



COMUNE DI RIPOSTO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO
DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE.
MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO



DATA:

06-07-2017

SEZIONE:

D: STUDI SPECIALISTICI E MODELLAZIONI

ELAB./TAV.:

D.01

OGGETTO:

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

PROGETTAZIONE:



PROGETTISTA:

Ing. Antonino SUTERA

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Giuseppe BERNARDO
Ing. Massimo TONDELLO
Ing. Roberta Chiara DE CLARIO

Certified by Bureau Veritas Italia S.p.A.

ISO 9001:2008

ISO 14001:2004

Sistema di Gestione Qualità

Sistema di Gestione Ambientale

ASSOCIATO



Associazione delle organizzazioni di ingegneria
di architettura e di consulenza tecnico-economica

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE

R.U.P.:

Arch. Salvatore CALÌ

VISTI/APPROVAZIONI:

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

INDICE

1	PREMESSA	6
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
	2.1 <i>FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACI</i>	9
3	REGIME DELLE MAREE	11
4	REGIME ANEMOLOGICO	13
5	CLIMA ONDOSO AL LARGO	15
6	STATISTICA DIREZIONALE DEGLI EVENTI ESTREMI AL LARGO	19
	6.1 <i>ALTEZZE D'ONDA SIGNIFICATIVE MASSIME</i>	19
	6.2 <i>STATISTICA DIREZIONALE DEGLI EVENTI ESTREMI</i>	23
7	ANALISI DEI FENOMENI DI PENETRAZIONE E RISONANZA IN CONFIGURAZIONE ATTUALE	25
	7.1 <i>DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO CGWAVE</i>	25
	7.1.1 <i>Caratteristiche generali di CGWAVE</i>	25
	7.1.2 <i>Cenni sulle formulazioni di CGWAVE</i>	26
	7.1.3 <i>Condizioni al contorno</i>	27
	7.2 <i>SETTAGGIO DEL MODELLO</i>	29
	7.2.1 <i>Coefficienti di riflessione degli elementi del dominio</i>	30
	7.2.2 <i>Caratteristiche delle mareggiate analizzate</i>	32
	7.3 <i>ANALISI DELLA PENETRAZIONE E DELLA RISONANZA</i>	33
	7.4 <i>ANALISI DELLA PENETRAZIONE IN ASSENZA DI RIFLESSIONE</i>	45
8	ANALISI DELLE POSSIBILI SOLUZIONI PROGETTUALI	47
	8.1 <i>SOLUZIONI PROGETTUALI ANALIZZATE</i>	48
	8.2 <i>AGITAZIONE INTERNA PER LE DIVERSE SOLUZIONI PROGETTUALI</i>	50
9	VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE INTERNA PER LE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE	55

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

9.1	<i>MAREGGIATE ANALIZZATE</i>	55
9.2	<i>VERIFICA DELLE CONDIZIONE DI AGITAZIONE ONDOSA</i>	57
9.2.1	<i>Penetrazione del moto ondoso e agitazione ondosa</i>	57
9.2.2	<i>Verifica delle condizioni di agitazione interna al porto con riferimento alle linee guida degli Australian Standard (AS3962)</i>	62

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 Inquadramento geografico del paraggio: settore caratteristico di traversia (a sinistra) e immagine satellitare del porto (a destra)	8
Figura 2-2 Fetch geografici per il paraggio di Riposto	9
Figura 2-3 Fetch efficaci per il paraggio di Riposto	10
Figura 3-1 Mareografo RMN (Catania)	11
Figura 3-2 Andamento dei livelli di marea (dati RMN) nel periodo gennaio 1999 – dicembre 2016	12
Figura 4-1 Percentuale di apparizione annuale dei venti per il paraggio in esame nel periodo 1961-1990 (stazione di Catania-Fontanarossa)	14
Figura 5-1 Serie storica del moto ondoso registrato dalla boa di Catania	15
Figura 5-2 Rosa delle registrazioni al largo	17
Figura 5-3 Rosa delle energie al largo	18
Figura 5-4 Rosa delle altezze massime al largo	18
Figura 6-1 Altezze d'onda significativa massime delle mareggiate soprasoglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 45°N.	20
Figura 6-2 Altezze d'onda significativa massime delle mareggiate soprasoglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 67.5°N.	20
Figura 6-3 Altezze d'onda significativa massime delle mareggiate soprasoglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 90°N.	21
Figura 6-4 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 33.75° - 56.25° N (direzione media 45° N)	24
Figura 6-5 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 56.25° - 78.75° N (direzione media 67.5° N)	24
Figura 6-6 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 78.75° - 101.25° N (direzione media 90° N)	24
Figura 7-1 Condizione al contorno nel modello	28
Figura 7-2 Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondoso e della risonanza in configurazione attuale	29
Figura 7-3 Particolare della mesh di calcolo in prossimità e all'interno del porto	30
Figura 7-4 Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione interna	31
Figura 7-5 Risultati delle simulazioni in termini di altezza d'onda massima all'interno del primo bacino	33
Figura 7-6 TEST 1 – T = 6 s: andamento delle creste	34
Figura 7-7 TEST 1 – T = 6 s: agitazione ondosa all'interno del porto	34
Figura 7-8 TEST 2 – T = 7 s: andamento delle creste	35
Figura 7-9 TEST 2 – T = 7 s: agitazione ondosa all'interno del porto	35
Figura 7-10 TEST 3 – T = 8 s: andamento delle creste	36
Figura 7-11 TEST 3 – T = 8 s: agitazione ondosa all'interno del porto	36
Figura 7-12 TEST 4 – T = 9 s: andamento delle creste	37
Figura 7-13 TEST 4 – T = 9 s: agitazione ondosa all'interno del porto	37
Figura 7-14 TEST 5 – T = 10 s: andamento delle creste	38
Figura 7-15 TEST 5 – T = 10 s: agitazione ondosa all'interno del porto	38
Figura 7-16 TEST 6 – T = 11 s: andamento delle creste	39
Figura 7-17 TEST 6 – T = 11 s: agitazione ondosa all'interno del porto	39
Figura 7-18 TEST 7 – T = 12 s: andamento delle creste	40
Figura 7-19 TEST 7 – T = 12 s: agitazione ondosa all'interno del porto	40

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

Figura 7-20 TEST 8 – T = 13 s: andamento delle creste	41
Figura 7-21 TEST 8 – T = 13 s: agitazione ondosa all'interno del porto	41
Figura 7-22 TEST 9 – T = 14 s: andamento delle creste	42
Figura 7-23 TEST 9 – T = 14 s: agitazione ondosa all'interno del porto	42
Figura 7-24 TEST 10 – T = 15 s: andamento delle creste	43
Figura 7-25 TEST 10 – T = 15 s: agitazione ondosa all'interno del porto	43
Figura 7-26 TEST 11 – T = 16 s: andamento delle creste	44
Figura 7-27 TEST 11 – T = 16 s: agitazione ondosa all'interno del porto	44
Figura 7-28 TEST 7 bis – T = 12 s: andamento delle creste	45
Figura 7-29 TEST 7 bis– T = 7 s: penetrazione ondosa all'interno del porto in assenza di riflessione	46
Figura 8-1 Soluzioni che prevedono modifiche al layout planimetrico	47
Figura 8-2 Soluzioni progettuali analizzate	49
Figura 8-3 Risultati delle simulazioni in termini di altezza d'onda massima all'interno del primo bacino per le diverse configurazioni analizzate	50
Figura 8-4 Agitazione interna in configurazione attuale	51
Figura 8-5 Agitazione interna per soluzione 1: Pennello sulla testata del molo di ridosso	51
Figura 8-6 Agitazione interna in configurazione attuale	52
Figura 8-7 Agitazione interna per soluzione 2: scogliera su Banchina Grasso	52
Figura 8-8 Agitazione interna in configurazione attuale	53
Figura 8-9 Agitazione interna per soluzione 3: scogliera su Molo Rapisarda	53
Figura 8-10 Agitazione interna in configurazione attuale	54
Figura 8-11 Agitazione interna per soluzione 4: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	54
Figura 9-1 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	58
Figura 9-2 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	58
Figura 9-3 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	59
Figura 9-4 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	59
Figura 9-5 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	60
Figura 9-6 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	60
Figura 9-7 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	61
Figura 9-8 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	61
Figura 9-9 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ – Verifica condizioni ordinarie per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	63
Figura 9-10 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni ordinarie per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	63
Figura 9-11 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni limite per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	64
Figura 9-12 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P=12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni limite per	

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	64
Figura 9-13 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P=8$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni ordinarie per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	65
Figura 9-14 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P=8$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni ordinarie per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	65
Figura 9-15 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P=12$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni limite per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso	66
Figura 9-16 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P=12$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni limite per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda	66

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1 Frequenza delle osservazioni (dati ENAV) della velocità del vento (1961-1990)	13
Tabella 5-1 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d'onda e per classe di direzione	16
Tabella 5-2 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d'onda e per classe di periodo di picco	17
Tabella 6-1 Valori di soglia di altezza d'onda significativa utilizzati per la determinazione delle onde significative massime.	19
Tabella 6-2 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d'onda e per classe di periodo di picco	21
Tabella 6-3 Parametri impiegati e parametri ottenuti con il metodo di Weibull	23
Tabella 6-4 Risultati statistica degli estremi con il metodo di Weibull	23
Tabella 7-1 Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore	31
Tabella 7-2 Caratteristiche dei test utilizzati per lo studio	32
Tabella 9-1 Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio	56

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

1 PREMESSA

Nella presente relazione tecnica viene riportato lo studio idraulico marittimo, redatto a supporto della Progettazione Definitiva-Esecutiva delle “Opere complementari per la protezione dello specchio acqueo del I° bacino del Porto Turistico di Riposto”.

Il primo bacino del porto turistico di Riposto presenta gravi problemi di agitazione interna. L'eccessiva agitazione interna si è verificata più volte nel corso della pur breve vita del primo bacino, e non può quindi essere definita una circostanza eccezionale.

Le testimonianze fornite in loco hanno evidenziato che i fenomeni di agitazione interna sono particolarmente evidenti in condizioni di onda lunga (periodo elevato e moto ondoso regolare); questa circostanza, unita alle evidenze riscontrate durante il sopralluogo effettuato in data 20/04/2017, ha posto l'attenzione sulla possibilità che all'interno del porto di Riposto si possano verificare rilevanti fenomeni di risonanza per particolari valori del periodo delle onde. La presenza di fenomeni di risonanza è normalmente controllata sia attraverso la protezione del bacino (ma in questo caso il bacino sembra sufficientemente protetto) che attraverso l'introduzione di elementi antiriflettenti all'interno del bacino stesso.

Nel caso del porto di Riposto, e in particolare del primo bacino e del primo bacino di evoluzione, il contorno degli specchi acquei è interamente caratterizzato dalla presenza di banchine a parete verticale, di cui solo una antiriflettente (lato esterno del molo di ridosso); vi sono peraltro parecchi dubbi sulla reale efficacia del sistema antiriflettente, dal momento che le aperture delle celle antirisacca sono quasi interamente sommerse.

Vale la pena di evidenziare, infine, che il bacino portuale è pure caratterizzato da profondità relativamente elevate, che non contribuiscono certo alla dissipazione dell'energia del moto ondoso che penetra all'interno del porto.

Per l'analisi del problema della eccessiva agitazione interna si è fatto riferimento, in primo luogo, agli studi pregressi, eseguiti per conto del Comune di Riposto a corredo della progettazione esecutiva; tali studi riportano un'approfondita analisi del clima meteomarinario ed una serie di simulazioni numeriche dell'agitazione interna, utilizzando un modello tipo Boussinesq forzato da mareggiate aventi diversi tempi di ritorno e direzioni di provenienza.

Pur ritenendo sostanzialmente valide le analisi finora condotte, per quanto esposto sopra, si è ritenuto di procedere all'esecuzione di una ulteriore serie di simulazioni numeriche finalizzate allo studio dei fenomeni di penetrazione e risonanza del moto ondoso nel bacino; si tratta di analisi normalmente omesse nella progettazione, ma che possono rivelarsi particolarmente interessanti quando, come in questo caso, vi sono tutte le circostanze favorevoli all'instaurarsi del fenomeno.

Lo studio è stato condotto con l'ausilio di un idoneo modello matematico (CGWAVE) in grado di simulare la propagazione e la penetrazione del moto ondoso all'interno del porto, tenendo conto dei fenomeni di rifrazione, diffrazione e riflessione.

I dati di base impiegati per lo studio sono stati ricavati a partire dai dati riportati nello

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

“Studio Idraulico-Marittimo finalizzato alla caratterizzazione del clima al largo del Porto di Riposto e all’agitazione del moto ondoso all’interno del primo bacino del porto turistico”, redatto a corredo del progetto esecutivo.

La redazione dello studio è stata articolata sviluppando i seguenti temi:

- inquadramento geografico del paraggio, fetches geografici ed efficaci;
- regime delle maree;
- regime anemologico;
- clima del moto ondoso al largo;
- statistica degli eventi stremi;
- analisi dei fenomeni di penetrazione e risonanza in configurazione attuale;
- analisi delle possibili soluzioni progettuali;
- verifica delle condizioni di agitazione ondosa per le soluzioni progettuali proposte.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio, collocata nel settore centrale del versante orientale della Sicilia, ricade nel territorio della provincia di Catania.

Il paraggio è caratterizzato da un settore di traversia costituito prevalentemente dai venti provenienti dal I e dal II quadrante. Nel dettaglio, il settore risulta limitato a Nord dalla configurazione geografica della costa siciliana e a Sud da Capo Secco, e può essere considerato compreso tra 30°N e 160°N (Figura 2-1, a sinistra).

L'area di interesse, rappresentata in Figura 2-1(a destra), è interna al porto di Riposto ed è costituita dal cosiddetto "primo bacino", delimitato a Nord dal molo di sottoflutto, ad Ovest dalla Banchina Grasso, a Sud dal Molo Rapisarda e ad Est dal molo di ridosso.



Figura 2-1 Inquadramento geografico del paraggio: settore caratteristico di traversia (a sinistra) e immagine satellitare del porto (a destra)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

2.1 Fetch geografici ed efficaci

I fetch geografici (ossia le cosiddette “lunghezze di mare libero”) al largo del paraggio, determinati in funzione dell’esposizione alla traversia, sono graficamente rappresentati nella successiva Figura 2-2. Si fa presente che la lunghezza massima del fetch è stata limitata a 600 km in quanto si ritiene che il “mare libero” oltre tale lunghezza non sia in grado di contribuire alla generazione del moto ondoso.

Per quanto concerne invece la determinazione dei fetch efficaci, è stata utilizzata la procedura proposta nello “Shore Protection Manual” (1984). La metodologia proposta consiste nel costruire, a partire dal punto di interesse, nove raggi con spaziatura 3° estesi fino ad incontrare la costa più prossima. Il fetch efficace, per ciascuna direzione, risulta dalla media aritmetica delle 9 lunghezze dei raggi così tracciati.



Figura 2-2 Fetch geografici per il paraggio di Riposto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

I risultati ottenuti da tale calcolo sono rappresentati graficamente nella seguente Figura 2-3. Si può notare che i massimi fetch corrispondono alle mareggiate provenienti da SE (Scirocco), per le quali il massimo fetch efficace è dell'ordine dei 600 km (circa 324 NM).

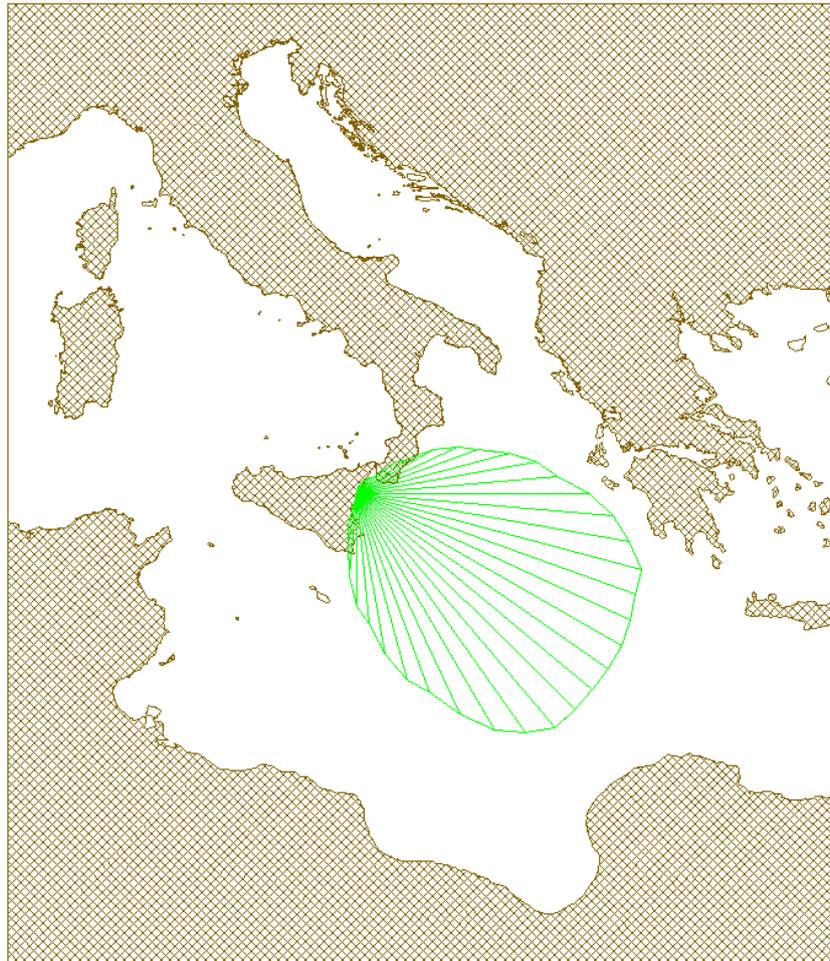


Figura 2-3 Fetch efficaci per il paraggio di Riposto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

3 REGIME DELLE MAREE

I dati di marea utilizzati nel presente studio sono stati scaricati dal sito dell'ISPRA (www.mareografico.it) e si riferiscono alla stazione RMN di Catania. Il mareografo (Figura 3-1), appartenente alla Rete Mareografica Nazionale, si trova nel Porto commerciale presso il genio civile opere marittime, in corrispondenza del punto di coordinate (Latitudine: $37^{\circ} 29' 44.42''$ – $15^{\circ} 05' 42.11''$).

I dati utilizzati, registrati ad intervalli orari, si riferiscono al periodo gennaio 1999 – dicembre 2016, con alcune lacune parziali (registrazioni mancanti).

La serie storica dei dati registrati dal mareografo è riportata in Figura 3-2. Le registrazioni sono state depurate dei dati mancanti. Dalla serie storica si può osservare che il livello di marea oscilla generalmente tra +0.40 e -0.20 m s.m.m., con eventi estremi che raggiungono valori pari a +0.50 e -0.40 m s.m.m..

I livelli di marea registrati sono riferiti allo zero dell'I.G.M..



Figura 3-1 Mareografo RMN (Catania)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

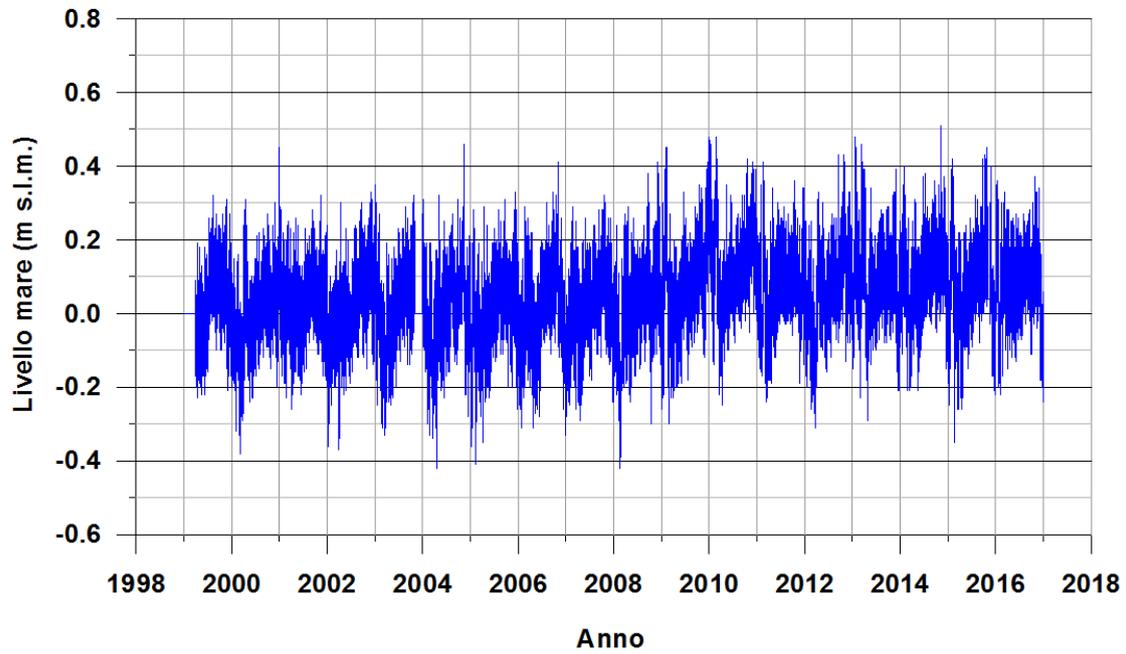


Figura 3-2 Andamento dei livelli di marea (dati RMN) nel periodo gennaio 1999 – dicembre 2016

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

4 REGIME ANEMOLOGICO

Per la descrizione del regime anemologico dell'area oggetto di studio si è fatto riferimento ai dati di vento riportati nello studio redatto a corredo del progetto esecutivo, richiamato in premessa. Si riporta di seguito un breve riepilogo di tali dati.

I dati si riferiscono alle misure effettuate nel periodo 1961–1990 presso l'Osservatorio di Catania-Fontanarossa gestito dall'ENAV (Ente Nazionale di Assistenza al Volo), posto a 16 m s.m.m., latitudine nord 37° 28' e longitudine (Monte Mario) 2° 37'E.

I dati indicano per ogni direzione principale della rosa dei venti, la frequenza di accadimento, la velocità media calcolata per ogni mese dell'anno, nonché la frequenza delle calme. La direzione dal quale il vento spira viene indicata con riferimento agli otto quadranti principali (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). La velocità viene attribuita alla direzione rilevata all'ora dell'osservazione. Nel caso in cui la velocità risulti inferiore ai 2 nodi o addirittura nulla, la modalità dell'osservazione viene classificata "calma". La misurazione del vento viene effettuata almeno ogni tre ore, pertanto la frequenza delle diverse modalità con cui il vento si manifesta viene espressa in base al numero effettivo delle osservazioni.

La distribuzione dei valori annui della velocità del vento sono raccolti e rappresentati nella Tabella 4-1 in cui, per ogni classe di velocità e per ogni classe di direzione del vento sono riportate le percentuali di apparizione. Il numero complessivo di osservazioni nel periodo in esame compreso tra l'anno 1961 e l'anno 1990 è risultato pari a 87.019.

Tabella 4-1 Frequenza delle osservazioni (dati ENAV) della velocità del vento (1961-1990)

Direzione di provenienza [°N]	Velocità del vento [nodi]							
	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 16	16 - 21	21 - 27	27 - 33	33
0	0.07%	0.16%	0.04%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
30	0.13%	0.50%	0.42%	0.22%	0.12%	0.05%	0.02%	0.01%
60	0.71%	2.92%	3.81%	2.50%	0.79%	0.19%	0.03%	0.02%
90	1.03%	4.89%	5.67%	1.74%	0.28%	0.06%	0.00%	0.00%
120	0.44%	2.27%	2.09%	0.36%	0.04%	0.01%	0.01%	0.00%
150	0.22%	0.73%	0.51%	0.14%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%
180	0.16%	0.36%	0.12%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
210	0.50%	1.18%	0.35%	0.12%	0.03%	0.02%	0.00%	0.01%
240	1.73%	5.25%	2.12%	1.01%	0.47%	0.15%	0.04%	0.02%
270	2.10%	6.61%	3.83%	1.66%	0.68%	0.17%	0.03%	0.01%
300	0.67%	1.99%	1.23%	0.63%	0.29%	0.08%	0.02%	0.00%
330	0.17%	0.33%	0.17%	0.13%	0.08%	0.02%	0.00%	0.00%
Calme	31.75%							

I dati sono stati rappresentati nella rosa in Figura 4-1, in cui, per ogni direzione, sono

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

riportate le frequenze percentuali di apparizione nel periodo considerato (1961-1990). Dalla figura si evince come i venti caratterizzati da maggiore frequenza di apparizione sono quelli provenienti da E e W, mentre le velocità più elevate si sono riscontrate nel settore ENE e WSW.

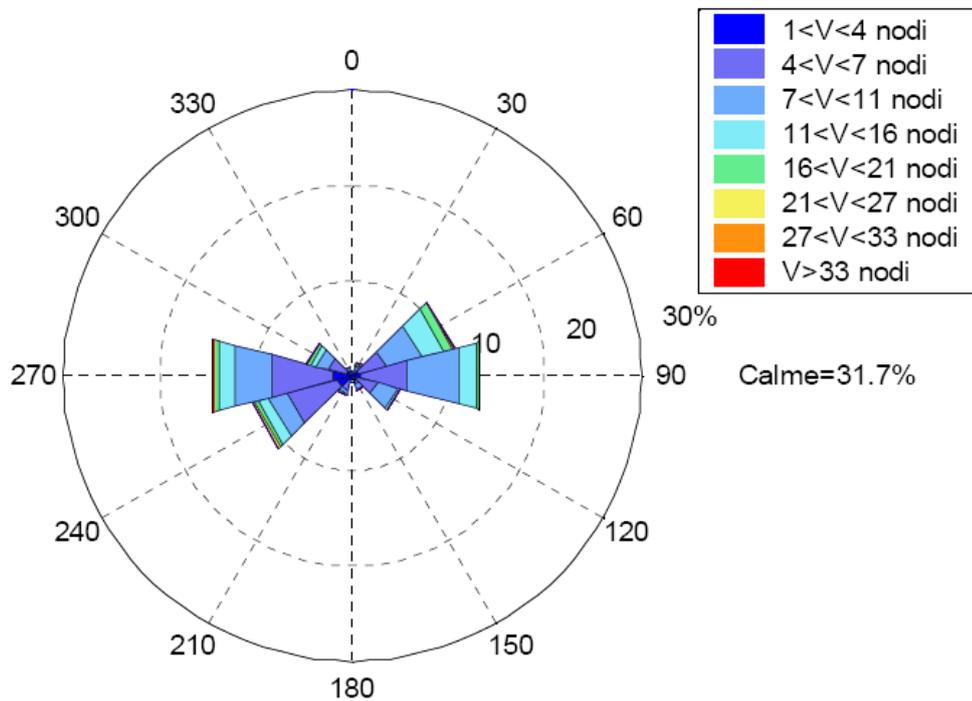


Figura 4-1 Percentuale di apparizione annuale dei venti per il paraggio in esame nel periodo 1961-1990 (stazione di Catania-Fontanarossa)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

5 CLIMA ONDOSO AL LARGO

I dati di moto ondoso utilizzati nel presente studio sono stati ricavati sulla base dei dati meteorologici riportati nello studio redatto a corredo del progetto esecutivo, richiamato in premessa. Si riporta di seguito un breve riepilogo di tali dati.

I dati si riferiscono alle misure effettuate, nel periodo 01/07/1989-05/10/2006, dalla boa accelerometrica della Rete Ondametrica Nazionale (RON) dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio sita a largo di Catania (37°25.4N, 15°08.8E). L'analisi dei dati pubblicati dall'ISPRA per la boa ondometrica di Catania ha mostrato che nel periodo 01/01/2002-31/12/2003 i suddetti dati sono di scarsa affidabilità e conseguentemente sono stati esclusi da tutte le analisi condotte (cfr. Figura 5-1).

La serie storica del moto ondoso rilevato dalla boa ondometrica di Catania nel periodo 01/07/1989-05/10/2006 (escludendo il periodo 2002-2003) è stata elaborata e sintetizzata nelle seguenti tabelle e figure. Nel dettaglio in Tabella 5-1 gli eventi sono rappresentati in termini di percentuale di apparizione per classe di altezza d'onda e per direzione di provenienza, mentre in Tabella 5-2 gli eventi sono rappresentati in termini di percentuale di apparizione per classe di altezza d'onda e per classe di periodo di picco. Infine in Figura 5-2, Figura 5-3 e Figura 5-4 sono riportate rispettivamente la rose delle registrazioni, delle energie e delle altezze significative massime al largo.

Si può osservare che il settore caratterizzato da maggiore frequenza ed energia risulta essere quello di Greco-Levante e che le altezze d'onda significativa massime, prossime ai 6 m, provengono da Levante (90°N).

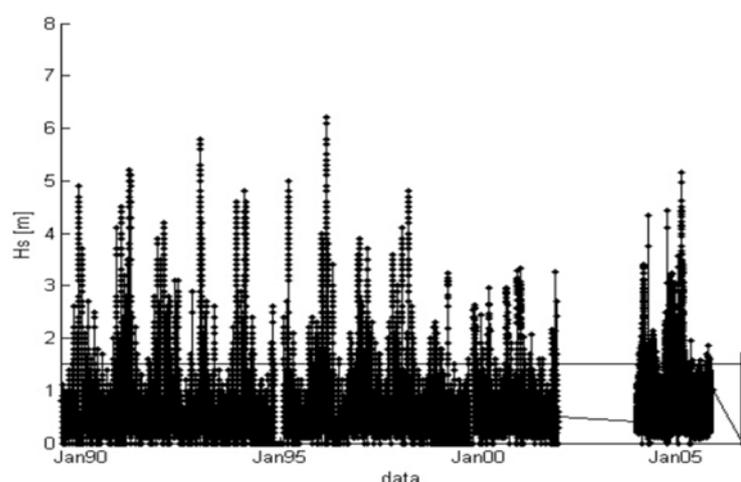


Figura 5-1 Serie storica del moto ondoso registrato dalla boa di Catania

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

Tabella 5-1 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d'onda e per classe di direzione

DIR (°N)	Hs (m)											
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	0.125	0.032	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.168	0.051	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.427	0.101	0.021	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	1.826	0.865	0.104	0.016	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	5.217	2.865	0.526	0.104	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	6.058	2.437	0.288	0.077	0.013	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	4.987	1.605	0.286	0.085	0.051	0.032	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70	5.107	2.448	0.881	0.462	0.168	0.080	0.016	0.011	0.008	0.003	0.000	0.000
80	5.291	2.456	0.940	0.342	0.168	0.069	0.048	0.027	0.013	0.000	0.003	0.000
90	4.856	1.960	0.764	0.344	0.155	0.067	0.051	0.016	0.003	0.000	0.000	0.003
100	4.336	1.839	0.908	0.475	0.216	0.128	0.061	0.045	0.053	0.003	0.008	0.000
110	4.293	1.703	0.721	0.384	0.240	0.109	0.056	0.029	0.008	0.005	0.000	0.000
120	4.456	1.746	0.537	0.267	0.112	0.056	0.029	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000
130	4.029	1.727	0.430	0.088	0.024	0.024	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	2.162	0.820	0.136	0.013	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150	0.924	0.184	0.021	0.008	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160	0.577	0.083	0.013	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170	0.502	0.067	0.003	0.003	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180	0.465	0.056	0.003	0.003	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190	0.473	0.016	0.003	0.003	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
200	0.449	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
210	0.593	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
220	0.622	0.064	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
230	0.782	0.069	0.003	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
240	0.958	0.128	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
250	0.993	0.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
260	0.956	0.176	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
270	0.702	0.179	0.008	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
280	0.400	0.115	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
290	0.302	0.077	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
300	0.216	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
310	0.198	0.053	0.008	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
320	0.123	0.029	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
330	0.141	0.027	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
340	0.136	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
350	0.128	0.019	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTALE	63.978	24.36	6.619	2.685	1.226	0.607	0.282	0.134	0.085	0.011	0.014	0.003

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

Tabella 5-2 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d'onda e per classe di periodo di picco

Tp (s)		Hs (m)											
		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	2	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	36.47	6.364	0.211	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	17.84	8.809	1.828	0.243	0.016	0	0	0	0	0	0	0
5	6	6.687	5.662	2.103	0.924	0.198	0.043	0.005	0	0	0	0	0
6	7	1.714	2.675	1.492	0.726	0.419	0.192	0.072	0.013	0.008	0	0	0
7	8	0.585	0.721	0.803	0.531	0.344	0.16	0.091	0.048	0.008	0	0.003	0
8	9	0.182	0.083	0.174	0.219	0.195	0.155	0.059	0.029	0.016	0.005	0.003	0
9	10	0.12	0.021	0.003	0.04	0.045	0.051	0.043	0.016	0.032	0.005	0.008	0.003
>10		0.376	0.029	0	0.003	0.005	0.005	0.013	0.027	0.021	0	0	0

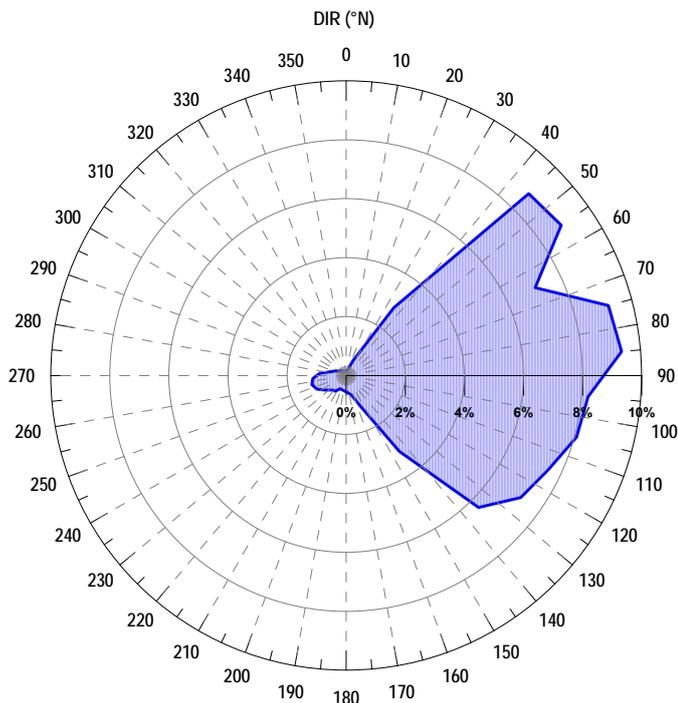


Figura 5-2 Rosa delle registrazioni al largo

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

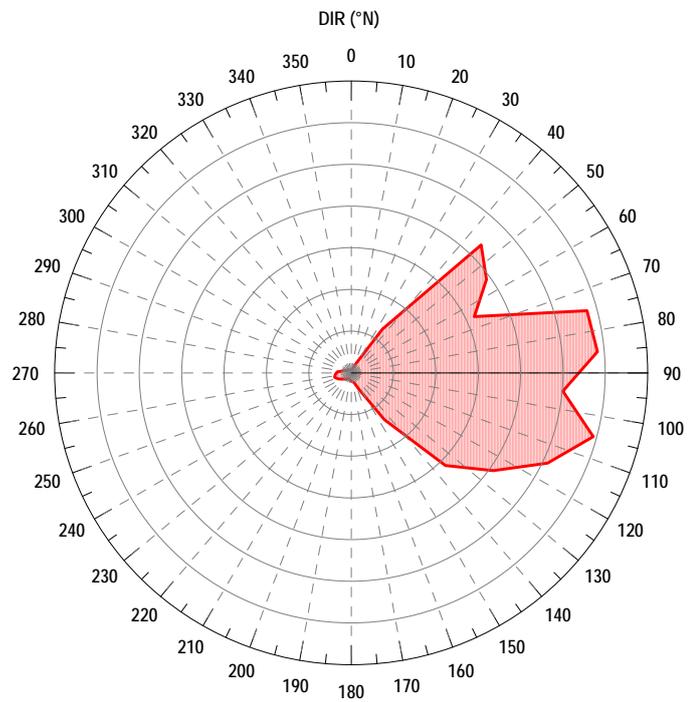


Figura 5-3 Rosa delle energie al largo

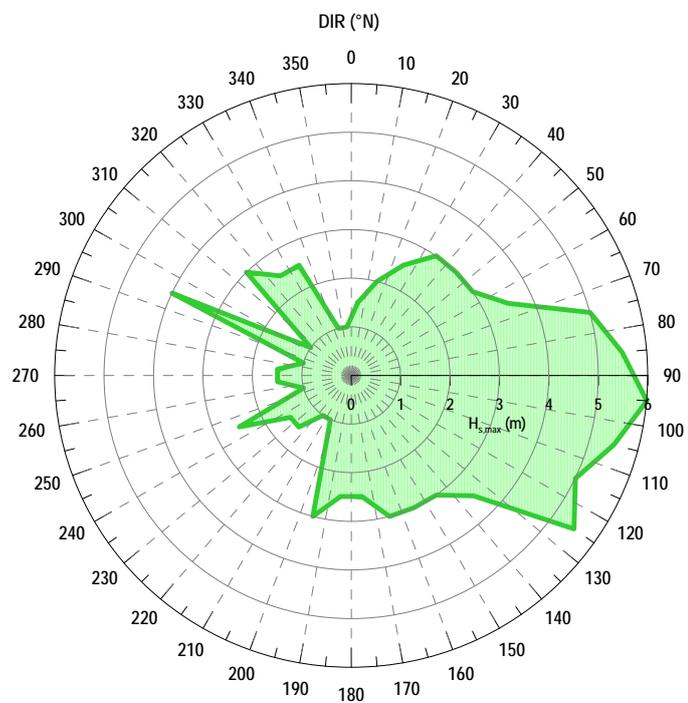


Figura 5-4 Rosa delle altezze massime al largo

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

6 STATISTICA DIREZIONALE DEGLI EVENTI ESTREMI AL LARGO

La statistica degli eventi estremi al largo è stata condotta con riferimento agli eventi di moto ondoso registrati dalla boa ondometrica di Catania nel periodo 01/07/1989-05/10/2006 (escludendo il periodo 2002-2003), a partire dalle analisi svolte nello studio redatto a corredo del progetto esecutivo e richiamato in premessa.

Nel dettaglio, a partire dalle altezze massime delle mareggiate individuate nello studio succitato, è stata rielaborata la statistica degli eventi estremi al largo, ottenendo risultati leggermente superiori a quelli dello studio precedente.

6.1 Altezze d'onda significative massime

Come già anticipato, le altezze d'onda significativa massime sono quelle ricavate nello studio redatto a corredo del progetto esecutivo. Nel dettaglio dalla serie dei dati originari è stata individuata la serie delle onde significative massime al di sopra di fissate soglie di altezza d'onda (cfr. Tabella 6-1), per fissate classi di direzione di provenienza. Tali classi di provenienza hanno un'ampiezza di 22.5° e sono state centrate nelle direzioni 45°N, 67.5°N, 90°N, 112.5°N e 135.5°N.

Per la analisi aggiornata della statistica degli estremi sono state considerate le sole classi di provenienza caratterizzate da maggior frequenza ed energia e ritenute maggiormente gravose per la penetrazione all'interno del porto, ovvero le classi centrate nelle direzioni 45°N, 67.5°N, 90°N.

La serie delle altezze d'onda massime per ciascuna delle succitate classi di direzione di provenienza sono riportate nelle successive figure da Figura 6-1 a Figura 6-3 e nella Tabella 6-2.

Tabella 6-1 Valori di soglia di altezza d'onda significativa utilizzati per la determinazione delle onde significative massime.

Direzione [°N]	Altezza d'onda di soglia [m]
45	1.5
67.5	2.0
90	2.0
112.5	2.0
135	1.5

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

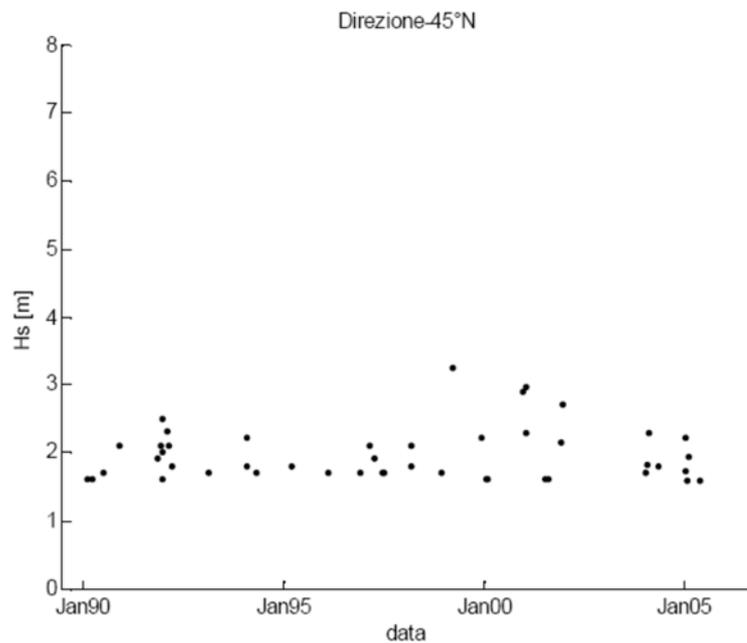


Figura 6-1 Altezze d'onda significativa massime delle mareggiate sopra soglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 45°N.

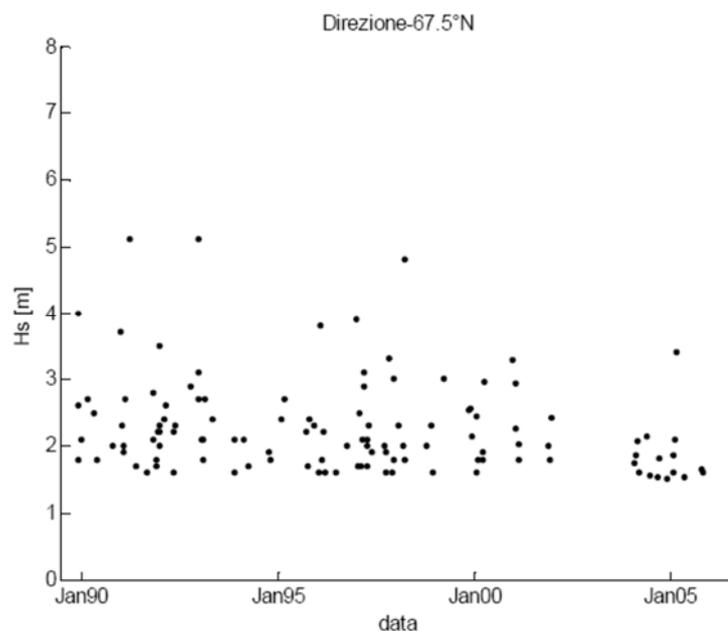


Figura 6-2 Altezze d'onda significativa massime delle mareggiate sopra soglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 67.5°N.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

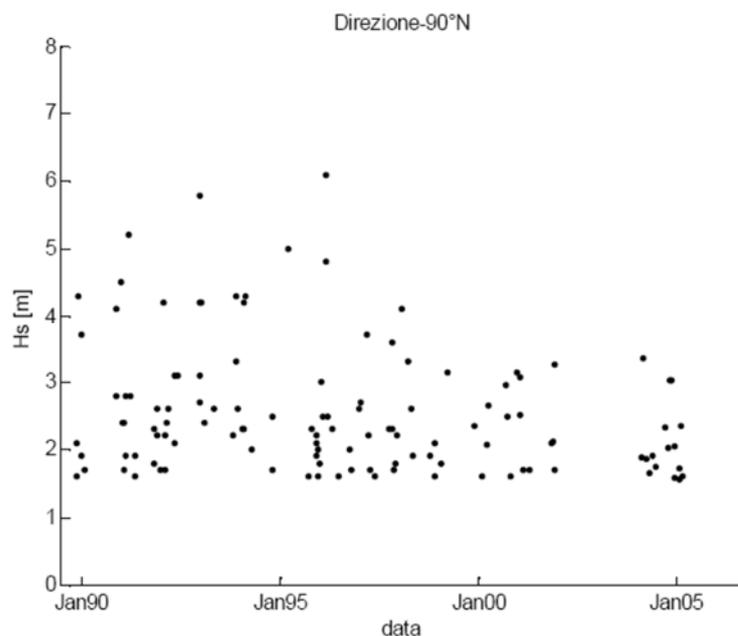


Figura 6-3 Altezze d’onda significativa massime delle mareggiate soprasoglia registrate dalla boa ondometrica di Catania: direzione di provenienza 90°N.

Tabella 6-2 Percentuale di apparizione degli eventi per classe di altezza d’onda e per classe di periodo di picco

N	Hs [m]		
	45°N	67.5°N	90°N
1	3.24	5.10	6.10
2	2.95	5.10	5.80
3	2.89	4.80	5.20
4	2.71	4.00	5.00
5	2.50	3.90	4.80
6	2.30	3.80	4.50
7	2.28	3.70	4.30
8	2.27	3.50	4.30
9	2.20	3.41	4.30
10	2.20	3.30	4.20
11	2.20	3.29	4.20
12	2.15	3.10	4.20
13	2.10	3.10	4.20
14	2.10	3.00	4.10
15	2.10	3.00	4.10

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

N	Hs [m]		
	45°N	67.5°N	90°N
16	2.10	2.96	3.70
17	2.10	2.93	3.70
18	2.00	2.90	3.60
19	1.93	2.90	3.35
20	1.90	2.80	3.30
21	1.90	2.70	3.30
22	1.82	2.70	3.27
23	1.80	2.70	3.15
24	1.80	2.70	3.14
25	1.80	2.70	3.10
26	1.80	2.60	3.10
27	1.80	2.60	3.10
28	1.73	2.56	3.08
29	1.70	2.54	3.04
30	1.70	2.50	3.03
31	1.70	2.50	3.00
32	1.70	2.44	2.95
33	1.70	2.42	2.80
34	1.70	2.40	2.80
35	1.70	2.40	2.80
36	1.70	2.40	2.70
37	1.70	2.40	2.70
38	1.60	2.30	2.66
39	1.60	2.30	2.60
40	1.60	2.30	2.60
41	1.60	2.30	2.60
42	1.60	2.30	2.60
43	1.60	2.30	2.60
44	1.60	2.30	2.60
45	1.59	2.25	2.52
46	1.57	2.20	2.50
47		2.20	2.50
48		2.20	2.50

N	Hs [m]		
	45°N	67.5°N	90°N
49		2.20	2.48
50		2.20	2.40
51		2.15	2.40
52		2.13	2.40
53		2.10	2.40
54		2.10	2.34
55		2.10	2.34
56		2.10	2.33
57		2.10	2.30
58		2.10	2.30
59		2.10	2.30
60		2.10	2.30
61		2.09	2.30
62		2.07	2.30
63		2.02	2.30
64		2.00	2.20
65		2.00	2.20
66		2.00	2.20
67		2.00	2.20
68		2.00	2.20
69		2.00	2.20
70		2.00	2.11
71		2.00	2.10
72		2.00	2.10
73			2.10
74			2.10
75			2.09
76			2.07
77			2.04
78			2.02
79			2.00
80			2.00
81			2.00

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

6.2 Statistica direzionale degli eventi estremi

A partire dagli eventi massimi sopra soglia riportati nel paragrafo precedente, si è proceduto all'elaborazione della statistica degli estremi utilizzando l'approccio proposto da Weibull, secondo il quale la distribuzione di probabilità per l'altezza d'onda è dato da:

$$P(H) = e^{-\left(\frac{H-B}{A}\right)^k}$$

Sulla base di tale approccio, considerando una serie di N eventi distribuiti in n anni, l'altezza d'onda per un determinato tempo di ritorno T_R viene determinata come segue:

$$H(T) = B + A \cdot F[P(H)] \quad \text{dove} \quad F[P(H)] = \left\{ \ln\left(\frac{N}{n} \cdot T_R\right) \right\}^{\frac{1}{k}}$$

In Tabella 6-3 si riportano i dati di input e i parametri ottenuti dall'applicazione del metodo di Weibull. I risultati delle elaborazioni statistiche, ottenuti utilizzando il metodo di Weibull, per i 3 settori considerati (33.75°-56.25° N, 56.25°-78.75°N, 78.75°-101.25°N) sono riportati nelle figure da Figura 6-4 a Figura 6-6. Infine, in Tabella 6-4 sono riportati i valori di altezza significativa ricavati dall'analisi statistica degli eventi estremi in funzione del tempo di ritorno e del settore di provenienza al largo.

Tabella 6-3 Parametri impiegati e parametri ottenuti con il metodo di Weibull

DATI E PARAMETRI	33.75°-56.25°N (45°N)	56.25°-78.75°N (67.5°N)	78.75°-101.25°N (90°N)
N	46	72	81
n	15.5	15.5	15.5
A	0.404	0.721	0.947
B	1.561	1.898	2.010
k	1.00	1.00	1.00

Tabella 6-4 Risultati statistica degli estremi con il metodo di Weibull

T_R (anni)	Hs (m)		
	33.75°-56.25°N (45°N)	56.25°-78.75°N (67.5°N)	78.75°-101.25°N (90°N)
1	2.00	3.00	3.58
5	2.65	4.16	5.10
10	2.93	4.66	5.76
25	3.30	5.32	6.62
50	3.58	5.82	7.28

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

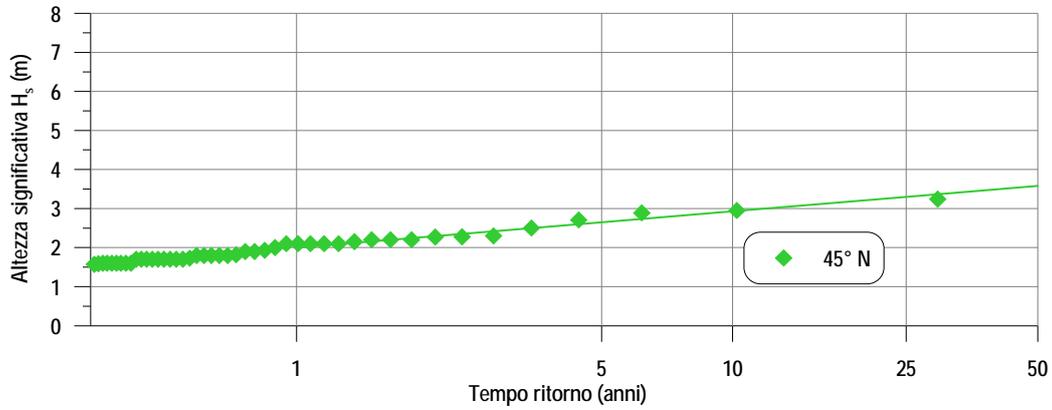


Figura 6-4 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 33.75° - 56.25° N (direzione media 45° N)

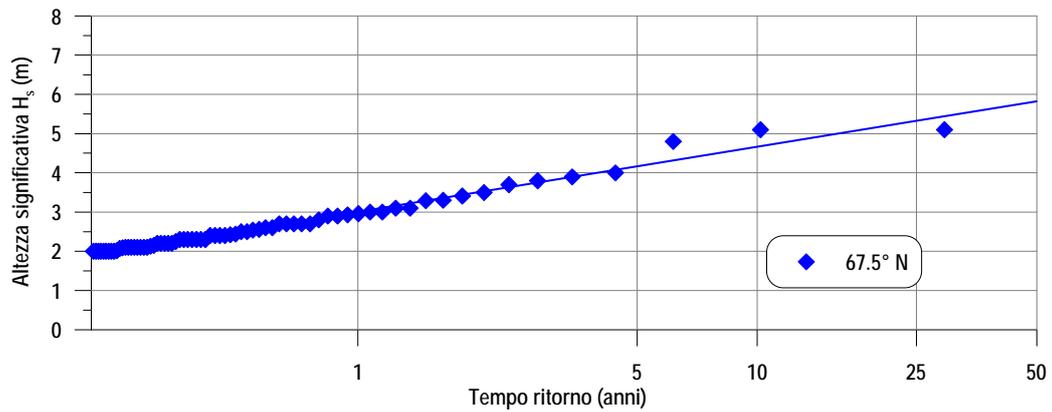


Figura 6-5 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 56.25° - 78.75° N (direzione media 67.5° N)

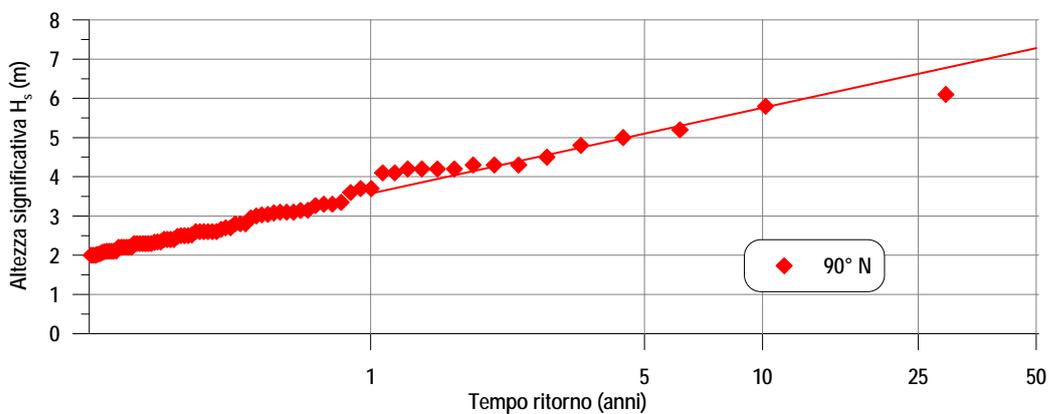


Figura 6-6 Elaborazione statistica degli estremi con il metodo di Weibull per il settore 78.75° - 101.25° N (direzione media 90° N)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

7 ANALISI DEI FENOMENI DI PENETRAZIONE E RISONANZA IN CONFIGURAZIONE ATTUALE

Nella prima fase dello studio si è proceduto, mediante modellazione matematica, all'analisi dei fenomeni di penetrazione e risonanza all'interno del bacino, in configurazione attuale, al fine di evidenziare le aree più critiche del bacino e descrivere la dinamica che innesca tali criticità.

Lo studio dell'agitazione interna in configurazione attuale è stato condotto utilizzando il codice di calcolo CGWAVE (elliptic mild slope equation) messo a punto dall'Università del Maine per l'U.S. Army Corps of Engineers e descritto nel dettaglio nel successivo paragrafo 7.1.

In particolare, è stata effettuata una serie di simulazioni (cfr. successivo paragrafo 7.2) con la medesima altezza d'onda e diversi periodi, fino ad individuare tra questi ultimi quelli che esaltano il fenomeno di risonanza (vedi paragrafo 7.3). Successivamente, sulla base di tali risultati, si è proceduto all'analisi della penetrazione del moto ondoso in assenza di riflessione (vedi paragrafo 7.4), al fine di individuare i contorni del bacino interessati per primi dall'onda in grado di penetrare all'interno del porto.

7.1 Descrizione del codice di calcolo CGWAVE

Il modello matematico CGWAVE (Conjugate Gradient WAVE model) è un modello generale di propagazione del moto ondoso, aggiornato allo stato dell'arte. Il modello è applicabile per la stima dei parametri d'onda all'interno di porti, insenature e paraggi con morfologia complessa, in presenza di strutture fisse o mobili (per es. frangiflutti galleggianti).

Il modello, sviluppato su commissione dell'U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, è basato sull'approssimazione ellittica della mild slope equation bidimensionale (cfr. 7.1.2) e, in particolare, è in grado di tener conto di fenomeni dissipativi (dovuti a attrito al fondo, frangimento e dispersione non lineare) e riflessione.

CGWAVE è un modello spettrale in frequenza e direzione; permette quindi di studiare la propagazione del moto ondoso in domini particolarmente complessi, dove tutti i fenomeni sopra citati concorrono a determinare le condizioni locali di agitazione.

7.1.1 Caratteristiche generali di CGWAVE

Il modello è in grado di simulare fenomeni di rifrazione, diffrazione, riflessione (dovuta alle linee di riva, alle strutture rigide o mobili e alla batimetria), e può inoltre tener conto della dispersione non lineare, dei processi di dissipazione dovuta all'attrito e al frangimento.

L'impiego della tecnica agli elementi finiti rende possibile, in CGWAVE, la modellazione di regioni aventi forme complesse. Con questo approccio, il dominio di calcolo viene discretizzato con una maglia di elementi triangolari con dimensioni variabili in funzione

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

delle caratteristiche locali del fondale e della lunghezza d'onda (ad esempio in zone in cui la variazione delle caratteristiche dell'onda è rapida sarà necessario impiegare una fitta risoluzione). Le condizioni al contorno vengono applicate impiegando uno nuovo schema basato sulla approssimazione parabolica (Xu, Pachang e Dermibilek, 1996).

Il sistema di equazioni risultanti dalla discretizzazione viene risolto attraverso l'uso di una procedura iterativa (metodo del gradiente coniugato) introdotta da Pachang et al (1991) e successivamente modificato da Ly (1994).

7.1.2 Cenni sulle formulazioni di CGWAVE

La mild slope equation, dapprima sviluppata da Eckart (1952) e successivamente riveduta da Berkhoff (1972,1976), è ad oggi una formulazione generalmente accettata per la stima delle condizioni d'onda in area costiera. La soluzione dell'equazione nella forma bidimensionale, basata sull'approssimazione ellittica, fornisce una buona base per la modellizzazione della superficie del mare nelle aree costiere (Chen & Houston, 1987; Chen, 1990; Xu & Pachang). L'equazione può essere scritta come:

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{\eta}) + \frac{C_g}{C} \sigma^2 \hat{\eta} = 0$$

dove:

$\hat{\eta}(x, y)$ funzione complessa della quota della superficie, da cui viene stimata l'altezza d'onda

σ frequenza dell'onda (in radianti/s)

$C(x, y)$ velocità di fase (= σ/k)

$C_g(x, y)$ velocità di gruppo (= $\partial\sigma/\partial k = nC$) con $n = 1/2 / (1 + 2kd/\sinh 2kd)$

$k(x, y)$ numero d'onda (= $2\pi/L$) collegato alla profondità locale secondo la relazione di dispersione lineare: $\sigma^2 = gk \tanh(kd)$

Termini dissipativi

L'equazione precedente tiene conto dei processi di rifrazione, diffrazione e riflessione in domini di forma arbitraria, ma può essere modificata per includere gli effetti dissipativi dovuti al frangimento (Dally et al, 1985; De Girolamo et al, 1985) e all'attrito al fondo (Dalrymple et al, 1984; Chen, 1986; Liu e Tsay, 1985) secondo la seguente forma:

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \hat{\eta}) + \left(\frac{C_g}{C} \sigma^2 + i\sigma w + iC_g \sigma \gamma \right) \hat{\eta} = 0$$

dove w è un fattore d'attrito e γ è un parametro di frangimento.

In accordo con quanto ricavato da Dalrymple (Dalrymple et al.,1984) il modello implementa il fattore di smorzamento dovuto all'attrito nella seguente forma:

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

$$w = \left(\frac{2n\sigma}{k} \right) \left[\frac{2f_r}{3\pi} \frac{ak^2}{(2kd + \sinh 2kd)\sinh kd} \right]$$

dove $a (= H/2)$ è l'ampiezza d'onda e f_r è un coefficiente di attrito che deve essere impostato dall'utente. Questo coefficiente dipende dal numero di Reynolds e dalla scabrezza del fondo e può essere ottenuto dalle formulazioni ricavate da Madsen (1976) e Dalrymple et al. (1984).

Il frangimento viene implementato nel modello secondo la formulazione ricavata da Dally et al. (1985), Dermibilek (1994), Dermibilek et al. (1996b), in cui il parametro di frangimento può essere così espresso:

$$\gamma = \frac{\chi}{d} \left(1 - \frac{\Gamma^2 d^2}{4a^2} \right)$$

dove χ è un parametro che deve essere impostato dall'utente e Γ è una costante empirica (in CGWAVE è impiegato il valore 0.4 in accordo con Dally et al., 1985).

Dissipazione non lineare

In aggiunta ai precedenti meccanismi, nella mild slope equation può essere simulata la dissipazione non lineare. Questo si ottiene includendo una dispersione funzione dell'ampiezza dell'onda, che si è dimostrata particolarmente influente in certe situazioni (Kirby e Dalrymple, 1986).

La relazione di dispersione lineare precedente:

$$\sigma^2 = gk \tanh(kd)$$

viene così modificata:

$$\sigma^2 = gk \left[1 + (ka)^2 F_1 \tanh^5 kd \right] \tanh \{ kd + kaF_2 \}$$

dove:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{\cosh(4kd) - 2 \tanh^2(kd)}{8 \sinh^4(kd)} \\ F_2 = \left(\frac{kd}{\sinh(kd)} \right)^4 \end{array} \right.$$

7.1.3 Condizioni al contorno

Gli elementi che delimitano il dominio di calcolo possono essere suddivisi in due categorie:

- *contorno offshore* lungo il quale viene assegnata l'energia entrante mediante l'assegnazione dello spettro;

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

- *contorno inshore che comprende* linea di costa e/o strutture permeabili o impermeabili.

Ai diversi elementi che costituiscono il contorno inshore è possibile assegnare differenti coefficienti di riflessione; la condizione al contorno lungo il generico elemento può essere così descritta:

$$\frac{\partial \hat{\eta}}{\partial n} = \alpha \hat{\eta}$$

dove $\alpha = \alpha_1 + i\alpha_2$ è un coefficiente complesso che può essere riscritto come $\alpha = ik(1 - K_r/1 + K_r)$, dove K_r è il coefficiente di riflessione (Tsay e Liu, 1983; Chen e Houston, 1987) variabile tra 0 (nessuna riflessione) e 1 (riflessione totale).

Le condizioni al contorno offshore vengono applicate secondo lo schema sviluppato da Xu, Pachang e Dermibilek (1996), basato sulla seguente approssimazione parabolica lungo il contorno offshore:

$$\frac{\partial \hat{\eta}_s}{\partial r} + p \hat{\eta}_s + q \frac{\partial \hat{\eta}_s^2}{\partial g^2} = 0$$

dove

$$p = \frac{k^2 r^2 + k_0^2 r^2 + ik_0 r + 1/4}{2ik_0 r^2} e \quad q = \frac{1}{2ik_0 r^2}$$

dove k_0 è il numero d'onda che corrisponde alla profondità media lungo il contorno.

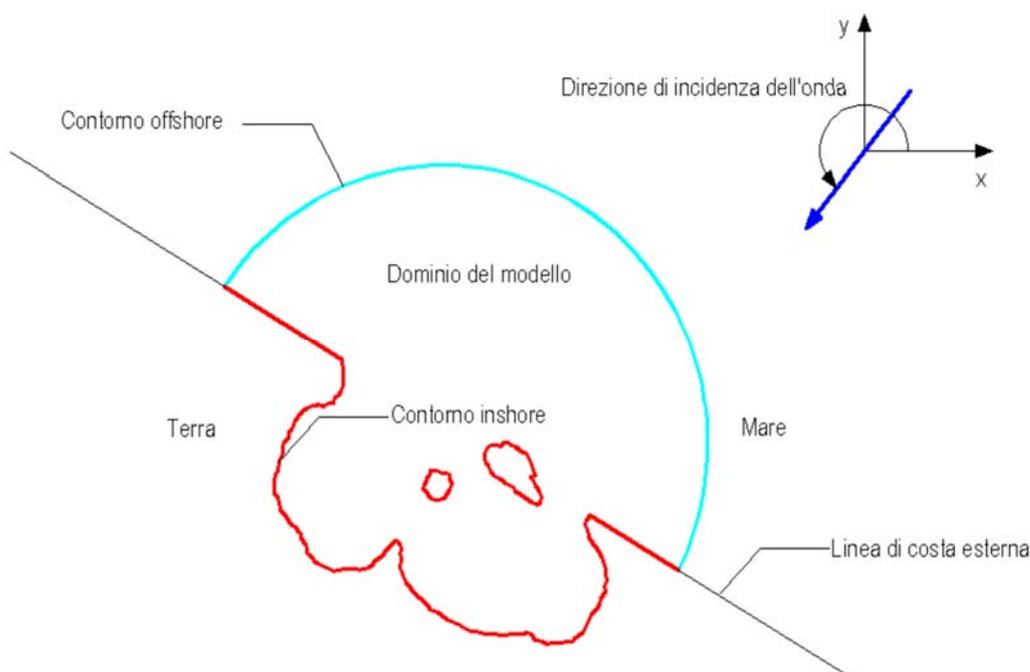


Figura 7-1 Condizione al contorno nel modello

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

7.2 Settaggio del modello

Per lo studio è stato definito un dominio di calcolo che impiega un contorno offshore di tipo semicircolare (Figura 7-2); il dominio si estende verso il largo fino a profondità dell'ordine dei -200 m s.m.m.. Il contorno inshore del dominio di calcolo è stato definito in modo da riprodurre la configurazione del litorale e del Porto di Riposto.

La batimetria impiegata nel modello è stata ricavata facendo riferimento alle più recenti carte nautiche disponibili (IIM) e sulla base dei più recenti rilievi disponibili all'interno del porto.

Il dominio così definito è stato ricoperto con una mesh a maglie triangolari formata da elementi di dimensioni variabili dai 7 m, sul contorno offshore, ai 4 m, sul contorno inshore. Tali dimensioni consentono di ottenere la stabilità del modello per tutte le mareggiate simulate, nonché una accurata rappresentazione di tutte le opere presenti all'interno del dominio. Nella successiva Figura 7-3 si riporta un dettaglio della mesh di calcolo in prossimità e all'interno del porto.



Figura 7-2 Dominio di calcolo impiegato nello studio della penetrazione del moto ondoso e della risonanza in configurazione attuale

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO



Figura 7-3 Particolare della mesh di calcolo in prossimità e all'interno del porto

7.2.1 Coefficienti di riflessione degli elementi del dominio

Le caratteristiche di ciascun elemento che compone il dominio sono state messe in relazione alla capacità di riflettere/dissipare il moto ondoso, al fine di definire per ciascuno di essi uno specifico coefficiente di riflessione.

Il litorale posto a Nord e a Sud del porto, così come il tratto di costa all'interno del porto sono stati considerati completamente assorbenti.

Le opere a gettata lungo il litorale (barriere in scogli) e le mantellate dei moli del porto (realizzate in massi artificiali) sono stati considerati parzialmente riflettenti.

Il molo di ridosso all'interno del porto, realizzato in cassoni antiriflettenti, è stato considerato parzialmente assorbente.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

Infine, le strutture a parete verticale sono state considerate completamente riflettenti.

I coefficienti di riflessione da associare a ciascun elemento del dominio sono stati ricavati, a partire dalle considerazioni sopra esposte, sulla base della bibliografia tecnica disponibile. I valori del coefficiente di riflessione, per ciascuna tipologia di elemento considerata all'interno del dominio di calcolo, sono riportati nella successiva Tabella 7-1 e nella Figura 7-4.

Tabella 7-1 Coefficienti di riflessione degli elementi del contorno inshore

Caratteristiche tratto	Coefficiente di riflessione
Tratti di spiaggia	0.10
Opere a gettata e moli del porto	0.50
Molo di ridosso antiriflettenti	0.60
Strutture a parete verticale	0.90



Figura 7-4 Coefficienti di riflessione impiegati nello studio dell'agitazione interna

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

7.2.2 Caratteristiche delle mareggiate analizzate

Lo studio della penetrazione del moto ondoso e l'analisi del fenomeno della risonanza, nella configurazione attuale, è stato svolto effettuando una serie di simulazioni caratterizzate dalla medesima altezza d'onda e diverso periodo.

Nel dettaglio, è stata impiegata un'altezza d'onda pari a 2 m, rappresentativa di una mareggiata severa, ma non estrema, associata a periodi variabili da 6 a 16 s.

La direzione di provenienza da associare alle mareggiate così individuate è stata ricavata sulla base delle risultanze delle modellazioni matematiche eseguite nello studio redatto a corredo del progetto esecutivo, richiamato in premessa. In particolare, è stata individuata la direzione per la quale è stata evidenziata la maggior penetrazione all'interno del porto, ovvero la direzione di 67.5°N.

Sulla base di tali considerazioni sono stati definiti 11 Test. Le condizioni al contorno individuate per ciascun test sono riassunte di seguito nella Tabella 7-2.

Tabella 7-2 Caratteristiche dei test utilizzati per lo studio

TEST	H (m)	T (s)	Dir (°N)
1	2.00	6	67.5
2	2.00	7	67.5
3	2.00	8	67.5
4	2.00	9	67.5
5	2.00	10	67.5
6	2.00	11	67.5
7	2.00	12	67.5
8	2.00	13	67.5
9	2.00	14	67.5
10	2.00	15	67.5
11	2.00	16	67.5

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

7.3 Analisi della penetrazione e della risonanza

I risultati ottenuti dalle simulazioni condotte, in termini di agitazione ondosa residua all'interno del bacino portuale, sono riportati nelle figure alle pagine seguenti.

Le figure rappresentano, mediante gradazioni cromatiche, le caratteristiche locali della mareggiata: in Figura 7-6, Figura 7-8, Figura 7-10, Figura 7-12, Figura 7-14, Figura 7-16, Figura 7-18, Figura 7-20, Figura 7-22, Figura 7-24 e Figura 7-26 è riportato l'andamento delle creste, mentre in Figura 7-9, Figura 7-11, Figura 7-13, Figura 7-15, Figura 7-17, Figura 7-19, Figura 7-21, Figura 7-23, Figura 7-25 e Figura 7-27 sono riportate le altezze d'onda nell'intorno del porto e all'interno del primo bacino; la scala cromatica è limitata ad 1 m.

Dai risultati ottenuti si evince che, per alcuni periodi, l'agitazione ondosa all'interno del primo bacino è particolarmente elevata. Si osserva infatti che la mareggiata con periodo di 12 s (Test 7) è in grado di innescare un evidente effetto di risonanza, creando una elevata agitazione ondosa per effetto della riflessione tra la banchina Grasso e il molo di ridosso.

Al fine di una più facile interpretazione dei risultati, l'altezza d'onda massima all'interno del primo bacino è stata riportata in Figura 7-5 in funzione del periodo; in tale figura risulta particolarmente evidente la risposta singolare del bacino, non solo alla mareggiata con periodo di 12 s (Test 7), ma in certa misura anche a quella con periodo di 8 s.

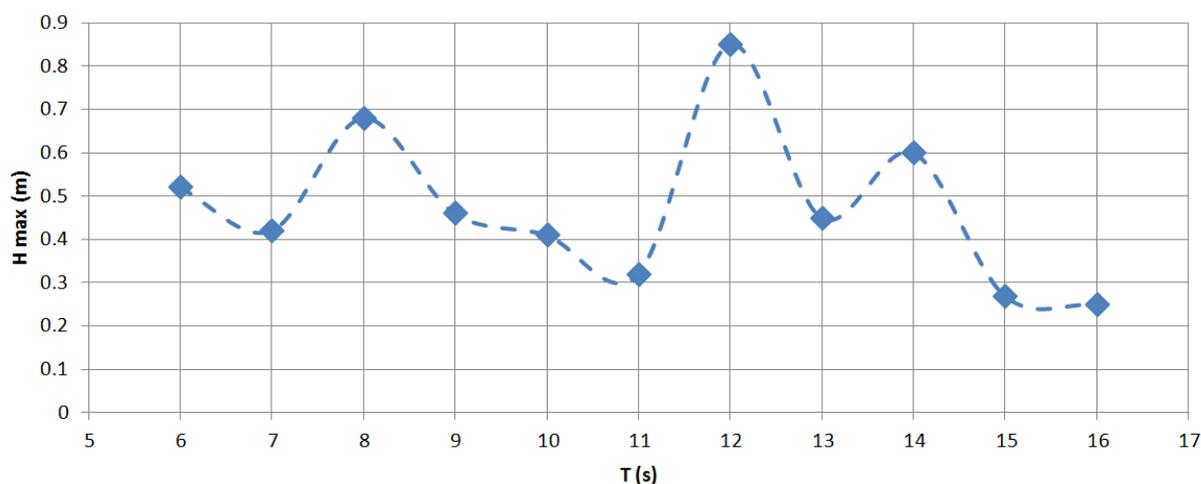


Figura 7-5 Risultati delle simulazioni in termini di altezza d'onda massima all'interno del primo bacino

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO



Figura 7-6 TEST 1 – T = 6 s: andamento delle creste

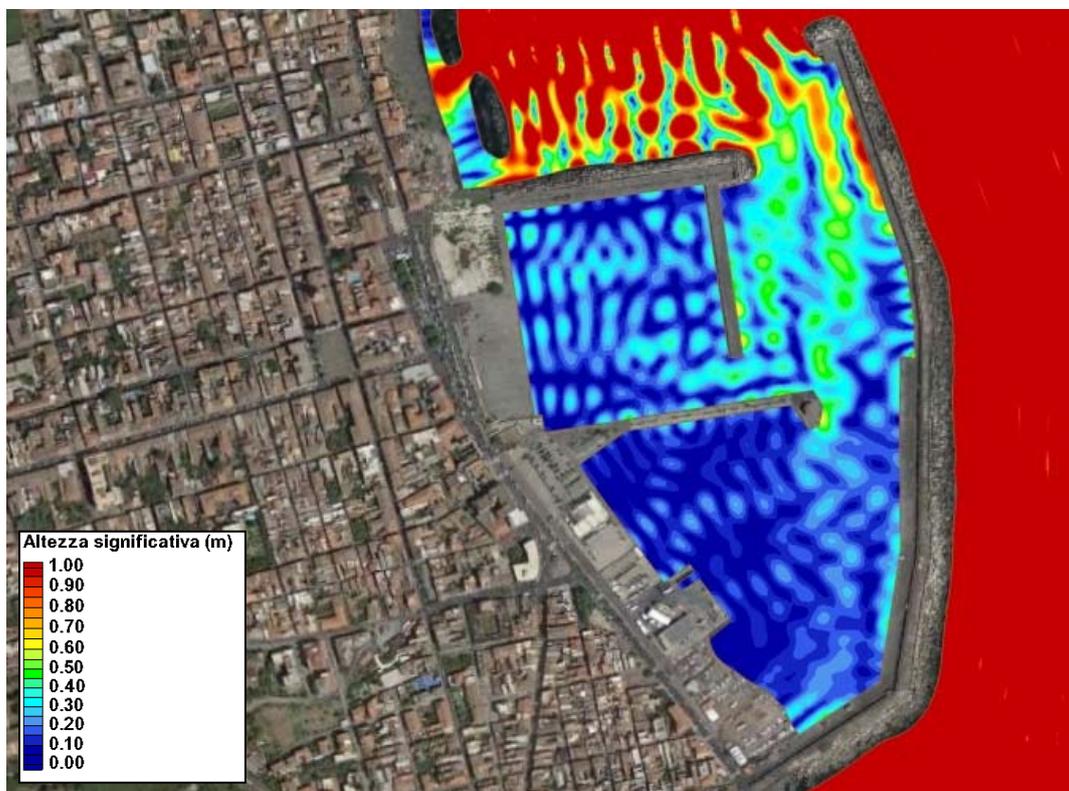


Figura 7-7 TEST 1 – T = 6 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

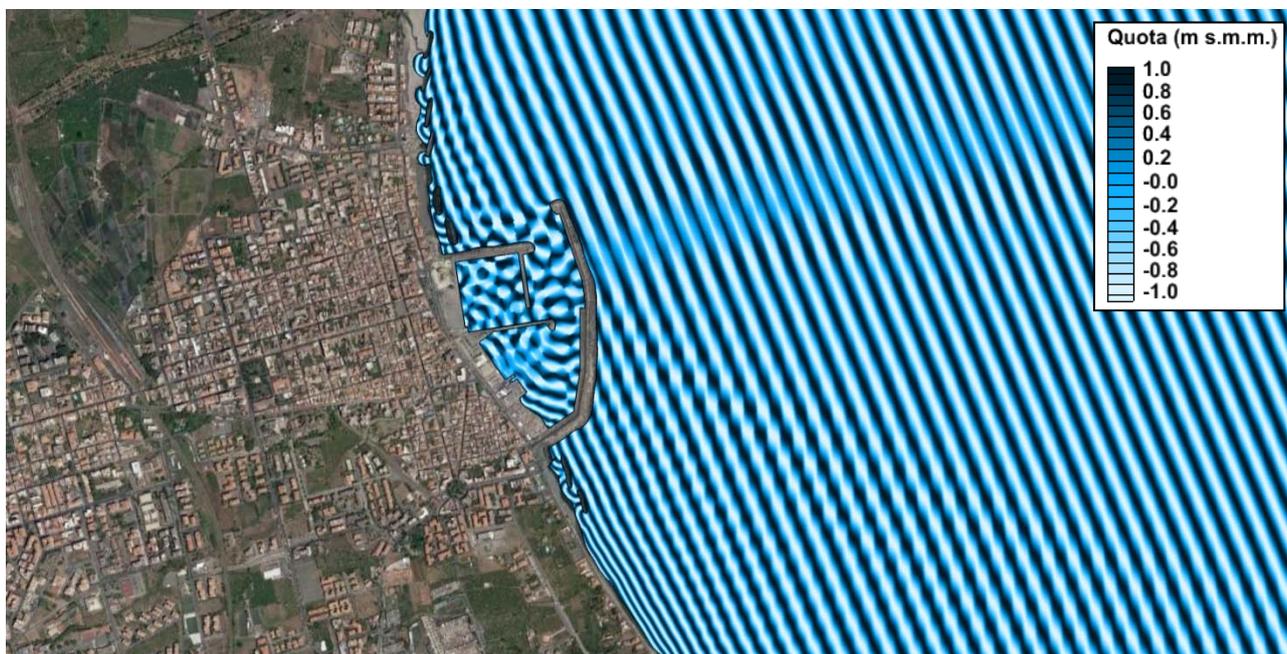


Figura 7-8 TEST 2 – T = 7 s: andamento delle creste

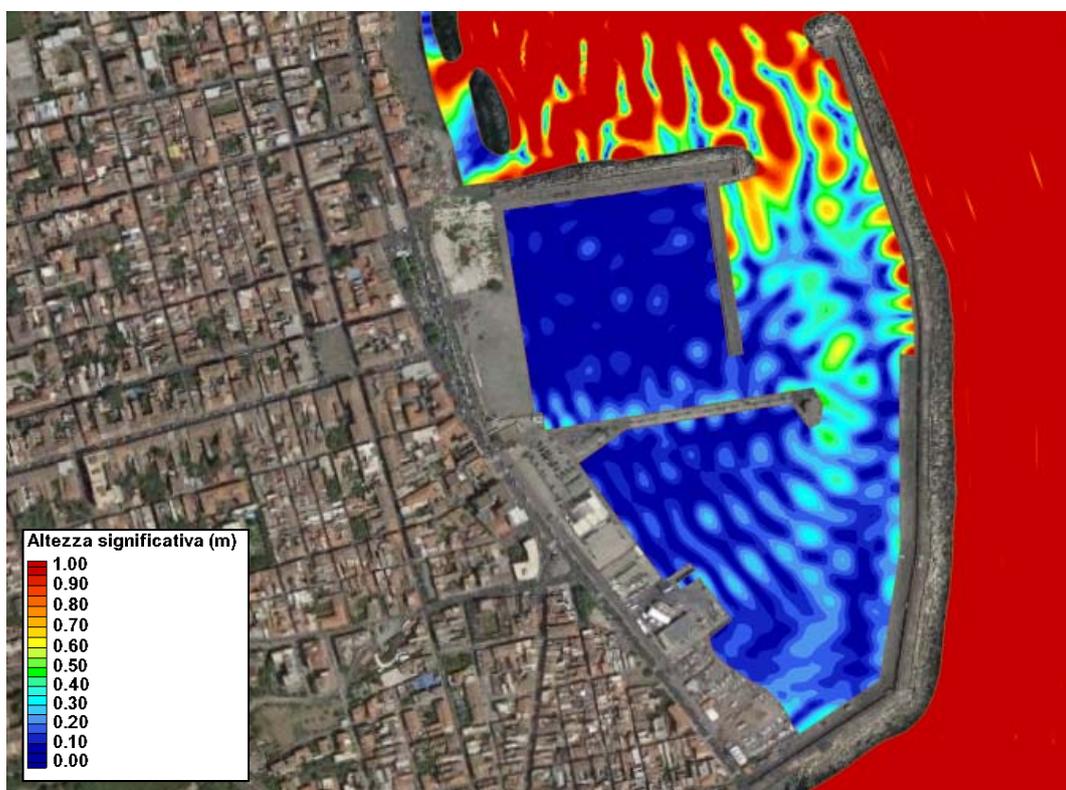


Figura 7-9 TEST 2 – T = 7 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

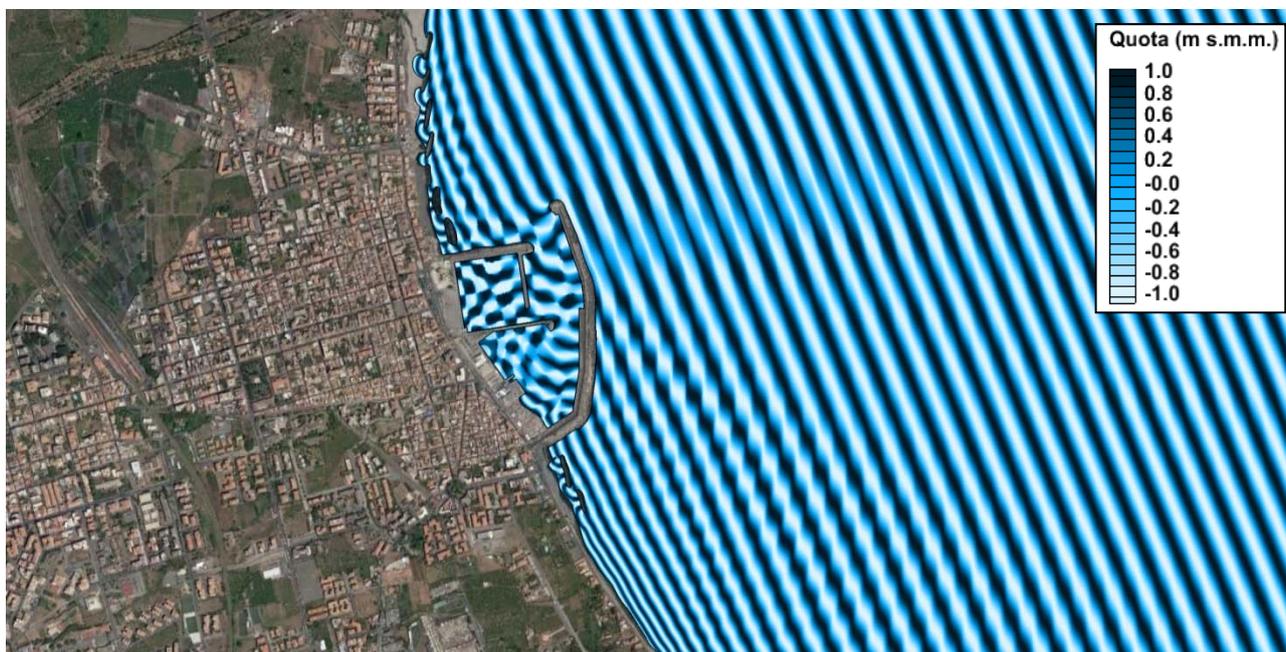


Figura 7-10 TEST 3 – T = 8 s: andamento delle creste

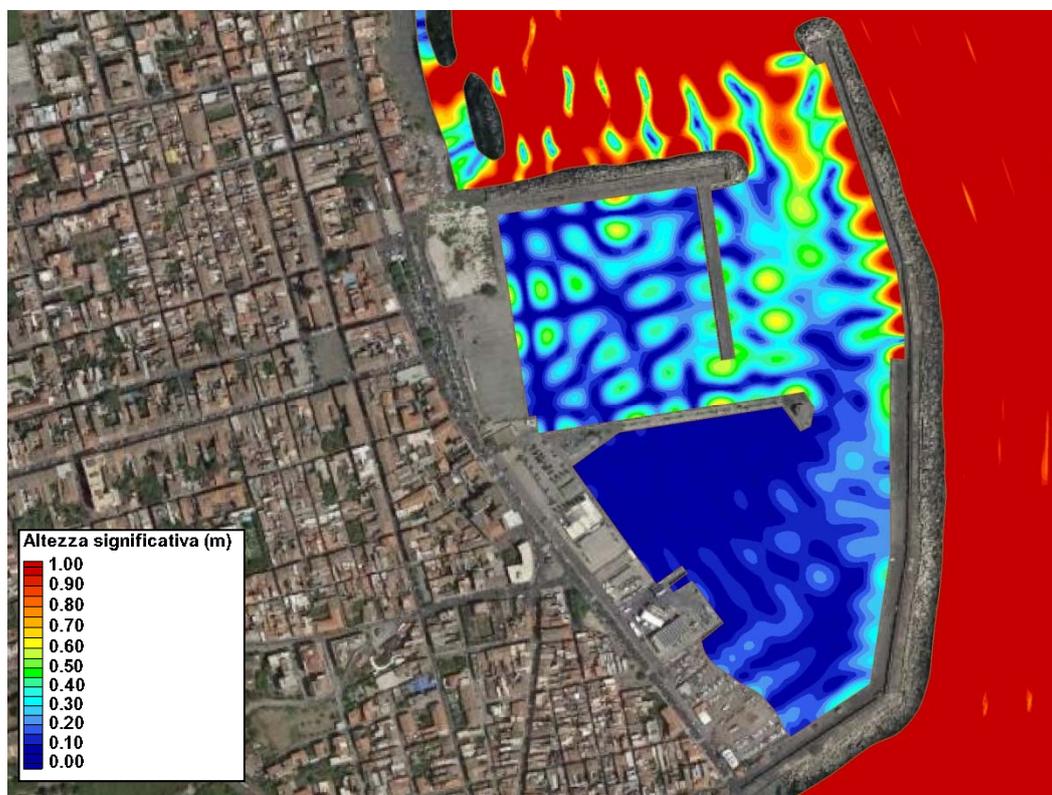


Figura 7-11 TEST 3 – T = 8 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

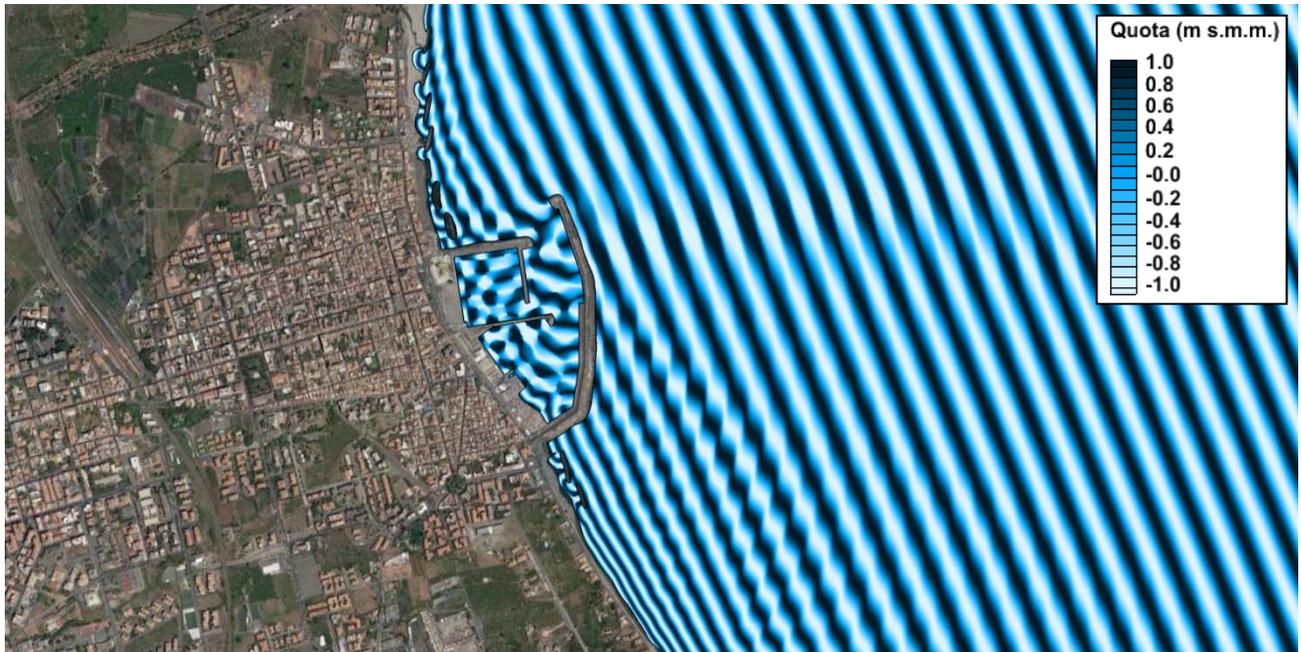


Figura 7-12 TEST 4 – T = 9 s: andamento delle creste

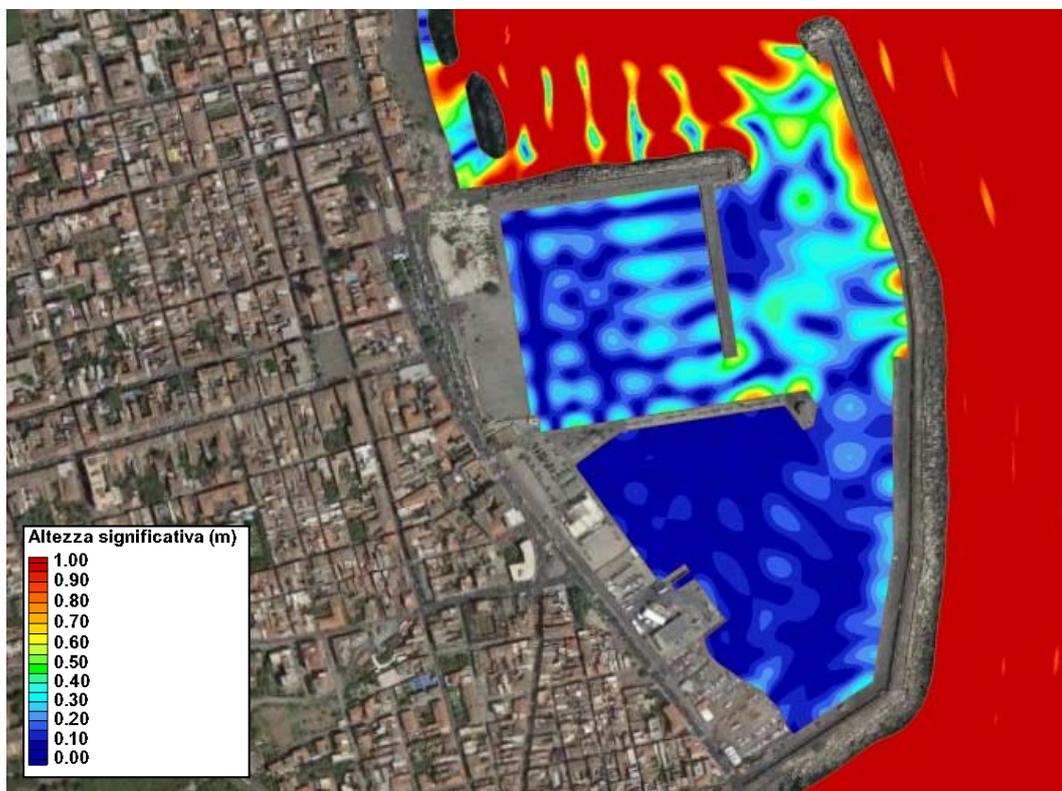


Figura 7-13 TEST 4 – T = 9 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

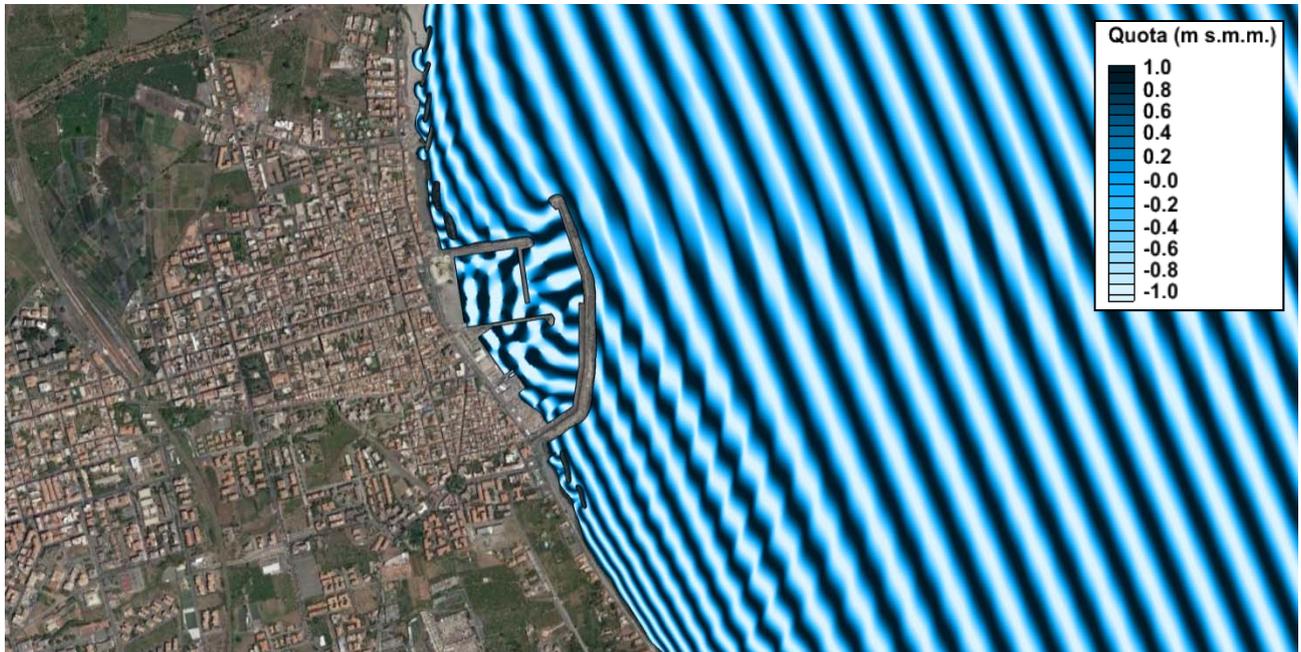


Figura 7-14 TEST 5 – T = 10 s: andamento delle creste

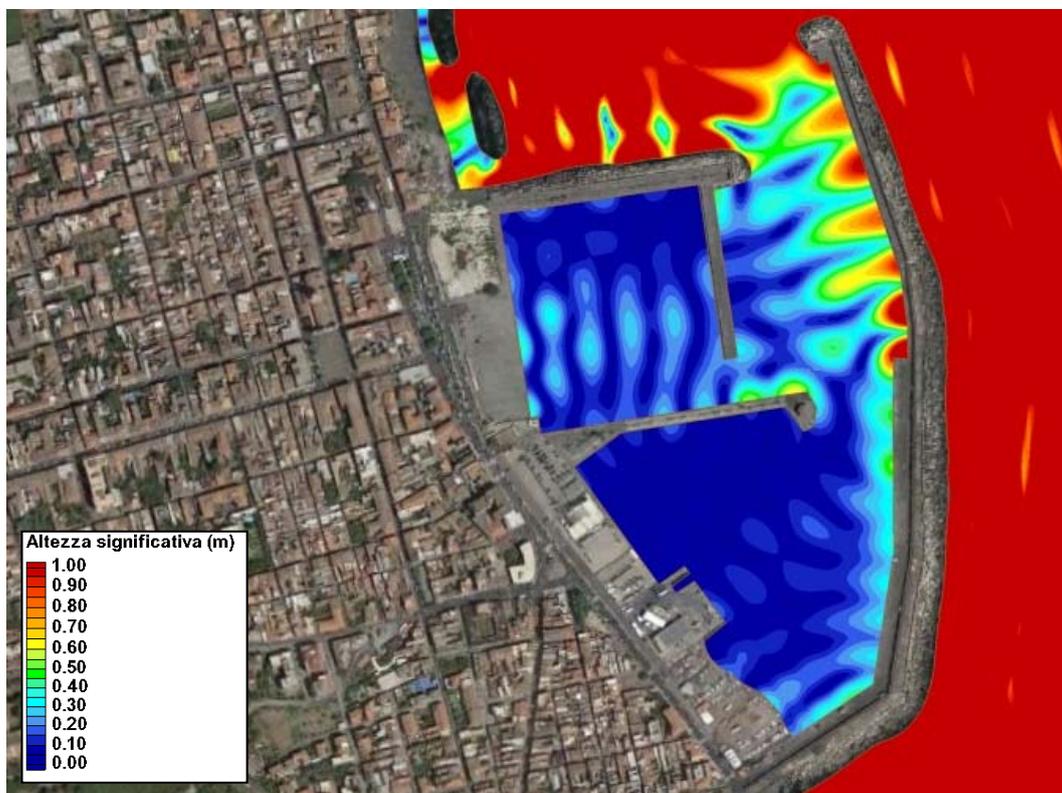


Figura 7-15 TEST 5 – T = 10 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

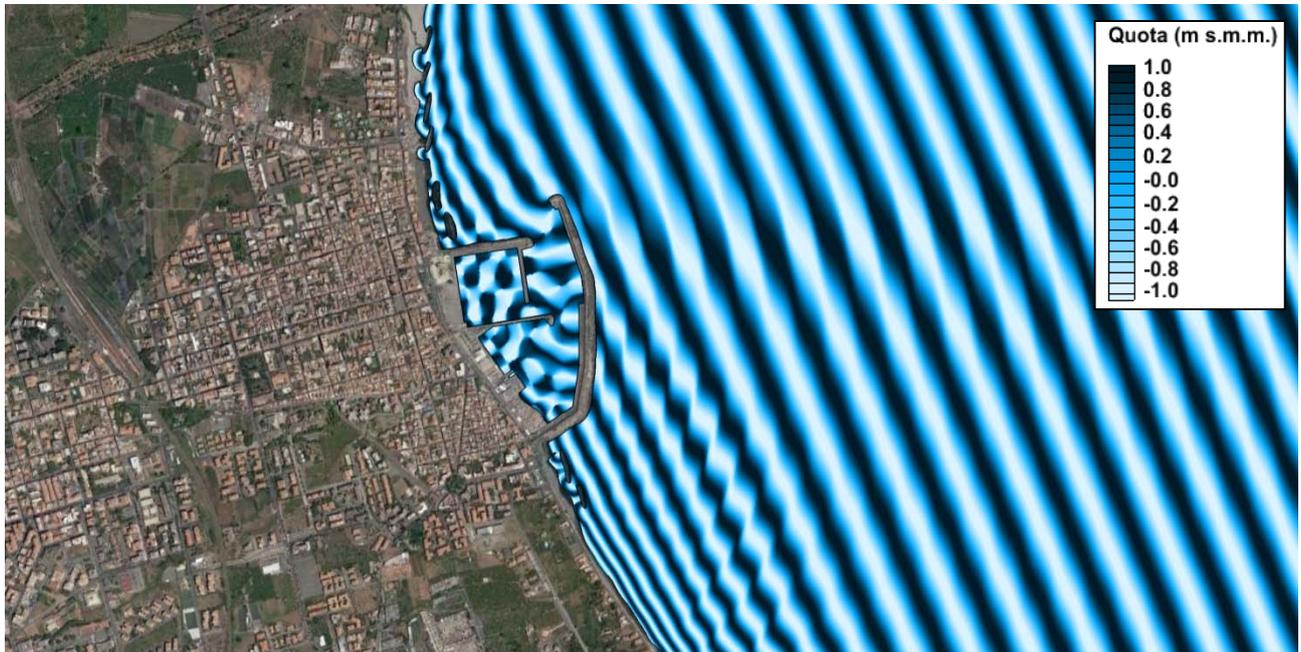


Figura 7-16 TEST 6 – T = 11 s: andamento delle creste

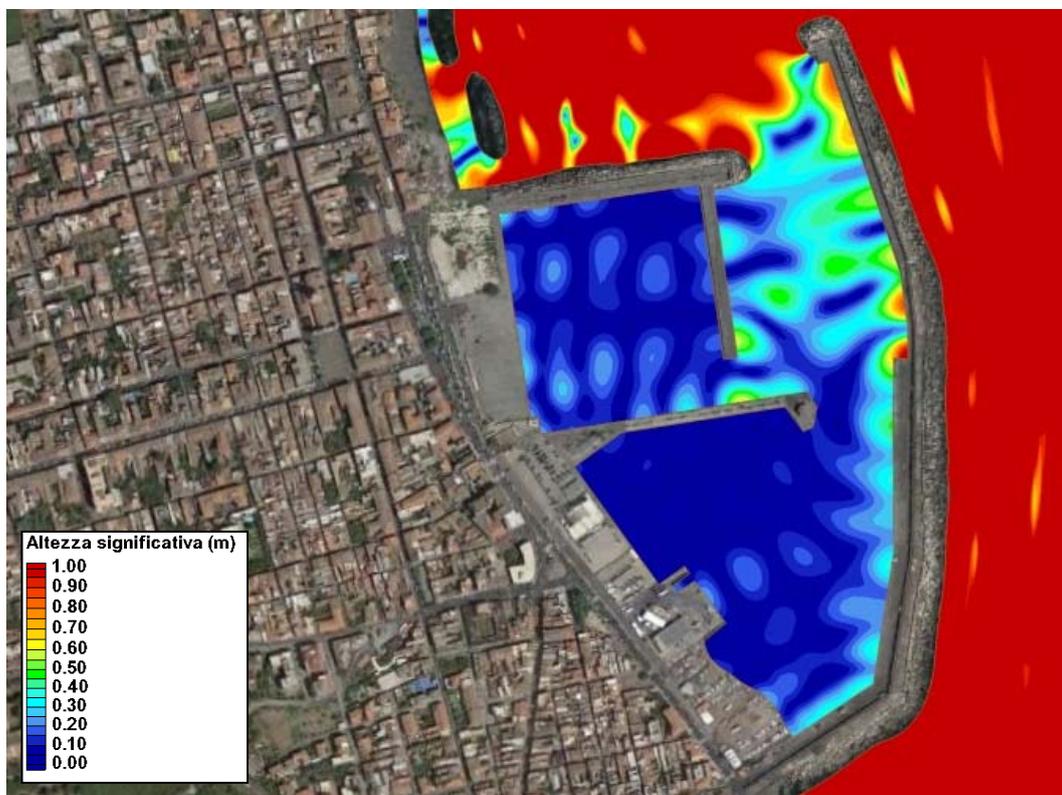


Figura 7-17 TEST 6 – T = 11 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

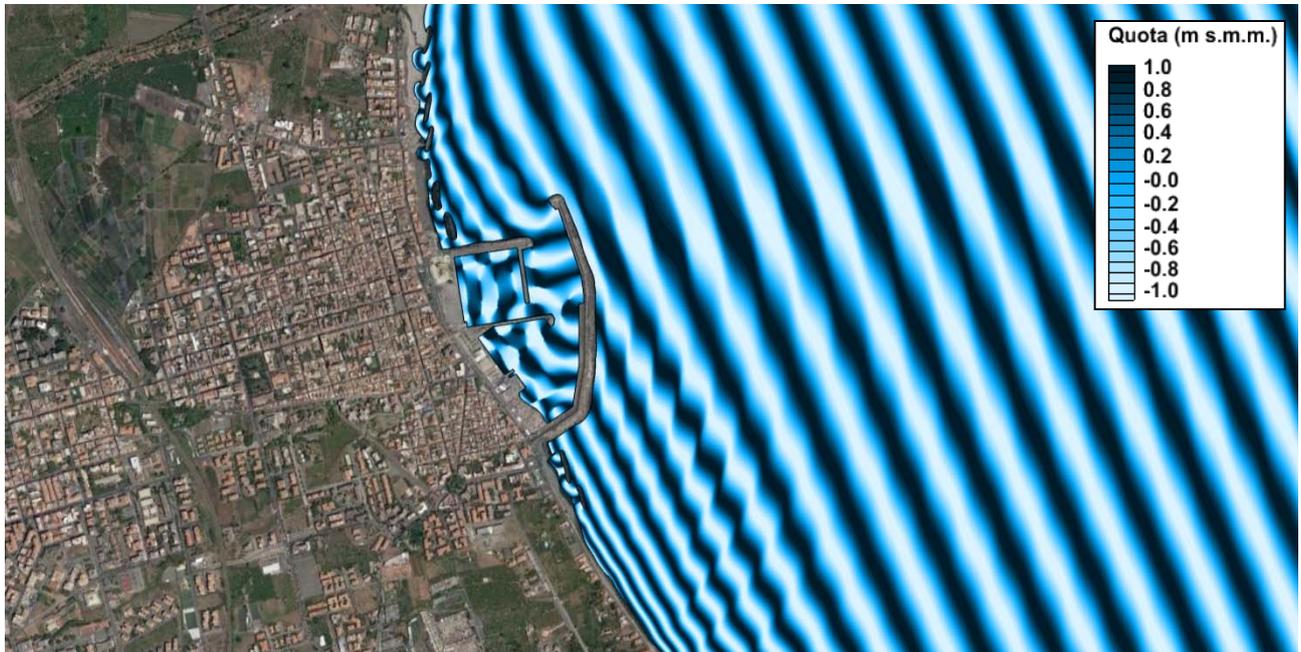


Figura 7-18 TEST 7 – T = 12 s: andamento delle creste

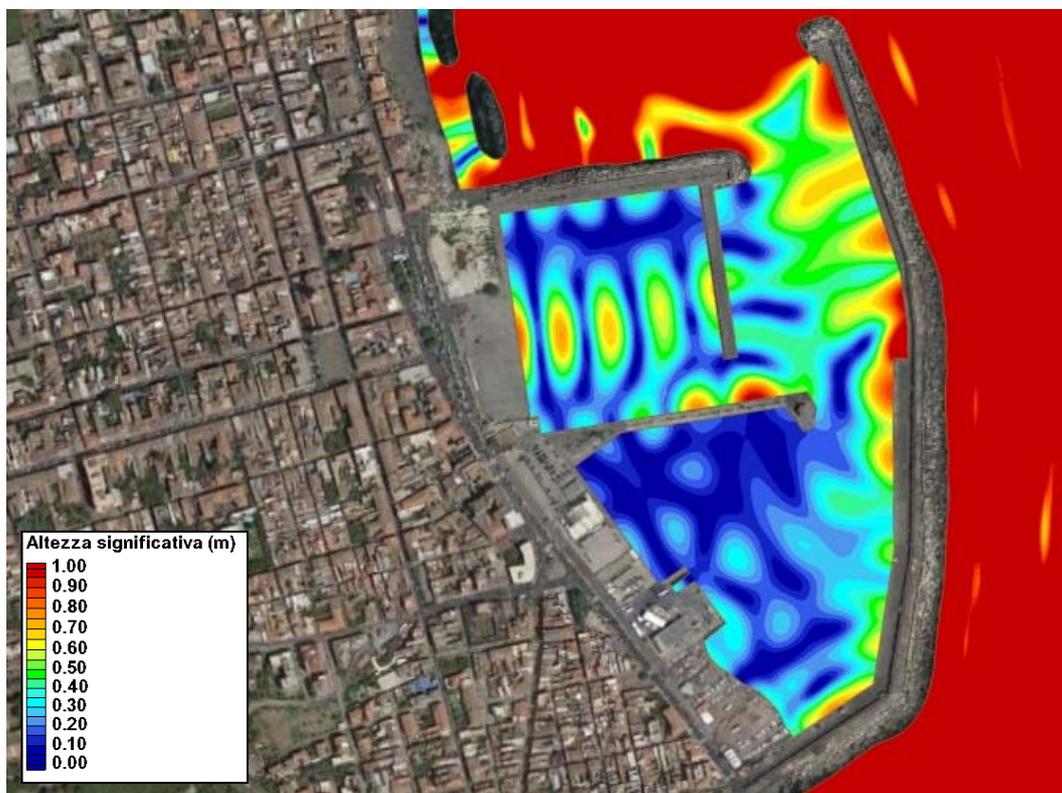


Figura 7-19 TEST 7 – T = 12 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

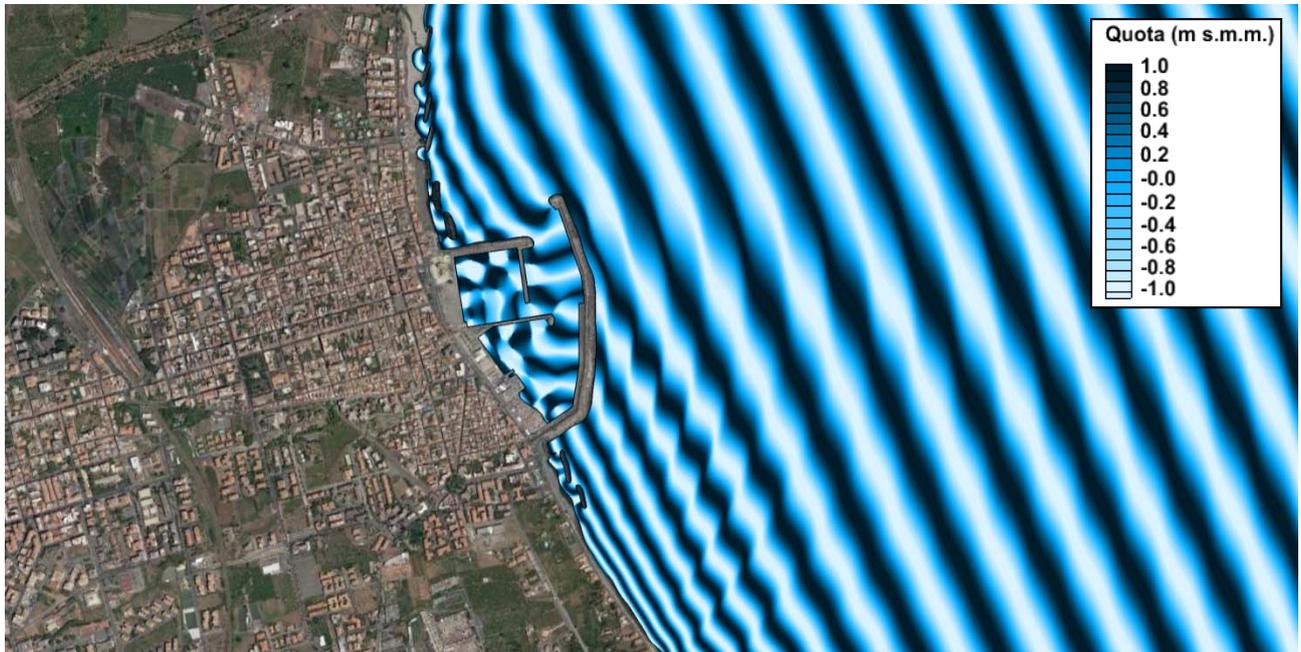


Figura 7-20 TEST 8 – T = 13 s: andamento delle creste

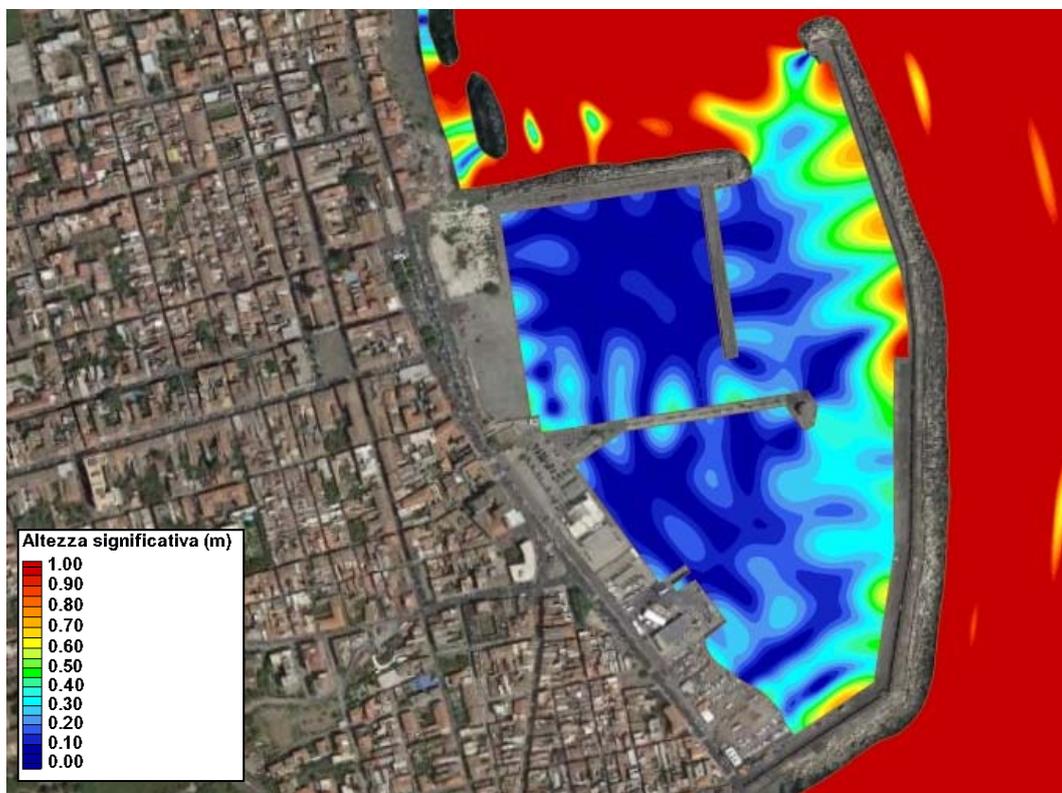


Figura 7-21 TEST 8 – T = 13 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

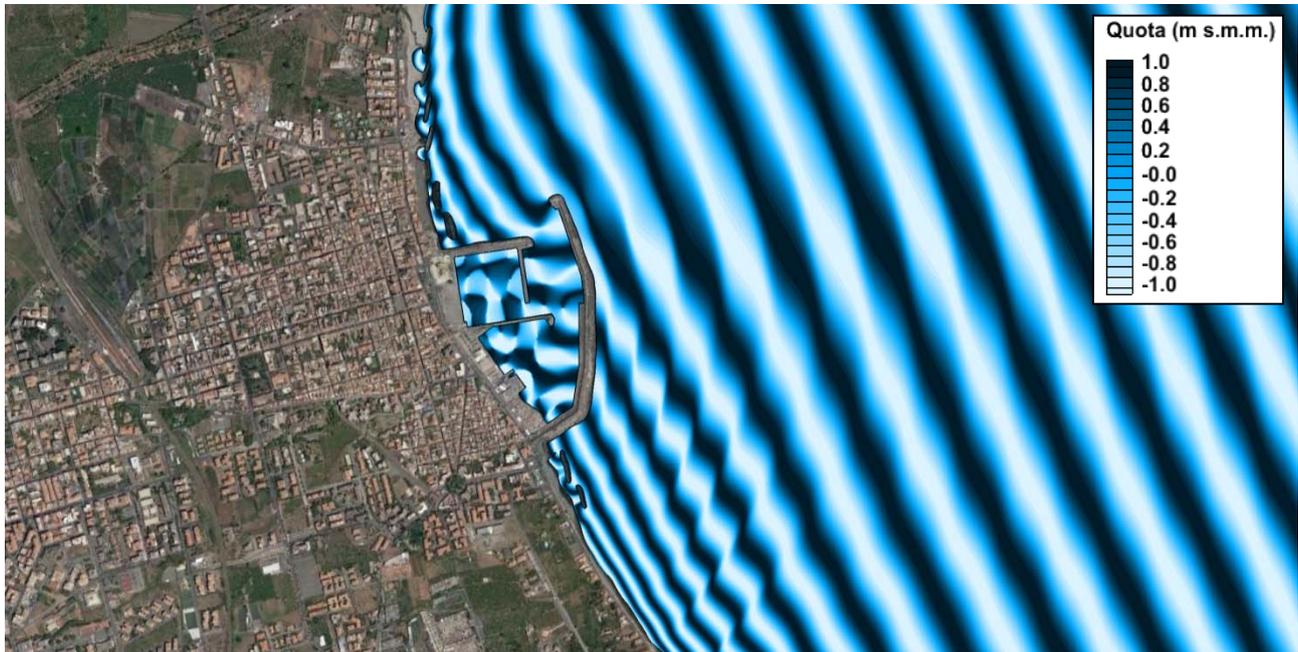


Figura 7-22 TEST 9 – T = 14 s: andamento delle creste

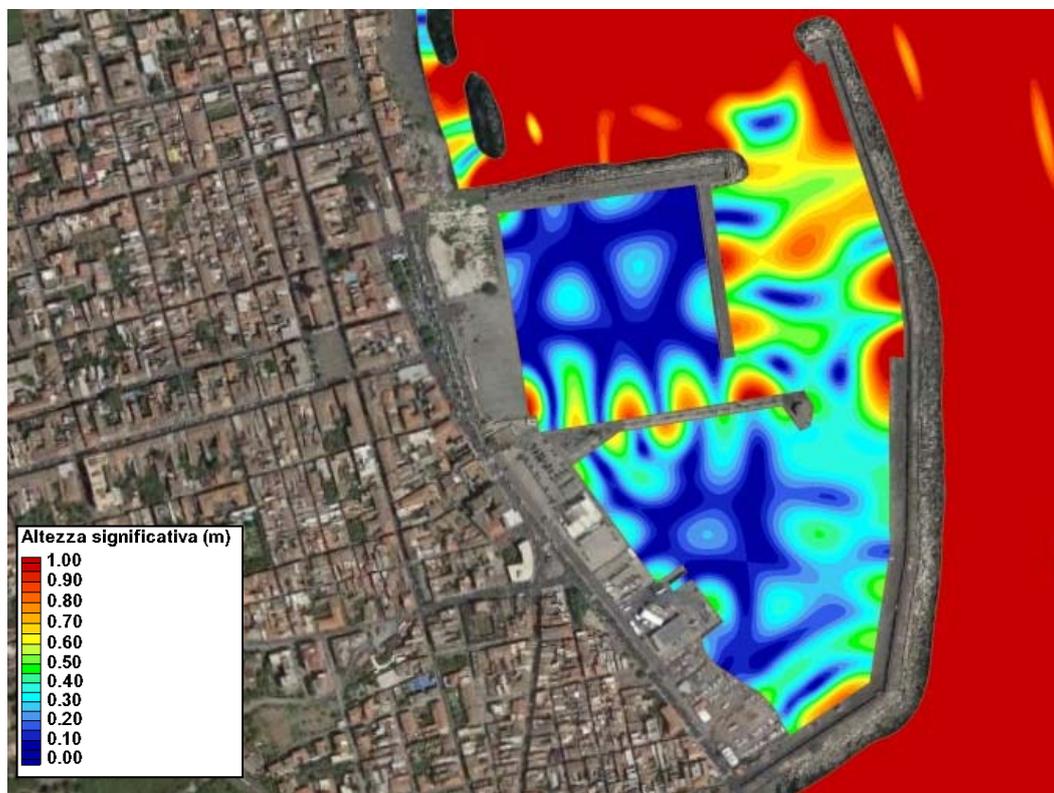


Figura 7-23 TEST 9 – T = 14 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

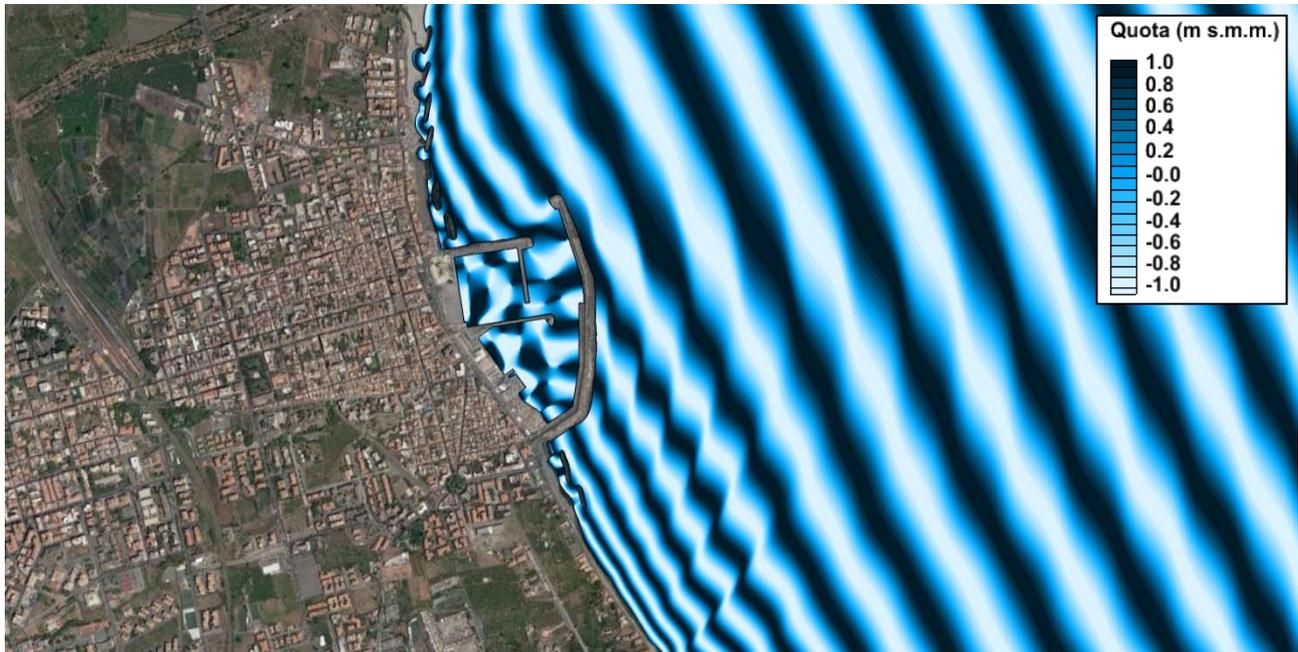


Figura 7-24 TEST 10 – T = 15 s: andamento delle creste

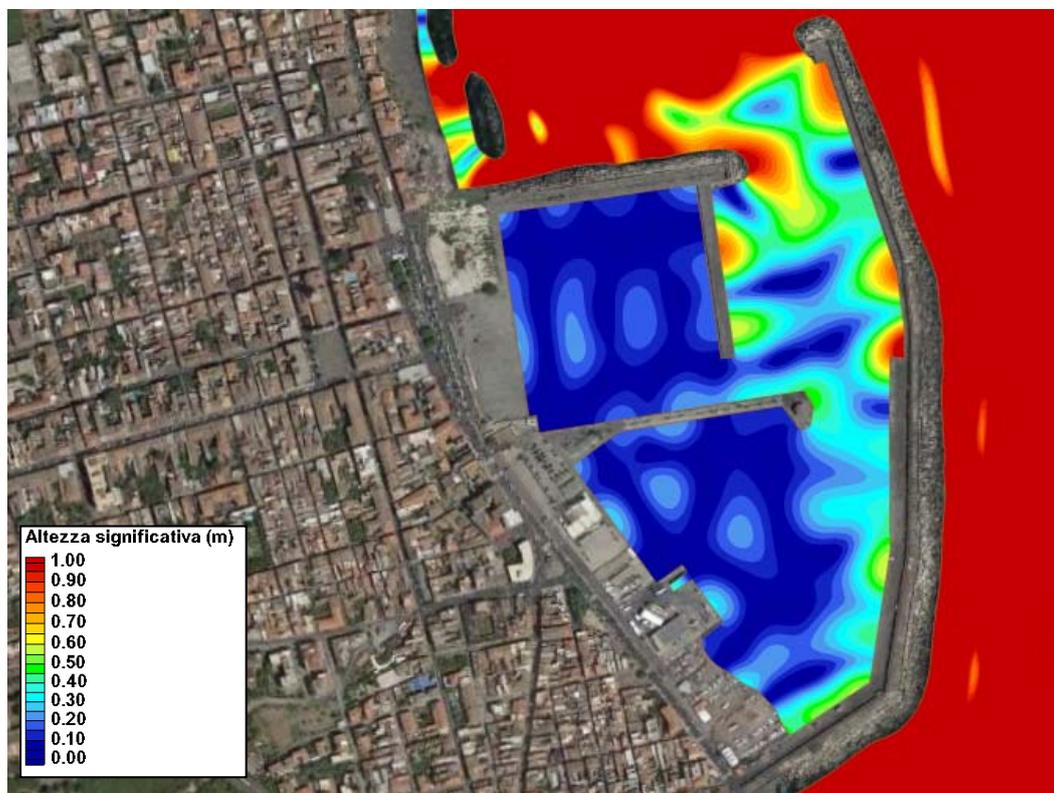


Figura 7-25 TEST 10 – T = 15 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

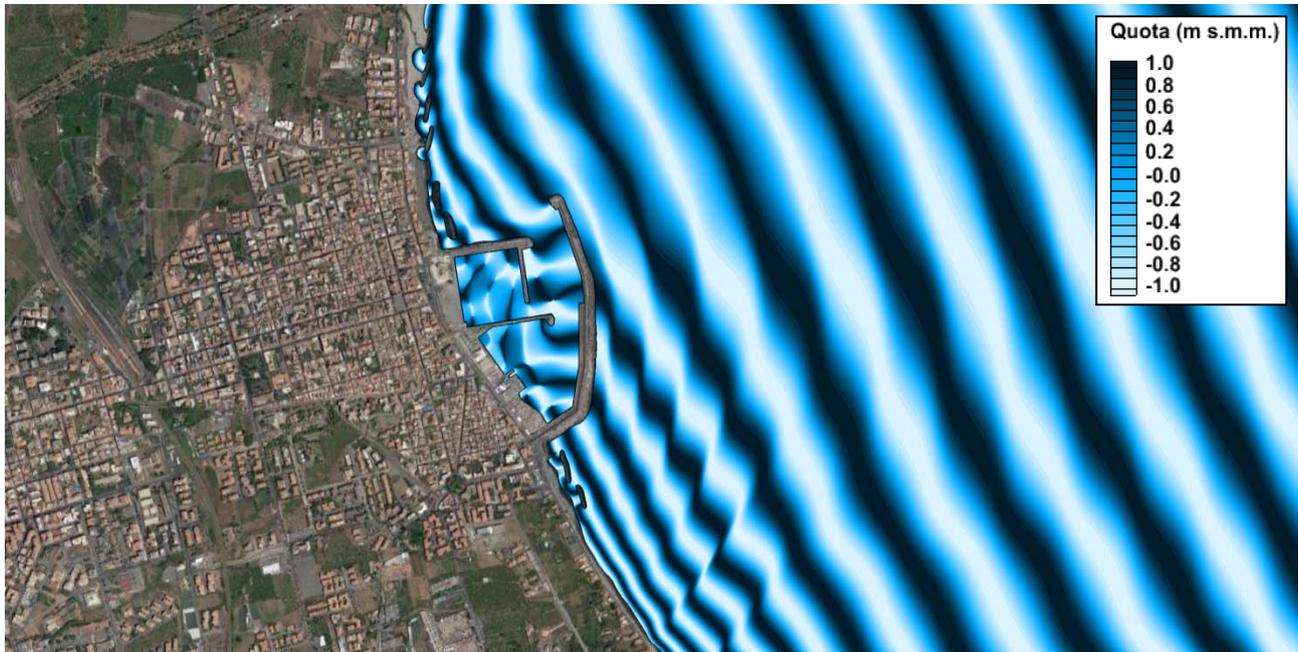


Figura 7-26 TEST 11 – T = 16 s: andamento delle creste

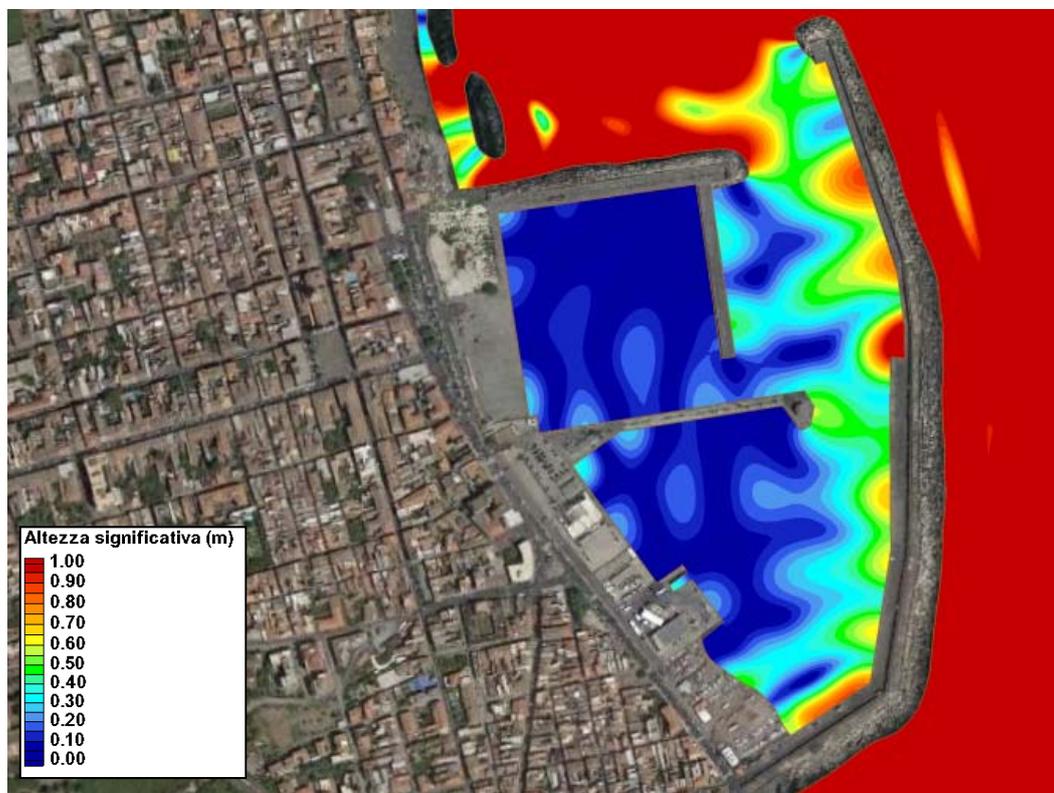


Figura 7-27 TEST 11 – T = 16 s: agitazione ondosa all'interno del porto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

7.4 Analisi della penetrazione in assenza di riflessione

Al fine di individuare i contorni del bacino interessati dall'incidenza diretta dell'onda che penetra all'interno del porto, si è proceduto allo studio della penetrazione del moto ondoso in assenza di riflessione, ovvero assumendo che tutti gli elementi del contorno (banchine) siano completamente assorbenti.

I risultati di tale studio permettono di analizzare la dinamica di penetrazione dell'onda e individuare i tratti di banchina che maggiormente contribuiscono alla riflessione e penetrazione dell'onda.

L'analisi è stata svolta per il solo Test 7, nel quale si verificano i più evidenti effetti di risonanza e la maggiore agitazione interna.

I risultati ottenuti dalla simulazione sono riportati nelle successive figure. Nel dettaglio, in Figura 7-28 viene riportato l'andamento delle creste, mentre in Figura 7-29 è viene riportata l'altezza d'onda nell'intorno del porto e all'interno del primo bacino (anche in questo caso la scala cromatica è limitata ad 1 m).

I risultati delle simulazioni mostrano che il tratto interessato dall'incidenza diretta dell'onda proveniente dall'esterno risulta essere il molo Rapisarda, e in particolare il tratto di testata.

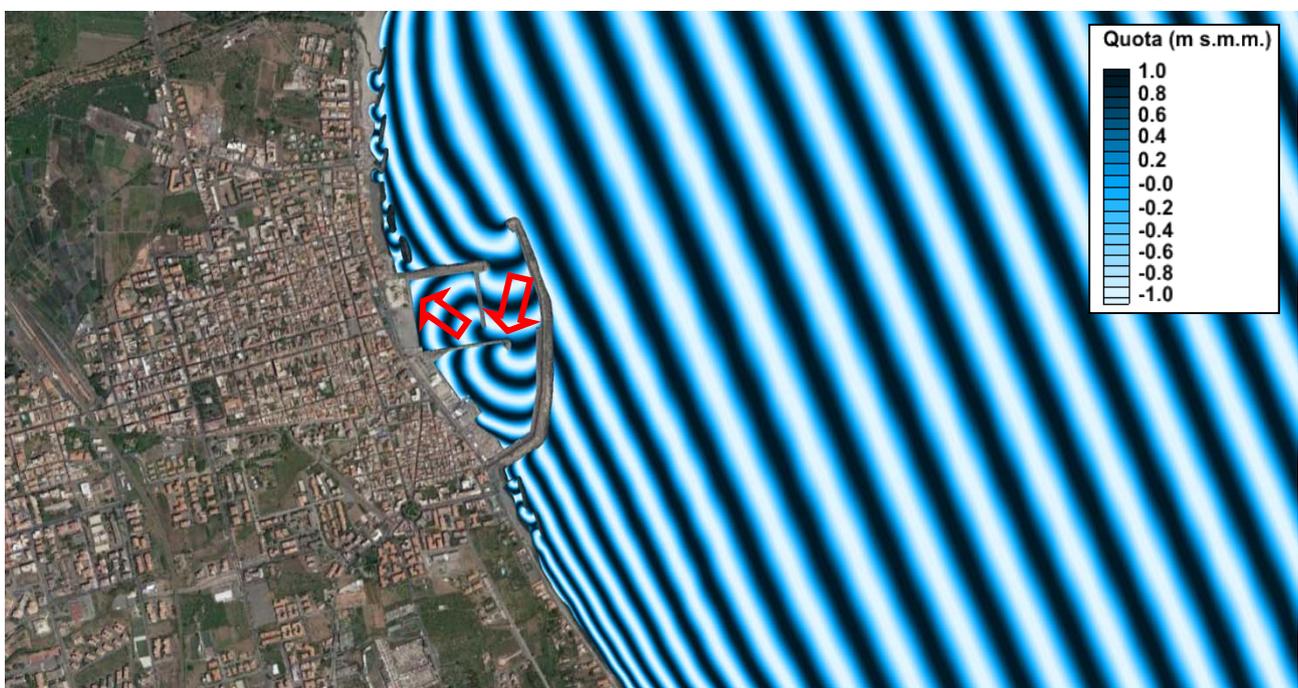


Figura 7-28 TEST 7 bis – T = 12 s: andamento delle creste

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

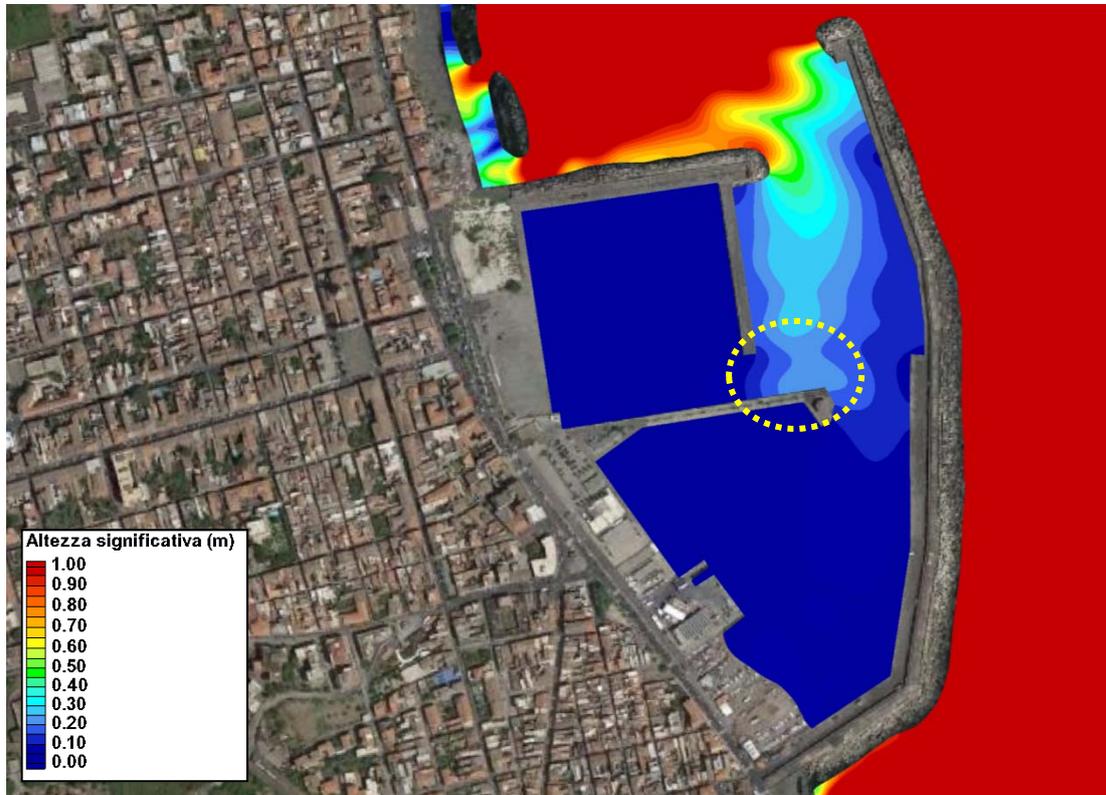


Figura 7-29 TEST 7 bis– T = 7 s: penetrazione ondosa all'interno del porto in assenza di riflessione

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

8 ANALISI DELLE POSSIBILI SOLUZIONI PROGETTUALI

Nella seconda fase dello studio si è proceduto allo screening delle possibili soluzioni progettuali, finalizzata alla riduzione dell'agitazione interna nel bacino, e basata sui seguenti criteri:

1. conservazione del layout planimetrico previsto dal Piano Regolatore Portuale vigente;
2. massimizzazione del numero di posti barca effettivamente utilizzabili, con particolare attenzione alla possibilità di ospitare grandi imbarcazioni;
3. assenza di limitazioni alla navigabilità rispetto alla configurazione attuale;
4. contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione;
5. flessibilità rispetto all'eventuale completamento delle opere previste dal Piano Regolatore Portuale vigente.

In primo luogo, sono state analizzate le soluzioni che prevedono modifiche al layout planimetrico, definitive o provvisorie:

- a. il prolungamento del molo di sopraflutto (Figura 8-1, a sinistra) è un'opera prevista dal PRP e non costituisce una limitazione alla navigabilità; tuttavia, in considerazione dell'elevato costo, per il tipo di opera e la profondità dei fondali, nonché della necessità di demolire la testata attuale per poi ricostruirla (provvisoriamente), la soluzione è stata scartata;
- b. il prolungamento del molo di sottoflutto (Figura 8-1, a destra) non è un'opera prevista dal PRP e peggiora significativamente la sicurezza della navigazione; insistendo su fondali elevati, avrebbe pure un costo elevato, soprattutto in considerazione della sua natura provvisoria; va anche rilevato che l'iter approvativo risulta molto complesso e l'esito ragionevolmente incerto.



Figura 8-1 Soluzioni che prevedono modifiche al layout planimetrico

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

Nello screening delle possibili soluzioni che prevedono modifiche al layout è stata analizzata anche la soluzione che contempla la realizzazione di un pennello sulla testata del molo di ridosso. Tale soluzione è stata valutata positivamente a livello modellistico nei precedenti studi, ma limita sia la navigabilità che l'operatività del bacino per l'ormeggio delle imbarcazioni più grandi, perdendo anche parte dei posti barca più pregiati; si è ritenuto comunque di approfondire la valutazione di questa soluzione a livello modellistico.

Sono state infine analizzate alcune soluzioni che prevedono la realizzazione di sistemi antirisacca.

La soluzione con il pennello sulla testata del molo di ridosso e le soluzioni con sistemi antirisacca sono state testate su modello numerico. L'analisi è stata svolta per il solo Test 7 (mareggiata con $H = 2.0$ m e $T = 12$ s proveniente dal settore di Grecale, 67.5°N), caratterizzato dal più evidente fenomeno di risonanza e dalla maggiore agitazione interna.

8.1 Soluzioni progettuali analizzate

Come anticipato nel paragrafo precedente, la modellazione numerica è stata utilizzata per valutare il comportamento del primo bacino nell'ipotesi di intervenire con il pennello sul molo di ridosso, ovvero di introdurre elementi antiriflettenti sulle banchine esistenti. Si fa presente che, essendo la quota di banchina molto bassa e il periodo delle onde relativamente elevato, la possibilità di utilizzare celle antirisacca è stata scartata: con la geometria a disposizione, infatti, le celle sarebbero quasi interamente sommerse e difficilmente in grado di garantire un'adeguata efficacia. Si ritiene che, a fronte di un costo elevato, la prestazione attesa non ne giustifichi l'adozione. Al contrario, la realizzazione di scogliera, in adiacenza alle banchine esistenti, garantisce un'adeguata efficacia e non comporta un costo elevato. Infine, qualora le opere previste dal Piano Regolatore Portuale venissero completate, la scogliera potrebbe essere rimossa, restituendo totale funzionalità alla banchina esistente.

Per la valutazione dei tratti di banchina da rendere antiriflettenti sono stati analizzati i risultati dello studio della penetrazione del moto ondoso e della risonanza.

Lo studio della risonanza ha permesso di analizzare la dinamica del fenomeno e desumere che il contorno che contribuisce principalmente all'innesco di tale fenomeno risulta essere la banchina Grasso (cfr. precedente 7.3).

Lo studio della penetrazione in condizione di assenza di riflessione da parte dei contorni interni ha permesso di valutare quali sono in contorni che per primi e in maggior misura riflettono il moto ondoso che penetra dall'esterno (cfr. precedente paragrafo 7.4).

È evidente che introdurre su tali contorni sistemi antirisacca massimizza l'efficacia dell'intervento. In definitiva le configurazioni testate tramite modellazione numerica sono di seguito riassunte e riportate nella figura Figura 8-2:

- 1) Pennello sulla testata del molo di ridosso;
- 2) Scogliera sulla Banchina Grasso;
- 3) Scogliera su tutto il Molo Rapisarda;
- 4) Scogliera sulla Banchina Grasso e sul Molo Rapisarda.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO



Figura 8-2 Soluzioni progettuali analizzate

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

8.2 Agitazione interna per le diverse soluzioni progettuali

I risultati ottenuti dalle simulazioni della propagazione del moto ondoso, in termini di moto ondoso all'interno del bacino portuale per le diverse soluzioni progettuali ipotizzate, sono riportati nelle figure alle pagine seguenti.

Le figure rappresentano mediante gradazioni cromatiche le caratteristiche locali della mareggiata: in Figura 8-5, Figura 8-7, Figura 8-9 e Figura 8-11 sono infatti riportate le altezze d'onda nell'intorno del porto e all'interno del primo bacino, limitando la scala cromatica ad 1 m. Per una più agevole interpretazione dei risultati l'agitazione interna per ciascuna delle diverse configurazioni progettuali è stata messa a confronto con la configurazione attuale (Figura 8-4, Figura 8-6, Figura 8-8 e Figura 8-10).

Dai risultati ottenuti si evince l'efficacia delle diverse soluzioni: il pennello sulla testata del molo di ridosso fornisce un'attenuazione dell'agitazione interna, ma il risultato non appare sufficiente né proporzionato all'impatto economico e funzionale dell'opera. Le scogliere risultano notevolmente più efficaci, soprattutto se abbinare.

Al fine di una più facile interpretazione dei risultati, l'altezza d'onda massima all'interno del primo bacino è stata riportata in Figura 8-3 per ciascuna configurazione analizzata. Risulta evidente, come già evidenziato, che la realizzazione della scogliera antiriflettente sia nella Banchina Grasso che nel Molo Rapisarda determina un notevole abbattimento dell'altezza d'onda residua all'interno del primo bacino.

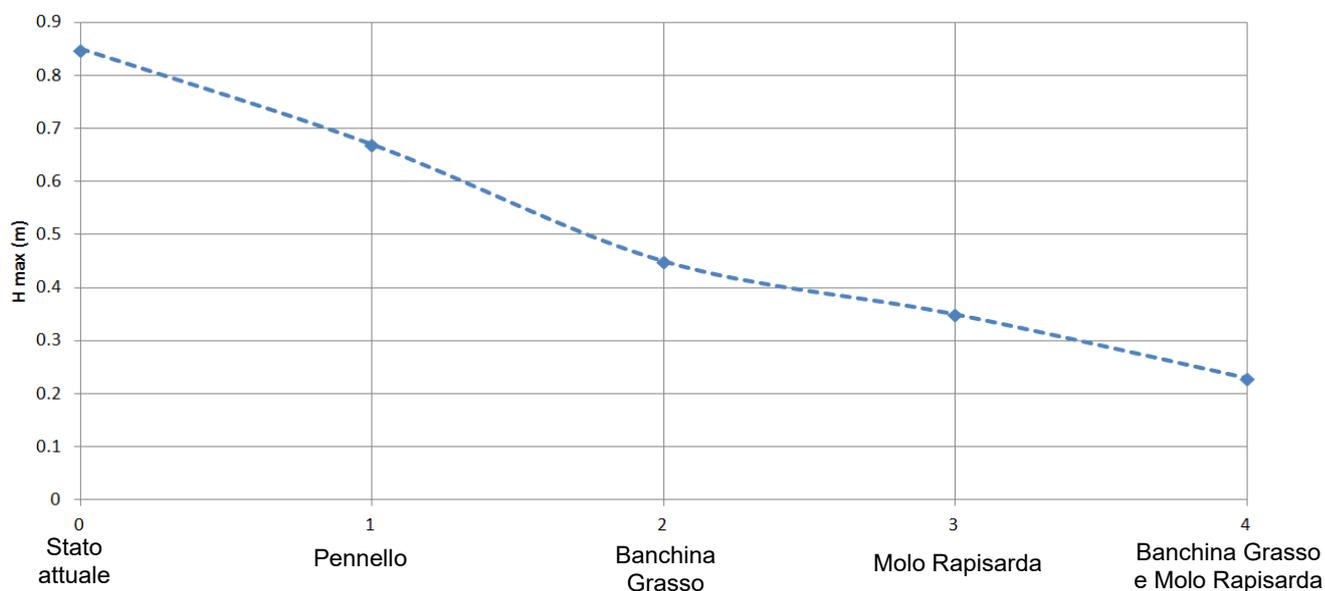


Figura 8-3 Risultati delle simulazioni in termini di altezza d'onda massima all'interno del primo bacino per le diverse configurazioni analizzate

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

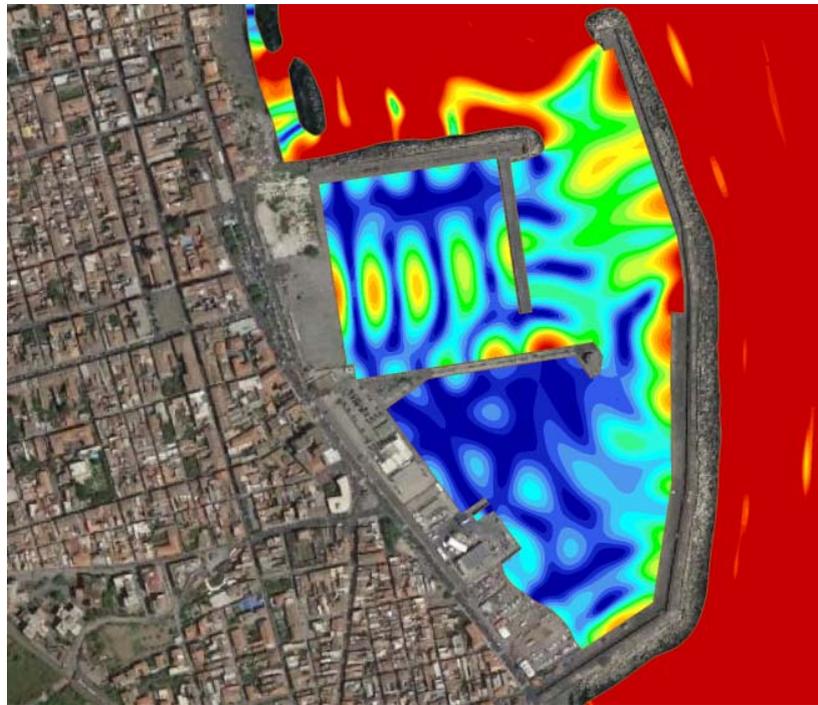


Figura 8-4 Agitazione interna in configurazione attuale

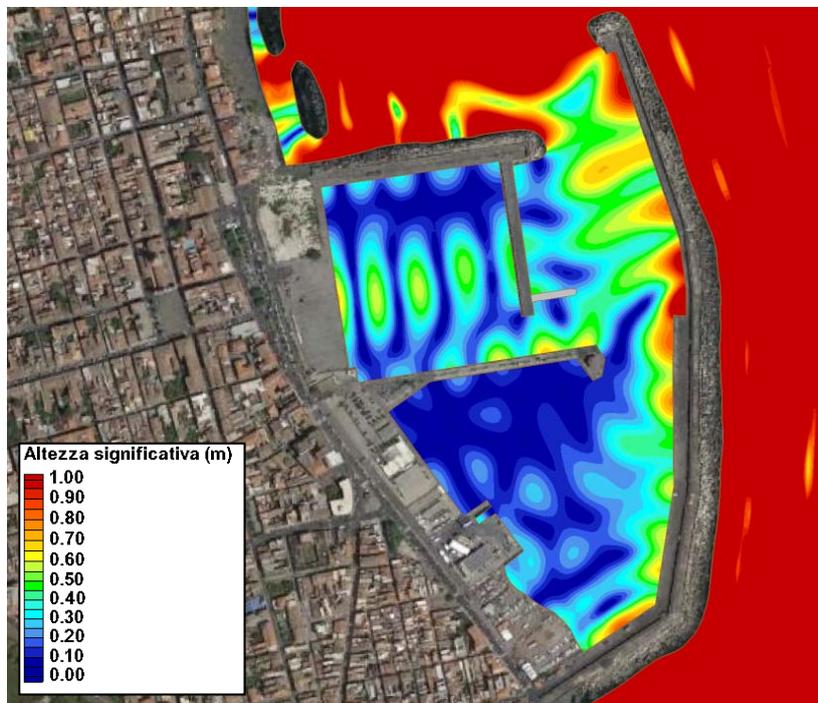


Figura 8-5 Agitazione interna per soluzione 1:
Pennello sulla testata del molo di ridosso

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

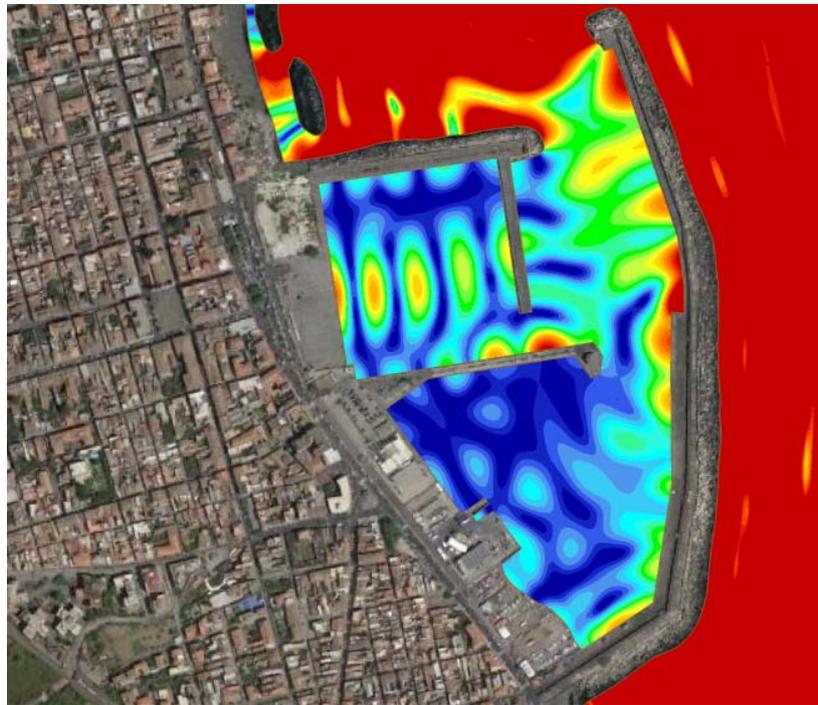


Figura 8-6 Agitazione interna in configurazione attuale

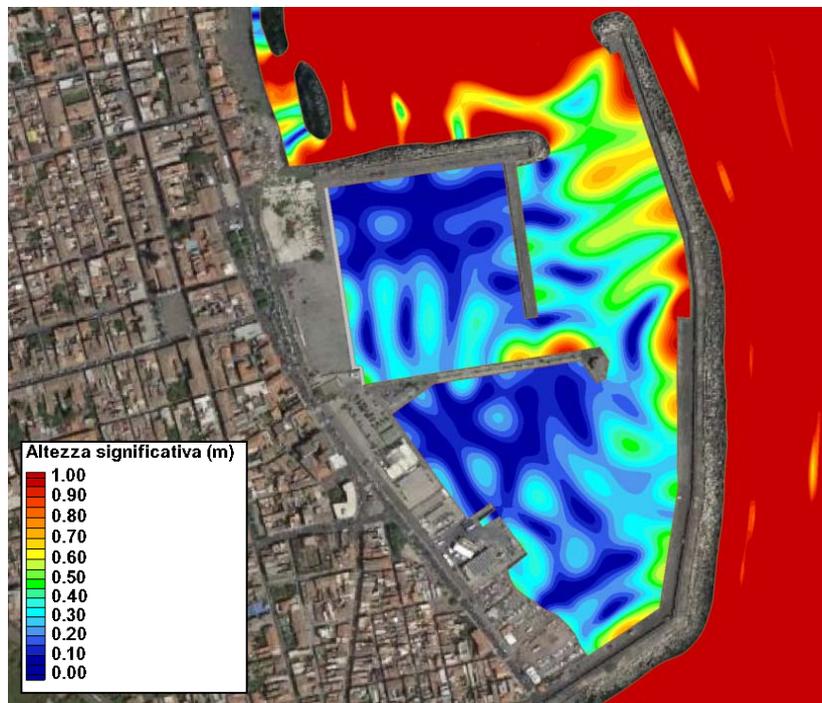


Figura 8-7 Agitazione interna per soluzione 2: scogliera su Banchina Grasso

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

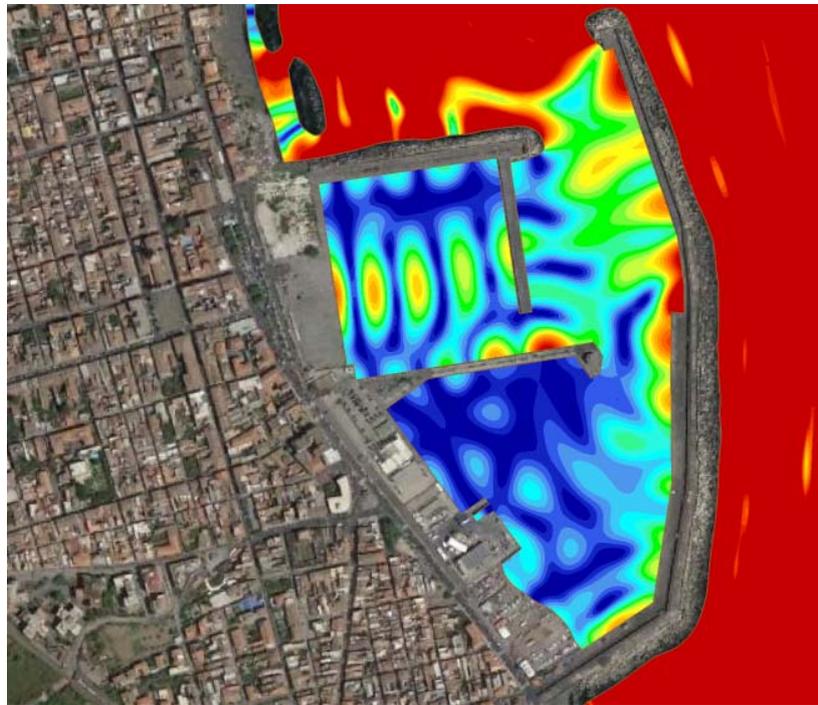


Figura 8-8 Agitazione interna in configurazione attuale

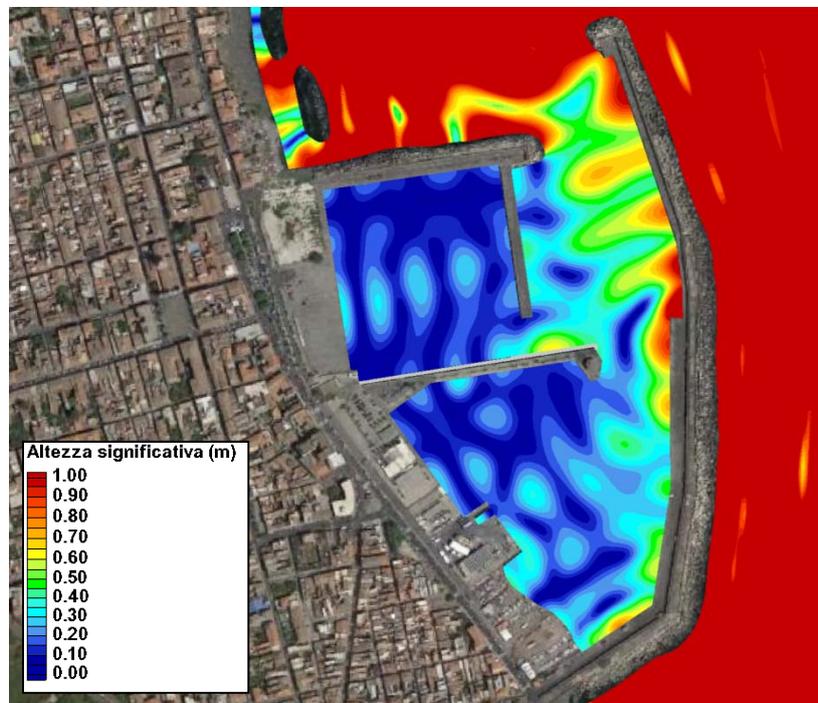


Figura 8-9 Agitazione interna per soluzione 3: scogliera su Molo rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

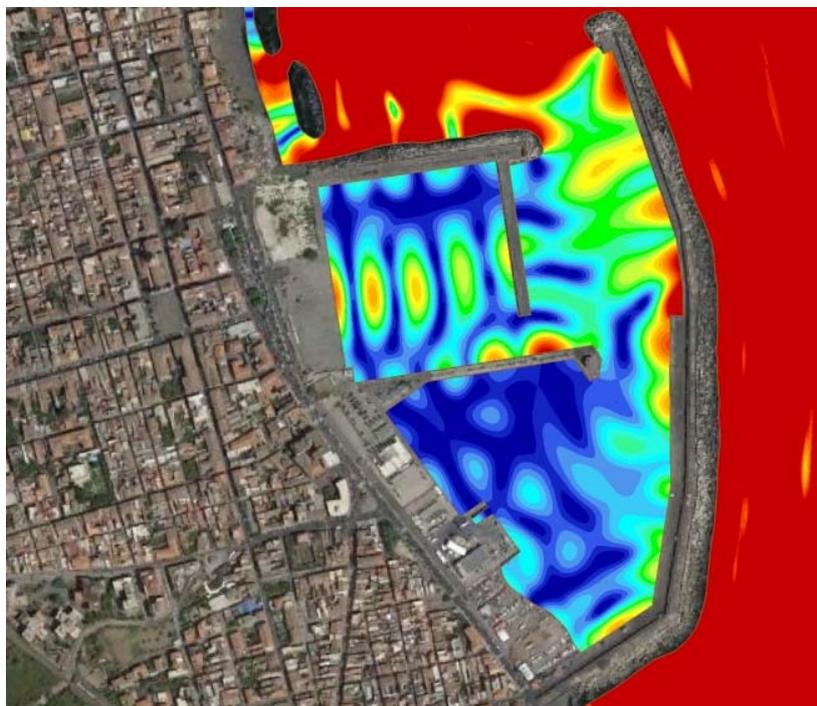


Figura 8-10 Agitazione interna in configurazione attuale

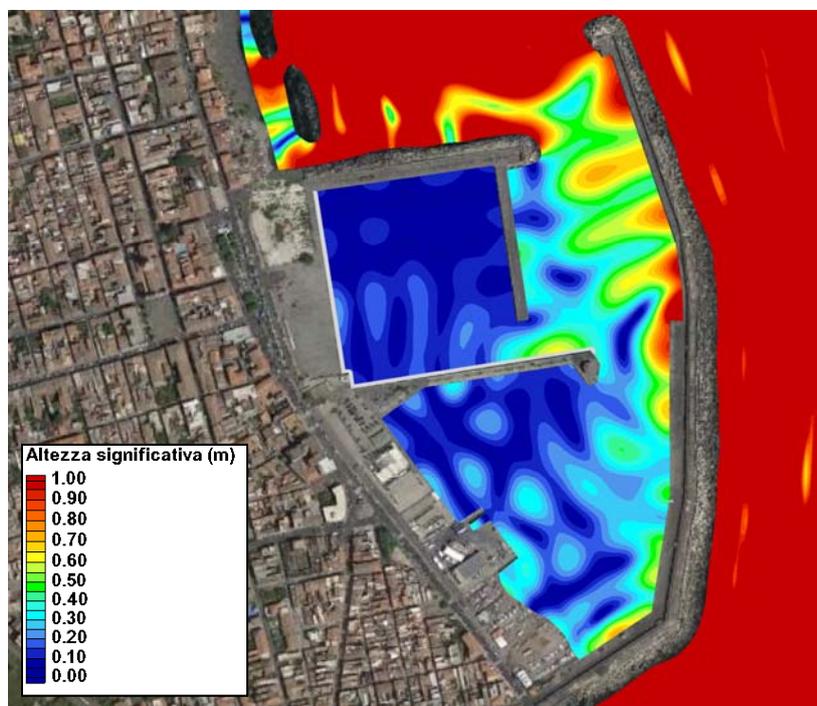


Figura 8-11 Agitazione interna per soluzione 4:
scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

9 VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE INTERNA PER LE SOLUZIONI PROGETTUALI PROPOSTE

Nella fase finale dello studio si è proceduto, mediante modellazione matematica, alla verifica dell'agitazione interna nel bacino per le soluzioni ritenute ottimali al fine di ridurre l'agitazione interna nel primo bacino.

Sulla base dei risultati ottenuti per le diverse configurazioni progettuali, nonché su più generali considerazioni di carattere economico e funzionale, sono state individuate due possibili soluzioni:

- A. Scogliera sulla Banchina Grasso: la realizzazione di una scogliera a ridosso della Banchina Grasso consente di ottenere un significativo abbattimento dell'agitazione interna, a fronte di un investimento economico non eccessivo (le profondità a ridosso della banchina sono piuttosto ridotte).
- B. Scogliera sulla Banchina Grasso e sul Molo Rapisarda: la realizzazione di un ulteriore tratto di scogliera nel tratto di testata del molo Rapisarda consente un ulteriore abbattimento dell'agitazione ondosa, che risulterebbe così conforme agli standard di settore.

La verifica delle condizioni di agitazione residua nel bacino portuale è stata eseguita facendo riferimento ai valori di altezza d'onda raccomandati nelle Linee Guida degli Australian Standard (AS3962):

- condizione rara: $H \leq 0.60$ m
per eventi con periodo di ritorno di 50 anni;
- condizione frequente: $H_s \leq 0.30$ m
per eventi con periodo di ritorno di 1 anno.

9.1 Mareggiate analizzate

Le mareggiate analizzate nello studio sono quelle associate agli eventi definiti in precedenza, cioè eventi con tempo di ritorno di 1 e 50 anni. Le caratteristiche delle mareggiate da assegnare come input sul contorno del modello sono state ricavate sulla base della statistica degli eventi estremi elaborata nel precedente capitolo 6.

Nel dettaglio, considerato che il contorno del modello di agitazione CGWAVE ha profondità dell'ordine dei 200 m, è stato scelto di assegnare sul contorno del modello le caratteristiche delle mareggiate estreme al largo in quanto non si ritiene che tali mareggiate subiscano, nel propagarsi fino a tali profondità, variazioni significative in termini di altezza d'onda e direzione.

Sulla base delle risultanze dell'analisi del clima ondoso e degli studi su modello già svolti a corredo del progetto esecutivo per le mareggiate estreme, si è scelto di propagare

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

solo le mareggiate estreme ritenute più significative, cioè la mareggiata di Greco-Levante (67.5°N) e di Levante (90°N). Tali mareggiate risultano infatti essere quelle caratterizzate da maggiore energia e maggiore capacità di penetrazione all'interno del porto.

Il periodo di picco da associare alle mareggiate estreme è stato ricavato in funzione dell'altezza d'onda mediante le relazioni di seguito riportate (Boccotti, 1997):

$$T_m = 6.6\pi \sqrt{\frac{H_s}{4 \cdot g}} \quad \text{e} \quad T_p = \frac{T_m}{0.78}$$

In considerazione delle criticità riscontrate legate alla risonanza, si è ritenuto di associare alle mareggiate simulate il periodo più prossimo tra quelli in grado di esaltare il fenomeno (cfr. studio della risonanza, par. 7.3).

Nella successiva Tabella 9-1 sono riassunte le caratteristiche delle mareggiate utilizzate nelle simulazioni per la verifica del rispetto degli standard di settore.

Tabella 9-1 Caratteristiche delle mareggiate considerate nello studio

TEST	Caratteristiche	H _s (m)	T _p (s)	Dir (°N)
12	T _R = 1 anno	3.00	8	67.5
13	T _R = 50 anni	5.82	12	67.5
14	T _R = 1 anno	3.58	8	90
15	T _R = 50 anni	7.28	12	90

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

9.2 Verifica delle condizioni di agitazione ondosa

I risultati ottenuti dalle simulazioni della propagazione del moto ondoso, in termini di agitazione interna per le mareggiate con tempo di ritorno di 1 e 50 anni, sono riportati nelle figure alle pagine seguenti. Le figure rappresentano mediante gradazioni cromatiche le caratteristiche locali della mareggiata.

9.2.1 Penetrazione del moto ondoso e agitazione ondosa

In Figura 9-1, Figura 9-3, Figura 9-5 e Figura 9-7 sono riportati i risultati in termini di altezza d'onda nell'intorno porto e all'interno del primo bacino per la configurazione A (scogliera su Banchina Grasso), mentre in Figura 9-2, Figura 9-4, Figura 9-6 e Figura 9-8 sono riportati i risultati per la configurazione B (scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda). Si ricorda che per una miglior lettura dei risultati la scala cromatica è stata limitata ad 1 m.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

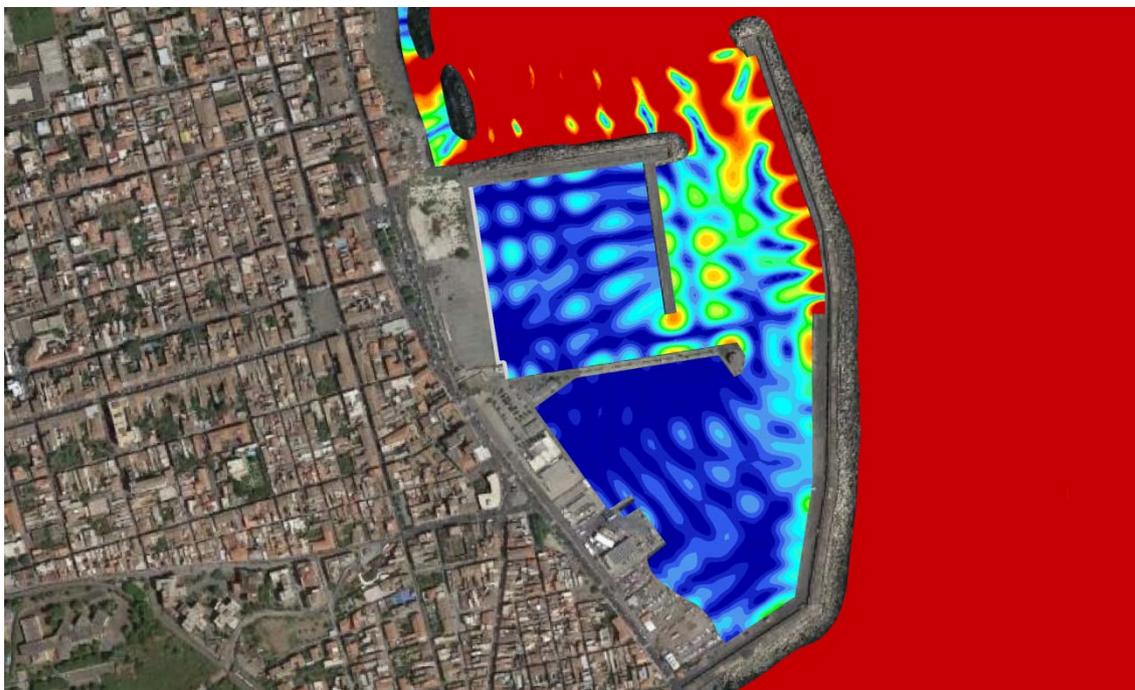


Figura 9-1 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

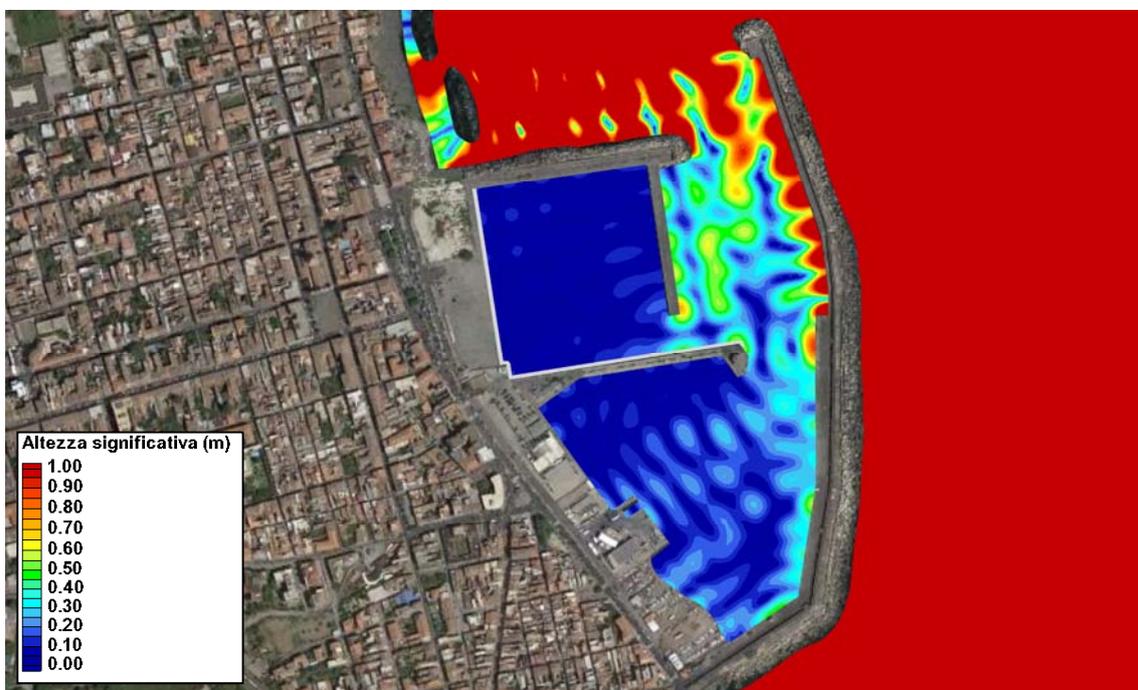


Figura 9-2 TEST 12: $H_S = 3.00$ m, $T_P=8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

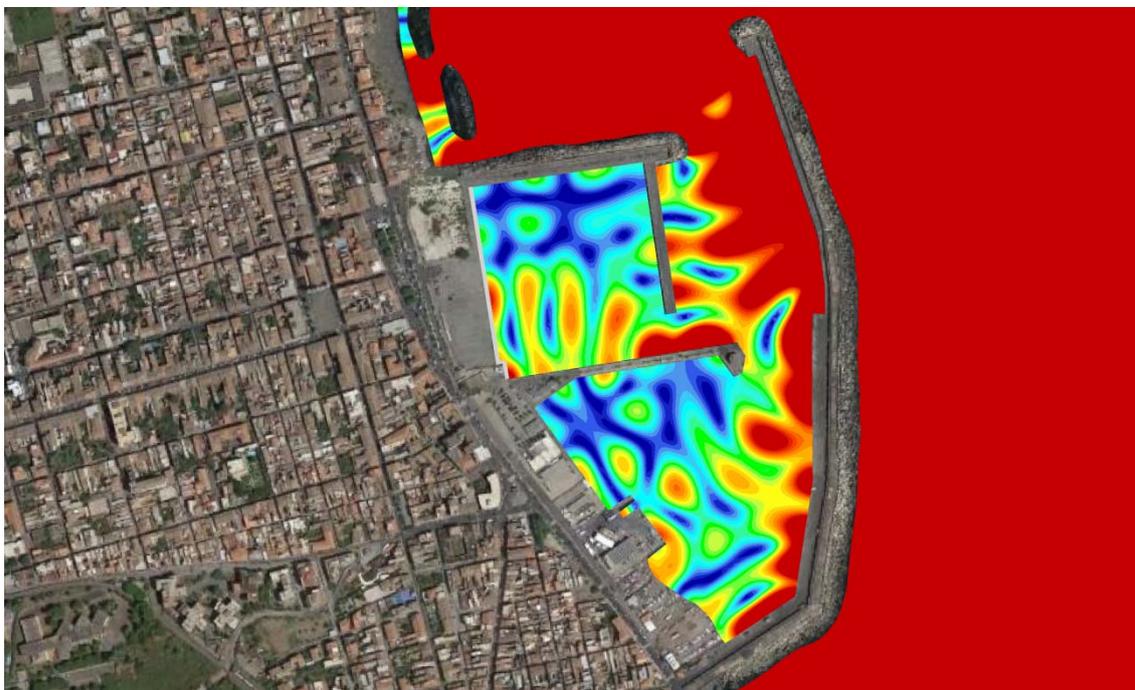


Figura 9-3 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P = 12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

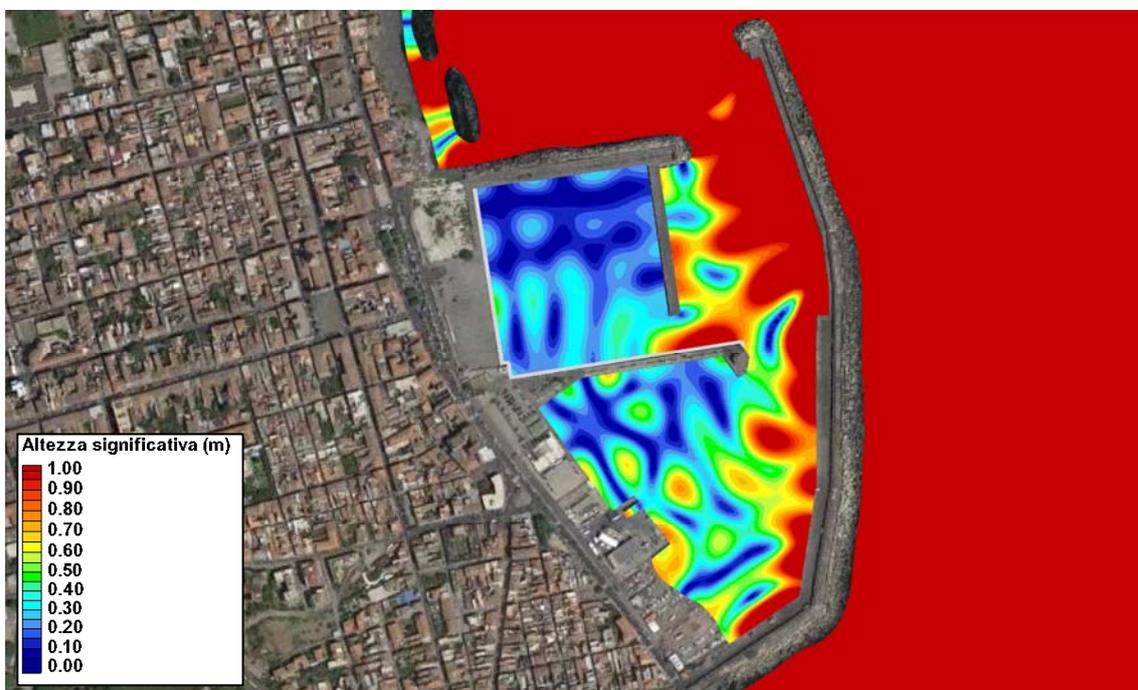


Figura 9-4 TEST 13: $H_S = 5.82$ m, $T_P = 12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

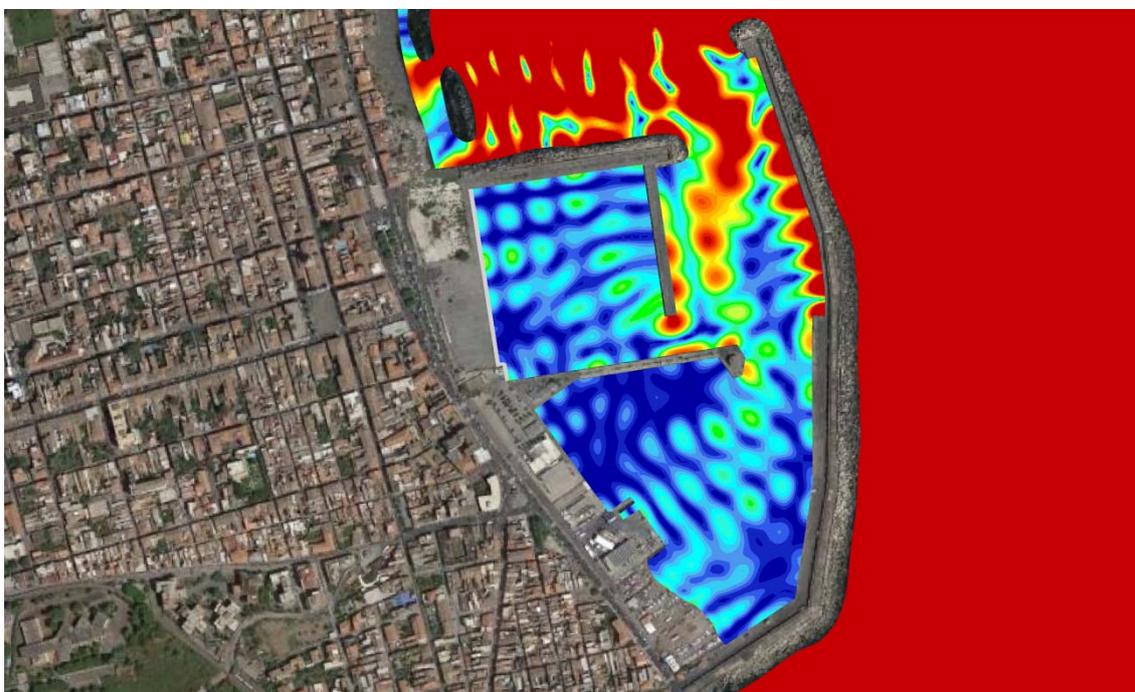


Figura 9-5 TEST 14: $H_s = 3.58$ m, $T_p = 8$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

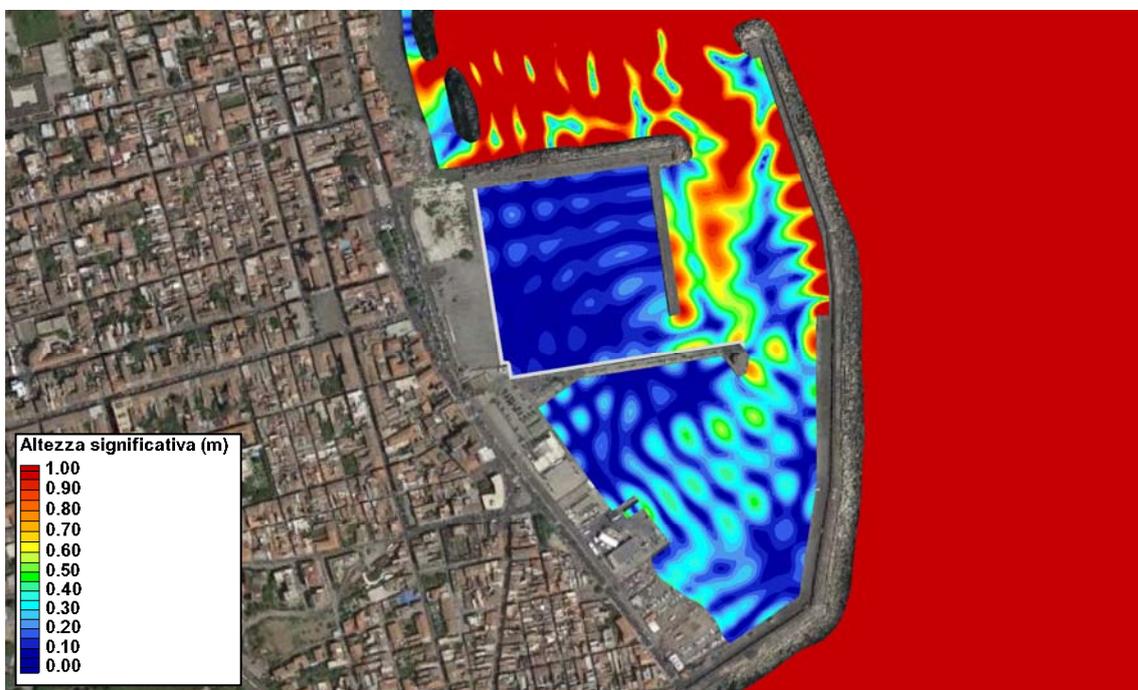


Figura 9-6 TEST 14: $H_s = 3.58$ m, $T_p = 8$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

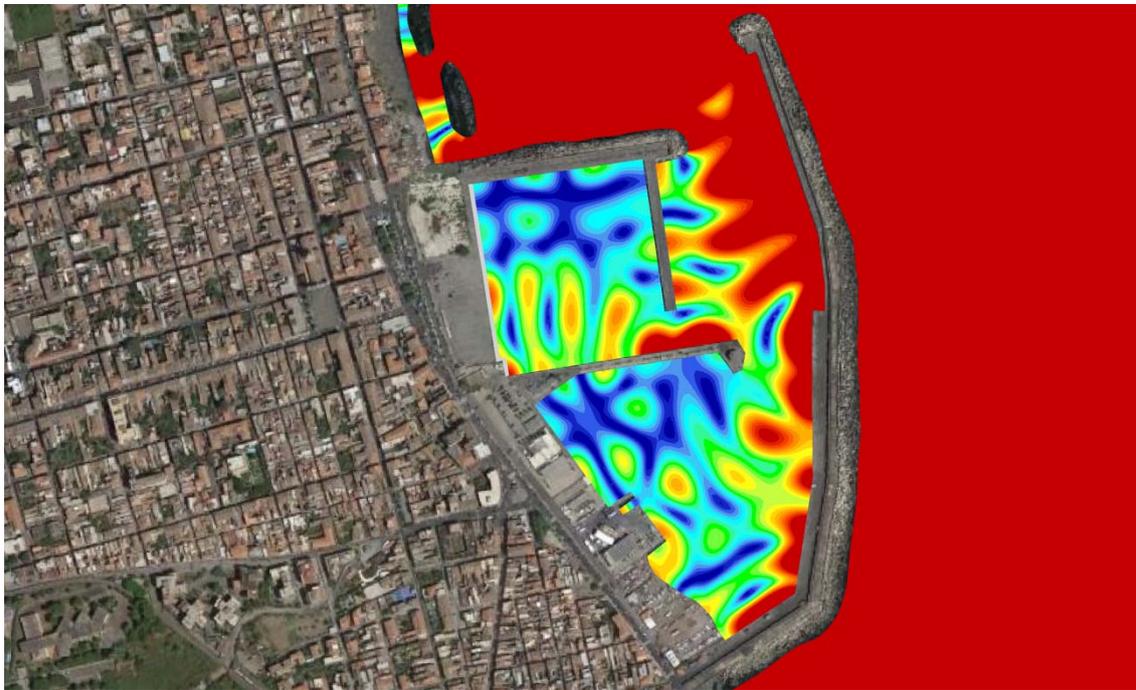


Figura 9-7 TEST 15: $H_s = 7.28$ m, $T_p = 12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

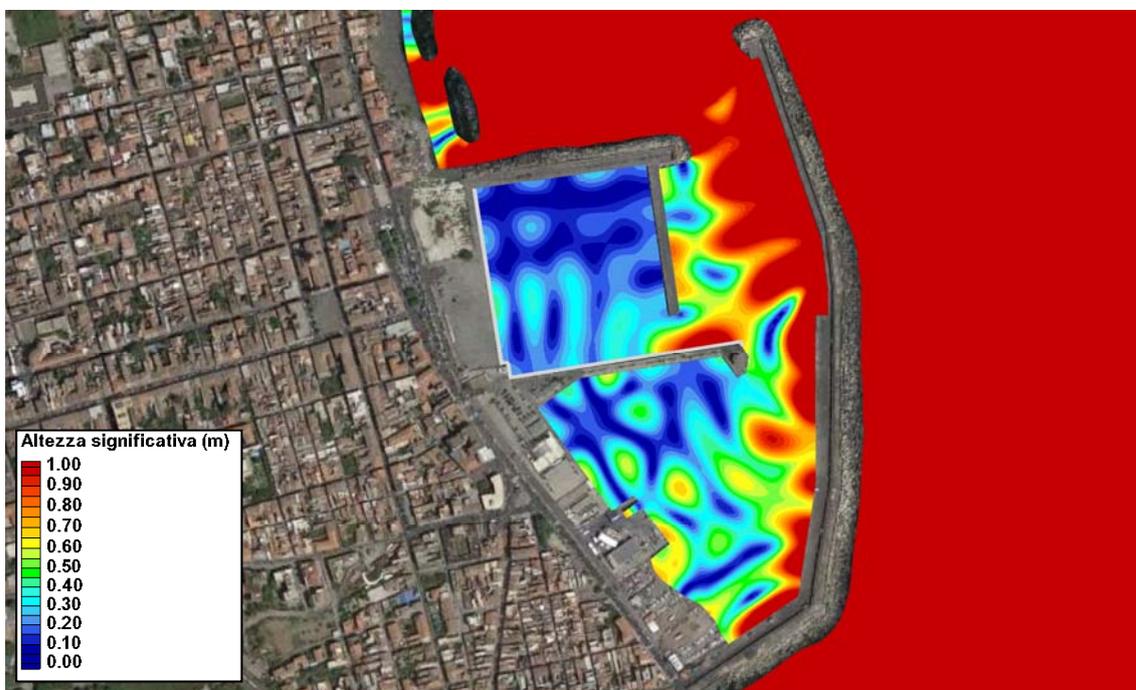


Figura 9-8 TEST 15: $H_s = 7.28$ m, $T_p = 12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Agitazione interna per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

9.2.2 Verifica delle condizioni di agitazione interna al porto con riferimento alle linee guida degli Australian Standard (AS3962)

I medesimi risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati limitando la scala cromatica ai valori massimi suggeriti nelle linee guida degli Australian Standard ($H_s = 0.30$ m per eventi con $T_R=1$ anno e $H_s = 0.60$ m per eventi con $T_R=50$ anni), al fine di verificare le condizioni frequenti e rare e limite.

Nel dettaglio, la verifica delle condizioni frequenti è riportata in Figura 9-9 e Figura 9-13 per la configurazione A, e in Figura 9-10 e Figura 9-14 per la configurazione B. La verifica delle condizioni rare è riportata in Figura 9-11 e Figura 9-15 per la configurazione A, e in Figura 9-12 e Figura 9-16 per la configurazione B

Dai risultati ottenuti si può osservare come la realizzazione della scogliera sulla Banchina Grasso e sul Molo Rapisarda permetta l'abbattimento dell'altezza d'onda all'interno del primo bacino fino a valori inferiori a quelli suggeriti dagli Australian Standard, sia per condizioni frequenti che rare.

Nel caso di realizzazione della sola scogliera sulla Banchina Grasso, l'abbattimento dell'altezza d'onda residua è evidente, ma non tale da garantire il rispetto delle condizioni suggerite dagli Australian Standard.

Considerando in ogni caso che, nel periodo che va dall'inizio di Giugno alla fine di Settembre, la boa di Catania ha registrato mareggiate con altezza significativa inferiore ai 3.0 m (periodo 1989-2005), appare ragionevole ipotizzare per il primo bacino un utilizzo stagionale, anche nel caso della sola realizzazione della banchina Grasso. L'intervento restituirebbe quindi una, seppur limitata, funzionalità per l'ormeggio al primo bacino.

Va da sé che dovranno comunque essere verificate le condizioni di "sopravvivenza" delle strutture galleggianti al di fuori della stagione estiva, valutandone l'eventuale rimozione o messa in sicurezza. Allo stesso modo dovrà provvedersi alla verifica dell'idoneità e dell'efficienza dei sistemi di ormeggio (delle barche e dei pontili) ad oggi esistenti.

Appare in ogni caso, invece, indispensabile rimuovere tutti i dispositivi di ormeggio galleggianti (finger) direttamente collegati alle banchine, sia per consentire la realizzazione della scogliera (sulla banchina Grasso) che per garantire la sicurezza delle imbarcazioni ivi ormeggiate (molo di ridosso).

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

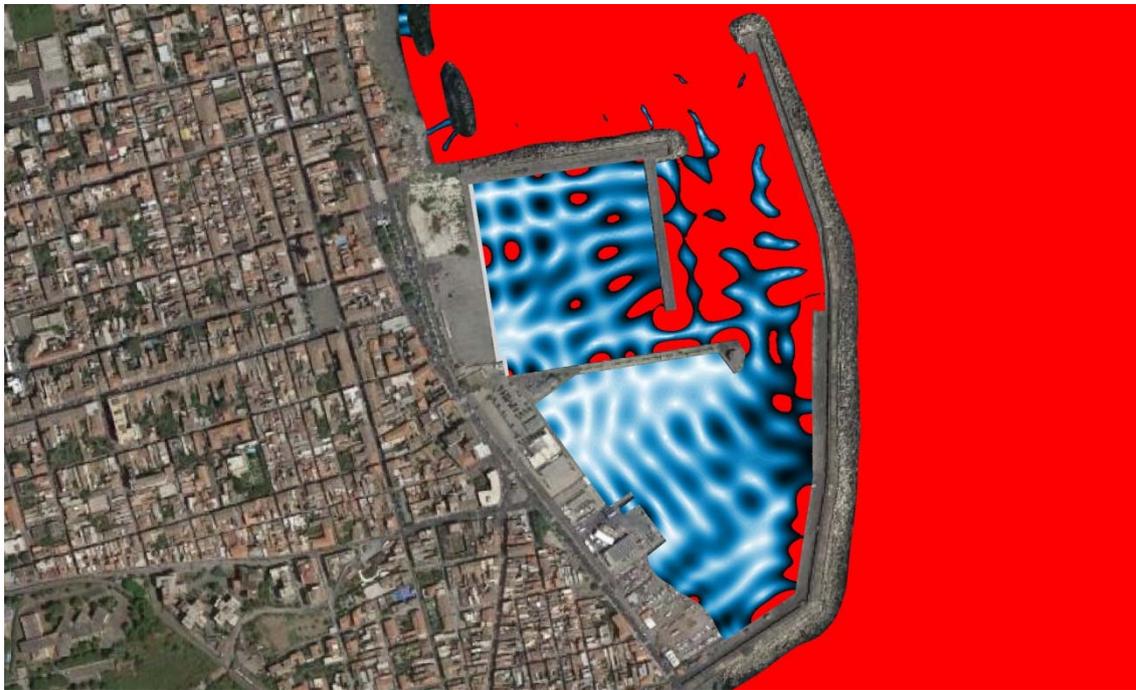


Figura 9-9 TEST 12: $H_s = 3.00$ m, $T_p = 8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ – Verifica condizioni ordinarie per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

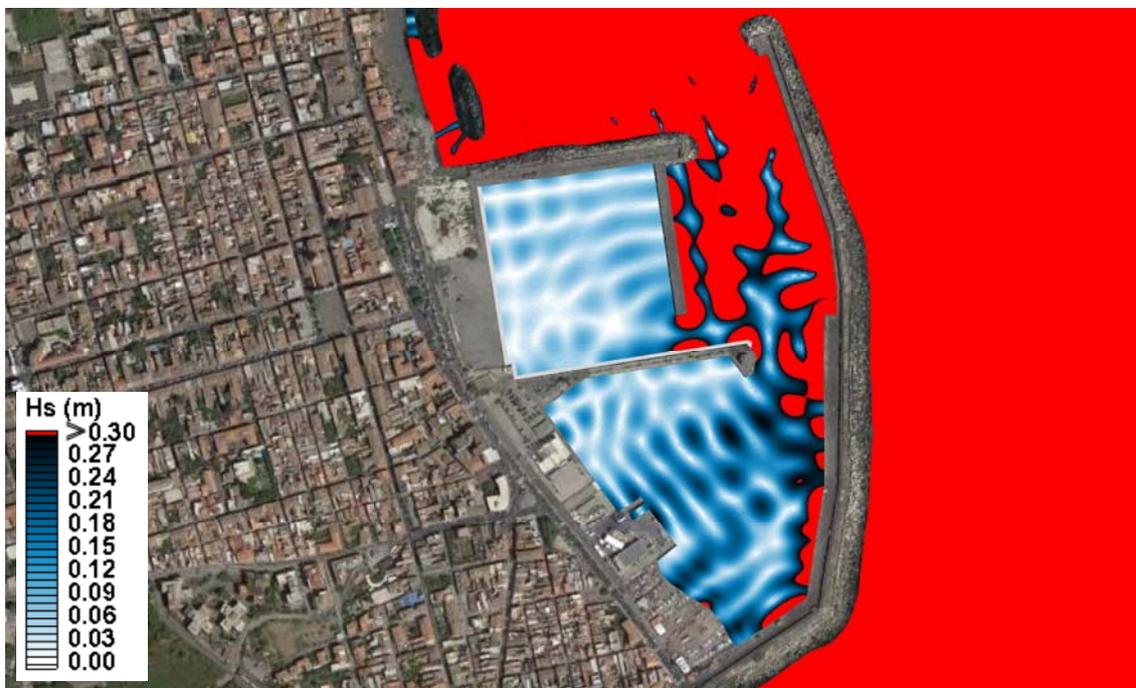


Figura 9-10 TEST 12: $H_s = 3.00$ m, $T_p = 8$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni ordinarie per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

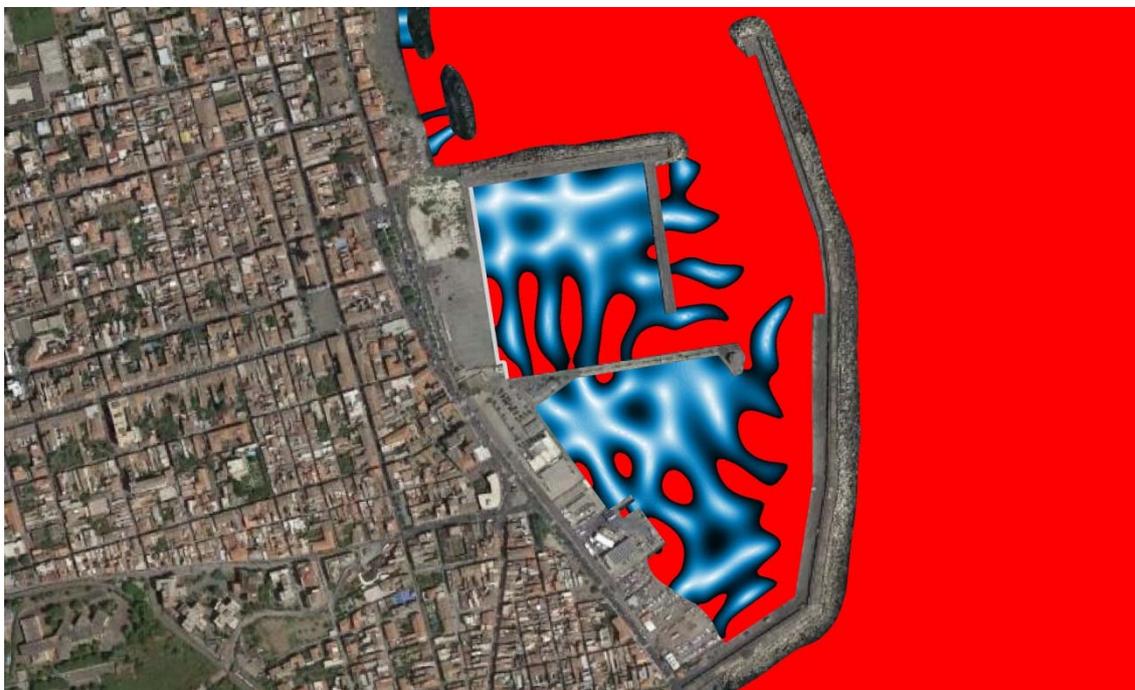


Figura 9-11 TEST 13: $H_s = 5.82$ m, $T_p = 12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni limite per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso



Figura 9-12 TEST 13: $H_s = 5.82$ m, $T_p = 12$ s, $DIR = 67.5^\circ N$ - Verifica condizioni limite per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO

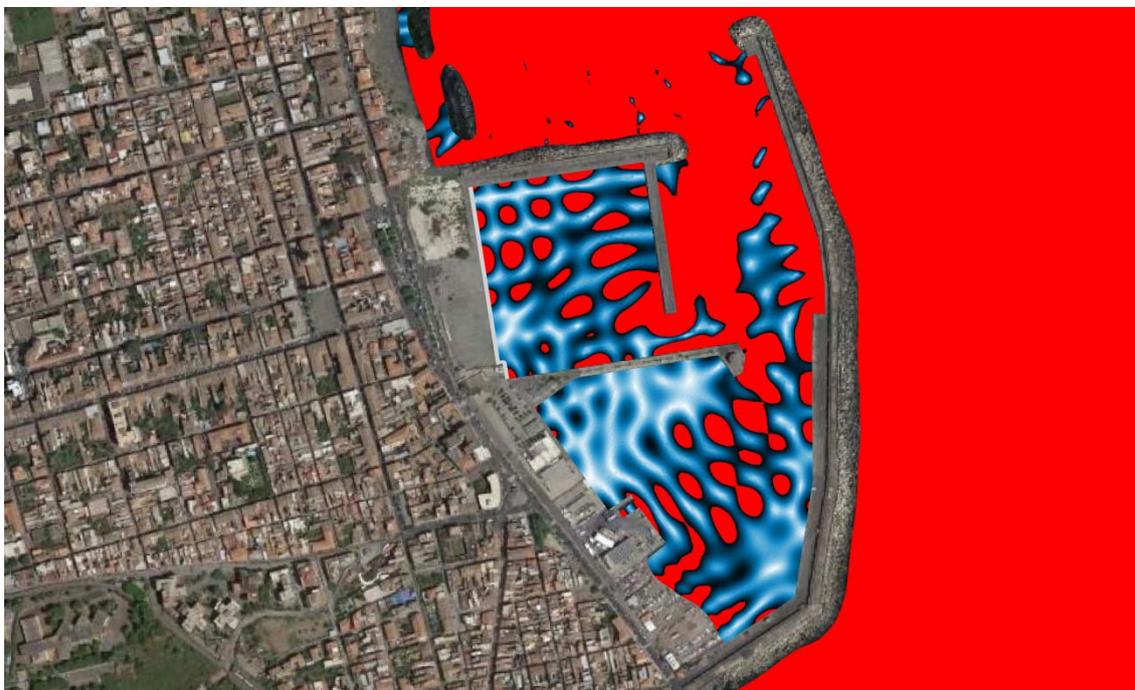


Figura 9-13 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P = 8$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni ordinarie per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso

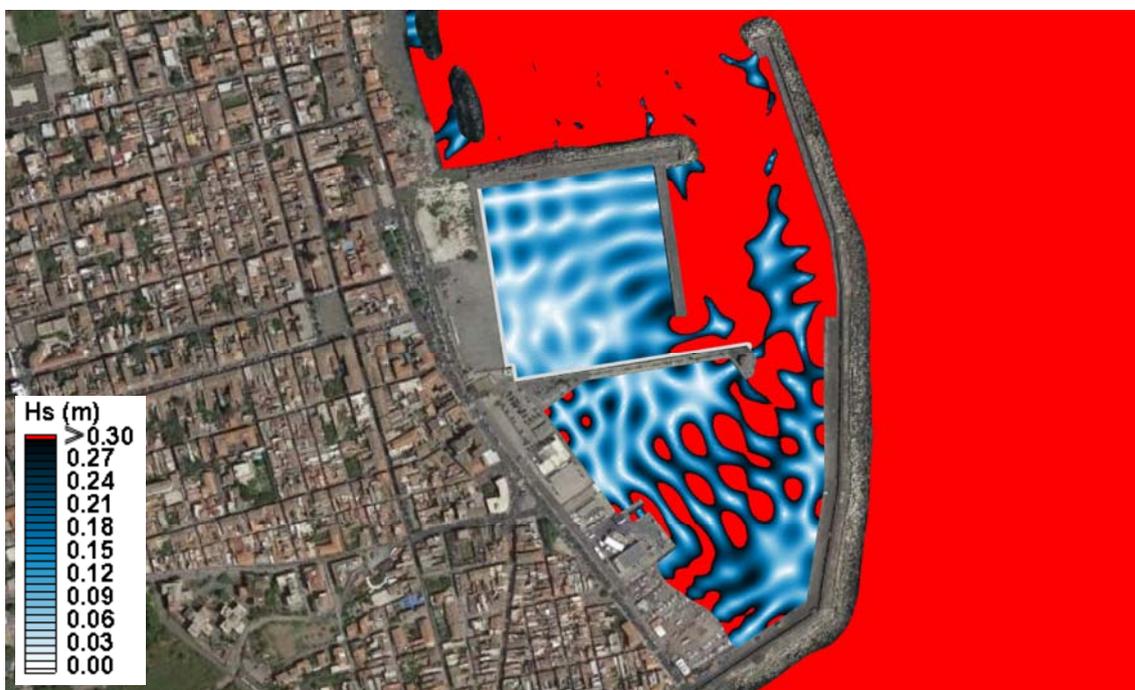


Figura 9-14 TEST 14: $H_S = 3.58$ m, $T_P = 8$ s, DIR = 90°N - Verifica condizioni ordinarie per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OPERE COMPLEMENTARI PER LA PROTEZIONE DELLO SPECCHIO ACQUEO DEL 1° BACINO DEL PORTO TURISTICO DI RIPOSTO. RIELABORAZIONE GENERALE – MISURE DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO DI RISONANZA ALL'INTERNO DEL BACINO

STUDI SU MODELLO MATEMATICO



Figura 9-15 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P = 12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Verifica condizioni limite per configurazione A: scogliera su Banchina Grasso



Figura 9-16 TEST 15: $H_S = 7.28$ m, $T_P = 12$ s, $DIR = 90^\circ N$ - Verifica condizioni limite per configurazione B: scogliera su Banchina Grasso e su Molo Rapisarda