| | |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| VARIANTE | SETTEMBRE 2021 |
| PROGETTO ESECUTIVO | AGOSTO 2020 |



STUDIOGAGGERO

SAVONA – VIA PIA 130 R – FAX 019/8386702 – TEL 019/829463
CELL. 335/303133 – E-MAIL ing.gaggero@libero.it

El. A

# COMUNE DI ALBISSOLA MARINA

**Progetto di interventi strutturali sul litorale di Albissola Marina ed aumento della resilienza in esito all'evento del 30.10.2018**
**VARIANTE**

**RELAZIONE**

N.P. 2176

SETTEMBRE 2021

*FILE: archivio/NP 2176*

**Dott. ing. Paolo GAGGERO**
**C.F. GGGPLA49H27I480F**
**Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi**

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
PAOLO GAGGERO
INGEGNERE
N° 463

NP 2176

# *COMUNE DI ALBISSOLA MARINA*

**Progetto di interventi strutturali sul litorale di Albissola Marina ed aumento della resilienza in esito all'evento del 30.10.2018**

**VARIANTE**

# EL. A: RELAZIONE

Settembre 2021

Dott. Ing. Paolo Gaggero

Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi

# INDICE

**1. PREMESSE** ..... 3
**2. ESIGENZE RESIDUALI ED EMERSE** ..... 4
**3. INTERVENTI COMPLEMENTARI** ..... 6
**4. TEMPI REALIZZATIVI** ..... 7
**5. QUADRO ECONOMICO** ..... 8

**ELENCO ELABORATI**

A _ Relazione

B _ Elenco nuovi prezzi ed analisi

C _ Computo metrico estimativo e quadro economico di raffronto

D _ Quadro di raffronto

E _ Relazione paesaggistica

F _ Aggiornamento del piano di sicurezza

G_ Lista di controllo

H _ Atto di sottomissione

## *1. PREMESSE*

L'appalto dei lavori di "Interventi strutturali sul litorale di Albissola Marina ed aumento della resilienza in esito all'evento del 30.10.2018" è stato affidato all'ATI Ne.Co. Costruzioni S.r.l. (capogruppo) con sede in Via Stromboli n° 42, 87032 Amantea (CS) P.IVA. 01921450787 e Tecnometa S.r.l. (mandante) P.IVA. N° 07602571213 con sede in Via Amilcare Boccio 80035 Nola (NA) che ha offerto il ribasso del 18,321% per un importo contrattuale di Euro 1.203.354,61 di cui Euro 1.188.763,13 netti per lavori ed Euro 14.591,48 per oneri della sicurezza.

I lavori sono stati consegnati in data 05/11/2021 e dovevano terminare il 13/04/2021. Per motivazioni varie sono stati prorogati, su richiesta dell'Impresa. In data 01/06/2021 i lavori sono stati sospesi, dopo che l'Impresa aveva già realizzato gran parte delle lavorazioni affidate, ovvero:

- numero 2 secche in massi
- sistemazione della testata dal molo Sant'Antonio con massi incrementali
- ripascimento da cava 4'400,00 mc (4'466 mc)
- ripascimento da barra fociva emersa del T. Sansobbia 8'400,00 mc (8'452 mc)
- ripascimento da barra fociva sommersa del T. Sansobbia 4'700,00 mc (4'752 mc).

Rispetto alle previsioni progettuali di 25'000 mc, l'Impresa ha recapitato in spiaggia un totale di 17'500 mc (17'670), ovvero 7'500 mc (7'330 mc) in meno.

## *2. ESIGENZE RESIDUALI ED EMERSE*

Come indicato al paragrafo precedente, per il completamento del progetto approvato dovevano essere recapitati in spiaggia ancora 7'330 mc. L'Impresa ha manifestato le proprie difficoltà a reperire, in termini economici adeguati alla globalità della propria offerta, ulteriore materiale di cava ed ha proposto di recapitare in spiaggia ulteriore materiale prelevato dalla foce del T. Sansobbia. La proposta è stata valutata insieme alla Amministrazione, ponendo peraltro l'esigenza di sottoporre il materiale ad opportuna vagliatura per evitare la presenza di materiale grossolano che le operazioni precedenti hanno, pur in modesta quantità, depositato in battigia. Pertanto, fermo restando il limite del 3% in contenuto di pelite, il vaglio dovrà produrre un passante di dimensione inferiore a 4/5 mm, che di massima può garantire un valore medio del granulo comunque vicino o poco superiore a 2 mm. Di ciò saranno effettuate prove all'inizio delle operazioni, con opportune conseguenti valutazioni. L'operazione di vagliatura viene compensata a mc di prodotto finito con nuovo prezzo aggiunto al contratto.

In esito alla disponibilità residue ed al costo delle operazioni (comprensivo di scavo con mezzo marittimo nella barra fluviale sommersa entro 100 ml, recapito in spiaggia, vagliatura e spostamenti distribuiti, carico su mezzo marittimo del residuo grossolano e posa dello stesso al bordo esterno delle secche) saranno posti in opera circa mc 15300 (7330+7970).

L'osservazione dello scenario già realizzato sottoposto all'azione del mare ha permesso di valutare in scala reale ciò che era stato esaminato con la modellistica matematica affidata a DHI. Ad opere eseguite (secche e parte dei ripascimenti) non si sono manifestate mareggiate di grande violenza; peraltro nel primo periodo il mare è stato molto spesso mosso da venti di scirocco e si sono potuti osservare alcuni effetti già parzialmente previsti nei modelli:

A) tra il molo S. Antonio e la secca di levante, la velocità della corrente indotta nel canale risultante ha sviluppato erosione in forme nette con trasporto del materiale verso ponente.

B) il tratto di battigia in corrispondenza dell'interasse tra le due secche ovviamente è più arretrata rispetto alle zone ridossate alle secche stesse; ciò comporta un diverso grado di protezione della spiaggia, con differenze graduali della sua ampiezza. In esito alle esperienze sviluppate sui litorali liguri, possiamo considerare questa differenza una costante delle difese con opere fisse puntuali e non lineari

Per mitigare le due situazioni, si è pensato di rendere scabro il fondale tra le opere fisse, con la posa dei massi isolati disposti distaccati su linee a quinconcia, entro un range di profondità, con un valore minimo di sommergenza ed un peso idoneo a mantenere la posizione. Il tema è stato affidato al

controllo del modello matematico, elaborato sempre da DHI, nel quale "la finalità del posizionamento dei massi è principalmente quello 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 di fondo in grado di abbattere le velocità orbitali più prossime al fondale e, di conseguenza, di rallentare l'onda contribuendo alla dissipazione dell'energia.

Il posizionamento dei massi è stato previsto "a scacchiera" con le seguenti caratteristiche:

- massi di III categoria di peso medio di 5 ton
- sommergenza minima dei massi pari a 1,2 m.

La descrizione del modello ed i risultati ottenuti sono riportati nell'allegato 1 della presente relazione.

Se ne è conclusa una valutazione di "non trascurabile dissipazione del moto ondoso incidente con riduzione dell'energia ondosa a riva".

I massi previsti sono, con posizionamento sua aree di mq 4.00 x 4.00,

- n° 54 tra secca di levante e molo S.Antonio.
- n° 180 tra le secche

## *3. INTERVENTI COMPLEMENTARI*

Le mareggiate succedutesi negli ultimi anni, ed in particolare quella di fine ottobre 2018, hanno evidenziato la fragilità del sistema di arginamento dei due rii sfocianti in spiaggia:

- rio Basci
- rio Sodino

In passato, per contenere le portate estive, sono stati posizionati massi naturali in guisa di arginatura, demolita peraltro dalle mareggiate.

Per tale motivo si è ritenuto utile ed opportuno eseguire il ripristino non più con elementi lapidei (forzatamente di modesto volume e peso), ma con una barriera di pali in legno, infissi accostati nella sabbia ed emergenti a formazione dell'arginatura e del parapetto di sicurezza.

I pali previsti in castagno, ma accettati anche in rovere od ontano, secondo le disponibilità della ditta esecutrice, avranno un diametro di 15 cm ed una lunghezza di 5,00 m; saranno inseriti nella sabbia previo scavo e ritombamento ed emergeranno sino a 2 m, di cui almeno 1 a formazione del parapetto fra il livello ordinario massimo della spiaggia ed il fondo alveo.

Le lunghezze dei tratti così realizzati sono:

| | | | |
|---|---|---|---|
| - rio Basci: | sponda sinistra | 15 | m |
| | sponda destra | 15 | m |
| - rio Sodino : | sponda sinistra | 25 | m |
| | sponda destra | 25 | m |

## *4. TEMPI REALIZZATIVI*

Nell’atto di sottomissione allegato alla perizia il termine dei lavori è indicato entro il 31 ottobre del corrente anno, come prescritto dalle norme di gestione del finanziamento ex O.C.D.P. 558/2018, salvo proroghe.

## *5. QUADRO ECONOMICO*

Il costo globale degli interventi è pari alle disponibilità del finanziamento di Euro 2.050.000,00 così suddivisi:

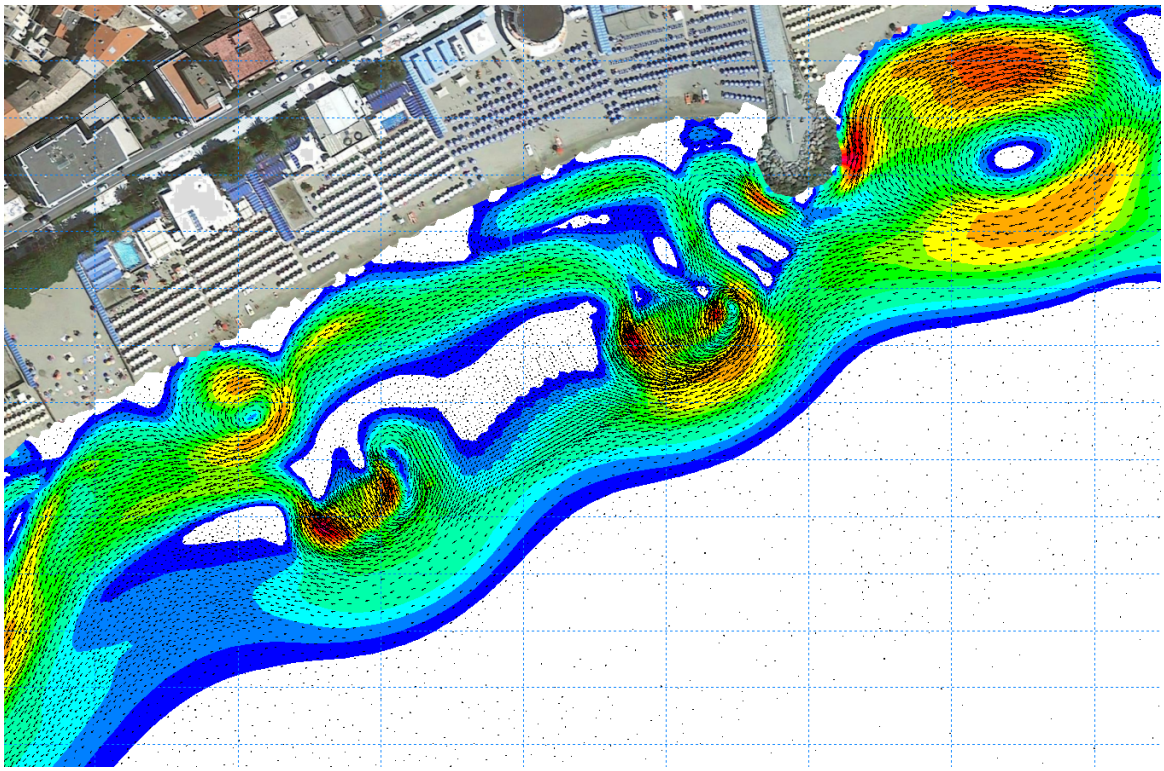
| | | | |
|---|---|---|---|
| **A) LAVORI** | | | |
| | Lavori | € | 1 775 179.19 |
| | a dedurre ribasso del 18,321% | € | 325 230.58 |
| | restano | € | 1 449 948.61 |
| | Sicurezza | € | 14 591.48 |
| | **TOTALE LAVORI A)** | **€** | **1 464 540.09** |
| | | | |
| **B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE** | | | |
| **B1** | Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto , ivi inclusi i rimborsi previa fattura | € | - |
| **B2** | Rilievi, accertamenti ed indagini | € | 67 627.04 |
| **B3** | Allacciamento ai pubblici servizi | € | - |
| **B4** | Imprevisti | € | 148.64 |
| **B5** | Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni | € | - |
| **B6** | Accantonamenti | € | - |
| **B7** | Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità | € | 124 282.79 |
| **B8** | Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione | € | - |
| **B9** | Eventuali spese per commissioni giudicatrici | € | - |
| **B10** | Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche | € | - |
| **B11** | Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici | € | 2 000.00 |
| **B12** | IVA sui lavori (22% di A) ) | € | 322 198.82 |
| **B13** | CNPAIA (4% di B7) | € | 4 971.31 |
| **B14** | IVA sui spese tecniche e CNPAIA (22% di B7+B13 ) | € | 28 435.90 |
| **B15** | Importo relativo all'incentivo di cui all'articolo 113 del 50/2016 nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente | € | 35 795.41 |
| | **TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE B)** | **€** | **585 459.91** |
| | | | |
| A) LAVORI | | € | 1 464 540.09 |
| B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE | | € | 585 459.91 |
| | **TOTALE GENERALE INTERVENTO** | **€** | **2 050 000.00** |

# ALLEGATO 1: Relazione modello DHI

# 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)



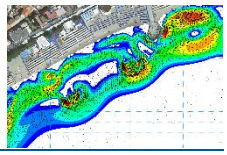
# Interventi di difesa costiera e riqualificazione del litorale di Albissola Marina a seguito dei danni della mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e di cui alla O.C.D.P.C. n.558/2018

## 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).

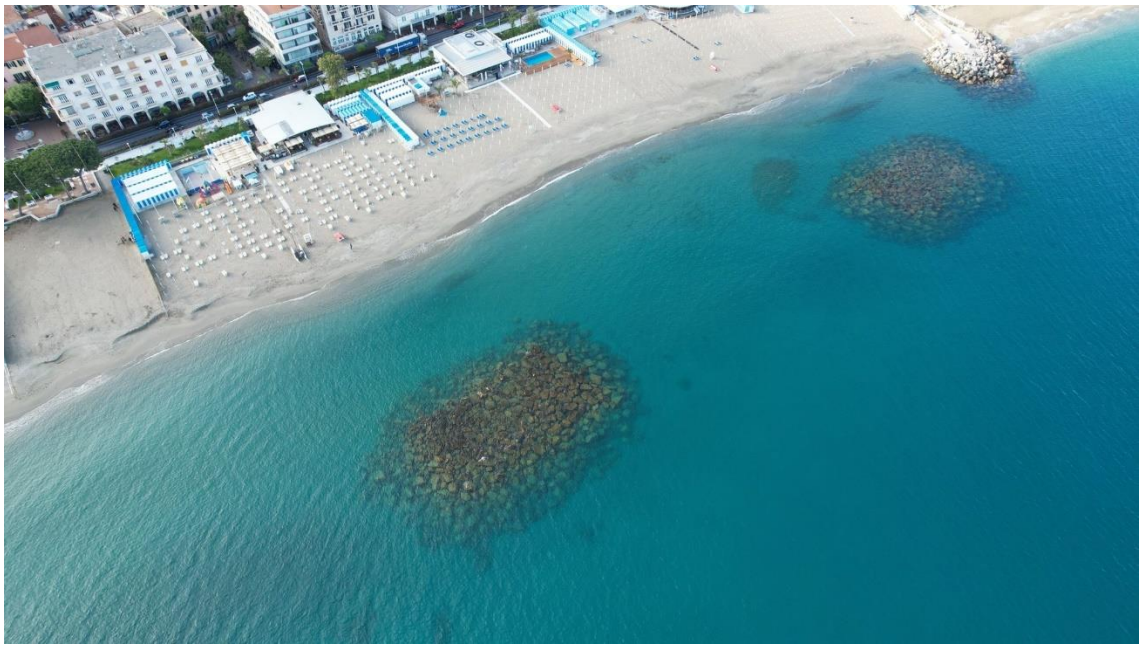


Figura 1-2 Secche semisommerse e ripascimento, non ancora completato, dell'arenile (Maggio 2021)

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.

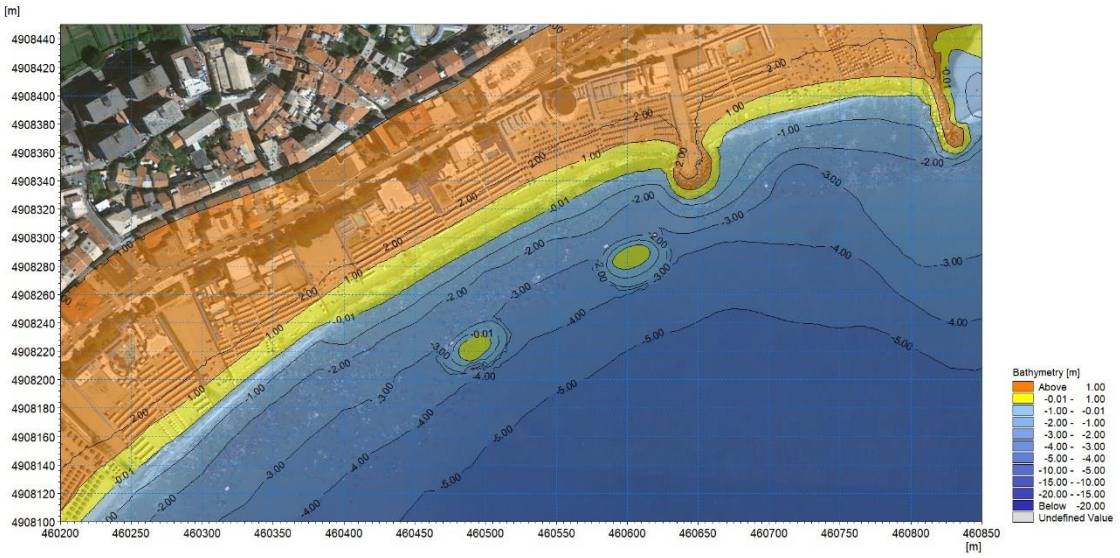



Figura 2-1 Dettaglio della batimetria di calcolo - configurazione attuale

- 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).

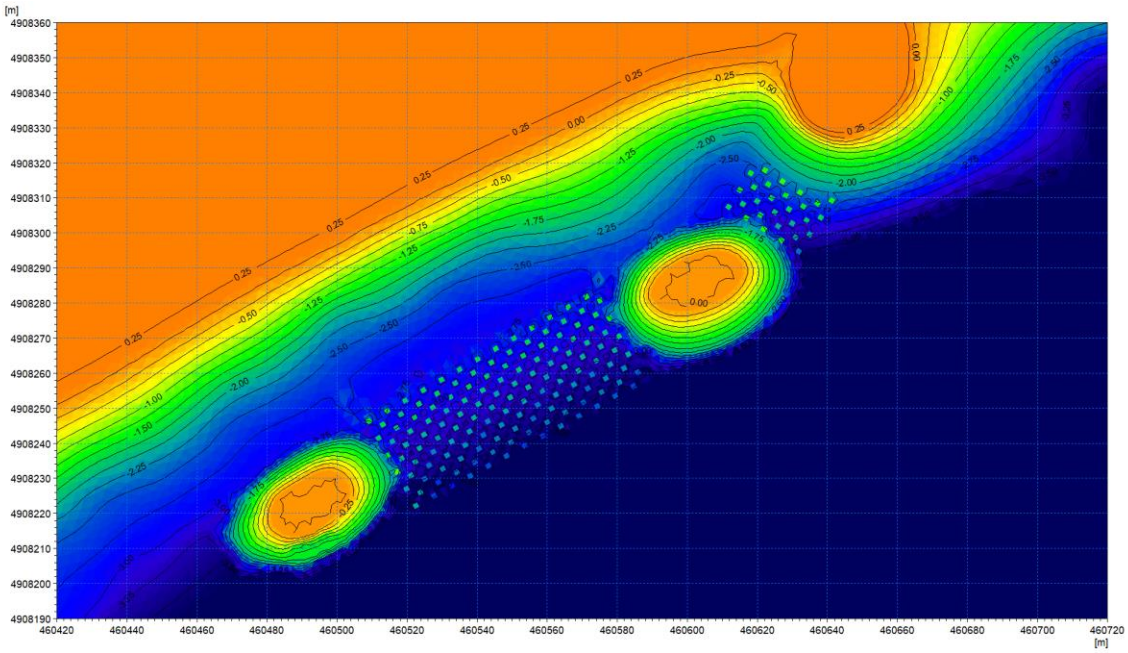



Figura 2-2 Dettaglio della batimetria di calcolo - configurazione comprensiva dei massi tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio

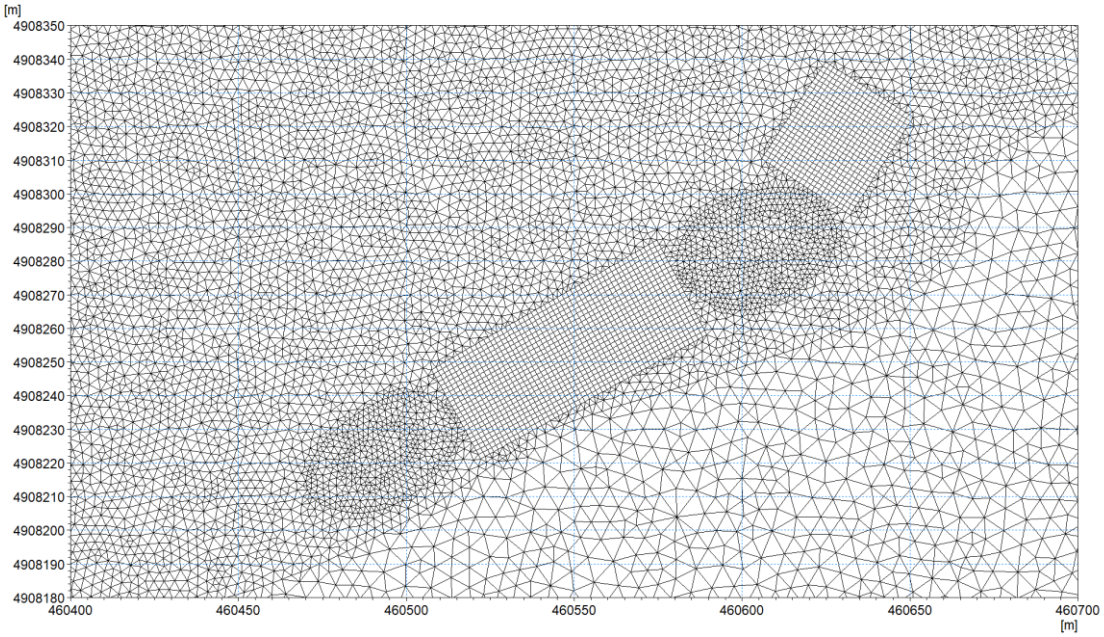



Figura 2-3 Dettaglio della mesh di calcolo modificata nella zona tra le secche e tra la secca di levante ed il molo Sant'Antonio

# 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.

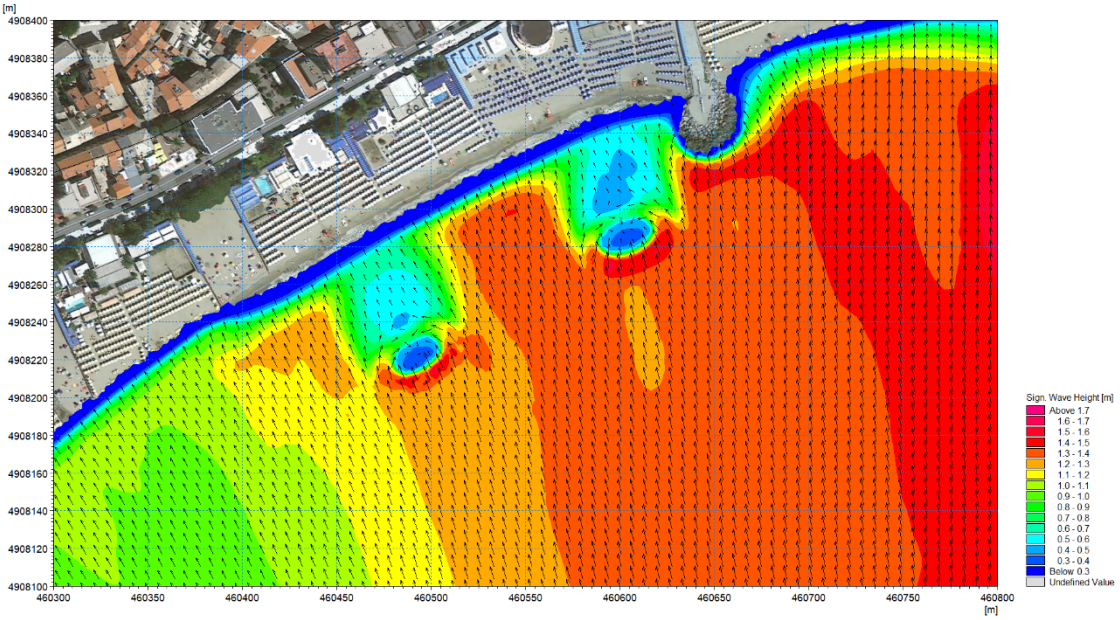



Figura 4-1 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 1 con Hs=1.8 m Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

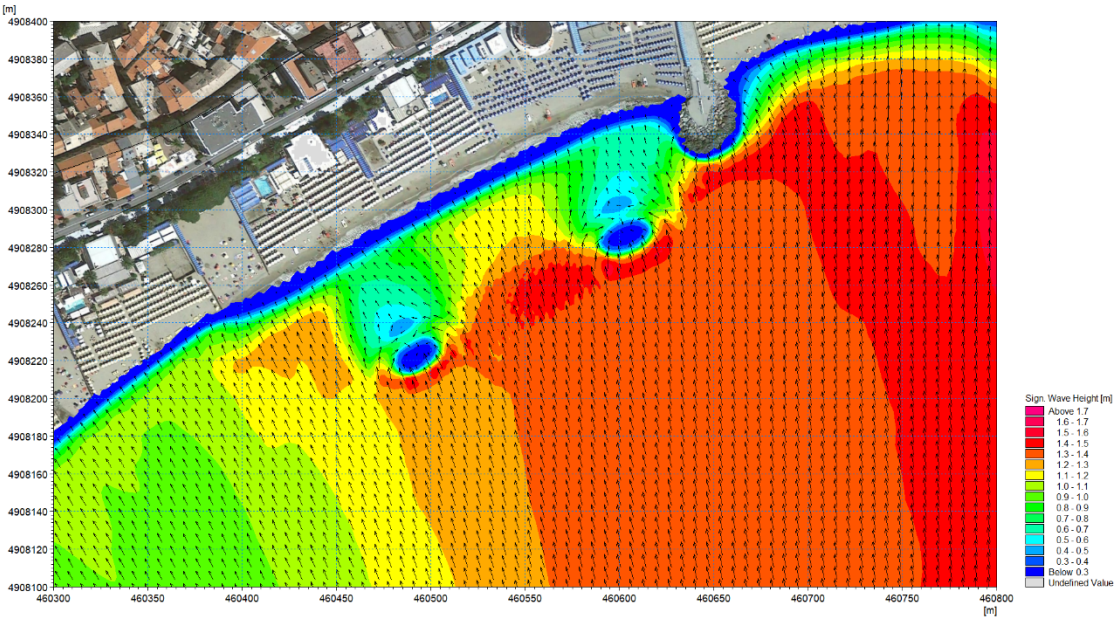



Figura 4-2 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 1 con Hs=1.8 m Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

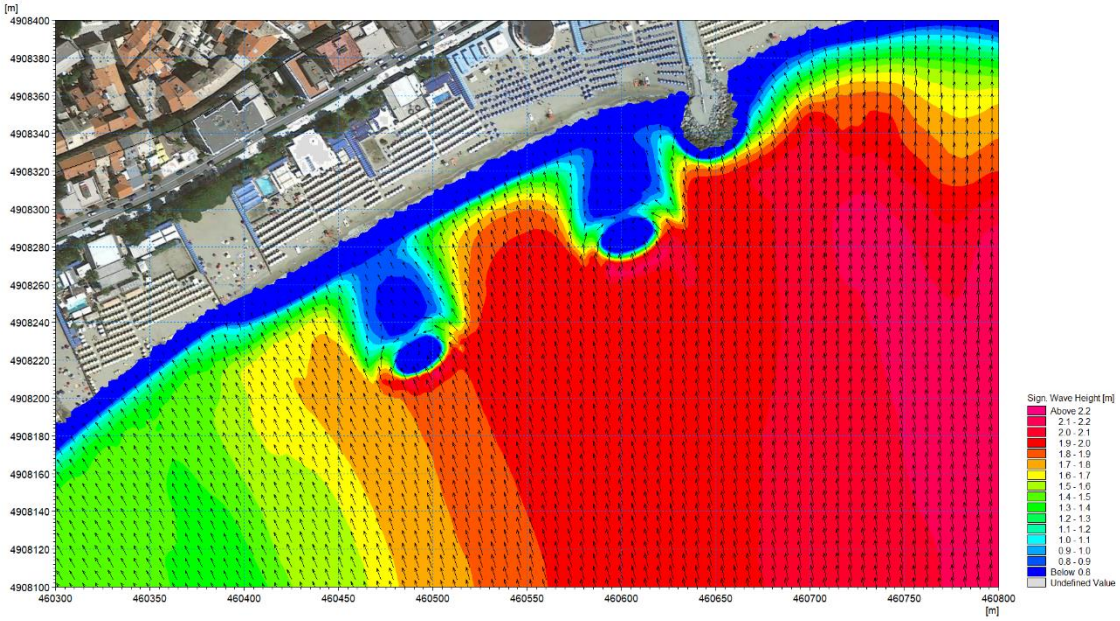



Figura 4-3 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

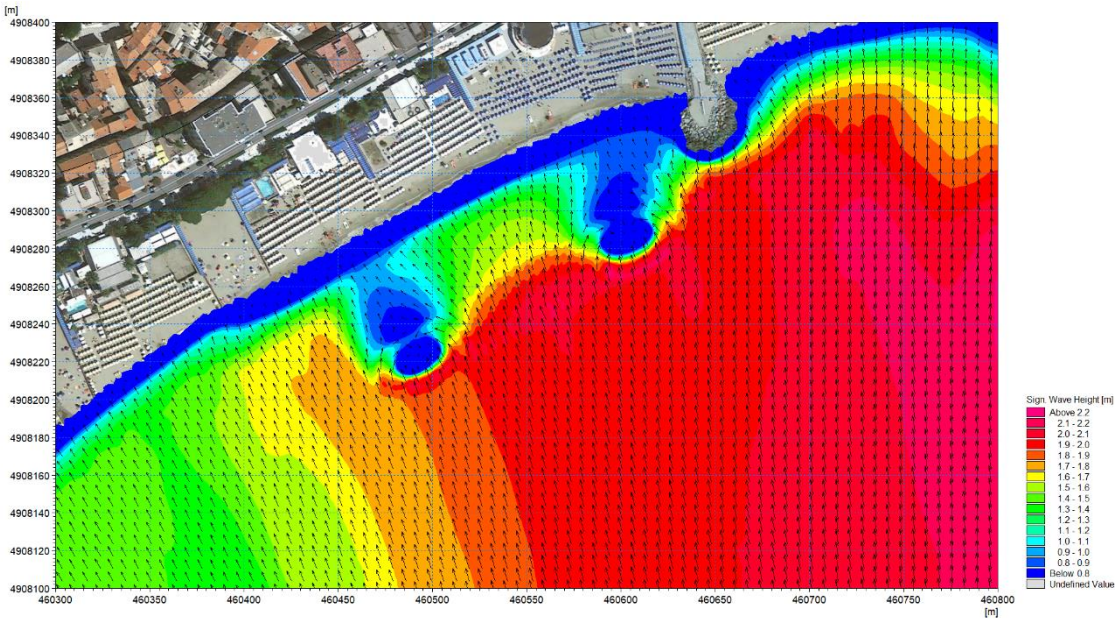



Figura 4-4 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

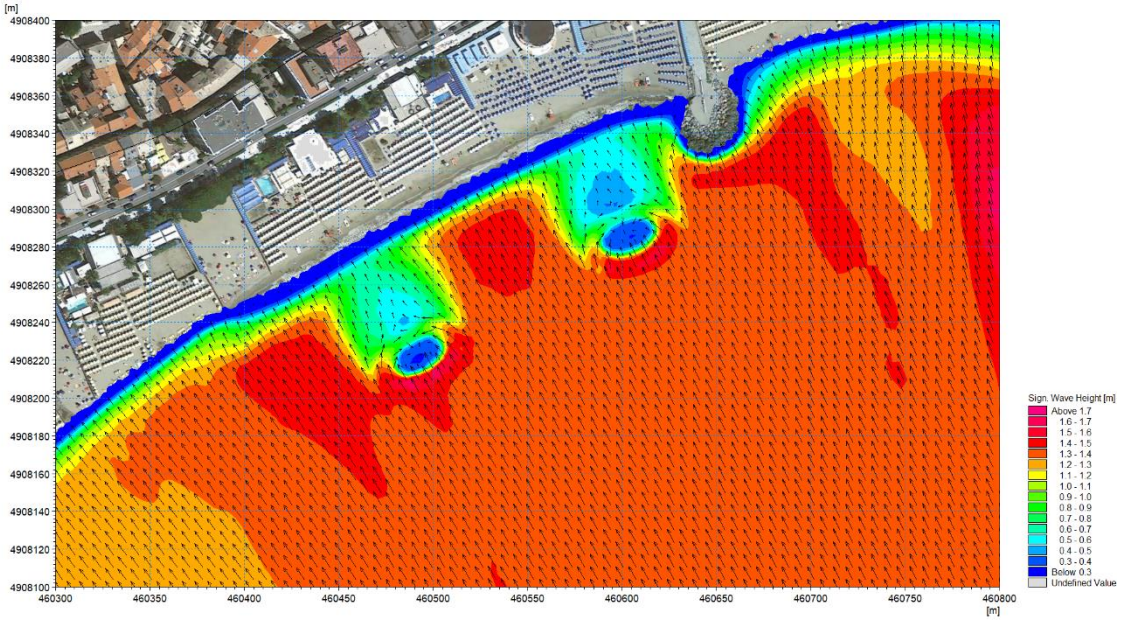



Figura 4-5 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

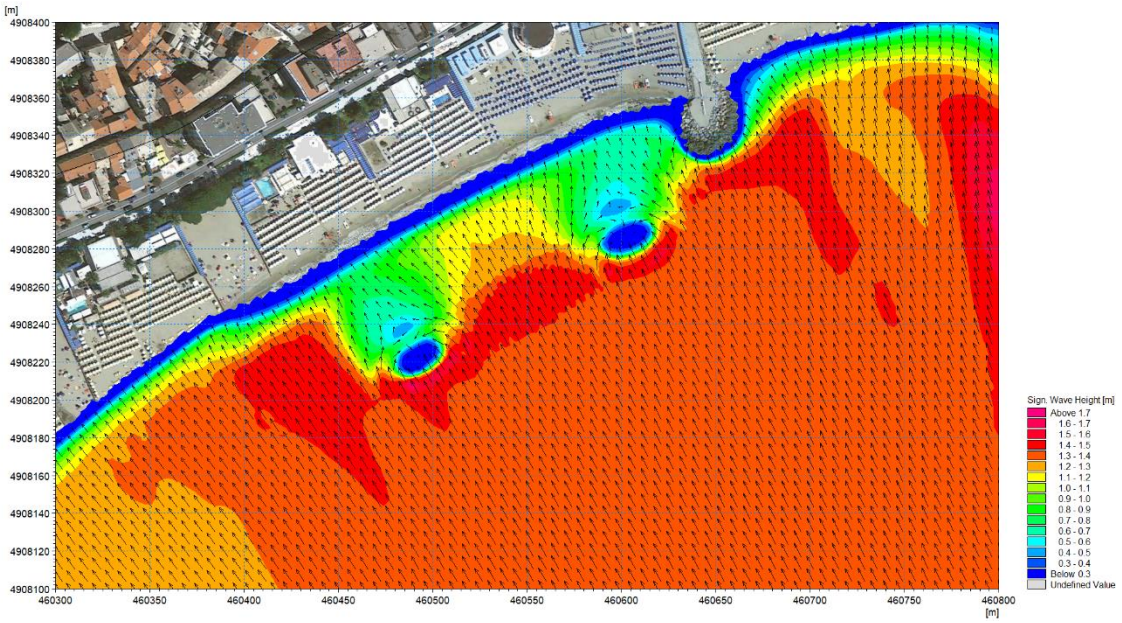



Figura 4-6 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

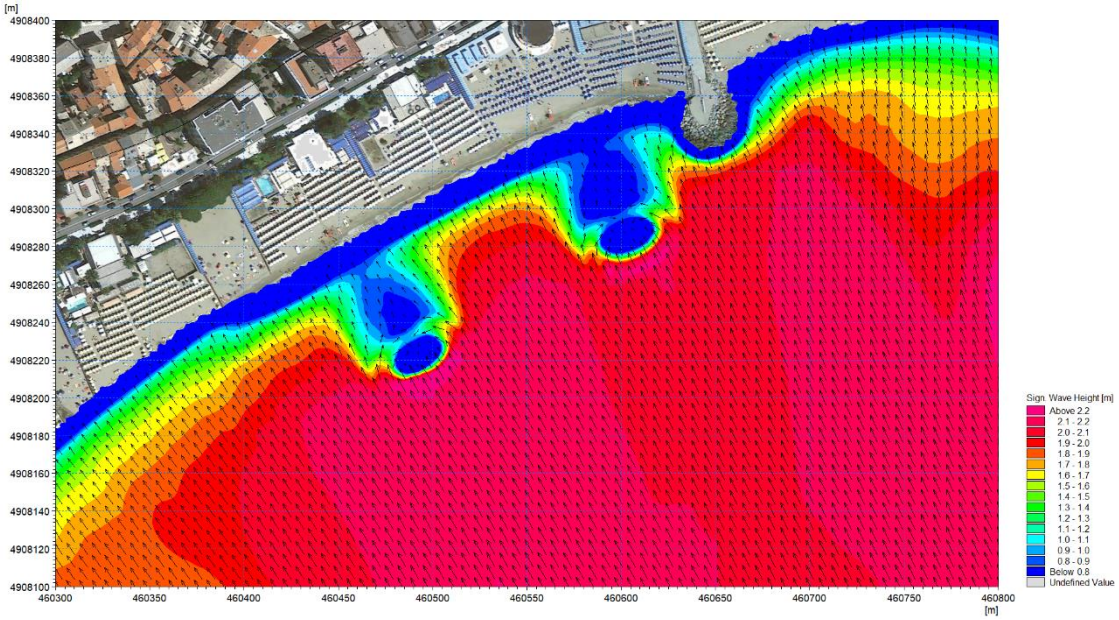



Figura 4-7 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

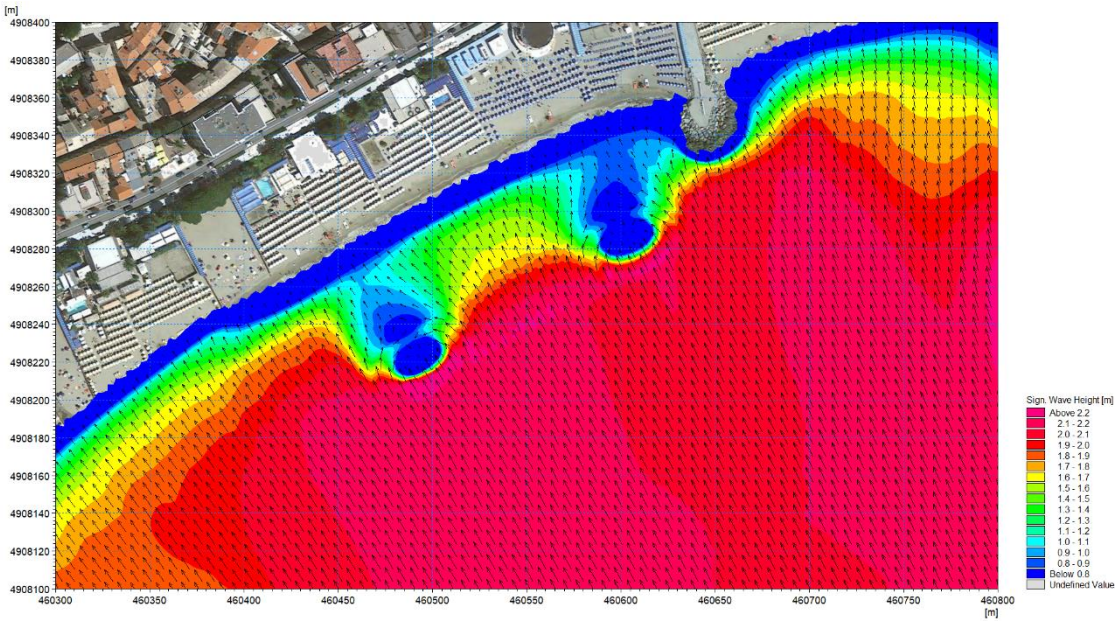



Figura 4-8 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

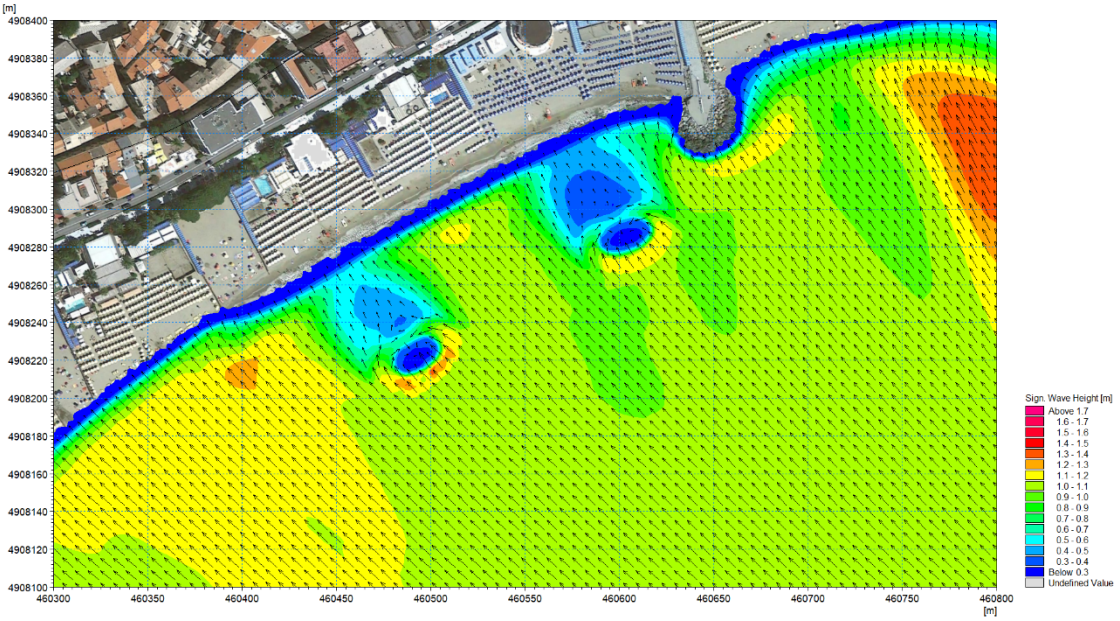



Figura 4-9 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

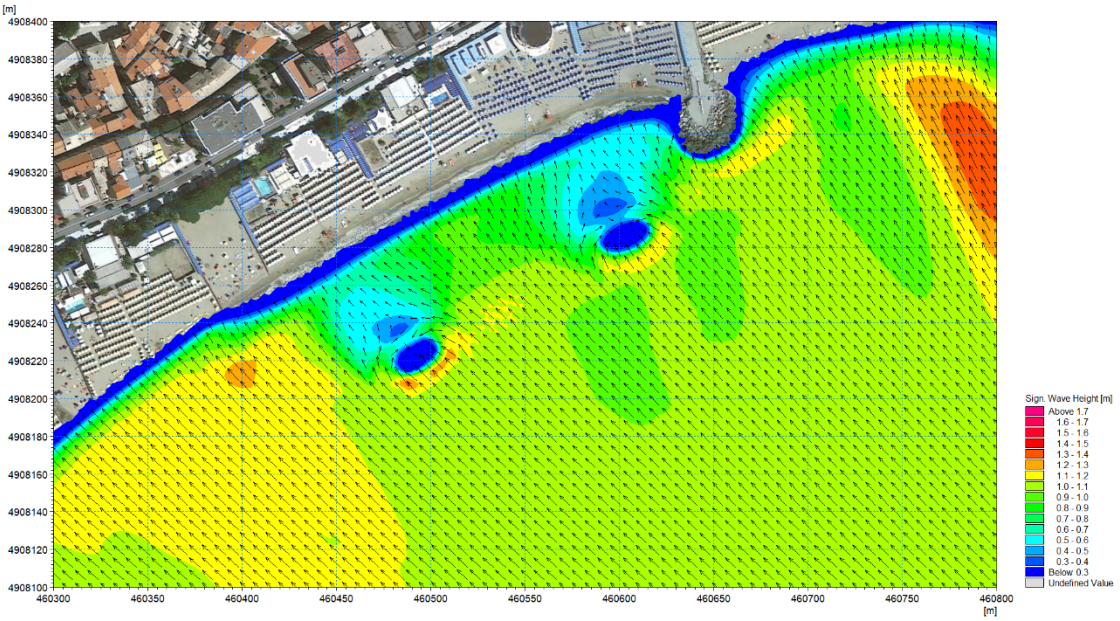



Figura 4-10 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

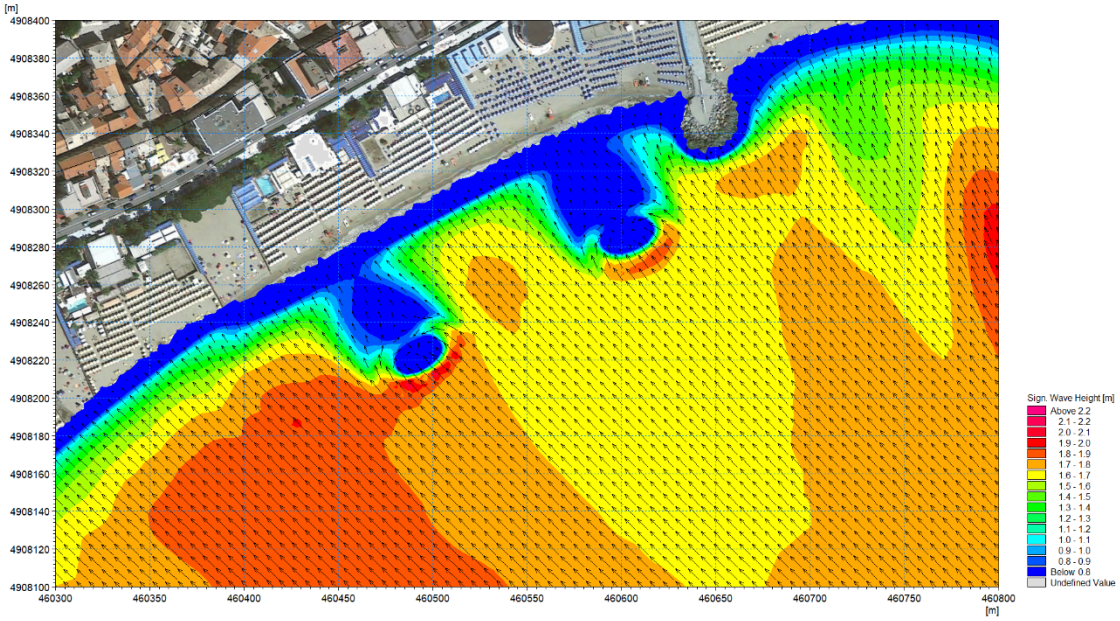



Figura 4-11 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

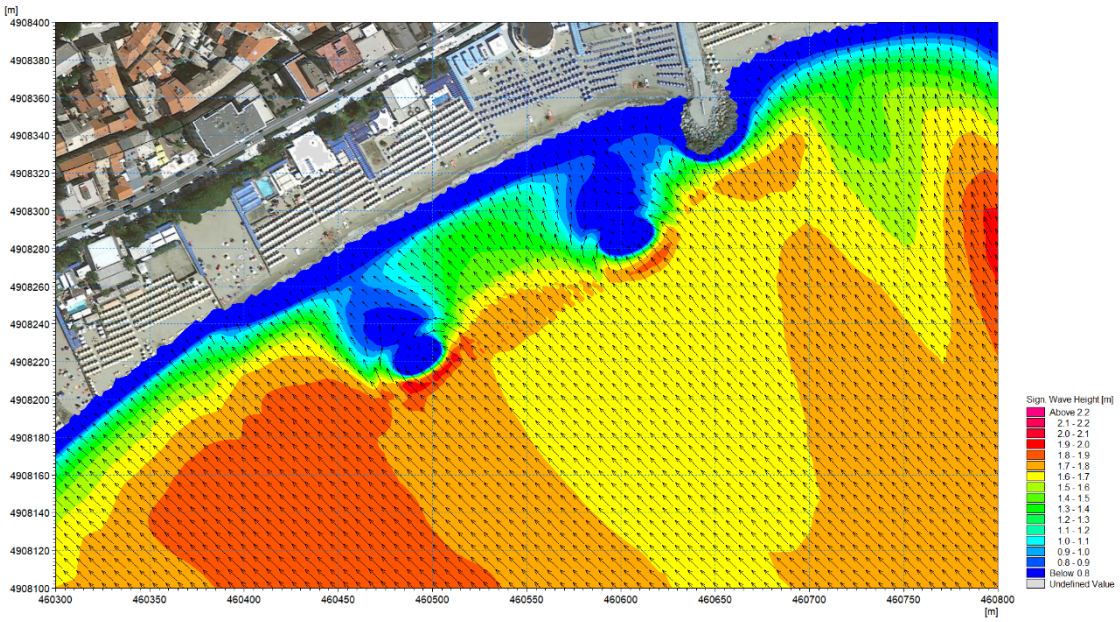



Figura 4-12 Distribuzione dell'altezza d'onda per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

## 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.

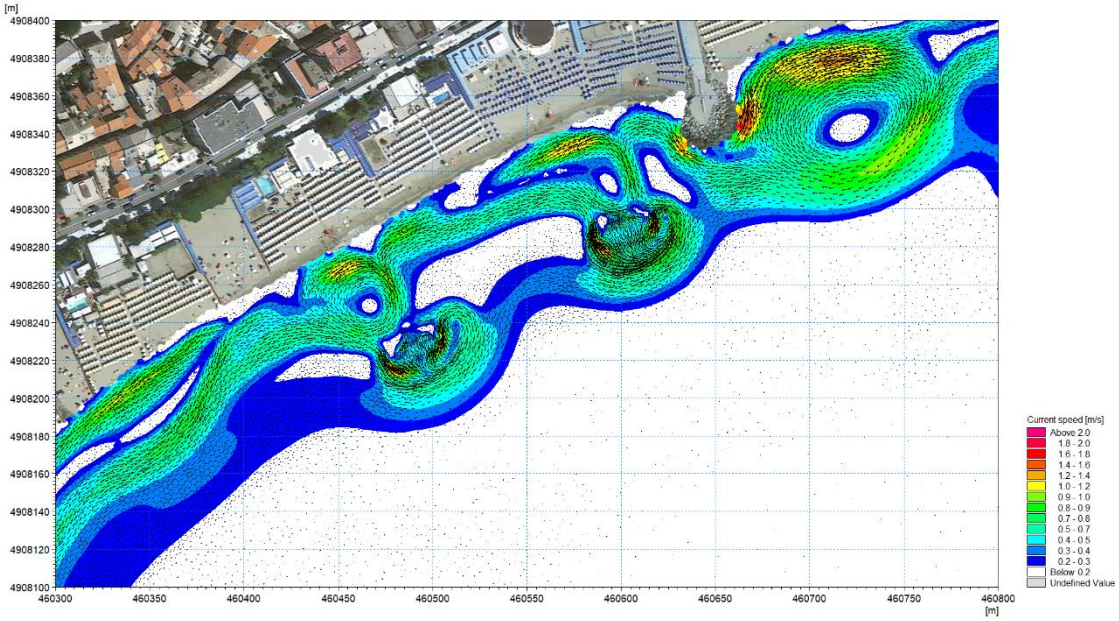



Figura 4-13 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 1 con Hs=1.8 m, Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

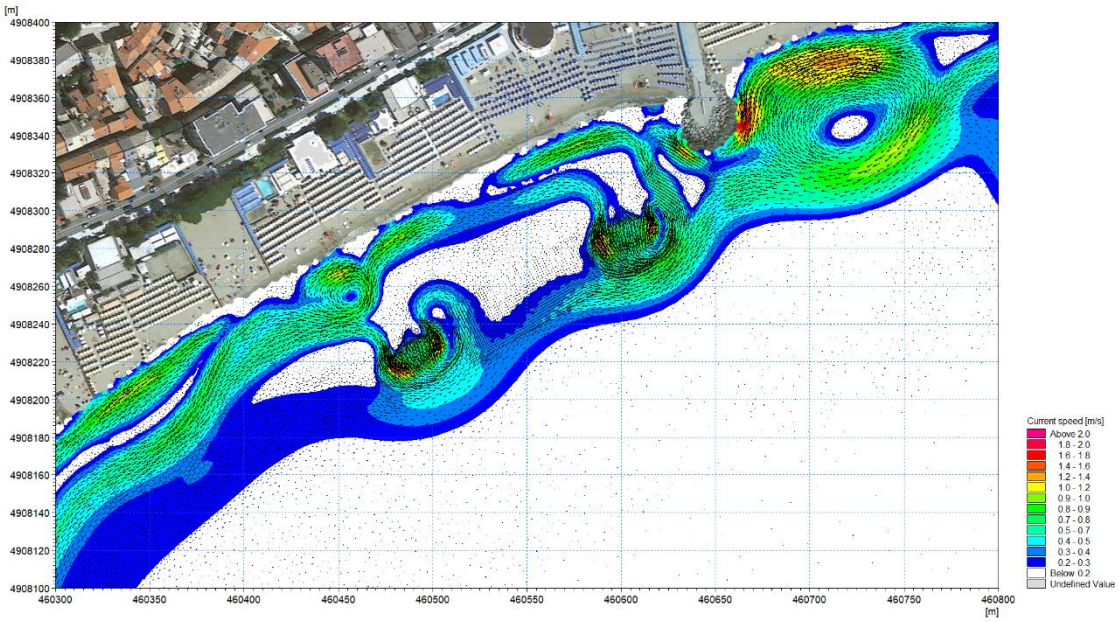



Figura 4-14 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 1 con Hs=1.8 m, Tp=7.9 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

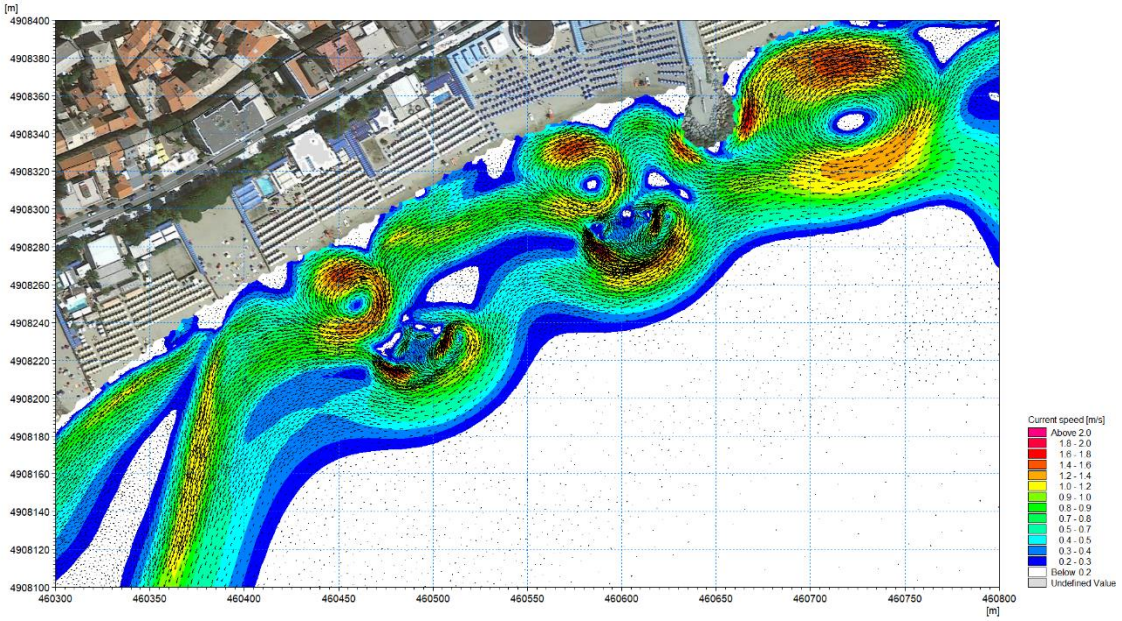



Figura 4-15 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione attuale, fondale attuale

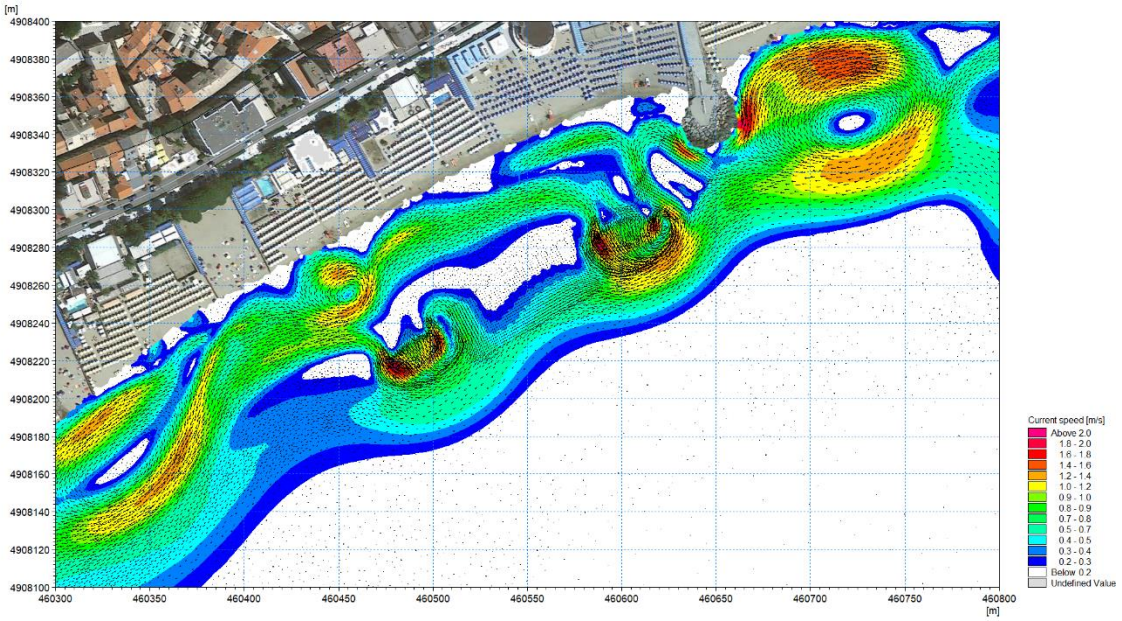



Figura 4-16 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 2 con Hs=2.5 m, Tp=8.6 s, caratterizzata da MWD=180°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

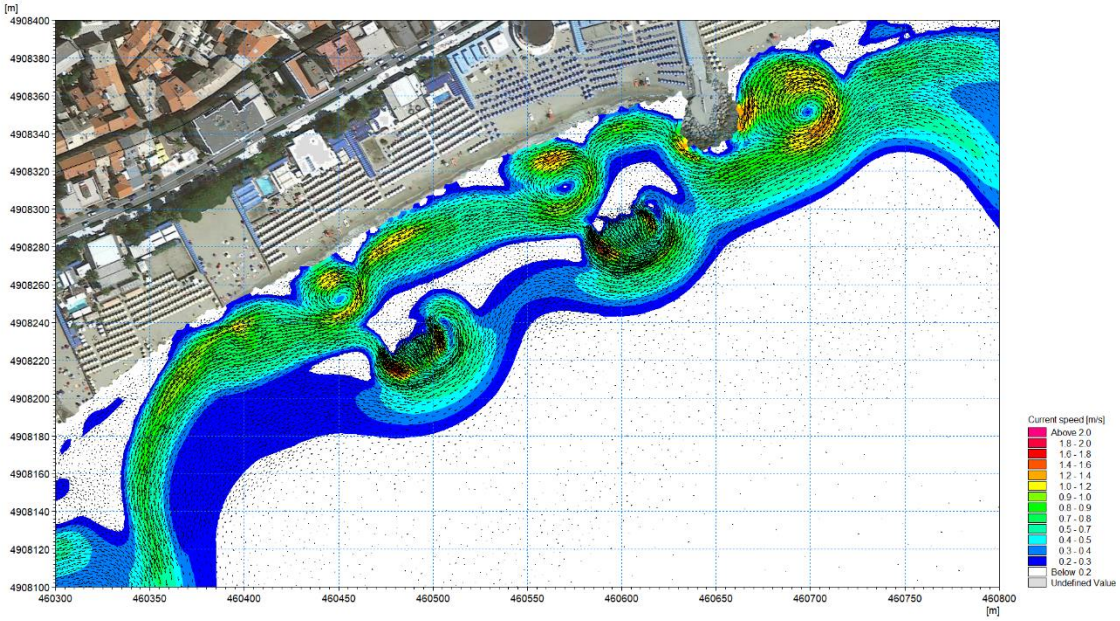



Figura 4-17 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

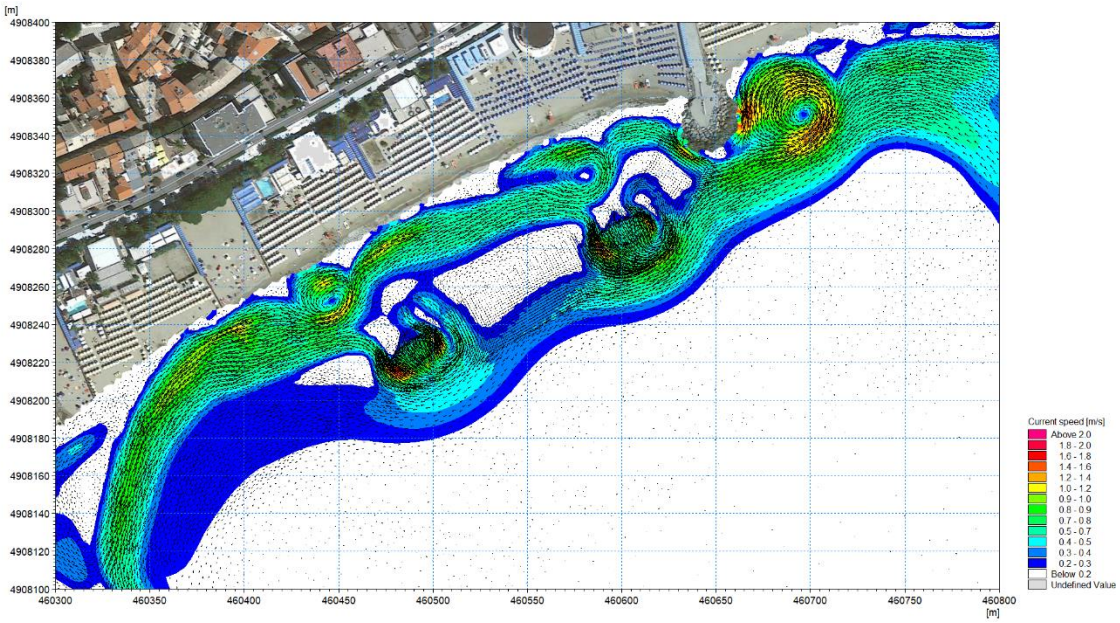



Figura 4-18 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 3 con Hs=1.5 m, Tp=7.6 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

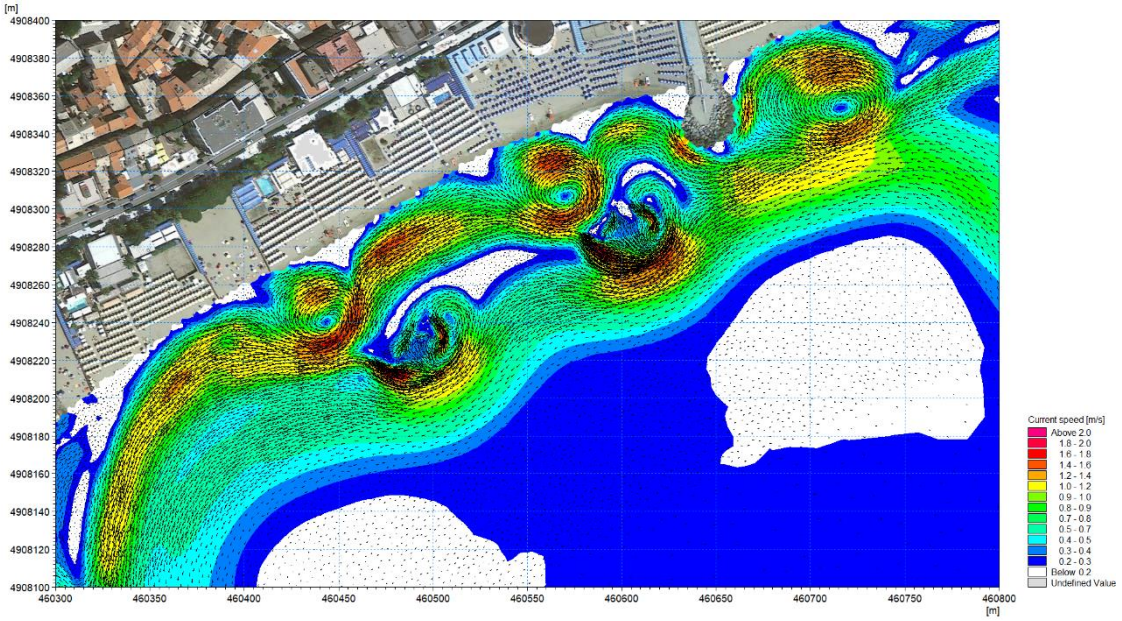



Figura 4-19 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione attuale, fondale attuale

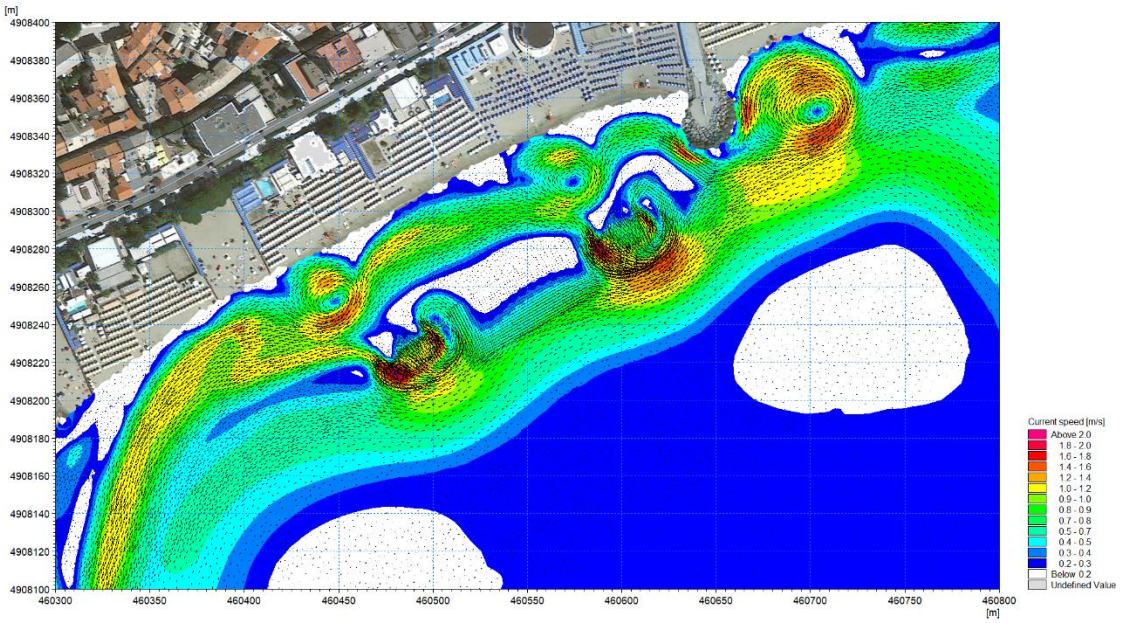



Figura 4-20 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 4 con Hs=2.3 m, Tp=8.4 s, caratterizzata da MWD=150°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

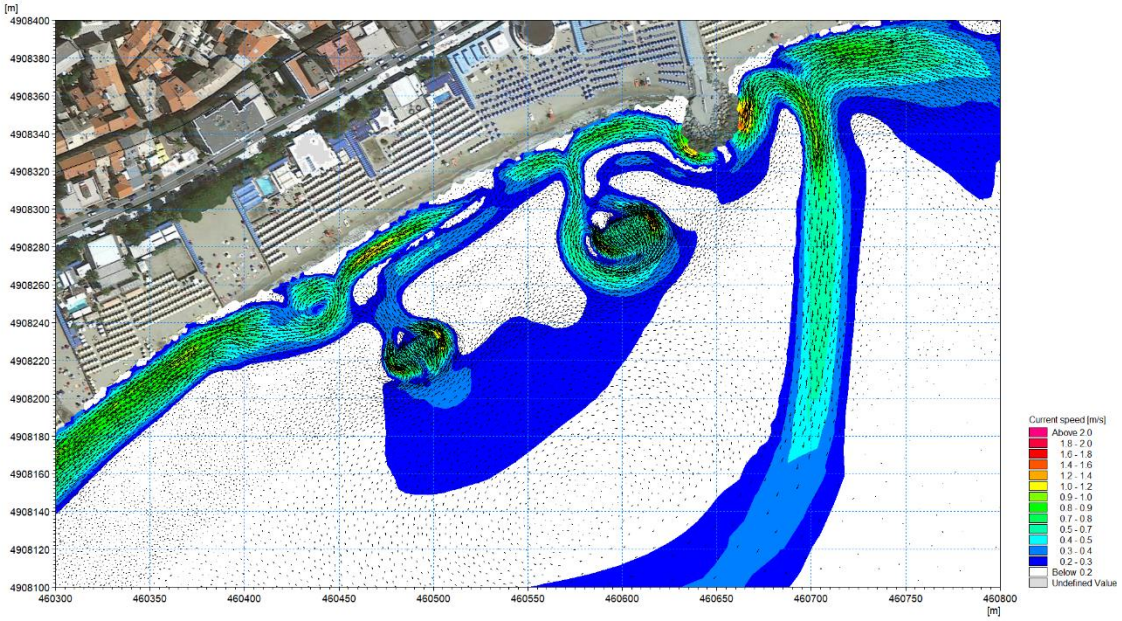



Figura 4-21 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

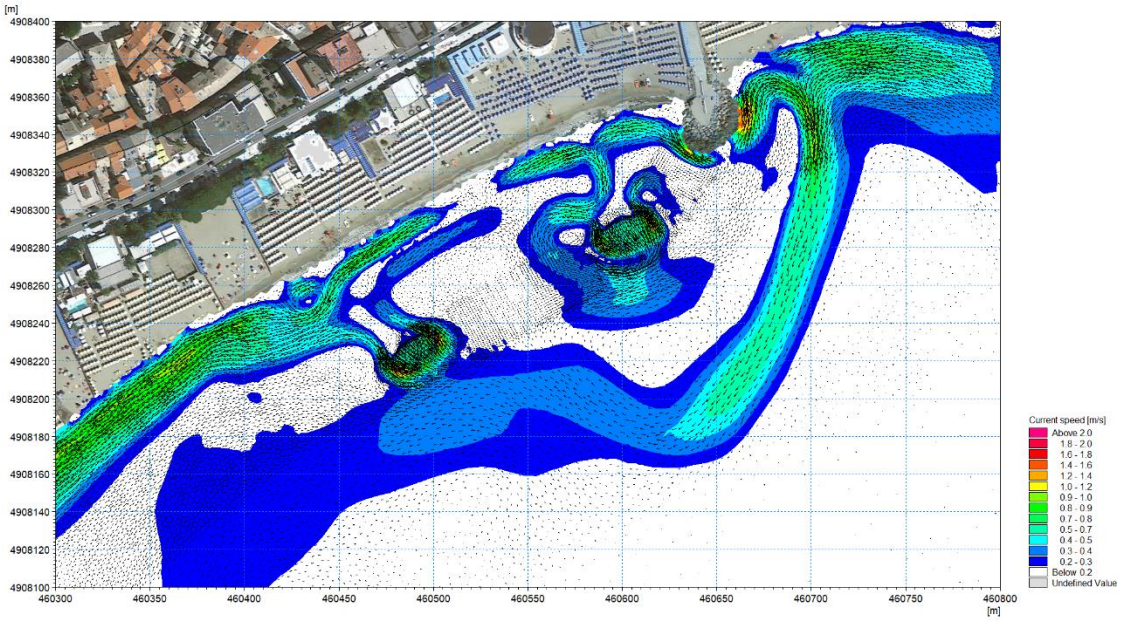



Figura 4-22 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 5 con Hs=1.3 m, Tp=7.2 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

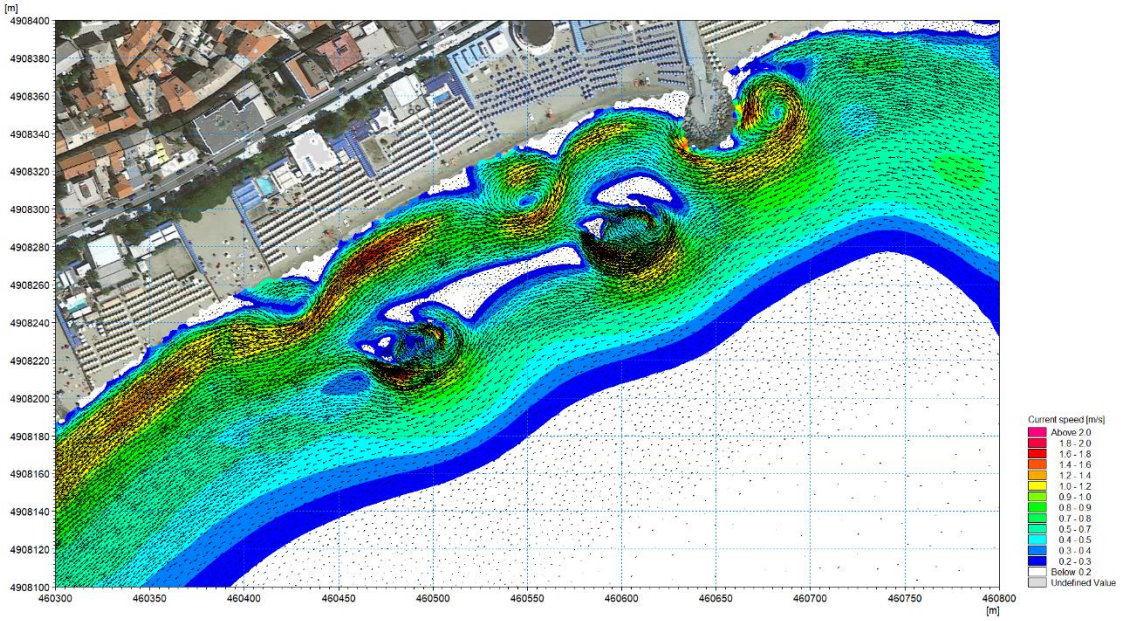



Figura 4-23 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione attuale, fondale attuale

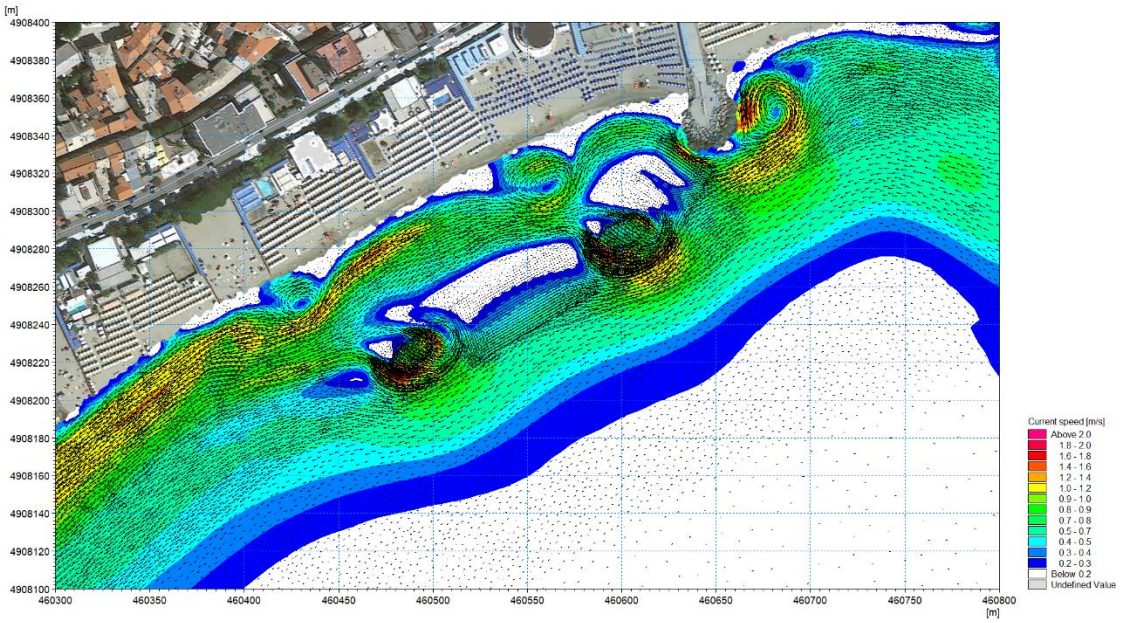



Figura 4-24 Mappa della distribuzione delle intensità di corrente per la condizione 6 con Hs=2.0 m, Tp=8.1 s, caratterizzata da MWD=120°N – configurazione con introduzione dei massi, fondale attuale

# 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