

Allegato 18 – Relazione_descrittiva_variante

Sommario

Indice delle Figure.....	2
1 INTRODUZIONE.....	4
2 PROPOSTA DI VARIANTE	13
3 STUDIO DI AGITAZIONE INTERNA.....	21

Indice delle Figure

Figura 1 - Esempio di una recente mareggiata avvenuta nel periodo invernale presso il porto di scalo galera	8
Figura 2 - Nave cisterna che rifornisce quasi giornalmente l'abitato di Malfa (ME) ormeggiata in andana (all'ancora) sul posidonieto	9
Figura 3 - Planimetria progetto esecutivo in corso di realizzazione	14
Figura 4 - Ortofoto dello stato del porto di Scalo Galera prima dell'inizio dei lavori con la nave cisterna ormeggiata in andana.....	15
Figura 5 - Carta delle biocenosi dell'area intorno allo Scalo Galera.	16
Figura 7 - Layout proposta di variante.....	18
Figura 8 - raffronto opra proposta in variante con impronta opera prevista nel progetto esecutivo	19
Figura 9 - Posizione di Salina nel Mar Tirreno.....	21
Figura 10 - Posizione del Porto di Scalo Galera nell'Isola di Salina	22
Figura 11 - Particolare porto di Scalo Vecchio allo stato attuale.....	22
Figura 12 – simulazione di penetrazione del moto ondoso con indicazione dei punti di controllo selezionati	23
Figura 13 - Schema dominio CGWAVE.....	26
Figura 14 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 22.5 °N	31
Figura 15 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 45 °N	32
Figura 16 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 67.5 °N	33
Figura 17 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 315 °N	34
Figura 18 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 337.5 °N	35
Figura 19 - Configurazione variante - Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 360 °N	36
Figura 20 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 22.5 °N	37
Figura 21 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 45 °N	38
Figura 22 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 67.5 °N	39

Figura 23 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 315 °N
..... 40

Figura 24 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 337.5 °N
..... 41

Figura 25 - Configurazione Progetto- Tr = 3 anni - dir di provenienza a largo 360 °N
..... 42

1 INTRODUZIONE

1.1 Cronistoria del progetto

Il progetto dei lavori di riqualifica e di adeguamento delle opere foranee, delle banchine, dello scalo di alaggio e dei fondali dell'approdo di Scalo Galera nel Comune di Malfa ha avuto un iter complesso che si protrae da alcuni decenni.

Infatti, a seguito di una mareggiata avvenuta il 31/12/1979, la diga foranea del porto di Scalo Galera è stata completamente distrutta. Di conseguenza, l'Amministrazione Comunale di Malfa, dopo un decennio, nel 1990, con Delibera G.M. n. 139 del 06/04/1990 ha incaricato un professionista specializzato in opere marittime per la progettazione e direzione lavori delle opere sopra indicate.

Inizialmente il progetto esecutivo è stato approvato dal C.T.A.R. (Comitato Tecnico Amministrativo Regionale) della Regione Sicilia nell'adunanza del 23/11/1990.

Tuttavia, le opere progettate non furono mai realizzate per motivi legati da un lato a problematiche per l'acquisizione del giudizio di compatibilità ambientale e dall'altra a problematiche legate al finanziamento dell'opera.

A seguito dell'emanazione della L.R. 21/98 art. 5 (Completamento strutture portuali), riguardante la messa in sicurezza delle opere portuali esistenti, l'Amministrazione Comunale, avviando la procedura prevista dal citato articolo 5, ha acquisito il parere urbanistico con D.G del 23/04/2004 (G.U.R.S. n.22 del 21/5/2004) sulla struttura portuale e conseguentemente, sul progetto aggiornato al 2002, utilizzando, per la mantellata della diga, dei massi artificiali speciali (accropodi) che potevano essere disposti in opera in singolo strato e quindi riducendo l'impatto dell'opera con i fondali, ha acquisito il nulla osta di impatto ambientale sulle opere di progetto.

Il progetto definitivo delle opere di Scalo Galera, aggiornato al 2003, è stato approvato in Conferenza Speciale di Servizi, indetta dall'Ufficio del Genio Civile di Messina, in data 21/07/2004.

Successivamente, a seguito dell'inserimento dell'opera portuale di Scalo Galera nell'elenco POR 2000-2006 misura 6.03, Piano degli Interventi "Porti delle Isole

Eolie (ME) – Opere per la messa in sicurezza dei Porti nelle Isole Eolie”, per l’importo di € 4.800.000,00, l’Amministrazione Comunale ha fatto redigere il progetto esecutivo di 1° stralcio di importo pari a quello assegnato dall’Assessorato Regionale LL. PP..

Il progetto di 1° stralcio è stato appaltato nel 2008 e i lavori sono iniziati nel parzialmente nel 2008, per problematiche legate alla disponibilità dell’area di cantiere presso il porto di Sant’Agata di Militello. I lavori sono stati consegnati definitivamente nel 2010 all’impresa appaltatrice ma non definiti a seguito di problematiche finanziarie dell’impresa che hanno comportato l’abbandono da parte della stessa del cantiere e la conseguente rescissione del contratto in data 29/04/2013.

Conseguentemente l’Assessorato alle Infrastrutture ha appaltato nuovamente i lavori di completamento del 1° stralcio che sono stati affidati all’impresa Scuttari in data 23/07/2015.

Per quanto riguarda i lavori di completamento del porto, essendo stati inseriti gli stessi tra gli interventi da includere nel “Patto per la Sicilia 2015” con le Delibere della Giunta Regionale, n. 288 del 26/11/2015 e n. 344 del 29/12/2015, l’Amministrazione Comunale ha richiesto al progettista la redazione del progetto esecutivo con nota del 26/09/2016.

Il progetto esecutivo dei lavori di completamento è stato approvato in Conferenza Speciale di Servizi in data 19/07/2017. Durante tale Conferenza dei servizi, la Capitaneria di Porto di Milazzo – Delegazione di spiaggia di Salina ha espresso parere di competenza per il progetto di completamento dei lavori di riqualifica ed adeguamento delle opere foranee delle banchine dello scalo di alaggio e dei fondali dell’approdo di Scalo Galera, riscontrando che “nel rendering acquisito, anche lo scalo di Alaggio dovrà subire un ampliamento che allineerà l’intera porzione della banchina di riva. Anche questa soluzione appare macroscopica all’interno dello specchio acqueo disponibile. La possibilità di ridimensionare lo scivolo, in favore di banchine da destinare all’ormeggio, sembra, per la realtà locale, una migliore scelta di sfruttamento degli spazi ed eviterebbe la possibile congestione dello scalo dovuto allo stazionamento indiscriminato di unità di vario genere, e soprattutto, di quello diportistico del tipo natanti (unità prive di estremi

di identificazione).”

Contemporaneamente, i lavori del 1° stralcio di completamento, consegnati all’impresa Scuttari in data 08/06/2016, non si sono sviluppati secondo il programma per problematiche riconducibili all’impresa. Conseguentemente il RUP in data 05/10/2018 ha avviato il procedimento per la rescissione contrattuale e i lavori concernenti il 1° stralcio funzionale di completamento sono stati rescissi a fine 2018.

Con nota n. 17874 del 28/03/2019 il Dipartimento Regionale delle Infrastrutture, della Mobilità e dei Trasporti- Servizio 8 Infrastrutture Marittime e Portuali dell’Assessorato Regionale delle Infrastrutture e della Mobilità, in riscontro alla Delibera del 26/03/2019 della Giunta di Governo Regionale, con la quale la stessa ha approvato la deroga per l’utilizzo delle risorse liberate, finalizzate al finanziamento del “progetto dei lavori di riqualifica ed adeguamento delle opere foranee, delle banchine, dello scalo di alaggio e dei fondali dell’approdo di Scalo Galera del Comune di Malfa (ME)”, per un importo totale di 19.200.000 €, ha invitato l’Amministrazione Comunale ad aggiornare il progetto dei lavori per la realizzazione di Scalo Galera nei prezzi e alla normativa vigente, provvedendo all’acquisizione dei pareri necessari.

Conseguentemente, l’Amministrazione Comunale di Malfa con nota n. 1219 del 28/03/2019 ha richiesto al progettista, in esecuzione alla nota assessoriale sopra riportata, di riunificare i progetti relativi al 1° stralcio funzionale e di completamento del 2017, aggiornando il progetto alle normative vigenti e al prezziario regionale del gennaio 2019, al fine dell’acquisizione in linea tecnica del parere della Commissione Regionale LL.PP. e per la conseguente approvazione in linea amministrativa da parte dell’Amministrazione Comunale.

Il progettista, quindi, ha provveduto a riunire i due progetti, relativi ai lavori del 1° stralcio funzionale e a quello di completamento, tenendo conto dei lavori realizzati e dello stato di fatto delle opere.

Per il progetto di riunione è stato eseguito un rilievo di dettaglio delle opere realizzate, che ha consentito di definire i lavori occorrenti per completare l’opera secondo il progetto definitivo generale approvato nel 2004.

Conseguentemente è stato necessario aggiornare il progetto allo stato delle

opere realizzate, alle esigenze manifestate dall'Amministrazione Comunale, alla normativa tecnica vigente (NTC 2018) e al nuovo Prezziario Regionale (2019).

Le opere realizzate, cassoni cellulari e opera a gettata a protezione degli stessi nel 2012, in assenza della mantellata di presidio in accropodi, hanno subito per gli eventi meteomarinari particolarmente gravosi accaduti nella stagione invernale 2018-2019 gravi danni.

Gli scogli dell'opera a gettata a presidio dei cassoni sono stati in gran parte rimossi dalle mareggiate nella parte interna dello specchio acqueo. Il movimento degli scogli, sotto l'azione delle mareggiate, ha inoltre danneggiato notevolmente le pareti dei cassoni delle celle antiriflettenti.

Conseguentemente non è possibile allo stato attuale definire i cassoni cellulari secondo il progetto esecutivo del 2017.

Inoltre, nell'aggiornamento del progetto si è tenuto conto della richiesta sopra richiamata della Capitaneria di Porto di Milazzo- Delegazione di spiaggia di Salina, per migliorare in sicurezza le evoluzioni dei natanti all'interno dello specchio acqueo protetto e le condizioni di sicurezza degli ormeggi trasformando in banchina antiriflettente una parte dello scalo di alaggio del progetto del 2017. Per tale modifica viene richiesta una prima valutazione preliminare ex art. 6 comma 9 del D. Lgs. 152/2006, presentata dal comune di Malfa con nota prot. n° 1740 del 6/03/2020, acquisita al prot. 22110/MATTM del 30/03/2020, successivamente perfezionata con nota acquisita al prot. 28540/MATTM del 23/04/2020. **II MATTM, con Prot. 32803 del 07/05/2020, ha ritenuto che la modifica "non determini impatti ambientali significativi e negativi rispetto a quelli già valutati nel 2017 che quindi sia ragionevolmente da escludere la necessità di successive procedure di Valutazione di Impatto Ambientale".**

1.2 VARIANTE IN CORSO D'OPERA AL PROGETTO

L'aggiudicazione efficace della gara d'appalto è avvenuta in data 18/05/2021 al consorzio stabile INFRA.TECH s.c.a.r.l. e la consegna dei lavori è avvenuta in data 24/05/2021. L'ultimazione dei lavori è prevista per il 25/11/2022

Durante il corso dei lavori si sono manifestate delle interferenze tra le attività portuali, i lavori in corso di esecuzione e l'ormeggio della nave cisterna all'andana

nelle aree antistanti l'imboccatura del porto, causando anche disfunzioni alle attività di scarico delle acque potabili presso il serbatoio comunale.

La Società armatrice ha richiesto all'amministrazione comunale la possibilità di individuare delle soluzioni volte a mitigare tali interferenze.

Per risolvere tali problematiche l'amministrazione comunale ha richiesto al Direttore dei Lavori la possibilità di predisporre una variante al progetto esecutivo contrattualizzato volta a risolvere le problematiche di cui sopra. In particolare, il comune di Malfa, con nota prot. 8611 del 27/08/2021, ha richiesto al Direttore dei Lavori, anche di tenere conto delle problematiche **"dovute anche all'intralcio ed alle interferenze delle navi cisterna che approvvigionano quotidianamente i Comuni eoliani di acqua potabile. Infatti, le navi, che sono costrette ad ormeggiare nello specchio acqueo antistante l'imboccatura del porto, oltre a penalizzare l'operatività della realizzanda opera foranea, arrecano, attraverso l'ormeggio con le proprie ancore, danni all'ecosistema marino che, proprio in prossimità dell'area di posizionamento delle stesse, è costituito dalla preziosissima posidonia oceanica"**. Di conseguenza, il comune di Malfa ha chiesto al Direttore dei Lavori di elaborare una variante al progetto "volta a risolvere le seguenti problematiche: ► **Migliorare le condizioni di ormeggio delle navi cisterna mitigando le attuali interferenze con l'ecosistema marino; ► Migliorare l'operatività del nuovo bacino portuale anche in relazione allo stato di ridosso dello specchio acqueo in presenza di mareggiate, consentendo una operatività del bacino portuale continuativa, anche nel periodo invernale"**.



Figura 1 - Esempio di una recente mareggiata avvenuta nel periodo invernale presso il porto di scalo galera

Il Direttore dei Lavori, accogliendo la richiesta formulata dal comune di Malfa, ha pertanto provveduto a elaborare una variante al progetto che rappresenta l'oggetto della presente richiesta di valutazione preliminare ai sensi dell'art. 6 comma 9 del D. Lgs. 152/2006.

Tale variante migliora estremamente il funzionamento dell'opera stessa in fase d'esercizio limitando ulteriormente lo stato di agitazione dello specchio acqueo del bacino portuale ridossato dalle nuove opere, con un'altezza d'onda massima che passa da oltre 1.50 m a meno di 0.70 m all'imboccatura del porto, mentre in corrispondenza delle banchine destinate all'ormeggio le altezze d'onda presentano riduzioni che in alcuni casi superano il 90%, **rendendo pertanto utilizzabile il porto anche nella stagione invernale** durante la quale il paraggio di Scalo Galera è investito da mareggiate di forte intensità.



Figura 2 - Nave cisterna che rifornisce quasi giornalmente l'abitato di Malfa (ME) ormeggiata in andana (all'ancora) sul posidonieto

Allo stesso tempo, **la variante di cui trattasi, permette nel complesso un minor impatto ambientale in fase d'esercizio dell'opera**, poiché offre alla nave cisterna che approvvigiona l'isola per più di 80 giorni l'anno, un approdo in

banchina con ormeggio su bitte, limitando drasticamente l'ormeggio in andana all'imboccatura del porto con conseguente salvaguardia della prateria di posidonia oceanica e di altre biocenosi presenti nella zona dove ad oggi getta l'ancora la nave, **oltre che una riduzione delle interferenze col porto**. Infatti la nave attualmente si posiziona, durante le operazioni di scarico delle acque, per 12-18 ore in corrispondenza dell'imboccatura del porto, intralciando notevolmente le manovre di accesso e uscita dei natanti.

Tale soluzione è stata anche condivisa dal R.U.P. con la Marnavi s.p.a., società concessionaria del servizio di rifornimento idrico alle Isole Eolie, la quale con nota prot. n.27/2021 del 13/09/2021 ha dichiarato, dopo valutazione anche con il supporto dei propri comandanti, di ritenerla valida per risolvere la necessità di ormeggi in andana con cadenza quasi giornaliera.

In conclusione, la variante permette un utilizzo del porto oggetto d'intervento durante tutto l'arco dell'anno, permettendo inoltre di mitigare gli impatti sulle componenti ambientali causati dalla nave cisterna ad oggi ormeggiante all'andana in corrispondenza dell'imboccatura del porto, grazie all'ormeggio in banchina della stessa, eliminando inoltre le interferenze, specialmente durante la stagione estiva, tra i natanti in entrata e uscita dal porto e la suddetta nave cisterna.

Si sottolinea inoltre che **lo scenario di base** (cioè lo stato delle componenti ambientali a Scalo Galera) **non ha subito variazioni rispetto a quello già analizzato nello Studio del 2017 già oggetto di parere ambientale, mentre l'impatto ambientale atteso sarà** (in fase di esercizio), **nel complesso, positivo**. Infatti il diverso layout proposto, oggetto della presente richiesta di valutazione, permetterà, a fronte di un incremento di superficie occupata di circa 1.500 m² (+11% ca) dell'area d'impronta della diga foranea:

- **di evitare la lenta ma costante opera di intaccamento dei fondali caratterizzati da posidonia oceanica** ed altre biocenosi, da parte delle ancore della nave cisterna che quasi quotidianamente ormeggia all'ancora di fronte al porto, col rischio anche di frammentazione dell'habitat data la

- scarsa larghezza della prateria proprio nella zona di ancoraggio;
- **di evitare l'intralcio causato** nei confronti dei natanti ospitati nel porto di Scalo Galera **dalla nave cisterna** ormeggiata all'andana di fronte all'imboccatura del porto per 12-18 ore consecutive a giorni alterni nella stagione estiva e una volta a settimana circa nel restante periodo dell'anno;
 - **di realizzare una banchina che permetterà l'ormeggio a bitte alla nave cisterna;**
 - **di garantire l'utilizzo del porto durante tutto l'arco dell'anno**, anche durante la stagione invernale caratterizzata dalla presenza di importanti mareggiate con grande vantaggio per la piccola flotta da pesca locale;
 - **di incrementare del 28% il numero di posti barca** con ormeggi in sicurezza;
 - **di limitare gli eventuali danni** alle imbarcazioni ospitate nel porto a causa di intense mareggiate, grazie al miglior ridosso dello specchio acqueo del bacino portuale, con conseguenti vantaggi anche dal punto ambientale dovuti alla conseguente minore probabilità del verificarsi di sversamenti di oli e carburanti a mare.

Si fa inoltre presente, con riferimento alle fasi di cantiere, che rispetto al progetto oggetto del parere ambientale nel 2017 sono sopravvenute le seguenti variazioni:

- Gli scogli e gli accropodi, il cui approvvigionamento era previsto presso il porto di Sant'Agata di Militello (ME), proverranno rispettivamente dai porti di Augusta e Termini Imerese, i quali sono aree industriali e sono in grado di permettere l'utilizzo di motopontoni di stazza più elevata così da potere trasportare il materiale necessario con un numero minore di viaggi e di chilometri totali percorsi;
- L'aumento del numero dei cassoni cellulari (da 3 a 6) costituenti il nucleo centrale della diga sarà bilanciato dalla loro realizzazione presso il porto industriale di Termini Imerese, più vicino rispetto a quello precedentemente previsto di Augusta;
- Nessuna variazione interesserà invece l'area di cantiere nel comune di Malfa, in quanto l'aumento di materiale necessario (cassoni cellulari e scogli) verrà

gestito esclusivamente presso i porti industriali di Termini Imerese e Augusta;

- La mancata realizzazione del riccio di testata previsto nel progetto appaltato (da sostituire con la banchina da realizzare con cassoni cellulari, secondo la variante oggetto della presente richiesta), comporterà minori interferenze sulle componenti ambientali di Scalo Galera.

Nel seguito della presente relazione sono affrontate in maniera più approfondita le modifiche progettuali proposte e le simulazioni numeriche di penetrazione del moto ondoso.

2 PROPOSTA DI VARIANTE

Il progetto esecutivo del 2019 per i lavori di messa in sicurezza del porto di Scalo Galera (Malfa – Isola di Salina) prevede il completamento della diga foranea di sopraflutto tramite la realizzazione di una struttura foranea con sezione di tipo misto, caratterizzata da dei cassoni verticali protetti lato mare da un'opera a gettata con mantellata in massi artificiali ad alto interlocking tipo accropodi (da 16 m³). La testata dell'opera foranea prevista in progetto era costituita da un'opera foranea (riccio) con collocazione di massi artificiali tipo accropodi (da 20 m³).

L'opera prevista dal progetto esecutivo permette di mettere in sicurezza il porto di Scalo Galera dalle mareggiate più significative provenienti dal paraggio compreso da Ovest-NordOvest a Nord. Tuttavia, lo specchio acqueo interno risulta, durante la stagione invernale, parzialmente esposto a mareggiate provenienti dalle direzioni comprese tra Nord e Nord-Est. Tale configurazione risulta adeguata all'utilizzo del porto nella stagione estiva di massima affluenza turistica, mentre non garantisce il pieno utilizzo durante la stagione invernale. Inoltre, nella configurazione del progetto esecutivo del 2019 non è previsto un approdo per le navi cisterna che riforniscono di acqua potabile il comune di Malfa, per cui la modalità di ormeggio rimarrebbe la stessa dello stato attuale all'imboccatura del porto (Figura 4).

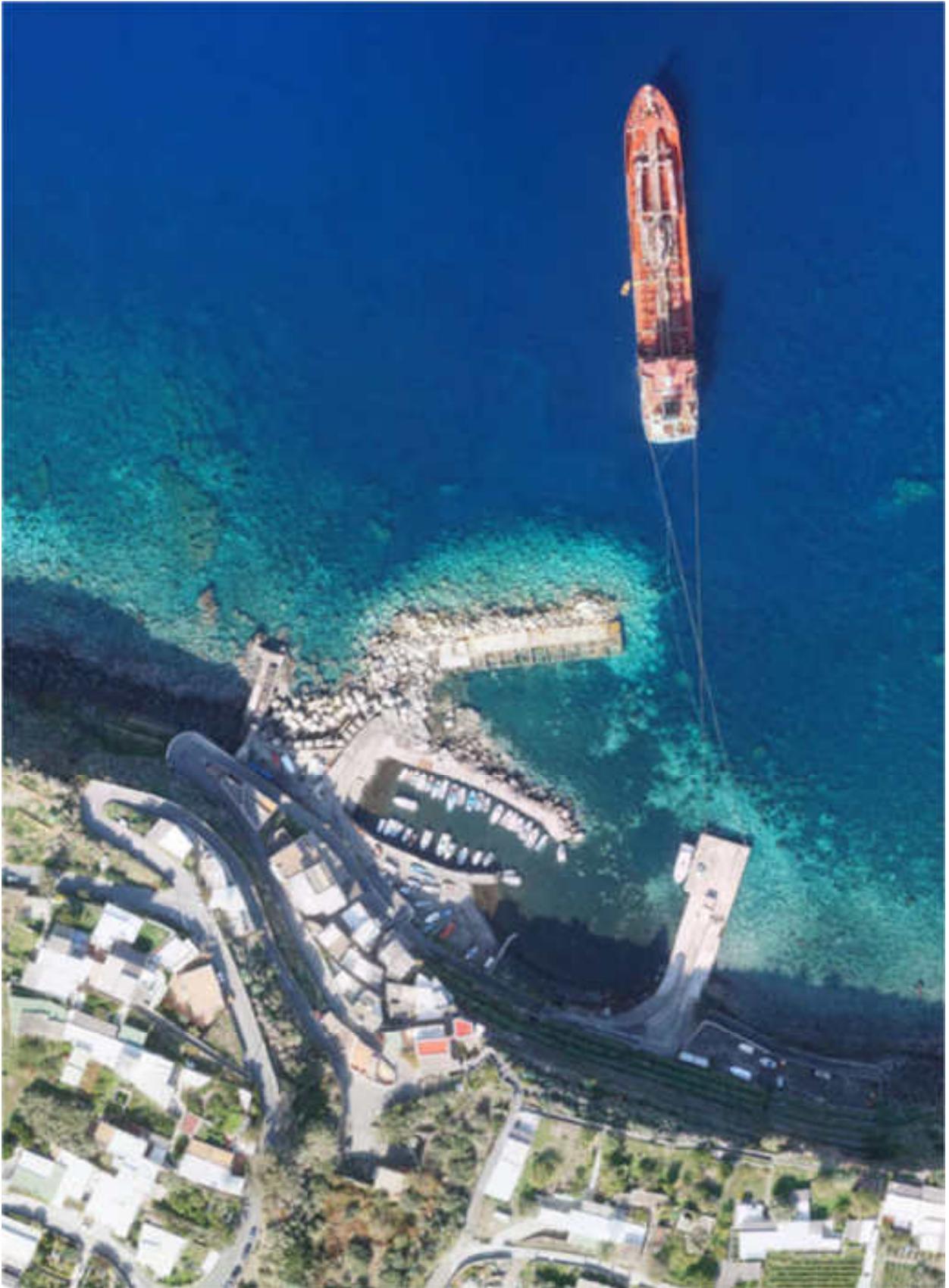


Figura 4 - Ortofoto dello stato del porto di Scalo Galera prima dell'inizio dei lavori con la nave cisterna ormeggiata in andana

Difatti, allo stato attuale le navi cisterna sono costrette ad ormeggiare all'andana, cioè gettando le ancore di prua al largo e cazzando due cime di poppa sul moletto di levante già presente a Scalo Galera. Tale operazione, oltre a costituire un aggravio delle operazioni necessarie per rifornire di acqua il Comune di Malfa, costituisce un significativo impatto ambientale in quanto con cadenza quasi giornaliera una nave cisterna di grosse dimensioni (lunghezza di ca. 80 m) è costretta a gettare l'ancora sopra o nei fondali prossimi ad una prateria di Posidonia Oceanica danneggiandola volta per volta (Figura 5)

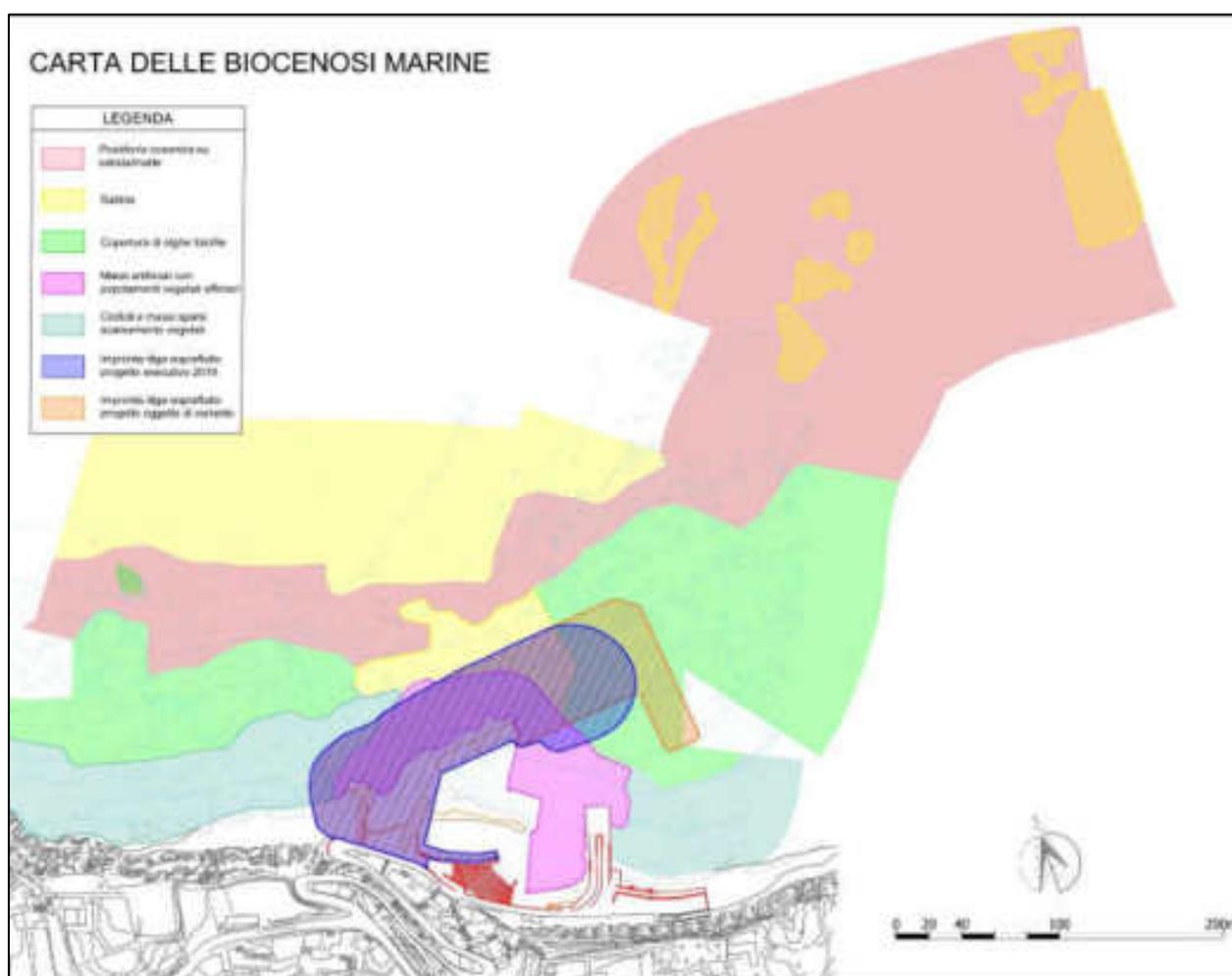


Figura 5 - Carta delle biocenosi dell'area intorno allo Scalo Galera.

Infine, in caso di presenza della nave con ormeggio in andana si andrebbero inevitabilmente a creare delle possibili interferenze con gli utilizzatori del porto in quanto la nave ormeggiata all'imboccatura ostacola gli accessi e le uscite dei natanti.

Per tale ragione, il R.U.P. ha richiesto al Direttore dei Lavori di predisporre una variante sulla testata dell'opera foranea tale da risolvere le seguenti problematiche:

► **Migliorare le condizioni di ormeggio delle navi cisterna mitigando le attuali interferenze con l'ecosistema marino causate dalla necessità di calare l'ancora su o nelle vicinanze di una prateria di posidonia oceanica;**

► **Migliorare l'operatività del nuovo bacino portuale anche in relazione allo stato di ridosso dello specchio acqueo in presenza di mareggiate, consentendo una operatività del bacino portuale continuativa, anche nel periodo invernale soprattutto nell'ottica di massimizzare la possibilità di utilizzo da parte dei locali**

In particolare, la posta di variante sviluppata (Figura 6) prevede una modifica localizzata della tipologia di testata dell'opera foranea, difatti a sostituzione del riccio di testata realizzato con massi artificiali tipo accropodi previsto nel Progetto Esecutivo, la proposta di variante prevede la realizzazione di una testata con cassoni a parete verticale, posizionati in modo tale sia di costituire un ormeggio per le navi cisterna che riforniscono di acqua il Comune di Malfa e l'Isola di Salina sia di limitare considerevolmente la penetrazione del moto ondoso all'interno dello specchio acqueo portuale in presenza di mareggiate provenienti dal I quadrante, come sarà meglio evidenziato nel successivo capitolo riguardante le simulazioni numeriche eseguite. Non sono previste ulteriori variazioni al progetto esecutivo ulteriormente a quella localizzata in testata sopra descritta.

Tale soluzione è stata condivisa dal R.U.P. con la Marnavi s.p.a., società concessionaria del servizio di rifornimento idrico alle Isole Eolie, la quale con nota prot. n.27/2021 del 13/09/2021 ha dichiarato, dopo valutazione anche con il supporto dei propri comandanti, di ritenerla valida per risolvere la necessità di ormeggi in andana con cadenza quasi giornaliera.

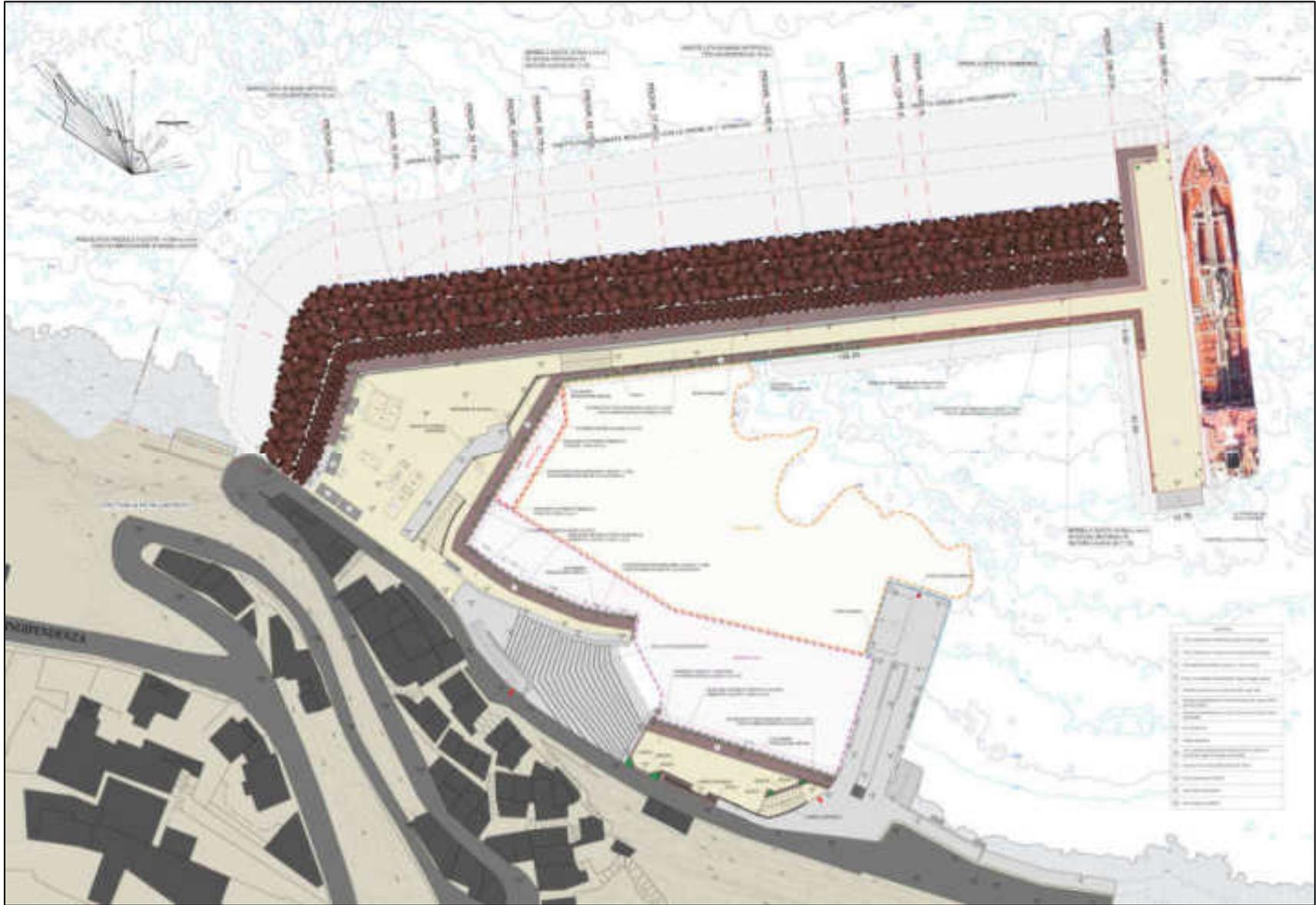


Figura 6 - Layout proposta di variante

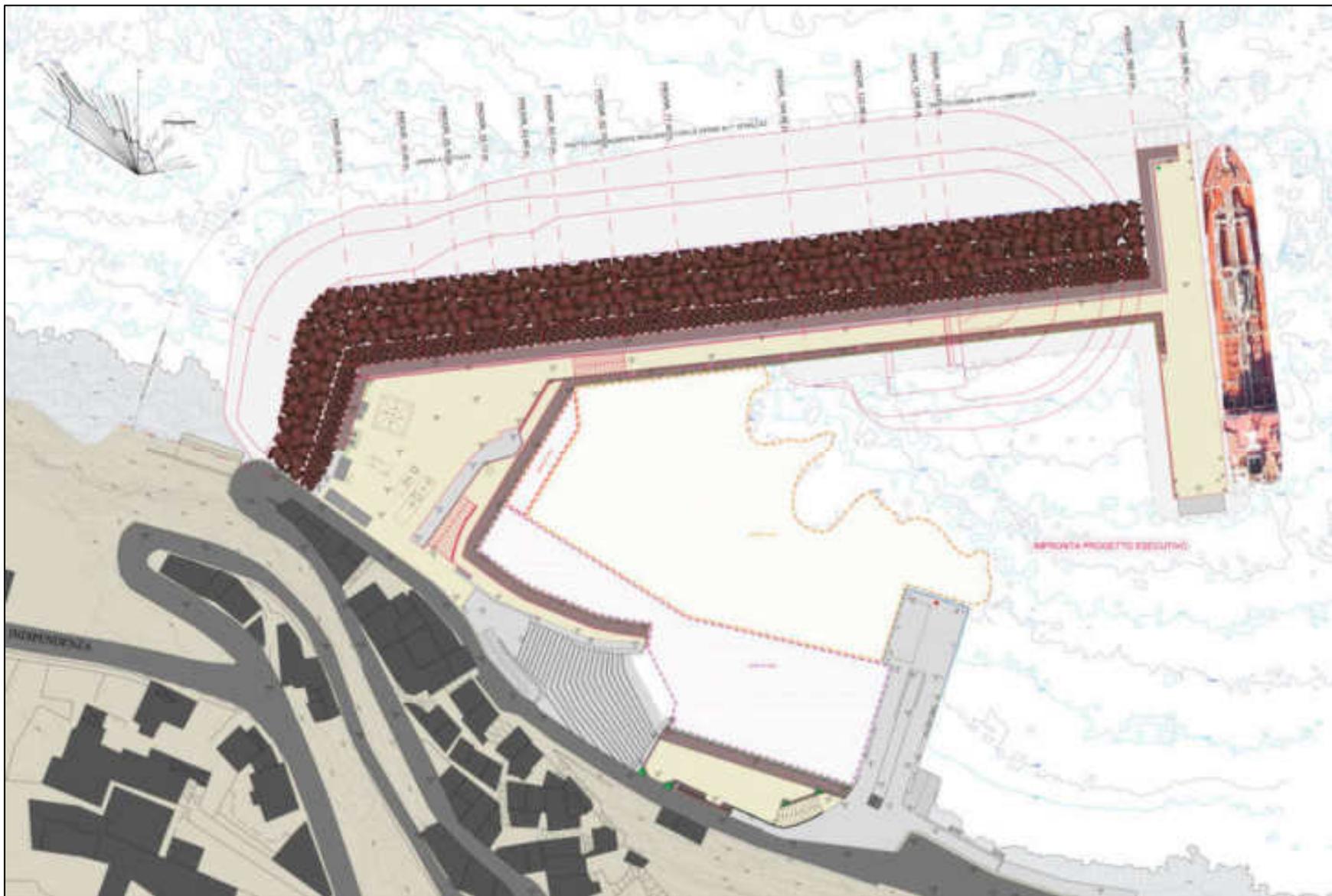


Figura 7 - raffronto opera proposta in variante con impronta opera prevista nel progetto esecutivo 2019

In Figura 7 è riportato il raffronto tra la soluzione prevista nel progetto esecutivo e quella proposta in variante. In particolare, per quanto riguarda l'area di impronta sui fondali, la proposta di variante ha complessivamente un ingombro di 1500 m² in più sull'impronta della diga di sopraflutto prevista dal progetto esecutivo (aumento dell'11% ca.) **in aree in cui non sono presenti posidonieti o altre biocenosi di rilievo.**

3 STUDIO DI AGITAZIONE INTERNA

Il presente studio idraulico marittimo - agitazione interna del Porto di Scalo Galera a Malfa è stato realizzato per il progetto di messa in sicurezza del Porto di Malfa – Isola di Salina, ai sensi della procedura prevista dall'art. 5 della Legge Regionale 21/1998.

Il Porto di Scalo Galera è presente sulla parte settentrionale dell'Isola di Salina, facente parte del Comune di Malfa (ME) (Figura 8 e Figura 9).



Figura 8 - Posizione di Salina nel Mar Tirreno

In particolare, il presente studio ha avuto il focus principale di dimostrare, a partire dalle medesime condizioni a contorno di eventi estremi a largo del porto di Scalo Galera (dunque basandosi sui medesimi dati di partenza delle simulazioni presenti nel Progetto Esecutivo).



Figura 9 - Posizione del Porto di Scalo Galera nell'Isola di Salina



Figura 10 - Particolare porto di Scalo Vecchio allo stato attuale

Si è andati a simulare l'agitazione all'interno del bacino portuale sia nello stato attuale che nelle condizioni di progetto che in quella della proposta di variante. Per eseguire queste simulazioni si è utilizzato il modello CGWAVE, facente parte del pacchetto Software SMS, sviluppato dall' U.S. Army Corp of Engineers (USACE). Nel modello si è andati ad inserire come condizione a contorno "open sea", per le diverse direzioni analizzate per il tempo di ritorno $T_r = 3$ anni (tipico per le analisi di utilizzabilità del porto), un valore caratteristico dell'altezza d'onda e della direzione all'imboccatura portuale.

Sono stati considerati n.5 punti di controllo, coerentemente con quanto fatto nel progetto esecutivo.

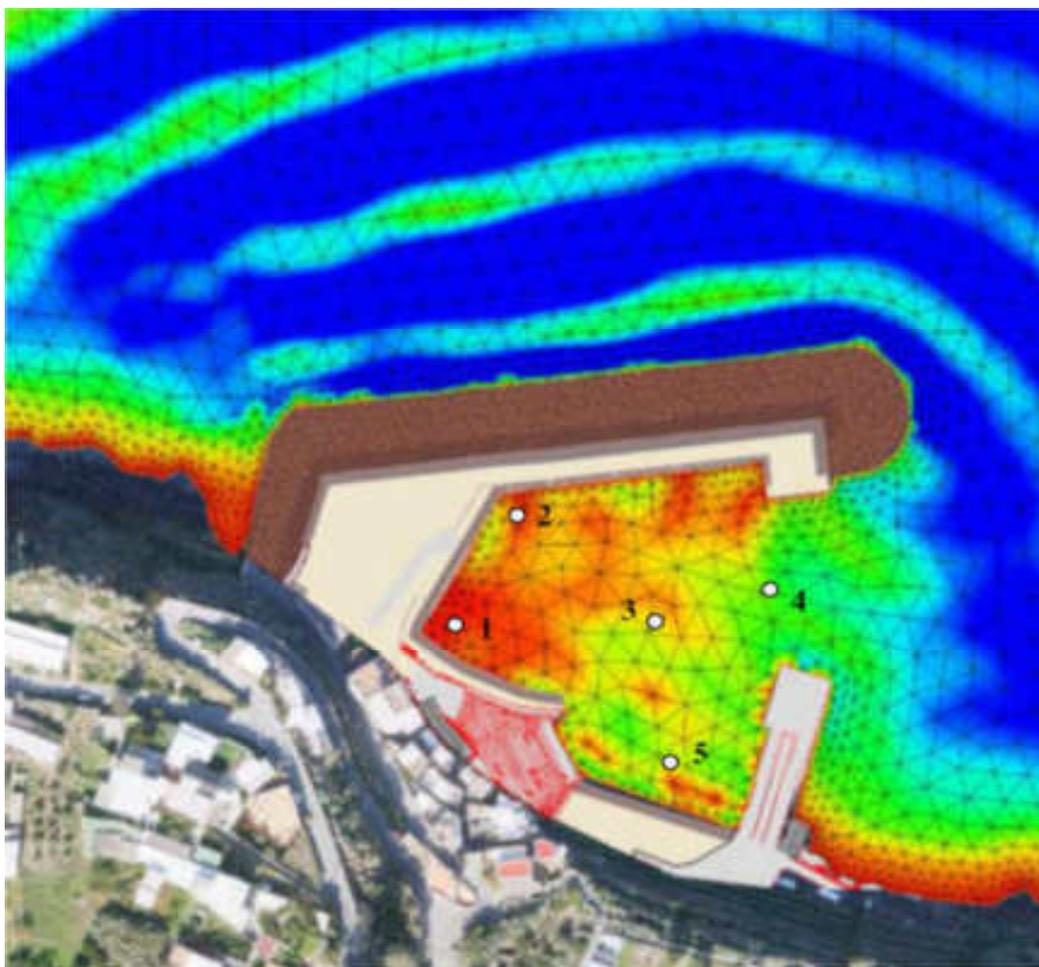


Figura 11 – simulazione di penetrazione del moto ondoso con indicazione dei punti di controllo selezionati

Lo studio della diffrazione consiste in quell'insieme fenomenologico conseguente alla propagazione delle onde in base a leggi che non seguono quelle della

propagazione rettilinea nei mezzi omogenei, secondo i dettami dell'ottica geometrica.

Occorre precisare che il fenomeno della diffrazione si manifesta in modo sensibilmente apprezzabile solo se le onde incontrano un ostacolo capace di limitare l'estensione utile dei fronti a dimensioni dell'ordine della lunghezza d'onda.

L'esame teorico della diffrazione del moto ondoso viene, com'è noto, condotto con gli stessi metodi elaborati per lo studio degli analoghi fenomeni nell'ottica e nell'acustica.

Il fenomeno della diffrazione può essere, infatti, spiegato con il seguente principio di Huygens-Fresnel.

"Sia S una sorgente puntiforme ed s una superficie chiusa che la contiene in cui ogni elemento dA diviene a sua volta sorgente di onde elementari che, con opportune intensità e fase, si propagano in tutte le direzioni".

Ciò, ovviamente, comporta che in un punto posto al di fuori della superficie s , l'intensità della perturbazione che vi giunge è la risultante dell'interferenza di tutte le onde elementari emesse da ciascun elemento di s ; allorquando, in particolare, la superficie sia una superficie d'onda, le diverse onde elementari risultano in fase.

Ove, per ricondurre subito il discorso al problema della diffrazione, vi sia un ostacolo che taglia la superficie s , in un punto al di fuori di essa perverranno solo le onde elementari emesse dalla porzione di s non intercettata dall'ostacolo.

Ogni punto del fronte che avanza deve, pertanto, essere considerato come il centro di una perturbazione secondaria che si dirama in tutte le direzioni.

La successiva configurazione assunta dai fronti d'onda, dopo un intervallo finito di tempo, nasce dall'inviluppo delle suddette perturbazioni secondarie.

Allorquando un treno d'onde supera un'opera foranea, accade che un'aliquota di energia posseduta dal treno d'onde incidente si propaga a tergo dell'ostacolo. Ove ciò non fosse, infatti, nella zona di ombra si avrebbe la calma assoluta.

L'aliquota dell'energia riflessa dall'opera dipende, invece, dalla geometria della stessa e, mentre per opere con parete verticale può assumersi un coefficiente di riflessione compreso tra 0,90 e 1, per strutture del tipo a gettata è sufficientemente realistico assumere per il coefficiente di riflessione il valore di $0,30 \div 0,50$.

Lo studio della diffrazione, nel senso più generale del termine, affronta la valutazione delle caratteristiche del moto ondoso sia nella zona di riflessione dello stesso, sia nella zona protetta a tergo dell'ostacolo.

La conoscenza dell'agibilità e dell'affidabilità del dispositivo portuale implica quindi un approfondimento dello studio del fenomeno di che trattasi, la cui soluzione è stata posta sotto forma di grafici e tabelle dal Wiegel nel caso di ostacolo rettilineo semidefinito e perfettamente riflettente che si erge su profondità costante.

Il modello numerico utilizzato nel nostro caso è un modello agli elementi finiti all'avanguardia per calcolare le altezze d'onda all'interno dell'area in esame per tutte le condizioni di moto ondoso incidente.

Note le altezze d'onda, è possibile stimare, con un'unica simulazione, l'agitazione ondosa in diversi punti, per particolari condizioni di moto ondoso incidente. Il modello numerico utilizzato è CGWAVE (Coastal and Hydraulics Laboratory -United States Army Corps of Engineering) che utilizza come interfaccia grafica il modello SMS (Surface modeling system).

CGWAVE include: la diffrazione delle onde provocata dalle strutture emergenti e quella dovuta alle caratteristiche del fondale marino; la rifrazione e gli effetti di shoaling derivati dalle variazioni di profondità; la riflessione parziale o totale causata dalle strutture costiere e portuali; gli effetti d'attrito di fondo e frangimento delle onde.

Il problema è risolto sulla base dell'equazione per i fondali a debole pendenza (Mild Slope Equation) o di quella di Berkhoff, cioè:

$$\nabla[C C_g \cdot \nabla \phi] + \omega^2 \frac{C_g}{C} \phi = 0$$

Dove C e C_g sono, rispettivamente, le velocità di fase e di gruppo, definiti da:

$$C = \frac{\omega}{k} \quad e \quad C_g = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right] \cdot C$$

dove ω è la frequenza angolare, h è la profondità medio mare, e k è il numero d'onda definito da $2\pi/L$, con L (=CT) lunghezza d'onda.

La discretizzazione agli elementi finiti dell'equazione per fondali a debole pendenza comporta il problema di specificare le condizioni al contorno lungo tutto il confine del dominio di calcolo come illustrato nella figura sottostante.

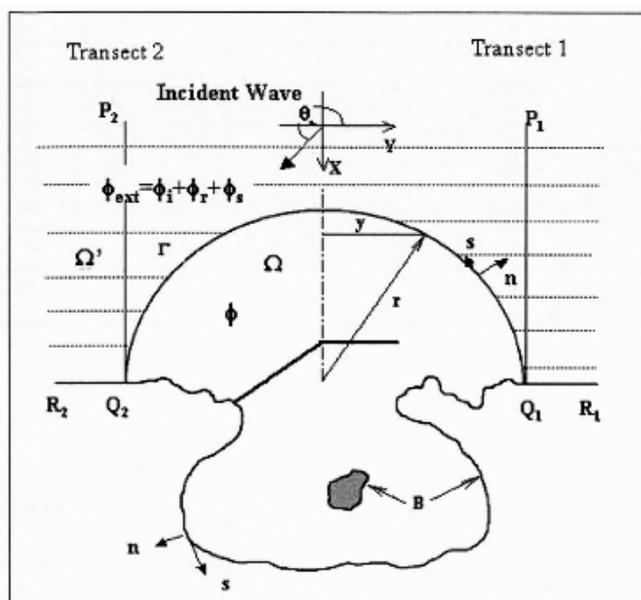


Figura 12 - Schema dominio CGWAVE

In CGWAVE vi sono molte condizioni al contorno che possono essere selezionate. Per esempio, condizioni al contorno relative alle onde incidenti (anche quelle riflesse), definite dall'altezza d'onda, il periodo e la direzione; condizioni sui contorni assorbenti, specificate in termini di una direzione d'onda; condizioni ai contorni parzialmente o completamente riflettenti, definite da un coefficiente di riflessione, il cambio di fase e la direzione d'onda. La definizione dei coefficienti di riflessione lungo i contorni parzialmente riflettenti permette di esaminare diversi tipi di strutture, per esempio frangiflutti a parametro verticale o inclinato.

I calcoli sono eseguiti su una maglia d'elementi finiti triangolari. Per ottenere dei risultati accurati, è importante rappresentare con una certa precisione le lunghezze d'onda alle diverse profondità.

Il vantaggio di usare una maglia d'elementi finiti triangolari è che la risoluzione di tale reticolo può essere personalizzata in base al periodo dell'onda ed alla profondità, in modo da minimizzare la quantità di calcoli necessari che, ricordiamo, dipende dal numero di nodi.

CGWAVE può essere usato in modalità mono-frequenza o random, e inoltre come modello mono-direzionale o multi-direzionale. In modalità "mono-frequenza" il modello considera una sola componente di periodo e direzione. In alcune situazioni, questo tipo d'applicazione fornisce una descrizione ragionevolmente precisa dello stato di mare. A causa dell'interferenza costruttiva e distruttiva dovuta all'interazione delle onde caratterizzate dallo stesso periodo, qualche volta, è

possibile avere una descrizione più esauriente del campo di moto ondoso usando onde incidenti di tipo random. In questo caso possono essere simulate e combinate automaticamente nel modello molte componenti di periodo e direzione, in funzione dello spettro delle onde incidenti.

Il modello CGWAVE rilascia, come risultato di una simulazione, le altezze d'onda sotto forma, normalmente, di grafici a colori ottenuti con l'applicazione del pacchetto software SMS.

SMS è un modello con capacità di pre-processing e post-processing per tutti i modelli numerici CHL (Coastal and Hydraulics Laboratory -United States Army Corps of Engineering), inclusi ADCIRC, TABS (RMA2, RMA4, SED2D), ADH, HiVEL, M2D, STWAVE, BOUSS2D e CGWAVE.

SMS è diviso in moduli: Scatter, Map and Mesh. Il modulo Scatter utilizza dati anche disomogenei, per esempio dati batimetrici, e interpola questi dati in maglie e reticoli del modello. Il Modulo Map é usato per creare e manipolare modelli concettuali. L'utente può creare e definire attributi per oggetti caratteristici, come punti, archi e poligoni, che definiscono il sistema modellato. Immagini, come raster o fotografie possono essere utilizzate in questo processo e possono anche rendere l'output più facile da interpretare. Il Modulo Mesh e altri moduli sono usati per creare e implementare modelli numerici. Questi moduli consentono:

- (a) interazione grafica con editing delle maglie e della rete, condizioni al contorno, parametri del modello e materiali,
- (b) visualizzazione della configurazione del modello numerico e dei dati di output.

Ognuno dei moduli utilizzati per creare e gestire modelli numerici, può avere differenti collegamenti alle cosiddette "coverages" (utilities). Per esempio, il Modulo Mesh ha tante coverages, una per ognuno dei modello supportati.

I risultati del modello numerico CGWAVE sono presentati di solito sotto forma di grafici contenenti le altezze d'onda in specifici punti d'analisi, interni all'area d'interesse. Il modello CGWAVE può rilasciare anche altri parametri fisici e, nel caso di simulazioni con singolo periodo e direzione, può calcolare la quota di pelo libero e la fase dell'onda, oltre a molte altre grandezze. Usando l'altezza e la fase dell'onda si può calcolare, in un secondo momento, la quota di pelo libero a step temporali in cui è stato suddiviso un singolo periodo dell'onda.

Il modello può essere usato, per esempio, per esaminare gli effetti del cambiamento di lunghezza od orientamento di un frangiflutti sulla sua azione schermante nei confronti degli ormeggi in progetto.

Grafici dell'altezza d'onda in funzione del periodo dell'onda in diversi punti interni allo specchio acqueo ridossato. Questi diagrammi possono essere usati per identificare i periodi d'onda a cui lo specchio acqueo ridossato è particolarmente sensibile. Con il modello CGWAVE possono essere esaminate le diverse alternative planimetriche, per selezionare lo schema planimetrico ottimale per lo stato di ridosso dello specchio acqueo protetto.

Nel caso in esame la maglia ad elementi finiti è stata generata in modo che il modello CGWAVE fosse rappresentativo della batimetria e delle strutture proposte, ed inoltre simulasse in modo corretto le onde che si propagano a tergo dell'opera.

Le proprietà riflettenti al contorno delle opere foranee in progetto sono state rappresentate nel modello CGWAVE assegnando appropriati coefficienti di riflessione (k_r) per ogni tipologia di struttura.

Un coefficiente di riflessione 1.0 indica che tutta l'energia dell'onda incidente viene riflessa, mentre un valore inferiore indica che parte dell'energia sarà dissipata.

In questo studio, per ogni tipologia di struttura, si sono assegnati i seguenti coefficienti di riflessioni inseriti nel modello CGWAVE:

- Scarpate in massi artificiali e naturali 0.30 ÷ 0.40 (con cui sono anche state identificate le coste naturali di Salina);
- Banchine antiriflettenti 0.60;
- Banchine esistenti riflettenti 0.99;

Si fa osservare che l'opera è sempre stata inserita nella modellazione del fondale a livello di batimetria. Per ogni simulazione eseguita con il modello CGWAVE sono necessarie le condizioni di moto ondoso al largo. Il limite al largo del modello CGWAVE è stato ubicato in acque relativamente profonde, quindi ogni condizione d'onda incidente poteva essere assunta approssimativamente costante lungo il confine del modello. Utilizzando il modello matematico esposto, si è studiato lo stato di agitazione nello specchio liquido a tergo dell'opera, secondo le previsioni di progetto.

RISULTATI MODELLO

Complessivamente sono state condotte n.6 analisi (per il tempo di ritorno pari a $T_r = 3$ anni, rappresentativo di analisi volte a dimostrare l'utilizzabilità del porto in casi di mareggiate eccezionali ma non particolarmente estreme) in particolare per le direzioni 315, 337.5, 360, 22.5, 45 e 67.5° N.

I risultati sono riportati nelle seguenti tabelle. In particolare nelle tabelle, vengono riportati: la classe di provenienza a largo dell'onda [°N]; la direzione di provenienza

sottocosta risultante dalle analisi di propagazione del moto ondoso [$^{\circ}$ N]; l'altezza d'onda significativa al punto preso come condizione al contorno per [m]; il periodo di picco T_p [s]; l'altezza media d'onda significativa presente nei n.5 punti di controllo presi in considerazione nella analisi.

Tabella 1 - Risultati simulazioni – confronto tra proposta variante e progetto esecutivo

PROPOSTA VARIANTE - SCALO GALERA							
Tr 3 anni	Dir largo [$^{\circ}$ N]	315.00	337.50	360.00	22.50	45.00	67.5
	Dir sottocosta [$^{\circ}$ N]	323.00	340.00	359.00	21.00	42.00	63
	Hmo [m]	3.51	3.51	3.37	2.79	2.35	1.73
	T_p [s]	7.94	7.76	7.56	6.86	6.26	5.42
	H res [m] Punto 1	0.04	0.11	0.19	0.16	0.21	0.17
	H res [m] Punto 2	0.09	0.21	0.21	0.23	0.27	0.26
	H res [m] Punto 3	0.13	0.17	0.29	0.36	0.53	0.29
	H res [m] Punto 4	0.11	0.11	0.27	0.39	0.67	0.32
H res [m] Punto 5	0.04	0.09	0.21	0.23	0.42	0.22	
PROGETTO ESECUTIVO - SCALO GALERA							
Tr 3 anni	Dir largo [$^{\circ}$ N]	315.00	337.50	360.00	22.50	45.00	67.5
	Dir sottocosta [$^{\circ}$ N]	323.00	340.00	359.00	21.00	42.00	63
	Hmo [m]	3.51	3.51	3.37	2.79	2.35	1.73
	T_p [s]	7.94	7.76	7.56	6.86	6.26	5.42
	H res [m] Punto 1	0.47	0.42	0.44	0.13	0.26	0.19
	H res [m] Punto 2	0.83	0.84	0.33	0.18	0.26	0.27
	H res [m] Punto 3	0.20	0.61	0.16	0.51	0.51	0.57
	H res [m] Punto 4	1.09	1.35	0.65	1.41	1.56	1.07
H res [m] Punto 5	0.61	0.78	0.42	0.84	1	0.82	

Tabella 2 - Risultati simulazioni - Primo stralcio

RAFFRONTO VARIANTE - PROGETTO ESECUTIVO							
Variante vs Progetto Esecutivo	Dir largo [$^{\circ}$ N]	315.00	337.50	360.00	22.50	45.00	67.5
	H res [m] Punto 1	-91%	-74%	-57%	23%	-19%	-11%
	H res [m] Punto 2	-89%	-75%	-36%	28%	4%	-4%
	H res [m] Punto 3	-35%	-72%	81%	-29%	4%	-49%
	H res [m] Punto 4	-90%	-92%	-58%	-72%	-57%	-70%
	H res [m] Punto 5	-93%	-88%	-50%	-73%	-58%	-73%
Variante vs Progetto Esecutivo - riduzione massimi su punti	H res [m] Punto 1	-55%					
	H res [m] Punto 2	-68%					
	H res [m] Punto 3	-13%					
	H res [m] Punto 4	-57%					
	H res [m] Punto 5	-58%					

Dai dati riportati nelle tabelle si nota come la realizzazione delle opere foranee previste dalla proposta di variante permette una significativa riduzione dello stato di agitazione interna (mediamente riducendo di oltre la metà l'altezza d'onda che riesce a penetrare all'interno dello specchio acqueo portuale), rendendo compatibile un utilizzo a regime del porto anche durante la stagione invernale. Si risolvono in particolare delle problematiche significative che nella configurazione di progetto esecutivo erano presenti all'imboccatura del porto (punto 4), dove si arrivava ad una altezza d'onda significativa $H_s = 1.57$ m, mentre nella soluzione prevista in variante si arriva ad un $H_s = 0.67$ m, mentre in corrispondenza delle banchine (punti 1, 2 e 5) si hanno riduzioni medie del 60% circa, con picchi anche superiori al 90%, con un'altezza massima residua che passa da 1 m a 0,42 m (punto 5).

Di seguito si riportano i grafici risultati da tutte le simulazioni effettuate, raffiguranti tramite scala di colori l'altezza d'onda puntuale. In particolare, si sono prima riportate le nuove analisi e poi, per facilità di lettura, quelle eseguite per il progetto esecutivo, estratte dall'All.9.4. Si noti che le simulazioni del progetto esecutivo, a differenza di quelle eseguite per la proposta di variante che sono state condotte con una scala di colori fissa sino a 5.0 m, sono eseguite con scale di colori diverse.

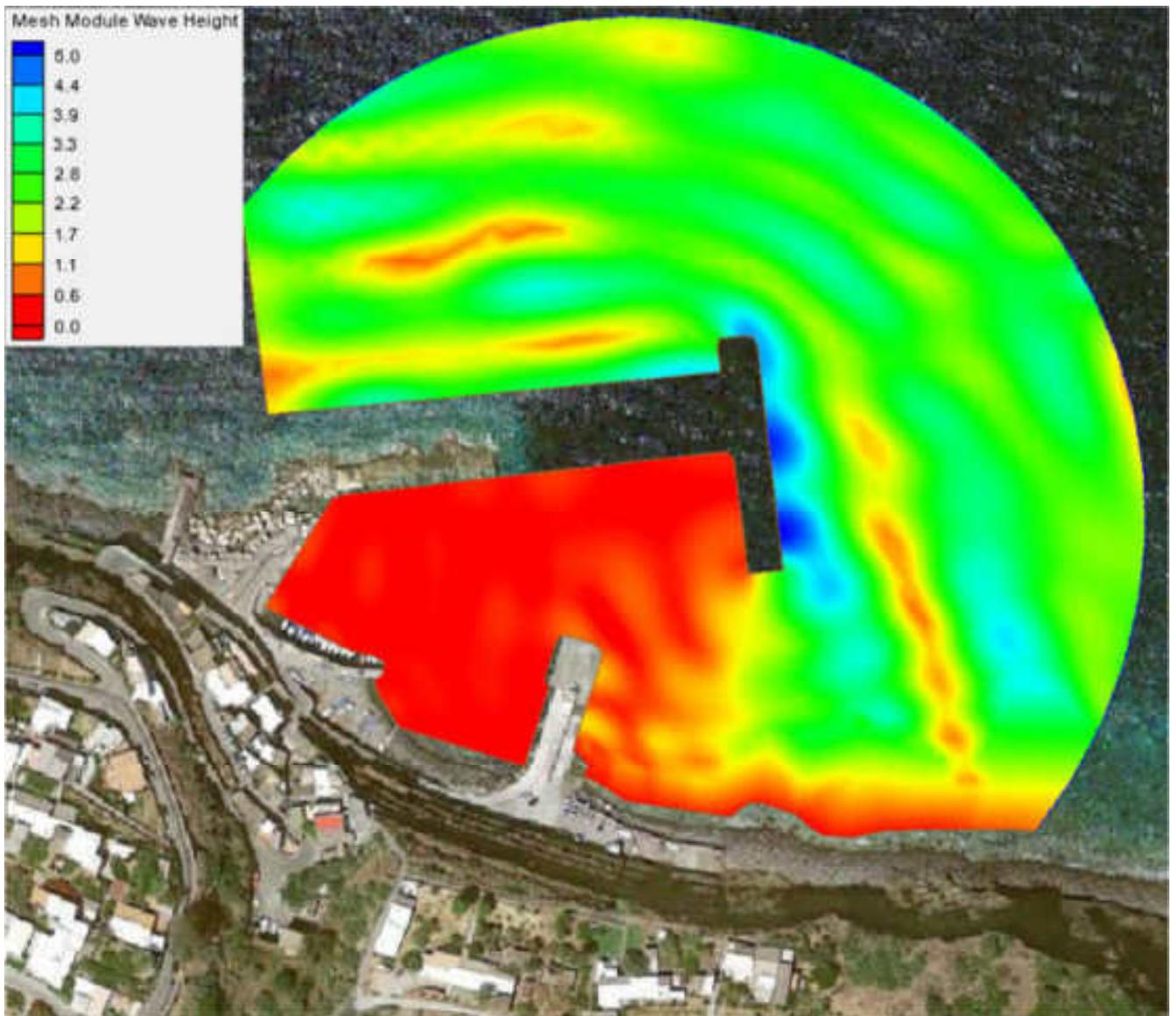


Figura 13 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $22.5^{\circ}N$

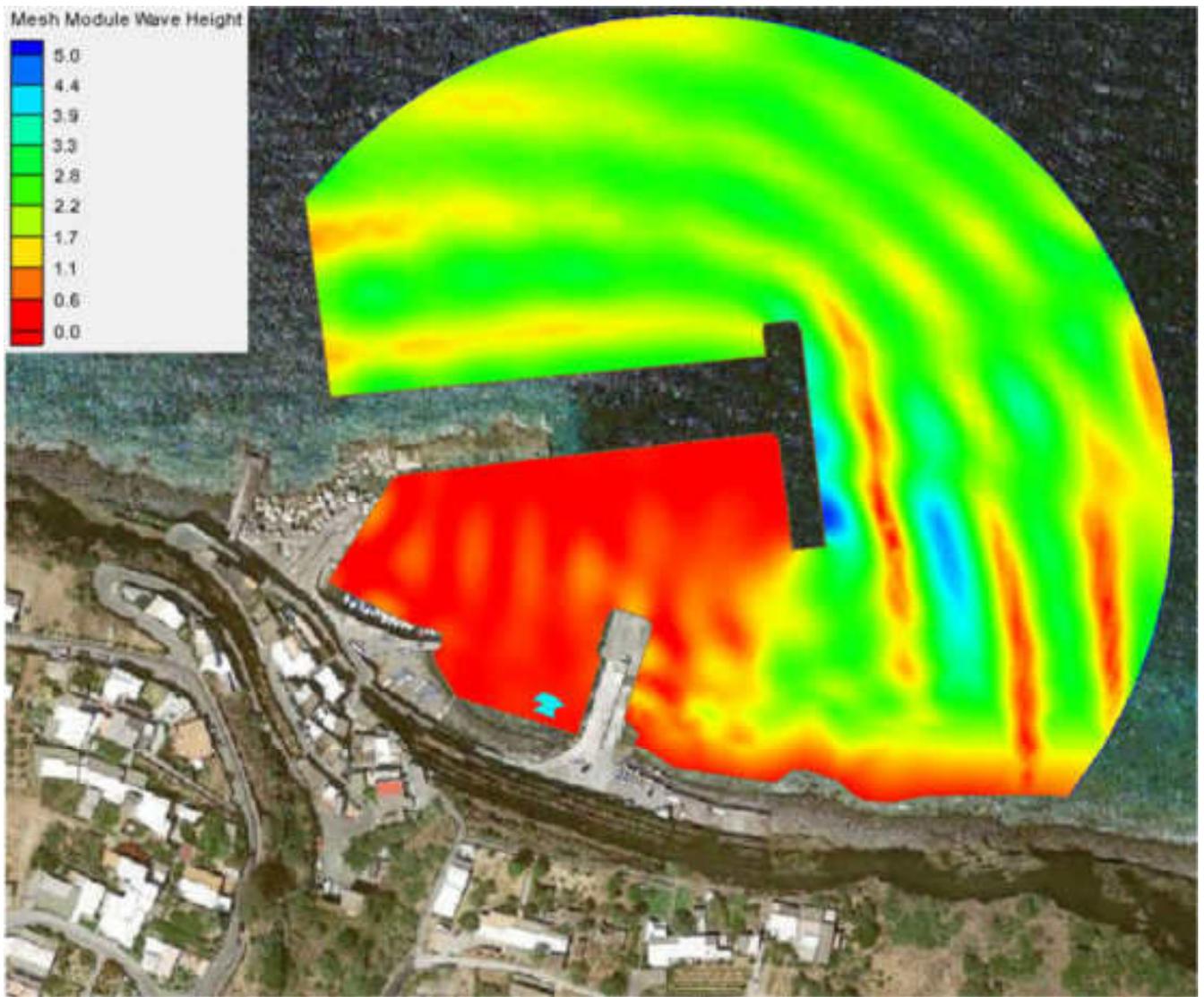


Figura 14 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $45^\circ N$

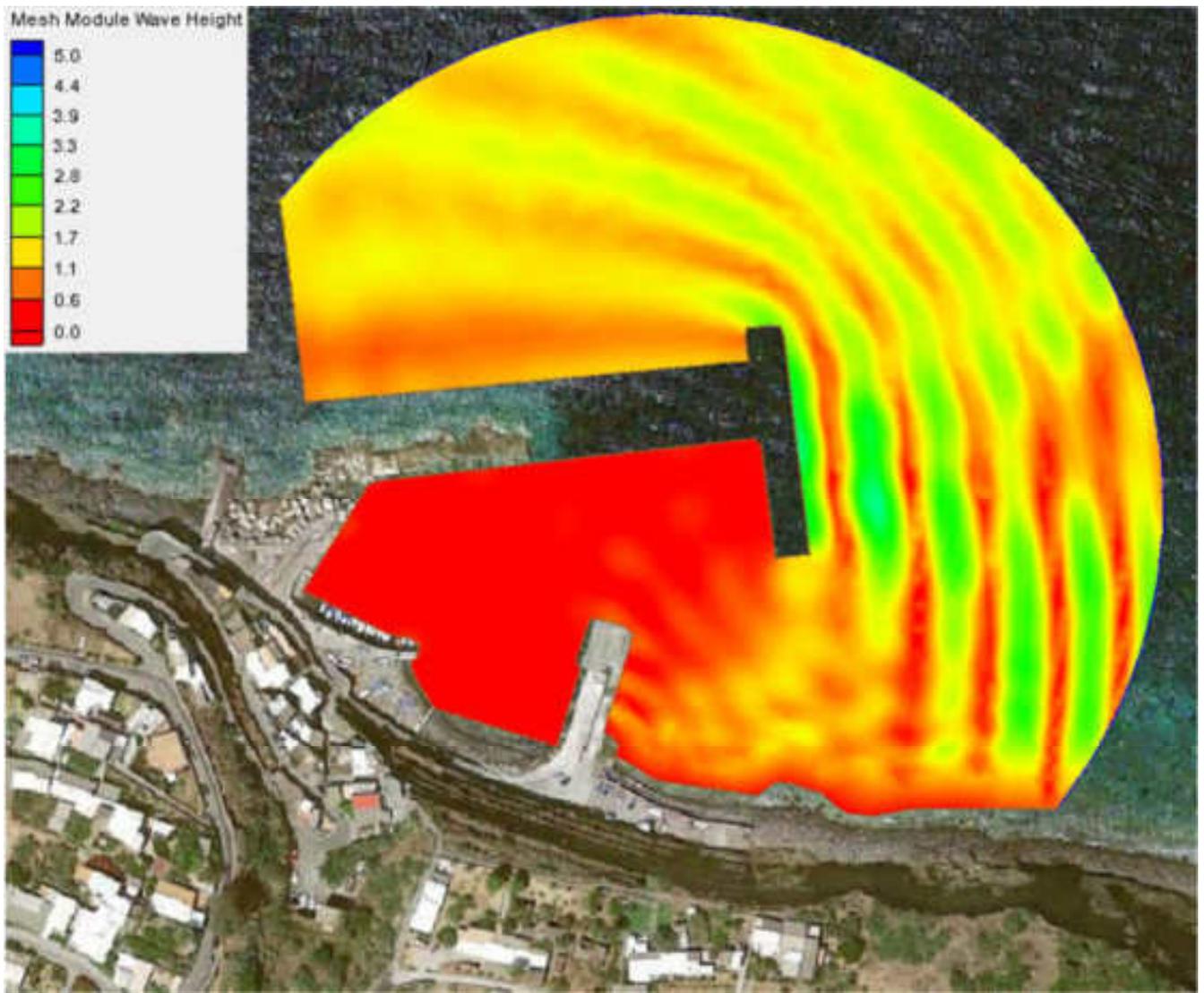


Figura 15 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $67.5^\circ N$

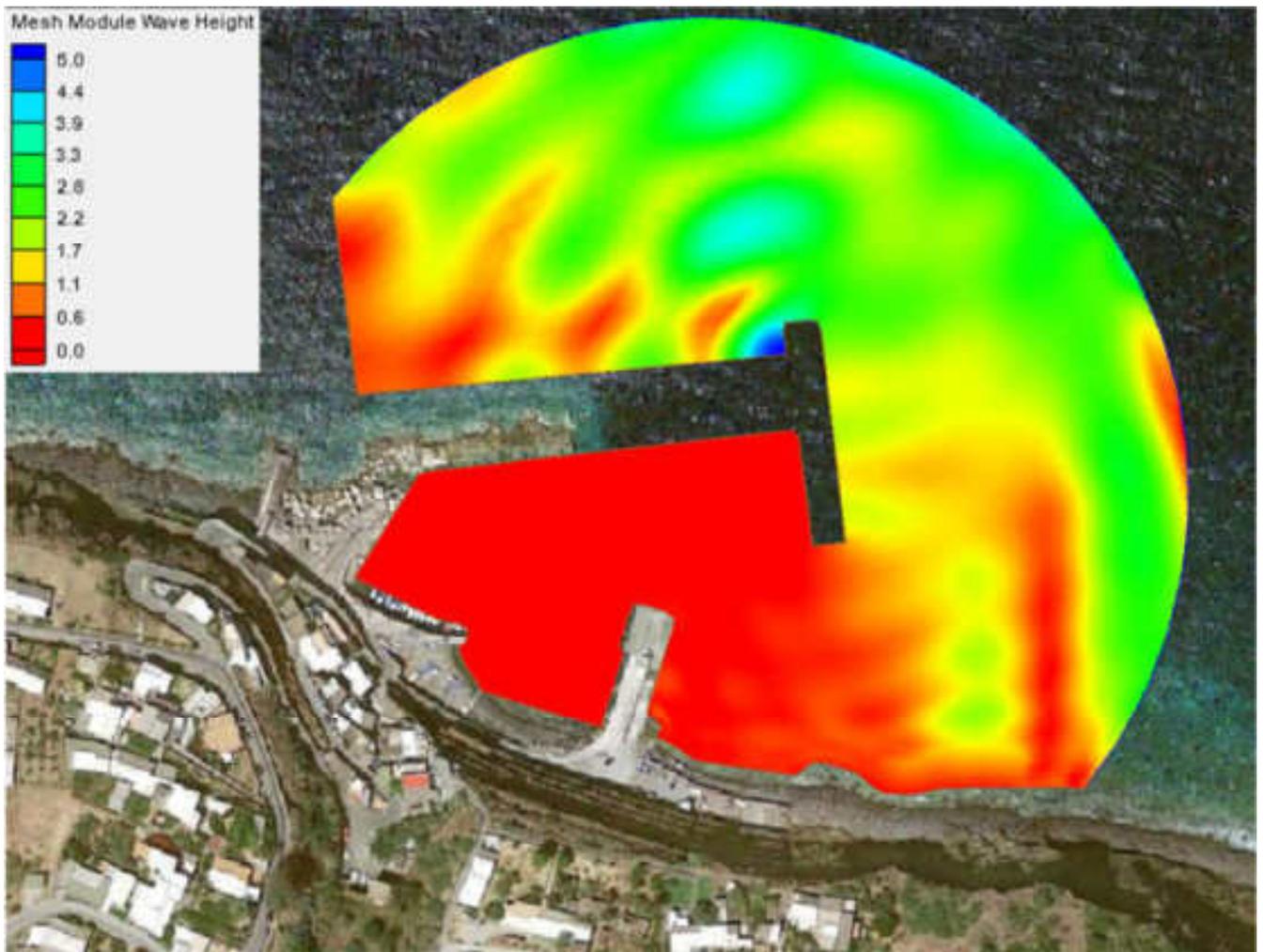


Figura 16 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $315^\circ N$

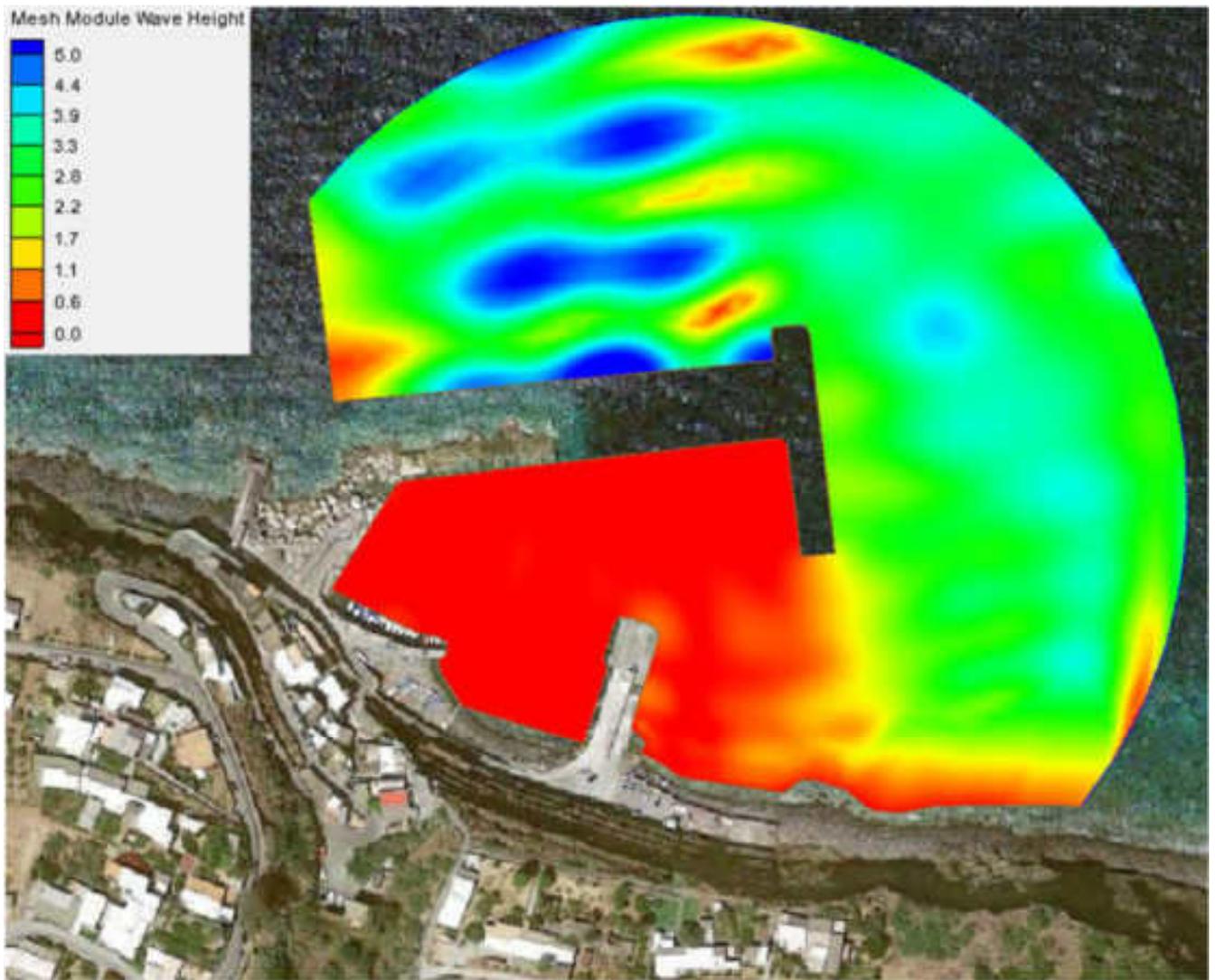


Figura 17 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $337.5^\circ N$

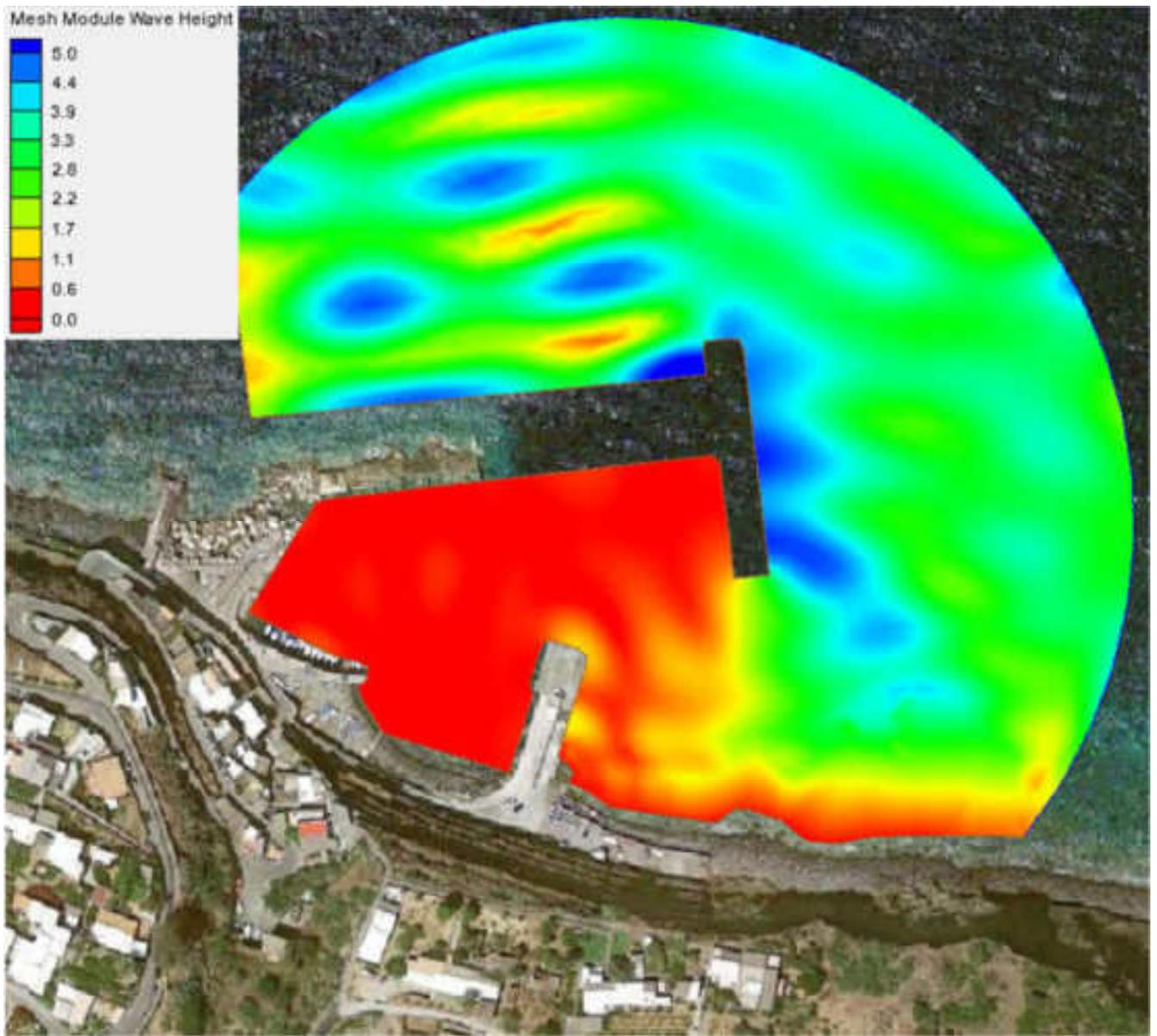


Figura 18 - Configurazione variante - $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $360^{\circ}N$

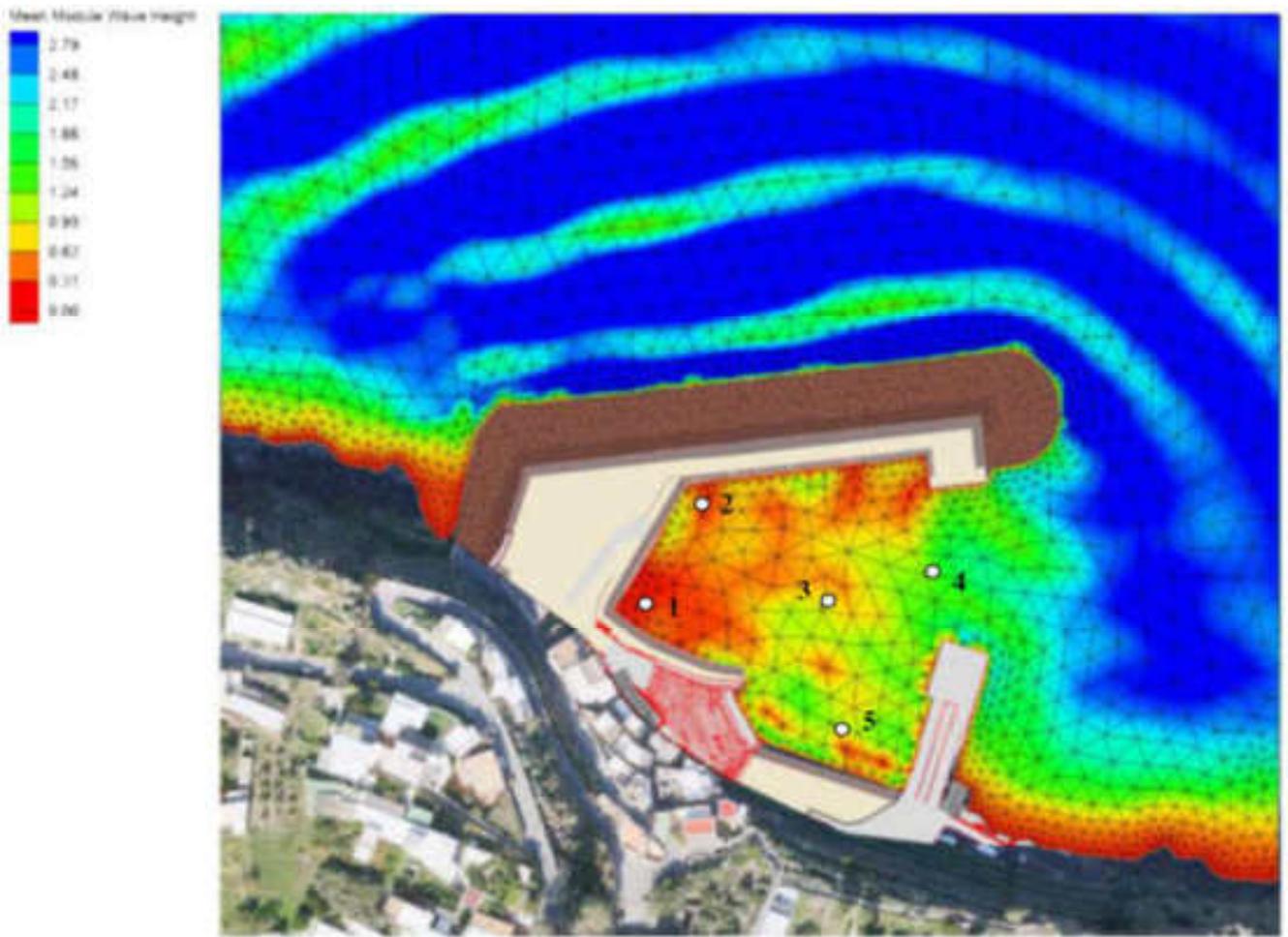


Figura 19 - Configurazione Progetto- $T_r = 3$ anni - dir di provenienza a largo $22.5^\circ N$

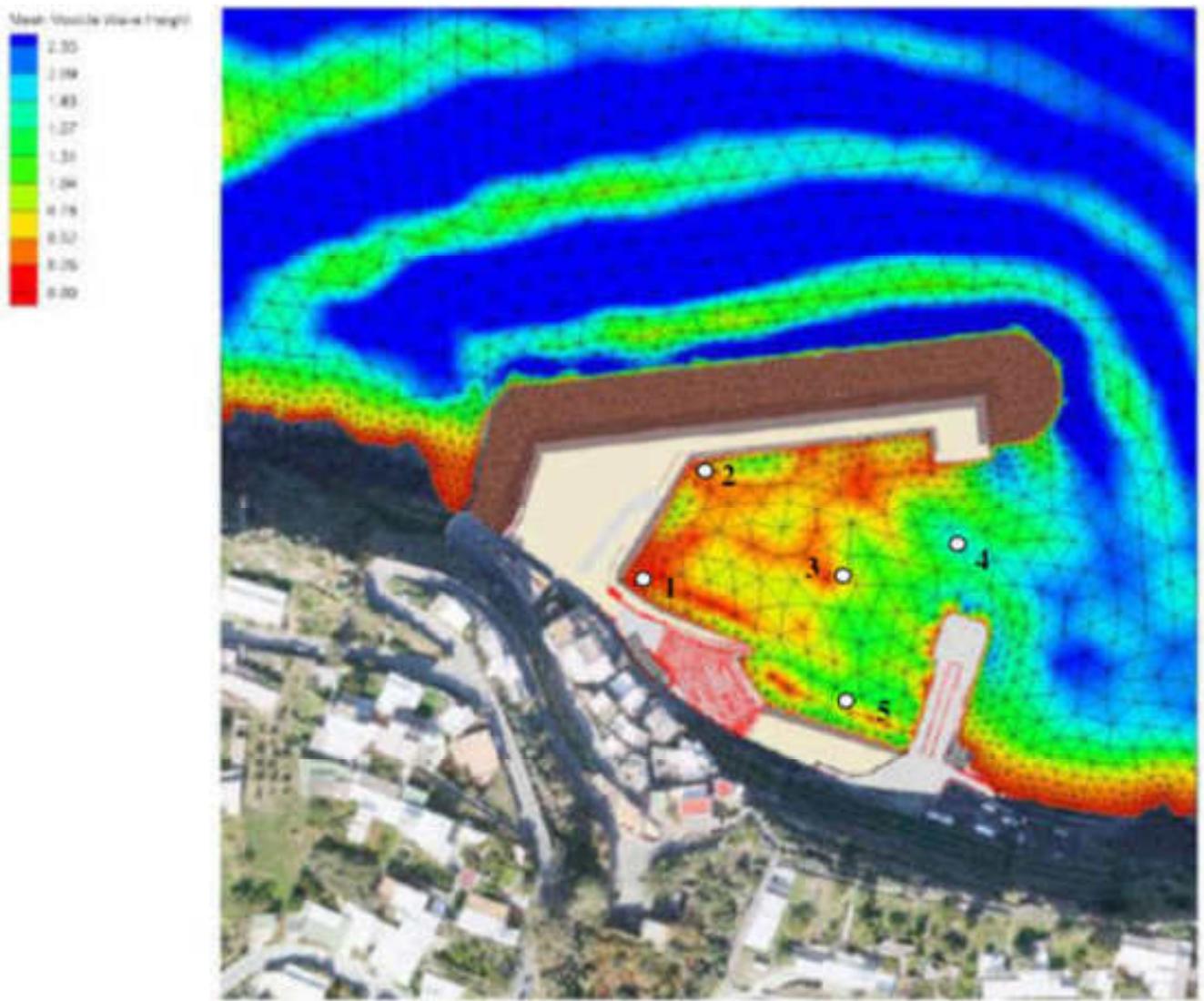


Figura 20 - Configurazione Progetto- $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $45^\circ N$

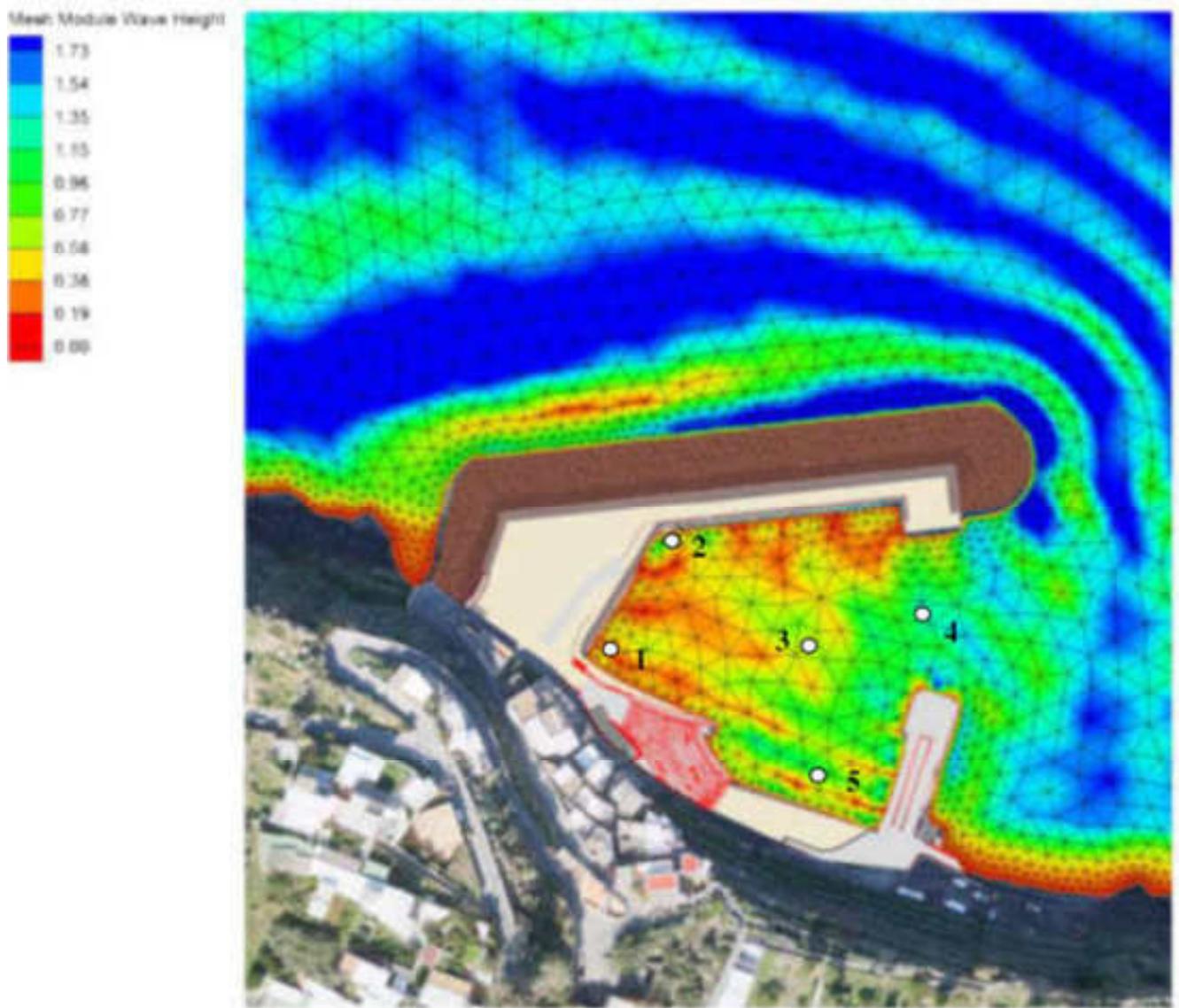


Figura 21 - Configurazione Progetto- $T_r = 3$ anni - dir di provenienza a largo $67.5^\circ N$

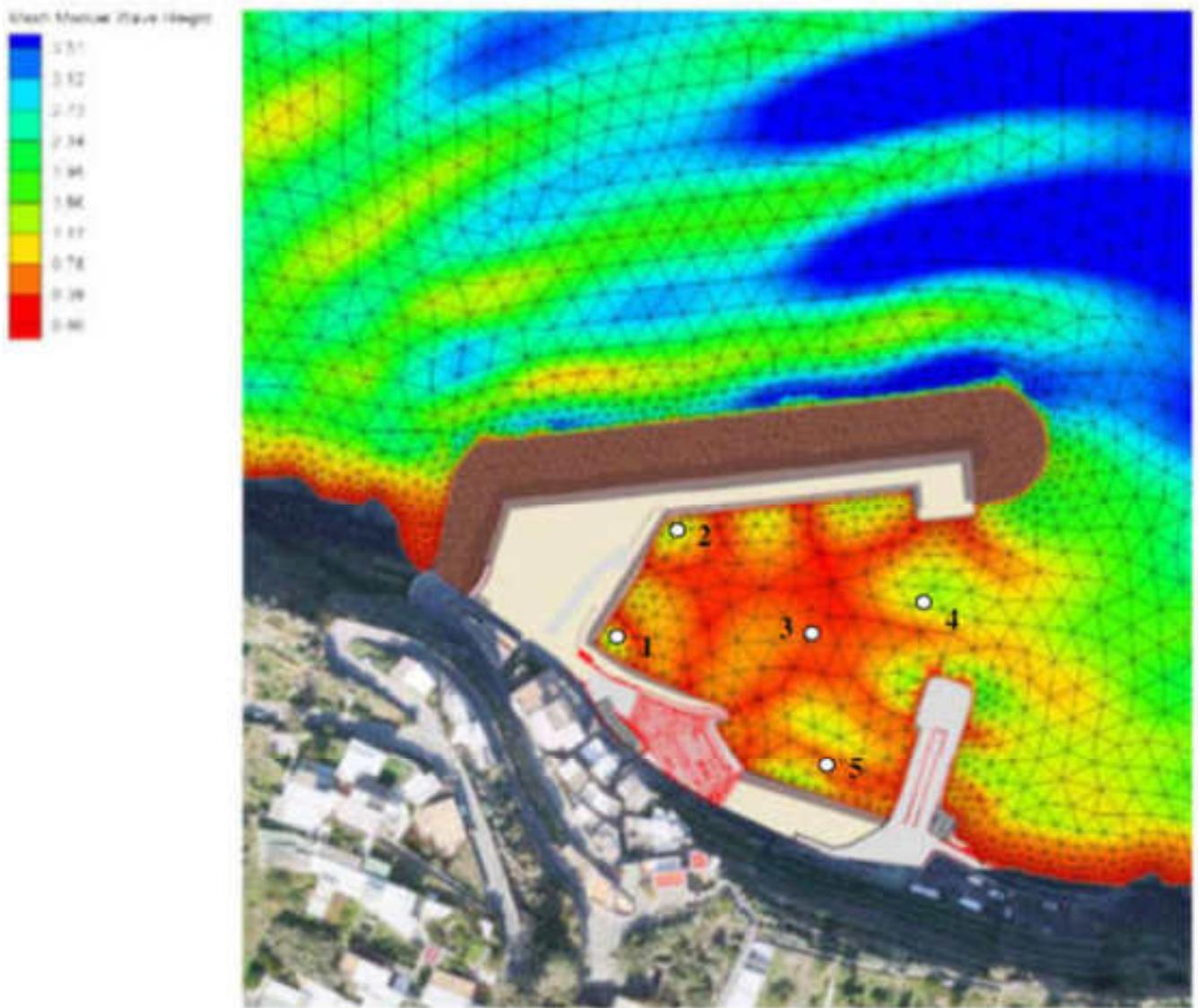


Figura 22 - Configurazione Progetto- $T_r = 3$ anni - dir di provenienza a largo $315^\circ N$

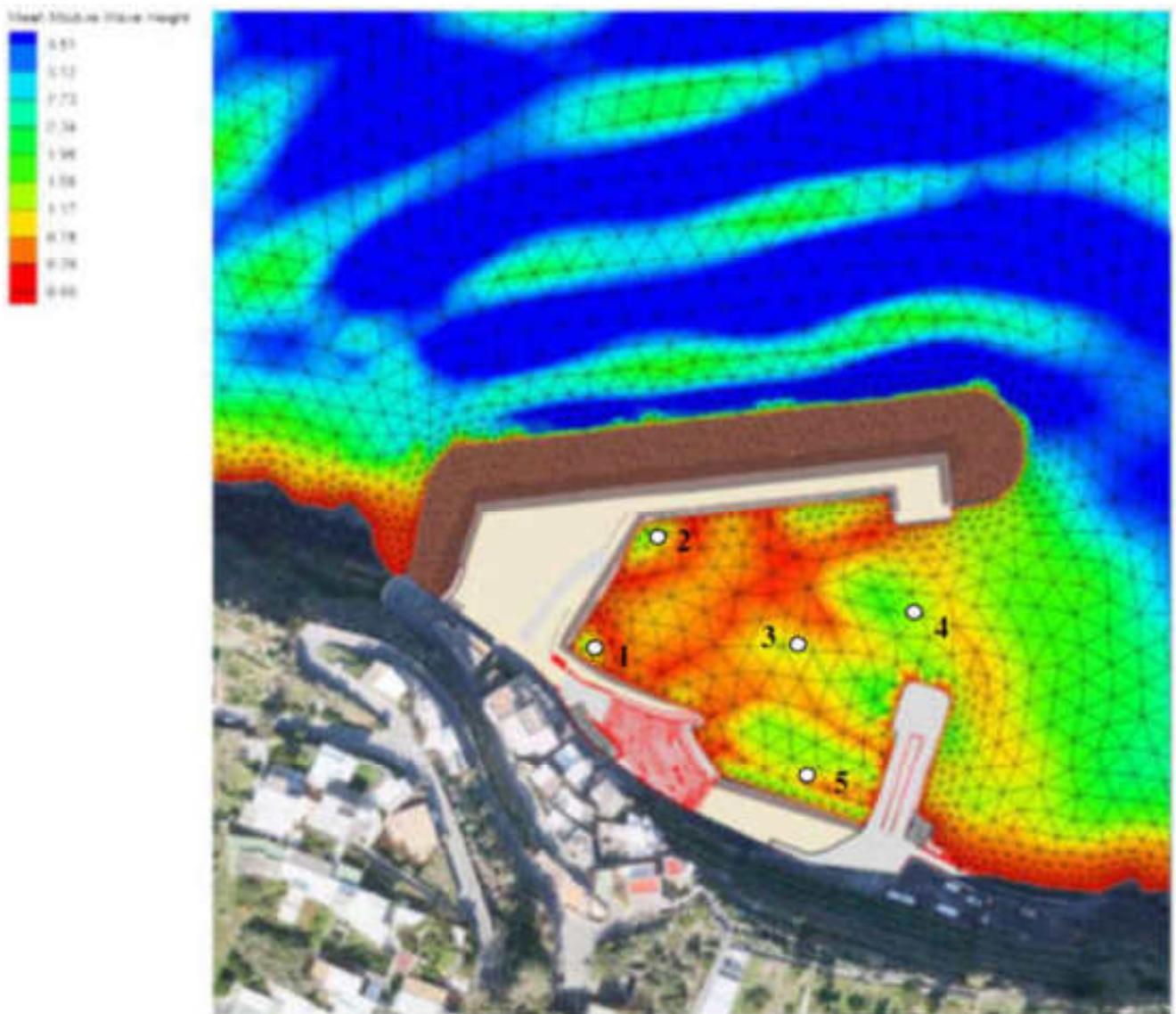


Figura 23 - Configurazione Progetto- $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $337.5^\circ N$

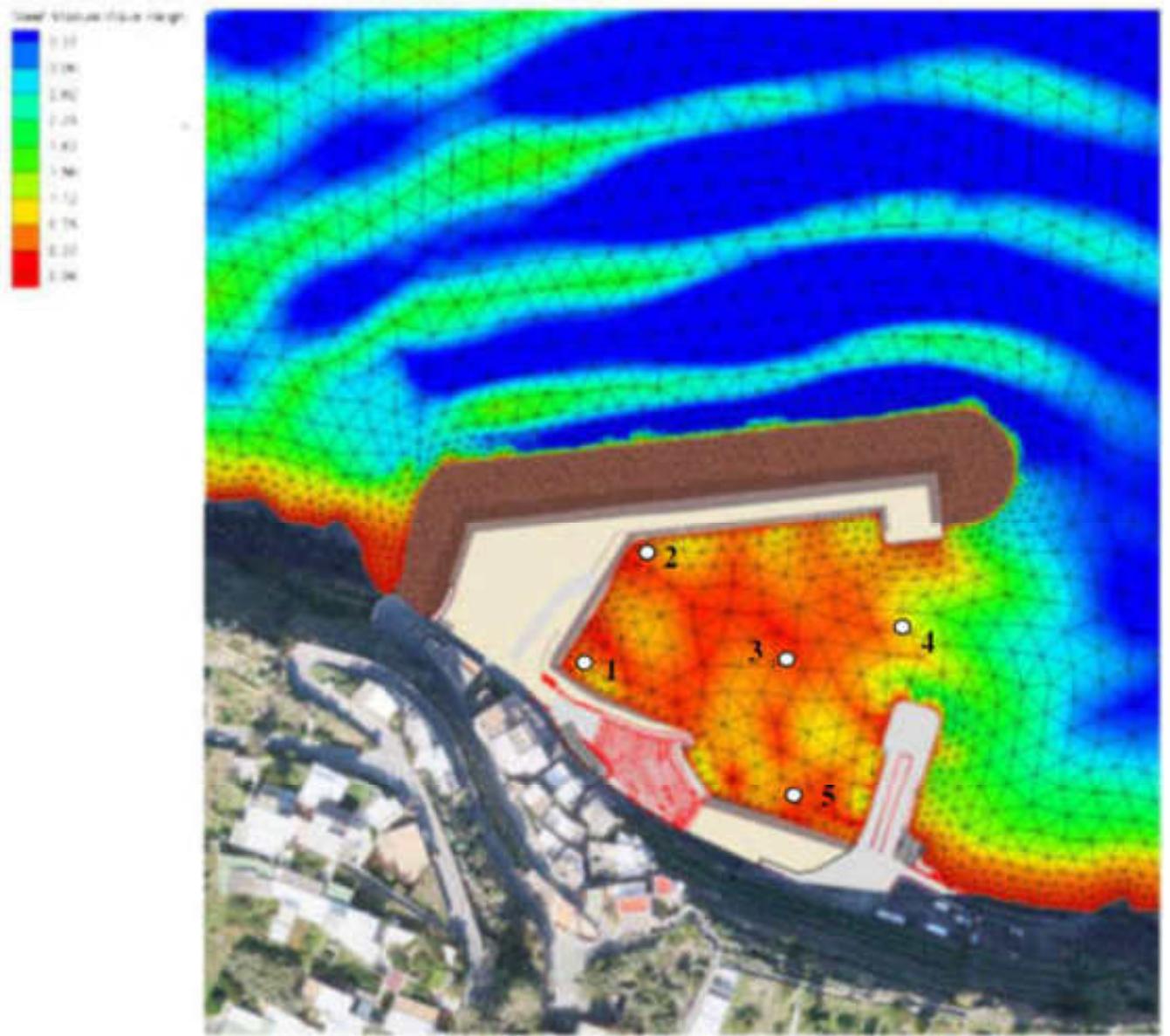


Figura 24 - Configurazione Progetto- $Tr = 3$ anni - dir di provenienza a largo $360^{\circ}N$