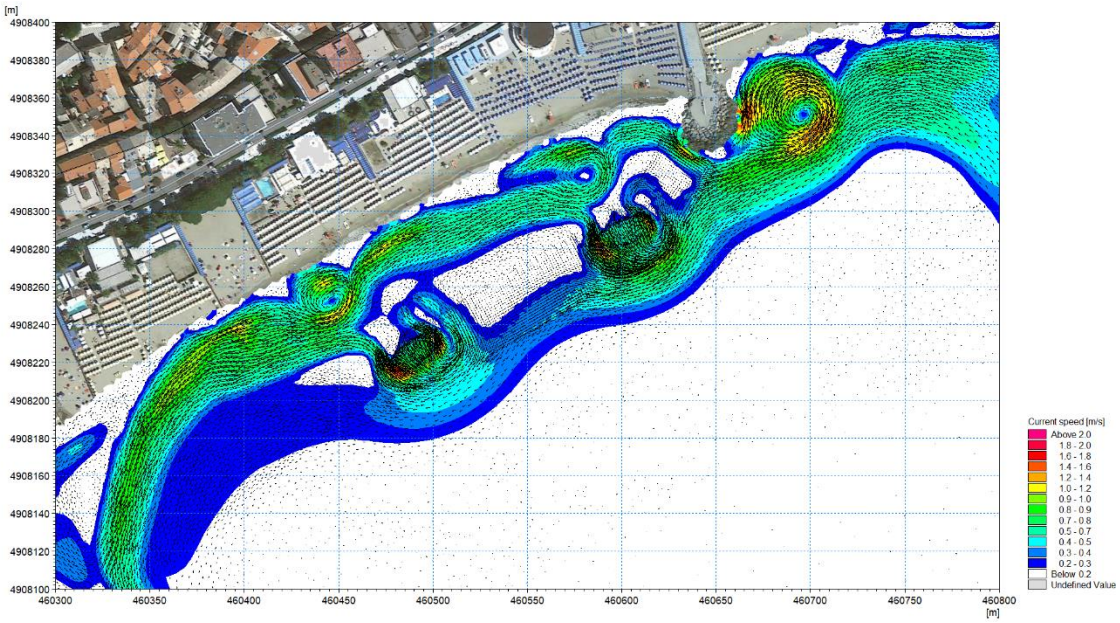


Figura 4-18 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

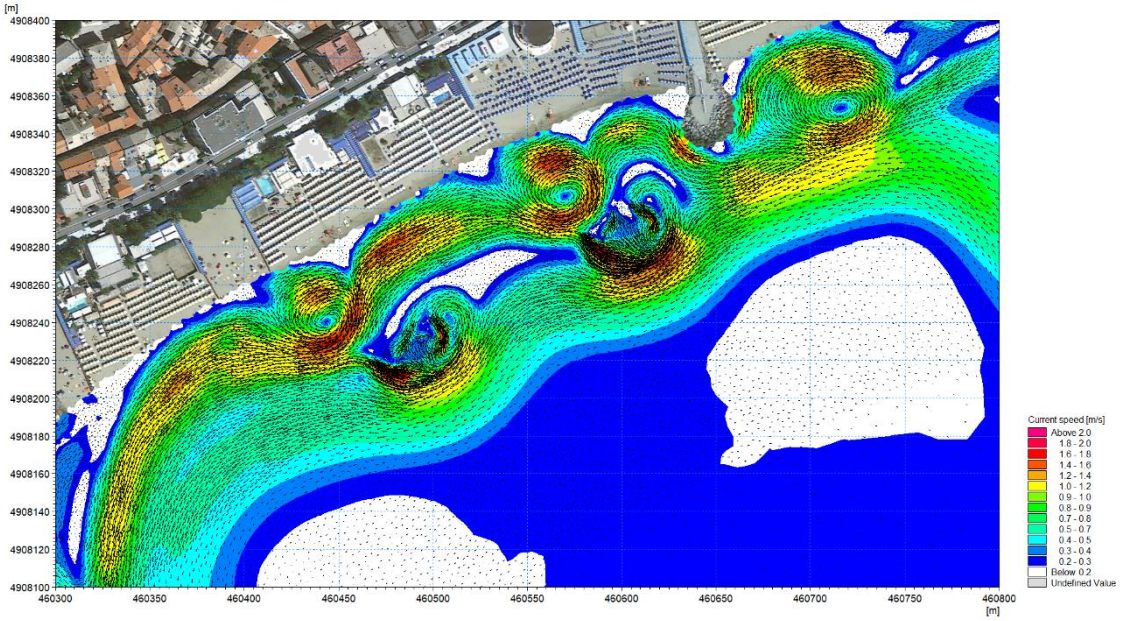


Figura 4-19 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

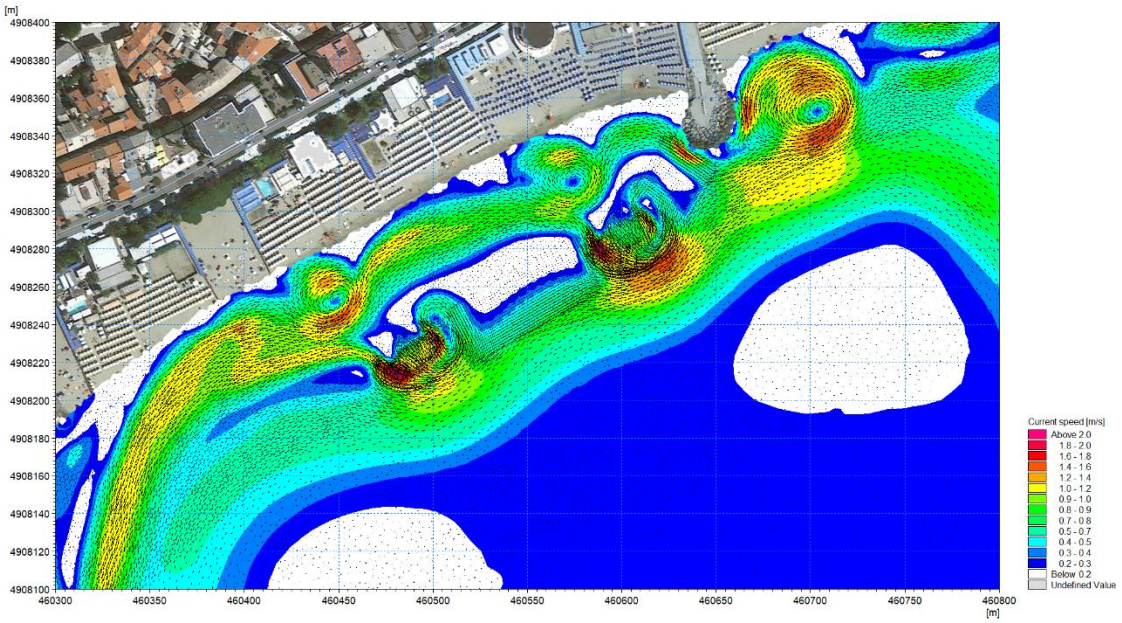


Figura 4-20 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

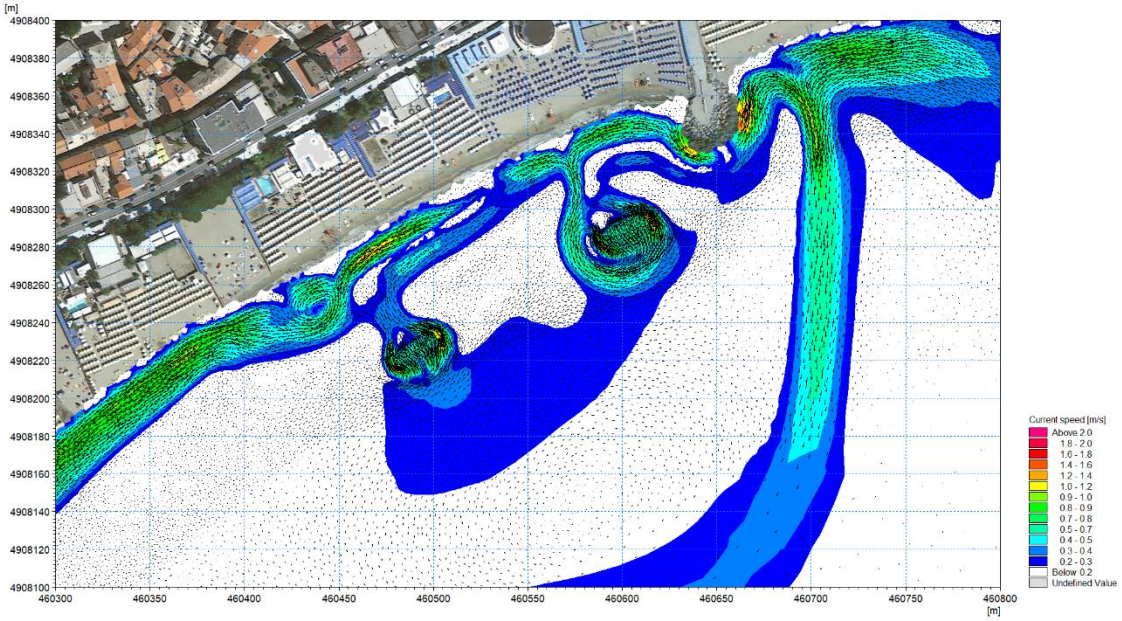


Figura 4-21 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

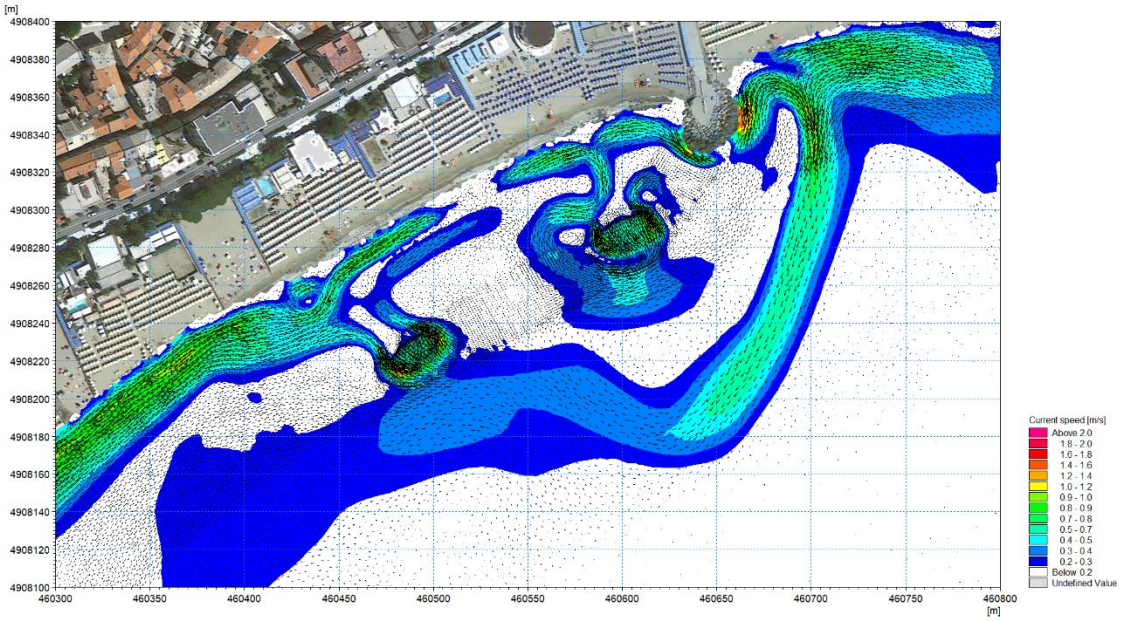


Figura 4-22 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

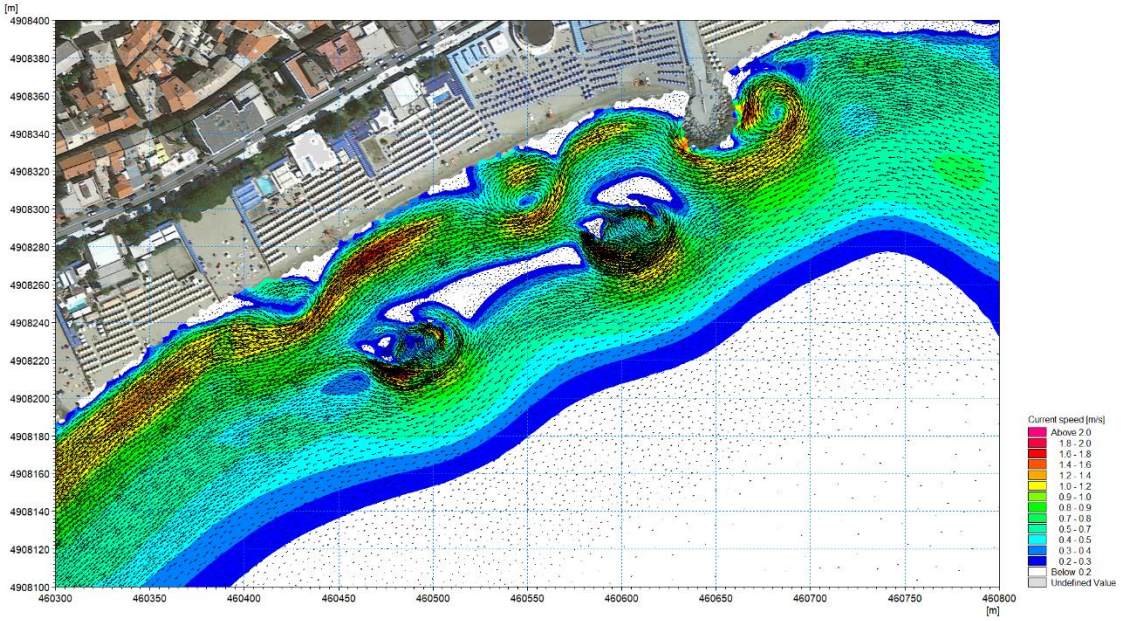


Figura 4-23 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

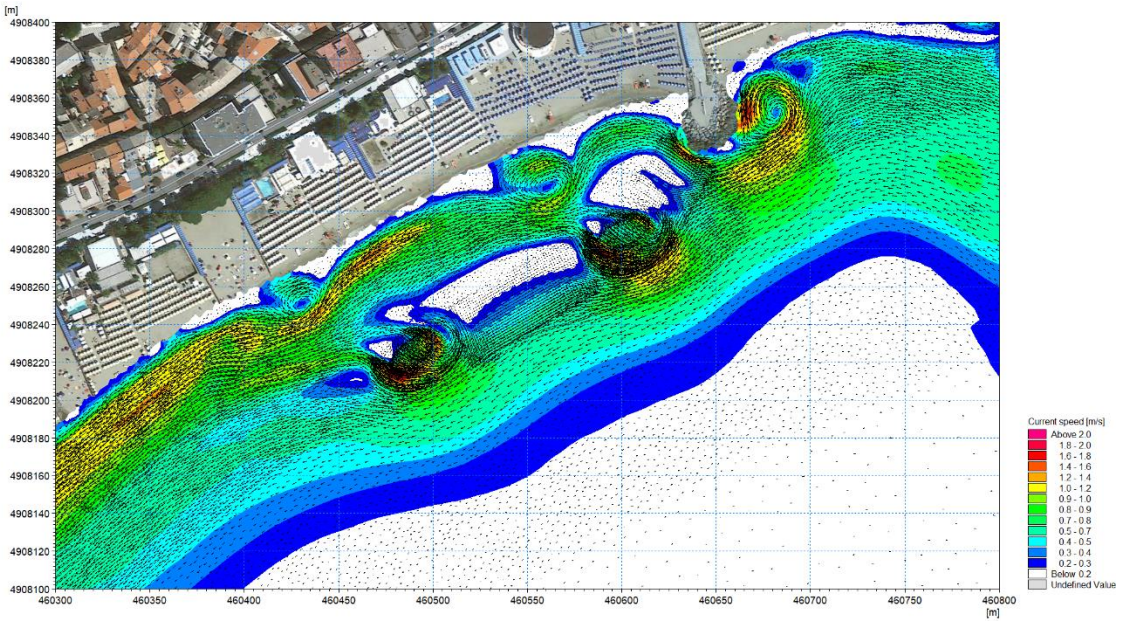


Figura 4-24 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

5 Riferimenti

[1] Interventi di difesa costiera e riqualificazione del litorale di Albissola Marina a seguito dei danni della mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e di cui alla O.C.D.P.C. n.558/2018 - Attività di studio e modellazione numerica a supporto della progettazione. Relazione tecnica – revisione Settembre 2020