

PORTO S. AMPELIO S.r.l.
(PROVINCIA DI IMPERIA)

**Progetto di realizzazione di un approdo turistico per
nautica da diporto in ampliamento dell'esistente porto di Bordighera**

RELAZIONE N°4: Studio dell'agitazione interna portuale

INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

0. Premessa


1. Studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del porto

- 1.0 Brevi Cenni sul modello numerico impiegato
- 1.1 Condizioni meteomarine in corrispondenza dell'imboccatura del porto
- 1.2 Risultati delle simulazioni
- 1.3 Considerazioni preliminari sugli approdi
- 1.4 Considerazioni preliminari sugli ormeggi

2. Conclusioni

Elenco Allegati:

- **N°1:** configurazione modellata e riepilogo risultati;

Studio di Ingegneria Marittima <i>Ing. Giovanni SPISSU</i> Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		WaveTransportEvolutionProgramm 
Giugno 2021	<i>Eseguito da:</i>	
Pagina 1/18	Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

1. Premessa

Il presente studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del porto è volto al dimensionamento preliminare delle opere interne al porto ed allo studio dell'agitazione ondosa interna portuale.

La presente relazione tratta i seguenti argomenti:


a. **Paragrafo 1: studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del porto.** Lo studio si basa su uno specifico modello numerico caratterizzato da un reticolo geometrico agli elementi finiti, che discretizza lo specchio liquido del bacino interno portuale. Il modello viene simulato imponendo le condizioni al contorno caratterizzate da specifici coefficienti di riflessione/assorbimento assegnati al contorno (in funzione anche del periodo significativo dell'onda incidente sull'imboccatura), dalle profondità dedotte dalla batimetria rilevata e dalle forzanti del moto ondoso incidente (altezza, periodo e direzione dell'onda significativa incidente sull'imboccatura).

b. Paragrafo 2: Conclusioni dello studio.

Lo studio si occupa della determinazione dell'agitazione interna portuale e si riferisce al layout del porto dell'Ottobre 2020.

La soluzione implementata nello studio presenta generalmente risultanze conformi ai valori di agitazione interna portuale proposti nelle raccomandazioni AIPCN per i porti turistici. Nella banchina centrale del porto i valori medi sono leggermente superiori ai valori raccomandati, in corrispondenza di stati del mare aventi periodo di ritorno pari a 50 anni

Di seguito si espongono le risultanze dello studio.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 2/18	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

1. Studio per la determinazione delle condizioni meteomarine su acqua alta

1.0 Brevi Cenni sul modello numerico impiegato

1.0.1 L'equazione base

Il problema dell'individuazione della funzione potenziale di velocità, nelle Regioni interna ed esterna al bacino portuale, si riconduce alla risoluzione della seguente equazione differenziale ellittica del 2° ordine:

$$\nabla(c \cdot c_g \cdot \nabla f) + \sigma^2 \cdot \left(\frac{c_g}{c} \right) \cdot f = F(f, \dots)$$

con la condizione al contorno $f_n + A \cdot k \cdot f = 0$

ove:

- c è la celerità d'onda;
- c_g è la celerità di gruppo;
- σ è la frequenza angolare
- f è la funzione d'onda, il cui modulo individua l'ampiezza del coefficiente di agitazione interna portuale;
- $F(f, \dots)$ implementa le non linearità.

Si veda lo schema seguente ove sono riprodotte in particolare la regione interna, la regione esterna ed il moto ondoso incidente:

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021	<i>Eseguito da:</i>	
Pagina 3/18	Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

FIGURA N°1: schema di riferimento

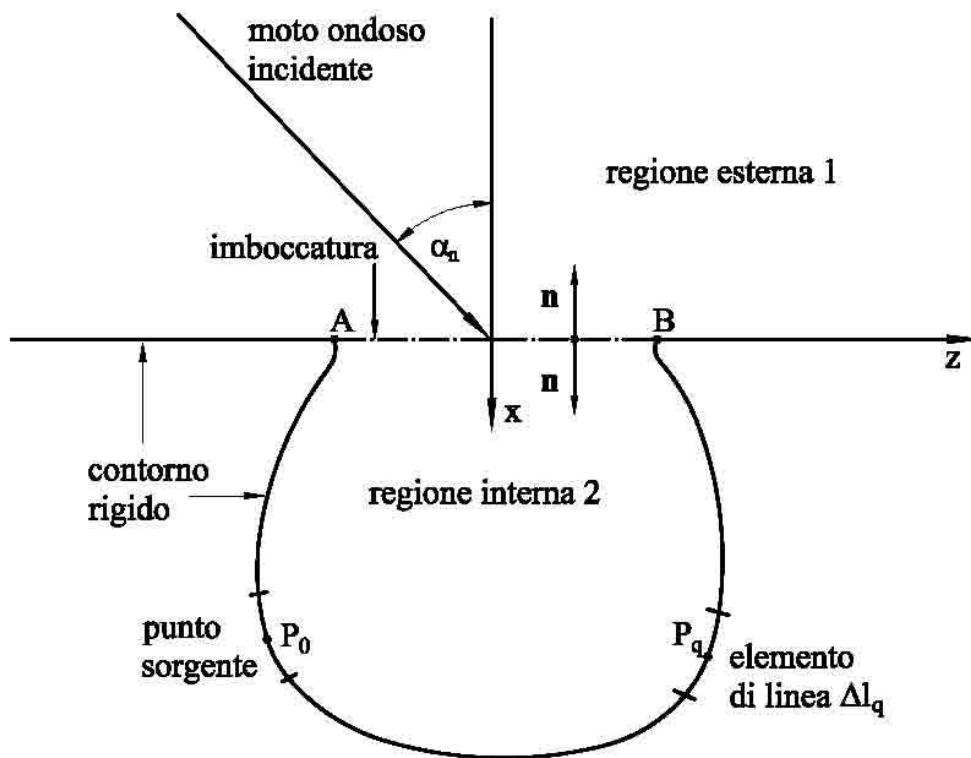



Fig. Schema di riferimento per lo studio della penetrazione del moto ondoso in un bacino marino protetto.

1.0.2 Risoluzione del problema matematico

L'equazione suddetta viene risolta adottando uno schema agli elementi finiti, applicato sul dominio chiuso di interesse, comprendente la Regione interna e la Regione esterna. Per inciso, la regione interna è la parte interna al bacino portuale e la regione esterna coincide con il mare aperto.

La soluzione dell'equazione è una funzione complessa, il cui modulo involve il coefficiente di agitazione interna portuale.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 4/18	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

Le fasi di calcolo sono le seguenti:

- a) individuazione del contorno del bacino portuale, e discretizzazione in elementi finiti di lunghezza pari a circa 1/5-1/6 della lunghezza d'onda e comunque inferiore a 5 m. La lunghezza dei lati dei triangoli quasi-equilateri che compongono le maglie degli elementi finiti, risulta direttamente influenzata dall'errore di chiusura numerica dell'equazione base e dunque è variabile nei vari settori dello specchio acqueo;
- b) definizione delle condizioni al contorno su ogni elemento:
 - Se il contorno è totalmente riflettente $\rightarrow f_{,n} = 0$
 - Se il contorno è totalmente assorbente $\rightarrow f_{,n} + i \cdot k = 0$, ove k è il numero d'onda
 - Se il contorno è parzialmente riflettente e la fase della funzione d'onda è nulla $\rightarrow f_{,n} + A \cdot i \cdot k = 0$, ove k è il numero d'onda
- c) Costruzione della griglia triangolare di calcolo internamente al dominio chiuso.
- d) Discretizzazione dell'equazione differenziale.

Per la determinazione delle condizioni al contorno, unitamente al bilancio energetico riferito alle onde irregolari, si utilizza la seguente espressione:

FIGURA N°2: formulazione coefficiente di riflessione

$$C_r = \frac{a I_r^2}{b + I_r^2}$$

where the values of coefficients a and b depend primarily on the structure geometry and to a smaller extent on whether waves are monochromatic or irregular. The Iribarren number employs the structure slope and the wave height at the toe of the structure.

(2) Table II-7-1 presents values for the coefficients a and b collected from the above references.

Table II-7-1 Wave Reflection Equation Coefficient Values Structure		
Structure	a	b
Plane slope-monochromatic waves	1.0	5.5
Plane slope-irregular waves	1.1	5.7
Rubble-mound breakwaters ¹	0.6	6.6
Dolos-armored breakwaters - monochromatic waves	0.56	10.0
Tetrapod-armored breakwaters - irregular waves	0.48	9.6

¹This is an average conservative value. Seelig and Ahrens (1981) recommend a range of values for a and b that depend on the number of stone layers, the relative water depth (d/L), and the ratio of incident wave height to breaker height.

Studio di Ingegneria Marittima

Ing. Giovanni SPISSU

Via Puggia 23B - 16131 Genova

Tel./Fax 010/8366648

e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
Wave Trasport Evolution Programm



Giugno 2021

Eseguito da:

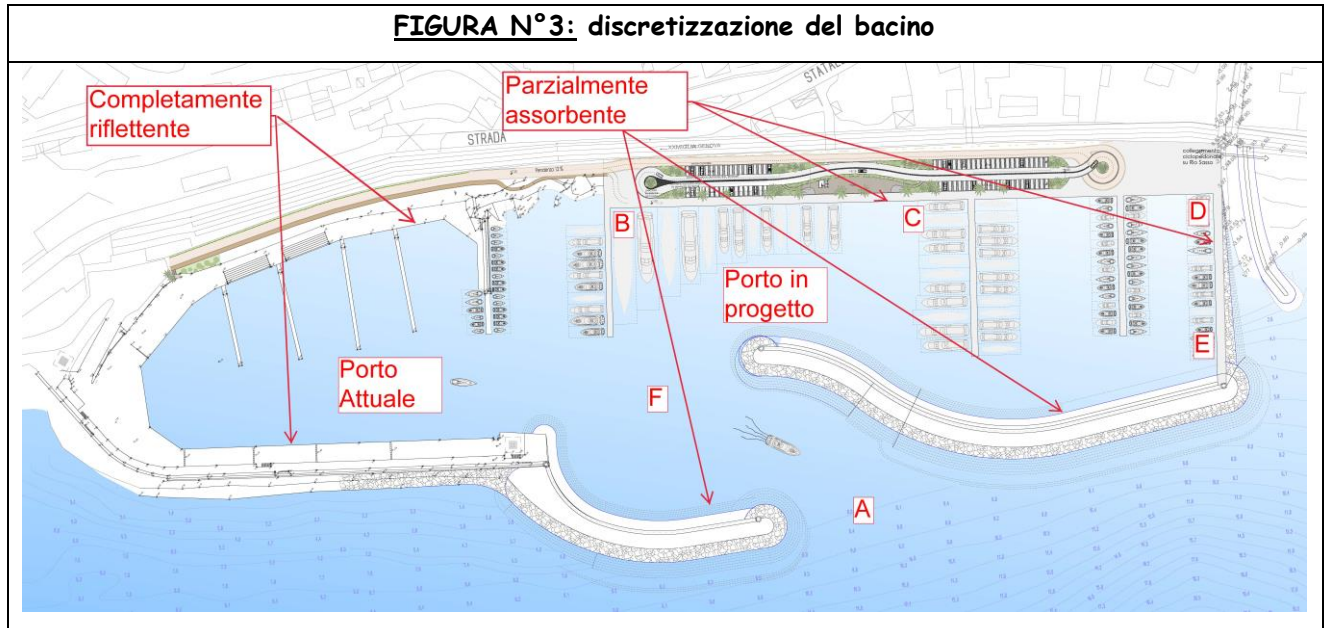
Pagina 5/18

Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>


1.0.3 Il modello numerico

S'illustra di seguito la discretizzazione del bacino con l'individuazione della tipologia delle banchine:



I punti di interesse indicati in planimetria sono:

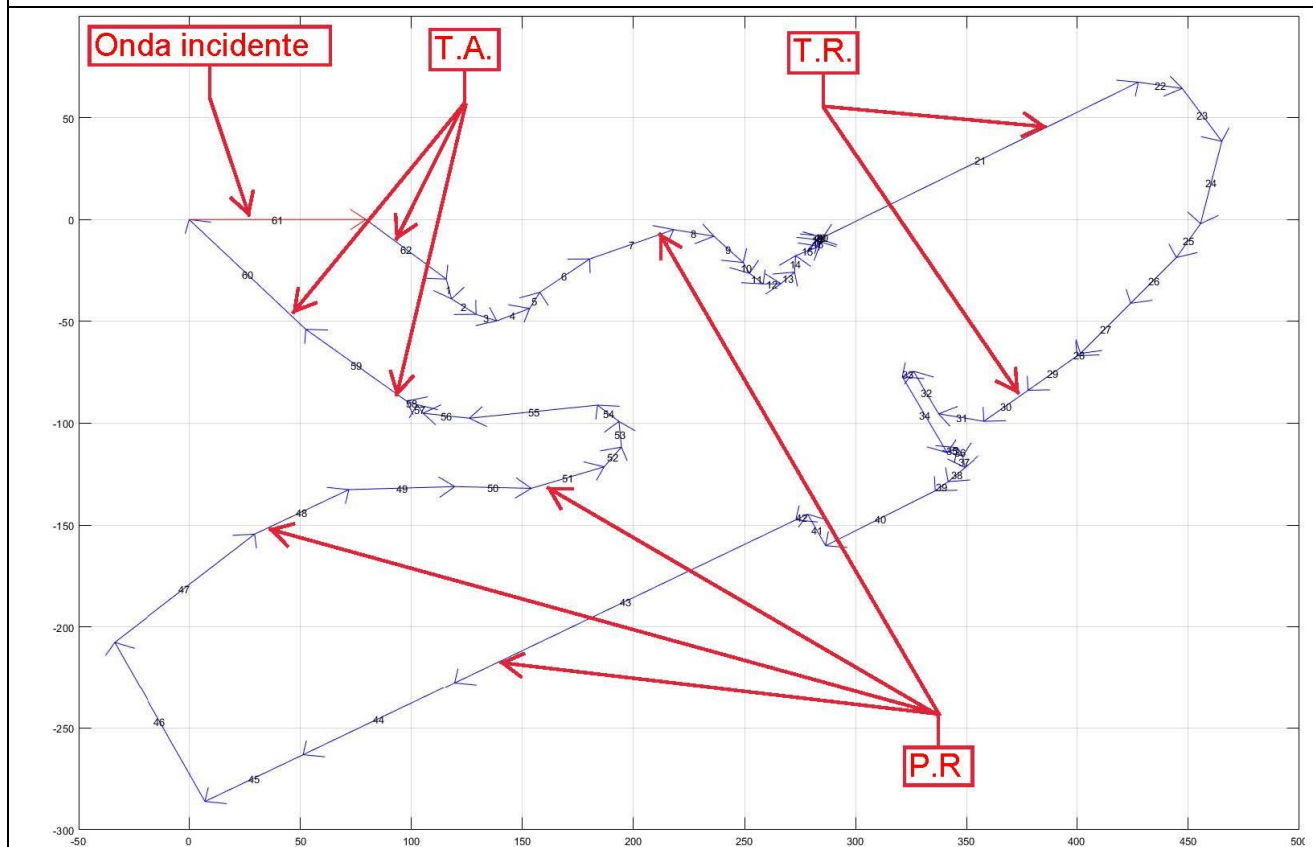
- A. : Imboccatura interna del porto;
- B.,C. : Banchine interne;
- D.,E. : Banchine interne molo sopraflutti;
- F: canale interno o avamposto

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 6/18	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

S'illustra di seguito la discretizzazione del dominio di calcolo:


FIGURA N°4: discretizzazione dominio di calcolo



Si noti il contorno ove sono state imposte le condizioni matematiche di totale e parziale riflessione, totale assorbimento.

Si notino:

- a. Condizioni al contorno sui limiti fisici del porto (dette di Newman) che sono state imposte nel seguente modo:
 - Il contorno totalmente/parzialmente assorbente "TA" nelle zone del bacino portuale caratterizzate da mare aperto (assorbimento totale) ed adiacenza con altri specchi acquei
 - Il contorno parzialmente assorbente "PR" nelle zone del bacino portuale caratterizzate da scogliere, spiagge (assorbimento parziale) e cassoncini assorbenti;

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 7/18	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

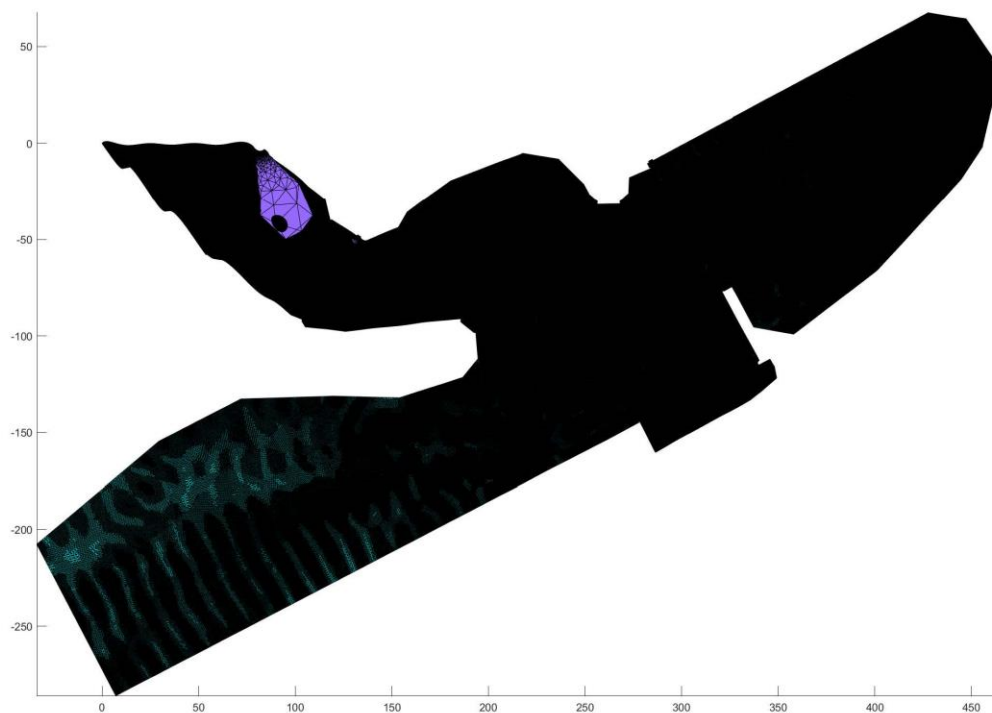
Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

b. Condizione al contorno relativa alla forzante del moto ondoso (detta di Dirichelet) corrispondente al moto ondoso incidente sul porto ed applicata in prossimità dell'imboccatura portuale.

I coefficienti di assorbimento/riflessione sono calcolati nell'ambito della simulazione in base alle caratteristiche del contorno ed in base alle onde incidenti;

S'illustra di seguito la discretizzazione del dominio di calcolo:

FIGURA N°5: esempio mesh di calcolo



Si simula un reticolo a maglie triangolari (triangoli quasi - equilateri). Per limitare l'errore numerico al di sotto della soglia del 3%, la densità dei triangoli aumenta di conseguenza in alcune zone portuali. Si noti la mesh di calcolo di esempio, riferita al libeccio con periodo di ritorno pari a 10 anni: il numero dei triangoli equilateri è superiore a 2 milioni circa.

Studio di Ingegneria Marittima
Ing. Giovanni SPISSU
 Via Puggia 23B - 16131 Genova
 Tel./Fax 010/8366648
 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
 Wave Trasport Evolution Programm



Giugno 2021

Eseguito da:

Pagina 8/18

Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>


1.1 Condizioni meteomarine in corrispondenza dell'imboccatura del porto

Per la valutazione dell'altezza d'onda di agitazione interna al porto, si prende in considerazione la seguente tabella di riferimento, ove sono raccolti i seguenti stati del mare sulla profondità infinita:

Eventi su prof. Infinita						
Periodo di ritorno	Traversia di Libeccio [Dir. Media 225°N]		Traversia di Libeccio [Dir. Media 195°N]		Traversia di Scirocco [Dir. Media 225°N]	
	T_R (y)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)
1	3.8	8.3			1.1	4.4
10	5.5	10.0			2.2	6.3
50			6.7	11.0	2.9	7.2

Di seguito si mostra la stessa tabella ove sono raccolti gli stati del mare riferiti ad eventi frequenti sull'imboccatura portuale (profondità 10 m circa), che sono stati impiegati per l'implementazione numerica del modello di agitazione interna (vedi anche relazione meteomarina):

Eventi su prof. finita: imboccatura del porto (h=12 m)						
Periodo di ritorno	Traversia di Libeccio [Dir. Media 225°N]		Traversia di Libeccio [Dir. Media 195°N]		Traversia di Scirocco [Dir. Media 225°N]	
	T_R (y)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)
1	2.5	8.3			1.0	4.4
10	3.5	10.0			1.8	6.3
50			4.2	11.0	2.5	7.2

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 9/18	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

Gli stati del mare raccolti nelle due tabelle sopra sono i più sfavorevoli. In particolare, per la profondità di 12 m, confrontando la traversia di libeccio, con la traversia di mezzogiorno, per gli stati di mare più frequenti si ha che:


a. Traversia di Libeccio:

- Periodo di ritorno pari ad 1 anni: $H_{mo} (m) = 3.8 - T_{mo} (s) = 8.3 s$
- Periodo di ritorno pari ad 5 anni: $H_{mo} (m) = 5.5 - T_{mo} (s) = 10 s$

b. Traversia di Mezzogiorno:

- Periodo di ritorno pari ad 1 anni: $H_{mo} (m) = 1.1 - T_{mo} (s) = 4.6 s$
- Periodo di ritorno pari ad 5 anni: $H_{mo} (m) = 1.7 - T_{mo} (s) = 6 s$

Si noti che le altezze ed i periodi d'onda per la traversia di libeccio sono molto più elevate di quelle per la traversia di mezzogiorno.

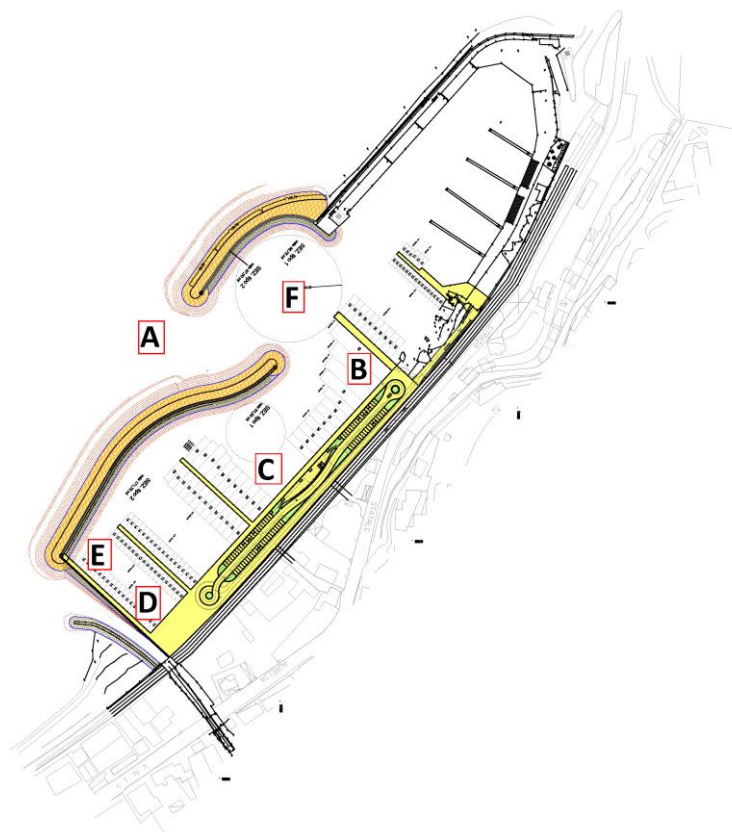
Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 10/18	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

1.2 Risultati delle simulazioni

I risultati della simulazione rappresentano i valori medi di agitazione ondosa nei punti di interesse e sono illustrati nel dettaglio in allegato n°1. Di seguito s'illustra un breve riassunto degli stessi per ambedue le traversie:

FIGURA N°6: Riepilogo risultati



Condizioni d'onda						Imboccatura-canal di entrata		Banchine interne			
Traversia	Periolo di ritorno	Altezza d'onda prof. Inf.	Periolo d'onda	Altezza d'onda forzante modello	Profondità media forzante modello	Agitazione Can. Entrata Punto A	Agitazione Can. Entrata Punto F	Agitazione banchina Punto B	Agitazione banchina Punto C	Agitazione banchina Punto D	Agitazione banchina Punto E
[]	[]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Libeccio	1y	3,8	8,3	2,5	12	1,0	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Libeccio	10 y	5,5	10,0	3,5	12	1,6	0,9	0,5	0,2	0,2	0,2
Libeccio	50 y	6,7	11,0	4,2	12	2,3	1,2	0,9	0,3	0,3	0,3
Scirocco	1y	1,1	4,4	1,0	12	1,1	0,3	0,25	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	10 y	2,2	6,3	1,8	12	1,7	0,6	0,3	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	50 y	2,9	7,2	2,5	12	2,0	0,8	0,4	<0,2	<0,1	<0,1

Studio di Ingegneria Marittima
Ing. Giovanni SPISSU
 Via Puggia 23B - 16131 Genova
 Tel./Fax 010/8366648
 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
 Wave Trasport Evolution Programm



Giugno 2021

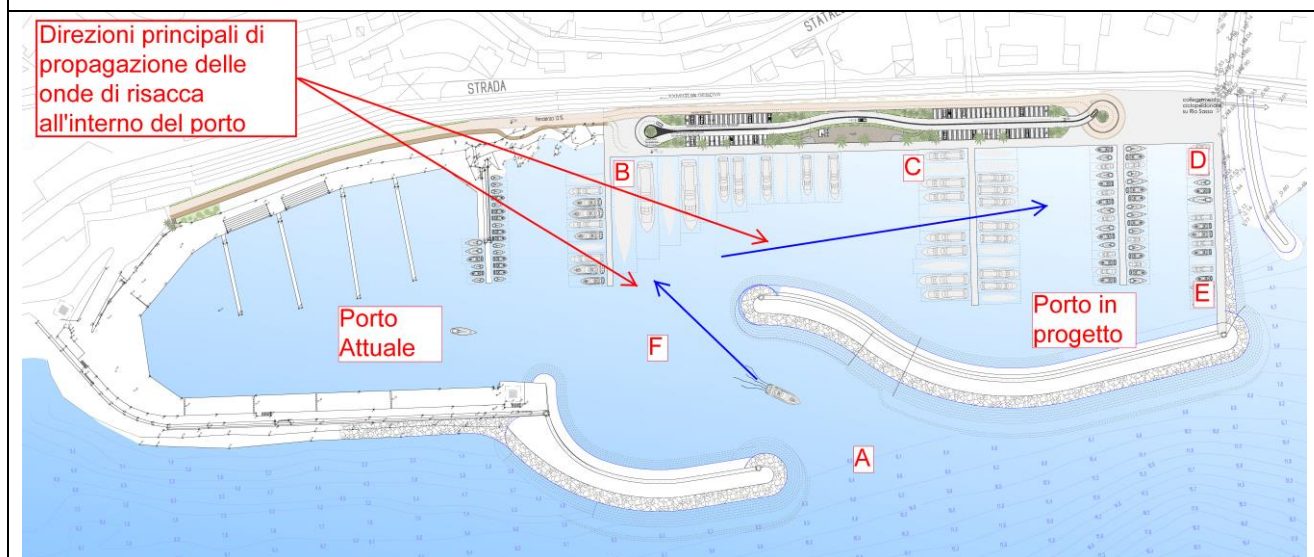
Eseguito da:

Pagina 11/18

Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

FIGURA N°7: Direzioni principali di propagazione delle onde di risacca



Si notino le due direzioni di penetrazione delle onde diffratte all'interno del porto: la direzione proveniente dall'imboccatura che punta la banchina "B" e la direzione che, dopo la diffrazione del molo sopraflutti punta verso le banchine "C", "D" ed "E".

Studio di Ingegneria Marittima
Ing. Giovanni SPISSU
 Via Puggia 23B - 16131 Genova
 Tel./Fax 010/8366648
 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
 Wave Trasport Evolution Programm



Giugno 2021

Eseguito da:

Pagina 12/18

Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

Al fine di verificare le condizioni di confort degli approdi in progetto, si prende in considerazione il seguente grafico relativo alla pubblicazione AIPCN-PIANC WG149 PART2 (2016):

FIGURA N°8: grafico agitazione ondosa limite raccomandazioni AIPCN-PIANC - WG149

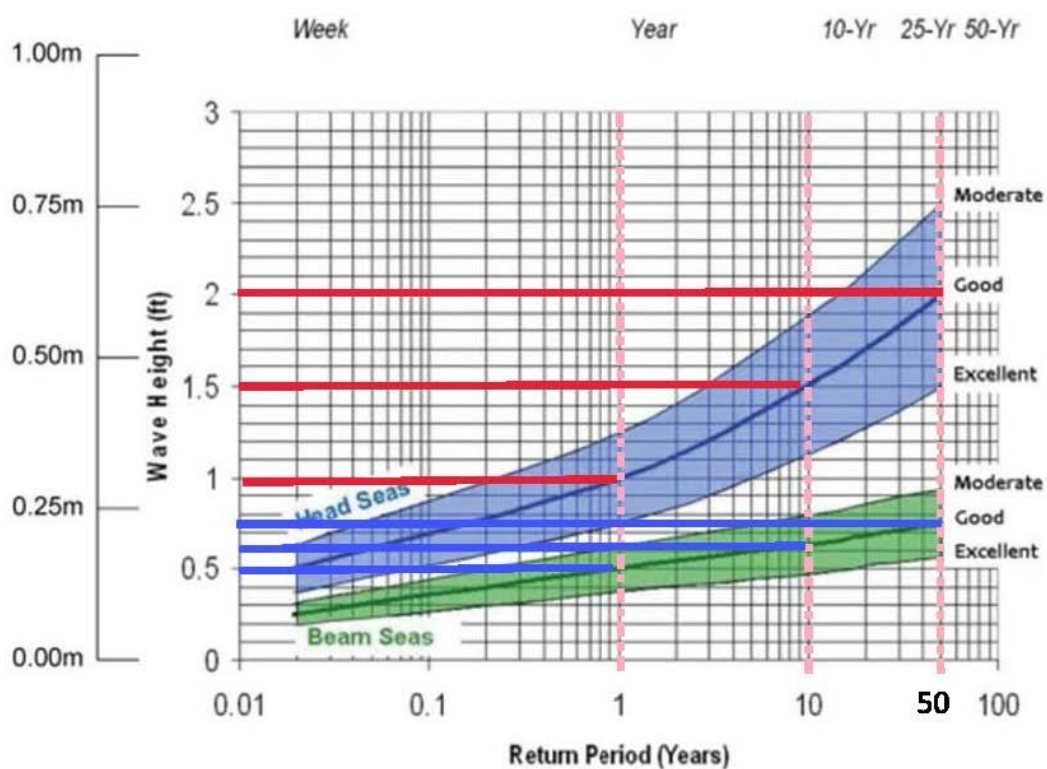



Figure 1 Tolerance for harbour tranquillity criteria for a range of return periods of head and beam seas (ASCE, 2012)

In generale, il grafico mette in relazione il periodo di ritorno con l'onda incidente, riferita alla parte laterale/testata dell'imbarcazione, per una fascia di tolleranza definita tra un clima moderato, buono ed eccellente del comfort.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021	Eseguito da:	
Pagina 13/18	Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

La tabella seguente mostra i valori limite dell'agitazione interna per i vari periodi di ritorno considerati, in riferimento all'orientamento delle imbarcazioni, ed in riferimento alla condizione Good e Moderate:

FIGURA N°9: valori limite agitazione ondosa raccomandazioni AIPCN-PIANC - WG149

Val. Racc. Good Beam	Val. Racc. Moderate Beam	Val. Racc. Good Head	Val. Racc. Moderate Head
Agitazione limite banchine	Agitazione limite banchine	Agitazione limite banchine	Agitazione limite banchine
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
15	30	30	37
18	21	46	58
23	29	61	76
15	30	30	37
18	21	46	58
23	29	61	76

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 14/18	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:


La tabella seguente mostra i valori dell'agitazione interna risultanti dalla simulazione numerica, e relativi ai vari punti indicati nella planimetria di riferimento di cui ai paragrafi seguenti:

FIGURA N°10: valori limite agitazione ondosa raccomandazioni AIPCN-PIANC - WG149

Condizioni d'onda						Imboccatura-canale di entrata		Banchine interne			
Traversia	Periodo di ritorno	Altezza d'onda prof. Inf.	Periodo d'onda	Altezza d'onda forzante modello	Profondità media forzante modello	Agitazione Can. Entrata Punto A	Agitazione Can. Entrata Punto F	Agitazione banchina Punto B	Agitazione banchina Punto C	Agitazione banchina Punto D	Agitazione banchina Punto E
[]	[]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Libeccio	1y	3,8	8,3	2,5	12	1,0	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Libeccio	10 y	5,5	10,0	3,5	12	1,6	0,9	0,5	0,2	0,2	0,2
Libeccio	50 y	6,7	11,0	4,2	12	2,3	1,2	0,9	0,3	0,3	0,3
Scirocco	1y	1,1	4,4	1,0	12	1,1	0,3	0,25	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	10 y	2,2	6,3	1,8	12	1,7	0,6	0,3	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	50 y	2,9	7,2	2,5	12	2,0	0,8	0,4	<0,2	<0,1	<0,1

I risultati del modello, riferiti alla configurazione simulata (si vedano anche gli allegati) mettono in evidenza alcuni aspetti di rilievo con espresso riferimento ai punti di indagine individuati nella figura sopra:

- I punti n°A ed F si trova in corrispondenza dell'imboccatura portuale e dunque le risultanze ottenute rispecchiano l'altezza d'onda della forzante del modello (fronte d'onda incidente). I valori di agitazione interna risultano relativamente elevati per tutti periodi di ritorno in base all'onda incidente;
- I punti C,D,E (Banchine interne), presentano attracchi delle imbarcazioni con orientamento "Beam", e cioè trasversale rispetto all'asse longitudinale delle imbarcazioni. Essi presentano valori di agitazione ondosa che decrescono in maniera significativa verso ponente ed in direzione opposta all'imboccatura portuale. Tali valori sono sempre compresi nei valori di agitazione ondosa limite proposte nelle guida AIPCN del 2016 ;

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 15/18	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

c. Nel punto B (Banchine interne), le imbarcazioni sono orientate in senso “head”, cioè l’onda diffratta si propaga verso la prua delle imbarcazioni. In dettaglio i valori di agitazione ondosa sono i seguenti:

- Periodo di ritorno pari ad 1 anno: inferiori al valore limite per la condizione “Good”;
- Periodo di ritorno pari a 10 anni: inferiori al valore limite per la condizione “Moderate” (Agitazione ondosa media pari a 50 cm – Valore limite pari a 58 cm);
- Periodo di ritorno pari a 50 anni: leggermente superiori al valore limite per la condizione “Moderate” (Agitazione ondosa media pari a 90 cm – Valore limite pari a 76 cm);

Nella posizione B le imbarcazioni verranno ormeggiate con particolare cura. In tale posizione considerando che, le imbarcazioni si ormeggeranno con l’asse principale (longitudinale) sia parallelo alla direzione media di propagazione delle onde verso la banchina (ormeggio “head”), si procederà anche con un sistema di ormeggio tipo finger laterale. Per le caratteristiche di tale ormeggio si veda il paragrafo 1.4.

In ultimo si rileva che gli stati di mare di libeccio provocano valori di agitazione interna portuale, in corrispondenza delle banchine, più elevati rispetto agli stati di mare di scirocco.

1.3 Considerazioni preliminari sugli approdi

I valori delle agitazioni ondose in corrispondenza degli approdi in progetto sono in media contenuti nelle condizioni di comfort e sicurezza e condizioni limite. Valutazioni circa i fenomeni di risonanza del moto ondoso, specie per le onde di periodo più alto (periodi di ritorno pari a 5 e 50 anni), verranno eseguite nella successiva fase di progettazione.

Per abbattere gli effetti ondulatori delle onde di risacca di periodo alto, le banchine del porto verranno realizzate con tipologia assorbente, in modo da limitare al massimo le riflessioni delle onde di risacca (ed anche delle onde generate dal vento).

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 16/18	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

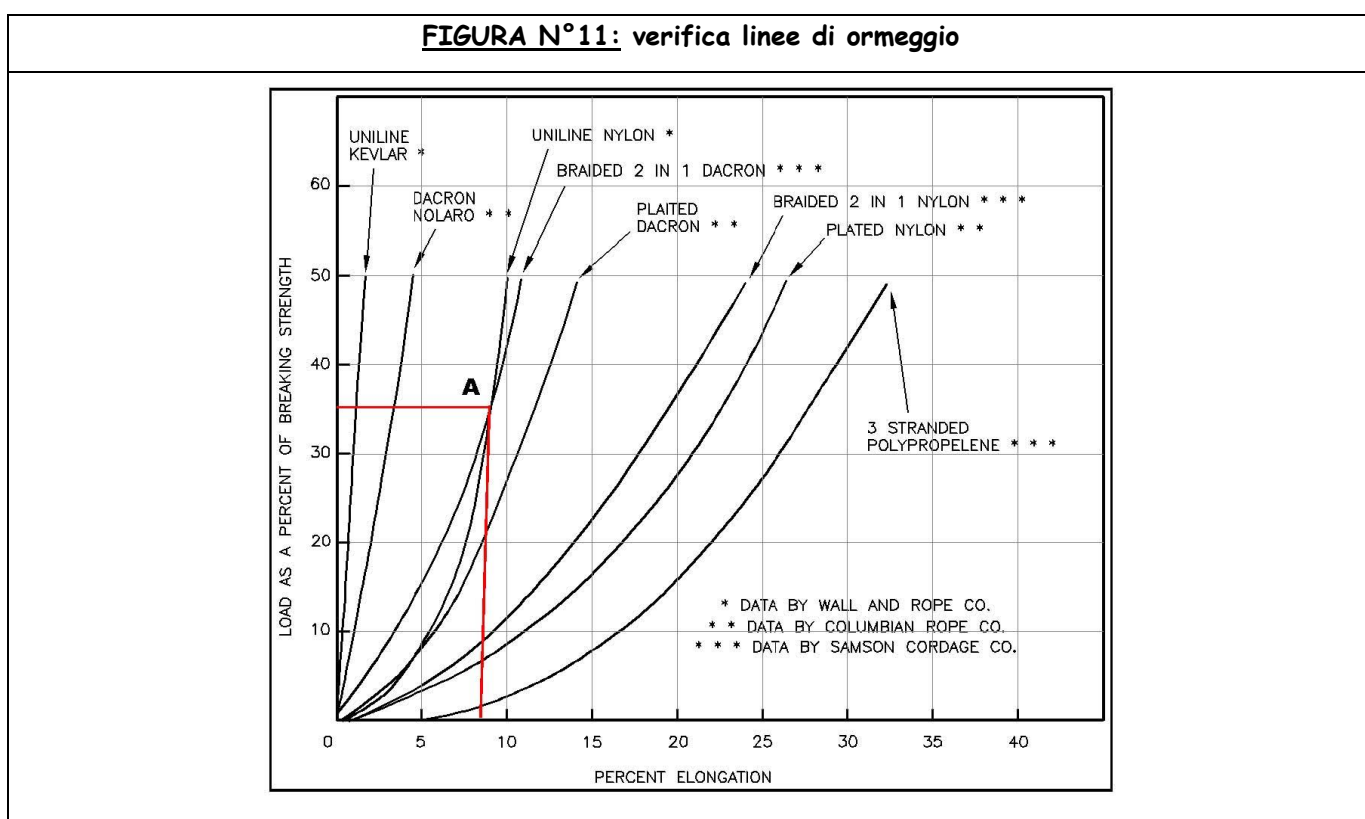
Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

1.4 Considerazioni preliminari sugli ormeggi


Relativamente al sistema di ormeggio delle imbarcazioni, si è optato nel seguente modo:

- Banchina fronte imboccatura (punto B): ormeggi longitudinali con finger laterale;
- Banchine interne (punti C,D,E): ormeggi classici a catenaria o simili.

Per il calcolo di verifica delle linee di ormeggio del punto B, sottoposti agli sforzi dovuti ai fenomeni di risacca del moto ondos, sono state effettuate le verifiche di calcolo idrodinamico preliminare, per determinare i carichi agenti sulle linee di ormeggio. La figura seguente mostra il diagramma di verifica impiegato per cime di ormeggio in nylon/poliestere:



Il punto di lavoro del cavo impiegato (uniline Nylon), nelle condizioni di massima risacca è il punto A del diagramma. Il carico è stato calcolato in una percentuale del 35% rispetto alla resistenza di rottura e la relativa percentuale di elongazione del cavo risulta inferiore al 10% **(valore ammissibile rispetto al cavo prescelto)**. Ulteriori approfondimenti potranno essere sviluppati nelle successive fasi di progettazione.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm WaveTransportEvolutionProgramm 
Giugno 2021	Eseguito da:	
Pagina 17/18	Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

2. Conclusioni

Il presente studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del porto è volto alla determinazione dell'agitazione ondosa interna portuale.

I parametri di riferimento dei valori di agitazione interna sono stati ricavati dalle raccomandazioni AIPCN/PIANC raccolte nella recente pubblicazione WG149 del 2016. Nelle precedenti consegne del progetto, il riferimento delle condizioni limite di risacca era stato ricavato dalla pubblicazione del 2003 ("raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici"). La nuova pubblicazione PIANC utilizzata in questa sede, presenta le fasce limite di risacca riferite anche all'orientamento delle imbarcazioni rispetto alle direzioni delle onde incidenti sulle stesse, e valori di confort riferiti alle condizioni "Good" e "Moderate", che permettono di individuare meglio le zone del porto con maggiori o minori condizioni di "benessere di approdo", e considerare le opportune misure di ormeggio.

Per quanto riguarda le aree di stazionamento delle imbarcazioni all'interno del porto, i valori di agitazione interna ricavati risultano in generale compatibili con i valori raccomandati dalle suddette raccomandazioni. Inoltre, sulla base dei valori di agitazione interna sono stati proposti sistemi di ormeggio idonei a contenere i fenomeni dovuti agli effetti della risacca. In particolare per la banchina centrale (punto B), sono stati proposti ormeggi longitudinali con finger laterale, mentre per gli altri ormeggi sono stati proposti ormeggi classici a catenaria o simili, dotati di adeguate linee di ormeggio.

Inoltre, per abbattere gli effetti ondulatori delle onde di risacca di periodo alto, le banchine del porto verranno realizzate con tipologia assorbente, in modo da limitare al massimo le riflessioni delle onde di risacca (ed anche delle onde generate dal vento).

Uno specifico studio sull'efficienza delle banchine in relazione all'assorbimento della risacca verrà effettuato nelle successive fasi di progettazione.

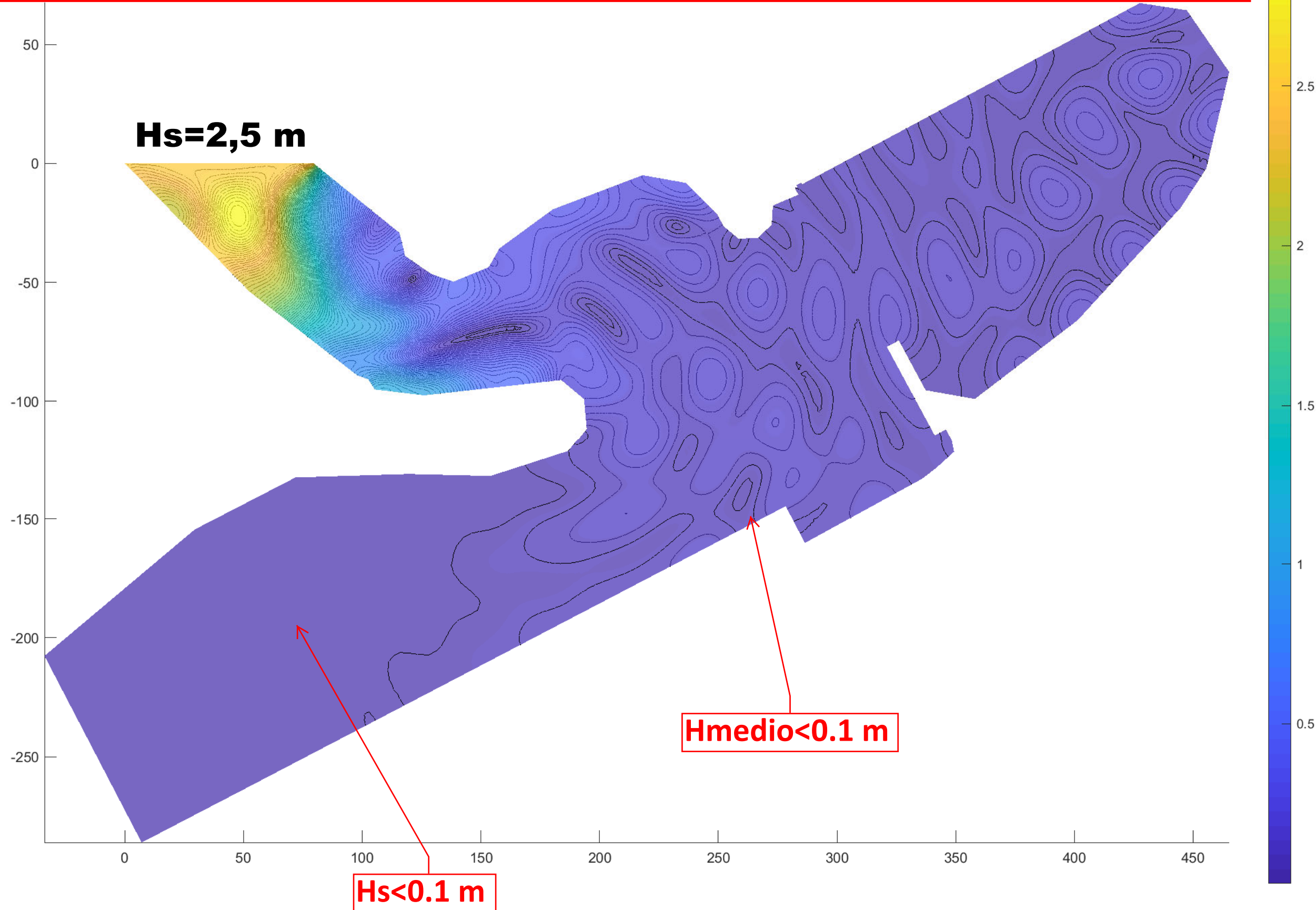
Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021	<i>Eseguito da:</i>	
Pagina 18/18	Ing. Giovanni SPISSU	



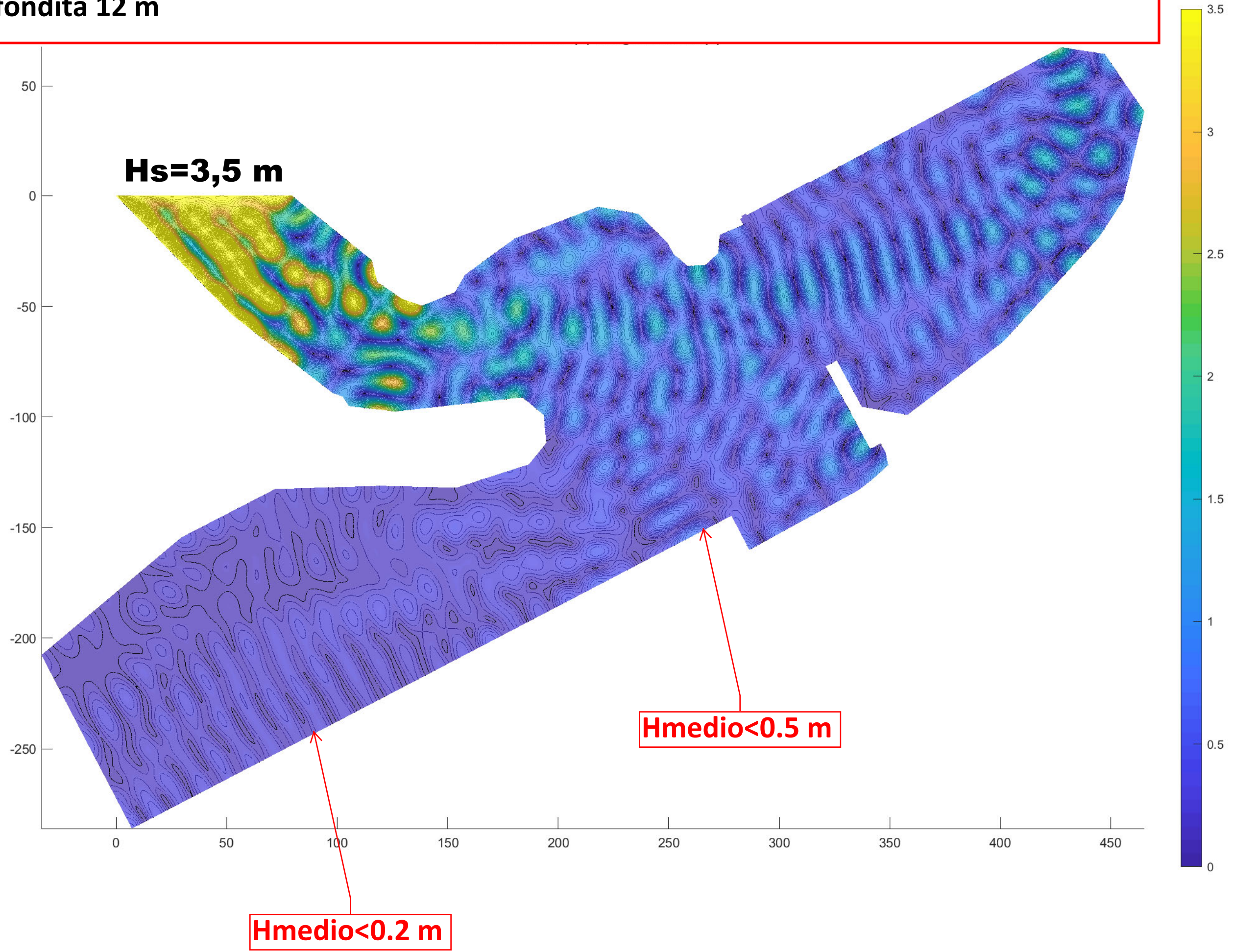
Configurazione modellata e riepilogo risultati

Condizioni d'onda						Imboccatura-canale di entrata		Banchine interne			
Traversia	Periodo di ritorno	Altezza d'onda prof. Inf.	Periodo d'onda	Altezza d'onda forzante modello	Profondità media forzante modello	Agitazione Can. Entrata Punto A	Agitazione Can. Entrata Punto F	Agitazione banchina Punto B	Agitazione banchina Punto C	Agitazione banchina Punto D	Agitazione banchina Punto E
[]	[]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Libeccio	1y	3,8	8,3	2,5	12	1,0	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Libeccio	10 y	5,5	10,0	3,5	12	1,6	0,9	0,5	0,2	0,2	0,2
Libeccio	50 y	6,7	11,0	4,2	12	2,3	1,2	0,9	0,3	0,3	0,3
Scirocco	1y	1,1	4,4	1,0	12	1,1	0,3	0,25	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	10 y	2,2	6,3	1,8	12	1,7	0,6	0,3	<0,1	<0,1	<0,1
Scirocco	50 y	2,9	7,2	2,5	12	2,0	0,8	0,4	<0,2	<0,1	<0,1

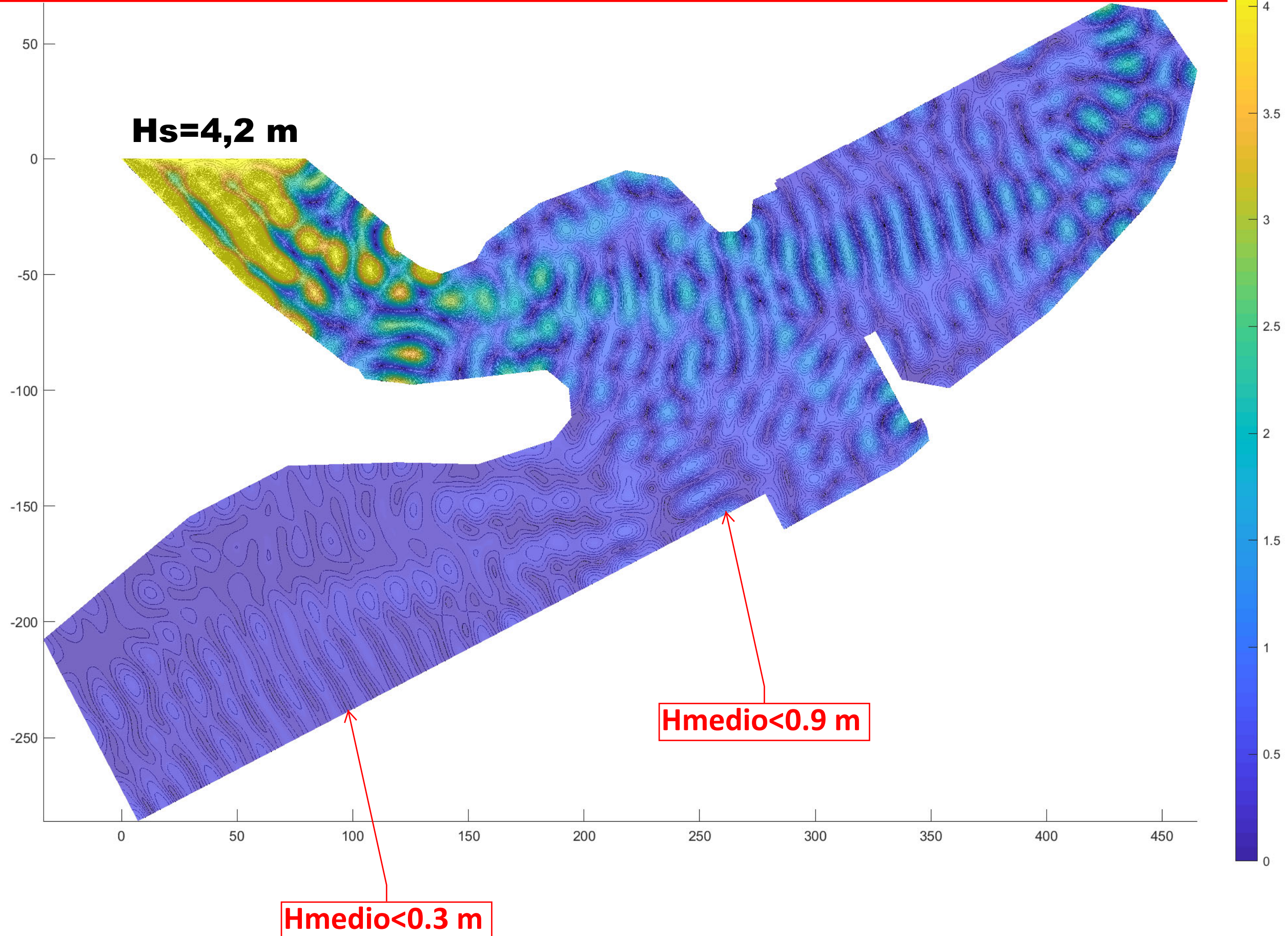
Traversia Libeccio - Periodo d'onda 8.3 s - Periodo di ritorno 1y
Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=3,8$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=2,5$ m
Profondità 12 m



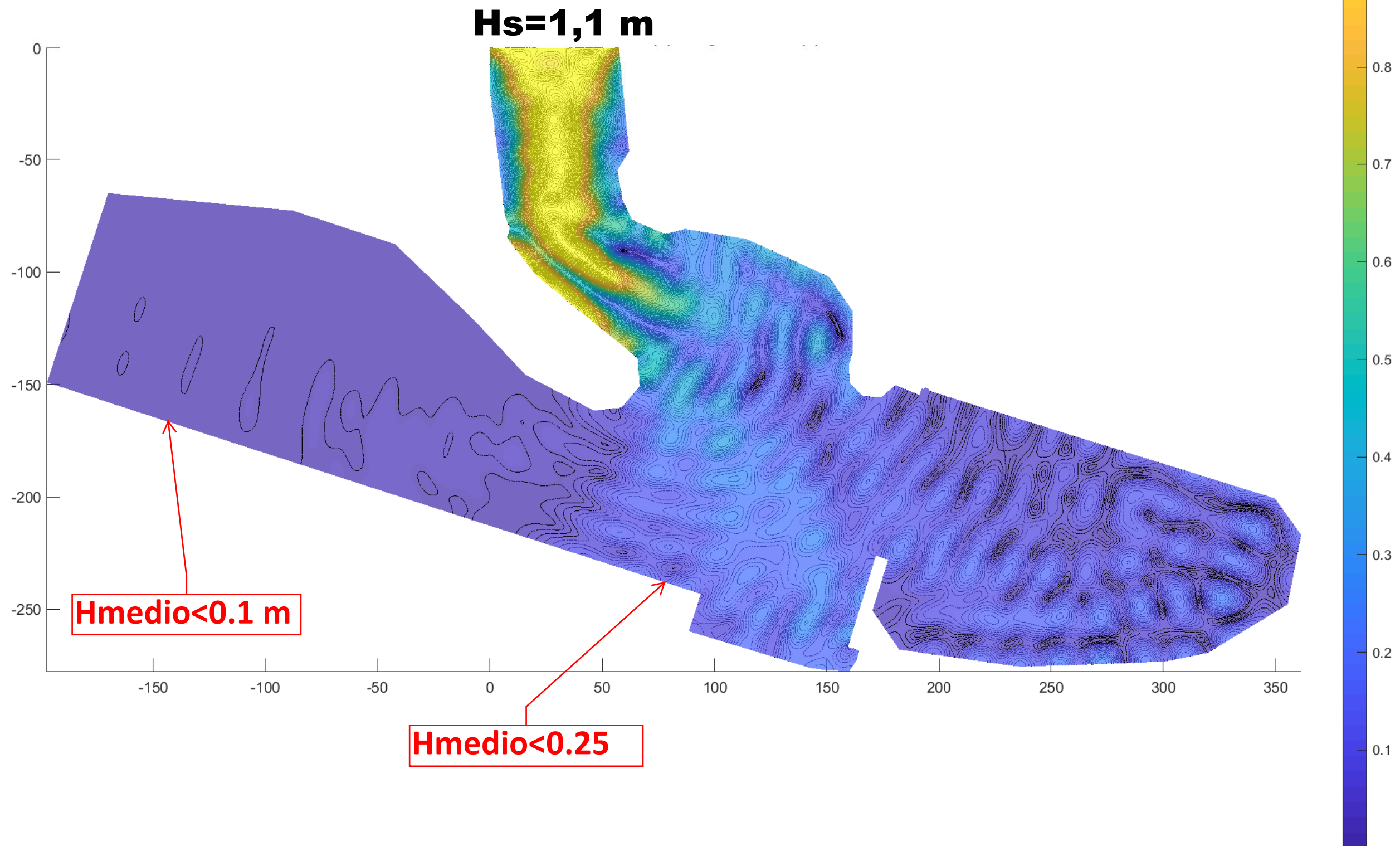
Traversia Libeccio - Periodo d'onda 10 s - Periodo di ritorno 10y
Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=5,5$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=3,5$ m
Profondità 12 m



Traversia Libeccio - Periodo d'onda 11 s - Periodo di ritorno 50y
Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=6,7$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=4,2$ m
Profondità 12 m



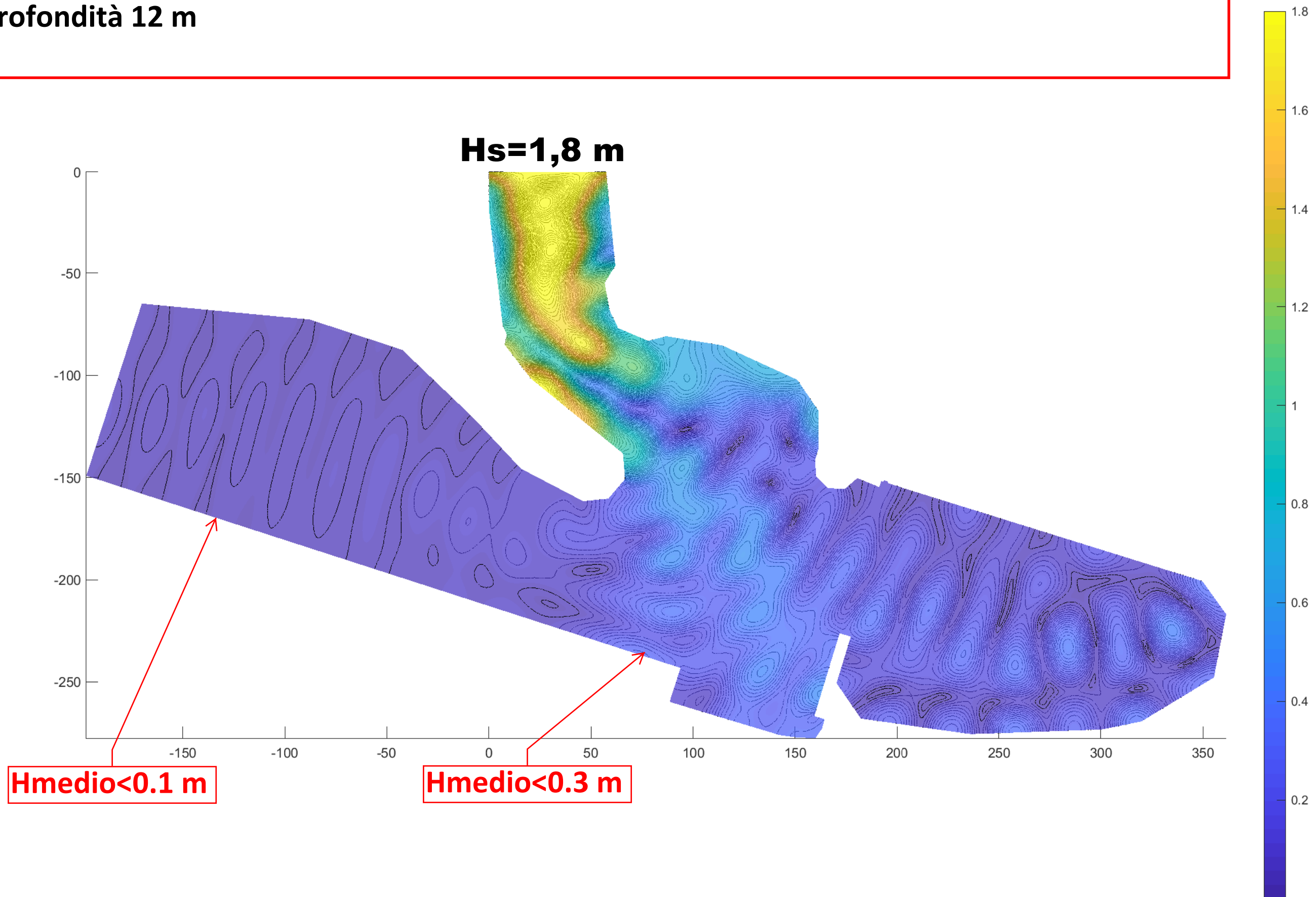
Traversia Scirocco - Periodo d'onda 4.4 s - Periodo di ritorno 1y
Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=1,1$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=1,1$ m
Profondità 12 m



Traversia Scirocco - Periodo d'onda 6.3 s - Periodo di ritorno 10y

Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=2,2$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=2,2$ m

Profondità 12 m



Traversia Scirocco - Periodo d'onda 7.2 s - Periodo di ritorno 50y
Altezza d'onda Prof. Infinita $H_s=2,9$ m - Altezza d'onda forzante del modello $H_s=2,9$ m
Profondità 12 m

