



Lavori di salpamento della Diga Ronciglio, dragaggio dei fondali antistanti e messa in esercizio delle banchine a ponente dello Sporgente Ronciglio

## PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Sergio La Barbera

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Progettista - Ing. Antonino Viviano

Collaboratore - Geom. Piero Vivona

Supporto alla progettazione Opere civili - Ing. Rodolfo Piscopia

Coordinatore sicurezza in fase di progettazione - Ing. Paolo Tusa

### GRUPPO DI LAVORO STUDI AMBIENTALI

Dr.ssa Marino Maria Antonietta, biologa, Direttore Tecnico vamirgeoind srl

Dr. Bellomo Gualtiero, geologo, esperto in Via e Vinca

Ing. Mauro Di Prete, Tecnico Competente in Acustica

Ing. Valerio Veraldi

Ing. Giacomo Pettinelli

Arch. Fabio Marcello Massari

### GESTIONE DEI SEDIMENTI

Università Kore di Enna - Prof. Ing. Gaetano di Bella

TITOLO ELABORATO:

Relazione tecnica generale

ELABORATO N° :

**RG**

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO		
SIGLA								
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.		
		0	Dicembre 2021	Prima stesura				

NOME FILE :

PE-2021-RG

DATA: Dicembre 2021

SCALA :



## Sommario

A- Premesse .....	3
A.1- Descrizione sommaria dei luoghi .....	3
A.2- L'area portuale .....	4
A.2.i- Condizioni morfologiche.....	4
A.2.ii- Condizioni geologiche.....	4
A.2.iii- Condizioni idrogeologiche .....	5
A.2.iv- Condizioni meteomarine .....	5
A.2.v- Caratteristiche del paraggio.....	6
A.3- Le motivazioni che inducono gli interventi.....	6
A.4- Analisi dell'evoluzione delle caratteristiche delle navi crocieristiche.....	10
B- LA CONFIGURAZIONE ATTUALE.....	28
B.1- La funzionalità e le opere portuali principali del porto .....	28
B.2- Canali di accesso al porto.....	30
B.3- La domanda di traffico .....	30
B.3.i- Il traffico passeggeri e il traffico veicolare indotto .....	30
B.3.ii- I varchi portuali ed il traffico a terra .....	33
C- OBIETTIVI DA CONSEGUIRE .....	34
C.1- Cerchio di evoluzione nell'avamposto .....	34
C.2- Profondità del canale di accesso al porto .....	35
C.3- Larghezza del canale di accesso al porto.....	36
C.4- Analisi dello stato attuale dei luoghi .....	39
C.5- Analisi delle previsioni del ATF al PRP presentato dalla AdSP .....	42
C.6- Analisi delle Previsioni sullo stato dei luoghi ante operam.....	43
C.7- Analisi delle richieste della Capitaneria di Porto .....	44
C.8- Definizione delle necessità.....	45
D- INTERVENTI DA REALIZZARSI .....	46
D.1- Lavori di salpamento della ex diga frangiflutti (sporgente) Ronciglio vecchio faro .....	46
D.2- Lavori di sagomatura della nuova testata sulla radice della ex diga frangiflutti (sporgente) Ronciglio vecchio faro .....	52
D.3- Lavori di dragaggio dei fondali circostanti il frangiflutti Ronciglio vecchio faro.....	58
D.3.i- SOLUZIONE A .....	64
D.3.ii- SOLUZIONE B.....	67
D.3.iii- SOLUZIONE C.....	70
D.3.iv- SOLUZIONE D .....	73
D.3.v- SOLUZIONE E.....	76
F- LA FATTIBILITÀ TECNICA .....	79
F.1- Analisi dei parametri geotecnici.....	79
F.2- Volumi di dragaggio e conferimento dei sedimenti .....	84
F.3- Analisi dei vincoli geotecnici.....	93
F.4- Modellazione degli effetti del dragaggio sull'equilibrio del litorale .....	95
F.5- Analisi del piano di gestione dei sedimenti dragati .....	99
F.6- Contenuti del Piano di gestione dei sedimenti .....	100
F.6.i- Analisi delle opzioni di gestione per i sedimenti in classe C e D.....	103
F.6.ii- Eventuali futuri spostamenti in ambito portuale.....	108
F.7- Individuazione siti di destinazione .....	109
F.7.i- Immersione deliberata in mare dei sedimenti in classe A e B .....	109
F.7.ii- Discarica a terra per sedimenti di classe C e D. ....	114
F.8- Cinematica delle fasi lavorative .....	116
F.9- Piano di monitoraggio ambientale.....	120



**PROGETTO ESECUTIVO**

---

G- LA SOLUZIONE DI PROGETTO .....	123
G.1- Risagomatura ex diga frangiflutti Ronciglio .....	123
G.2- Dragaggio area interna dell'avamposto .....	126
G.3- Il traffico nautico e il traffico veicolare indotto atteso .....	129
H- LA CANTIERIZZAZIONE .....	132
H.1- Criteri e modalità di esecuzione delle opere in progetto .....	132
H.2- Gestione dei sedimenti dragati .....	135
H.3- Le aree per la cantierizzazione .....	136
H.4- Il bilancio dei materiali .....	136
H.5- Le attività di cantiere e i tempi di realizzazione .....	138
H.6- Le azioni di prevenzione e mitigazione in fase di cantiere .....	139
H.6.i- Azioni di prevenzione .....	139
H.6.ii- Azioni di mitigazione .....	140
H.6.iii- Misure per la riduzione della diffusione di polveri .....	140
H.6.iv- Misure per la riduzione della rumorosità .....	141
H.6.v- Misure per il controllo della qualità delle acque .....	142
I- Studio di Impatto Ambientale .....	145
J- IL COSTO DELL'INTERVENTO .....	149



## A- Premesse

### A.1- Descrizione sommaria dei luoghi

Il porto di Trapani, classificato in II categoria I classe come porto commerciale e I categoria come porto di rifugio (R.D. 11/10/1888 n 5820) rientra nell'ambito dell'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sicilia Occidentale (in seguito indicata come AdSP).

L'area portuale era normata dalle previsioni definite dal Piano Regolatore approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n 1214 il 26 luglio 1962. Si tratta di un piano redatto secondo i criteri dell'epoca con indicazioni sommarie sullo sviluppo dei moli e delle banchine, sostanzialmente privo di una dettagliata definizione delle funzioni portuali che possono essere desunte esclusivamente dall'analisi delle prime sei pagine del sopra citato voto del CSLPP, così come interpretata dagli uffici tecnici dell'AdSP.

Le **funzioni** analizzate e ad oggi presenti in ambito portuale/demaniale sono:

- funzione commerciale;
- funzione industriale/artigianale;
- funzione pesca;
- funzione passeggeri attracco attesa e servizio ai traghetti e alle crociere;
- nautica da diporto;
- servizi portuali.

Nelle more della redazione della variante al Piano Regolatore Portuale (le cui tempistiche di approvazione non sono risultate compatibili con le necessità dell'Ente e delle richieste del mercato) **l'AdSP ha promosso un adeguamento tecnico funzionale (di seguito ATF) al PRP con l'intento di permettere in tempi rapidi un accesso al porto in sicurezza delle navi, oggi difficoltoso a causa della limitata larghezza dell'imboccatura nei pressi della testata del Molo del Ronciglio, ai sensi dell' art.5, comma 5 della L. n. 84/1994 e ss. mm. ii., che è stato successivamente approvato con Delibera del Comitato di Gestione N.06 del 20 giugno 2019 e N.11 del 06 ottobre 2019.**

Infatti, da tempo il Porto di Trapani è inserito nei circuiti crocieristici della compagnia di vari armatori (Marella Cruises, premier Cruises, Royal Caribbean, Costa, etc.) e sino ad oggi si registra l'accesso al porto e l'ormeggio di navi crociere di lunghezza massima di 280,00m.

Con Nota del 16.01.2019 Prot. n° 718, la Capitaneria di Porto di Trapani ha fatto presente che: "... al fine di ottenere maggiori spazi evolutivi per le unità di maggiori dimensioni, appare necessario procedere con il salpamento del cosiddetto <<vecchio fanale verde>> ...".



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

A seguito di tale nota è stata valutata da parte della AdSP la possibilità di salpare la gran parte della Diga Ronciglio (in cui è collocato il vecchio fanale verde) e di estendere il previsto dragaggio del porto ai fondali antistanti tale Diga. Ciò infatti consentirebbe la realizzazione di un canale di accesso di larghezza pari a circa 250 m, favorendo le manovre di ingresso/uscita dal porto delle grandi imbarcazioni.

Pertanto, l'opera in questione è stata inserita nel programma triennale 2021-2023 con una previsione di spesa di € 6.500.000.

## *A.2- L'area portuale*

### **A.2.i- Condizioni morfologiche**

Dal punto di vista geomorfologico, l'area portuale rientra all'interno di una insenatura esistente nella zona in cui sono presenti le saline di Trapani e l'isola Colombaia, nell'ambito della quale, trascurando la fascia interessata dalla modesta escursione di marea, si manifestano soltanto i fenomeni naturali legati al moto ondoso ed all'azione delle correnti marine.

Il fondale dell'area portuale presenta morfologia leggermente degradante verso SW, con una pendenza media del 1.5 %. Mancando una significativa azione delle maree, necessaria per definire la zona compresa tra i livelli medi dell'alta e della bassa marea, l'area portuale si mantiene nell'ambito dell'"ambiente di spiaggia" in cui è possibile riconoscere i tipi litologici appartenenti alla spiaggia emersa da quelli appartenenti alla spiaggia sottomarina, separati da una zona di transizione compresa tra i sedimenti in prevalenza limoso-sabbiosi ed i sedimenti prevalentemente argillosi.

Dal punto di vista geologico, l'area portuale di stretto interesse si localizza in corrispondenza di un vasto deposito limoso-argilloso lacustre, di spessore variabile fino a circa 17 metri, che ricopre e maschera, il substrato costituito dalle formazioni argillose giallastre e/o grigio-verdastre molto addensate e dure.

### **A.2.ii- Condizioni geologiche**

L'area in questione rappresenta il segmento più occidentale della catena siciliana, costituita da una successione di unità tettoniche impilate, convergenza generalmente meridionale dopo il Tortoniano medio. In quest'area affiorano successioni silico-clastiche e carbonatiche, sedimentate nel cosiddetto "bacino di Trapani", durante l'intervallo Oligocene - Miocene. Tali successioni poggiano in discordanza su un substrato costituito da terreni carbonatici e silico-carbonatici riferiti a diversi domini paleogeografici (Panormide, Imerese, Trapanese).



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

In queste successioni sono state inoltre riconosciute tre distinti cicli sedimentari separati da altrettante superfici di discontinuità. Nel dettaglio i terreni affioranti nell'ambito dell'area portuale possono essere classificati come segue:

**Depositi lacustri:** sono stati riscontrati in tutti i sondaggi eseguiti durante le varie campagne in sito e ricoprono con spessori variabili da circa 2 metri fino a circa 17 metri, la sottostante formazione delle argille giallastre, le quali, gradualmente e con passaggi eteropici laterali passano ad argille grigio verdastre, dure ed a struttura brecciata. Granulometricamente si tratta di limo argilloso fluido plastico (localmente quasi allo stato liquido) poco sabbioso di colore nerastro con presenza di notevole materiale organico (torboso) e resti di conchiglie.

**Argilla sabbiosa giallastra:** si tratta di argilla localmente sabbiosa con limo, di colore giallastro, mediamente plastica; il litotipo presenta localmente livelli di ghiaia da media a grossolana. Lo spessore varia da circa 4 metri fino ad un massimo di 6.5 metri ed i sedimenti, procedendo verso il basso, passano in eteropia ad argille grigio-verdastre dure e compatte.

**Argilla grigio-verdastro:** si tratta di argille a struttura brecciata, dure e compatte, di colore grigio verdastro, che localmente presentano passaggi eteropici ad argille grigio-azzurre. In corrispondenza del contatto stratigrafico con le argille sovrastanti sono stati intercettati, durante le perforazioni eseguite negli anni 1998-2003, livelli argilloso-sabbiosi con spessori non superiori ai 2 metri.

#### **A.2.iii- Condizioni idrogeologiche**

Le condizioni idrogeologiche del sito sono quelle tipiche delle zone costiere della Sicilia occidentale, legate alla natura dei sedimenti sciolti che costituiscono le spiagge. Le condizioni litologiche locali sono tali da consentire l'individuazione di una successione di strati moderatamente permeabili su terreni impermeabili. Si tratta di limi sabbiosi con tracce di materiale organico e frammenti di fossili caratterizzati da spessore complessivo di 4 + 13 m che coprono le sottostanti argille.

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni che interessano larga parte del sito portuale o un coefficiente di permeabilità stimato in 10<sup>-8</sup> cm/sec per le argille, e di 10<sup>-4</sup> cm/sec per i limi sabbiosi e le sabbie limose. I terreni che rappresentano il substrato di fondazione, essendo sommersi dal mare, sono da considerare costantemente saturi d'acqua.

#### **A.2.iv- Condizioni meteomarine**

Il porto di Trapani è naturalmente aperto ai mari da S-SW a N-NW.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Una parte di tale settore è riparata dall'isola di Favignana, la quale, benché a 9 Km di distanza, attenua la potenza delle onde in direzione S-SW.

La traversia principale del porto è limitata al settore fra la visuale scoglio Palumbo - golfo di Orosei e la visuale definita dall'isola di Levanzo, nella quale direzione media si ha un'estesa di mare libero di circa 518 miglia marine e si hanno quindi i mari dominanti del paraggio.

La traversia secondaria è compresa tra la visuale di punta Marsala dell'isola di Favignana e la visuale passante per la punta occidentale dell'Isola Grande sita a nord del Capo Lilibeo.

L'escursione di marea che si verifica nel porto è molto limitata essendo in media di 30cm.

Nei confronti del mare più potente, e cioè quello di ponente-libeccio, il porto è difeso dalle scogliere del tratto Colombaia – Cappuccini e dall'attuale molo della Colombaia, che, ubicato nella direzione mezzogiorno-scirocco, crea un ridosso per l'ormeggio delle navi in rilascio. Contro il mare in direzione S-SW il porto è difeso dal molo di sottoflutto.

#### **A.2.v- *Caratteristiche del paraggio***

Le caratteristiche del paraggio in cui si apre lo scalo marittimo sono brevemente di seguito descritte:

- le opere foranee di difesa del porto sono costituite dal molo della Colombaia, che si estende per m. 450 ed è orientato a mezzogiorno, dalle scogliere tra la Colombaia e la penisola dei Cappuccini e dal molo di sottoflutto di lunghezza di m. 300,00;
- l'imboccatura portuale ha una larghezza pari a circa m 300 con orientamento a sud, e l'escavo nella zona ad essa antistante arriva fino alla profondità di m -15;
- l'avamposto ha una superficie di circa 860.000 mq ed è delimitato dal molo della Colombaia, dalla secca della Mauda, dal molo della Sanità, dal molo del Ronciglio, dalla spiaggia a ponente delle Saline del Ronciglio e dal molo di sottoflutto;
- il bacino portuale interno delimitato dal molo della Sanità, dalle banchine settentrionali, dalla banchina Isoella con fondali di m. (-12), dagli affacci dell'area ASI nella zona Brignanello, dalle banchine del Ronciglio con fondali di m. (-12) e dal molo del Ronciglio.
- Il bacino interno è delimitato dal molo della Sanità, e dal molo del Ronciglio.

#### **A.3- *Le motivazioni che inducono gli interventi***

Da tempo il Porto di Trapani è inserito nei circuiti croceristici delle compagnie di vari armatori (Marella Cruises, Premier Cruises, Royal Caribbean, Costa, etc.), come rappresentato dagli elenchi d'accosto (cfr. figura 1).



PROGETTO ESECUTIVO

Attualmente, lungo le Banchine interne attraccano navi da crociera di massima lunghezza pari a 243,00 m (**Marella Dream**), con pescaggio nominale di circa 7,2 m (cfr. tabella 1), le cui modalità di manovra necessitano un miglioramento della sicurezza alla navigazione.

Va inoltre considerato che, come mostra la Figura 11, il traffico in atto nell'anno 2018 ha registrato una presenza di 48 approdi e nel 2019 ha raggiunto almeno i sessanta, come riportato nelle immagini di seguito allegate. Gli incrementi di traffico crocieristico, unitamente alle dimensioni e al pescaggio della flotta oggi operante nel porto di Trapani, hanno indotto i piloti a richiedere all'Autorità Portuale competente un progetto finalizzato a migliorare le condizioni di sicurezza per l'accesso al porto delle grandi navi.

Armatori navi crociera che approdano a Trapani anno 2018			
ARMATORE	NAVE	N° TOTALE DI APPRODI	AGENZIA MARITTIMA
MARELLA CRUISES	MARELLA DREAM	10	LUGI MORANA SRL
COMPAGNIE DU PONANT	LE PONANT	8	
PREMIER CRUISES	SERENISSIMA	4	
VIKING CRUISES	VIKING STAR	2	
	VIKING SKY	1	
HAPAG LLOYD	EUROPA	1	
SILVER SEA	SILVER WISPER	2	
	SILVER MUSE	2	
	SILVER WIND	1	
WINDSTAR CRUISES	WIND SURF	2	
	STAR PRIDE	1	
SCHIFFHARTSGESELLSCHAFT	SEA CLOUD	2	
	SEA CLOUD II	1	
ROYAL CARIBBEAN	AZAMARA JOURNEY	1	RICCARDO SANGES & C.
FRED OLSEN	BRAEMAR	1	
FTI BERLIN	BERLIN	1	
CROISIEUROPE	LA BELLE DE L'ADRIATIQUE	1	
SEABOURN	SEABOURN ODYSSEY	1	
WILHELMSEN SHIP	THE WOLD	1	
THE AEGEAN EXPERIENCE	AEGEAN ODYSSEY	1	
NOBLE CALEDONIA	PANORAMA II	2	
CLUB MED CRUISES	CLUB MED 2	1	
GRAND CIRCLE CRUISE LINE	CLIO	1	
TOTALE		48	

Armatori navi crociera che approdano a Trapani anno 2019			
ARMATORE	NAVE	N° TOTALE DI APPRODI	AGENZIA MARITTIMA
MARELLA CRUISES	MARELLA DREAM	11	LUGI MORANA SRL
PREMIER CRUISES	SERENISSIMA	3	
OCEANIA CRUISES	NAUTICA	1	
	SIRENA	1	
COMPAGNIE DU PONANT	LE PONANT	6	
	LE BOUGAINVILLE	2	
COSTA	COSTA neoRIVIERA	9	
VIKING CRUISES	VIKING SKY	1	
SILVER SEA	SILVER SPIRIT	1	
	SILVER SHADOW	2	
WINDSTAR CRUISES	WIND SURF	2	
	STAR BREEZE	1	
SCHIFFHARTSGESELLSCHAFT	SEA CLOUD	3	
	SEA CLOUD II	3	
FRED OLSEN	BRAEMAR	1	RICCARDO SANGES & C.
PHOENIX REISEN	ALBATROS	1	
	AMEDEA	1	
SEABOURN	SEABOURN ODYSSEY	2	
COSTA	ARTANIA	1	
THE AEGEAN EXPERIENCE	AEGEAN ODYSSEY	1	
GRAND CIRCLE CRUISE LINE	CORINTHIAN	4	
CLUB MED CRUISES	CLUB MED2	1	
ROYAL CARRIBEAN	AZAMARA PURSUIT	1	
	AZAMARA JOURNEY	1	
TOTALE		60	

Figura 1. Traffico navi da crociera per gli anni 2018 e 2019



**PROGETTO ESECUTIVO**

Nome	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Pescaggio [m]
Aegean Odyssey	140,5	20,4	6,1
Albatros	205	27	7,3
Amedea	193	24,7	6,2
Artania	231	32,2	7,8
Azamara Journey	181	25,4	5,8
Azamara Pursuit	180	25,5	6
Berlin	139	17,5	4,8
Braemar	196	22,5	5,4
Breamar	196	22,5	5,4
Clio	100	14	3,5
Club Med 2	182	20	5,3
Corinthian	88	15,2	3,7
Europa	199	24	6,2
La Belle de l'Adriatique	111	11,9	2,5
Le Bougainville	131	18	4,6
Le Ponant	131	18	4,6
Marella Dream	243	32	7,2
Nautica	181	25,5	5,9
Panorama II	50	11,5	4,5
Sea Cloud	96	15	5,8
Sea Cloud II	117	16,2	6
Seabourn Odyssey	200	26	6,4
Serenissima	87	13	4,9
Silver Muse	213	27	6,6
Silver Shadow	186	24,8	6
Silver Spirit	211	26,5	6,6
Silver Whisper	190	24,9	6
Silver Wind	156	21	4,5
Sirena	181	25,5	5,9
Star Breeze	160	19,2	5
Star Pride	133,4	19	5,6
The World	196	29,8	6,7
Viking Sky	227	28,8	6,3
Viking Star	227,2	28,8	6,3
Wind Surf	187	20	5,1

Tabella 1. Caratteristiche delle navi da crociera attraccate a Trapani nel biennio 2018-19





#### *A.4- Analisi dell'evoluzione delle caratteristiche delle navi crocieristiche*

Per la determinazione delle massime dimensioni delle navi crociere in accosto nel porto di Brindisi si è proceduto ad una analisi dell'evoluzione delle flotte crociera nel Mediterraneo, considerando come principale quella di riferimento per l'Autorità Portuale.

Solo recentemente le navi si sono "specializzate": le navi passeggeri, evolute dai transatlantici, si raggruppano nelle due tipologie di navi traghetto e navi da crociera. Queste ultime stanno subendo, negli ultimi anni, delle ulteriori notevoli trasformazioni sia strutturali che formali, per cui possono essere ricondotte a tre temi architettonici:

- la cabina - vero e proprio componente standardizzabile, adatto alla prefabbricazione; il suo modo ripetitivo di disporsi genera le diverse possibili textures dei fianchi della nave, come l'affaccio delle stanze di un albergo. Comunque sia, tutti concordano nel cercare di disporre il maggior numero di cabine possibile sopra la linea dello scafo con affaccio diretto verso il mare;
- il belvedere e il salone panoramico - forte attrattiva per i passeggeri, elemento compositivo singolare, ben visibile anche all'esterno come il fumaiolo o gli alberi maestri;
- le gallerie, le corti e gli atrii - spazi poco visibili dall'esterno, che nel sistema della nave rappresentano le "piazze"; sviluppate in verticale su più ponti, con scaloni, hall e shopping centers che vi si affacciano, questi ambienti tentano di "sondare" il carattere introverso della nave, con effetti spesso scenografici, di forme, di segnali luminosi, di colori.

La spinta di economie di scala hanno portato gli armatori ed i tecnici alla realizzazione di navi sempre più grandi, con il maggior numero di cabine e "spazi" d'attrazione (figura 3).

Fincantieri è stata fra i primi a proporsi sul mercato come costruttore di unità da crociera sin dalla fine degli anni '80, facendo valere proprio l'esperienza ed il prestigio acquisiti nei decenni precedenti come costruttore di transatlantici. Con la consegna nel 1990 della Crown Princess, la società ha mostrato subito un'attitudine profondamente innovatrice, capace di creare, dopo 25 anni dalla realizzazione della Eugenio Costa, una nave da tutti considerata capostipite di una nuova generazione di navi passeggeri.

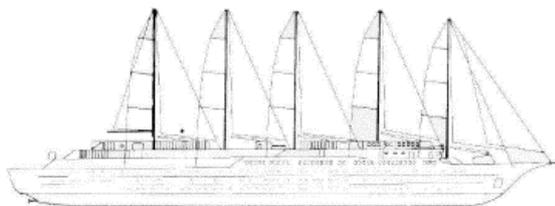
Da quella nave l'evoluzione in termini tecnologici è stata notevole; basti pensare che in poco più di un decennio i tempi di realizzazione di una unità da crociera si sono pressoché dimezzati, passando dai trenta mesi della "Crown Princess" ai sedici mesi delle più recenti costruzioni, di dimensioni ben maggiori. Le navi sono inoltre sempre più grandi rispetto al passato; la crescita dimensionale ha condotto alle estremizzazione della stazza passata in un



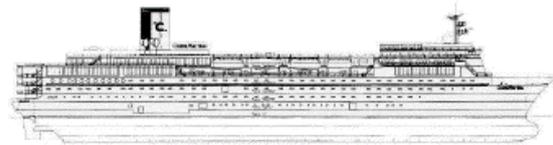
**PROGETTO ESECUTIVO**

decennio dalle 60-70.000 tonnellate alle oltre 100.000 tonnellate. E Fincantieri, nel 1996, è stato il primo costruttore al mondo a superare la soglia delle 100.000 tonnellate di stazza con la Carnival Destiny, un vero e proprio gigante del mare se paragonata alle 46.000 tonnellate di stazza della Michelangelo.

Dalle prime unità per Costa Crociere, la Costa Classica e la Costa Romantica, fino alla Grand Princess che nel 1998, quando venne consegnata alla società armatrice inglese P&O, regalò un nuovo primato a Fincantieri e all'Italia: con 109.000 tonnellate era la nave da crociera più grande realizzata.



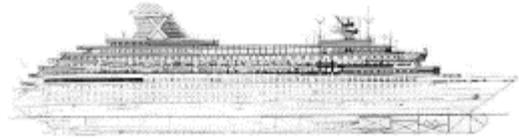
Club Med 1, Service & Transport Cruise Line, 1990



Costa Marina, Costa Crociere, 1989



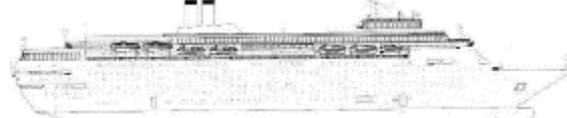
Fantasy, Carnival Cruise Line, 1990



Horizon, Chandris Celebrity Cruise Pireo, 1990



Nordic Express, Royal Caribbean Cruise Line, 1990



Costa Classica, Costa Crociere



Star Princess, Princess Cruise Londra, 1989



Crown Princess, Princess Cruise Londra, 1990



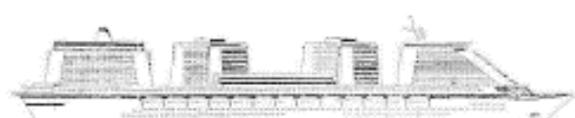
Royal Viking Sun, Kloster Cruise Norvegia



Ultimate dream, Tikkoo Cruise Line, *progetto*



Floating holiday center, *progetto*



Phoenix World City, *progetto*

Figura 3. Navi da crociera realizzate e progettate a cavallo degli anni 2000 per differenti compagnie.



**PROGETTO ESECUTIVO**

Nome	Anno	GTW	NTW	DTW	Displac.	LOA	Breadth	Draft
<i>Marina</i>	1990	25,568	10,634	6,121	15,612	174.2	26.8	6.2
<i>Allegra</i>	1992	28,597	11,973	6,968	21,335	187.3	25.8	6.2
<i>Classica</i>	1991	52,925	26,445	7,781	29,741	220.5	30.8	7.6
<i>Europa</i>	2002	54,753	28,043	5,340	33,181	243.3	31.7	7.2
<i>Victoria</i>	1996	75,166	44,277	8,039	37,575	252.9	32.2	8.0
<i>Atlantica</i>	2000	85,619	53,437	9,600	44,928	292.5	32.2	8.0
<i>Fortuna</i>	2003	102,587	74,481	9,710	51,387	272.2	35.5	8.2
<i>Concordia</i>	2006	114,147	87,195	12,222	56,650	290.2	35.5	8.3
<i>Serena</i>	2007	114,500	87,300	10,500	58,600	290.0	35.5	8.3

Tabella 2. Dimensioni e stazze delle navi da crociera realizzate a cavallo degli anni 2000 per la Costa Crociere.

nave	anno	LOA	GTW
<i>Crown Princess</i>	1990	206.0	70,000
<i>Regal Princess</i>	1991	206.0	70,000
<i>Down/Sun Princess</i>	1995	232.0	77,000
<i>Sea Princess</i>	1998	221.0	77,000
<i>Veendam/Maasdam</i>	1996	185.0	55,500
<i>Rindam</i>	1994	185.0	55,500
<i>Grand Princess</i>	1998	280.0	109,000
<i>Rotterdam</i>	1997	202.0	62,000
<i>Disney Magic</i>	1998	256.0	85,000
<i>Volendam</i>	1999	202.0	60,900
<i>Carnival Victory</i>	2000	230.0	101,509
<i>Golden Princess</i>	2001	242.0	109,000
<i>Star Princess</i>	2002	242.0	109,000
<i>Westerdam</i>	2004	254.0	82,000
<i>Carnival Valor</i>	2004	248.0	109,500

Tabella 3. Dimensioni e stazze delle navi da crociera realizzate a cavallo degli anni 2000 per alcune compagnie internazionali.

Ognuna di queste navi ha un duplice volto: uno, di pura tecnologia nascosto agli occhi dei più, l'altro quello che vedono i passeggeri è quanto di più sfarzoso e funzionale si possa immaginare. Come se si trattasse di una nave dentro l'altra, che forma l'equivalente di una cittadina da 5 mila abitanti (tra passeggeri ed equipaggio), completamente autosufficiente,



**PROGETTO ESECUTIVO**

servita da potenze elettriche in grado di alimentare a terra conglomerati urbani 10 volte più grandi.

I dati reperiti mostrano che, ove la tendenza a navi di maggior capienza continui (così come è verosimile), le dimensioni di tali navi varieranno nel seguente modo (cfr. figura 4).

- Notevole incremento della lunghezza in funzione della velocità di esercizio e soprattutto del numero di passeggeri;
- Incremento dell'altezza in funzione del numero di ponti presenti sulla nave;
- Incremento della larghezza di costruzione per il maggior dimensionamento strutturale connesso ai precedenti incrementi, al fine di rendere la nave strutturalmente idonea alle sollecitazioni di torsione e flessione;
- Modesto incremento dell'immersione prodotta dal maggior volume di carena, necessario per assicurare la spinta di galleggiamento per bilanciare la maggiore portata (a cui non può che corrispondere un maggior peso complessivo della nave). Si ricordi che l'aumento del volume di carena è assicurato anche dagli incrementi realizzati per la lunghezza e/o per la larghezza nave.

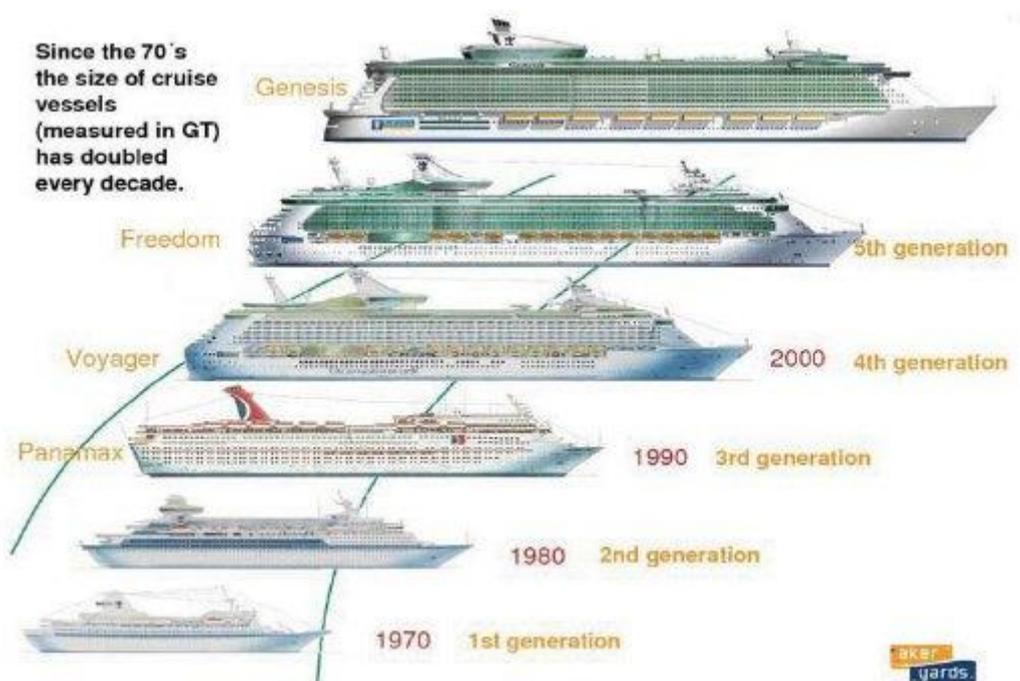


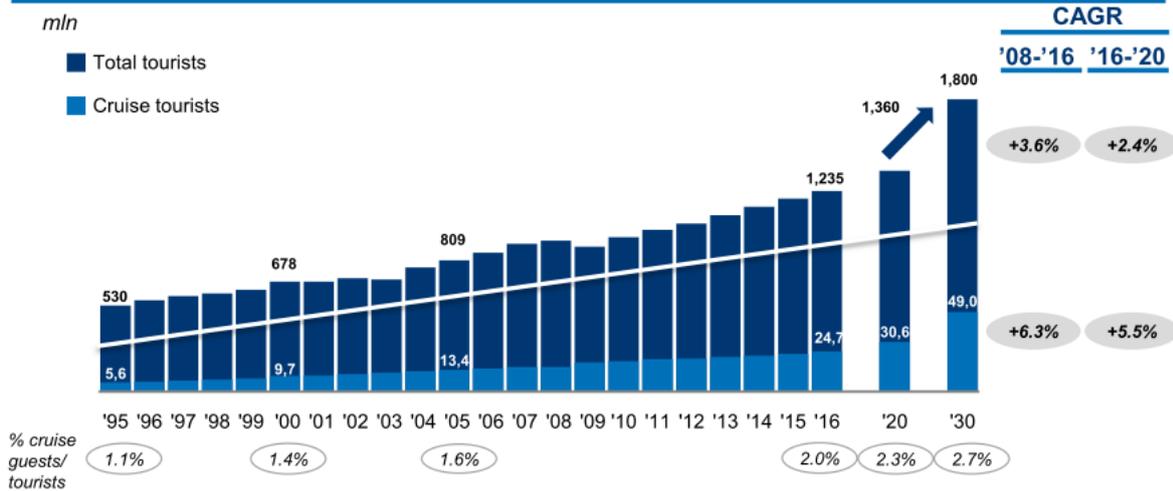
Figura 4. Evoluzione delle caratteristiche dimensionali delle navi da crociera (da Apostolos Papanikolaou et Al., 2013, SNAME Annual Meeting).



PROGETTO ESECUTIVO

La tendenza di crescita del settore crocieristico e l'indirizzo a produrre navi di maggior capienza è suffragata anche dagli orientamenti degli operatori di cantieristica, come confermato dalla presentazione di Maurizio Cergol (Senior Vice President Marketing & New Concept, Development Merchant Ships Business Unit, FINCANTIERI) all'International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2017) nell'ottobre 2017, a Lisbona – Portogallo (cfr. figure 5 e 6). Si confermano anche le tendenze di mercato nella produzione di navi a pescaggio limitato (figure 7, 8 e 9), anche per favorire la penetrazione del settore merceologico in ambiti portuali secondari, in cui gli adeguamenti ai pescaggi maggiori risultano spesso difficili, se non impossibili, e, in ogni caso, di lunga realizzazione per gli inevitabili adeguamenti delle banchine.

Dynamics of global tourism and cruise passengers



Cruise ship orders

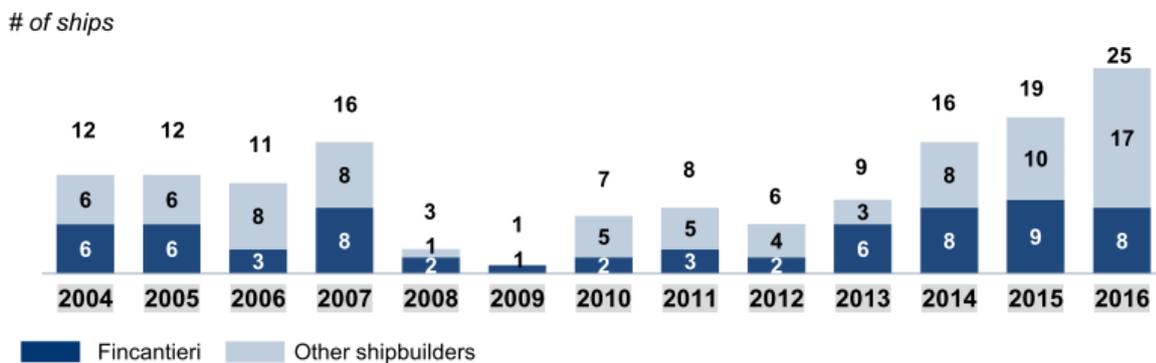


Figura 5. Evoluzione dei volumi di passeggeri imbarcati dal settore crocieristico e di ordinativi per navi da crociera (da Maurizio Cergol, 2017, IMAM Meeting).



## Market clustering trends

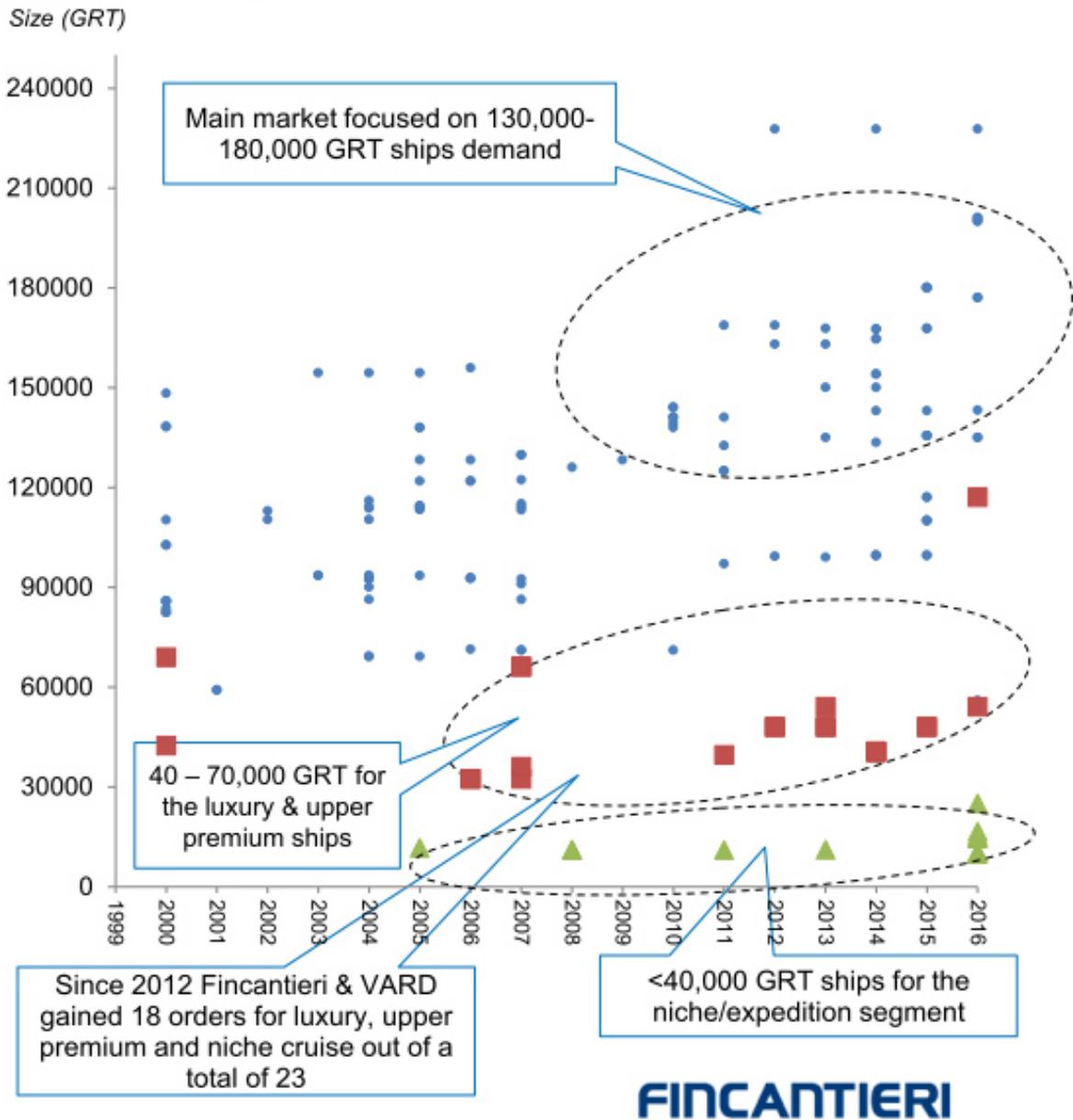
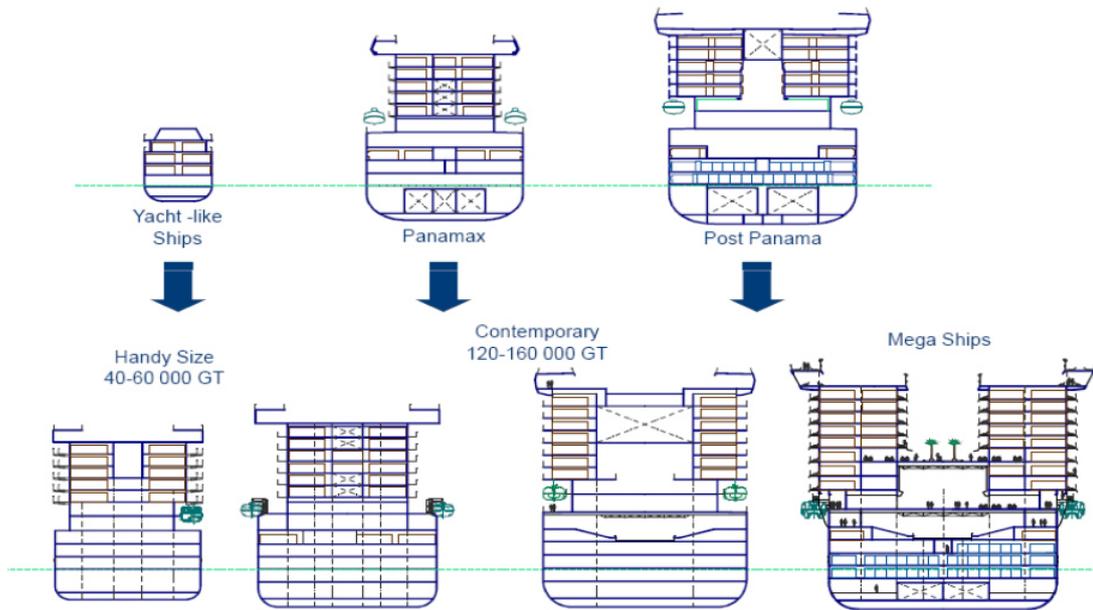


Figura 6. Raggruppamento (clustering) degli ordinativi ricevuti in funzione della stazza delle navi da produrre (da Maurizio Cergol, 2017, IMAM Meeting).



## Cruise Ship Development Trends



**FINCANTIERI**

Figura 7. Tendenze di sviluppo delle navi da crociera in funzione della loro stazza (da Maurizio Cergol, 2017, IMAM Meeting).



Figura 8. Spaccato della "Oases of the Seas" (caratteristiche principali: Stazza lorda 225'282 ton; L<sub>OA</sub> 362 m; B<sub>OA</sub> 47 m; Altezza massima 72 m; Pescaggio 9,3 m; Equipaggio 2165; Passeggeri in massima occupazione 5400) con sviluppo dei ponti cabina al disopra della linea di galleggiamento.

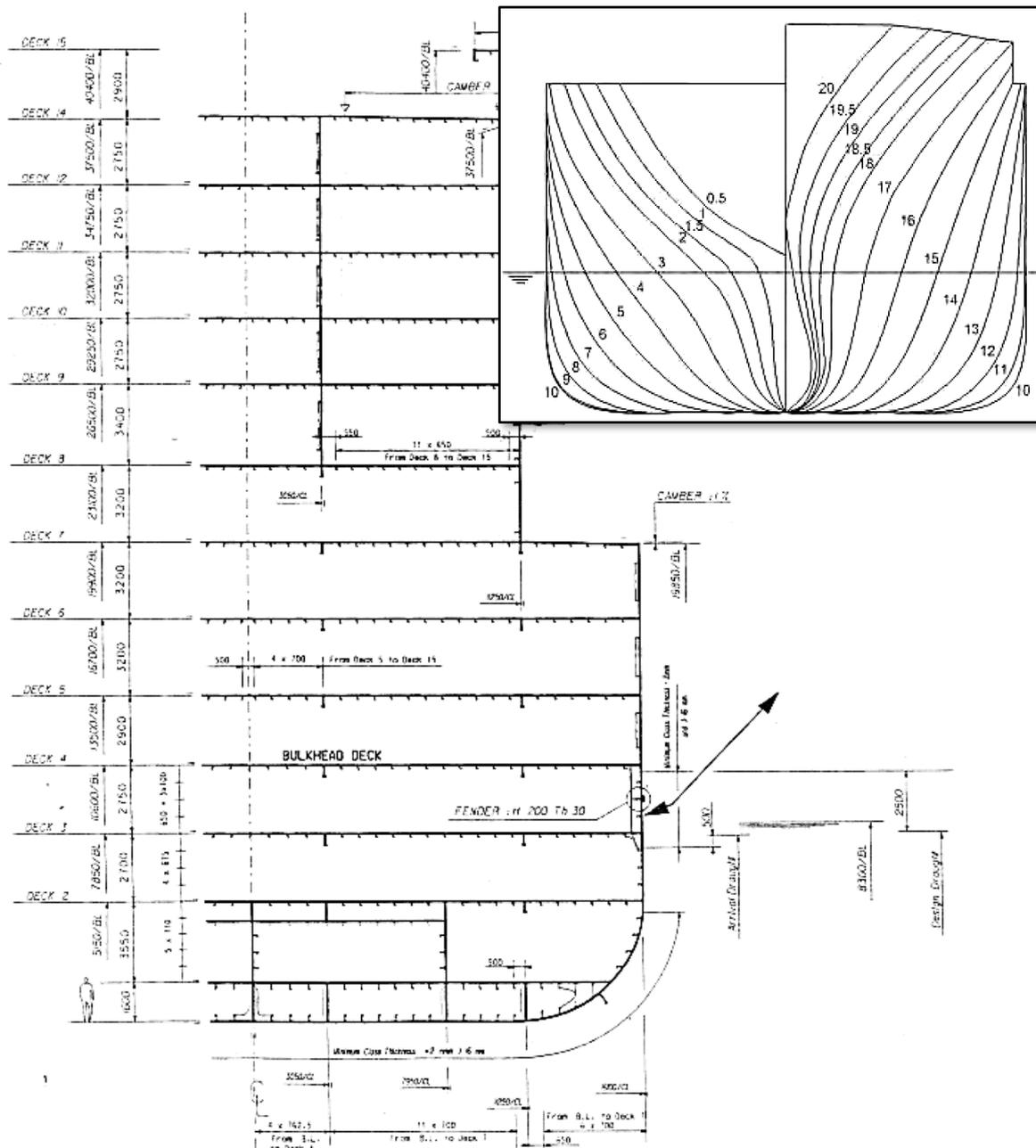


Figura 9. Sezione di mezzeria di una nave da crociera con relative linee di carena.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Più in dettaglio, per avere un quadro definito ed aggiornato delle navi da crociera operanti sul mercato, è stato eseguito un censimento delle caratteristiche delle flotte delle maggiori compagnie che operano non solo nel Mediterraneo ma anche nel resto del mondo. Tale censimento ha consentito di individuare un campione di circa 100 navi le cui caratteristiche sono state analizzate statisticamente.

Le compagnie prese in esame sono di seguito riportate:

- Carnival Corporation: Carnival Cruise Lines, Costa Crociere, Cunard, Holland America Line, P&O Cruises, Princess Cruises;
- Disney Cruise Line;
- Royal Caribbean;
- Celebrity Cruises;
- MSC Crociere.

Il censimento è stato completato anche grazie alle informazioni derivanti dai cantieri operanti nel campo delle navi da crociera, quali quelli finlandesi e francesi della Aker Yards e della Alstom Marine, quelli dei "Chantiers de L'Atlantique" in Francia e quelli della Fincantieri in Italia.

A riguardo si osserva che, dal 1990 ad oggi, Fincantieri ha consegnato 41 navi da crociera, 39 delle quali per il Gruppo Carnival. Ad oggi, sono 12 le navi attualmente in costruzione o di prossima realizzazione per i sei principali marchi del Gruppo Carnival.

Alla luce delle lunghezze degli accosti destinati al traffico crocieristico in corso di realizzazione nel porto di Olbia, il censimento è stato orientato a definire le caratteristiche delle navi da crociera di grandi e di medie dimensioni. Pertanto, sono state considerate solamente le navi caratterizzate da una lunghezza fuori tutto superiore a 175 m.

Pur essendo la flotta crocieristica costituita nel suo complesso da navi di recente costruzione, si è scelto di considerare nel campione di navi da analizzare solamente quelle di recente costruzione (cfr. tabella 4) e quelle completamente ristrutturate dal 1995 ad oggi. In questo modo il campione di navi selezionate consente di analizzare non solo la situazione attuale ma anche quella futura su un orizzonte temporale di circa cinque anni.

I parametri considerati per definire le caratteristiche di ciascuna nave sono i seguenti:

- stazza lorda (GWT)
- lunghezza fuori tutto ( $L_{OA}$ ),
- larghezza fuori tutto ( $B_{OA}$ ),
- pescaggio (D),
- numero massimo passeggeri (P).



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Il risultato delle analisi del campione di navi selezionate è sintetizzato dai grafici delle figure riportate nel seguito. In particolare, nelle figure 10-12-14-16-18 sono riportati i valori dei parametri sopra elencati in funzione dell'anno di inizio attività di ciascuna nave, e nelle figure 11-13-15-17-19 sono riportati i valori percentuali cumulati dei parametri sopra elencati.

Dai grafici menzionati si conferma la tendenza già accennata a immettere sul mercato navi sempre più grandi e in grado di ospitare sempre più passeggeri. A riguardo è interessante sottolineare due differenti modelli di business: da un lato quello della Royal Caribbean Cruises, che si basa sul presupposto che il raggiungimento dei migliori profitti passi attraverso la costruzione di navi sempre più grandi, dall'altro quello delle altre compagnie, ed in particolare quelle della Carnival Corporation, che non credono in un ritorno degli investimenti necessari per costruire navi sempre più grandi. Il secondo modello di sviluppo del business crocieristico sembra più ragionevole, soprattutto per quelle rotte che tocchino porti medio/piccoli dalle potenzialità attrattive per specifici segmenti di mercato. Infatti, si deve necessariamente tenere conto della difficoltà di adeguare le strutture portuali esistenti in contesti medio/piccoli ad un gigantismo navale.

Sulla base del confronto tra le capacità di trasporto e le dimensioni delle navi crocieristiche, si è ritenuto cautelativo assumere come capacità futura delle navi in scalo la quota di 3,000 passeggeri. A tale capacità si possono far verosimilmente corrispondere le seguenti grandezze caratteristiche della nave di progetto (cfr. figura 20):

- LOA = 300m;
- B = 40m;
- D = 8.2m;
- P = 3000 ;
- GWT = 125,000t.

Tali valori corrispondono circa all'ottantesimo percentile delle curve cumulate precedentemente richiamate e illustrate nelle figure che seguono.

Ancora, la nave di progetto così caratterizzata corrisponde con ottima approssimazione alle navi da crociera rappresentative della flotta mondiale utilizzate nelle verifiche sperimentali del progetto EU-funded FP7 "GOALDS" (Goal Based Damage Stability of Passenger Ships - 2012) presso i laboratori del Vienna Model Basin e Hamburg Ship Model Basin (cfr. tabella 5).

Infine, risulta necessario accennare agli sviluppi delle tecnologie di controllo e manovrabilità delle nuove navi, tutte equipaggiate con propulsori azimutali a poppa e con più eliche al traverso di prora (cfr. figura 21), che rendono completamente obsolete le indicazioni relative ai cerchi di evoluzione delle navi equipaggiate con timone ed eliche di poppa. Essi infatti permettono, in condizioni di calma, la rotazione sull'asse metacentrico!



**PROGETTO ESECUTIVO**

COMPAGNIA	NOME NAVE	ANNO	STAZZA (t)	L (m)	B (m)	d (m)	Num. Max passeggeri
DISNEY CRUISE LINE	*	2012	124'000	339.8	37.0	*	*
DISNEY CRUISE LINE	*	2011	124'000	339.8	37.0	*	*
CARNIVAL	Carnival Magic	2011	130'000	290.0	*	*	*
HOLLAND AMERICA LINE	*	2010	86'000	285.3	32.3	7.8	2611
CARNIVAL	Carnival Dream	2009	130'000	290.0	*	*	*
CARNIVAL	Carnival Splendour	2008	110'000	290.0	35.9	7.3	3783
CELEBRITY CRUISES	Eclipse	2010	122'000	315.0	36.8	6.1	2850
CELEBRITY CRUISES	Equinox	2009	122'000	315.0	36.8	6.1	2850
CELEBRITY CRUISES	Solstice	2008	122'000	315.0	36.8	6.1	2850
ROYAL CARIBBEAN	Genesis II	2010	220'000	378.0	49.0	*	5400
MSC CROCIERE	MSC Magnifica	2010	89'600	293.8	32.2	8.8	3013
COSTA CROCIERE	Costa Pacifica	2010	92'700	292.0	34.0	*	2800
ROYAL CARIBBEAN	Genesis I	2009	220'000	378.0	49.0	*	5400
MSC CROCIERE	MSC Splendida	2009	133'500	333.0	38.0	*	3900
MSC CROCIERE	MSC Poesia	2009	89'600	293.8	32.2	8.8	3013
COSTA CROCIERE	Costa Luminosa	2009	92'700	292.0	34.0	*	2800
COSTA CROCIERE	*	2009	112'000	290.2	35.5	8.2	3780
ROYAL CARIBBEAN	Independence Of The Seas	2008	160'000	339.0	38.6	8.5	3634
MSC CROCIERE	MSC Fantasia	2008	133'500	333.0	38.0	*	3900
P&O, PRINCESS CRUISES	Ventura	2008	109'000	290.0	36.0	8.0	3100
HOLLAND AMERICA LINE	Eurodam	2008	86'000	285.3	32.3	7.8	2611

\* dato non disponibile

Tabella 4. Dimensioni e stazze delle navi da crociera realizzate a cavallo degli anni 2010 per alcune compagnie internazionali.



PROGETTO ESECUTIVO

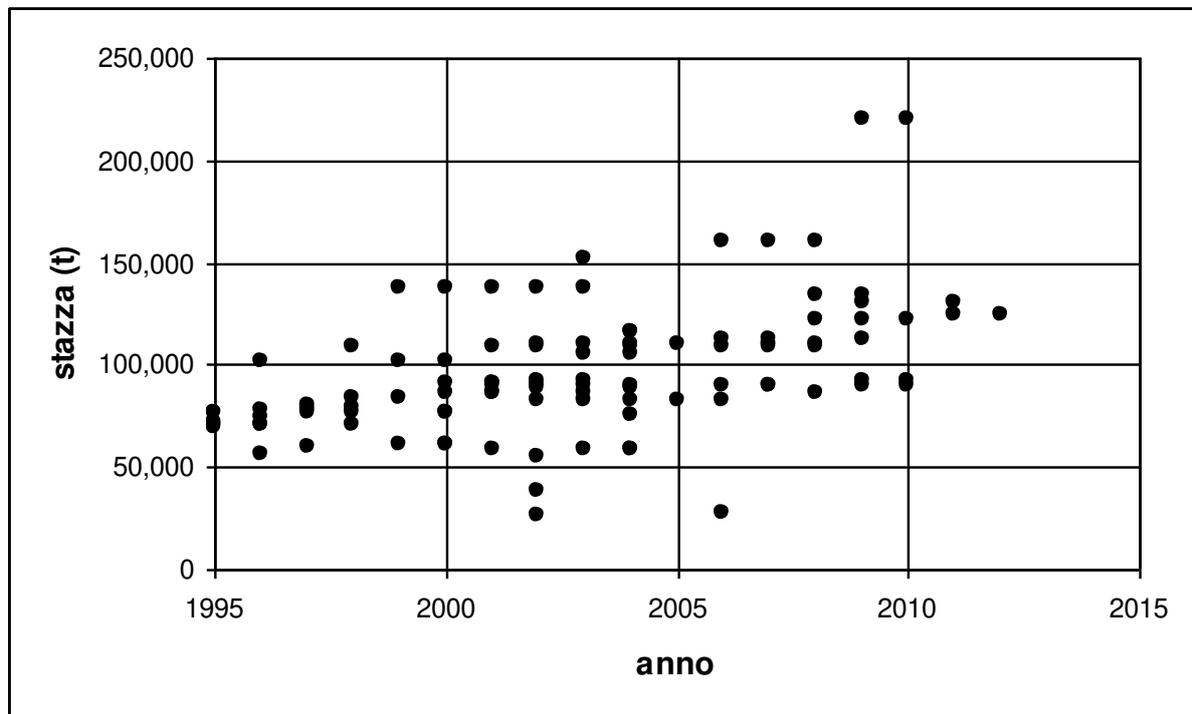


Figura 10. Stazza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995

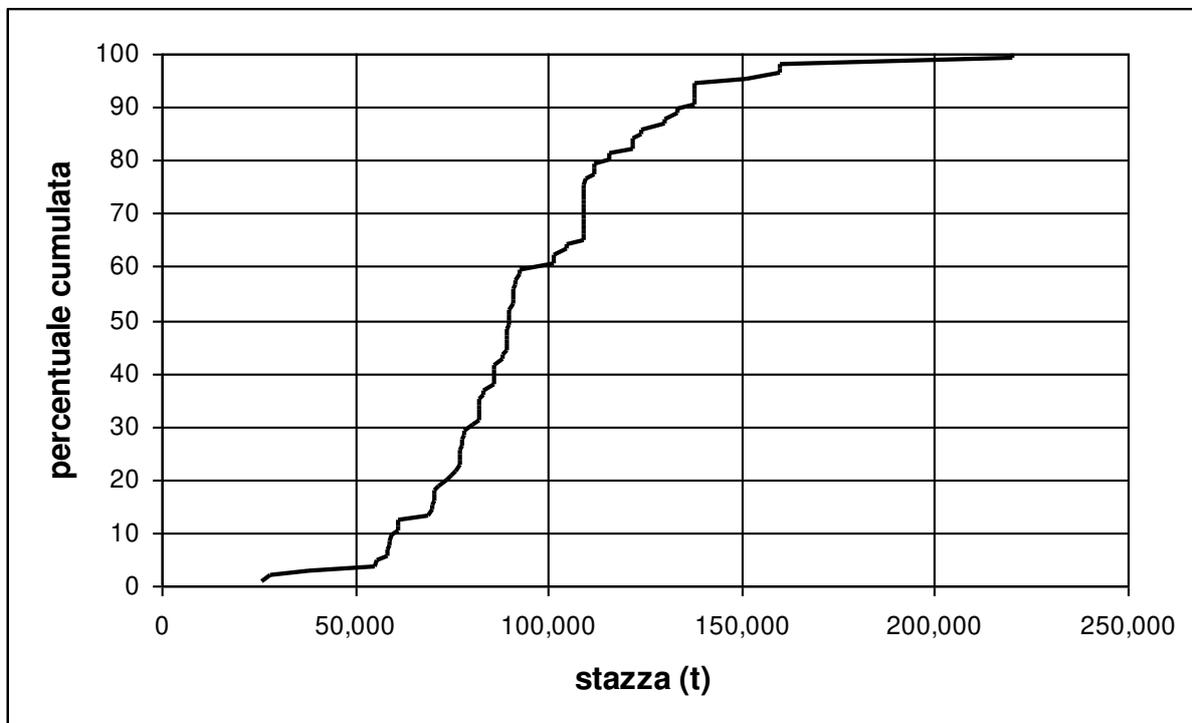


Figura 11. Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della stazza lorda



PROGETTO ESECUTIVO

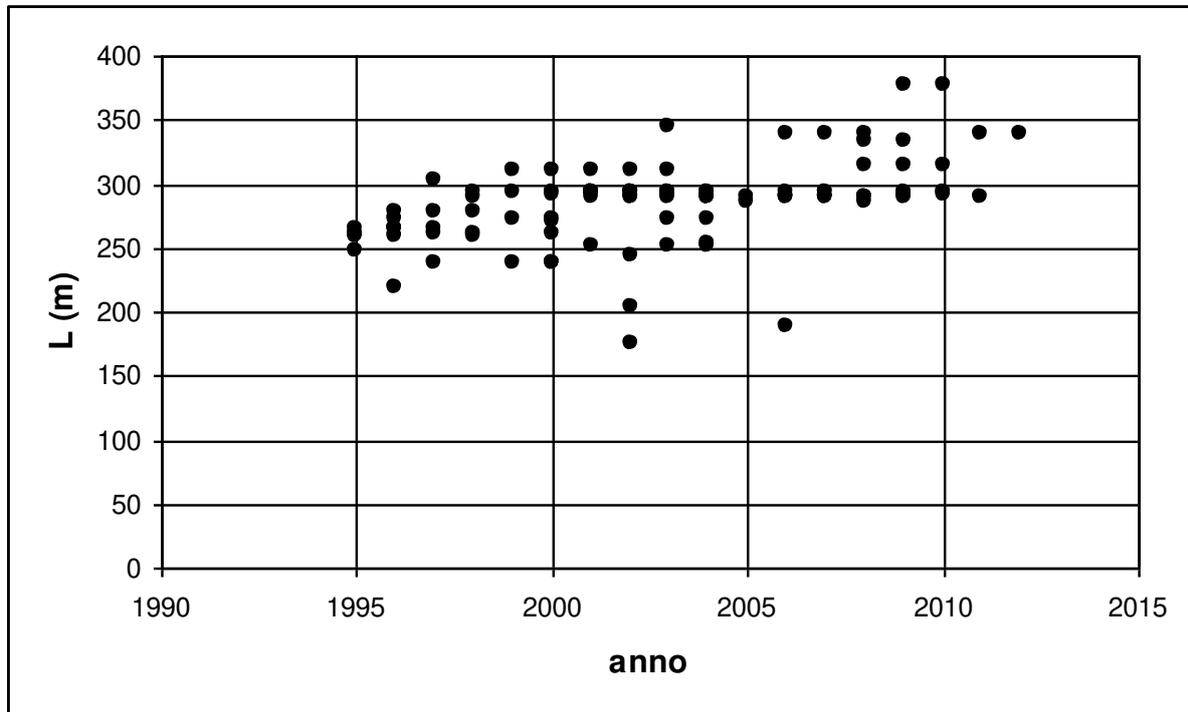


Figura 12. Lunghezza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995

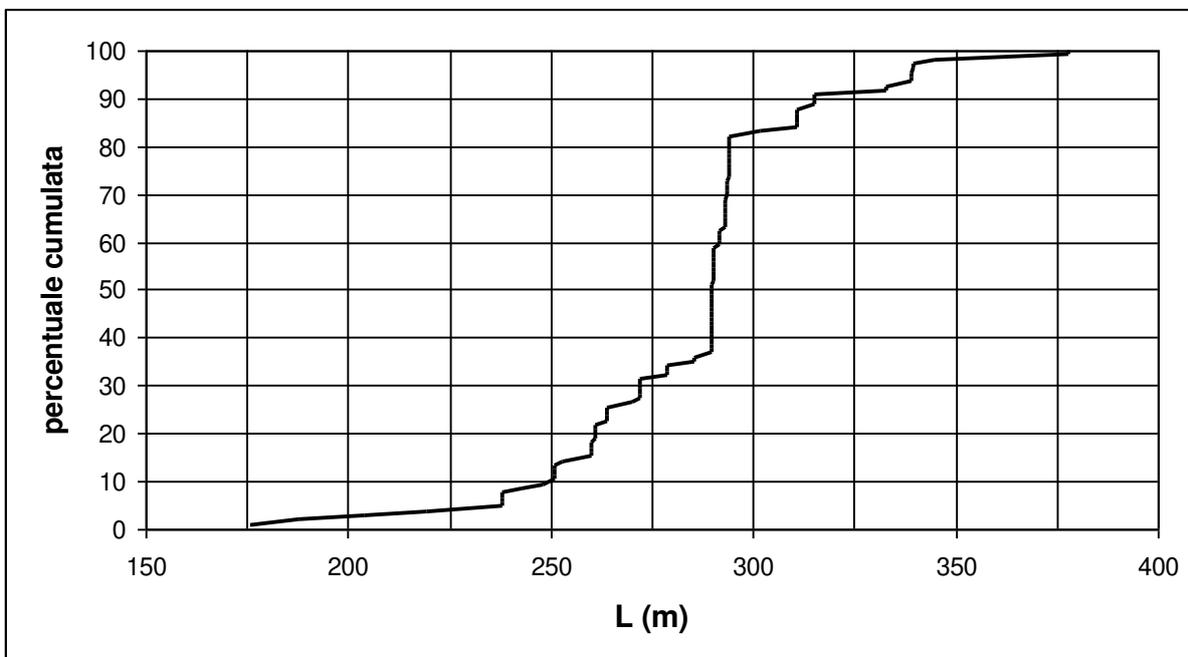


Figura 13. Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della lunghezza



PROGETTO ESECUTIVO

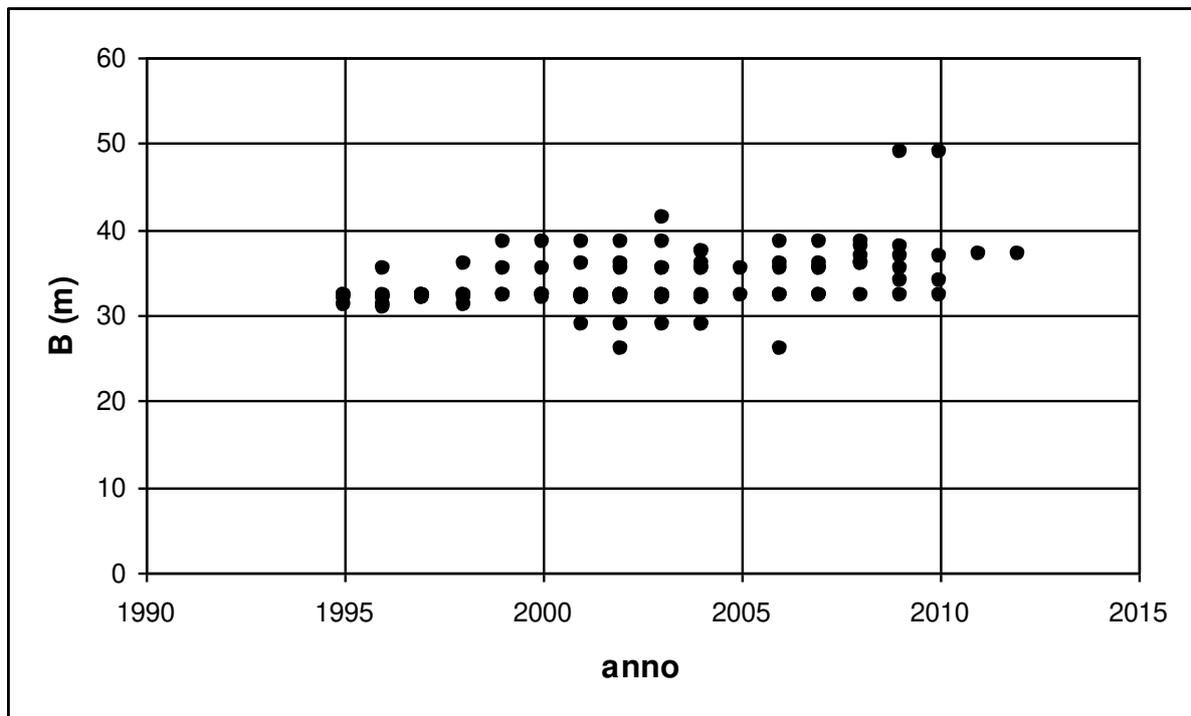


Figura 14. Larghezza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995

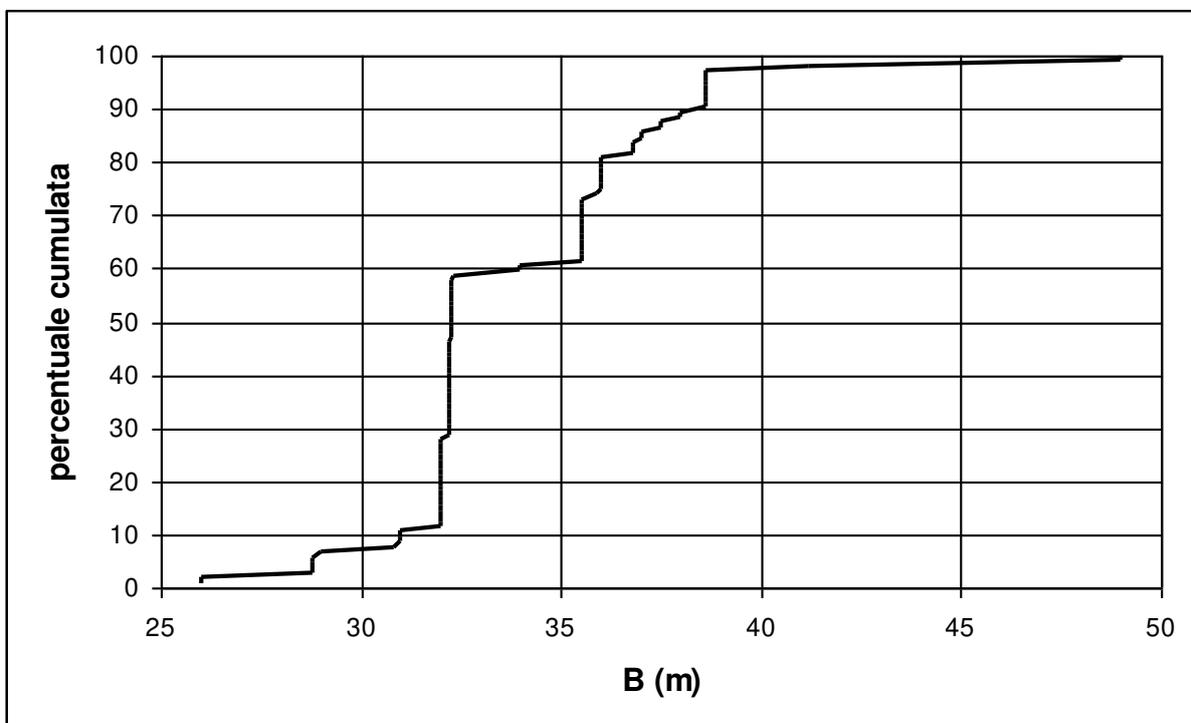


Figura 15. Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della larghezza



PROGETTO ESECUTIVO

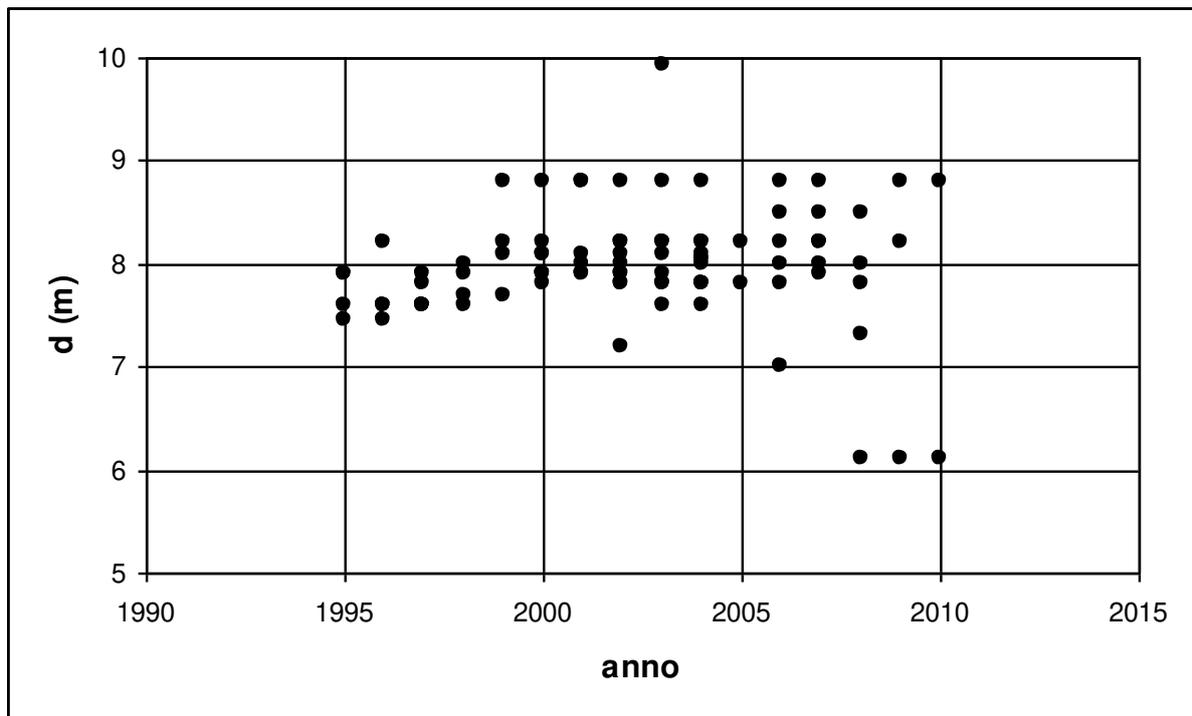


Figura 16. Pescaggio delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995

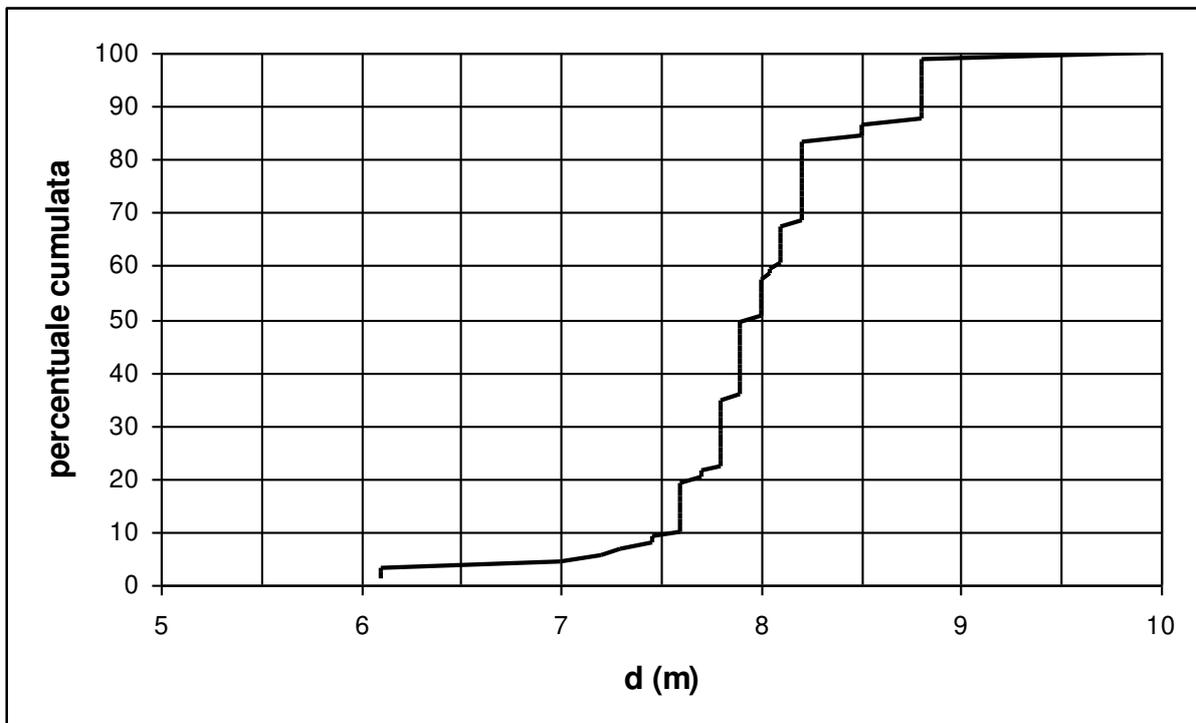


Figura 17. Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del pescaggio



PROGETTO ESECUTIVO

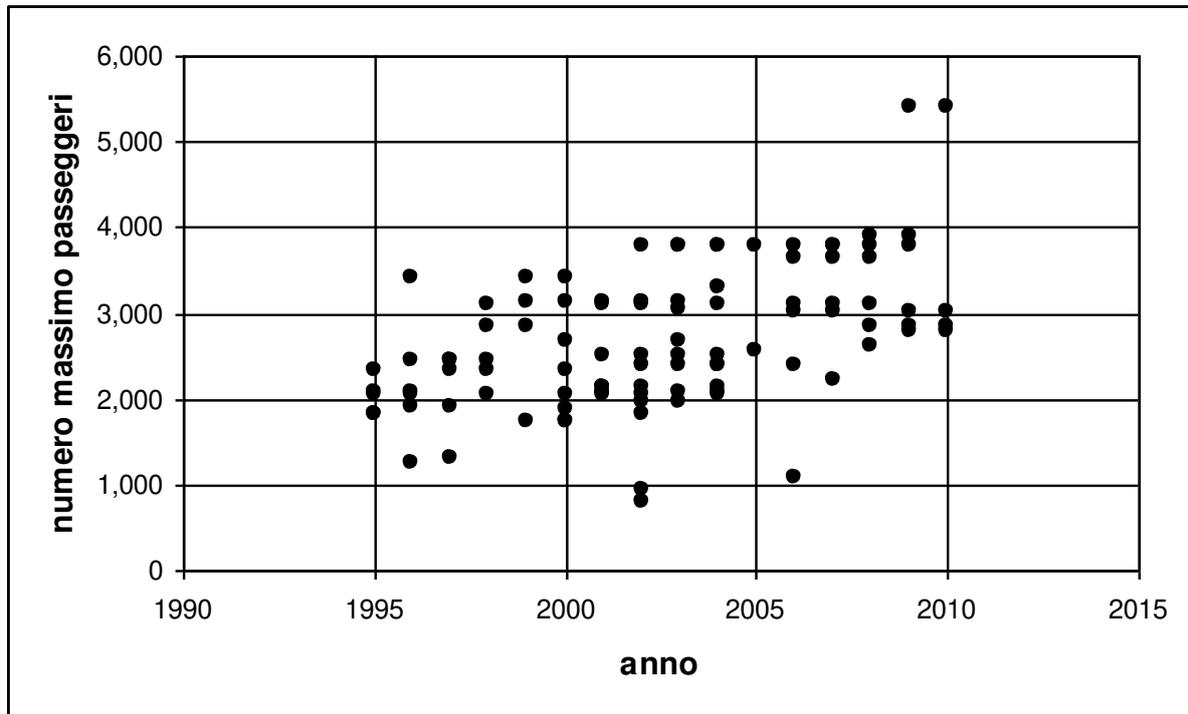


Figura 18. Numero massimo passeggeri delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995

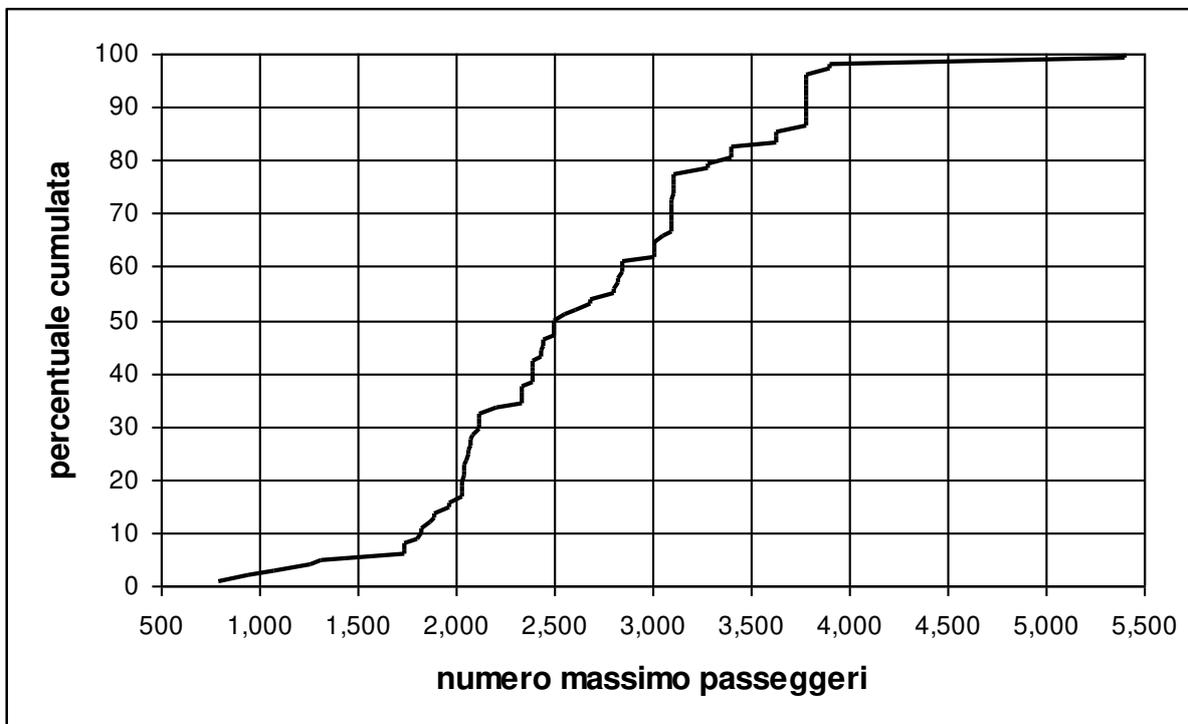


Figura 19. Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del numero massimo di passeggeri



PROGETTO ESECUTIVO

	RoPax (R1)	RoPax (R2)	Cruise ship (C1)	Cruise ship (C2)
Passeggeri	1400	622	3840	2500
L <sub>OA</sub> (m)	194,3	97,9	311,1	294,8
L <sub>BP</sub> (m)	176,0	89,0	274,7	260,6
B <sub>OA</sub> (m)	25,0	16,4	38,6	32,2
D (m)	6,5	4,0	8,6	8,0
Δ (tonnes)	16'558	3'445	62'459	45'025
V <sub>s</sub> (kn)	27,5	19,5	22,6	22,0

Tabella 5. Dimensioni e dislocamenti delle navi da crociera rappresentative della flotta mondiale utilizzate nelle verifiche sperimentali del progetto GOALDS (2012).

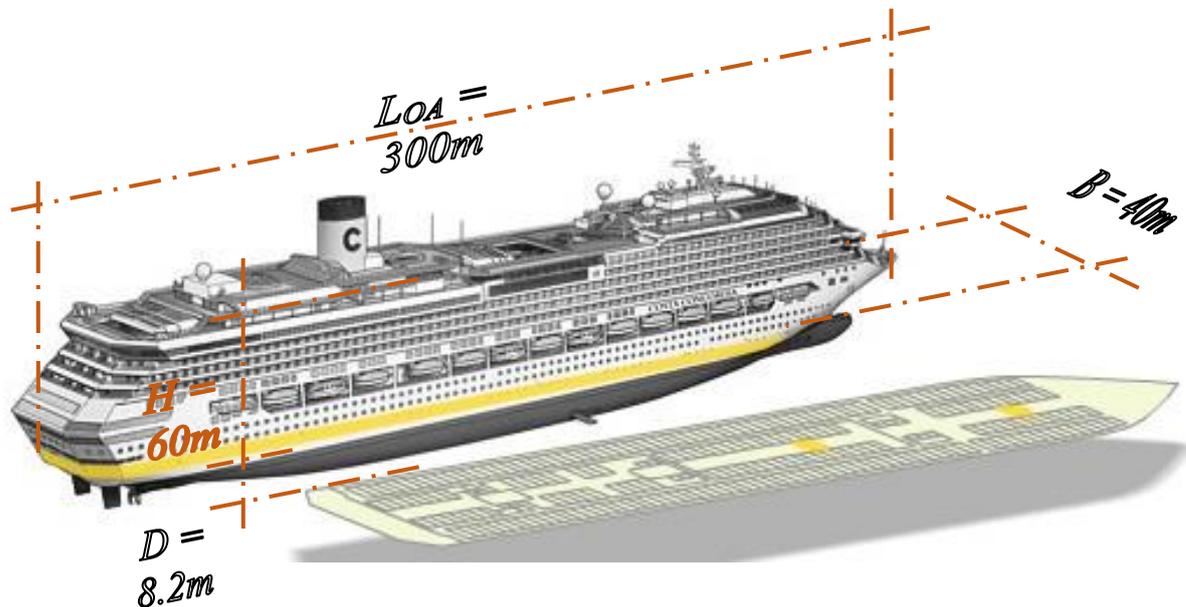


Figura 20. Caratteristiche della nave di progetto



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

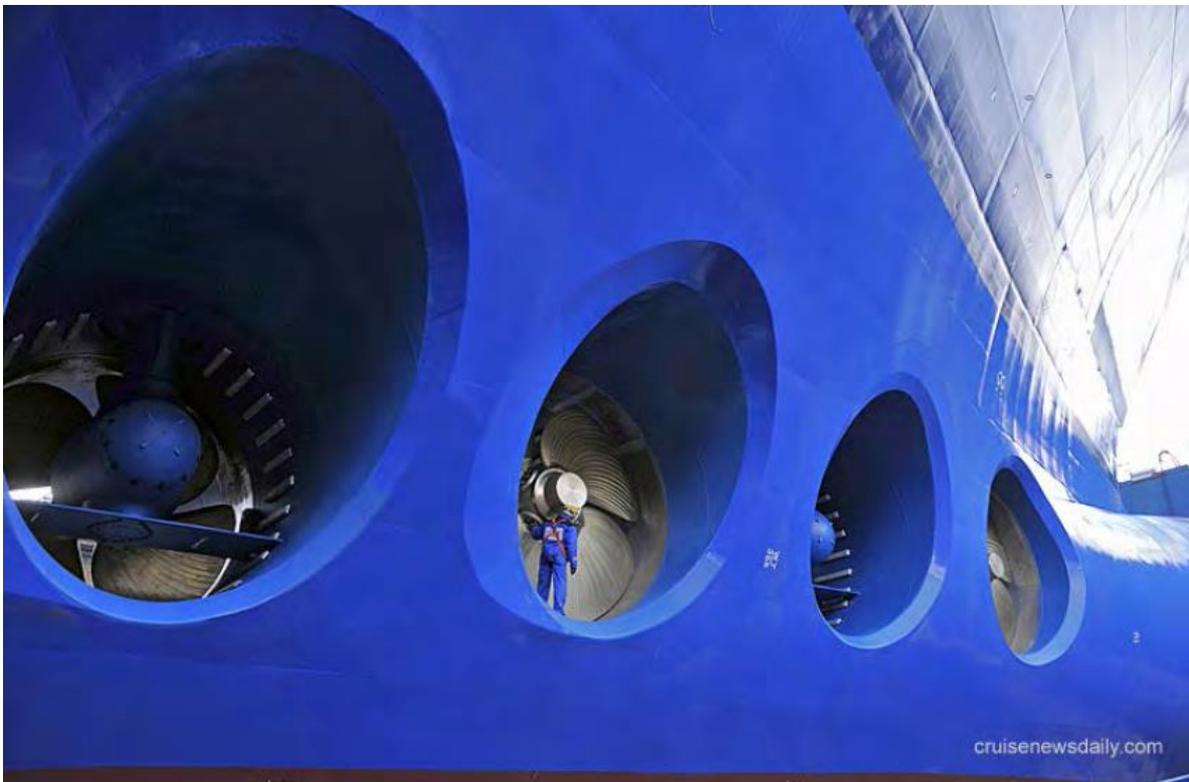


Figura 21. Organi di manovra della "Oases of the Seas": in alto, i tre propulsori azimutali a 360° carenati di poppa e, in basso, le eliche al traverso di prora.



## **B- LA CONFIGURAZIONE ATTUALE**

### *B.1- La funzionalità e le opere portuali principali del porto*

Il porto di Trapani, classificato in II categoria I classe come porto commerciale e I categoria come porto di rifugio (R.D. 11/10/1888 n 5820) rientra nell'ambito dell'Autorità di Sistema Portuale del mare di Sicilia Occidentale.

Oggi il porto di Trapani è costituito da un avamposto, un porto mercantile, un porto peschereccio e un approdo turistico antistante il Viale Regina Elena protetto da un frangiflutti di 275 mt.

Il porto ha la forma di una sacca con direzione E-W, ha una lunghezza di circa 2000 mt. e una larghezza che va dai 225 ai 450 mt. con una disponibilità di circa 200 posti barca; è composto da nove banchine (Garibaldi, Dogana, Marinella, Sommergibili, Isolella N, Isolella W, Isolella S, Ronciglio, Ronciglio Levante), due pontili (del Ronciglio, Sanità) e una stazione marittima che si trova sul pontile della Sanità.

Il porto è interessato da un traffico di passeggeri e di merci varie ed alla rinfusa, nonché contenitori, contando soprattutto sul marmo in partenza proveniente dalla provincia.

Notevolmente sviluppato il settore della cantieristica, della nautica da diporto e della pesca.

Le caratteristiche del paraggio in cui si apre lo scalo marittimo sono di seguito descritte:

- ⇒ le opere foranee di difesa del porto sono costituite dal molo della Colombaia, che si estende per m. 450 ed è orientato a mezzogiorno, dalle scogliere tra la Colombaia e la penisola dei Cappuccini e dal molo di sottoflutto di lunghezza di m. 300,00;
- ⇒ l'imboccatura portuale ha una larghezza pari a circa m 300 con orientamento a sud, e l'escavo nella zona ad essa antistante arriva fino alla profondità di m -15;
- ⇒ l'avamposto ha una superficie di circa 860.000 mq ed è delimitato dal molo della Colombaia, dalla secca della Mauda, dal molo della Sanità, dal molo del Ronciglio, dalla spiaggia a ponente delle Saline del Ronciglio e dal molo di sottoflutto;
- ⇒ il bacino portuale interno delimitato dal molo della Sanità, dalle banchine settentrionali, dalla banchina Isolella con fondali di m. (-12), dagli affacci dell'area ASI nella zona Brignanello, dalle banchine del Ronciglio con fondali di m. (-12) e dal molo del Ronciglio.
- ⇒ Il bacino interno è delimitato dal molo della Sanità, e dal molo del Ronciglio.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO



SCHEMA FUNZIONALE PORTO DI TRAPANI



- |                        |                    |                       |                     |
|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| ● Avamporto            | ■ Molo Colombaia   | ■ Molo Ronciglio      | ■ Molo della Sanità |
| ● Imboccatura portuale | ■ Molo Sottoflutto | ■ Sporgente Ronciglio | ■ Molo Isoella      |

ELEMENTI PRINCIPALI PORTO DI TRAPANI



## ***B.2- Canali di accesso al porto***

Per quanto concerne l'accessibilità al porto, l'avamporto è caratterizzato da un'imboccatura di larghezza utile (alla profondità di 9 m) pari a 213 m, ossia pari a 5,3 B, non compatibile con un traffico a due vie di navi delle dimensioni pari a quella di progetto. Tuttavia, la larghezza dell'imboccatura risulta ampiamente compatibile con l'uso del canale di navigazione ad una via.

Il cerchio di evoluzione alla quota di -9 m s.l.m.m. presenta un diametro di 406 m, ossia paria a 1,3 L, valore che costringe a manovre lente con l'ausilio di punti fissi (ancore) e di rimorchiatori. L'estensione dell'area di evoluzione deve essere ampliata per permettere una più rapida, sicura ed agevole manovra per la nave.

Il canale di navigazione per l'ingresso nel bacino interno, sede delle banchine principali, invece, allo stato attuale risulta assolutamente insufficiente, essendo largo appena 95 m, ossia 2,4 B.

Nelle seguenti figure sono riportate le rappresentazioni dello stato attuale dell'avamporto e del canale d'accesso al porto interno, sede dei banchinamenti principali.

## ***B.3- La domanda di traffico***

### ***B.3.i- Il traffico passeggeri e il traffico veicolare indotto***

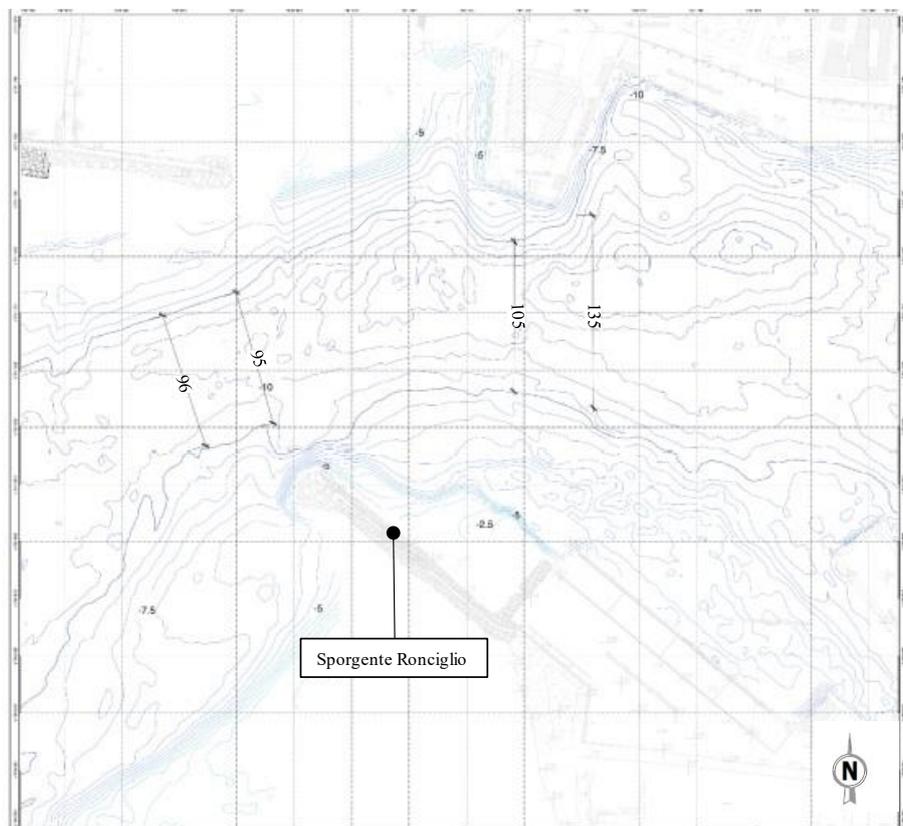
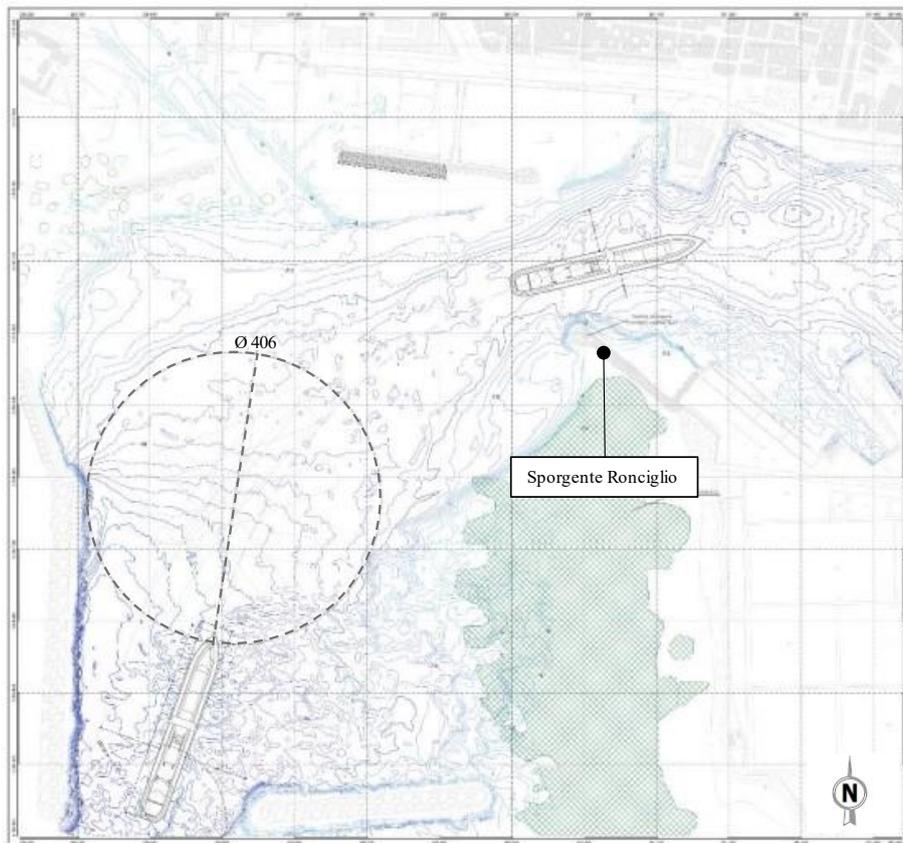
Come detto, lo scalo costituisce l'importante nodo per i collegamenti con traghetti e mezzi veloci per le isole Egadi e Pantelleria e negli ultimi anni ha ospitato anche navi di grossa taglia.

Nelle successive tabelle si riportano i dati relativi al movimento passeggeri e al traffico veicolare indotto relativi all'annualità 2019.

Si tiene a specificare che per le presenti analisi si è fatto riferimento ai dati relativi all'anno 2019 in quanto non condizionati dall'emergenza sanitaria legata al SARS-CoV-2.



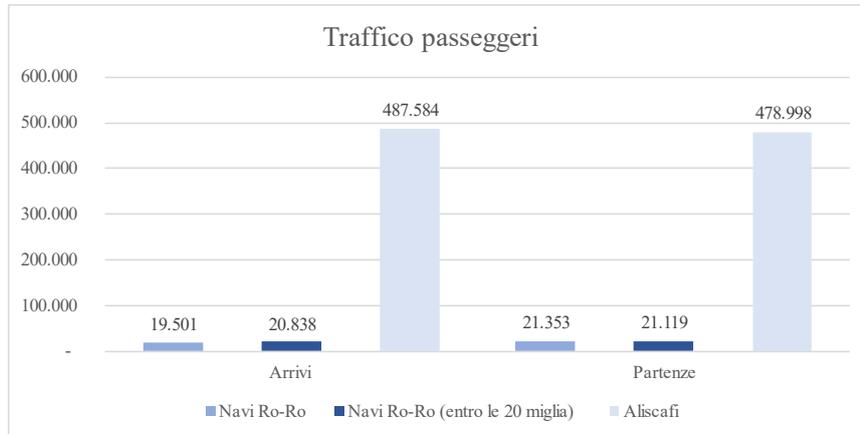
PROGETTO ESECUTIVO



STATO ATTUALE DELL'AVAMPORTO (IN ALTO) E DEL CANALE DI ACCESSO (IN BASSO)

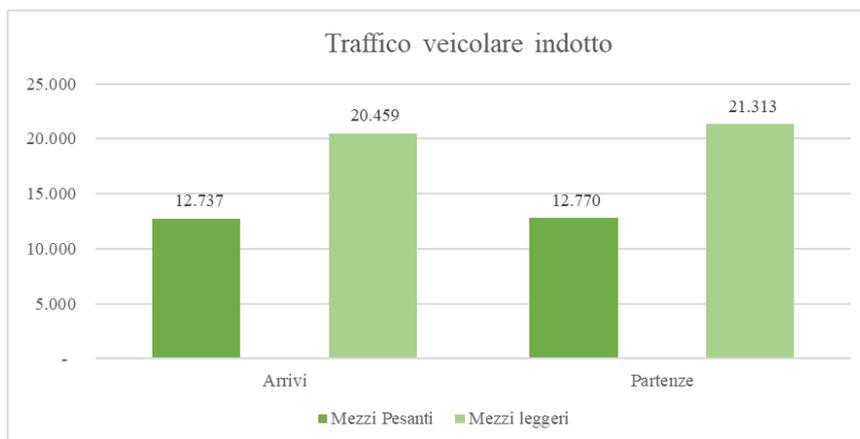


**PROGETTO ESECUTIVO**



<b>Movimento passeggeri anno 2019</b>		
<b>Tipologia navi</b>	<b>Arrivi</b>	<b>Partenze</b>
Navi Ro-Ro	19.501	21.353
Navi Ro-Ro (entro le 20 miglia)	20.838	21.119
Aliscafi	487.584	478.998
<b>Totale</b>	<b>527.923</b>	<b>521.470</b>

**MOVIMENTI PASSEGGERI DEL PORTO DI TRAPANI ANNUALITÀ 2019**



<b>Traffico veicolare indotto anno 2019</b>		
<b>Tipologia</b>	<b>Arrivi</b>	<b>Partenze</b>
Mezzi pesanti	12.737	12.770
Mezzi leggeri	20.459	21.313

**TRAFFICO VEICOLARE INDOTTO DEL PORTO DI TRAPANI ANNUALITÀ 2019**



**B.3.ii- I varchi portuali ed il traffico a terra**

L'assetto funzionale è completato infine dal sistema della mobilità interna all'area portuale, costituito dai varchi di accesso.

L'attuale configurazione del porto consta dei seguenti varchi portuali:

<b>Id Varco</b>	<b>Descrizione</b>
Varco Sanità Ovest	veicolare e pedonale
Varco Sanità Est	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale
Varco Sanità	pedonale
Varco Dogana	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale
Varco Garibaldi	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale
Varco Marinella	veicolare e pedonale
Varco aliscafi	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale
Varco Isolella	veicolare e pedonale
Varco Ronciglio 1	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale
Varco Ronciglio 2	di norma chiuso, quando aperto è veicolare e pedonale

VARCHI PORTUALI DI TRAPANI (FONTE: ADSP - REGOLAMENTO PER LA DISCIPLINA DEGLI ACCESSI NELL'AMBITO PORTUALE DI TRAPANI E PER IL RILASCIO DELLE RELATIVE AUTORIZZAZIONI)



## C- OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

Come ampiamente evidenziato nelle premesse, l'obiettivo da conseguire per l'AdSP consiste nella predisposizione di adeguati spazi necessari ai fini di sicurezza per la manovrabilità e la navigabilità delle navi crociere nel porto di Trapani.

### C.1- *Cerchio di evoluzione nell'avamposto*

In ambito portuale il cerchio di evoluzione si indica l'area in cui le navi possono compiere le manovre per orientare l'ingresso alle darsene interne ovvero l'accosto alle banchine più vicine all'area stessa. Chiaramente, le dimensioni del cerchio di evoluzione di una nave sono funzione delle sue caratteristiche di manovrabilità (timone-propulsori), della sua lunghezza fuori tutto e della stessa velocità d'approccio alla manovra e di evoluzione della stessa. Tali caratteristiche sono fortemente variabili da nave a nave e, in generale, dipendenti anche dalle abilità professionali dell'equipaggio e delle squadre di supporto sui rimorchiatori.

In assenza di un accurato studio di navigabilità per la flotta "rilevante" di progetto, i valori indicativi del diametro del cerchio di evoluzione  $D$ , generalmente utilizzati, possono essere desunti dalla letteratura tecnica di settore (v. C. A. Thoresen, 2003, "Port designer's handbook: recommendations and guidelines", G. P. Tsinker, 2004, "Port engineering: planning, construction, maintenance and security") e sono qui riportati di seguito:

- manovra in condizioni sfavorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali  $D = 4 L_{OA}$ ,
- manovra in condizioni favorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali  $D = 3 L_{OA}$ ,
- manovra assistita dai rimorchiatori o con l'utilizzo dei propulsori laterali  $D = 1,5-2 L_{OA}$ ,
- manovra assistita dai rimorchiatori con l'utilizzo di punti fissi  $D = 1,2 L_{OA}$ .

Nel caso in esame, con una nave di progetto di lunghezza fuori tutto pari a 300m e sofisticati organi di manovra, il cerchio di evoluzione potrebbe essere fissato pari a  $1.2 L_{OA}$ . Tuttavia, si deve considerare che non tutte le navi in effettivo o potenziale scalo sono dotate di propulsori azimutali e potrebbero presentare addirittura timoni completamente disaccoppiati dal flusso d'elica. Tuttavia, risulta altamente improbabile che una nave da crociera di classe post-panamax non presenti eliche al traverso di prora. Pertanto, si ritiene cautelativo considerare un **diametro del cerchio di evoluzione pari a 450 m** ossia pari a  $1,5 L_{OA}$ .



## C.2- Profondità del canale di accesso al porto

Riguardo alla determinazione della profondità e della larghezza del canale di accesso, riferita alla quota di fondo del canale, è stato adottato il metodo suggerito dall'AIPCN (Associazione Internazionale Permanente dei Congressi di Navigazione) nel report "Approach Channels. A Guide for Design" del 1997.

La profondità del canale di accesso rispetto al livello medio marino è determinata dalla somma dei seguenti contributi (v. figura 22):

- livello di bassa marea,
- pescaggio a pieno carico della nave di progetto,
- incremento in navigazione del pescaggio denominato "squat",
- moto ondoso,
- franco di sicurezza,
- tolleranza di dragaggio.

Trascurando il contributo dovuto al moto ondoso in quanto il canale è interno, per la bassa marea può essere considerato un abbassamento del livello medio di circa 0.15 m considerando i dati riportati negli elaborati redatti per l'ATF del PRP.

Per quanto riguarda lo squat, esso è stato determinato in base alla seguente relazione (PIANC, 1997):

$$S = 2,4 (V'/L^2) F^2 / (1-F^2)^{1/2}$$

in cui  $V'$  è il volume di dislocamento ( $m^3$ ),  $L$  è la lunghezza tra le perpendicolari (m),  $F$  è il numero di Froude pari a  $V/(gh)^{1/2}$ .

Ipotizzando una velocità di 1 m/s, pari a circa 2 nodi, e tenendo conto che il volume di dislocamento è dato dalla relazione:

$$V' = C_B L B T$$

in cui  $C_B$  è il "block coefficient" pari a circa 0,6 per le navi in esame,  $B$  è la larghezza della nave (m),  $T$  è il pescaggio della nave, si ottiene un valore dello squat pari a circa 0,15 m per la nave di progetto.

Pertanto, considerando una tolleranza di dragaggio pari a 0,1 m, un'agitazione residua di lungo periodo pari a 0,1m e un franco minimo di sicurezza pari a circa 0,5 m (per fondali sabbioso-limosi), dalla somma dei vari contributi si ottiene una **profondità minima del canale d'accesso pari a 9,0 m**. Tale profondità massima è abbondantemente rispettata dal canale previsto in fase di ATF essendo la profondità minima pari a -10 m.



PROGETTO ESECUTIVO

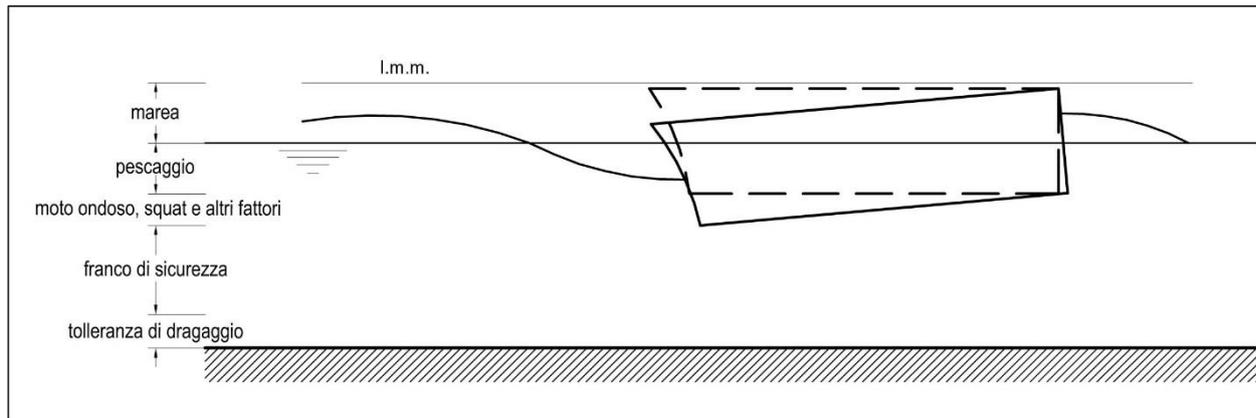


Figura 22. Schema di riferimento per determinare la profondità del canale di accesso

### C.3- Larghezza del canale di accesso al porto

La larghezza del canale di navigazione è stata esaminata sia nel caso di canale a doppio senso di navigazione sia in quello a senso alternato ricorrendo alle linee guida emanate dal AIPCN/PIANC nel 1997, contenute nel documento "Approach Channels: A Guide for Design", e considerando un **improbabile** incrocio di due navi di progetto all'interno del canale, ovvero il peggior scenario ad oggi ipotizzabile.

Nel caso di canale a doppio senso di navigazione, la larghezza totale è data dalla somma di tre elementi che dipendono dalla larghezza fuori tutto della nave B (v. figura 23):

- larghezza della corsia di manovra  $W_M$  (manoeuvring lane),
- distanza minima di passaggio tra le navi  $W_P$  (passing distance),
- larghezza del franco di sponda  $W_B$  (bank clearance).

La larghezza di base varia da 1.3 B nel caso di nave con buona manovrabilità a 1.8 B nel caso di bassa manovrabilità; nel caso di specie si pone la **larghezza di base** pari a **1,3 B**.

Il franco di sponda  $W_B$  ha la funzione di contenere l'effetto sponda (bank effect), dovuto al flusso asimmetrico di acqua attorno alle navi, che tende a deviarne la rotta. Tale larghezza dipende dalla velocità di navigazione e dalle caratteristiche della sponda (cfr. tabella 6). Considerando le caratteristiche del canale, con sponde inclinate ma non ripide e bassi fondali ma in assenza di banchinamenti, si può porre  **$W_B = 0,3 B$** .

La distanza minima di passaggio tra le navi  $W_P$ , ha la funzione di scongiurare tra le due navi in transito un'eccessiva interazione costituita da forze di attrazione e repulsione. Tale distanza dipende dalla velocità di navigazione e dalla densità del traffico (cfr. tabella 7).



**PROGETTO ESECUTIVO**

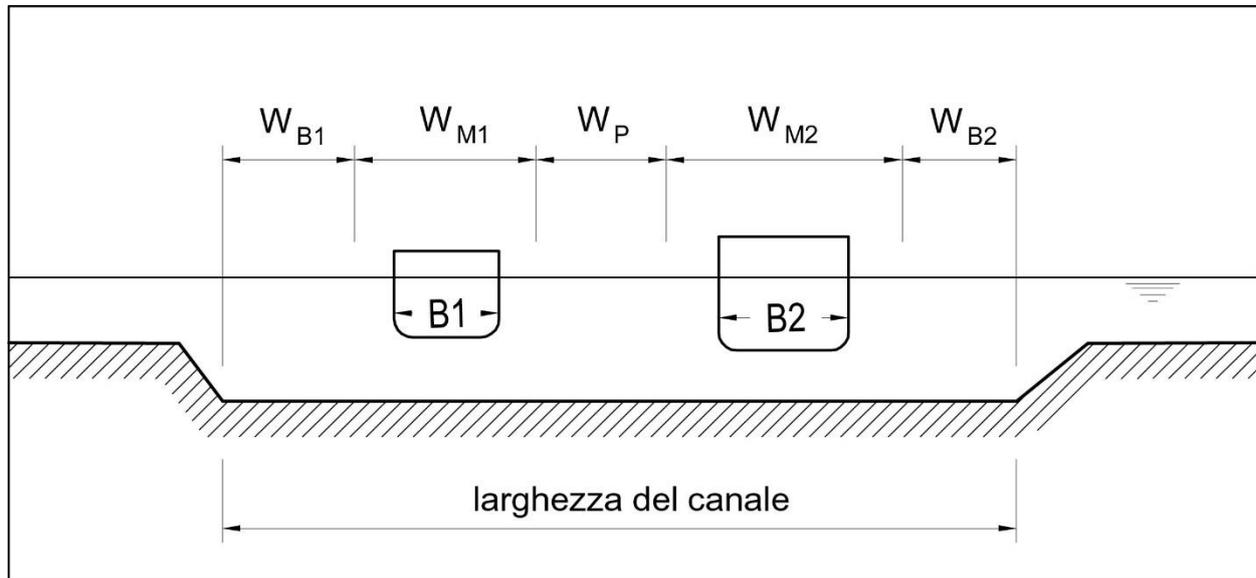


Figura 23. Schema di riferimento per determinare la larghezza del canale di accesso

Caratteristiche delle sponde del canale	Velocità della nave	Incremento
Sponda inclinata e bassi fondali	Veloce	-
	Moderata	0.5 B
	Bassa	0.3 B
Sponda molto inclinata e banchinamenti	Veloce	-
	Moderata	1.0 B
	Bassa	0.5 B

Tabella 6. Fattori di incremento della larghezza del franco di sponda  $W_B$  (1997).

Fattore di incremento	Intensità	Incremento
Velocità della nave (nodi)	Veloce >12	-
	Moderata >8-12	1.4 B
	Bassa 5-8	1.0 B
Densità del traffico	Bassa	0.0
	Moderata	0.2 B
	Elevata	0.4 B

Tabella 7. Fattori di incremento della distanza minima di passaggio tra le navi  $W_P$  (1997).



**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Considerando una velocità d'incrocio di 4 nodi e una densità di traffico oggettivamente bassa, si può porre la distanza minima di passaggio tra le navi  **$W_P = 1,0 B$** .

La larghezza della singola corsia di manovra  $W_M$  è pari alla somma di una larghezza di base, che dipende dalla manovrabilità della nave, e degli incrementi dovuti in generale ai seguenti fattori:

- velocità della nave  $W_V$ ,
- vento trasversale  $W_W$ ,
- correnti  $W_{CT}$  e  $W_{CL}$ ,
- moto ondoso  $W_O$ ,
- aiuti alla navigazione  $W_A$ ,
- caratteristiche della superficie del fondale  $W_F$ ,
- profondità del canale  $W_D$ ,
- livello di rischio  $W_R$ .

Quindi, la larghezza della singola corsia di manovra  $W_M$  è pari a:

$$W_M = W_B + \sum_i W_i$$

Escludendo la presenza di moto ondoso con altezza significativa maggiore di 1m, considerando la velocità di navigazione nel canale bassa (<5 nodi), il vento moderato (<33 nodi), le correnti longitudinali e trasversali basse e trascurabili, il livello di rischio e la densità di traffico bassi (sia perché le navi di progetto non trasportano merci pericolose, sia perché le due combinazioni di navi in transito hanno una probabilità di verificarsi estremamente bassa), facendo riferimento alla tabella 8, si considerano cautelativi nel caso di specie i seguenti valori:

- $W_V = 0,0 B$ ;
- $W_W = 0,4 B$ ;
- $W_{CT} = 0,0 B$ ;
- $W_{CL} = 0,0 B$ ;
- $W_O = 0,0 B$ ;
- $W_A = 0,1 B$ ;
- $W_F = 0,1 B$ ;
- $W_D = 0,2 B$ ;
- $W_R = 0,0 B$ .

Risulta quindi che **la maggiorazione alla larghezza della singola corsia di manovra  $W_M$  è pari a  $0,8 B$** .



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Pertanto, applicando le linee guida emanate dal AIPCN/PIANC nel 1997, **la larghezza del canale di navigazione a doppio senso (due vie) risulta pari a 5,8 B** ossia, ricordando che B è pari a 40 m, **232 m**.

Considerando invece la medesima nave di progetto e le medesime condizioni ambientali, **la larghezza del canale di navigazione a senso alternato (una via) risulta pari a 2,7 B** ossia **108 m**.

#### *C.4- Analisi dello stato attuale dei luoghi*

Nella figura 24 è riportata la rappresentazione dello stato attuale dell'avamposto e del canale d'accesso al porto interno, sede dei banchinamenti principali.

L'avamposto è caratterizzato da un'imboccatura di larghezza utile (alla profondità di 9m) pari a 213 m, ossia pari a **5,3 B**, non compatibile con un traffico a due vie di navi crocieristiche delle dimensioni pari a quella di progetto. Tuttavia, la larghezza dell'imboccatura risulta ampiamente compatibile con l'uso del canale di navigazione ad una via.

Il cerchio di evoluzione alla quota di -9m s.l.m.m. presenta un diametro di 406 m, ossia paria a **1,3 L**, valore che costringe a manovre lente con l'ausilio di punti fissi (ancore) e di rimorchiatori. L'estensione dell'area di evoluzione deve essere ampliata per permettere una più rapida ed agevole manovra per la nave di progetto.

Il canale di navigazione per l'ingresso nel bacino interno, sede delle banchine principali, invece, allo stato attuale risulta assolutamente insufficiente, essendo largo appena 95 m, ossia **2,4 B**. Anche volendo limitare il traffico in entrata ed in uscita dal bacino interno in occasione di uno scalo della nave da crociera di progetto, **l'attuale configurazione del canale d'ingresso al porto interno non permette la navigazione in sicurezza** secondo quanto indicato dalle linee guida dell'AIPCN.

Si stabilisce quindi che l'intervento di maggior rilevanza è l'allargamento del canale di navigazione per l'accesso al porto interno e l'allargamento dell'area di manovra nell'avamposto.



**PROGETTO ESECUTIVO**

<b>Fattore di incremento</b>	<b>Velocità della nave</b>	<b>Incremento</b>	
<b>Velocità della nave (nodi) – <math>W_V</math></b>	Veloce >12	0.1 B	
	Moderata >8-12	0.0	
	Bassa 5-8	0.0	
<b>Vento trasversale (nodi) – <math>W_W</math></b> Basso <15 Moderato >15-33  Elevato >33-48	tutte le velocità	0.0	
	Veloce	-	
	Moderata	0.4 B	
	Bassa	0.5 B	
	Veloce	-	
	Moderata	0.8 B	
Bassa	1.0 B		
<b>Correnti trasversali (nodi) – <math>W_C</math></b> Trascurabili <0.2 Basse 0.2-0.5  Moderate >0.5-1.5  Elevate >1.5-2.0	tutte le velocità	0.0	
	Veloce	-	
	Moderata	0.1 B	
	Bassa	0.2 B	
	Veloce	-	
	Moderata	0.5 B	
	Bassa	0.8 B	
	Veloce	-	
	Moderata	-	
	Bassa	-	
	<b>Correnti longitudinali (nodi) – <math>W_C</math></b> Basse >1.5 Moderate >1.5-3.0  Elevate >3.0	tutte le velocità	0.0
		Veloce	-
Moderata		0.1 B	
Bassa		0.2 B	
Veloce		-	
Moderata		0.2 B	
Bassa	0.4 B		
<b>Aiuti alla navigazione – <math>W_O</math></b> Eccellenti con controllo del traffico da terra Buoni Moderati con scarsa visibilità non frequente Moderati con scarsa visibilità non frequente		0.0	
		0.1 B	
		0.2 B	
		>0.5 B	
<b>Superficie del fondale – <math>W_F</math></b> Se profondità > 1.5 d Se profondità < 1.5 d Piana e sabbiosa Piana o inclinata e rocciosa Irregolare e rocciosa		0.0	
		0.1 B	
		0.1 B	
		0.1 B	
		0.2 B	
<b>Profondità del canale (d = pescaggio) – <math>W_D</math></b> > 1.5 d 1.15 d - 1.5 d < 1.15 d		0.0	
		0.2 B	
		0.4 B	
<b>Livello di rischio – <math>W_R</math></b> Basso Medio Elevato		0.0	
		0.4 B	
		0.8 B	

Tabella 8. Fattori di incremento della larghezza della corsia di manovra  $W_M$  (1997).



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

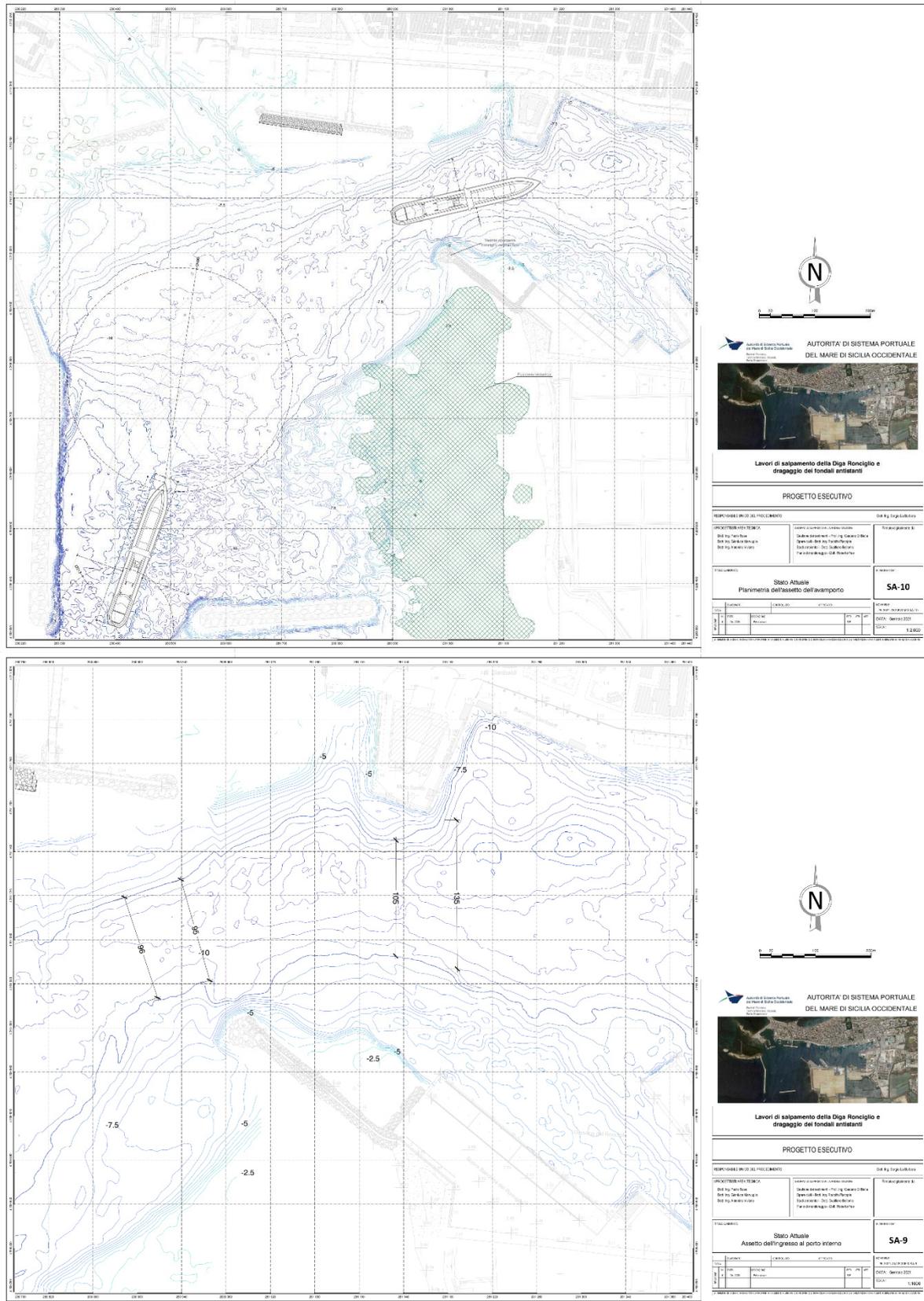


Figura 24. Stato attuale dell'avamposto (in alto) e del canale di accesso (in basso).



### C.5- Analisi delle previsioni del ATF al PRP presentato dalla AdSP

Le previsioni programmate in sede di Adeguamento Tecnico Funzionale al Piano Regolatore Portuale vigente (cfr. figura 25) considerano un allargamento massimo del canale di accesso al porto interno di 250 m, per la batimetria di -9 m s.l.m.m. e per le aree antistanti l'attuale sporgente Ronciglio, mentre il cerchio di evoluzione nell'avamposto, per la batimetria di -9 m s.l.m.m., è stato previsto con diametro pari a 600m.

Pertanto, **le dimensioni prese in considerazione nel presente progetto**, ovvero 232 m per la larghezza del canale di accesso e 450 m per il diametro del cerchio di evoluzione **risultano assolutamente compatibili con quelle programmate dallo strumento di pianificazione portuale.**

È da considerare tuttavia, che il canale di accesso al bacino interno non è limitato geometricamente solo dallo sporgente Ronciglio ma anche dalle attuali banchine del molo trapezio, sede della A.P., e della nuova banchina Ronciglio. La distanza minima tra i fili delle suddette banchine è pari a 234 m.



Figura 25. Planimetria del Porto di Trapani pianificata in sede di ATF al PRG.





---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Dunque, il cerchio di evoluzione alla quota di -9m s.l.m.m. presenta un diametro pari a circa **1,3 L**, valore che costringe a manovre lente con l'ausilio di punti fissi (ancore) e di rimorchiatori.

Il canale di navigazione per l'ingresso nel bacino interno, sede delle banchine principali, invece, risulterebbe assolutamente sufficiente alla navigazione alternata ma assolutamente insufficiente per quella a due vie. Infatti, pur considerando per le navi più piccole che incrociassero la nave di progetto lungo il canale le medesime velocità di navigazione (2 nodi) e le medesime capacità di manovra, ipotesi eccessivamente ottimistiche, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'AIPCN **la larghezza della nave più piccola non potrebbe eccedere gli 8 m per permette la navigazione in sicurezza.**

Infine, si deve sottolineare che la presenza dello sporgente Ronciglio, oltre a limitare la minima larghezza del canale di navigazione, determina una curva a raggio stretto tra la rotta d'ingresso al porto e quella di ingresso al bacino interno di faticosa gestione per i piloti. Infatti, per poter entrare nel bacino interno ortogonalmente alla congiungente il molo trapezio e la nuova banchina Ronciglio (imboccatura del bacino interno), la rotta deve prevedere una curva di raggio circa pari a  $2L_{OA}$ . Le raccomandazioni internazionali per i canali di navigazione indicano un limite inferiore di curvatura e raccordo dei tratti rettilinei pari a  $4L_{OA}$ .

### *C.7- Analisi delle richieste della Capitaneria di Porto*

Nel parere favorevole sull'Adeguamento Tecnico Funzionale (ATF) avente ad oggetto i lavori di demolizione di parte del molo Ronciglio e dragaggio di aree extra canale di accesso nel porto di Trapani, la Sezione Tecnica Sicurezza e Difesa Portuale della Capitaneria di porto di Trapani ha espresso la seguente raccomandazione in merito alla sicurezza durante la navigazione:

- Relativamente al lavoro di approfondimento di 3 metri delle quote di escavo in parte del bacino di avamposto (quota di dragaggio da -9,00 m a -12,00 m), si ritiene necessario segnalare che, al fine di meglio garantire l'individuazione del passaggio di profondità da -9,00 metri a -12,00 metri, sarebbe più opportuno estendere il fondale di -12,00 metri fino all'allineamento "fanale verde d'ingresso del porto" - "fanale verde del costruendo molo di lunghezza finale pari a 40 m"... Quanto appena descritto ha lo scopo, sotto il profilo della sicurezza della navigazione, di rendere più facilmente individuabile - a livello visivo - il passaggio dalla batimetrica di -9,00 metri a quella di -12,00 metri.



### *C.8- Definizione delle necessità*

Da quanto sopra riportato si possono desumere le seguenti necessità:

- Estensione del diametro dell'area di evoluzione nell'avamposto per permettere una più rapida ed agevole manovra per la nave di progetto;
- Allargamento della larghezza minima del canale d'ingresso al bacino interno per permettere la realizzazione di un canale a due vie;
- Salpamento di adeguato tratto dello sporgente Ronciglio per permettere sia l'allargamento del canale di navigazione interno, sia la riduzione della curvatura della rotta d'ingresso alla darsena;
- Identificazione di un allineamento visivo rettilineo tra "fanale verde d'ingresso del porto" - "fanale verde del costruendo molo di lunghezza finale pari a 40 ml" al fine di una sicura identificazione delle aree a profondità inferiore a quella di navigazione in sicurezza.
- Protezione dell'ambiente marino subacqueo e costiero, con particolare attenzione alle specie protette.



## D- INTERVENTI DA REALIZZARSI

Le opere oggetto di progettazione che rispondano alle necessità individuate possono essere suddivise in due differenti classi tipologiche con specificità non sovrapponibili:

- il salpamento di un tratto del molo Ronciglio vecchio faro e la sagomatura della testata dell'opera a gettata in massi naturali
- il dragaggio per predisporre i fondali necessari ai fini della sicurezza per l'ingresso e la manovrabilità delle navi crociere nel porto di Trapani.

Di seguito si illustrano gli interventi per ciascuna classe, individuando eventualmente possibili soluzioni alternative.

### *D.1- Lavori di salpamento della ex diga frangiflutti (sporgente) Ronciglio vecchio faro*

Le parti principali che costituiscono le sezioni della diga del Ronciglio all'ingresso del bacino interno oggetto del presente progetto, possono essere così suddivise:

1. Coronamento;
2. Scogliere;
3. Testata.

Attualmente, lo sporgente è ubicato all'interno del porto di Trapani, a ridosso della nuova darsena Ronciglio, per una lunghezza complessiva di 180m circa (cfr. figura 24).

Il progetto prevede il salpamento dell'attuale testata (cfr. figura 27) per una lunghezza di circa 30 m e di un tratto di lunghezza circa pari a 120 m del tronco di radicamento a terra. In questo modo, il moncone del radicamento a terra, prima della sagomatura della nuova testata, avrà lunghezza di circa 22 m a partire dalla parte emersa della scogliera di protezione della testata della nuova banchina Ronciglio. Propedeutici ai lavori di salpamento, sono:

- lo smontaggio della colonna in basamento della statua Mariana e della stessa effigie sacra (cfr. figura 28);
- la dismissione degli arredi marittimi (cfr. figura 29);
- la demolizione dell'edificio del vecchio fanale luce verde (cfr. figura 28);
- le demolizioni delle pavimentazioni e dei muretti in testata (cfr. figura 28);
- la dismissione dei sotto-servizi e dei cavidotti elettrici presenti nel coronamento della diga (cfr. figura 29).



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO



Figura 27. Attuale configurazione della testata dello sporgente Ronciglio e del vecchio fanale luce verde.



Figura 28. Installazioni sulla testata dello sporgente Ronciglio: vecchio fanale luce verde e colonna con statua Mariana.



Figura 28. Attuale configurazione del tronco di radicamento a terra dello sporgente Ronciglio.

**I lavori di salpamento avverranno esclusivamente da mare.** Infatti, ad eccezione di spazi acquei per l'ormeggio temporaneo di chiatte, pontoni, moto bette e qualsiasi altro mezzo marittimo l'impresa vorrà utilizzare per lo svolgimento dei lavori, l'AdSP non dispone di aree a terra dove impiantare il cantiere. Inoltre, anche la via d'accesso allo sporgente risulta inibita al traffico pesante per la presenza dei beni ambientali, tutelati, delle saline e dell'antistante spiaggia.

Ancora, altro elemento da evidenziare con chiarezza è la prossimità all'area dei lavori di fondali ricoperti da posidonia oceanica, specie autoctona protetta (cfr. figura 29). Pertanto, ad eccezione della testata, i lavori di salpamento dovranno avvenire, in avanzamento, dal lato sottoflutto dello sporgente Ronciglio. In ogni caso i lavori dovranno avvenire in ambiente confinato mediante barriera galleggiante. Dunque, i lavori di salpamento inizieranno dalla testata, con la rimozione dei massi ciclopici in calcestruzzo (cfr. figura 30), dalla cresta verso il piede della scogliera, e la loro ricollocazione all'interno del porto, secondo le direttive della DL. Si assume qui che i massi siano posti a rifiorimento della antistante diga della Colombaia. Successivamente si procederà al salpamento dei massi di II e III categoria costituenti le mantellate. Tali massi saranno poi posti a rifiorimento ed ampliamento di parte della testata del molo a martello della darsena pescatori.



PROGETTO ESECUTIVO

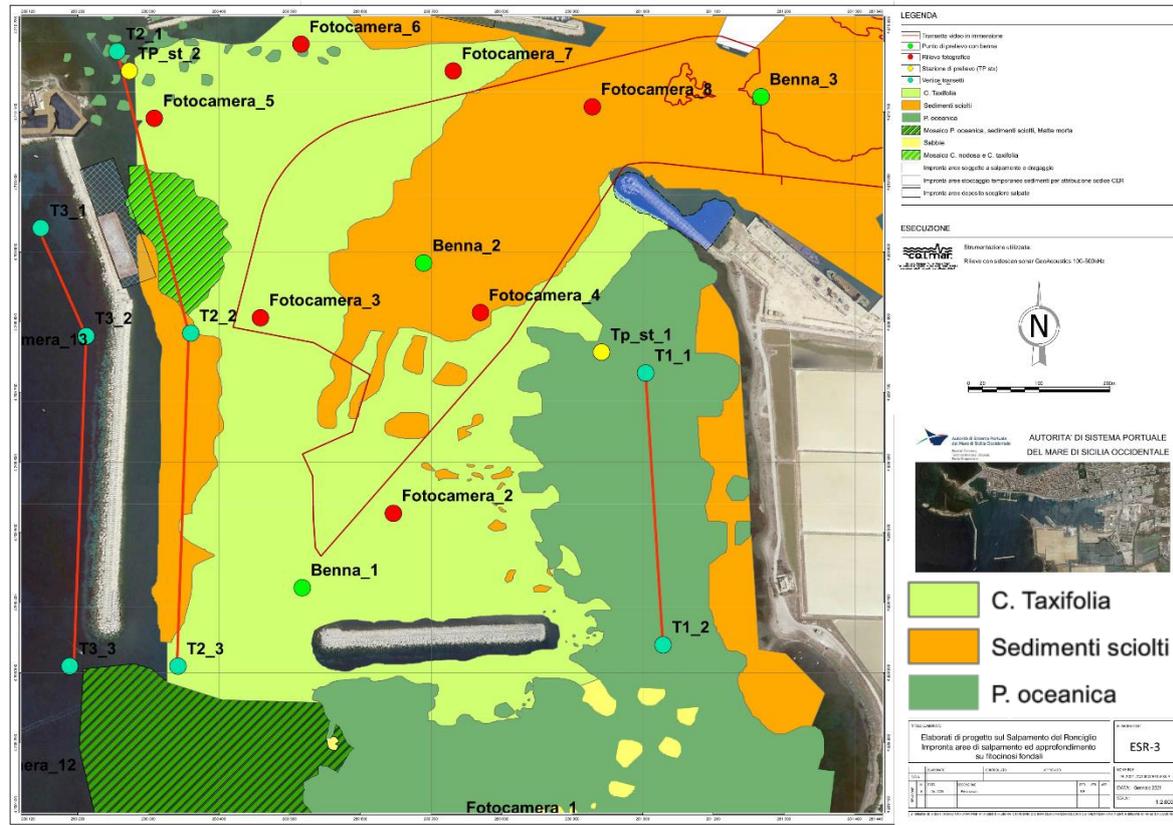


Figura 29. Sovrapposizione (in azzurro) delle aree oggetto di salpamento dello sporgente Ronciglio e di quelle oggetto di approfondimento per garantire il pescaggio dei mezzi marittimi sulla fitocenosi (in verde) dei fondali del porto di Trapani.

Messi a nudo gli eventuali strati filtro ed il nucleo della diga, si procederà all’escavo del pietrame in scapoli. Tali materiali dovranno essere conferiti a discarica per inerti. LE operazioni proseguiranno fino al raggiungimento dei fondali naturali. Si è qui considerata una **comp penetrazione del materiale di cava con le matrici sabbio-limose per uno spessore di 1 m.**

Nell’esecuzione del salpamento della testata del Ronciglio, il barrieramento ambientale per la prevenzione della dispersione dei sedimenti in risospensione può essere disposto su un’ampia area senza che il barrieramento stesso interferisca con la prateria di posidonia oceanica. Al contrario, nel salpamento dei tratti di radicamento più vicini a terra, la prateria di posidonia arriva quasi a lambire il piede dell’opera a gettata. In questi tratti, quindi, il barrieramento dovrà essere posto a ridosso del piede dell’opera, senza che lo stesso interferisca con la posidonia, e le operazioni di salpamento dovranno per forza proseguire esclusivamente dal lato opposto, ovvero nell’area antistante la scogliera di protezione della nuova banchina Ronciglio (cfr. figura 31).

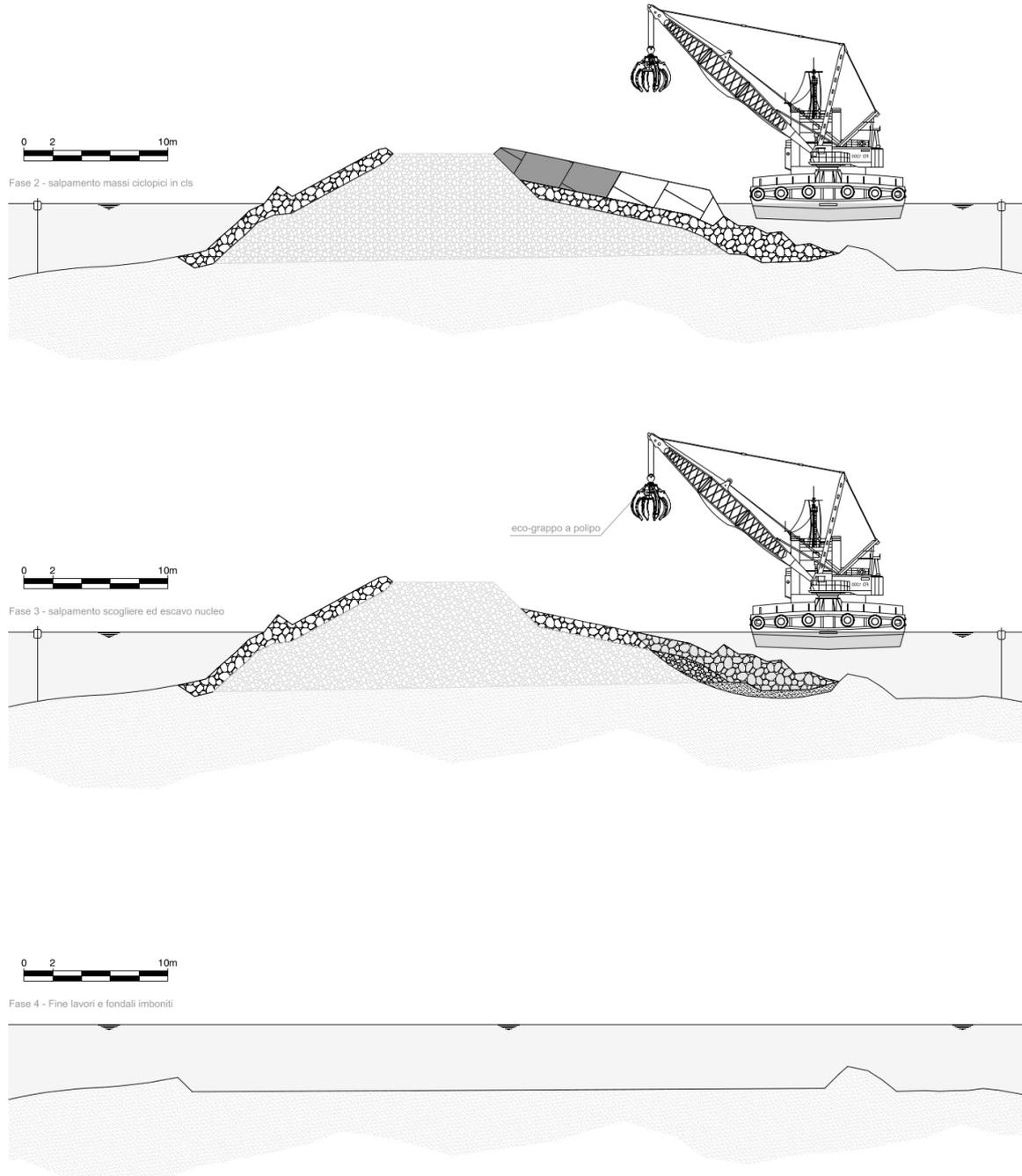


Figura 30. Sequenza delle lavorazioni di salpamento della testata dello sporgente Ronciglio. Dall'alto verso il basso: a) rimozione dei massi ciclopici dopo le lavorazioni di demolizione e rimozione delle installazioni e del coronamento; b) salpamento dei massi di II e III categoria e messa a nudo del nucleo; c) rimozione del nucleo e dello strato di compenetrazione della scogliera con le matrici sabbio-limose.

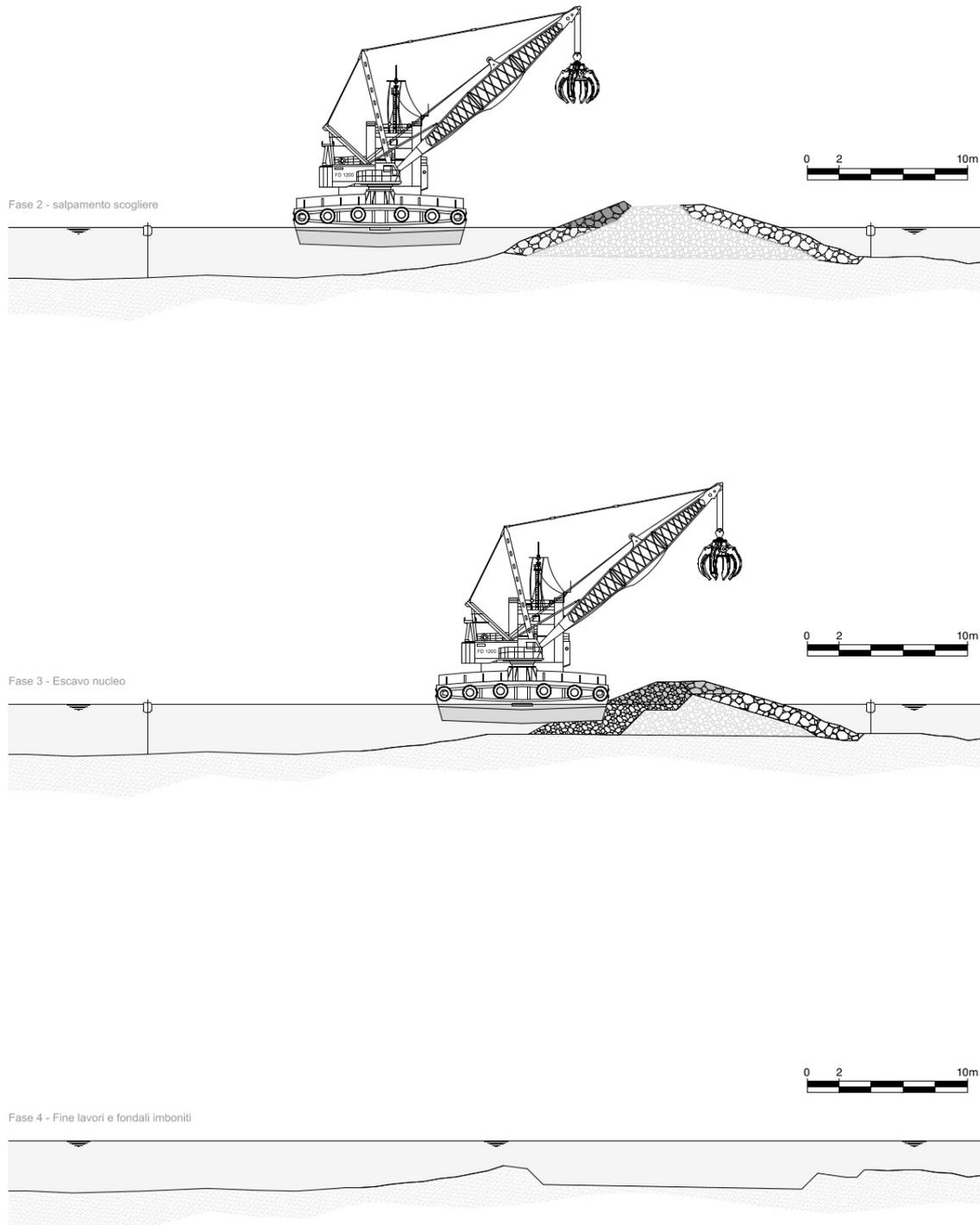


Figura 31. Sequenza delle lavorazioni di salpamento del tronco dello sporgente Ronciglio in prossimità del radicamento a terra. Dall'alto verso il basso: a) salpamento dei massi di II e III categoria della mantellata di sottoflutto e messa a nudo del nucleo; b) rimozione del nucleo e dello strato di compenetrazione della scogliera con le matrici sabbio-limose; c) salpamento dei massi di II e III categoria della mantellata di sopraflutto.



## *D.2- Lavori di sagomatura della nuova testata sulla radice della ex diga frangiflutti (sporgente) Ronciglio vecchio faro*

Lo stato dei luoghi post-salpamenti è rappresentato in figura 32. Il moncone di radicamento a terra presenta la necessità di essere nuovamente sagomato in testa per proteggere gli strati di nucleo e filtri posti a nudo dalle operazioni di salpamento.

La pianificazione predisposta dalla AdSP in fase di ATF del PRP prevede la realizzazione di una nuova testata circolare, la cui intersezione con il livello medio marino presenta un diametro di 34 m e centro sull'asse involuppo della linea di immersione della residua mantellata di sopraflutto. Pertanto, l'ingombro totale al piede dell'opera interferiva con l'attuale prateria di posidonia in corrispondenza del piede dello sporgente. Per questo motivo si è deciso di ridurre la dimensione della testata (diametro della circonferenza proiettata sul piano del l.m.m. pari a 27m) e di arretrarne il centro in corrispondenza dell'asse involuppo della linea di immersione della residua mantellata di sottoflutto. Pertanto, l'assetto della nuova testata è quello rappresentato in figura 33.

Le scogliere della testata di nuova realizzazione sono state progettate con le seguenti caratteristiche (cfr. figura 34):

- quota del piano di calpestio finito a +2.0 m s.l.m.m.;
- pendenza delle scarpate pari a 2:3;
- strato di fondazione a perdere in scapoli di pietrame fioriti durante le operazioni di salpamento dello sporgente;
- nucleo eseguito con materiale salpato di I categoria o in scapoli di pietrame;
- strato di filtro con scogli di I categoria precedentemente salpati;
- mantellate in doppio strato in scogli di II categoria precedentemente salpati.

Riguardo le fasi realizzative, si rappresenta quanto segue. In primis, le lavorazioni dovranno essere svolte sempre in ambiente confinato, per prevenire dispersioni di acque intorbide dalle lavorazioni. Tali confinamenti saranno realizzati con barriera anti-torbidità galleggiate modello "SALL S-CBD" (cfr. figura 35), o similare, a tutta la profondità, utilizzabile sia in acque calme che in acque soggette a moto ondoso. La barriera dovrà essere zavorrata, zavorra realizzata da una catena genovese zincata a fuoco con un diametro da 12mm, posizionata su tutta la tratta della sezione. Il galleggiamento dovrà essere garantito mediante corpi galleggianti in polietene espanso a cellule chiuse direttamente inseriti all'interno della barriera stessa, di dimensioni pari a 200cm x Ø500mm e comunque utili al galleggiamento della barriera. Inoltre, la barriera dovrà essere dotata di maniglie sulla parte emersa per il sollevamento manuale o con gru di servizio.



PROGETTO ESECUTIVO

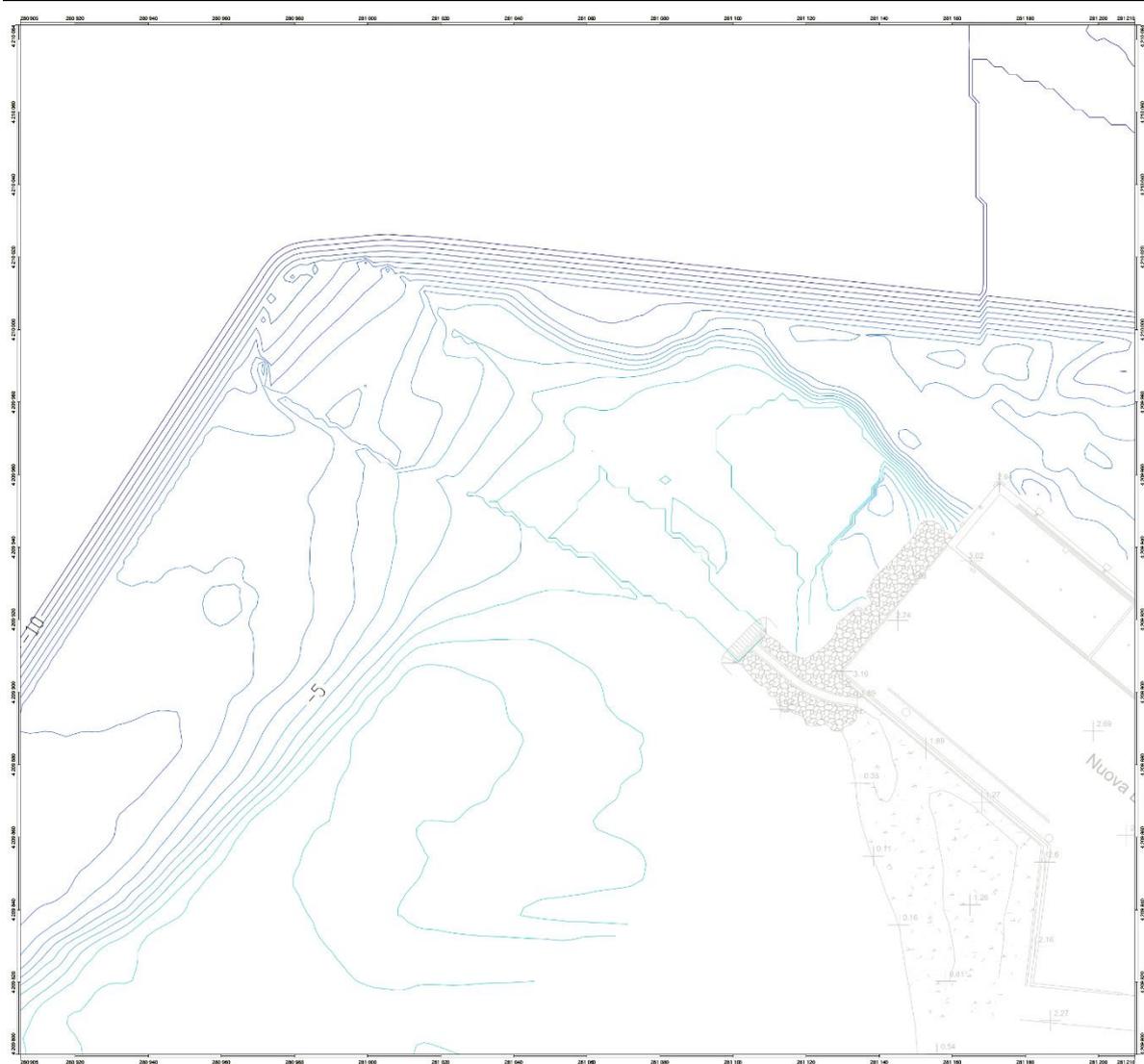


Figura 32. Stato dei luoghi circostanti il radicamento a terra dello sporgente del Ronciglio dopo le operazioni di salpamento della testata e di parte del corpo centrale della diga.

I collegamenti tra i fogli della barriera nella parte emersa dovranno essere realizzate tramite giunti ASTM in alluminio marino 6063 da 50cm e per la parte sommersa tramite 4 giunti ASTM in alluminio marino 6063, di 30cm per parte, oltre a degli occhielli posizionati su tutto il lato sommerso con legatura alla marinara. Dovranno essere predisposte delle chiusure di sicurezza con giunti ASTM tramite coppie di spinotti a molle in INOX AISI 316 per ciascun giunto. Infine, la barriera sarà realizzata con telo in fibra di Poliestere rinforzata con PVC da  $0,90\text{kg/m}^2$  - 800N/cm, specifico per ambienti marini "OIL BOOM MARINO", ad alta resistenza raggi UV, salsedine ed idrocarburi. I teli dovranno essere dotati di sistema di livellazione della profondità realizzato con cinghie collocate subito sotto il galleggiante fino a raggiungere la catena di zavorra.



PROGETTO ESECUTIVO

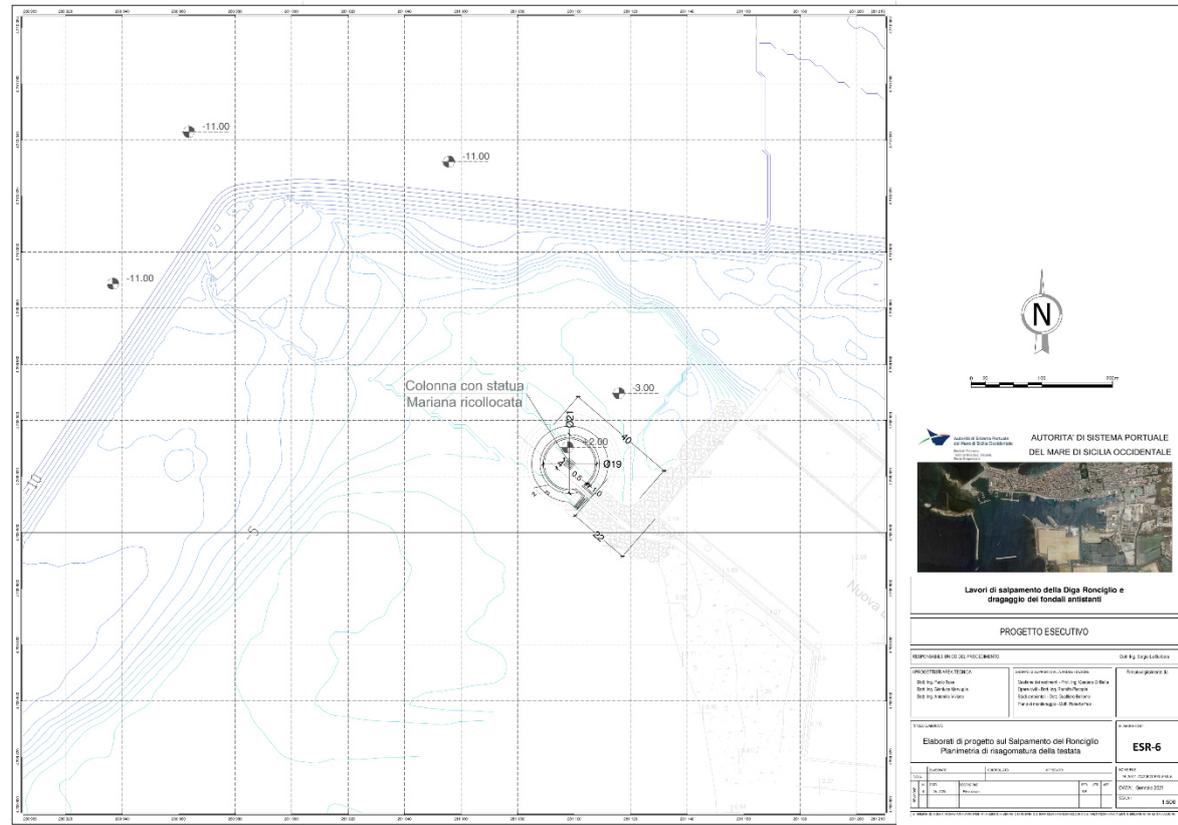


Figura 33. Soluzione progettuale per la nuova testata per il radicamento a terra dello sporgente del Ronciglio.

Predisposto il barrieramento come precedentemente indicato, con riferimento alla figura 36, le operazioni di sagomatura della nuova testata proseguiranno per settori angolari, iniziando con il livellamento del fondale lungo il settore angolare più vicino alla prateria di posidonia, ricostituendo il livello originale del fondale marino. La larghezza del settore livellato dovrà essere tale da permettere, a seconda dello sbraccio della gru utilizzata, la successiva posa del nucleo, degli strati filtro e della mantellata con adeguata precisione ed in totale sicurezza. La sezione riportata in figura 36 mostra, per semplicità illustrativa, il pontone con la gru posizionato a tergo del versante da realizzarsi. Tale modalità costruttiva, pur possibile, presenta chiaramente minori garanzie di precisione nella posa dei massi di mantellata e, in generale, di realizzazione delle pendenze assegnate. Sarà quindi compito dell'Impresa Appaltatrice, previo autorizzazione della DL, predisporre la migliore cantierizzazione a seconda degli effettivi mezzi disponibili in cantiere. Sarà in generale possibile, data la modesta dimensione del tratto da realizzare, allineare il pontone e la gru lungo l'attuale asse dello sporgente e lavorare in aggetto con controllo visivo del gruista dei versanti realizzati.



PROGETTO ESECUTIVO

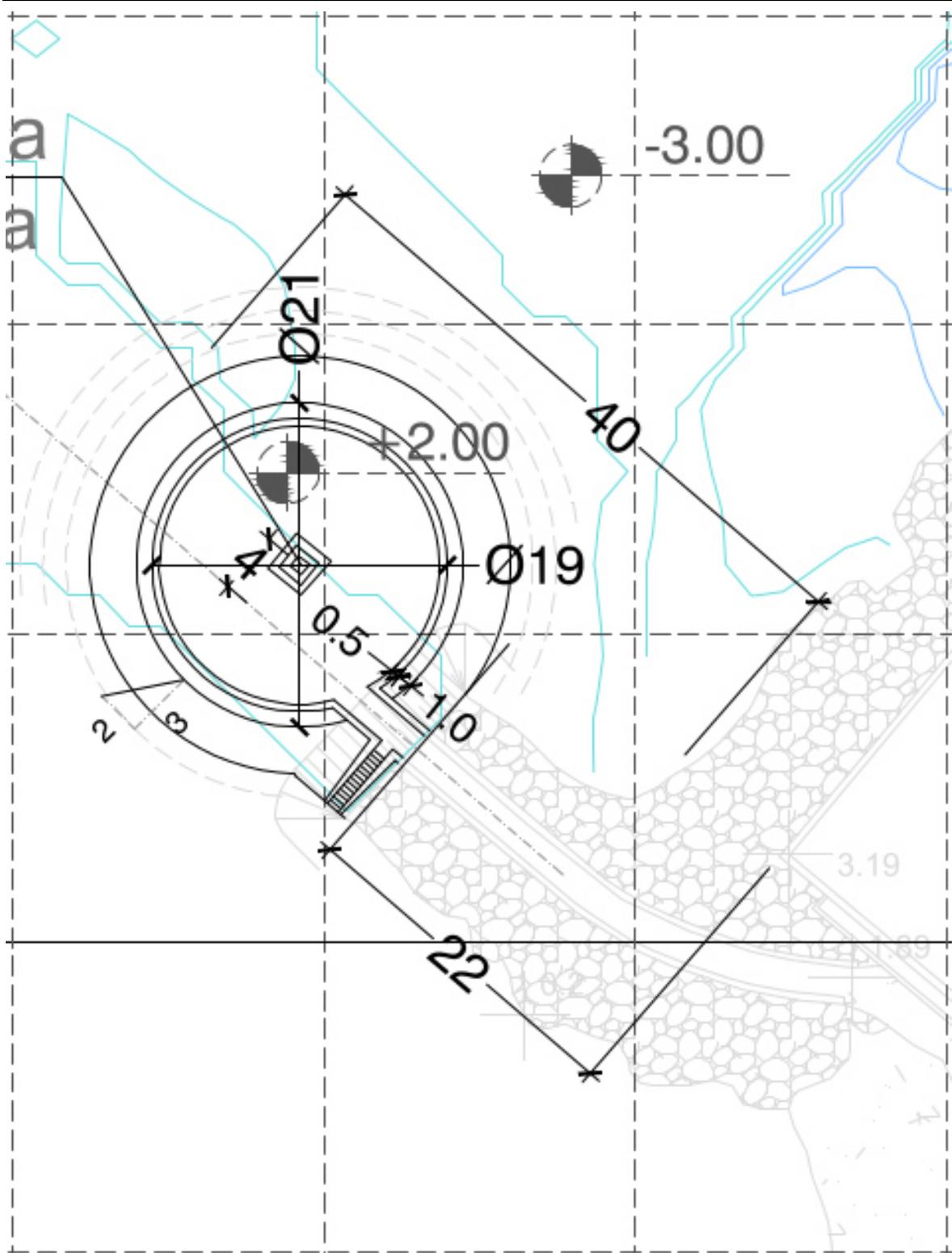


Figura 34. Dettaglio della planimetria per la soluzione progettuale della nuova testata per il radicamento a terra dello sporgente del Ronciglio.



**PROGETTO ESECUTIVO**



Figura 35. Utilizzo del barrieramento galleggiante modello "SALL S-CBD" per prevenire e limitare la dispersione di torbidità nelle aree di escavo marino.

Ancora, nelle sezioni rappresentative delle fasi lavorative si è illustrata la contemporanea costruzione del nucleo e della mantellata per strati successivi. Sarà cura dell'Impresa Appaltatrice, autorizzata dalla DL, approntare il piano delle lavorazioni più celere per la realizzazione dell'opera, in funzione dei mezzi disponibili in cantiere e dei materiali da costruzione disponibili.

Realizzato il primo tratto della testata, il restante corpo potrà essere costruito con maggior facilità essendo stato già conseguito un argine per i materiali che non potranno più impattare la prateria di posidonia. Sarà ad esempio possibile completare il nucleo, successivamente predisporre gli strati filtro ed, in fine, le mantellate in doppio strato di massi di II categoria. Essendo l'opera in progettazione interna al porto, non è ad oggi prevedibile la formazione di moto ondoso tale da mettere a rischio la stabilità dell'opera in ogni sua fase. Sarà tuttavia specifica responsabilità contrattuale dell'Impresa Appaltatrice verificare la presenza di agitazione ondosa residua (dovuta alla penetrazione dalle imboccature o alle scie generate dal passaggio delle navi) ed, eventualmente, predisporre le adeguate protezioni del nucleo e degli strati filtro.

Terminata la disposizione di tutti i materiali sciolti costituenti il nucleo, i filtri e la mantellata, si procederà all'intasamento dello strato superficiale di tout-venant con sabbia e ghiaietto (misto granulare), in modo da realizzare una superficie di posa regolare e priva di asperità su cui disporre una geo-stuoia di tessuto non tessuto, armata, con superficie impermeabile alla risalita capillare ed al vapore acqueo. Successivamente, si realizzerà un massetto di calcestruzzo di strato pari a 200 mm su cui sarà posata la pavimentazione in bolognato, preferibilmente recuperando gli elementi già presenti sulla sovrastruttura, ovvero (in caso di impossibilità effettiva del recupero) fornendo e ponendo in opera blocchetti di natura calcarea.



Infine, sarà ricollocata al centro della testata la colonna con la statua mariana ristrutturata come indicato nel Capitolato Speciale.

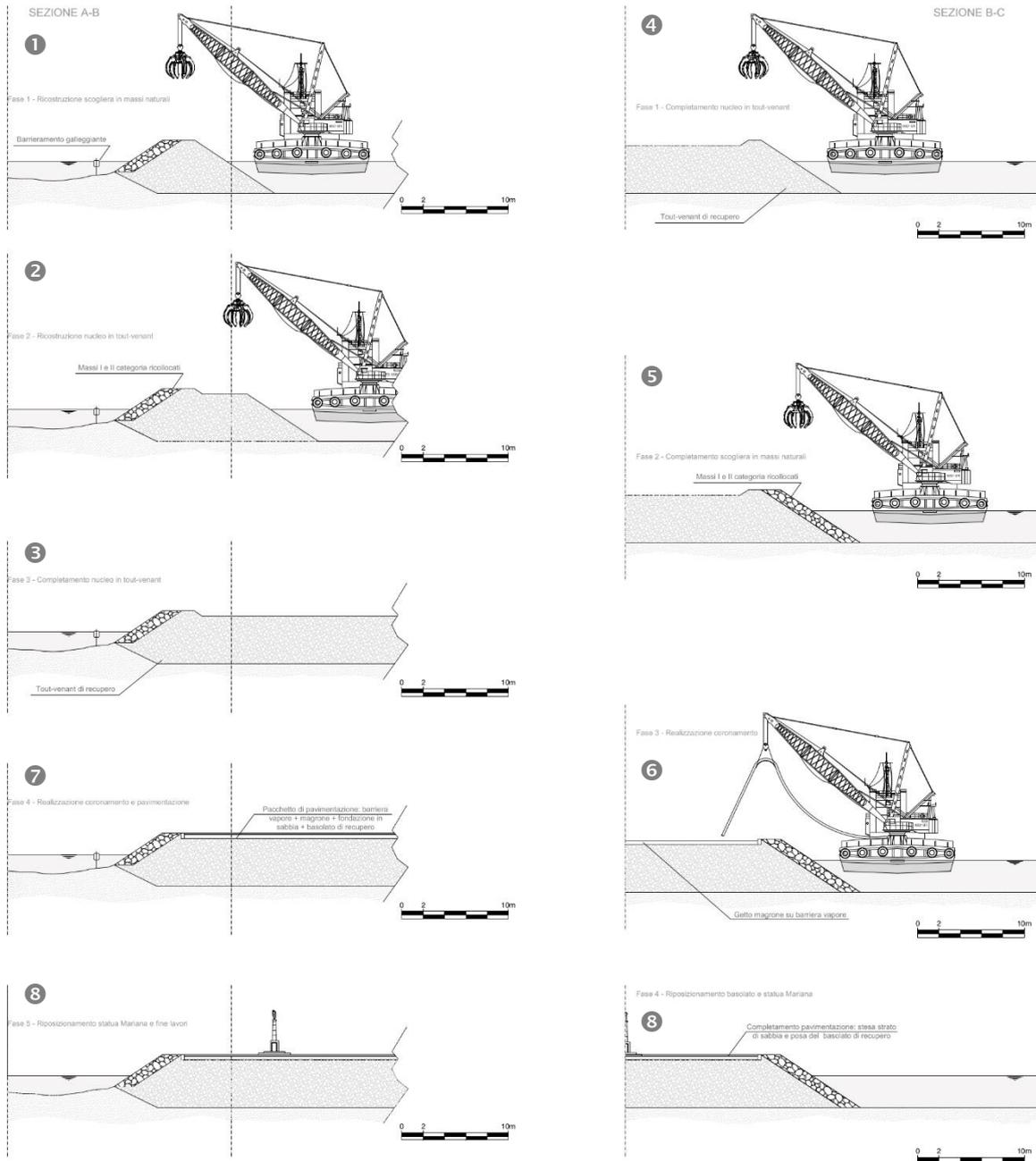


Figura 36. Sequenza di lavorazione per la costruzione della nuova testata sul radicamento a terra dello sporgente del Ronciglio.



### D.3- Lavori di dragaggio dei fondali circostanti il frangiflutti Ronciglio vecchio faro

Come già argomentato, i lavori di approfondimento dei fondali previsti in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello Sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005 non garantiscono una manovra d'ingresso al bacino interno in piena sicurezza per la nave di progetto (cfr. figura 37). Anche il salpamento della testata e di parte del tronco dello sporgente del Ronciglio non migliora la condizione di navigabilità, in ragione delle modeste profondità che contornano l'attuale diga del Ronciglio (cfr. figura 38).

Risulta quindi necessario approfondire i fondali certamente nell'introno del Ronciglio e, anche, valutare un allargamento nel secondo quadrante delle aree a profondità costante, in modo da realizzare un profilo rettilineo delle scarpate, dall'imboccatura portuale a sud fino alla nuova testata del Ronciglio.

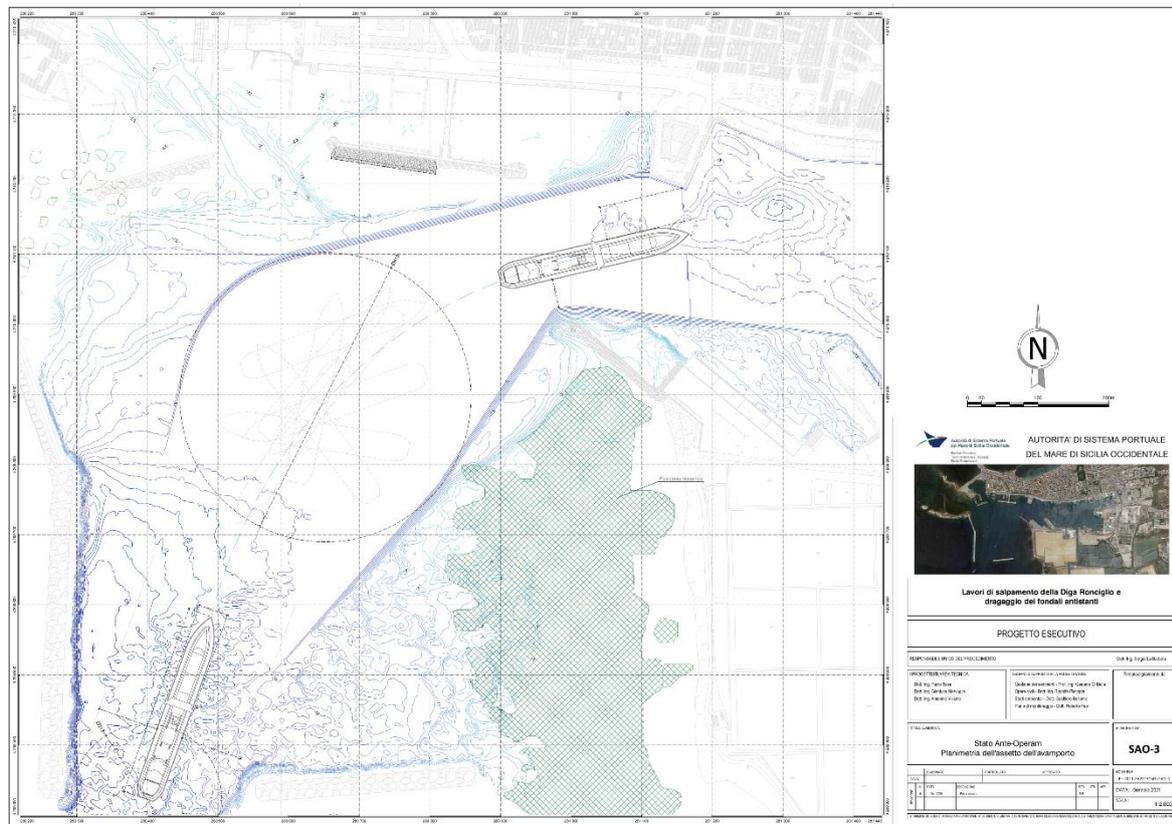


Figura 37. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello Sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Inoltre, si è valutata anche una rettifica dei profili di scarpata dei fondali antistanti la darsena del Ronciglio, tra la vecchia e la nuova banchina Ronciglio. Tra le soluzioni studiate e confrontate, si illustrano qui le 5 più significative:

1. Un approfondimento delle aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio con rifilatura del piede della scarpata meridionale dei fondali antistanti la darsena Ronciglio nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia (figura 39);
2. Medesimi approfondimenti previsti al punto A più la rettifica del piede delle scarpate dei fondali antistanti le saline del Ronciglio secondo un allineamento diretto tra la testata della diga di sotto flutto e la nuova testata (figura 40);
3. Medesimi approfondimenti previsti al punto A più la rettifica del piede delle scarpate dei fondali antistanti le saline del Ronciglio secondo una spezzata con impatto minimizzato sull'attuale prateria di posidonia (figura 41);
4. Approfondimento delle sole aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia (figura 42).
5. Approfondimento delle aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio con rifilatura del piede della scarpata meridionale dei fondali antistanti le saline Ronciglio, nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia, e approfondimento dei fondali antistanti la nuova banchina Ronciglio (figura 43).

Per tutte le soluzioni confrontate si assume una **pendenza delle scarpate pari a 1:3**. Ancora, per tutte le soluzioni confrontate si è fatto riferimento alla campagna di caratterizzazione ambientale dei sedimenti sui fondali portuali già predisposta dalla AdSP. Nelle tavole grafiche del progetto, qui non riprodotte per brevità, sono riportate le maglie utilizzate e le correzioni a queste ultime necessarie per assegnare delle presumibili classi di qualità ai sedimenti dragati. Si sottolinea in questa sede che l'estensione delle caratteristiche di qualità ambientale è stata qui effettuata in sicurezza, ovvero riferendosi all'ultimo dato presente sulla colonna di campionamento oppure, in assenza di punti di campionamento, al dato qualitativo peggiore nell'introno del punto oggetto di valutazione.

Le aree a profondità costante sono approfondite coerentemente con il piano di dragaggio di riferimento (CUP I94D19000000005) e l'ATF approvato:

- alla -11m s.l.m.m. nell'avamposto e fino alla bocca del bacino interno,
- alla -10m s.l.m.m. nel bacino interno e nella darsena Ronciglio. Di seguito si illustrano i risultati conseguibili con ciascuna soluzione.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO



Figura 38. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di salpamento della testata e di parte del tronco dello sporgente Ronciglio.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**



Figura 39. Indicazione delle aree da approfondire rispetto a quanto previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello sporgente Ronciglio – CUP I94D1900000005. **SOLUZIONE A.**



Figura 40. Indicazione delle aree da approfondire rispetto a quanto previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello sporgente Ronciglio – CUP I94D1900000005. **SOLUZIONE B.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**



Figura 41. Indicazione delle aree da approfondire rispetto a quanto previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005. **SOLUZIONE C.**

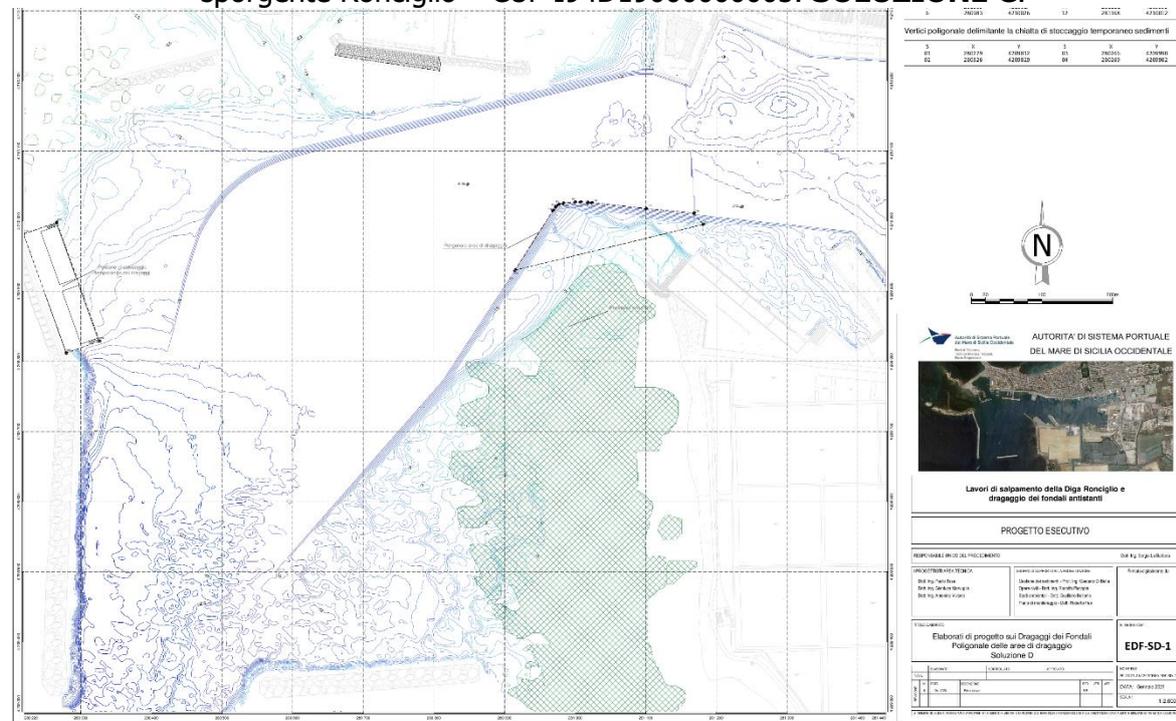


Figura 42. Indicazione delle aree da approfondire rispetto a quanto previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005. **SOLUZIONE D.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**

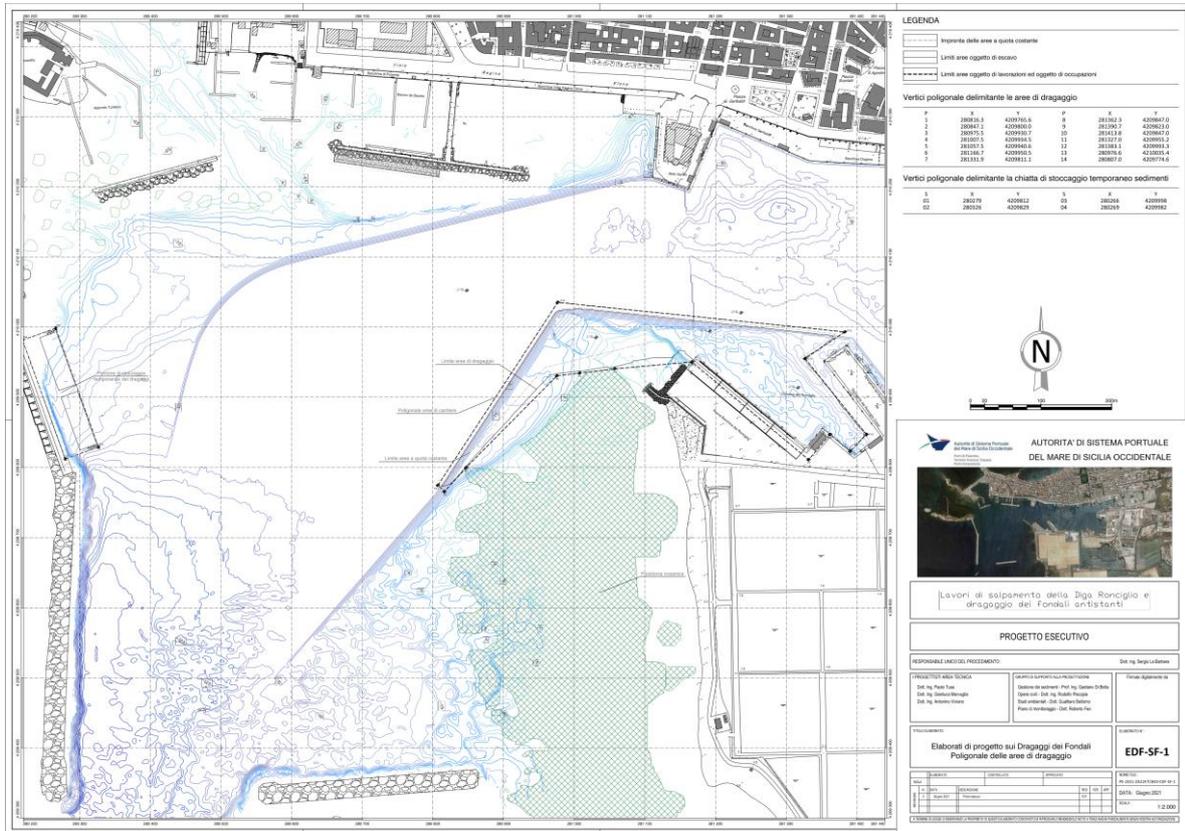


Figura 43. Indicazione delle aree da approfondire rispetto a quanto previsto in sede di progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamposto e delle aree a ponente dello sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005. **SOLUZIONE F.**



---

### D.3.i- **SOLUZIONE A**

Nella figura 43 sono riportate le configurazioni dell'avamposto e del canale d'ingresso al bacino interno. Si osserva immediatamente che nell'avamposto **NON si realizza** un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali, come richiesto dalla Capitaneria di Porto. Di contro, **è assolutamente rispettata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia.**

La mancanza di rettilineità tra i punti di manovra d'ingresso e curvatura costituisce sicuramente una problematica di sicurezza per la navigazione. Tale problematica potrebbe essere minimizzata utilizzando due fanali di segnalazione, ubicati sui punti di cuspidi delle batimetriche.

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione A permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 235 m, compatibile con la larghezza di un canale a due vie. Tuttavia, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 225 m, quindi leggermente sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN.

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamposto (cfr. figura 44), la soluzione A permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 412 m, ossia circa 1,4  $L_{OA}$ . La dimensione ottenuta risulta leggermente inferiore alle raccomandazioni internazionali (1,5  $L_{OA}$ , ovvero 450 m). Tuttavia, nella valutazione del presente dato va considerato che:

- l'ubicazione del cerchio di evoluzione è notevolmente distante da ogni ostacolo emerso (distanza sempre maggiore di 125 m);
- la nave di progetto presenta una notevole differenza tra la lunghezza fuori tutto e la lunghezza tra le perpendicolari ( $L_{BP}$ ).

Per la nave di progetto si può stimare una lunghezza  $L_{BP}$  pari a 270 m. Considerando tale parametro come quello su cui definire il cerchio di evoluzione, in ragione del fatto che  $L_{BP}$  rappresenta sostanzialmente la lunghezza dei punti sommersi più distanti della chiglia, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,525  $L_{BP}$ .



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**

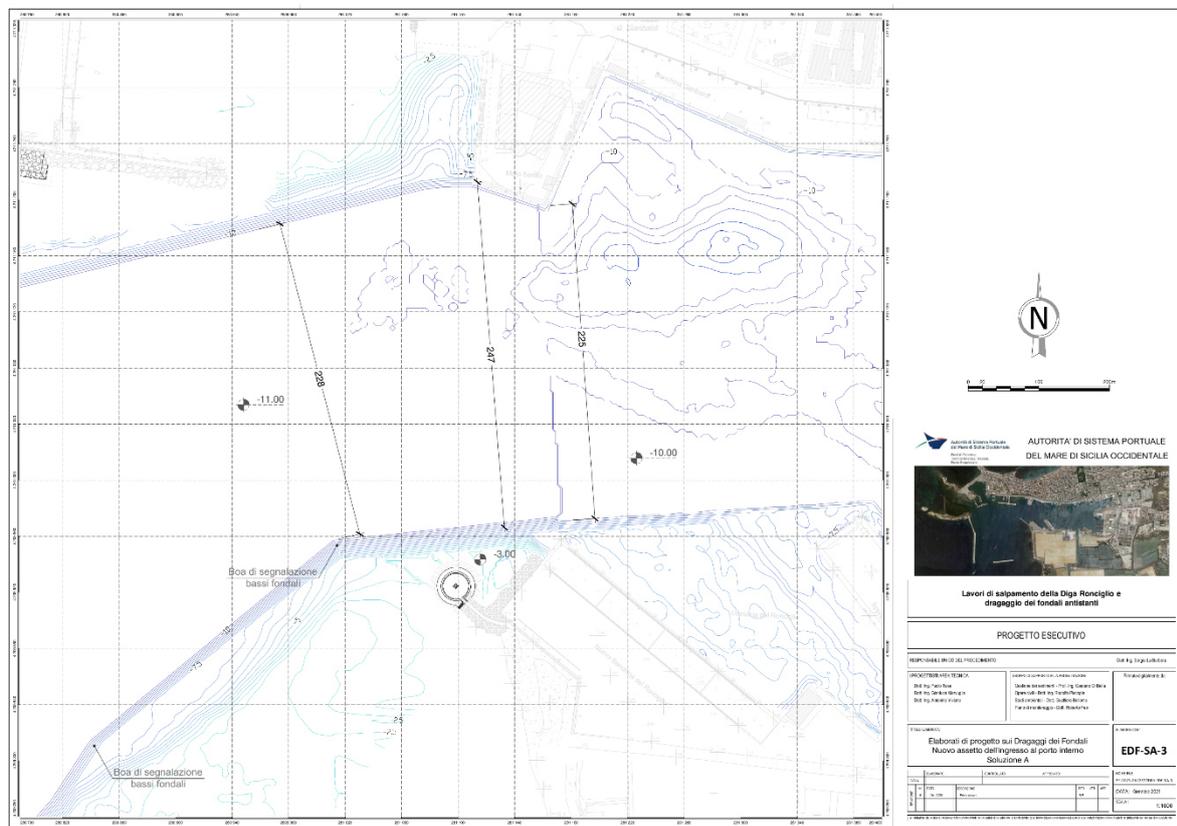
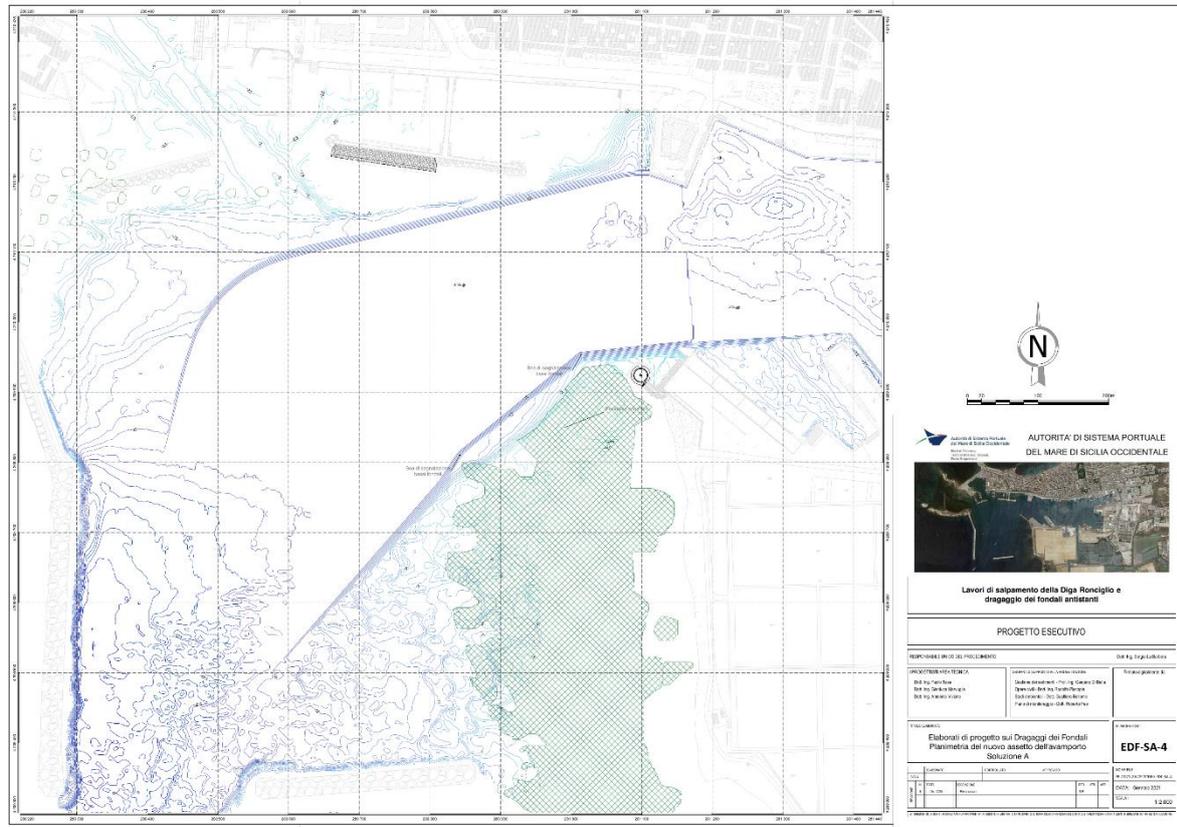


Figura 43. Dragaggio delle aree circostanti lo sporgente Ronciglio. **SOLUZIONE A.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**

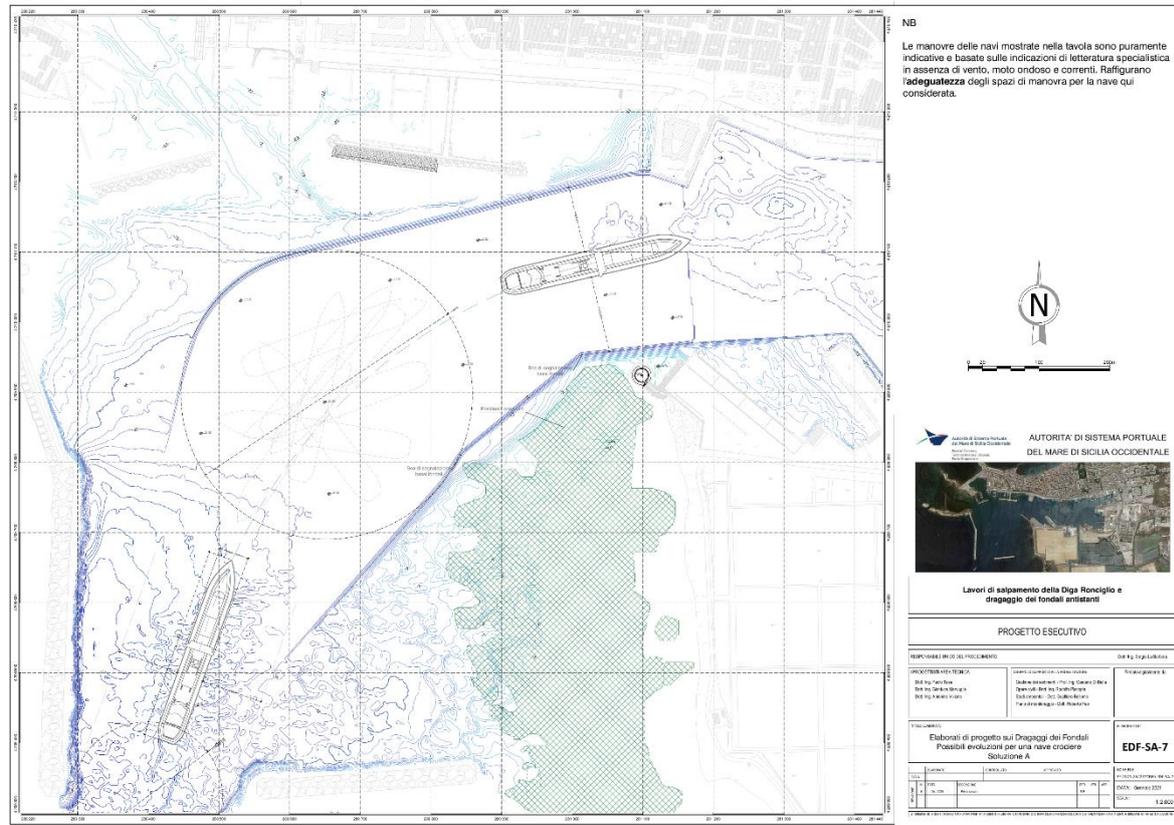


Figura 44. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di dragaggio previste nella **SOLUZIONE A**.



### D.3.ii- **SOLUZIONE B**

Nella figura 45 sono riportate le configurazioni dell'avamposto e del canale d'ingresso al bacino interno. Si osserva immediatamente che nell'avamposto **si realizza** un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali, come richiesto dalla Capitaneria di Porto. Di contro, è intaccata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia. In dettaglio, **l'area ricoperta di posidonia oceanica che verrebbe rimossa è in questo caso pari a 9472 m<sup>2</sup>.**

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione B permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 242 m, eccessivo finanche per un canale a due vie percorso da due navi di progetto che si incrociano. Tuttavia, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 225 m, quindi leggermente sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN. Dunque, **riguardo alla larghezza del canale di accesso al bacino interno non esiste differenza tra le soluzioni A e B.**

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamposto (cfr. figura 46), la soluzione B permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 467 m, ossia più di 1,5 L<sub>OA</sub>. Considerando la L<sub>BP</sub>, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,73 L<sub>BP</sub>.

**Tale soluzione sembra essenzialmente sovra-dimensionata.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
**LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI**  
**ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO**  
**SPORGENTE RONCIGLIO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

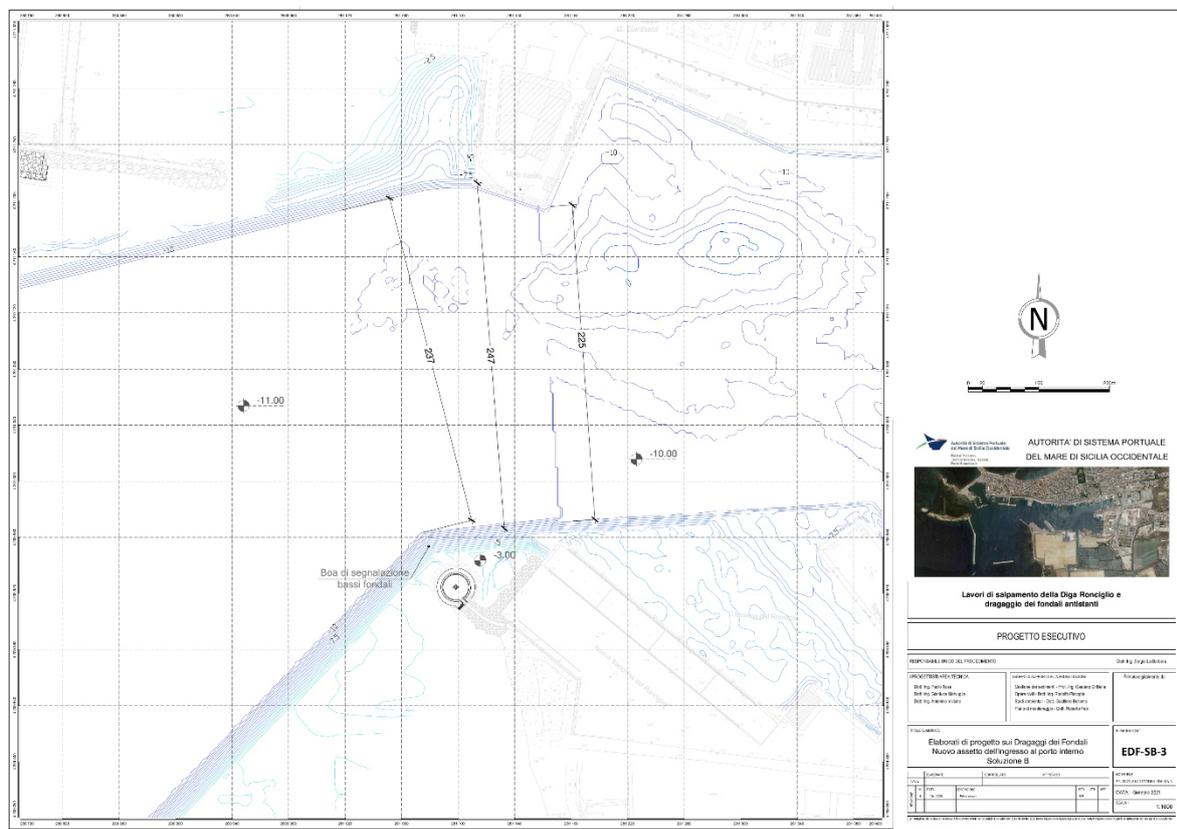
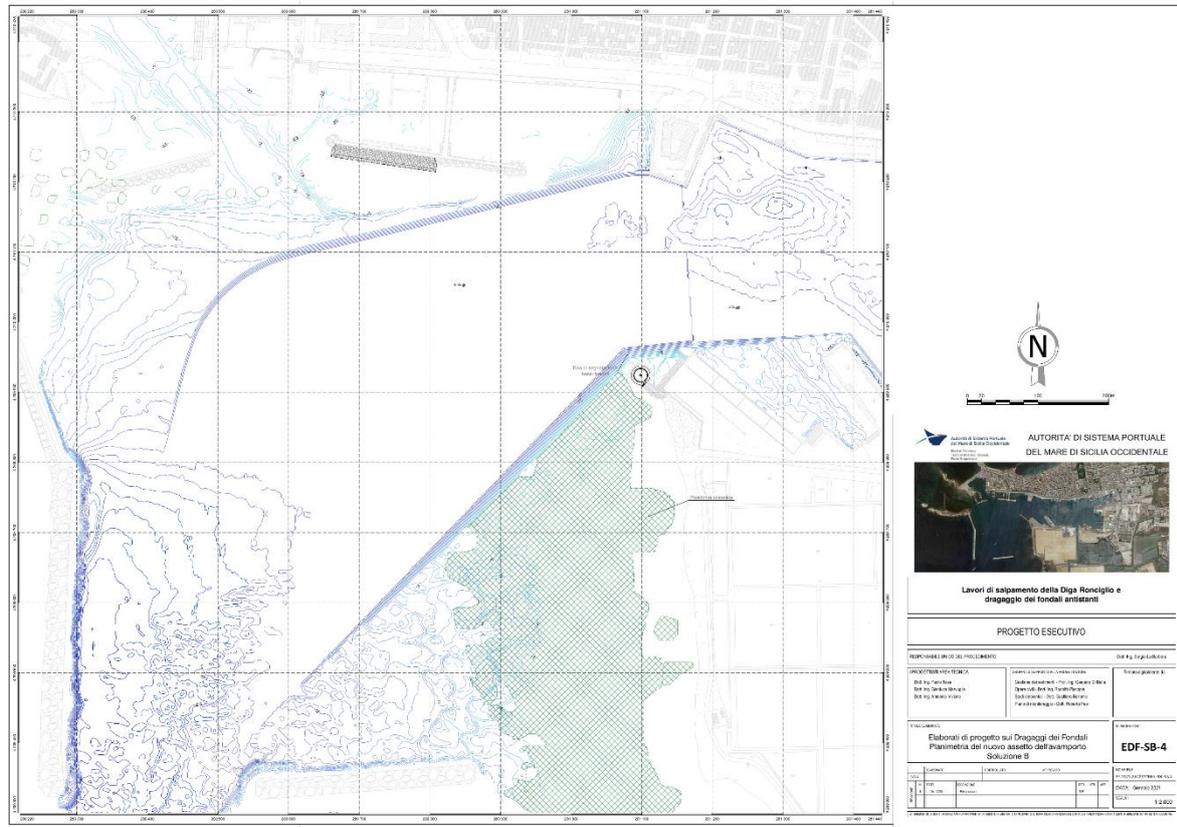


Figura 45. Dragaggio delle aree circostanti lo sporgente Ronciglio. **SOLUZIONE B.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

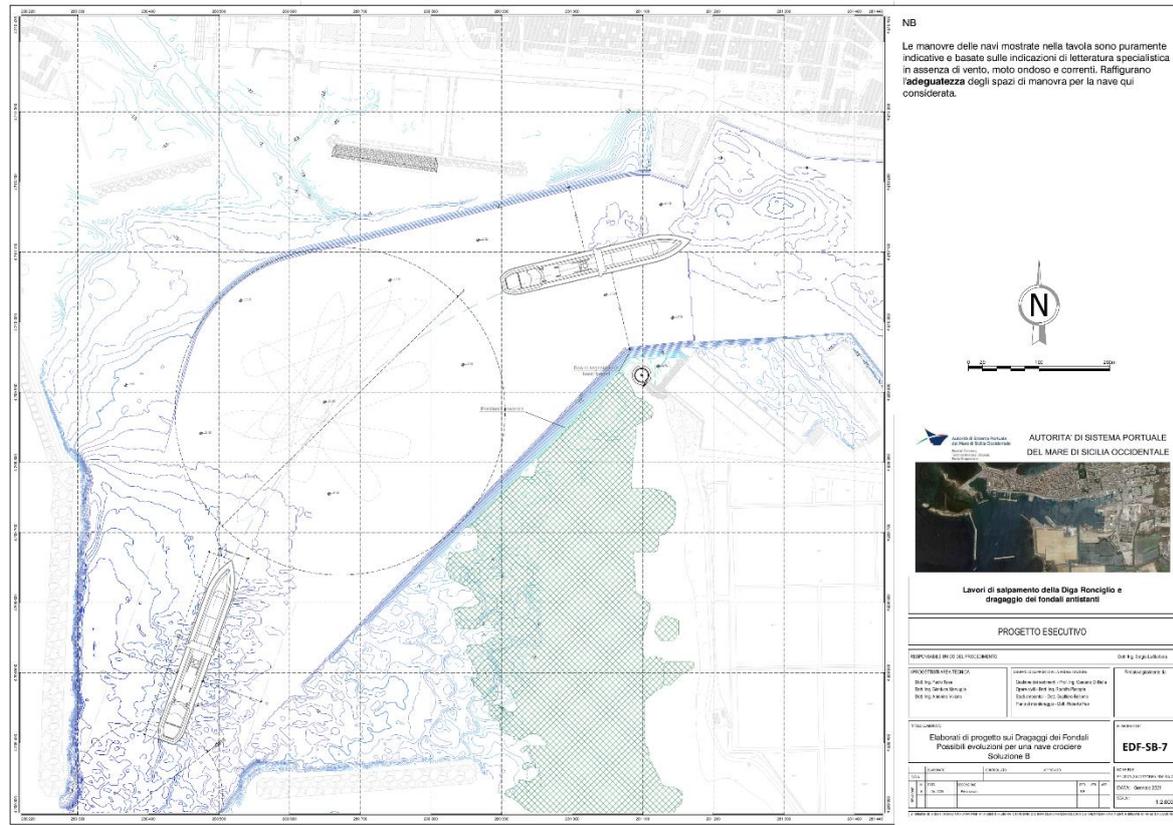


Figura 46. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di dragaggio previste nella **SOLUZIONE B**.



### **D.3.iii- SOLUZIONE C**

Nella figura 47 sono riportate le configurazioni dell'avamporto e del canale d'ingresso al bacino interno. Si osserva immediatamente che nell'avamporto **NON si realizza** un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali, come richiesto dalla Capitaneria di Porto. Di contro, pur se è intaccata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia, **l'area ricoperta di posidonia oceanica che verrebbe rimossa è in questo caso pari a soli 1863 m<sup>2</sup>.**

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione C permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 242 m, eccessivo finanche per un canale a due vie percorso da due navi di progetto che si incrociano. Tuttavia, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 225 m, quindi leggermente sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN. Dunque, **riguardo alla larghezza del canale di accesso al bacino interno non esiste differenza tra le soluzioni A, B e C.**

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamporto (cfr. figura 48), la soluzione C permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 420 m, ossia esattamente 1,4 L<sub>OA</sub>.

Considerando la L<sub>BP</sub>, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,55 L<sub>BP</sub>.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**

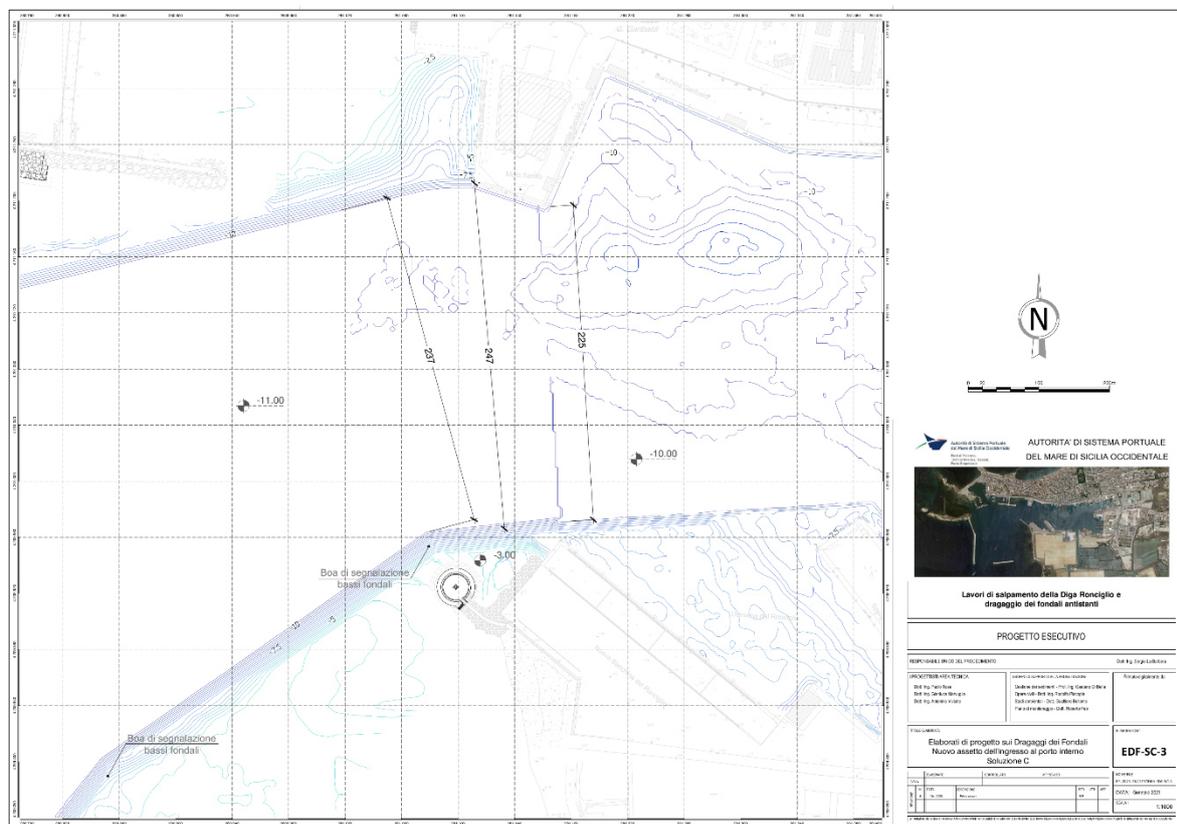
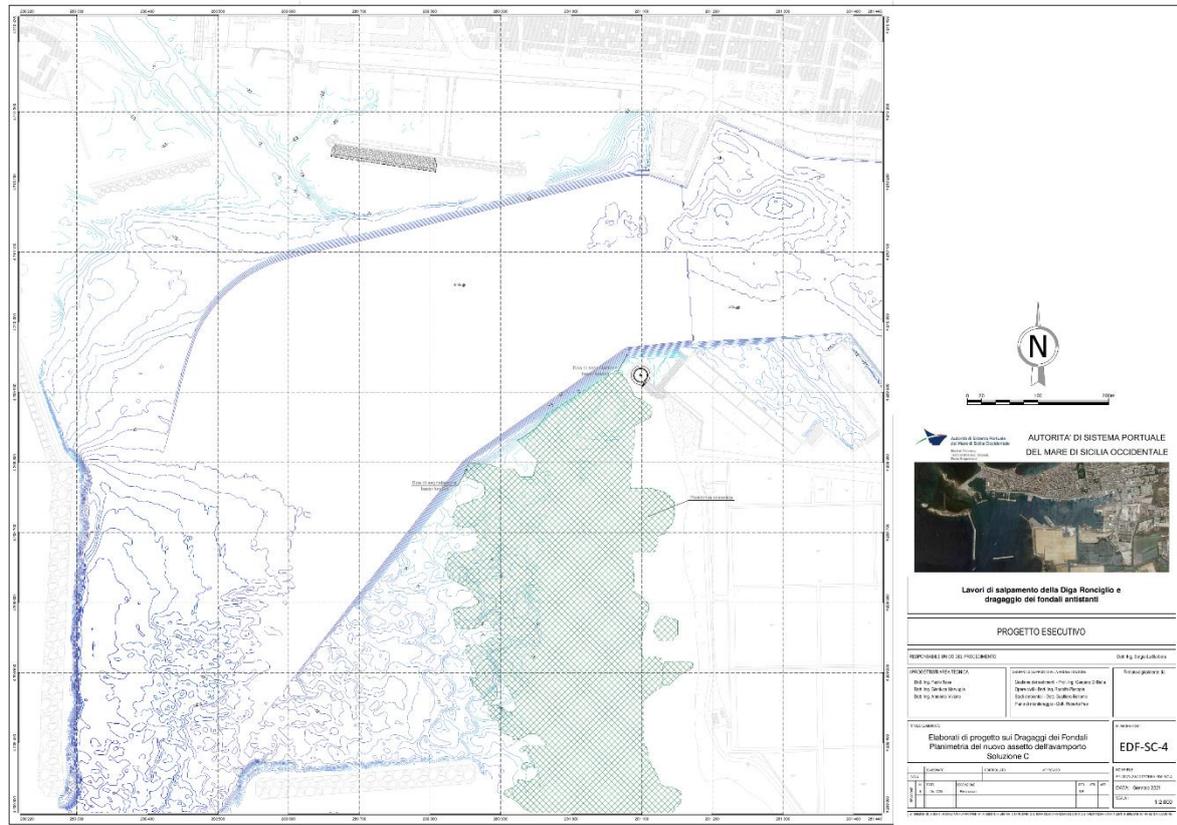


Figura 47. Dragaggio delle aree circostanti lo sporgente Ronciglio. **SOLUZIONE C.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

**PROGETTO ESECUTIVO**

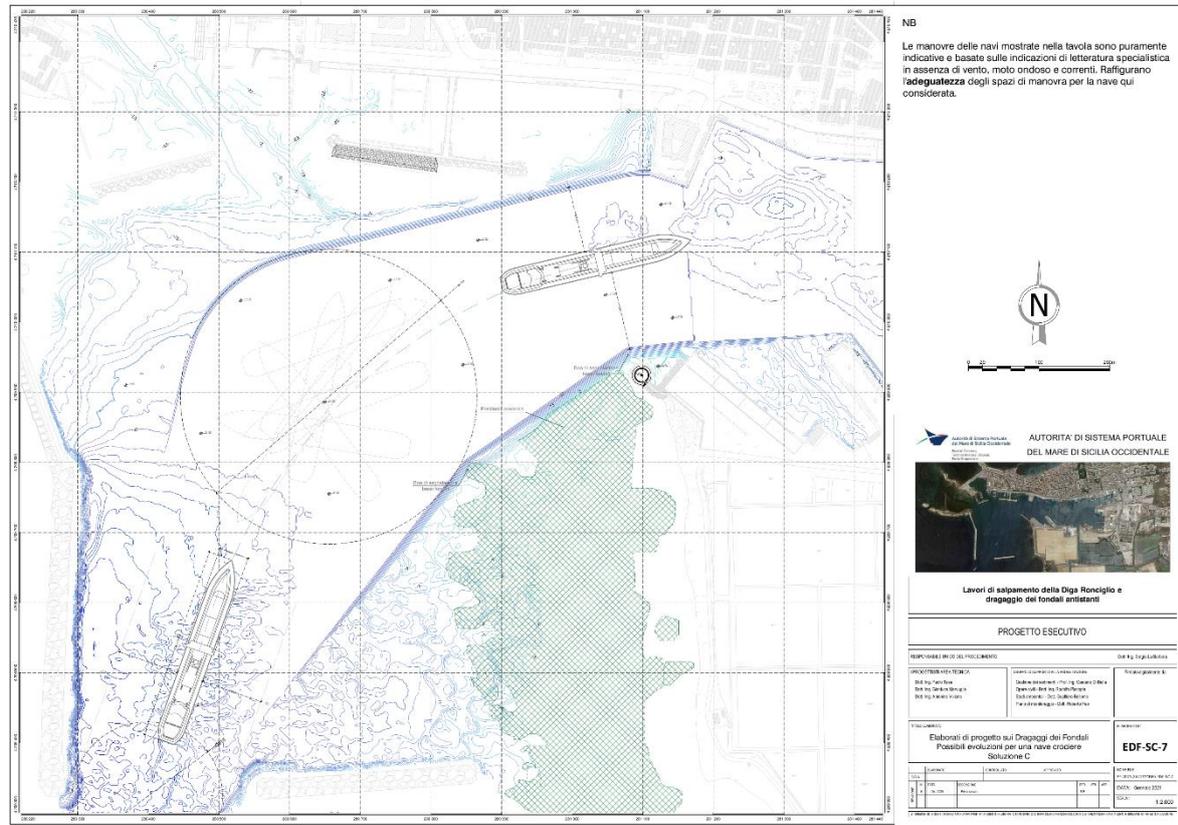


Figura 48. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di dragaggio previste nella **SOLUZIONE C**.



### **D.3.iv- SOLUZIONE D**

Nella figura 49 sono riportate le configurazioni dell'avamposto e del canale d'ingresso al bacino interno. Si osserva immediatamente che nell'avamposto **NON si realizza** un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali, come richiesto dalla Capitaneria di Porto. Tuttavia, **si realizza una visuale diretta** tra bocca d'ingresso e punto di curvatura la cui profondità è pari a 9 m. Inoltre, **è assolutamente rispettata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia.**

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione D permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 222 m, troppo piccolo per un canale a due vie percorso da due navi di progetto che si incrociano. Inoltre, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 188 m, quindi sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN. Dunque, **la soluzione D** presenta un canale a due vie utilizzabile solo dalla nave di progetto e da un'altra nave con larghezza massima di 35 m, dimensione superiore a quelle di tutte le navi attualmente in scalo a Trapani.

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamposto (cfr. figura 50), la soluzione D permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 412 m, ossia circa 1,4 L<sub>OA</sub>.

Considerando la L<sub>BP</sub>, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,525 L<sub>BP</sub>.

**Dunque, le soluzioni A, C e D presentano sostanzialmente lo stesso cerchio di evoluzione.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

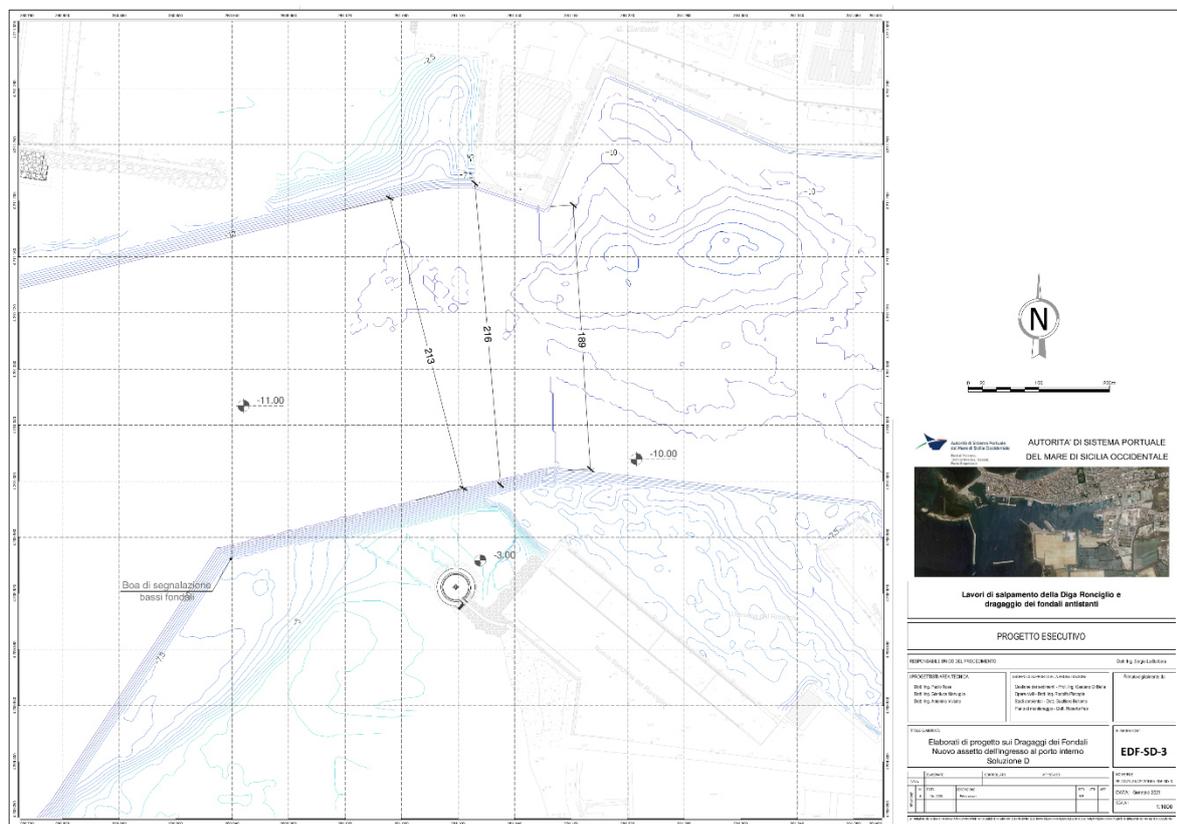
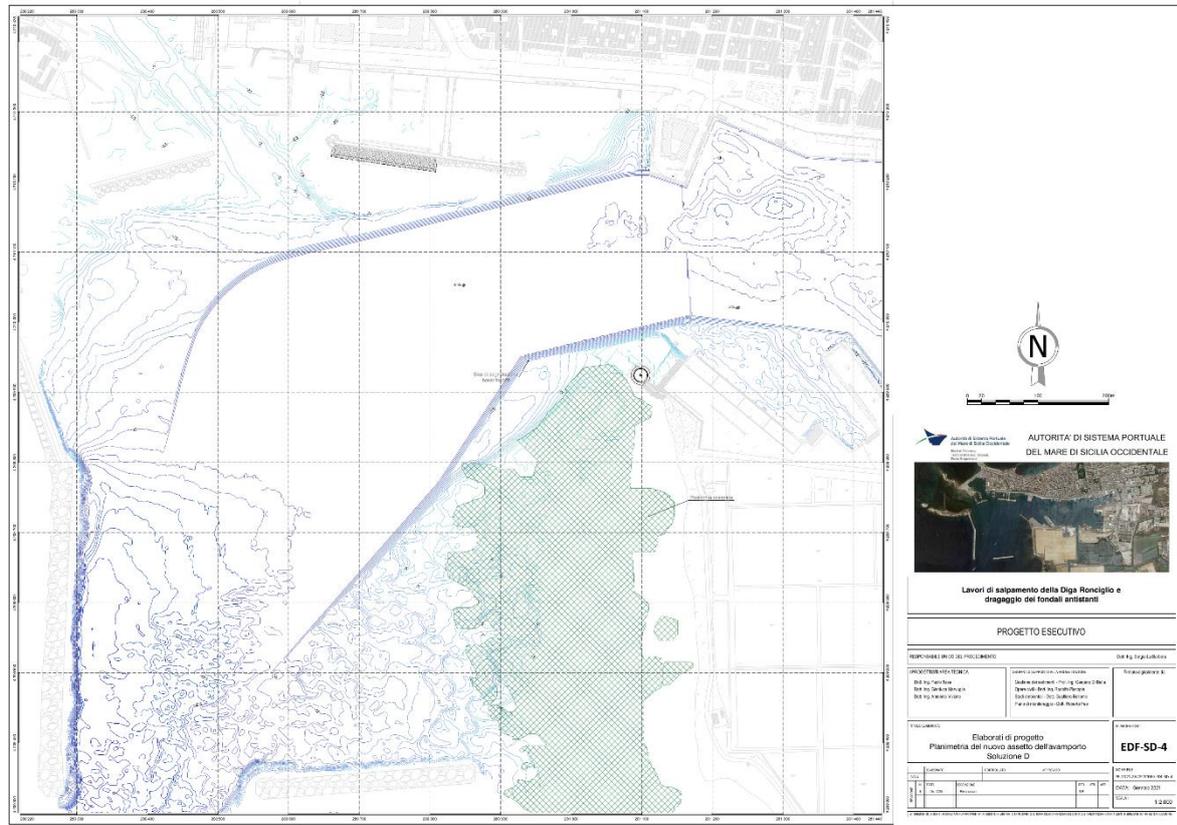


Figura 49. Dragaggio delle aree circostanti lo sporgente Ronciglio. **SOLUZIONE D.**



PROGETTO ESECUTIVO

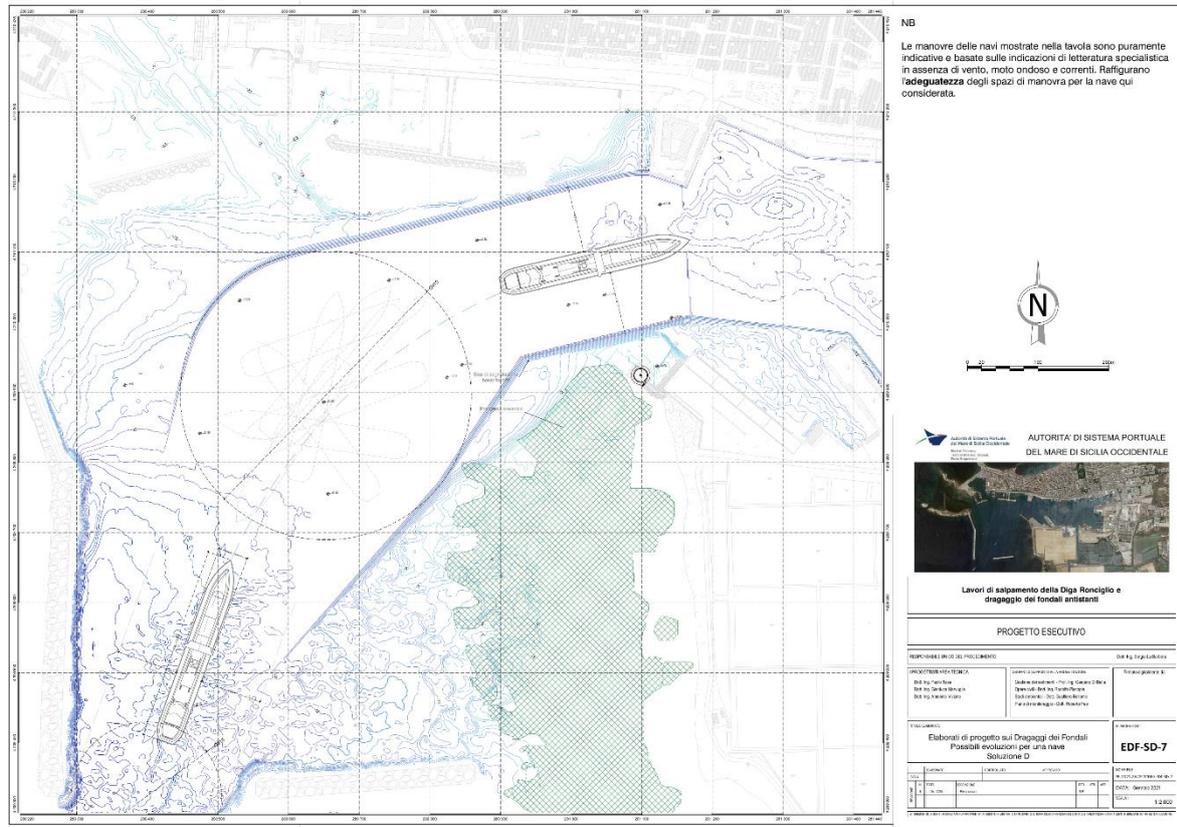


Figura 50. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di dragaggio previste nella **SOLUZIONE D.**



---

### D.3.v-**SOLUZIONE E**

Nella figura 51 sono riportate le configurazioni dell'avamposto e del canale d'ingresso al bacino interno. Si osserva immediatamente che nell'avamposto **SI REALIZZA** un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali, come richiesto dalla Capitaneria di Porto. Nel contempo, **è assolutamente rispettata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia.**

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione F permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 240 m, compatibile con la larghezza di un canale a due vie. Tuttavia, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 223 m, quindi leggermente sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN.

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamposto (cfr. figura 51), la soluzione F permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 413 m, ossia circa 1,4  $L_{OA}$ . La dimensione ottenuta risulta leggermente inferiore alle raccomandazioni internazionali (1,5  $L_{OA}$ , ovvero 450 m). Tuttavia, nella valutazione del presente dato va considerato che:

- l'ubicazione del cerchio di evoluzione è notevolmente distante da ogni ostacolo emerso (distanza sempre maggiore di 125 m);
- la nave di progetto presenta una notevole differenza tra la lunghezza fuori tutto e la lunghezza tra le perpendicolari ( $L_{BP}$ ).

Per la nave di progetto si può stimare una lunghezza  $L_{BP}$  pari a 270 m. Considerando tale parametro come quello su cui definire il cerchio di evoluzione, in ragione del fatto che  $L_{BP}$  rappresenta sostanzialmente la lunghezza dei punti sommersi più distanti della chiglia, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,525  $L_{BP}$ .

Inoltre, rispetto alla configurazione A, la configurazione dei fondali realizzata mediante la soluzione F permette anche di avere gli spazi per un'evoluzione adiuvata in corrispondenza del bacino interno, pur solo quando le banchine della darsena Ronciglio siano libere.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
**LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI**  
**ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO**  
**SPORGENTE RONCIGLIO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

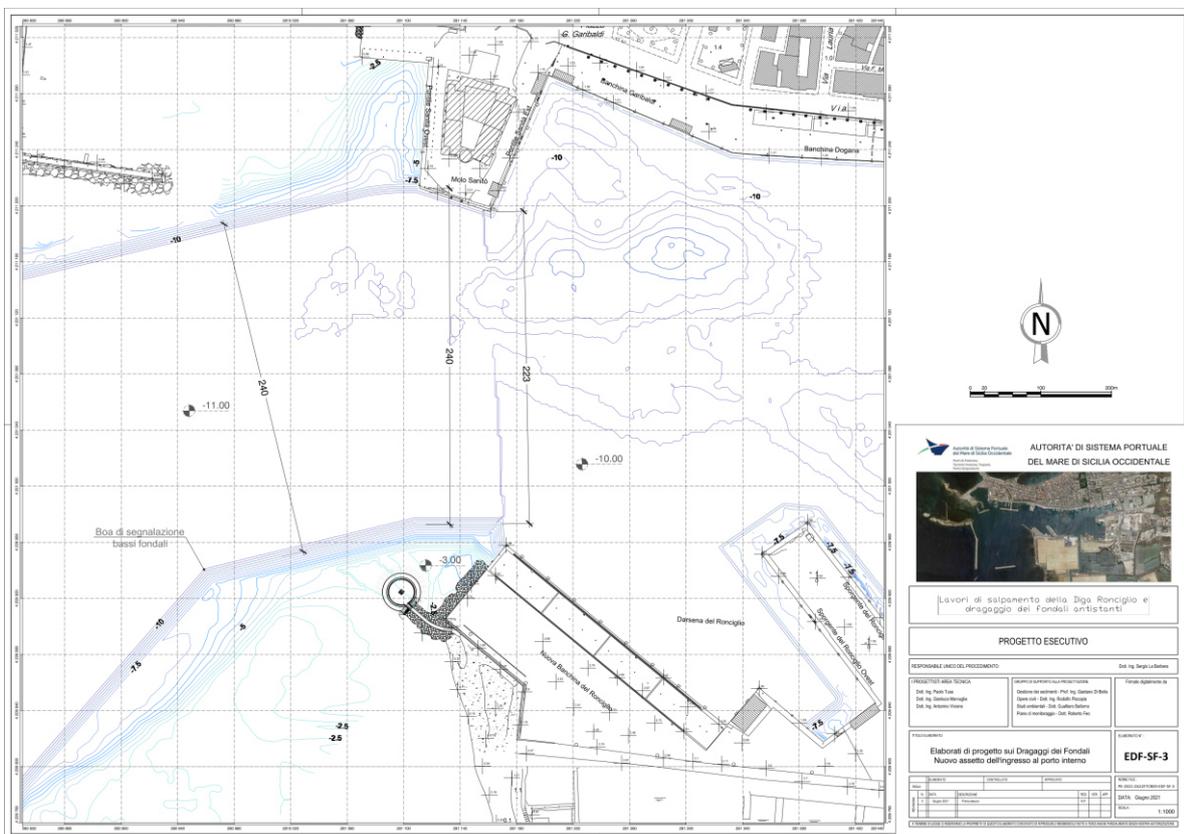
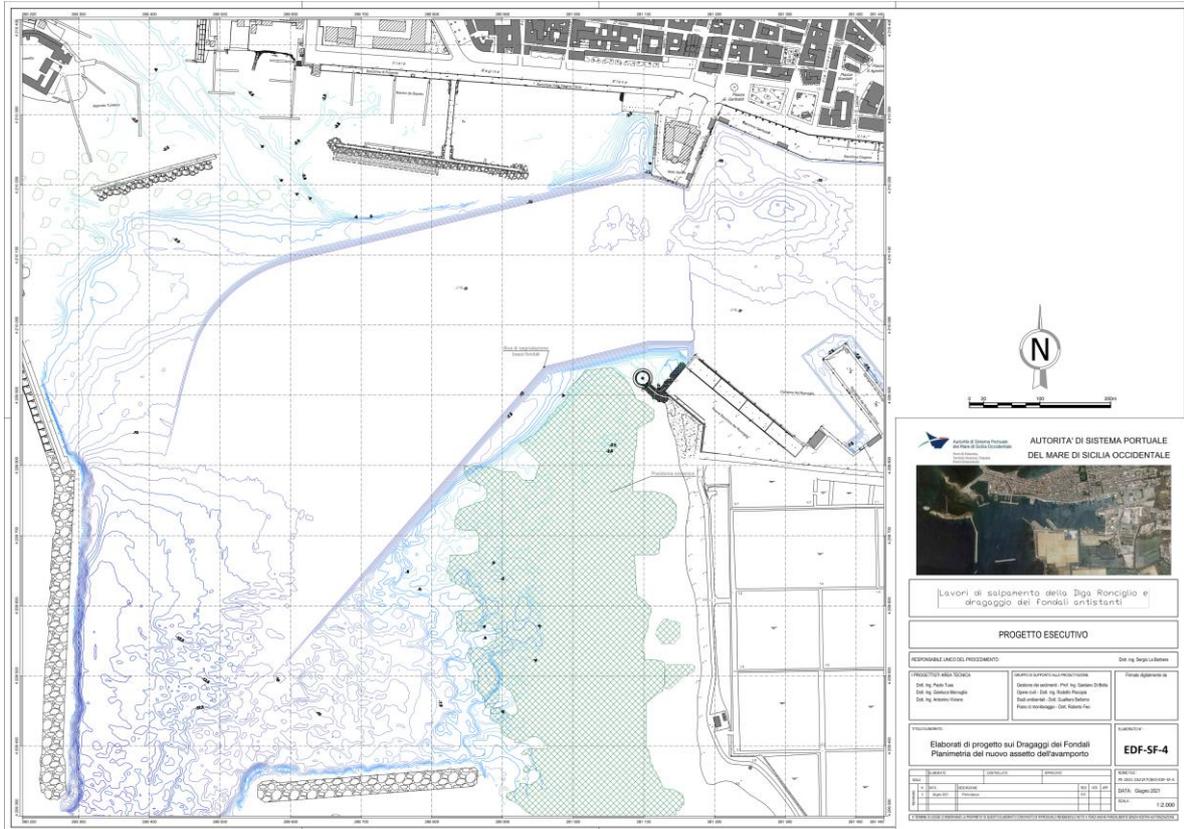


Figura 51. Dragaggio delle aree circostanti lo sporgente Ronciglio. **SOLUZIONE F.**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

**Relazione Generale e riepilogativa Tecnica**

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
**PORTO DI TRAPANI**  
**LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI**  
**ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO**  
**SPORGENTE RONCIGLIO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

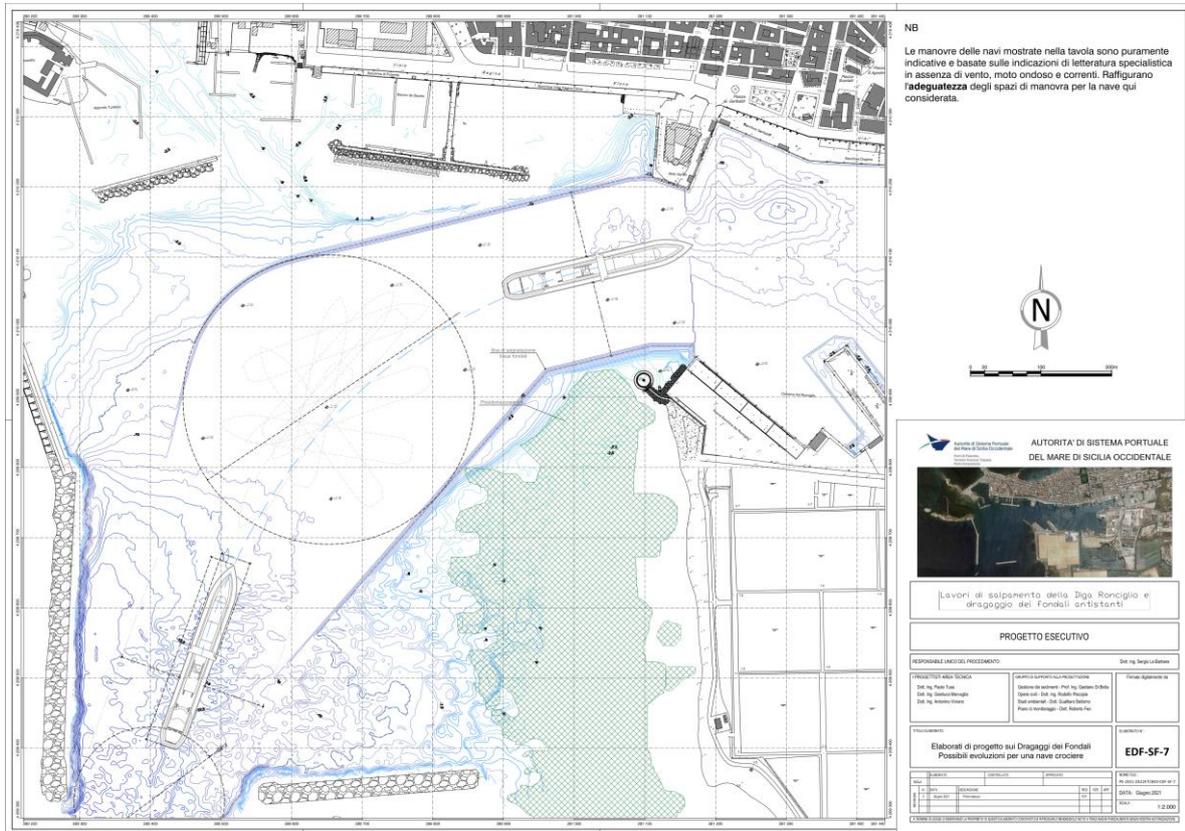


Figura 52. Sovrapposizione di una possibile rotta di ingresso della nave di progetto con l'assetto dell'avamposto e dell'imboccatura al bacino interno risultante dalle operazioni di dragaggio previste nella **SOLUZIONE F**.



## **F- LA FATTIBILITÀ TECNICA**

Riguardo la fattibilità tecnica dei salpamenti e della realizzazione della nuova sagoma di testata dello sporgente Ronciglio non esistono problematiche tecniche di rilievo. Si segnala soltanto la prossimità della prateria di posidonia e la necessità di operare completamente via mare. Anche le pezzature dei massi utilizzati corrispondono a quelle già in opera. Inoltre, lo sporgente non è più oggetto di azioni dirette del moto ondoso.

Riguardo invece la fattibilità tecnica dei dragaggi si osserva quanto segue.

### *F.1- Analisi dei parametri geotecnici*

Dalla relazione geologica redatta dal dott. Geologo Giuseppe Torre nell'ambito del "Progetto dei lavori di costruzione delle banchine a ponente dello sporgente Ronciglio" sono ricavabili i dati geologici e geotecnici inerenti alla zona di intervento che permettono di definire l'area a bassa pericolosità geomorfologica e quindi geomorfologicamente stabile.

In particolare, il profilo AA e il sondaggio R2 (cfr. figure 53, 54 e 55) evidenziano per il fondale in esame un'alternanza di sabbie e limi con consistenza anche medio-alta.

In particolare, la consistenza del sottofondo risulta rilevante non tanto per problematiche geotecniche di stabilità ed assestamento dell'opera a gettata, quanto riguardo la pendenza dei versanti in perfetta stabilità ed il costo delle operazioni di escavo subacqueo.

Al riguardo, la AdSP ha commissionato un'indagine sismica per caratterizzare il sottofondo interessato dai lavori di approfondimento intorno alla diga del Ronciglio. I risultati ottenuti (cfr. figura 56) hanno permesso di definire la pendenza per la sommergenza dello strato compatto soggiacente le matrici limose e la quota di cambio pendenza superficiale. Tali informazioni sono state estese alle aree più esterne linearizzando l'andamento planimetrico delle batimetriche identificate dal profilo geologico. Tali ipotesi hanno portato alla definizione della sommergenza dello strato più compatto riportata in figura 57.

Riguardo l'andamento del tetto della formazione compatta si è assunto che la coltre superficiale dei sedimenti sciolti abbia mediamente uno spessore di 1,5 m.

Queste informazioni hanno portato all'identificazione dei volumi di scavo in roccia tenera.



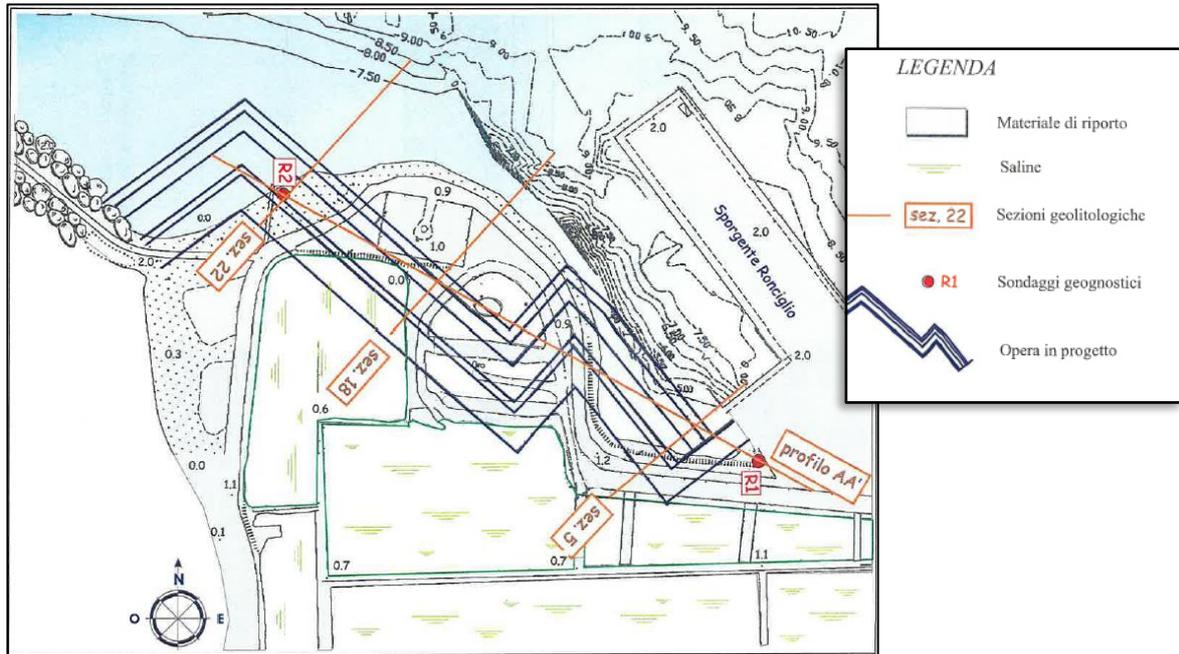
Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

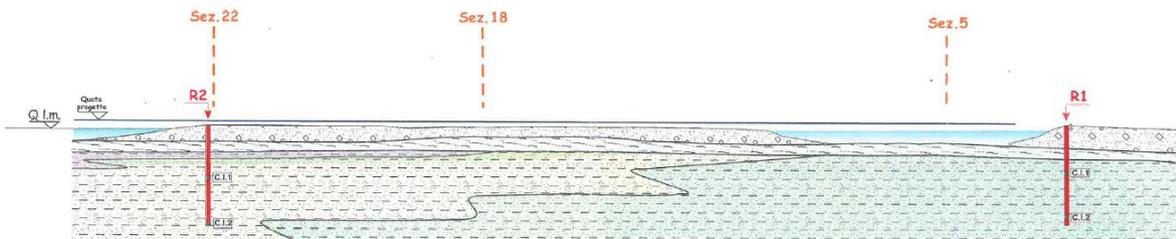
### Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO



Profilo AA'  
Scala 1:1000



#### Legenda

-  Materiale di riporto
  -  Limi sabbiosi giallastri con inclusi calcarentici
  -  Sabbie limose giallastre con bande grigio-azzurre
  -  a) Limi sabbiosi grigio verdi a bande giallastre a consistenza medio alta
  -  b) Limi sabbiosi grigio verdi consistenti a struttura brecciata
  -  c) Argilla sabbiosa grigio-verdastra molto consistenti
-  Sondaggi geognostici e prelievo di campione
-  Campione indisturbato

Figura 53. Planimetria con ubicazione dei sondaggi (in alto) e profilo geologico dei suoli (in basso).



**PROGETTO ESECUTIVO**

Profondità	Descrizione litologica
0,00 – 5,50	Materiale di riporto costituito da ciottoli in matrice sabbioso-ghiaiosa, nerastro.
5,50– 8,80	Limi sabbiosi giallastri plastici, con inclusi calcarenitici di dimensione cm-dm.
8,80– 11,40	Sabbie limose giallastre con bande grigio-azzurre passanti a sabbie limose grigio-azzurre con livelli di colore bruno verso il basso.
11,40– 12,40	Limi sabbiosi grigio verde a bande giallastre a consistenza medio alta.
12,40– 30,00	Argille sabbiose di colore grigio-verdastre, dure, a struttura brecciata.

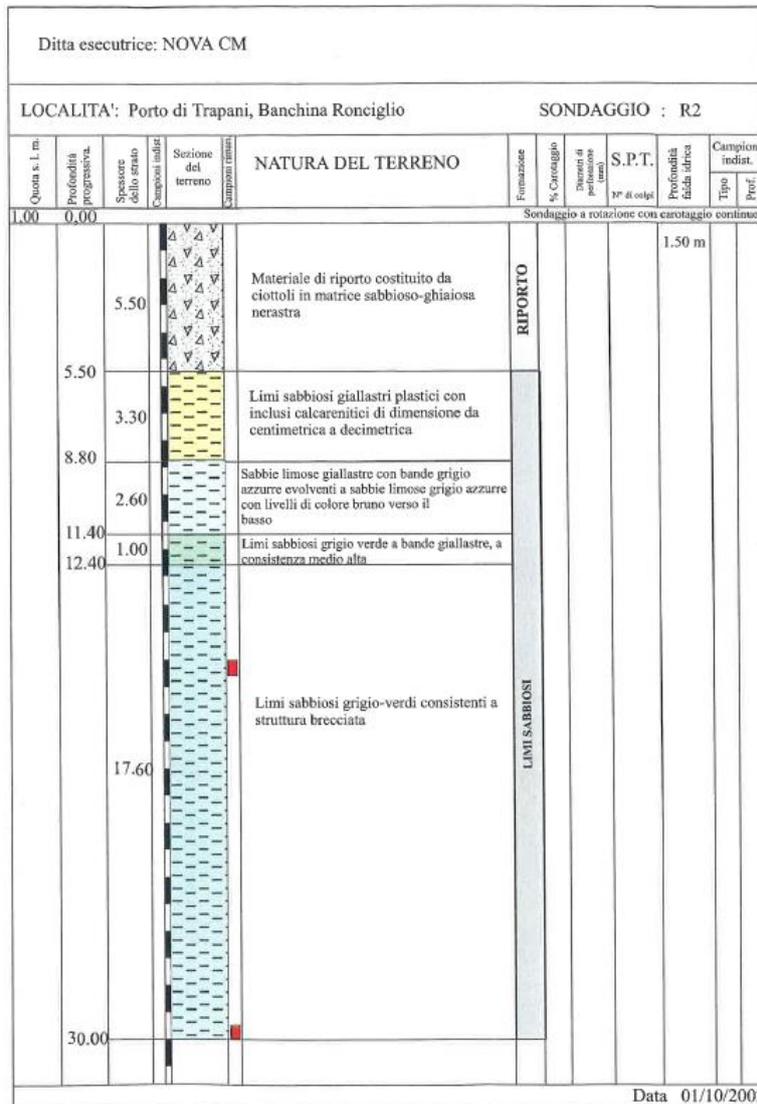


Figura 54. Caratteristiche e stratigrafia dei suoli per il sondaggio R2.



PROGETTO ESECUTIVO

Sondaggio N°	Campione N°	Profondità di prelievo	Limite di plasticità $W_p$ %	Limite di liquidità $W_l$ %	Indice di plasticità $I_p$ %	Contenuto d'acqua %	Peso di volume $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
R1	1	14.00÷14.50	28.79	41.60	13	18.28	20,6
R1	2	27.00÷27.50	29.20	44.41	15	28.48	21,7
R2	1	16.00÷16.40	29.72	50.60	21	16.86	20,8
R2	2	29.70÷30.00	28.74	52.56	24	14.20	21,4

Sondaggio N°	Campione N°	Profondità di prelievo m	Coesione $C'$ kPa	Coesione $C_u$ kPa	Angolo di attrito interno $\phi'$	Modulo edometrico (100÷200 kPa) $E_{ed}$ kPa	Coefficiente di permeabilità cm/sec
R1	1	14.00÷14.50	40	-	22°	6451	4,78x10 <sup>-8</sup>
R1	2	27.00÷27.50	-	-	-	12500	2,51x10 <sup>-8</sup>
R2	1	16.00÷16.40	-	70÷160	0°	-	-
R2	2	29.70÷30.00	-	-	-	-	-

Figura 55. Parametri geotecnici del Sondaggio per il sondaggio R2.

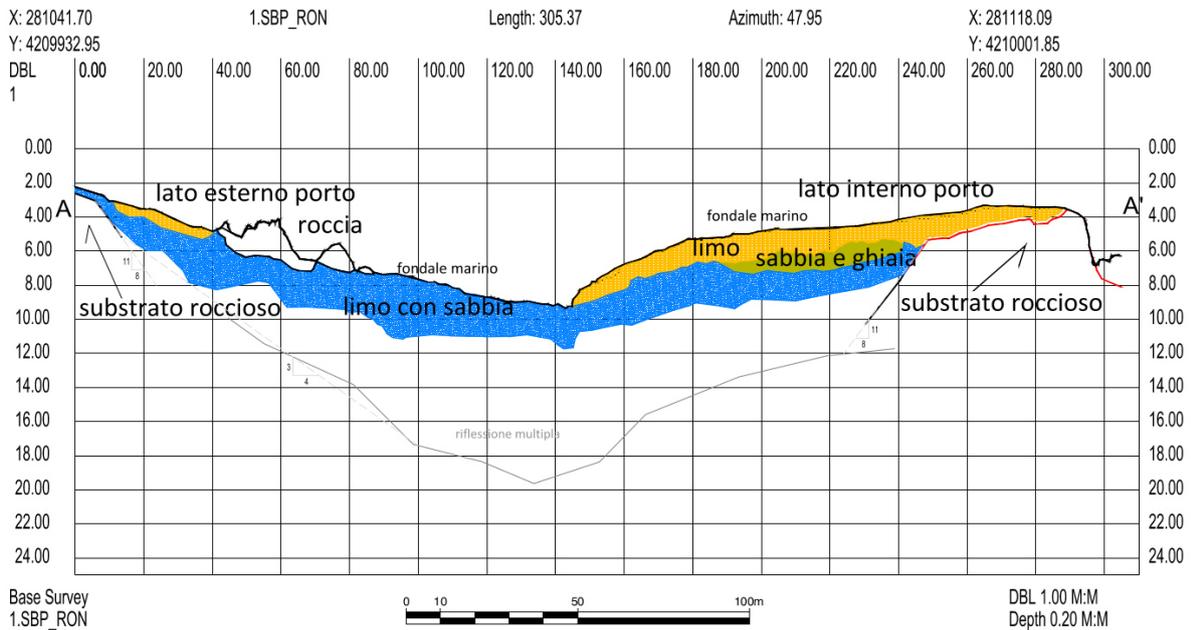
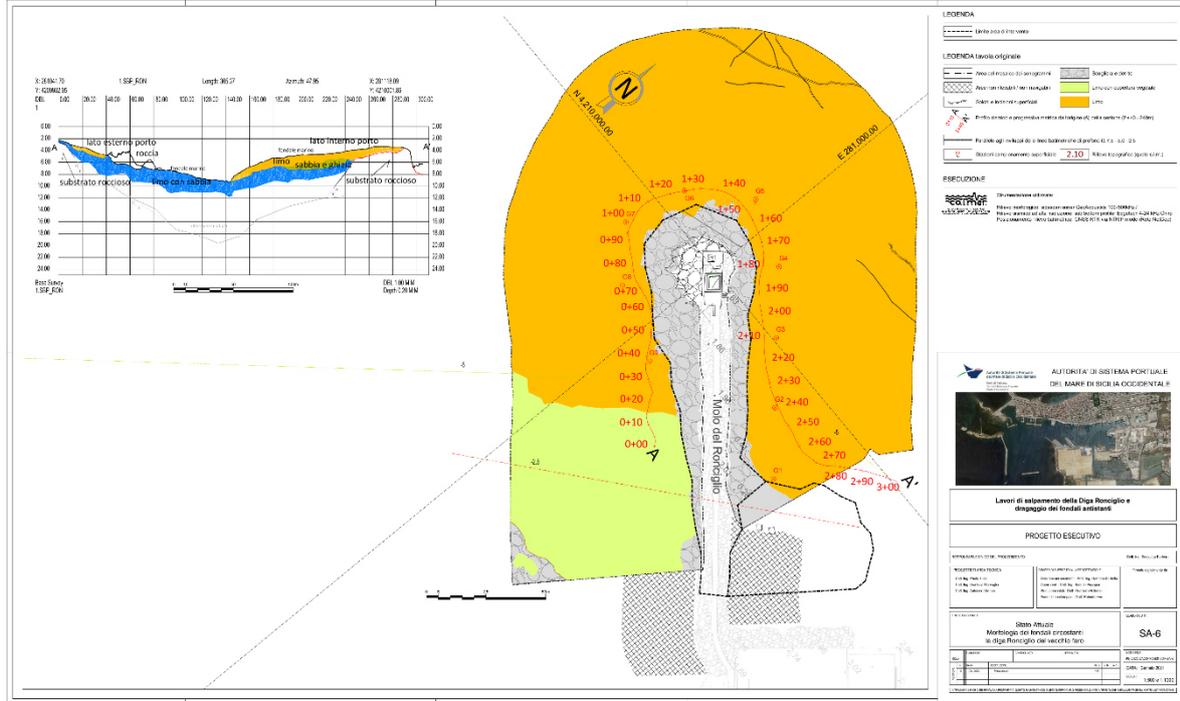


Figura 56. Morfologia dei fondali circostanti lo sporgente del Ronciglio.



PROGETTO ESECUTIVO

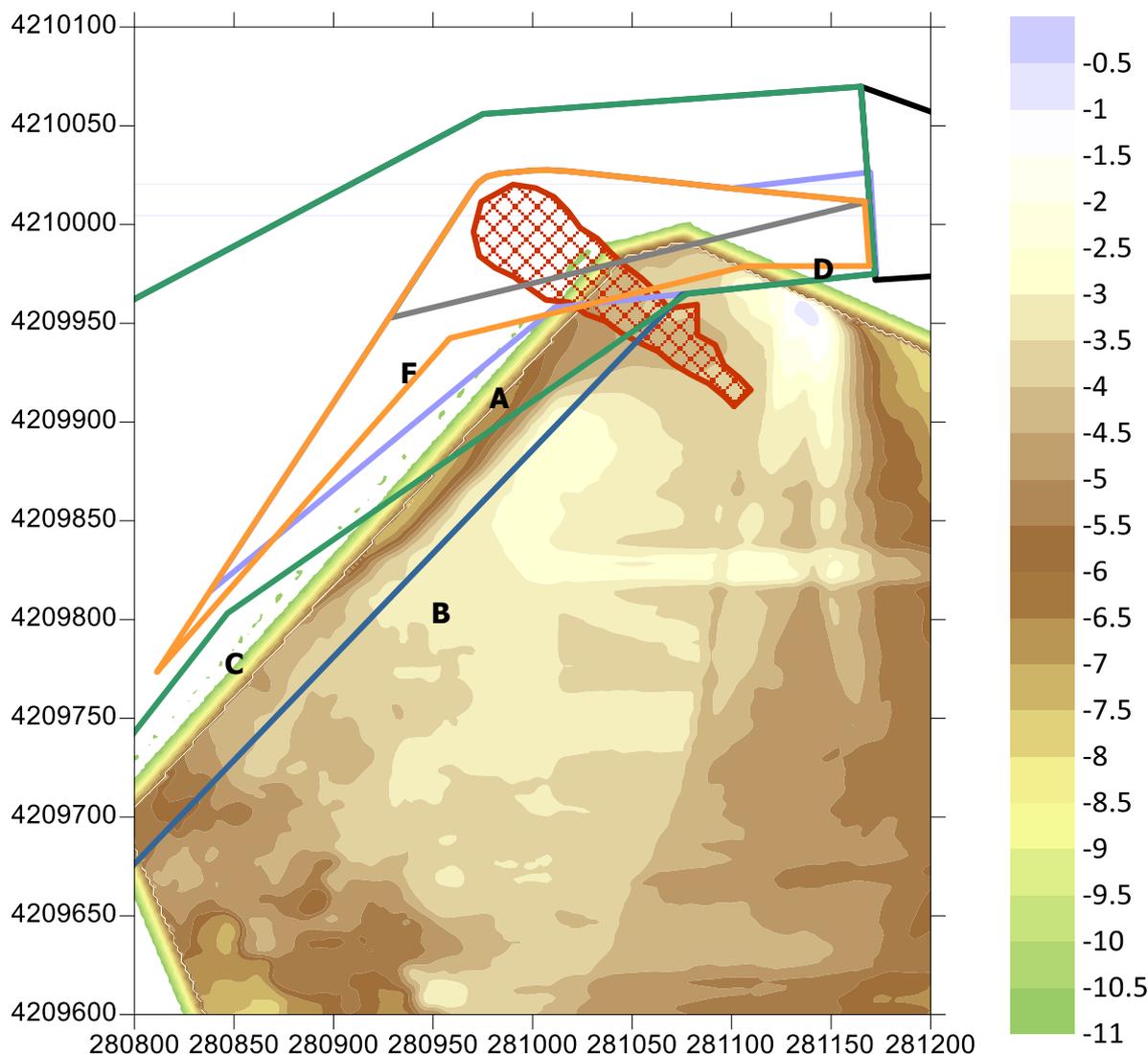


Figura 57. Ricostruzione del sottofondo calcarenitico compatto con sovrapposizione delle aree a profondità costante per le differenti soluzioni di dragaggio A, B, C, D e F.

### F.2- Volumi di dragaggio e conferimento dei sedimenti

Per tutte le soluzioni confrontate si assume una **pendenza delle scarpate pari a 1:3**.

Tale pendenza risulta maggiore di quella generalmente presentata dalle scarpate dei fondali attualmente presenti nell'avamposto. Tuttavia, in alcuni molti punti le batimetriche presentano pendenze comparabili se non maggiori (3/5 o 5/7), verosimilmente dovute ad un rapporto sabbie-limi differente.

L'estensione di tali valori a grande distanza dallo sporgente, tuttavia, non può che risultare soggettiva data la mancanza di informazioni geotecniche di riferimento.



**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Stabilita la pendenza dei versanti da realizzare e determinata l'area in cui approfondire i fondali rispettivamente alla -11 e alla -10 m s.l.m.m., si è proceduto alla ricostruzione di un modello tridimensionale dell'elevazione dei fondali rispetto allo zero altimetrico sulla base dei dati del rilievo batimetrico effettuato nel 2018 dalla un R.T.I. specificamente formato. Il modello ricostruito ordinando i dati misurati per latitudine e longitudine ha prodotto una matrice di 1120 colonne per 672 righe (cfr. figura 58). In ragione dell'elevata fluttuazione delle quote batimetriche, verosimilmente dovute alle naturali, piccole, forme di fondo, per maggior leggibilità degli elaborati grafici e dei risultanti elaborati di computo, si è proceduto (come di norma in questi casi) ad una regolarizzazione a media nulla su una maglia di 3 colonne per 3 righe (cfr. figura 59). Il modello tridimensionale ottenuto ha rappresentato il punto di partenza per le successive elaborazioni.

Lo stato ante-operam è stato desunto dai disegni del progetto definitivo dei Lavori di dragaggio dell'avamporto e delle aree a ponente dello Sporgente Ronciglio – CUP I94D19000000005, imponendo ad ogni singola cella interessata dagli approfondimenti le quote desumibili dalle tavole di progetto (cfr. figura 60).

Analogamente, le elevazioni risultanti dai dragaggi previsti nelle quattro soluzioni del progetto esecutivo di cui fa parte la presente relazione sono stati elaborati imponendo le profondità di progetto alle celle ricomprese nelle aree da approfondire.

Per le celle ricadenti sulle scarpate, la profondità è stata imposta come in funzione della distanza del punto dal piede della scarpata e della pendenza imposta. Dove la profondità così calcolata è risultata minore di quella presentata nella matrice del DEM dello stato ante-operam, nessuna correzione alla profondità è stata introdotta nel DEM calcolato.

Si sono così ottenuti i DEM riportati nelle figure 62, 63, 64, 65 e 66 rispettivamente per le soluzioni A, B, C e D. Nelle figure è riportata (sotto altra angolazione azimutale, favorevole per l'identificazione dei lavori) anche la rappresentazione dei fondali nello stato ante-operam.

Il raffronto tra la situazione post-operam e quella ante-operam ha permesso di stabilire, cella per cella, la profondità dello strato di sedimenti dragato, l'eventuale presenza di matrici compatte sottostanti e, facendo riferimento alle profondità dei fondali attuali, la classe ambientale dei singoli strati rimossi. I risultati ottenuti sono riportati nella tabella 6.

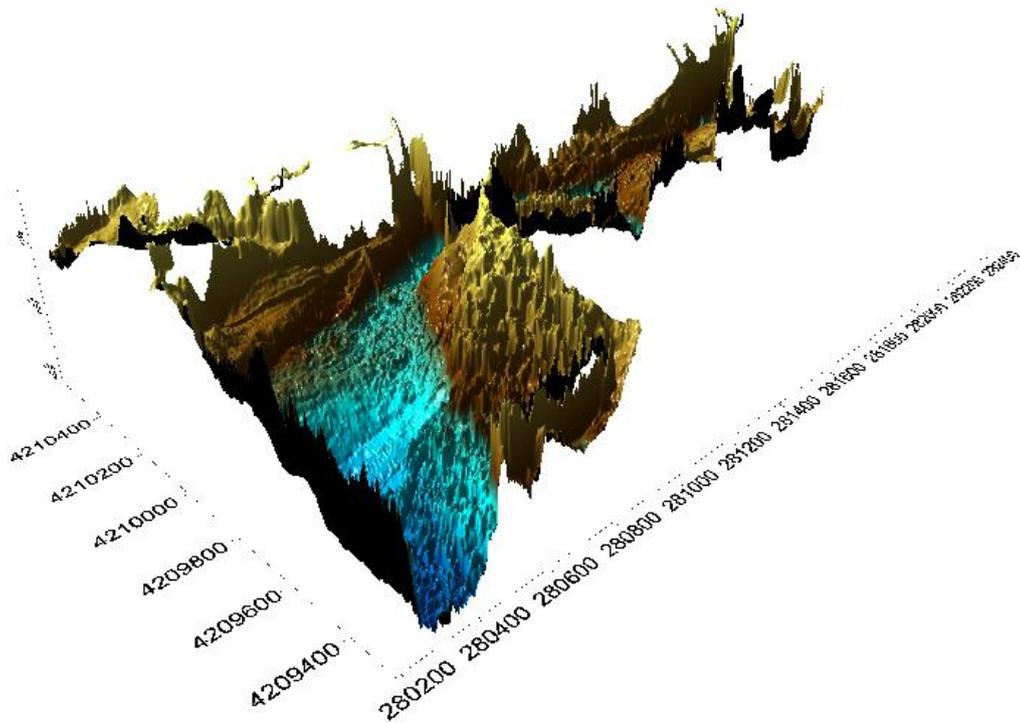


Figura 58. Ricostruzione del DEM dei fondali del porto di Trapani – dati originali.

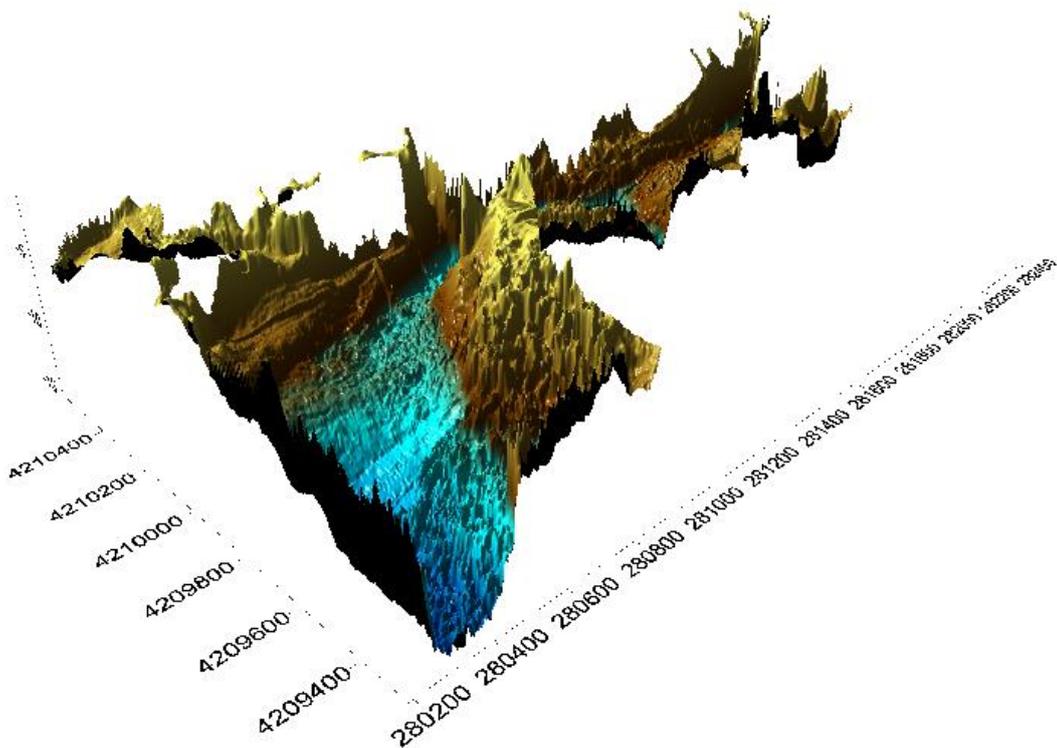


Figura 59. Ricostruzione del DEM dei fondali del porto di Trapani – dati regolarizzati.

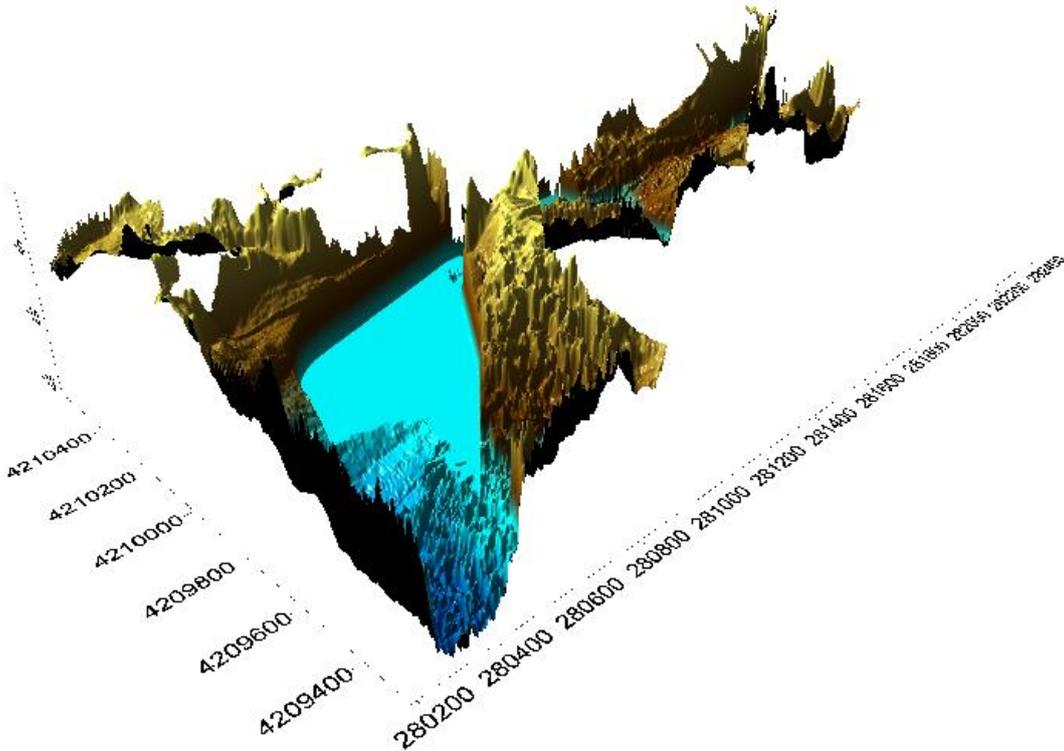


Figura 60. Ricostruzione del DEM dei fondali del porto di Trapani – stato ante-operam.

Volumi	SOL. A	SOL. B	SOL. C	SOL. D	SOL. F
<b>Classe A</b>	<b>9'855.7</b>	<b>27'927.0</b>	<b>17'545.3</b>	<b>4'022.4</b>	<b>34'815.1</b>
di cui estrapolati	2'302.1	5'638.9	3'002.8	835.2	2'376.1
[%]	23.4%	20.2%	17.1%	20.8%	6.8%
<b>Classe B</b>	<b>16'327.3</b>	<b>51'264.1</b>	<b>28'887.3</b>	<b>6'728.9</b>	<b>22'518.5</b>
di cui estrapolati	3'166.4	8'127.4	3'934.9	1'347.0	4'251.8
[%]	19.4%	15.9%	13.6%	20.0%	18.9%
<b>Classe C</b>	<b>8'820.1</b>	<b>26'987.3</b>	<b>12'661.7</b>	<b>817.8</b>	<b>10'549.9</b>
di cui estrapolati	332.5	11'844.8	1'622.9	0.0	1'410.0
[%]	3.8%	43.9%	12.8%	0.0%	13.4%
<b>Classe D</b>	<b>52'699.2</b>	<b>85'194.9</b>	<b>68'236.0</b>	<b>23'182.3</b>	<b>71'175.0</b>
di cui estrapolati	20'420.1	20'400.6	20'400.5	12'199.3	26'804.2
[%]	38.7%	23.9%	29.9%	52.6%	37.7%
<b>Classe E</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>733.8</b>
di cui estrapolati	0.0	0.0	0.0	0.0	101.9
[%]	33.7%	28.7%	27.2%	50.8%	13.9%
<b>Matrici compatte</b>	<b>18'216.6</b>	<b>95'409.1</b>	<b>34'672.7</b>	<b>3'880.8</b>	<b>15'880.4</b>
<b>Volumi in classe A e B</b>	<b>26'183.0</b>	<b>79'191.0</b>	<b>46'432.6</b>	<b>10'751.3</b>	<b>57'333.5</b>
di cui estrapolati	5'468.5	13'766.3	6'937.6	2'182.3	6'627.9
[%]	20.9%	17.4%	14.9%	20.3%	11.6%
<b>Volumi in classe C, D ed E</b>	<b>61'519.3</b>	<b>112'182.2</b>	<b>80'897.7</b>	<b>24'000.1</b>	<b>82'458.7</b>
di cui estrapolati	20'752.5	32'245.4	22'023.4	12'199.3	28'316.1
[%]	33.7%	28.7%	27.2%	50.8%	34.3%
<b>Rifiuti speciali sul totale</b>	<b>58.1%</b>	<b>39.1%</b>	<b>49.9%</b>	<b>62.1%</b>	<b>60.0%</b>
<b>TOTALI</b>	<b>105'918.9</b>	<b>286'782.4</b>	<b>162'002.9</b>	<b>38'632.2</b>	<b>155'672.8</b>

Tabella 6. Volumi dragati per classi ambientali nelle quattro soluzioni di progetto.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

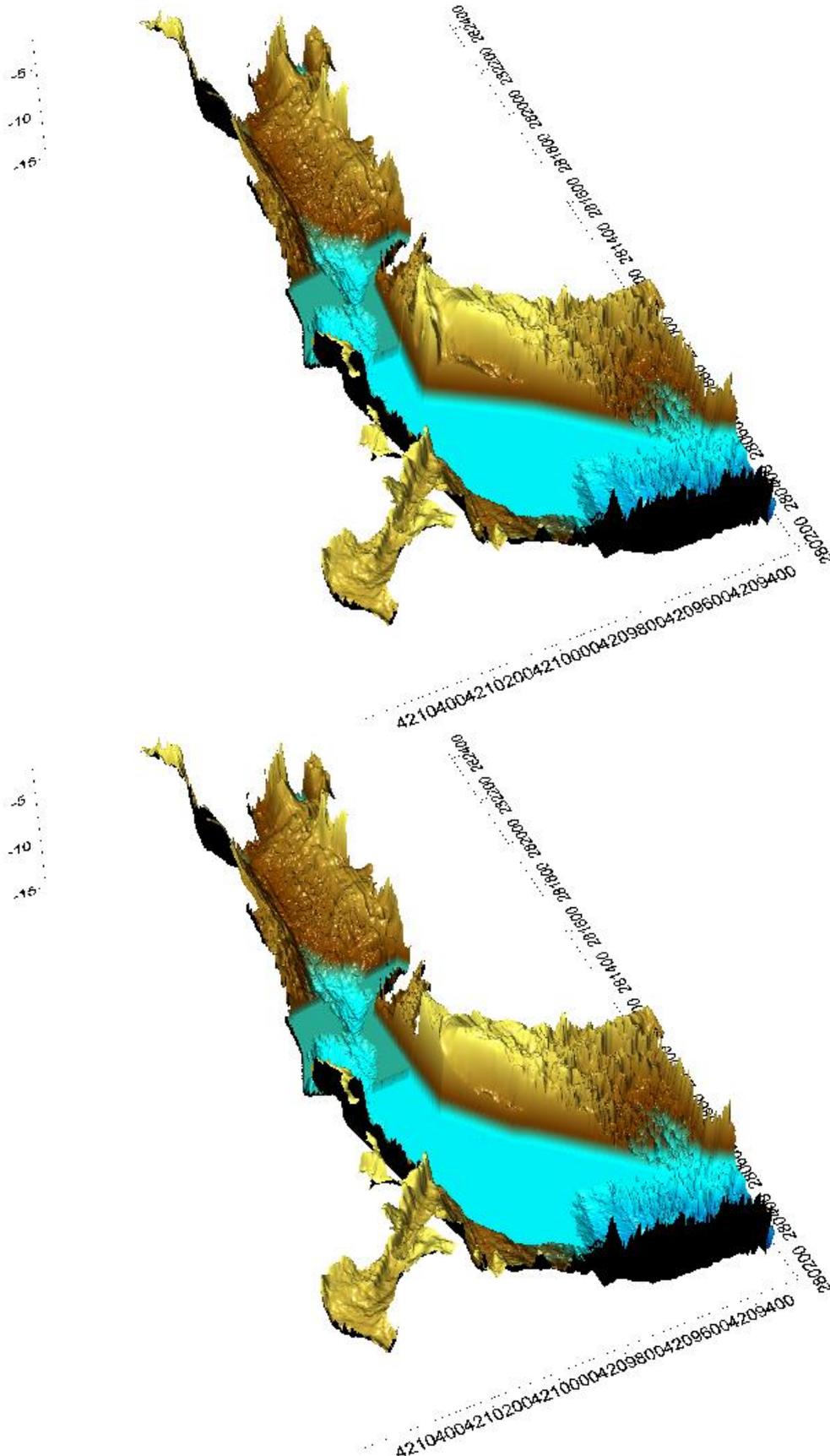


Figura 62. DEM dei fondali del porto. Confronto Stato Ante Operam – SOLUZIONE A.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

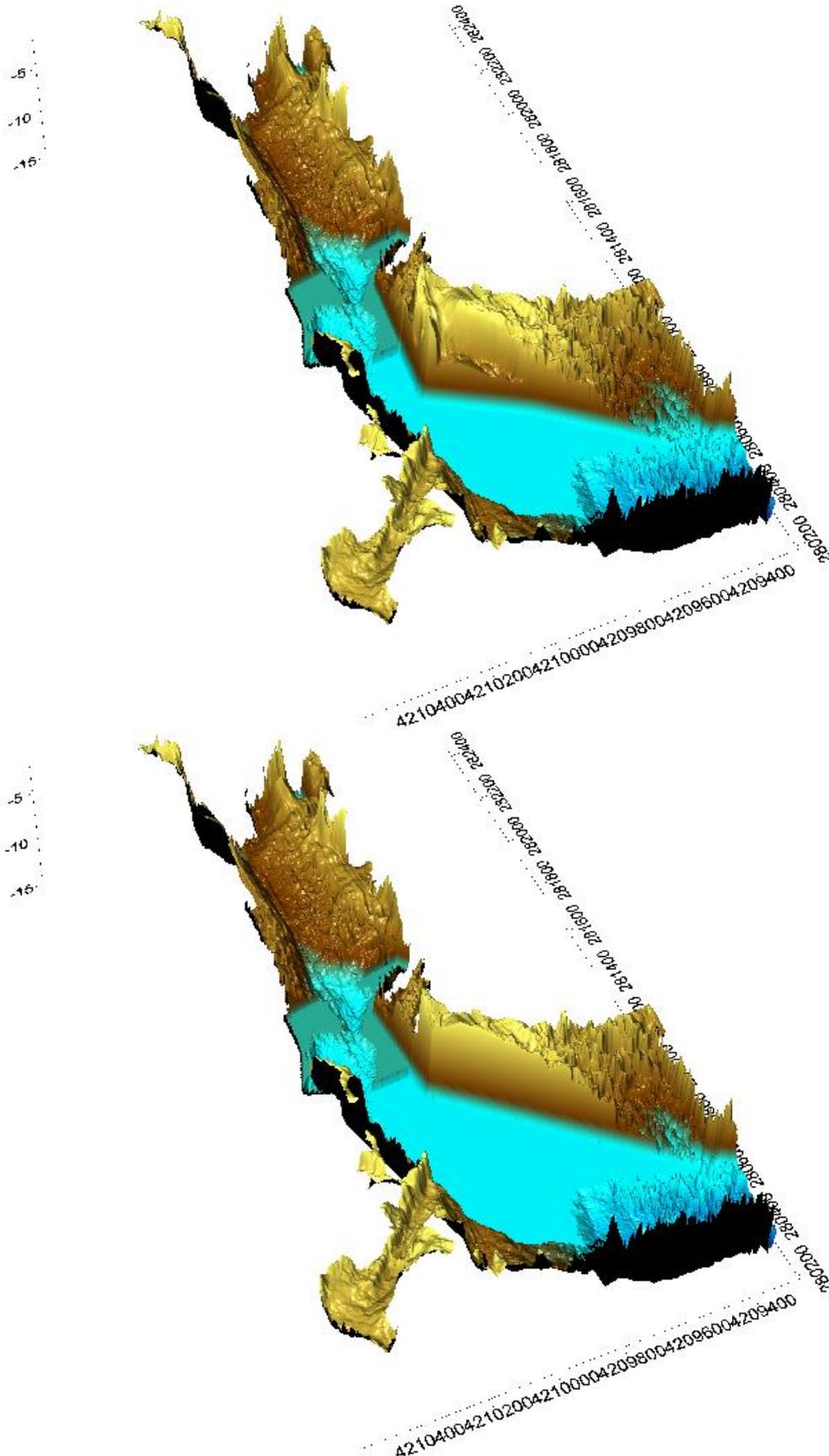


Figura 63. DEM dei fondali del porto. Confronto Stato Ante Operam – SOLUZIONE B.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

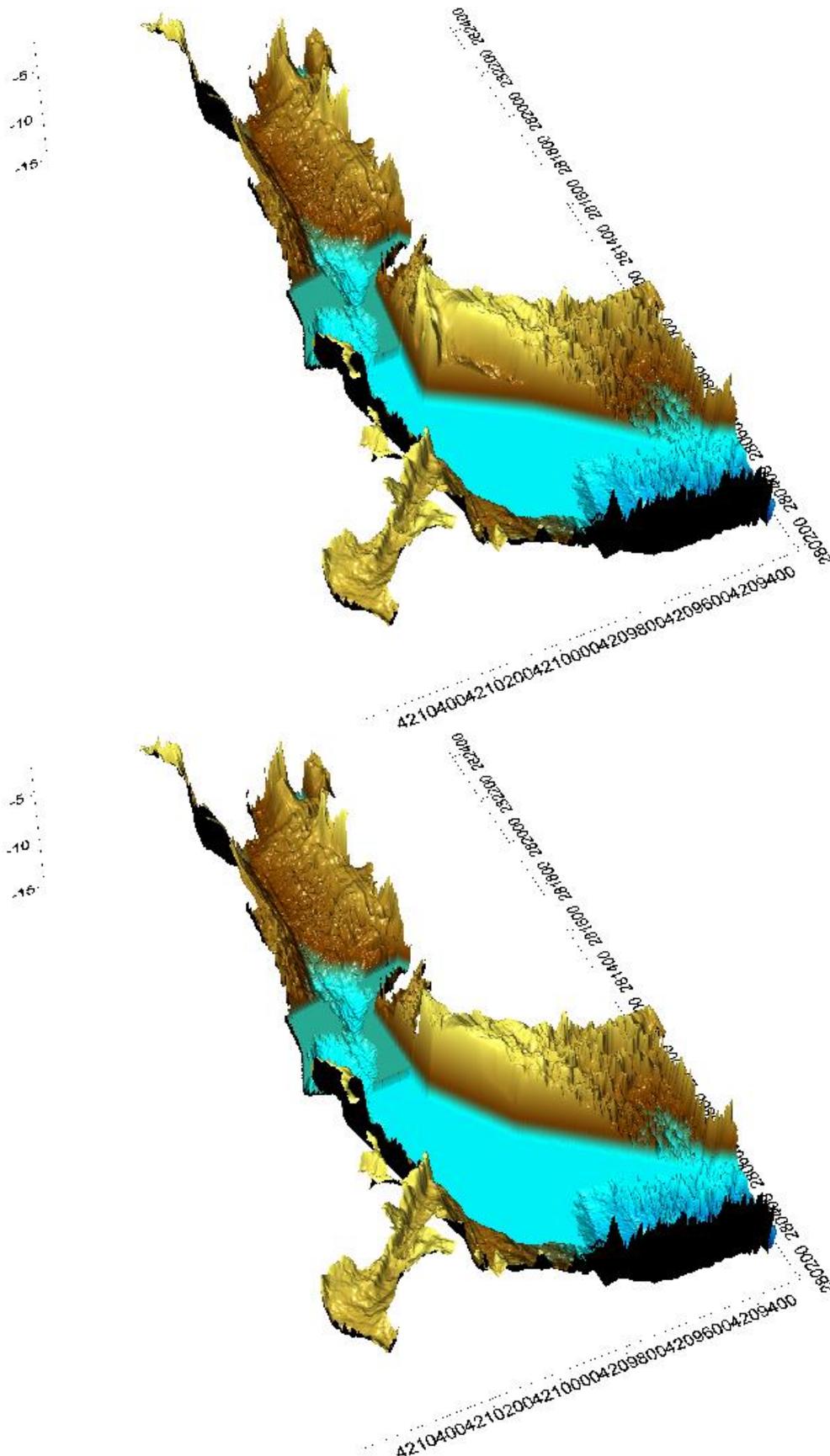


Figura 64. DEM dei fondali del porto. Confronto Stato Ante Operam – SOLUZIONE C.



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO

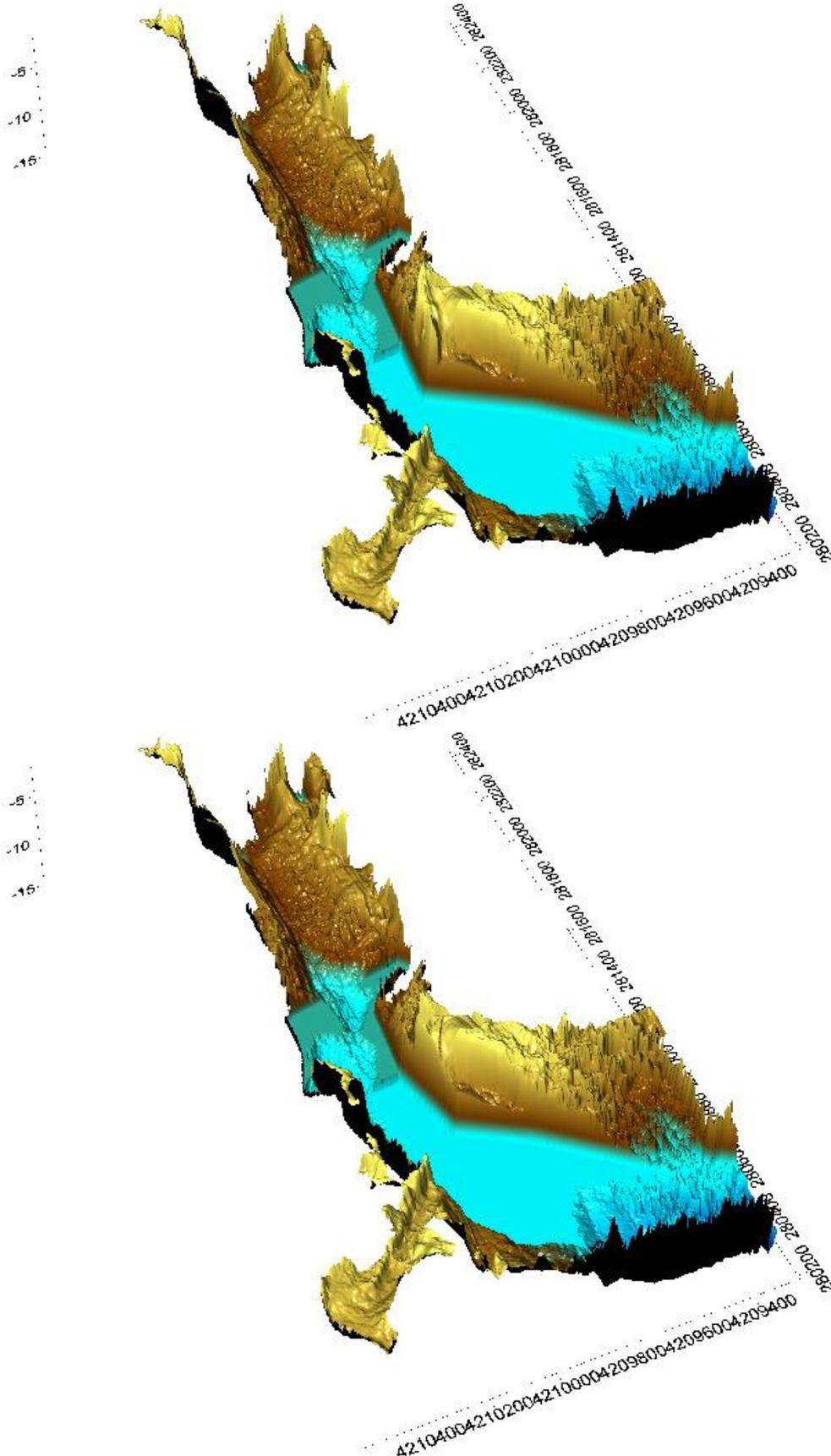


Figura 65. DEM dei fondali del porto. Confronto Stato Ante Operam – SOLUZIONE D.



PROGETTO ESECUTIVO

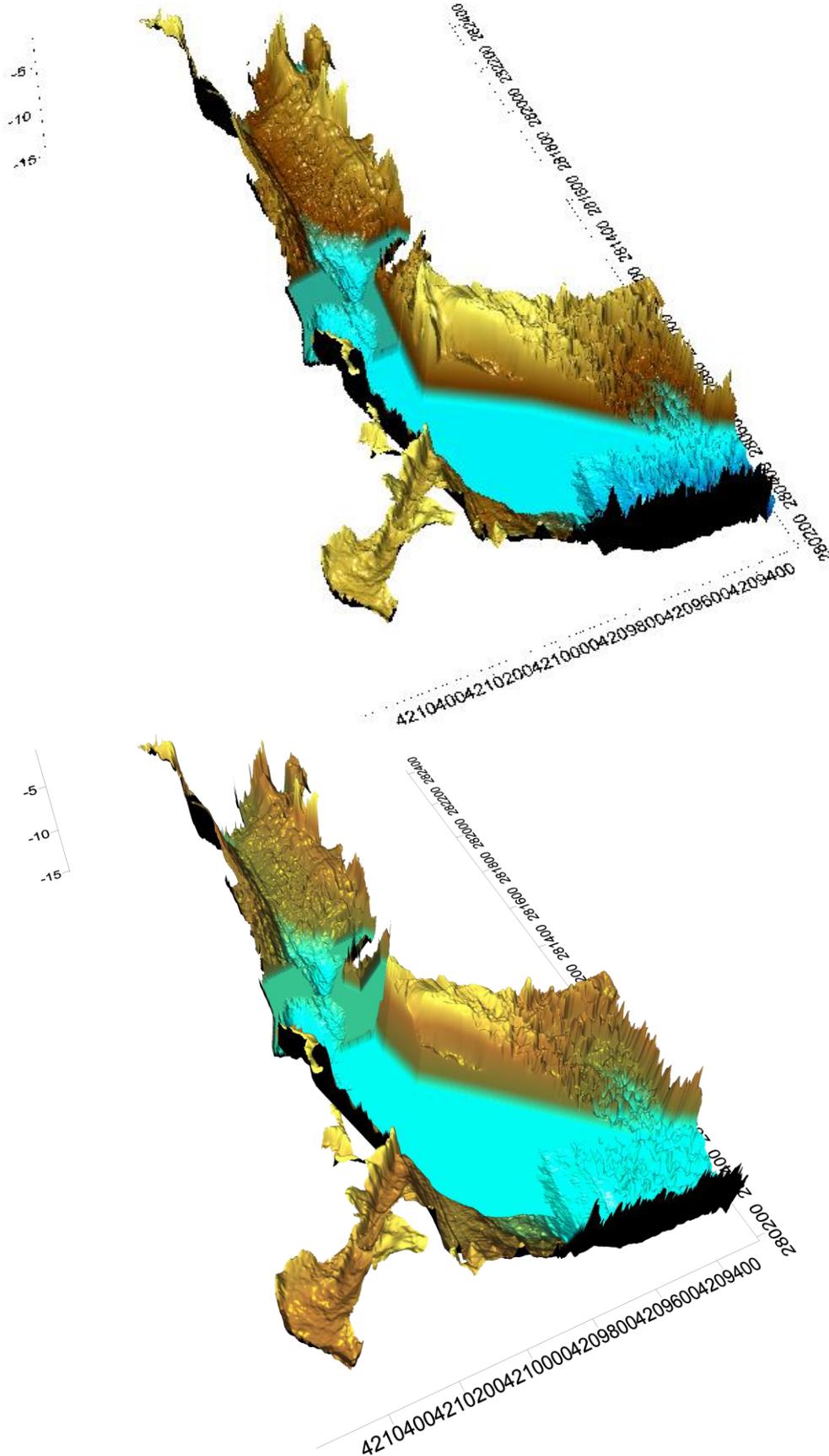


Figura 66. DEM dei fondali del porto. Confronto Stato Ante Operam – SOLUZIONE F.



### F.3- Analisi dei vincoli geotecnici

La "relazione geotecnica e verifiche strutturali di stabilità delle banchine" del progetto definitivo del dragaggio dei fondali del porto (CUP I94D19000000005) determina la tipologia delle strutture esistenti e definisce le fasce di rispetto dei dragaggi al fine di garantire la stabilità delle strutture.

Per quanto riguarda le banchine della darsena del Ronciglio, accessibili tramite il ponte realizzato sul Canale di Mezzo, quelle dello sporgente settentrionale sono state realizzate in pile di massi artificiali su fondali di  $(-9,00) \div (-12,00)$ . Le sezioni tipo delle banchine, ricostruite sulla base dei rilievi topo-batimetrici del 2018, sono illustrate nella figura 67.

Alla radice orientale era stato realizzato un dente di attracco perpendicolare per i traghetti di maggiore tonnellaggio. Successivamente è stata costruita in adiacenza la Nuova Banchina Ronciglio, a giorno su pali, della quale sono disponibili i particolari riportati nella figura 68.

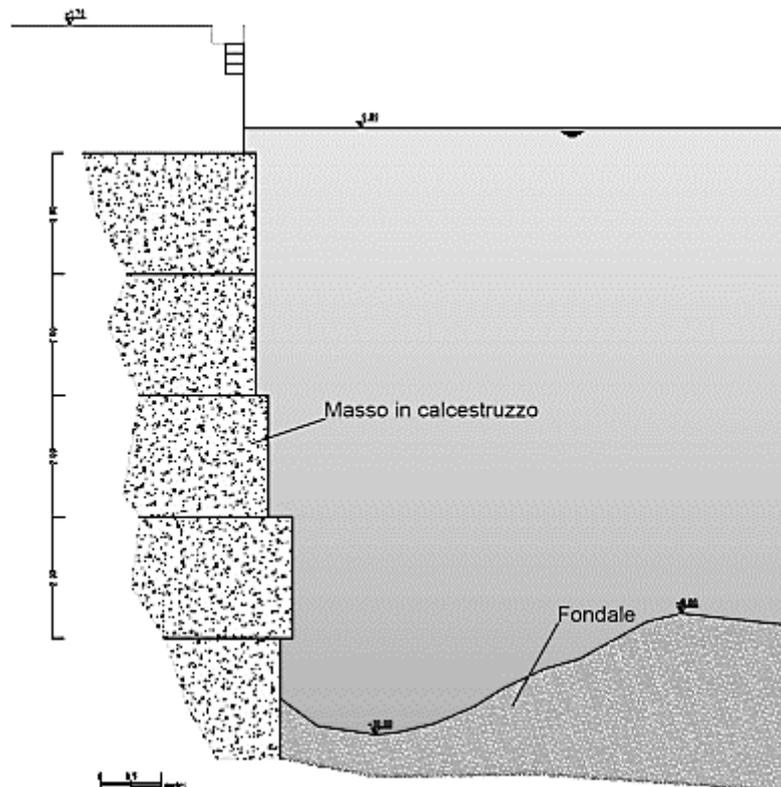


Figura 67. Sporgente Ronciglio. Sezione tipo muri di sponda a massi sovrapposti.



PROGETTO ESECUTIVO

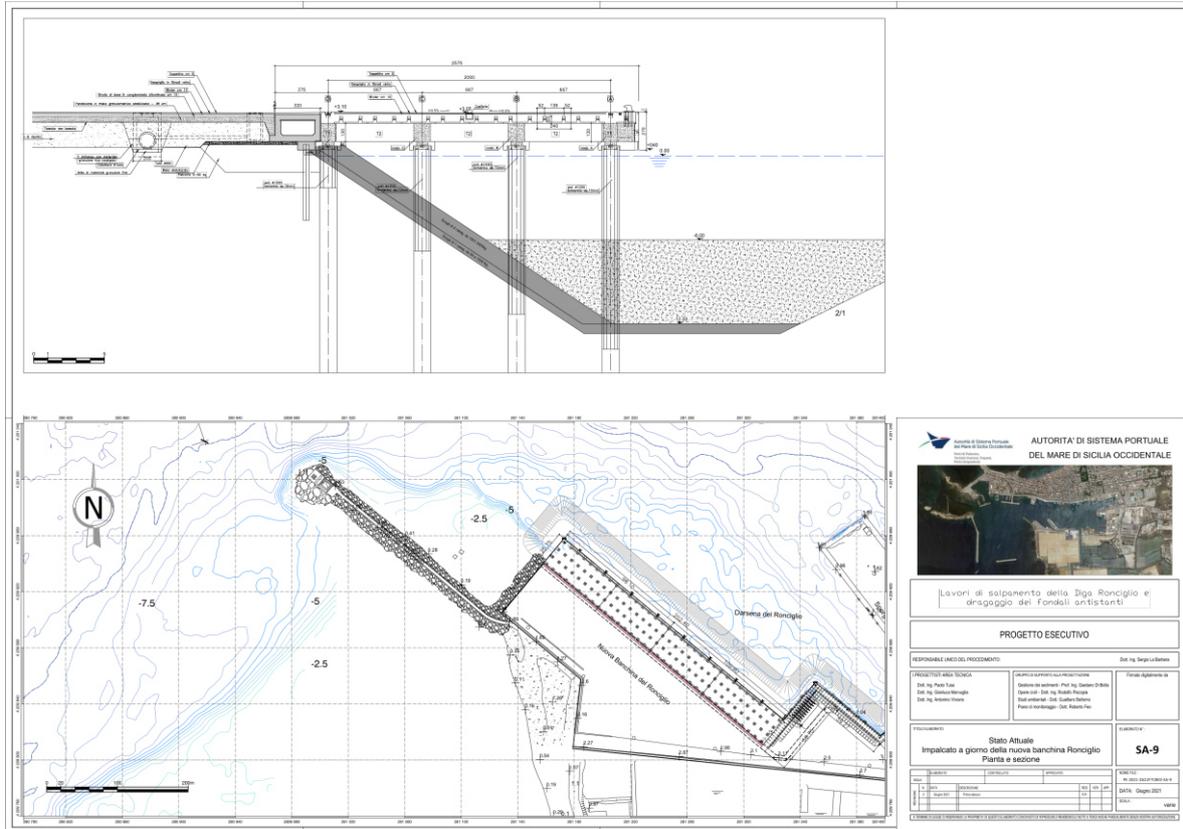


Figura 68. Sezione tipo Nuova Banchina Ronciglio, a giorno su pali.

Per quanto riguarda la nuova banchina Ronciglio, le fasce di rispetto dei dragaggi al fine di garantire la stabilità delle strutture chiaramente non sono definite essendo un'opera a giorno con scogliera imbasata alla -12m s.l.m.m.. Invece, per quanto riguarda le banchine dello sporgente settentrionale a massi sovrapposti, la relazione conclude che "le operazioni di dragaggio devono mantenersi ad una distanza minima di 15 m dall'attuale filo banchina lungo i tre lati dello sporgente, per non alterarne le attuali condizioni".

Dunque, nella definizione delle aree e dei volumi di dragaggio per la soluzione F si è imposta una fascia di rispetto per le opere di banchina dello sporgente di larghezza minima pari a 15m, risultando la poligonale delle aree oggetto di intervento quella riportata nella figura 69.



PROGETTO ESECUTIVO

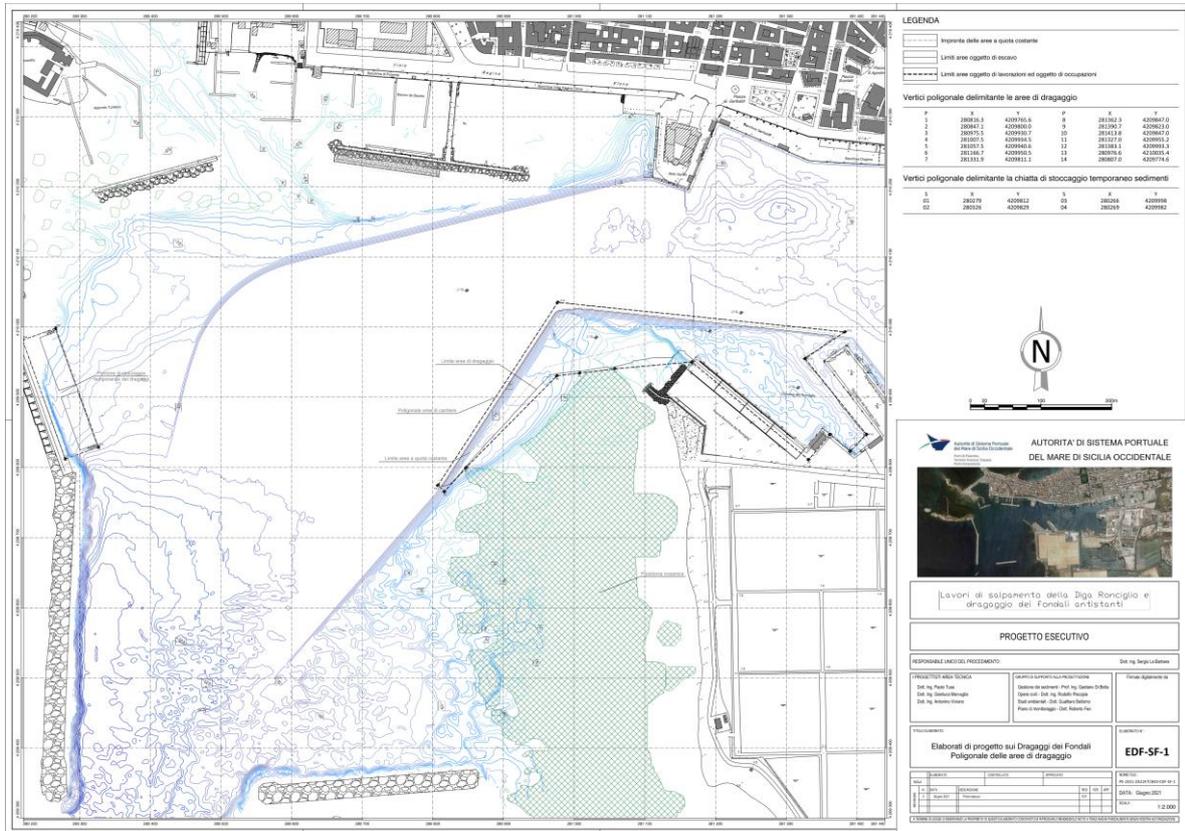


Figura 69. Poligonale delle aree oggetto degli interventi di dragaggio.

**F.4- Modellazione degli effetti del dragaggio sull'equilibrio del litorale**

Allo scopo di valutare la possibilità che il dragaggio del porto inneschi fenomeni erosivi ai danni della linea di costa, il Committente ha eseguito uno studio specifico a cui si rimanda per tutti i dettagli necessari, mirato alla verifica dell'idro-morfodinamica indotta dalle onde, con particolare riferimento alla movimentazione dei sedimenti in sospensione nella colonna d'acqua e alla conseguente valutazione dell'incidenza dell'intervento di dragaggio sul tratto di costa a Sud del porto, antistante la salina del Ronciglio.

Lo studio è stato eseguito mediante l'ausilio della modellazione matematica.

L'analisi del clima ondoso caratteristico è stata condotta sulla base dei dati forniti dal modello onda metrico del mediterraneo del ECMWF.

Successivamente, al fine di individuare gli effetti indotti dall'intervento di dragaggio, è stata eseguita un'analisi locale bidimensionale del campo di corrente generato dal moto ondoso.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Da tale risultato è possibile stimare come sono movimentati eventuali solidi in sospensione nella colonna d'acqua, in modo da valutare sia l'eventuale tendenza all'ingresso di tali elementi nel porto sia l'effetto dell'intervento di dragaggio sulla costa adiacente.

I risultati dello studio consentono di verificare, da un punto di vista idro-morfodinamico, le configurazioni di intervento individuate, al fine di valutare l'effetto di tali interventi sulla costa del Ronciglio antistante l'avamposto.

La configurazione di base dello studio è quella corrispondente allo stato attuale. Tale layout è utilizzato come riferimento al fine di valutare le variazioni, sulla circolazione litoranea e sul trasporto di sedimenti, indotte dalle configurazioni di intervento.

Mediante l'utilizzazione di un ulteriore modello, di trasporto solido ST (Sediment Transport), è possibile definire la capacità di trasporto solido dei materiali non coesivi basata sulle correnti litoranee indotte dalle onde e sulla sospensione dei materiali causata dalle stesse onde.

L'applicazione è rivolta alla definizione delle caratteristiche di dettaglio del trasporto solido nei pressi del porto di Trapani, con particolare riguardo al tratto a Sud dello stesso porto, costituente la spiaggia del Ronciglio (vedi figura seguente tratta dallo studio idraulico-marittimo allegato).

Per valutare quantitativamente la possibile variazione della posizione della linea di riva per effetto delle configurazioni di intervento analizzate, è stato applicato il bilancio di massa nei volumi di controllo compresi tra le sezioni di calcolo (1, 2 e 3).

Nel dettaglio, la differenza tra la portata di sedimenti ( $Q_s$  espressa in mc/anno) in ingresso ed in uscita in un determinato tratto di spiaggia è pari al volume di sedimenti mediante accumulato (eroso se negativo) in un anno nello stesso tratto di spiaggia.

Il volume di sedimenti accumulato (o eroso se negativo) si potrà depositare (erodere se negativo) sulla spiaggia causando un avanzamento (arretramento se negativo) della linea di costa.

Tale avanzamento della linea di costa (o erosione se negativo) può essere stimato dividendo il volume accumulato (o eroso) per la profondità di chiusura e per la lunghezza della costa compresa tra le sezioni prese in esame.

Considerando che la profondità di chiusura nel tratto di costa preso in esame è circa pari a 6 m e che la distanza tra le sezioni di calcolo (1-2 e 2-3) è pari a 200 m, è stimato l'avanzamento potenziale medio annuo riportato in Tabella sia per lo stato attuale che per ad intervento realizzato.

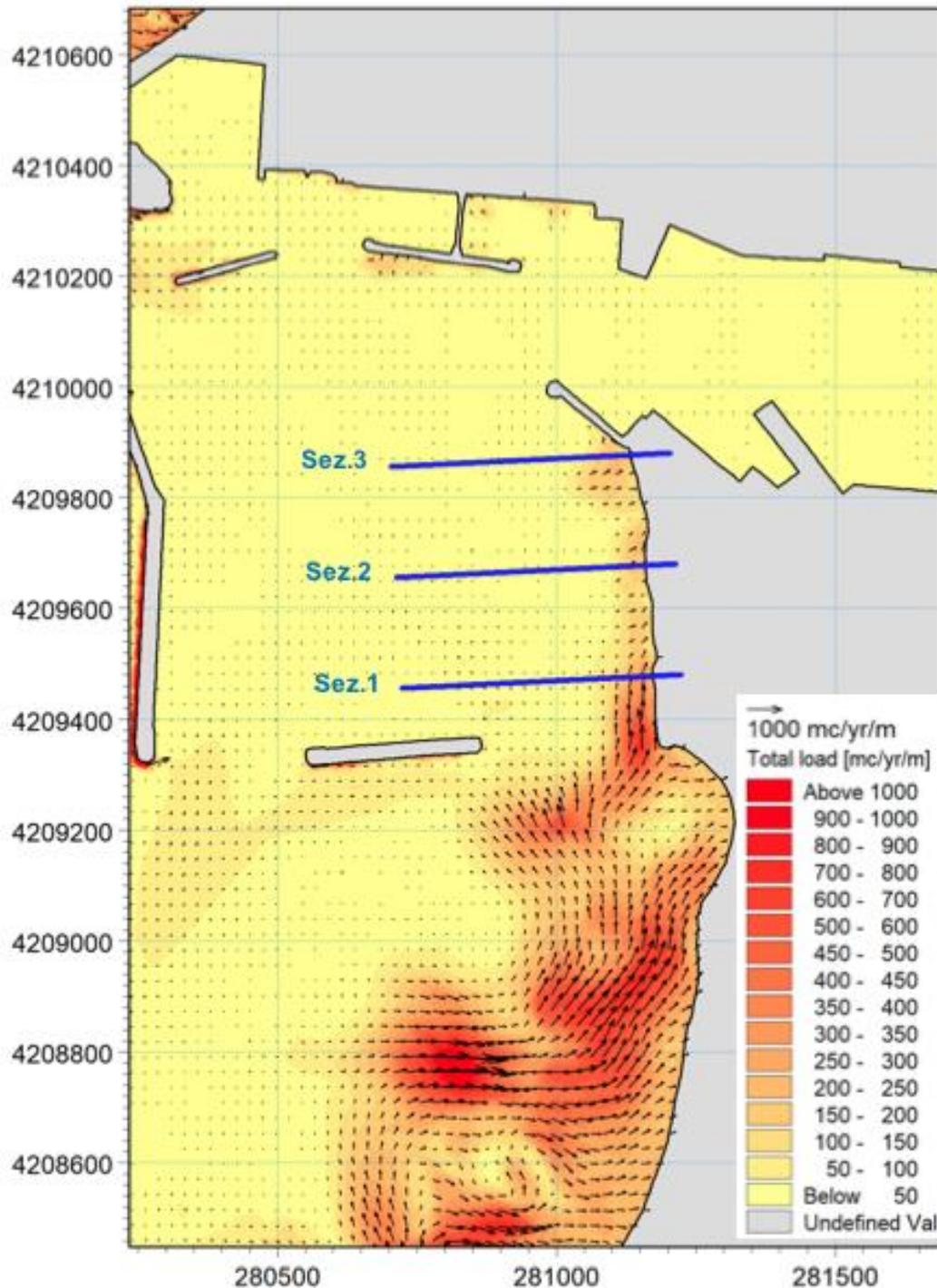


Figura 6.42 Campo di trasporto solido medio annuo cumulato. Stato attuale. In blu sono tracciate le sezioni in cui viene calcolato il flusso di sedimenti parallelo alla costa.



**PROGETTO ESECUTIVO**

	<b>Avanzamento medio annuo potenziale della costa [m/anno]</b>	
	<b>Stato attuale</b>	<b>Configurazione n.1 (dragaggio)</b>
<b>Tratto 1-2</b>	16,7	17,3
<b>Tratto 2-3</b>	-2,8	0,4

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può notare che già per lo stato attuale è presente una tendenza di avanzamento nel tratto più a Sud (compreso tra le sezioni 1 e 2) pari a circa 17 m l'anno.

**Tale tendenza, ancorché potenziale e non effettiva, si mantiene inalterata nella configurazione di intervento del dragaggio, di conseguenza l'impatto su tale tratto costa è nullo.**

Nel tratto di costa 2-3, adiacente alla radice del molo Ronciglio con il vecchio fanale verde, la configurazione di stato attuale comporta un'erosione (ossia avanzamento negativo) pari a 2,8 m/anno.

La configurazione di intervento di dragaggio causa addirittura una lieve tendenza all'avanzamento della costa (0,4 m/anno).

Si può quindi concludere che la configurazione di intervento studiata (dragaggio) ha un impatto nullo a distanza maggiore di 200 m dalla radice del molo Ronciglio-fanale.

In vicinanza della radice del molo Ronciglio-fanale, la variazione della tendenza evolutiva della linea di costa è limitata e comporta comunque una maggiore stabilità della linea di riva.

In altri termini, l'intervento analizzato ha una (lieve) incidenza positiva sulla costa.

Come già detto, riguardo allo Sporgente del Ronciglio è necessario mantenere lo scavo di dragaggio ad una distanza minima di salvaguardia pari a 15 m dal piede banchina, in modo da non modificare le attuali condizioni della banchina stessa.



---

### *F.5- Analisi del piano di gestione dei sedimenti dragati*

La relazione "piano di gestione dei sedimenti" del progetto definitivo del dragaggio dei fondali del porto (CUP I94D19000000005) analizza la caratterizzazione dei sedimenti portuali secondo la vigente normativa ambientale ed analizza le possibili strategie di gestione degli stessi. In quanto segue si riportano ampi stralci delle conclusioni e dell'allegato integrativo al Piano Gestione Materiali di Dragaggio che costituiscono la base utilizzata per derivare le quantità e la destinazione finale per i sedimenti. Per maggiori approfondimenti si rimanda alla suddetta relazione.

In particolare, il piano di gestione conclude che "l'analisi dei risultati su test pilota a scala di laboratorio sembra confermare la possibilità di trattamento dei sedimenti contaminati al fine del recupero e riqualificazione qualitativa degli stessi. Specificatamente, l'opzione/alternativa di gestione che prevede il trattamento con SW dei sedimenti contaminati del Porto di Trapani, risulta attuabile e realizzabile sia in termini impiantistici che di raggiungimento degli obiettivi perseguiti (declassamento materiali dalle Classi C e D alla Classe A e B, ai sensi del D.M. 173/2016)".

Ancora, "il trattamento dei sedimenti contaminati in classe C e D, risulta tra le più ambientalmente condivise: il trattamento on-site dei sedimenti dragati mira al recupero dei materiali scavati, alla riqualificazione con ri-classificazione di parte dei sedimenti contaminati (in Classe C e D sino ad A e B) e riduce al contempo il destino a smaltimento (in discarica). Risulta evidente, come ovviamente prevedibile in fase di Desk Study, che il processo di gestione non risulta a "scarti zero". Rimane computabile il residuo "irrecuperabile" (matrice fine contaminata < a 0,063 mm): **la frazione residua risulta "non pericolosa" ma non idonea allo smaltimento in discarica per rifiuti inerti (a causa dell'alto contenuto di cloruri)**".

Si deve tuttavia sottolineare che "le risultanze analizzate, seppur globalmente positive risultano essere frutto di una sperimentazione a scala di laboratorio. In tal senso, qualora attuato, si consiglia di monitorare l'intero processo di trattamento in corso d'opera e di integrare eventualmente il "train treatment" con unità integrative, con riferimento anche alla linea trattamento acque (stante la possibile eterogeneità dei sedimenti dragati per lotti di intervento). Il monitoraggio continuo, infatti, permetterebbe di valutare, oltre al contenuto salino, eventuali alterazioni della matrice trattata (potenzialmente in classe A o B) per effetto dell'impurezza presente dal frazionamento granulometrico" e "si condivide con quanto dichiarato da ECOTEC, che seppur incoraggianti i risultati dello studio preliminare devono essere presi come indicazioni generali, con valori medi indicativi stante «il limitato quantitativo



di prove condotte, il numero di campioni analizzati e la scala di realizzazione (di laboratorio) »”

Infine, il piano conclude che **“a causa dell'alta percentuale di pelite, il recupero medio risulta essere di circa il 23% dei sedimenti in classe C e D** (sulla frazione secca). Si precisa che l'ipotesi grossolana di applicare le percentuali di recupero (rilevati da ECOTEC sulla sostanza secca), all'intero volume di sedimenti classificati in C e D, gioca «a vantaggio di sicurezza»: è evidente infatti che il contenuto d'acqua nei sedimenti trattati risulta inferiore a quello in ingresso (considerato mediamente il 50%)”.

#### *F.6- Contenuti del Piano di gestione dei sedimenti*

Sulla base delle risultanze della recente caratterizzazione dei sedimenti (anno 2020), è stato elaborato, a cura del L.I.S.A. dell'Università Kore di Enna, il piano di gestione dei sedimenti marini. Tale piano è stato redatto secondo:

- le disposizioni dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”;
- la Parte Terza delle “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche” e la Parte Quarta “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati” del D.lgs. 152/06 “Testo unico” ambientale;
- il Regolamento Commissione Ue 1357/2014/Ue e ss.mm.ii.

La distribuzione spaziale della classe di qualità evidenzia che la zona di avamposto è l'area meno contaminata, altresì l'area interna al porto risulta quella maggiormente interessata da una contaminazione diffusa dei sedimenti (cfr. Figura F.1).

**Con riferimento all'intera area portuale**, le indagini effettuate mostrano che quasi il 50% dei campioni ricade in classe D, il 14% in classe C ed i restanti in classe A e B; inoltre, dalla caratterizzazione è stato anche riscontrato un campione in classe E.

Come sopra specificato la caratterizzazione di sedimenti è stata estesa all'intero porto anche al fine di acquisire elementi conoscitivi della situazione oggi in atto, sulla scorta della quale è stato possibile operare le scelte progettuali nell'ottica delle concrete esigenze operative, nonché dei risultati delle eseguite caratterizzazioni della morfologia e della biocenosi dei fondali.



**PROGETTO ESECUTIVO**

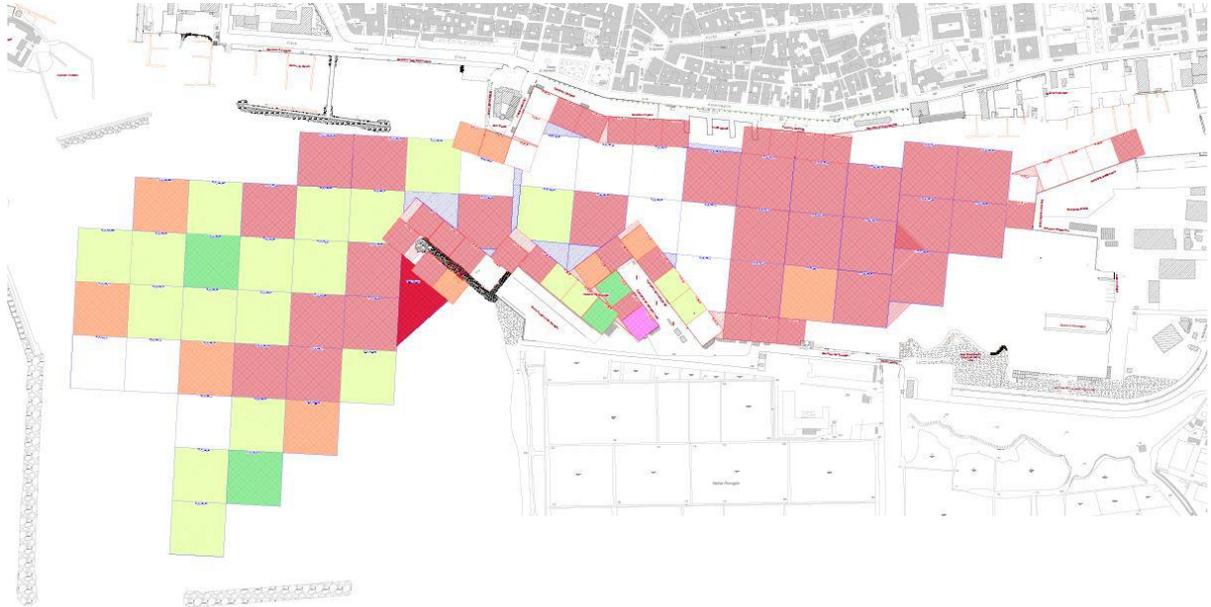


Figura F.1 Distribuzione della classe di qualità dei sedimenti 0-0.5 m.

Per questo motivo, nell'ambito del presente intervento le aree di dragaggio non coincidono con quelle relative all'intero bacino portuale, ovvero risultano notevolmente ridotte rispetto a quelle effettivamente investigate. In particolare, è esclusa dall'intervento di dragaggio la parte più interna del porto, a Est dello Sporgente Ronciglio, e quella dell'avamposto, oggetto di diversa progettazione.

Come detto, i risultati della caratterizzazione hanno evidenziato la presenza di tutte le classi di qualità di sedimento definite nell' Allegato A al D.M. 173/2016, per i quali lo stesso allegato riporta le possibili opzioni di gestione mostrate in Figura F.2.

Si nota che in base a quanto riportato nel DM 173/16 nella classe A convivono, a parità di "qualità del sedimento", opzioni di gestione dalle conseguenze molto diverse tra loro in termini di uso sostenibile delle risorse naturali, ove lo scenario gerarchico apparentemente lineare dipende, tuttavia, dalla realtà locale dei contesti portuali, che possono apparire assai diversificati. Infatti:

- la scelta sulle opzioni di ripascimento resta subordinata alla compatibilità granulometrica dei sedimenti con i possibili siti riceventi;
- l'immersione in ambiente conterminato resta subordinata alla concreta disponibilità di detti siti.



PROGETTO ESECUTIVO



Figura F.2 Opzioni di gestione in relazione alla classe di qualità dei sedimenti ai sensi del D.M. 173/2016.

Nel caso in esame si ha che:

- la granulometria del sedimento è costituita da una altissima frazione pelitica e pertanto è **non idonea per il ripascimento**;
- l'opzione di gestione del sedimento in ambienti conterminati dipende dalla reale disponibilità infrastrutturale, che oggi non esiste nel porto di Trapani, né è prevista dal vigente P.R.P.

Alla luce di questa seppur semplificata analisi, è facile immaginare che le opzioni di gestione riportate in Figura F.2, potrebbero non essere perseguibili in modo pedissequo, e pertanto si possono prevedere tre differenti azioni di intervento, per le specifiche tipologie di sedimento precedentemente caratterizzato.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

- **Sedimenti in Classe A e B:** questi sedimenti, dato il prevalente contenuto in pelite, saranno dragati ed immersi deliberatamente in mare, in un'area idonea per profondità dei fondali ed a distanza di oltre 2,5 miglia nautiche, eseguendo un monitoraggio ambientale dei principali contaminanti riscontrati in fase di caratterizzazione.
- **Sedimenti in Classe C e D:** la norma prevede la possibilità di gestire questo sedimento all'interno di aree conterminate in ambito portuale. Come sopra detto nel porto di Trapani non sono presenti aree di conterminazione e non ci sono al riguardo nel vigente P.R.P. previsioni di realizzazione di tali aree. Pertanto allo scopo di individuare una adeguata gestione dei sedimenti nelle classi C e D, si prevedono possibili azioni intese alla riduzione dei volumi da conferire in discarica, a mezzo di trattamenti di riclassificazione degli stessi almeno in classe B, al fine di poterli immergerli deliberatamente in mare.
- **Sedimenti in Classe E:** Per questi sedimenti è prevista dal D.M. 173/2016 la rimozione in sicurezza dall'ambiente marino, garantendo il minimo contatto tra il sedimento e la colonna d'acqua attraversata, ed il successivo smaltimento in idonea discarica.

Al fine di mostrare il percorso attraverso il quale si è pervenuto alle scelte progettuali specificate sopra, si procede ad illustrare le varie ipotesi di gestione che si sono considerate.

#### ***F.6.i- Analisi delle opzioni di gestione per i sedimenti in classe C e D***

In merito alla gestione dei sedimenti classificati nelle classi C e D, si è dovuto prendere atto della inesistenza e della non prevedibilità nel porto di Trapani di aree idonee al riutilizzo di tali sedimenti (casce di colmata).

Altro elemento considerato è che le operazioni di dragaggio interessano aree delimitanti avamposto e porto, con ingombri di cantiere che risultano limitati il transito navale e quindi sono da scartare a priori soluzioni che inibirebbero la continuità dell'operatività del porto.

Di contro, si considera che l'ipotesi del conferimento a discarica di tutti i sedimenti in classi C e D è contraria ai principi di economicità e tutela dell'ambiente a cui si rifà questa AdSP.

Alla luce di ciò, si sono valutate delle ipotesi di gestione di tali sedimenti tra loro alternative, di seguito brevemente illustrate.



## **Immersione in ambiente conterminato, incluso capping**

Una delle possibili opzioni per la gestione dei sedimenti in classe C e D prevista dal D.M. 173/2016 è l'immersione in ambiente conterminato in ambito portuale, che deve essere impermeabile per i sedimenti in classe D.

In questo scenario, tra le alternative a soluzioni più idonee e flessibili (indicati dallo stesso DM, vedi cassa di colmata), la letteratura scientifica e alcune applicazioni sito-specifiche internazionali (prevalentemente statunitensi) indicano il possibile incapsulamento o capping sottomarino, ossia il contenimento sotto acqua, procedendo quindi isolando o coprendo la zona inquinata dell'ambiente circostante con la combinazione di membrane impermeabili. Tuttavia, l'applicabilità del metodo, sia dal punto di vista economico che gestionale, dipende dalla qualità dei sedimenti contaminati e dalla loro quantità, ma soprattutto dall'obiettivo di dragaggio.

Brevemente, nel caso dell'area in esame insistono sedimenti prevalentemente in classe C e D: in tal senso, la tecnica risulta sconsigliata sia nel caso di intervento in-situ senza movimentazione (rischio rilascio dalla sorgente primaria di inquinanti ivi presenti e inadeguatezza di alcune altezze in colonna d'acqua per le attività routinarie portuali) sia alternative che prevedono l'eventuale individuazione di siti esterni da usare come invaso con capping sottomarino (l'intervento ex-situ on-site, che risulterebbe tra l'altro impattante e non adeguato alle aree antistanti la costa coinvolta).

Più precisamente, nel caso di quest'ultima soluzione, con stoccaggio e *capping* di sedimenti movimentati, l'approccio comporterebbe le seguenti operazioni in sequenza temporale:

- individuare un'area non inquinata sulla quale sussistono sedimenti di classe A e B ed operare su detta area un dragaggio a quote superiori a quelle previste in progetto;
- portare a scarica a mare i relativi sedimenti;
- impermeabilizzare il fondo scavi;
- procedere al dragaggio delle aree da ripristinare, in cui insistono i sedimenti di classe C e D;
- movimentare e versare "a scarica" sull'area precedentemente preparata;
- impermeabilizzare il colmo (capping).

Tutto quanto sopra deve tenere conto:

- a) del rispetto delle norme in materia con tutti gli accorgimenti necessari per impedire la diffusione del sedimento durante le operazioni;



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

- b) della conseguente necessità di effettuare il dragaggio dei sedimenti nelle classi C e D in tempi successivi rispetto alle classi A e B;
- c) del rispetto delle distanze che usualmente impone la capitaneria ai fini della sicurezza della navigazione;
- d) della dimensione delle aree necessarie per il capping (100'000m<sup>2</sup> ogni 100'000m<sup>3</sup> di sedimento);
- e) della caratterizzazione della morfologia e della biocenosi dei fondali svolta, che rileva aree che non possono essere interessate.

Alla luce di quanto sopra detto, questa soluzione di gestione dei sedimenti **appare impraticabile.**

### **Tattamento di inertizzazione**

Un'altra alternativa inizialmente conclamata, riguarda il trattamento di inertizzazione volto al riuso della matrice finale trattata.

I processi di inertizzazione (ed in particolare i cosiddetti processi di "stabilizzazione e immobilizzazione chimica") consentono di ridurre sensibilmente il rilascio di alcune sostanze inquinanti presenti nei fanghi di dragaggio attraverso la formazione di composti insolubili che creano una struttura polimerica o cristallina stabile, in grado di imprigionare gli elementi tossici (stabilizzazione).

Tali processi, inoltre, migliorano le caratteristiche del fango facilitandone la gestione, in quanto quest'ultimo viene trasformato in un prodotto solido, in genere con buona resistenza meccanica e bassa permeabilità.

Nei processi di inertizzazione si procede alla miscelazione del fango di dragaggio con leganti o altri reagenti chimici; gli additivi utilizzabili possono essere sia di natura inorganica che organica. I processi di inertizzazione possono costituire l'unica fase di trattamento del fango, ovvero essere adottati come trattamenti integrativi di altri processi (per esempio di lavaggio).

In ogni caso, essi sono classificabili, a seconda dei reagenti utilizzabili, in:

- 1) processi a base di reagenti inorganici (cemento - a base neutra o acida, calce, argilla);
- 2) processi a base di reagenti organici (sostanze termoplastiche, polimeri organici, composti macro-incapsulanti).



Al di là del tipo di processo scelto, l'inertizzazione/stabilizzazione comporta l'aggiunta, ai sedimenti prelevati dal fondale, di quantitativi non trascurabili di materiale; in particolare considerato che nel caso in esame saremo in presenza di frazione pelitica mediamente pari al 78% si stima un aumento dei quantitativi da smaltire di circa il 40%.

Invero, tale processo sarebbe utile se finalizzato al recupero come materiali da costruzione, ma considerato l'alto tasso di cloruri e l'inidoneità che si conseguirebbe con i test di cessione si desume che il materiale inertizzato dovrebbe comunque essere conferito ad un centro di smaltimento/discarica, comportando quindi un aumento dei quantitativi del materiale da conferire in discarica rispetto all'opzione di assenza di trattamento.

Anche tale ipotesi di trattamento è stata quindi esclusa nell'ambito del piano di gestione dei sedimenti del dragaggio del porto di Trapani.

### **Trattamento di Soil Washing**

Un'altra ipotesi di gestione analizzata, risultante poi la più idonea, è quella del trattamento di tipo "Soil Washing" dei sedimenti in classi C e D. Tale trattamento prevede il frazionamento e il lavaggio dei sedimenti dragati, al fine di decontaminare la matrice solida.

A supporto di tale ipotesi progettuale, e sulla base delle risultanze scientifiche e applicative esternate dalla letteratura scientifica, è stato promosso ed eseguito uno specifico studio condotto dalla Ecotec Gestione Impianti Srl, suffragato da prove di laboratorio, che ha dimostrato la possibilità di eliminare gli inquinanti dalla frazione sabbiosa e argillosa, in modo tale che, in uscita dal trattamento, i sedimenti ricadrebbero nelle classi A e B con conseguente possibilità di versamento a mare nei siti individuati per quelli già classificati in classe A e B.

Nel dettaglio, detto studio è stato condotto su due campioni omogenei di sedimenti. I parametri chimici analizzati sui campioni di materiale prodotto al termine della prova finale (condotta in doppio) hanno evidenziato quasi totalmente dei valori inferiori ai corrispondenti limiti L2 (Rif. Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali) del D.M. 173/2016. Si riscontra, solo su uno dei due campioni, un lieve superamento del valore di riferimento per gli Idrocarburi pesanti ( $C > 12$ ). Il valore limite di riferimento per L2 è di 50 mg/kg (rif. alla sostanza secca); su uno dei due campioni si è riscontrata una concentrazione di Idrocarburi  $C > 12$  pari a 32 mg/kg, mentre sul secondo campione si è avuto un valore di 61 mg/kg.

Questo risultato sperimentale comunque non invalida la verifica dell'efficacia del trattamento in quanto, in un impianto industriale è pratica normale e necessaria monitorare i prodotti del processo mediante analisi chimiche, prima di svincolare il materiale per il successivo destino. In un caso del genere, in un impianto reale, sarebbe prassi unire ed



PROGETTO ESECUTIVO

omogeneizzare i due materiali per ottenere un unico prodotto, perfettamente conforme con gli obiettivi di decontaminazione. Infatti, nel caso specifico, la media tra i valori di Idrocarburi C> 12 dei prodotti ottenuti dalla Prova Finale 1 e dalla Prova Finale 2 è di 46,5 mg/kg, per cui inferiore al limite di riferimento in L2.

Si specifica però che detto trattamento di Soil Washing consegue un beneficio ma non totale, in quanto non ha efficacia sulla frazione pelitica, che risulta preponderante (mediamente il 77% in peso dei sedimenti da dragare è composto da pelite). Considerando che a seguito del trattamento i sedimenti dragati vengono privati di parte della componente acquosa, si stima che mediamente circa il 55% in peso del materiale in uscita dal trattamento di Soil Washing sarà costituito da pelite (vedi Figura F.3) che potrà comunque essere smaltita in discarica di rifiuti non pericolosi.

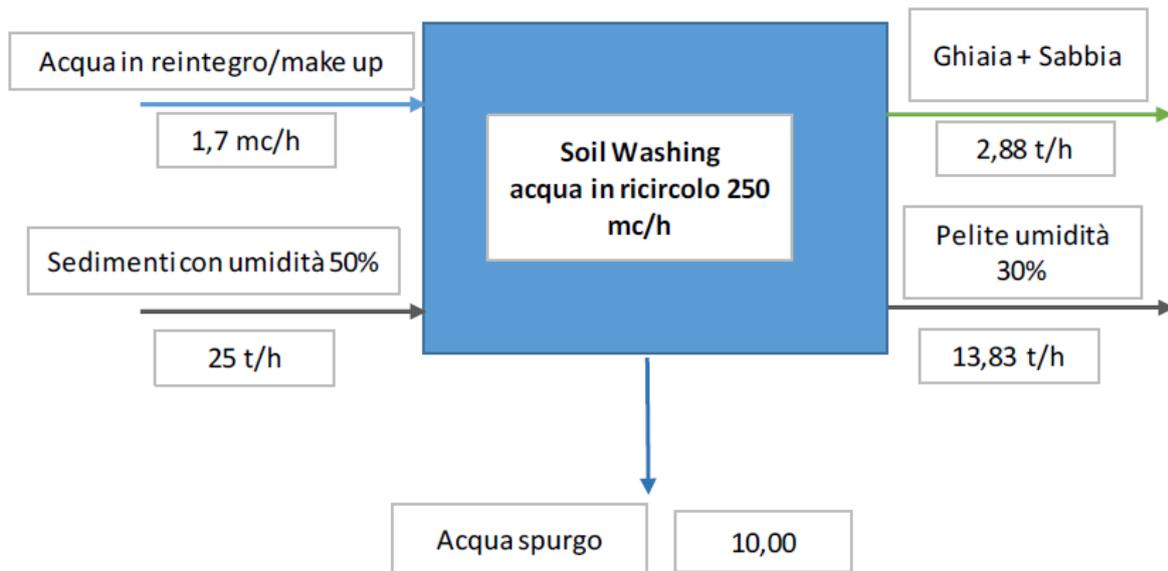


Figura F.3 Diagramma di flusso del trattamento di Soil Washing studiato dalla Ecotec Gestione Impianti srl per il trattamento dei sedimenti del porto di Trapani nelle classi C e D al fine del loro declassamento in A e B.

**Altre alternative di trattamento**

In letteratura si citano numerose altre possibili tecniche di bonifica per i sedimenti marini contaminati. Le stesse sono state analizzate globalmente sulla base dello stato dell'Arte bibliografica e scientifica, e su eventuali esperienze pregresse in campo nazionale ed internazionale.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Tutte le alternative di processo, oltre a quelle specificatamente discusse, si ritengono tuttavia non idonee o "poco mature" per l'applicazione a grande scala nell'ambito delle azioni di progetto proposte, per motivi spesso differenti ma ugualmente difficilmente attuabili con le condizioni sito specifiche dell'area di intervento

Ad esempio, le tecniche di trattamento biologico che consistono nell'aerazione controllata (sia in-situ che ex-situ) dei sedimenti senza generare fenomeni di volatilizzazione dai contaminati, come "in situ aeration" (ventilazione) o il bio-slurry, risultano ancora dibattute e poco applicate a scala reale. Le esperienze pregresse riguardano prevalentemente studi a carattere sperimentale o pilota, senza concludenti e corroborati effetti in casi studio reali. Gli stessi risultano inoltre molto impattanti se applicati direttamente in area sommersa, con difficoltà di monitoraggio e controllo sul lungo periodo.

Dall'altro lato, altre tecniche, come i trattamenti termici (desorbimento termico, incenerimento, pirolisi e vetrificazione) atti alla trasformazione dei contaminanti in composti meno tossici, risultano molto onerose e performanti prevalentemente solo per alcuni specifici contaminanti.

Inoltre, molti trattamenti alterano la struttura litologica e nasce l'impossibilità di poter reimpiegare i sedimenti trattati in ambito portuale come descritto dalla normativa vigente (D.M. 173/2016).

In ogni caso, l'analisi scientifica e bibliografica delle alternative di trattamento qui discusse, sconsigliate soprattutto per le poche (o nulle) esperienze applicative a scala reale sui sedimenti marini-portuali, le quali evidenziano tra l'altro un comportamento spesso differente rispetto agli studi sperimentali di laboratorio, a causa dei numerosi fattori che entrano in gioco durante il trattamento.

Pertanto, tali tecniche non sono state ulteriormente investigate, in quanto difficilmente ipotizzabili stante l'eterogeneità dei contaminanti presenti nei fondali portuali e per l'esigenza di assicurare la continuità dell'operatività del porto.

**F.6.ii- *Eventuali futuri spostamenti in ambito portuale***

A corredo del dragaggio previsto in progetto, quale eventuale opzione supplementare alle esigenze in atto, considerato che con il progetto in questione si consegue l'obiettivo di assicurare i fondali necessari per ottenere la piena operatività portuale, si può ipotizzare di effettuare future operazioni di manutenzione dei fondali (maintenance dredging) a mezzo della rimodulazione dei fondali, previa condivisione con l'ARPA, ovvero di avvalersi della possibilità di effettuare uno "spostamento in ambito portuale", così come definito alla lettera f), 1°



comma, art. 2, del D.M. 173/2016, ossia movimentazioni di sedimenti all'interno di strutture portuali per attività di rimodellamento dei fondali.

Le operazioni di movimentazione in ambito portuale sarebbero condotte in conformità ai massimi criteri di tutela ambientale esistenti e attraverso modalità che evitino la dispersione dei sedimenti in colonna d'acqua al di fuori del sito di intervento, come previsto dall'Art. 2 del citato D.M. 173/2016. In particolare, verrebbero utilizzate benne ambientali sia nelle aree di escavo che in quelle di deposizione.

Al fine di ridurre al minimo la dispersione dei sedimenti movimentati verranno impiegate, oltre alle classiche panne galleggianti, anche tecniche di contenimento di ultima generazione, quali panne del tipo "bubble curtain" che impediscono la dispersione dei sedimenti mediante la costituzione di un muro di bolle d'aria e contemporaneamente permettono il passaggio delle chiatte senza necessità di interrompere la conterminazione delle aree di lavorazione. Infine tutte le eventuali future operazioni di movimentazione saranno oggetto di monitoraggio attraverso la strutturazione di un adeguato Piano di Monitoraggio Ambientale.

Questa opzione consegue un abbattimento dei costi e un beneficio ambientale di limitare la movimentazione di sedimenti verso la discarica. A tal fine è stato formulato specifico quesito all'ARPA (prot. N°10997 del 19/08/2020).

### *F.7- Individuazione siti di destinazione*

Accertata l'esigenza di prevedere quale gestione dei sedimenti l'immersione deliberata in mare a mare oppure il conferimento a discarica a terra a seconda delle classi in cui ricadono gli stessi sedimenti, si riferisce qui sulle previsioni progettuali.

#### **F.7.i- Immersione deliberata in mare dei sedimenti in classe A e B**

Su richiesta di questa Autorità è stato redatto dall'Università Kore di Enna il piano di caratterizzazione ambientale del sito di Immersione dei sedimenti marini provenienti dal dragaggio dei fondali del porto di Trapani.

Lo studio ha compreso una indagine esaustiva degli aspetti chimico-fisici della colonna d'acqua, dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici dei sedimenti, nonché dalle caratteristiche morfobatimetriche e biocenotiche dei fondali, richiesti dalle principali norme e linee guida ambientali vigenti; nello specifico, il piano di caratterizzazione è stato redatto secondo le disposizioni dell'Allegato Tecnico al D.M. del 15 luglio 2016 n. 173 (di



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

seguito D.M. 173/2016) "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

La caratterizzazione dell'area di destinazione dei sedimenti dragati è il passaggio finale per arrivare alla completa gestione dei materiali di escavo di classe A e B, informazioni richieste ai fini del rilascio dell'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo dei fondali marini, così come specificato nel D.M.173/2016.

Sulla scorta di un'attenta analisi documentale delle zone limitrofe l'area portuale di Trapani, è stato scelto come sito di immersione dei sedimenti marini un'area posta a circa 2,5 miglia nautica dalla costa di Custonaci, distante circa 8 miglia nautiche dal porto di Trapani.

Il sito si trova compreso tra la batimetrica -200m (esclusa) e la batimetrica -500m.

Le dimensioni del sito sono funzionali ai volumi di materiale da immergere; infatti, considerando un ricoprimento teorico non superiore a 5 cm per un volume complessivo di dragaggio di 927.000 mc (nel caso il dragaggio fosse esteso in futuro all'intero porto), si ottiene un'estensione di 6 Miglia Nautiche quadrate (Mnq); la forma del sito di immersione è stata definita secondo le specifiche riportate all'interno del Capitolo 3 dell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016. Infatti, l'area è stata definita secondo una geometria regolare suddivisa in 6 sub-aree unitarie di superficie pari a 1 Mnq .

Per quanto sopra si è proceduto a redigere il quadro esigenziale per la caratterizzazione del sito di immersione, in armonia con quanto prescritto dell'Allegato Tecnico al D.M. D.M. 173/2016, con particolare riferimento alle biocenosi presenti, alle morfologie dei fondali interessati all'immersione dei materiali, nonché alle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acque e dello strato più superficiale dei sedimenti marini.

Le indagini di cui sopra sono state affidate alla ditta Geonautics Srl, con sede ad Agrigento via N. Paganini n.9. Sulla base dei risultati di dette indagini è stato possibile dimostrare la compatibilità ambientale dei sedimenti provenienti dal porto (in classi A e B) con il sito di immersione.

Al fine di valutare i potenziali effetti dell'attività di sversamento è stato applicato uno specifico modello matematico tridimensionale (MIKE 3 del DHI) che tiene conto sia dell'idrodinamica sia del trasporto dei sedimenti, ivi compresa la pelite. Tale modellazione è stata affrontata con le metodologie suggerite nelle linee guida pubblicate dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) nel 2017, dal titolo "La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere".



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

L'attività di modellazione svolta comprende la simulazione tridimensionale delle correnti generate dal vento e della distribuzione della temperatura lungo la colonna d'acqua (particolarmente importanti su profondità elevate) nonché gli effetti di alcune sequenze di immersione di sedimenti. Come mostrato in Figura F.4, il modello matematico è stato applicato su un tratto di mare molto più ampio rispetto a quello di immersione, avente dimensioni orizzontali 104x74 km e comprendente a Est il golfo di Castellamare, a Ovest le isole Egadi e a Sud lo stagnone di Marsala.

Le simulazioni dell'immersione dei sedimenti provenienti dal dragaggio del porto di Trapani sono state condotte in tre periodi dell'anno 2017 (2-21 febbraio, 15-28 giugno, 16-29 agosto) rappresentativi della circolazione media, nell'ipotesi che i lavori di dragaggio (e immersione dei sedimenti) procedano senza interruzioni su un ciclo di 24 ore giornaliere e 7 giorni a settimana.

I risultati simulazioni hanno mostrato che lo strato più superficiale è l'unico in cui la torbidità (ossia concentrazione dei solidi sospesi, SSC, espressa in mg/l) generata dall'immersione dei sedimenti si avvicina alla costa. Ciò è dovuto al fatto che le correnti superficiali sono governate dal vento locale eventualmente diretto verso la costa.

Gli strati più bassi invece hanno correnti per lo più parallele alla costa e dunque la torbidità generata dall'immersione non si avvicina mai alla riva nelle zone centrali e profonde della colonna d'acqua, dove infatti la concentrazione dei solidi sospesi (SSC) è sempre inferiore a 2 mg/l, come mostrato in Figura F.5.

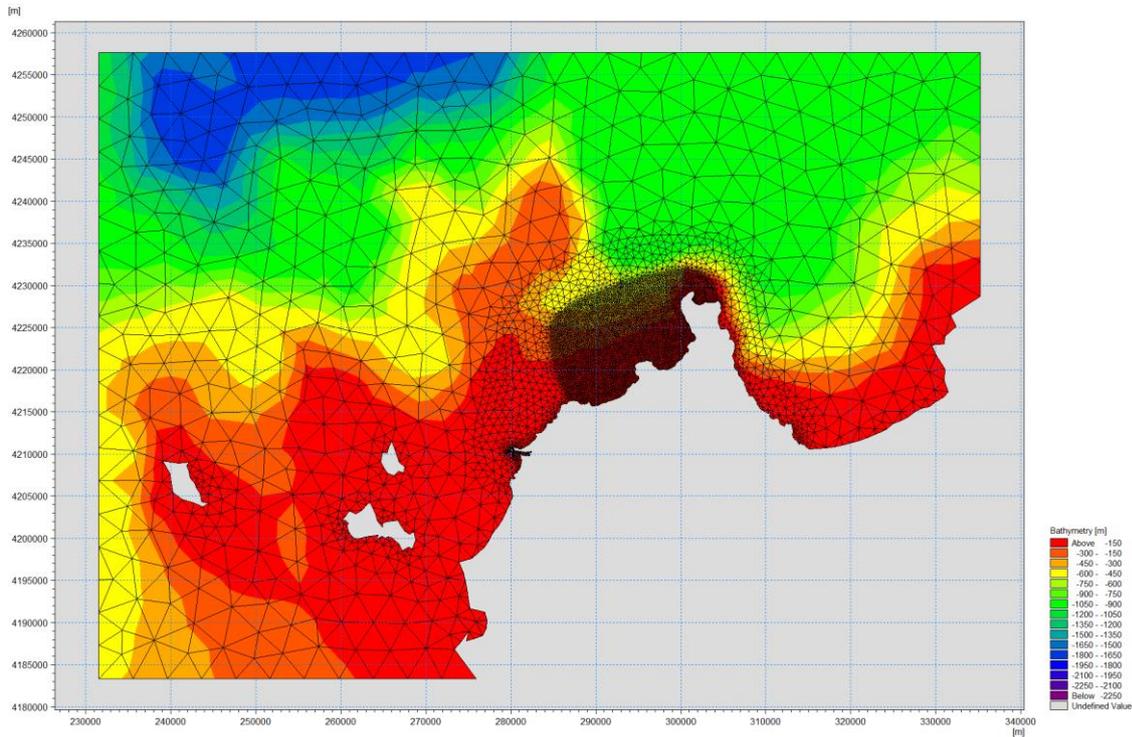


Figura F.4 Vista planimetrica della griglia di calcolo utilizzata nella modellazione 3D delle correnti generate dal vento e del trasporto di sedimenti, con infittimento maggiore nei pressi del sito di immersione e fino alla costa antistante.

È stata effettuata inoltre una analisi tempo-variante dei risultati mediante estrazione dei risultati in quattro zone corrispondenti con il centro del sito di immersione e delle tre aree di controllo considerate nella caratterizzazione ambientale del sito stesso (Figura F.6).

Per ciascuna zona, sono stati estratti i risultati in 3 quote corrispondenti a diversi strati del modello (Layer): superficiale, medio e di fondo. I risultati dell'andamento della concentrazione dei solidi sospesi al di fuori del sito di immersione evidenziano che detta concentrazione ha delle forti oscillazioni nello strato superficiale con picchi che superano i 2 mg/l per brevi intervalli di tempo (qualche ora). Detta concentrazione si mantiene invece sempre più bassa di 1,5 mg/l negli strati intermedi e risulta minore di 1 mg/l al fondo, come mostrato nella Figura F.7 per il caso peggiore tra quelli studiati, ossia simulazione di agosto 2017 e zona di controllo a Ovest (Cont\_03).



PROGETTO ESECUTIVO

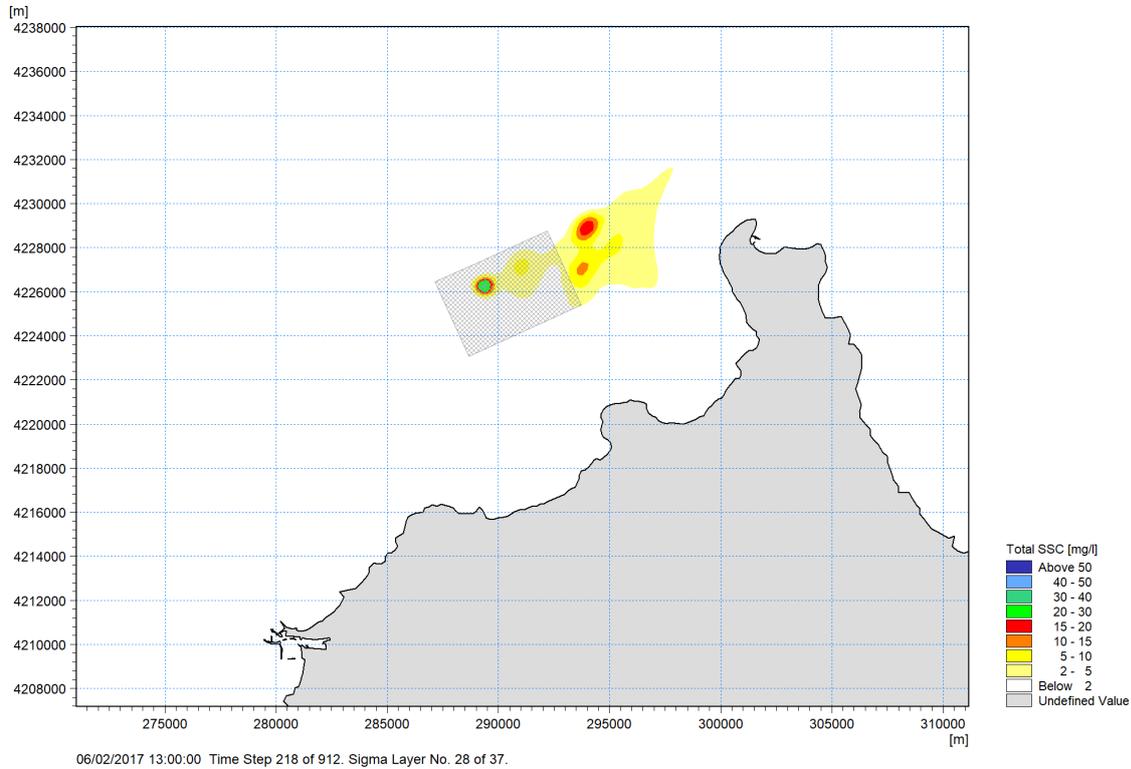


Figura F.5 Simulazione del modello 3D alle ore 13:00 del 6/2/2017. Concentrazione totale dei solidi sospesi (SSC, espressa in mg/l) per il Layer 28, z\_min = -40m.

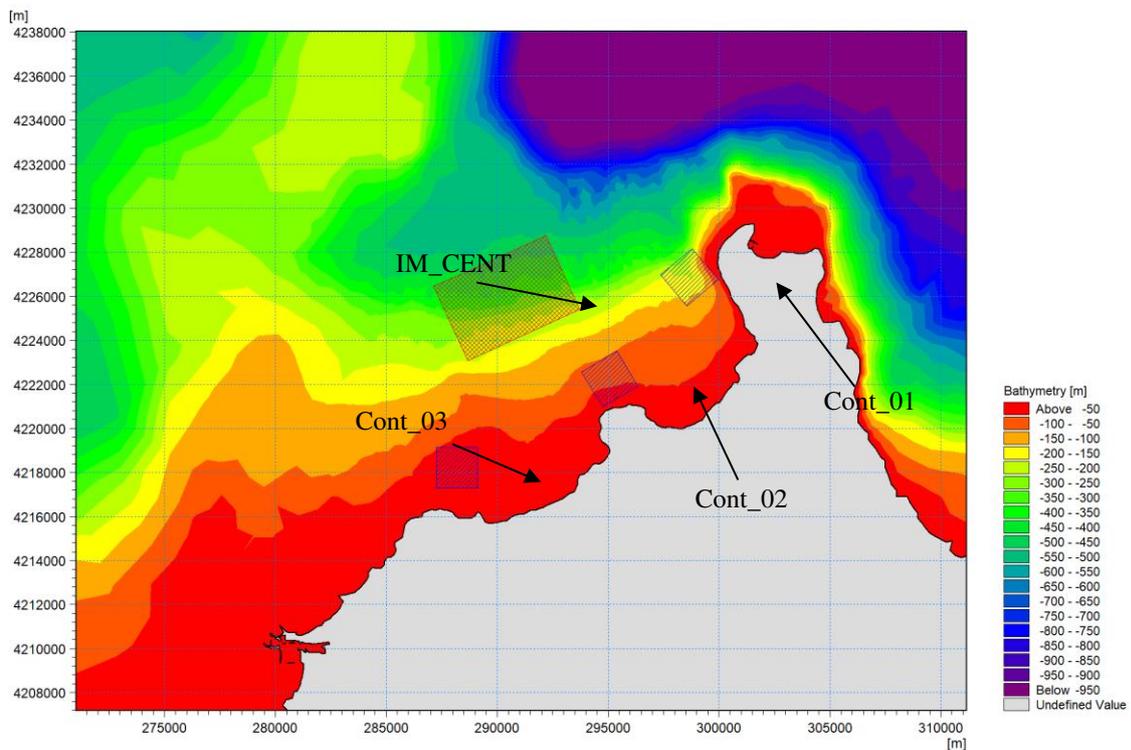


Figura F.6 Dettaglio dell'area in esame con indicazione delle zona di immersione (in rosso) e delle zone di controllo (in blu), con indicazione dei punti utilizzati nell'estrazione dei risultati.



PROGETTO ESECUTIVO

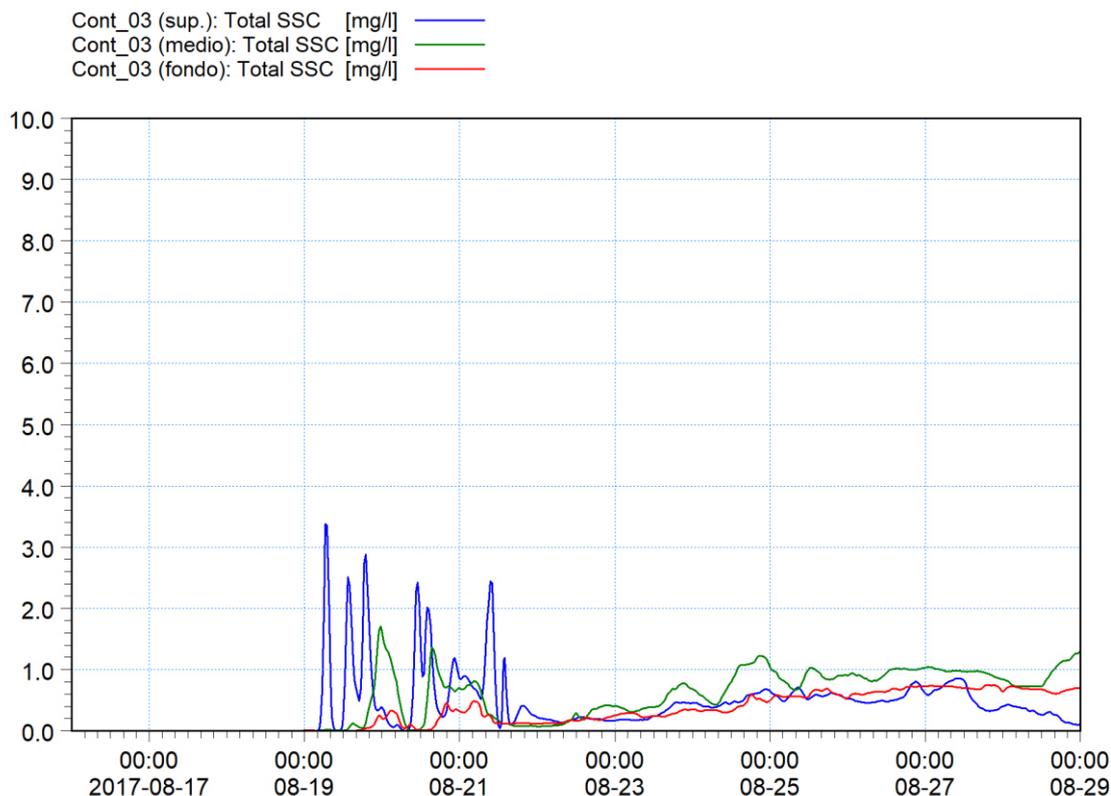


Figura F.7 Simulazione di agosto 2017. Andamento della concentrazione dei solidi sospesi (SSC, espressa in mg/l) nel punto di controllo a Est (Cont\_03) in corrispondenza di tre Layer (superficie, medio, fondo).

**F.7.ii- Discarica a terra per sedimenti di classe C e D.**

Con note n. 5658 del 23.04.2020 e n. 10664 del 10.08.2020 al fine di operare una corretta previsione progettuale, è stata operata una analisi di mercato volta ad individuare la discarica idonea ad accogliere sedimenti di risulta non trattati, classificati con codice CER appropriati.

Hanno riscontrato due discariche siti nella provincia di Agrigento sulla scorta della quale si è operata la connessa previsione di spesa.

Infine, per non compromettere l'operatività delle banchine e ridurre al minimo i disagi derivanti dalla realizzazione dei lavori di cui trattasi, la scelta delle attrezzature da utilizzare è stata effettuata in modo tale che il traffico marittimo non subisca rallentamenti o interruzioni, escludendo pertanto l'utilizzo di mezzi effossori stazionari.



**PROGETTO ESECUTIVO**

---

In merito alle attività di dragaggio, al fine di gestire al meglio i sedimenti sarà realizzato in situ un apposito impianto di Soil Washing mobile che permetterà così da riportare i sedimenti all'interno dei valori limiti normativi di cui alla classe A e B.

Detto impianto sarà definito nel dettaglio nelle successive fasi progettuali ed avrà le caratteristiche di un impianto mobile, pertanto sarà smontato alla fine dell'attività di cantierizzazione, non rappresentato così un elemento fisico definitivo sul territorio.



Stante la gestione dei rifiuti, attività disciplinata a livello Regionale, detto impianto sarà opportunamente autorizzato ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. 152/06 e l'attività di recupero seguirà apposita procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA di tipo Regionale.

Dal punto di vista delle interferenze ambientali, ritenendo la tipologia di impianto assimilabile agli impianti di pertinenza portuale, essendo localizzato all'interno del sedime aeroportuale e potendo eventualmente agire con misure di mitigazione/ottimizzazione, laddove la procedura di VAV lo dovesse evidenziare, non si ritiene necessario effettuare degli approfondimenti modellistici specifici.



### *F.8- Cinematica delle fasi lavorative*

Le attività comprese nel presente intervento di dragaggio sono vincolate alla tipologia di sedimenti da dragare, in relazione alle classi definite nel DM 173/2016.

Come specificato nel piano di gestione dei sedimenti e nella presente relazione, i sedimenti nelle classi A e B verranno immersi in mare al largo, su un sito individuato su profondità maggiori di 200m.

I sedimenti nelle classi C e D verranno trattati con un impianto di Soil Washing per riportare la frazione sabbiosa e ghiaiosa (se presente) entro i limiti delle classi A e B così da consentirne l'immersione nel sito al largo. La parte rimanente verrà invece conferita in discarica.

Le attività individuate nel piano di gestione sono state ottimizzate tenendo conto delle peculiarità del porto di Trapani, con particolare riferimento alla assenza di aree di banchina disponibili per l'accumulo dei sedimenti provenienti dall'escavo.

Si specifica al riguardo che la disponibilità di aree di banchina risulta fondamentale in quanto dette aree sarebbero prossime al sito di intervento. Un eventuale utilizzo delle aree retroportuali necessiterebbe infatti un impatto rilevante sulla viabilità portuale e cittadina.

Si può infatti stimare che per movimentare su gomma i previsti 162'739m<sup>3</sup> di escavo sarebbero necessari circa 16.500 viaggi in andata e altrettanto a ritorno dei camion. Anche nel caso di considerare soltanto il trasferimento su gomma dei materiali nelle classi C e D, si avrebbero circa 8.000 viaggi in andata e altrettanti di ritorno.

In entrambi i casi è evidente che un siffatto attraversamento di vie di comunicazione urbane causerebbe un forte impatto sul traffico cittadino e dunque sull'ambiente.

Con riferimento alla movimentazione dei sedimenti nelle classi A e B, il problema della mancanza di aree disponibili in banchina è stato risolto prevedendo l'utilizzo di una draga ambientale che consenta di caricare, trasportare e rilasciare nel sito di immersione i sedimenti dragati (draga aspirante semovente con pozzo di carico). Nelle zone in cui sono presenti fondali più duri, potrà essere utilizzata anche una testa fresante a rotazione, munita di appositi denti costituiti da materiale ad elevata durezza.

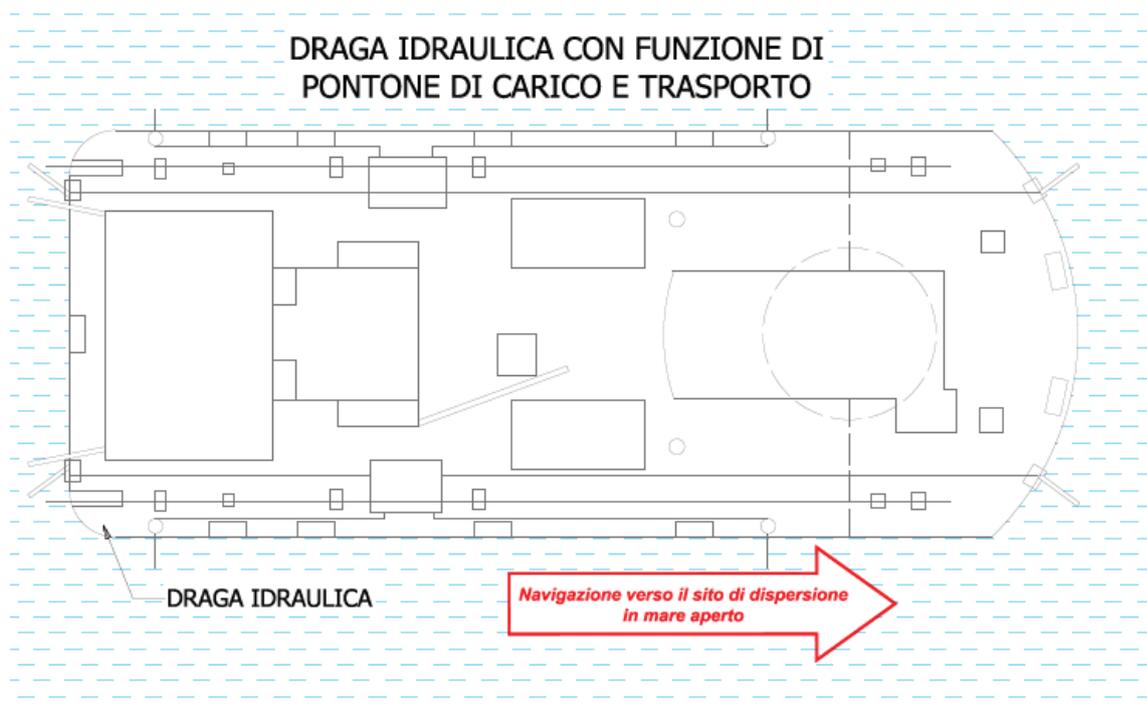


Figura F.8 Schema di una draga ambientale idraulica aspirante semovente con pozzo di carico da utilizzare per la movimentazione dei sedimenti nelle classi A e B.

La gestione dei sedimenti nelle classi C e D necessita di spazi ulteriori rispetto a quelli della draga in cui depositare il materiale proveniente dall'escavo, collocare l'impianto di Soil Washing e depositare i sedimenti in uscita dal trattamento da analizzare prima della loro destinazione finale, ossia sabbia e ghiaia (declassate, da immergere al largo) e frazione pelitica (da conferire a discarica).

Vista la assenza di spazi disponibili in banchina, si è scelto di utilizzare un pontone di dimensioni ipotizzate pari a circa 180mx50m in cui collocare tutte le vasche di accumulo dei sedimenti e gli impianti necessario al loro trattamento, ivi compreso la depurazione delle acque di lavaggio; comunque è evidente che la citata dimensione del pontone è solo indicativa, intendo questa idonea per le attività previste e comunque aperta ad altre similari.

Al fine di incidere il meno possibile sulla fruibilità del porto e delle banchine operative, detto pontone per il trattamento e lo stoccaggio dei sedimenti nelle classi C e D sarà collocato in adiacenza al Molo della colombaia, in una zona ridossata dalla diga foranea, come mostrato in Figura F.10.



PROGETTO ESECUTIVO

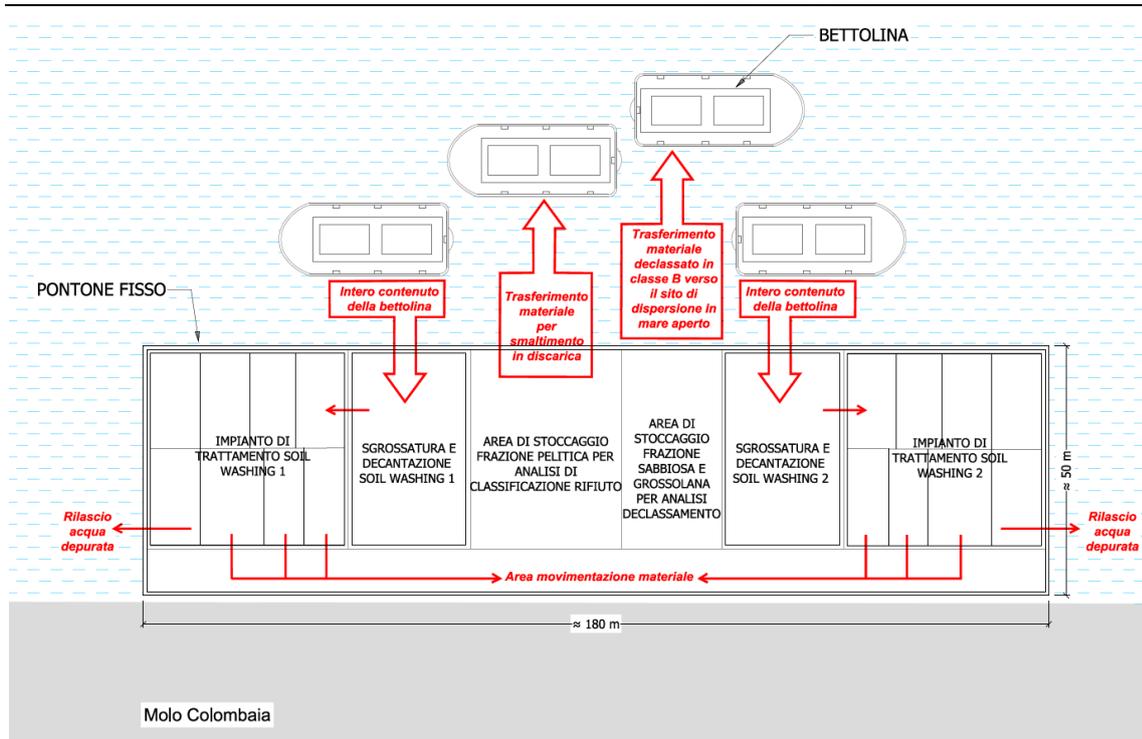


Figura F.9 Pontone per lo stoccaggio e il trattamento dei sedimenti nelle classi C e D. Al fine di accelerare l'intervento di dragaggio ed evitare interruzioni del processo, si ipotizza di collocare due impianti indipendenti.

Le attività di escavo avverranno mediante l'utilizzo di una benna ambientale che collocherà il materiale prelevato dal fondo in una bettolina che lo porterà nel pontone di trattamento e stoccaggio dei sedimenti nelle classi C e D.

Le fasi operative dell'escavo dei sedimenti nelle classi C e D sono riassunte di seguito:

- escavo mediante benna ambientale;
- trasferimento e stoccaggio sul pontone del materiale proveniente dall'escavo;
- trattamento di Soil Washing;
- accumulo in due vasche separate della componente sabbioso/limoso e pelitica;
- analisi dei sedimenti in uscita dal trattamento;
- trasporto a mare nel sito di immersione dei sedimenti declassati in A e B;
- trasporto e conferimento a discarica dei sedimenti non declassati (intera frazione pelitica ed eventuale frazione sabbioso/argillosa non declassata).



**PROGETTO ESECUTIVO**

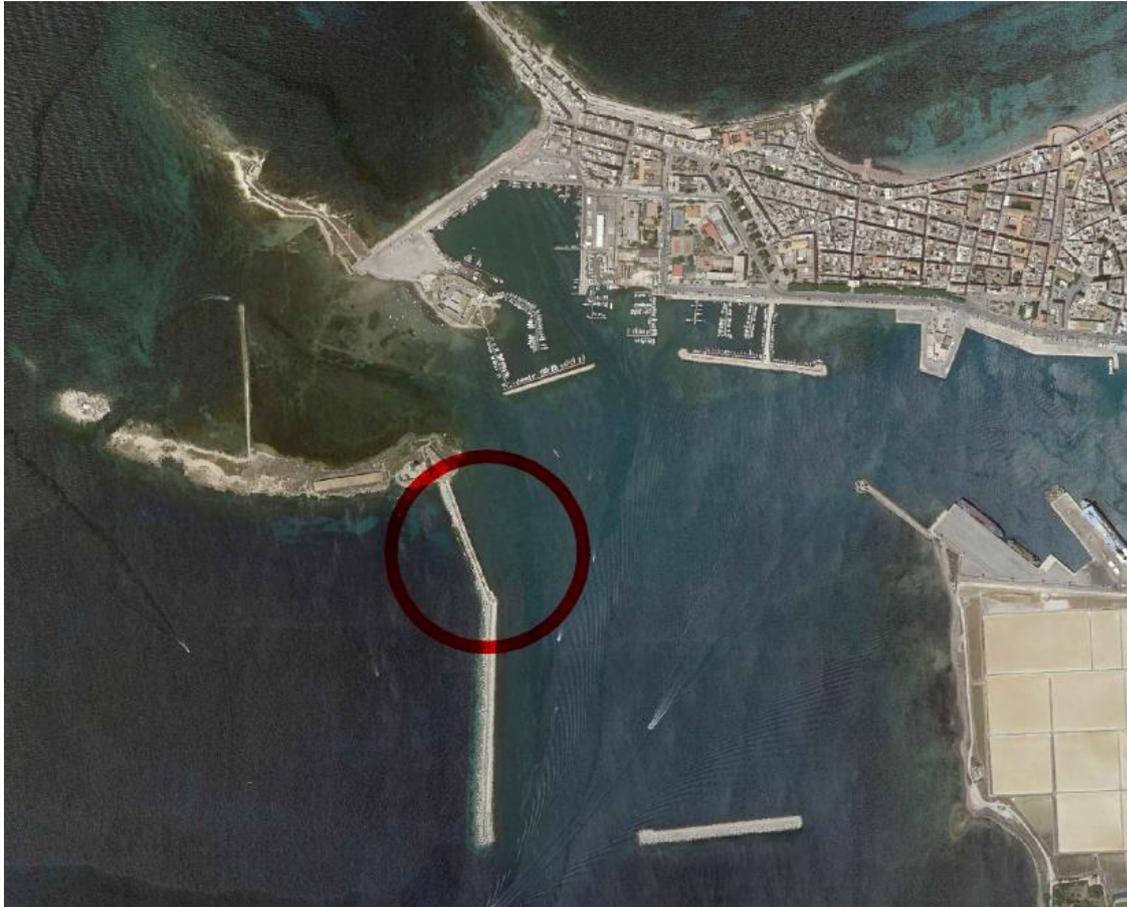


Figura F.10 Tratto del molo della Colombaia in cui collocare il pontone per lo stoccaggio e il trattamento dei sedimenti nelle classi C e D.

Sulla base dei volumi di escavo di progetto riportati nel paragrafo F.2- della presente relazione, si stima che circa 81.000 mc di sedimenti ricadano nelle classi A e B del DM 173/2016. Tali sedimenti verranno deliberatamente immersi in mare nel sito individuato al largo di Cornino-Monte Cofano (TP), come descritto al precedente paragrafo F.7.i-.

La rimanente parte dei sedimenti da dragare nell'ambito del presente progetto, ossia 81.725 mc, ricadano invece nelle classi C e D del DM 173/2016 e saranno quindi oggetto di trattamento di Soil Washing. Ipotizzando un contenuto di acqua in peso pari al 50%, si stima che la quantità di sedimenti in ingresso all'impianto sia pari a 163'450 ton. Considerando inoltre che circa il 78% dei sedimenti da dragare in classe C e D è composto da pelite, è possibile stimare i seguenti quantitativi di materiale in uscita dall'impianto:

- sabbia e ghiaia asciutta: 18'796 m<sup>3</sup>;
- pelite in classe C e D: 62'928 m<sup>3</sup>;
- acqua separata dai sedimenti: 43'463 ton.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

La sabbia e ghiaia in uscita dall'impianto verrà analizzata e, se ricadente entro i limiti delle classi A e B del DM 173/206, verrà inviata al sito di immersione in mare descritto sopra. La rimanente parte dei sedimenti in uscita dall'impianto (pelite, sabbia e ghiaia non declassati) verranno conferiti a discarica. L'acqua in esubero verrà rilasciata a seguito di depurazione.

I sedimenti pelitici provenienti dall'escavo delle maglie caratterizzate in classe E saranno portati in discarica previa decantazione ed essiccazione e non saranno trattati come i sedimenti provenienti dalle maglie classificate in classe C e D.

### *F.9- Piano di monitoraggio ambientale*

Ai fini del monitoraggio ambientale l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale, ha dato incarico alla Società Ingechim srl, società di ingegneria con sede in provincia di Palermo, che ha redatto gli elaborati componenti il Piano di monitoraggio ambientale delle principali componenti ambientali interessate dall'opera.

Tale documento è stato redatto ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 15 luglio 2016, n. 173 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo dei fondali marini" (GU n. 208 del 06/09/2016 – Suppl. Ordinario n. 40).

Il Piano di monitoraggio ambientale ha lo scopo di illustrare le modalità operative relative al monitoraggio delle principali componenti ambientali coinvolte nelle attività di dragaggio del porto di Trapani e nelle attività di immersione in mare dei materiali dragati in classi A e B.

Al fine di dimensionare al meglio il monitoraggio ambientale, e stabilire le modalità, i criteri, e le tempistiche da adottare, la società incaricata ha valutato i principali endpoints ambientali e le principali modalità di trasporto del materiale sospeso in ambiente marino e degli eventuali contaminanti secondo le linee guida "Guide lines for Ecological Risk Assessment" pubblicato dal USEPA nel 1998.

Lo scopo dell'attività di monitoraggio dell'ecosistema marino dell'area di dragaggio consiste nel verificare il mantenimento dello stato di qualità riscontrato durante lo studio di caratterizzazione e deve tener conto di diversi aspetti relativi ai vari comparti ambientali interessati (quali colonna d'acqua, sedimento e biota).

Per quanto concerne le stazioni di monitoraggio (Figura F.11), queste sono state posizionate sia all'interno dell'area portuale, in prossimità delle zone di apertura ed imbocco porto per il monitoraggio della sola colonna d'acqua, che al di fuori dell'area portuale per il



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

monitoraggio di tutti i comparti ambientali. Tale monitoraggio dovrà essere eseguito secondo il principio della gradualità in fase "Ante operam", in Corso d'Opera e "Post operam".

Per il monitoraggio del Sito di Immersione (compreso tra la batimetrica -200 m e la batimetrica -500 m) sono state individuate sei sub-aree unitarie e tre Aree di Controllo (Figura F.12). Come per le Aree di dragaggio, il monitoraggio deve essere eseguito secondo il principio della gradualità in fase "Ante operam", in Corso d'Opera e "Post operam" e deve tenere conto degli aspetti relativi ai comparti ambientali.

Al fine di individuare i potenziali bersagli acustici è stata effettuata una simulazione mediante l'applicazione della metodologia CNOSSOS-EU "Common Noise Assessment Methods in Europe", ai sensi della direttiva sul rumore ambientale (2002/49/CE). Sulla base della conoscenza dei ricettori sensibili, è stato possibile scegliere il numero e la posizione delle stazioni di monitoraggio della componente rumore.

Poiché il progetto definitivo riporta, per i sedimenti che sono stati classificati come classi C e D ai sensi del D.M. 173/2016, un trattamento di bonifica e separazione granulometrica tramite impianto di tipo "Sediment Washing", è stato strutturato un monitoraggio dei materiali in uscita dall'impianto di trattamento ai fini della verifica del rispetto dei limiti normativi di riferimento per ciascuno dei flussi in uscita.

Si riporta di seguito in sintesi la struttura del Piano di monitoraggio ambientale suddiviso per l'Area di dragaggio e per il Sito di immersione in cui sono riportate le quantità complessive delle campagne di monitoraggio per le fasi Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam. Si rimanda per dettagli agli elaborati specifici.

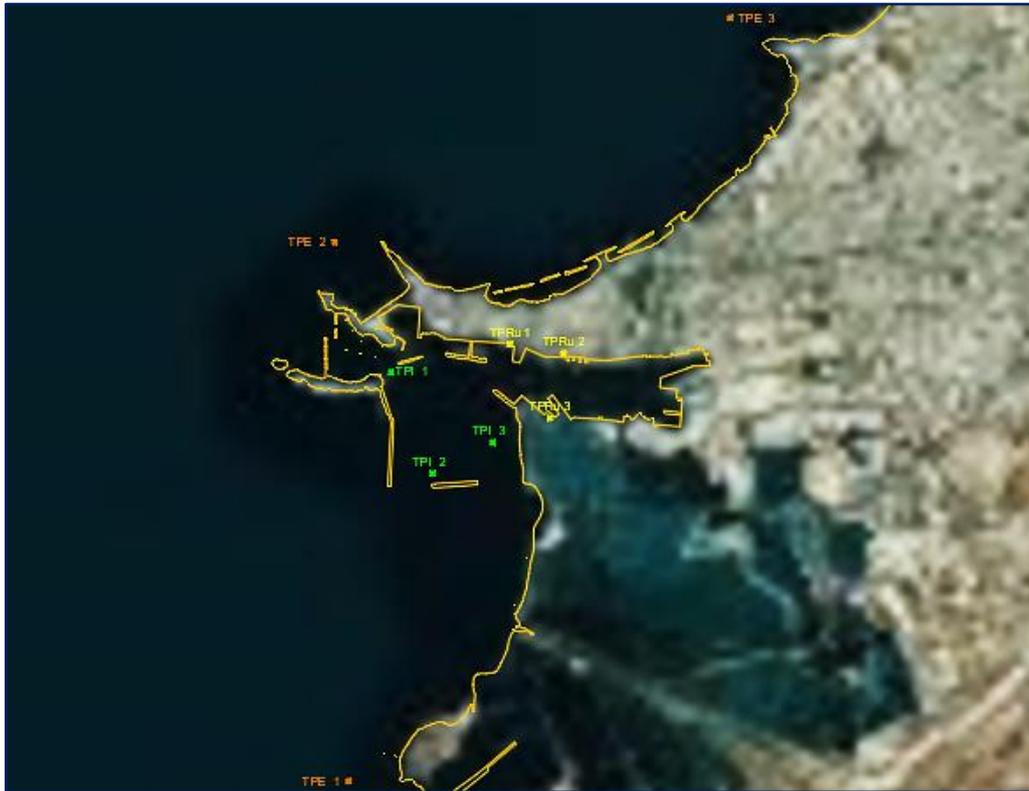


Figura F.11 Stralcio planimetria dell'ecosistema marino - Aree di dragaggio.

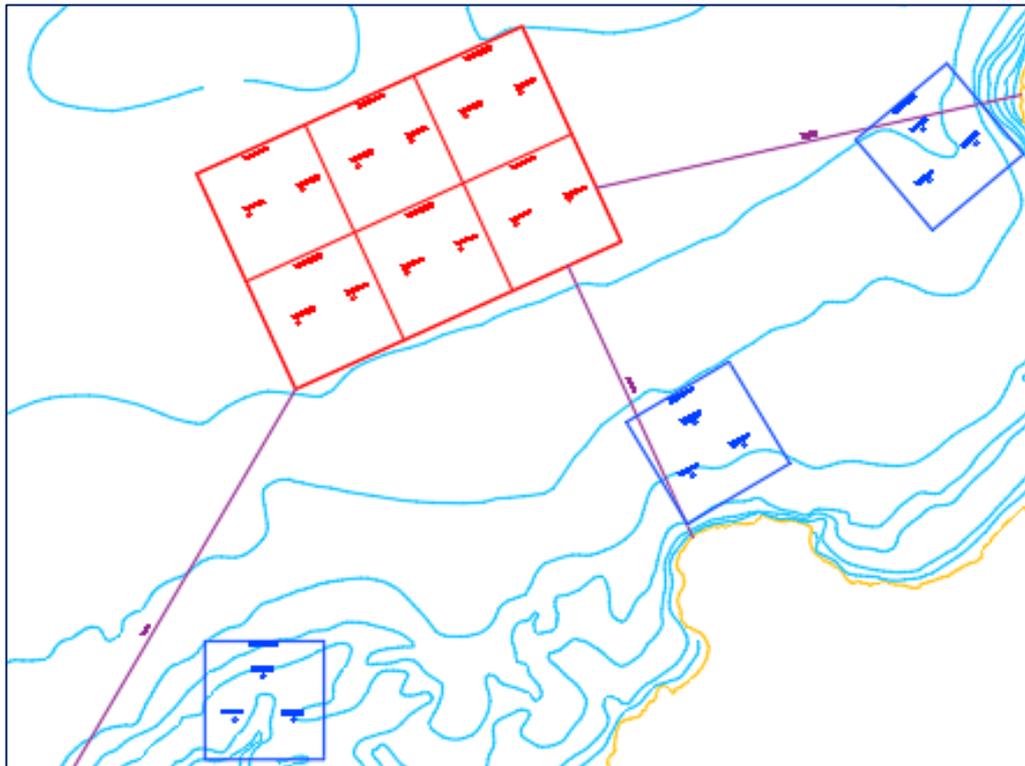


Figura F.12 Stralcio planimetria dell'ecosistema marino - Sito di Immersione.



## **G- LA SOLUZIONE DI PROGETTO**

### *G.1- Risagomatura ex diga frangiflutti Ronciglio*

Gli interventi in progetto riguardano lo smantellamento della ex diga frangiflutti (sporgente) Ronciglio e la successiva risagomatura della stessa.

Le parti principali che costituiscono le sezioni della diga del Ronciglio all'ingresso del bacino interno oggetto del presente progetto possono essere così suddivise:

- ⇒ coronamento;
- ⇒ scogliere;
- ⇒ testata.

Come già illustrato, lo sporgente è ubicato all'interno del porto di Trapani, a ridosso della nuova darsena Ronciglio, per una lunghezza complessiva di 180 m circa.

Il progetto prevede il salpamento dell'attuale testata, per una lunghezza di circa 30 m, e di un tratto di lunghezza circa pari a 120 m del tronco di radicamento a terra. In questo modo, il moncone del radicamento a terra, prima della sagomatura della nuova testata, avrà lunghezza di circa 22 m a partire dalla parte emersa della scogliera di protezione della testata della nuova banchina Ronciglio (cfr. figure successive).

Propedeutici ai lavori di salpamento sono:

- ❖ lo smontaggio della colonna in basamento della statua Mariana e della stessa effigie sacra;
- ❖ la dismissione degli arredi marittimi;
- ❖ la demolizione dell'edificio del vecchio fanale luce verde;
- ❖ le demolizioni delle pavimentazioni e dei muretti in testata;
- ❖ la dismissione dei sotto-servizi e dei cavidotti elettrici presenti nel coronamento della diga.

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova testata circolare, la cui intersezione con il livello medio marino presenta un diametro di 34 m e centro sull'asse involuppo della linea di immersione della residua mantellata di sopraflutto. Pertanto, l'ingombro totale al piede dell'opera interferiva con l'attuale prateria di posidonia in corrispondenza del piede dello sporgente. Per questo motivo si è deciso di ridurre la dimensione della testata (diametro della circonferenza proiettata sul piano del l.m.m. pari a 27m) e di arretrarne il centro in corrispondenza dell'asse involuppo della linea di immersione della residua mantellata di sottoflutto (cfr. figura successiva).



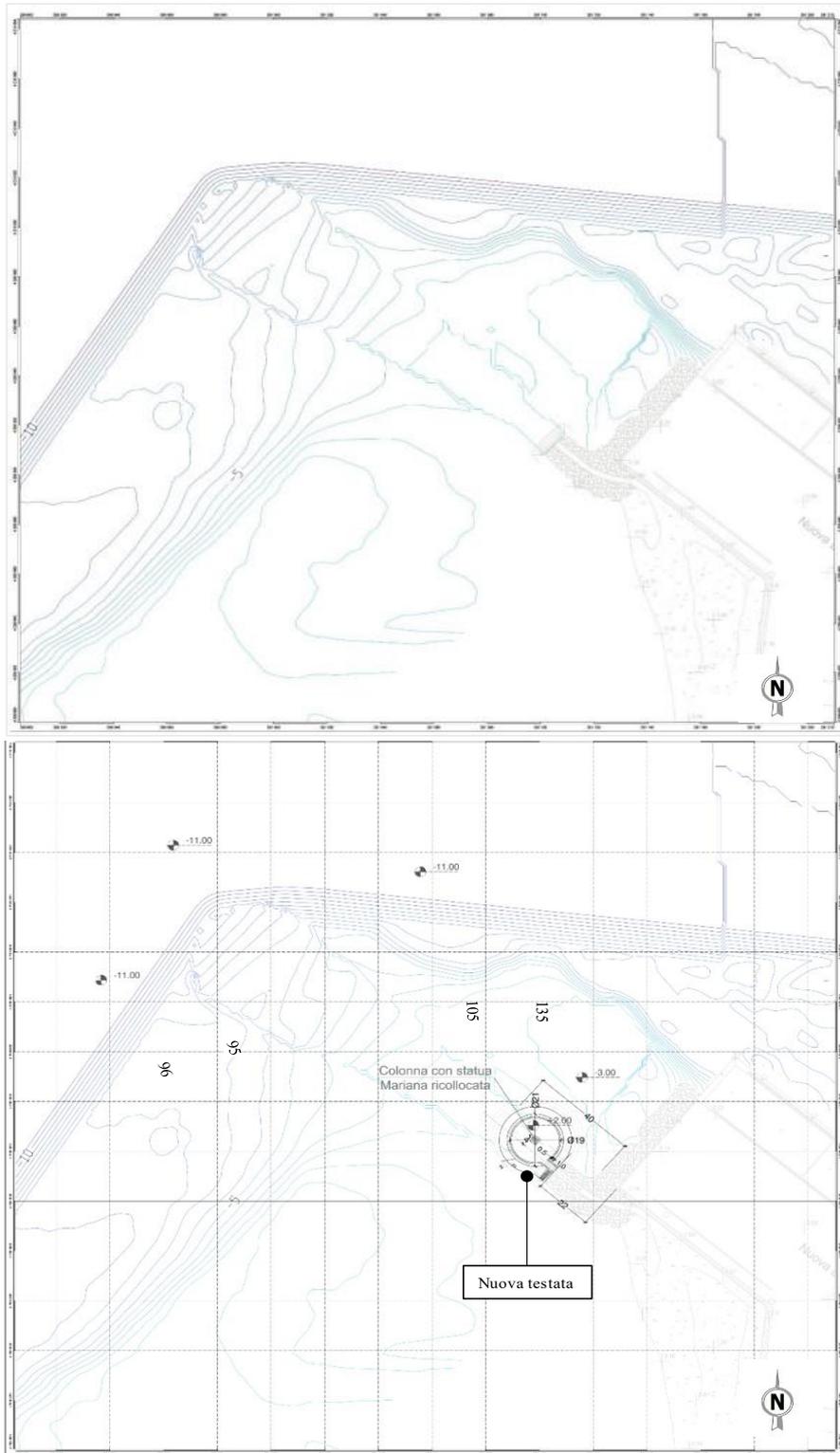
Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,  
Termini Imerese, Trapani,  
Porto Empedocle

## Relazione Generale e riepilogativa Tecnica

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale  
PORTO DI TRAPANI  
LAVORI DI SALPAMENTO DELLA DIGA RONCIGLIO, DRAGAGGIO DEI FONDALI  
ANTISTANTI E MESSA IN ESERCIZIO DELLE BANCHINE A PONENTE DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO

### PROGETTO ESECUTIVO



FASI DI REALIZZAZIONE NUOVA TESTATA CIRCOLARE



**PROGETTO ESECUTIVO**



DETTAGLIO DELLA PLANIMETRIA PER LA SOLUZIONE PROGETTUALE DELLA  
NUOVA TESTATA

Le scogliere della testata di nuova realizzazione sono state progettate con le seguenti caratteristiche:

- ✓ quota del piano di calpestio finito a +2.0 m s.l.m.m.;
- ✓ pendenza delle scarpate pari a 2:3;
- ✓ strato di fondazione a perdere in scapoli di pietrame fioriti durante le operazioni di salpamento dello sporgente;
- ✓ nucleo eseguito con materiale salpato di I categoria o in scapoli di pietrame;
- ✓ strato di filtro con scogli di I categoria precedentemente salpati;
- ✓ mantellate in doppio strato in scogli di II categoria precedentemente salpati.



## *G.2- Dragaggio area interna dell'avamposto*

L'attuale andamento batimetrico delle aree a ponente dello Sporgente Ronciglio non garantisce una manovra d'ingresso al bacino interno in piena sicurezza per la nave di progetto. Anche il salpamento della testata e di parte del tronco dello sporgente del Ronciglio non migliora la condizione di navigabilità, in ragione delle modeste profondità che contornano l'attuale diga del Ronciglio.

Risulta quindi necessario approfondire i fondali certamente nell'introno del Ronciglio e, anche, valutare un allargamento nel secondo quadrante delle aree a profondità costante, in modo da realizzare un profilo rettilineo delle scarpate, dall'imboccatura portuale a sud fino alla nuova testata del Ronciglio.

Inoltre, si è valutata anche una rettifica dei profili di scarpata dei fondali antistanti la darsena del Ronciglio, tra la vecchia e la nuova banchina Ronciglio. Tra le soluzioni studiate e confrontate, si sintetizzano qui le 5 più significative già descritte in dettaglio nella presente relazione:

- A-Un approfondimento delle aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio con rifilatura del piede della scarpata meridionale dei fondali antistanti la darsena Ronciglio nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia;
- B-Medesimi approfondimenti previsti al punto A più la rettifica del piede delle scarpate dei fondali antistanti le saline del Ronciglio secondo un allineamento diretto tra la testata della diga di sotto flutto e la nuova testata;
- C- Medesimi approfondimenti previsti al punto A più la rettifica del piede delle scarpate dei fondali antistanti le saline del Ronciglio secondo una spezzata con impatto minimizzato sull'attuale prateria di posidonia;
- D- Approfondimento delle sole aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia.
- E- Approfondimento delle aree circostanti l'attuale testata dello sporgente Ronciglio con rifilatura del piede della scarpata meridionale dei fondali antistanti le saline Ronciglio, nel rispetto dell'attuale prateria di posidonia, e approfondimento dei fondali antistanti la nuova banchina Ronciglio.

**Tra le cinque alternative studiate e sopra sintetizzate, la migliore dal punto di vista ambientale, tecnico, economico e funzionale è risultata essere l'alternativa di cui al punto E.**



Entrando nello specifico dell'alternativa scelta, come mostrato nella figura seguente, si osserva che nell'avamposto si realizza un perfetto allineamento del piede della scarpata levantina tra la testata della diga sottoflutto e la boa di segnalazione dei bassi fondali.

**Allo stesso tempo, è assolutamente rispettata l'area coperta dall'attuale prateria di posidonia.**

Riguardo al canale di ingresso al bacino interno, la soluzione permette di ottenere una larghezza minima del canale prima della bocca d'ingresso pari a 240 m, compatibile con la larghezza di un canale a due vie. Tuttavia, la bocca d'ingresso presenta una larghezza utile con profondità maggiore o uguale a nove metri per soli 223 m, quindi leggermente sottodimensionata rispetto alle linee guida del AIPCN.

Riguardo alle aree di evoluzione interne all'avamposto, la soluzione scelta permette di ottenere un cerchio di evoluzione di diametro pari a 413 m, ossia circa 1,4 LOA. La dimensione ottenuta risulta leggermente inferiore alle raccomandazioni internazionali (1,5 LOA, ovvero 450 m). Tuttavia, nella valutazione del presente dato va considerato che:

- l'ubicazione del cerchio di evoluzione è notevolmente distante da ogni ostacolo emerso (distanza sempre maggiore di 125 m);
- la nave di progetto presenta una notevole differenza tra la lunghezza fuori tutto e la lunghezza tra le perpendicolari (LBP).

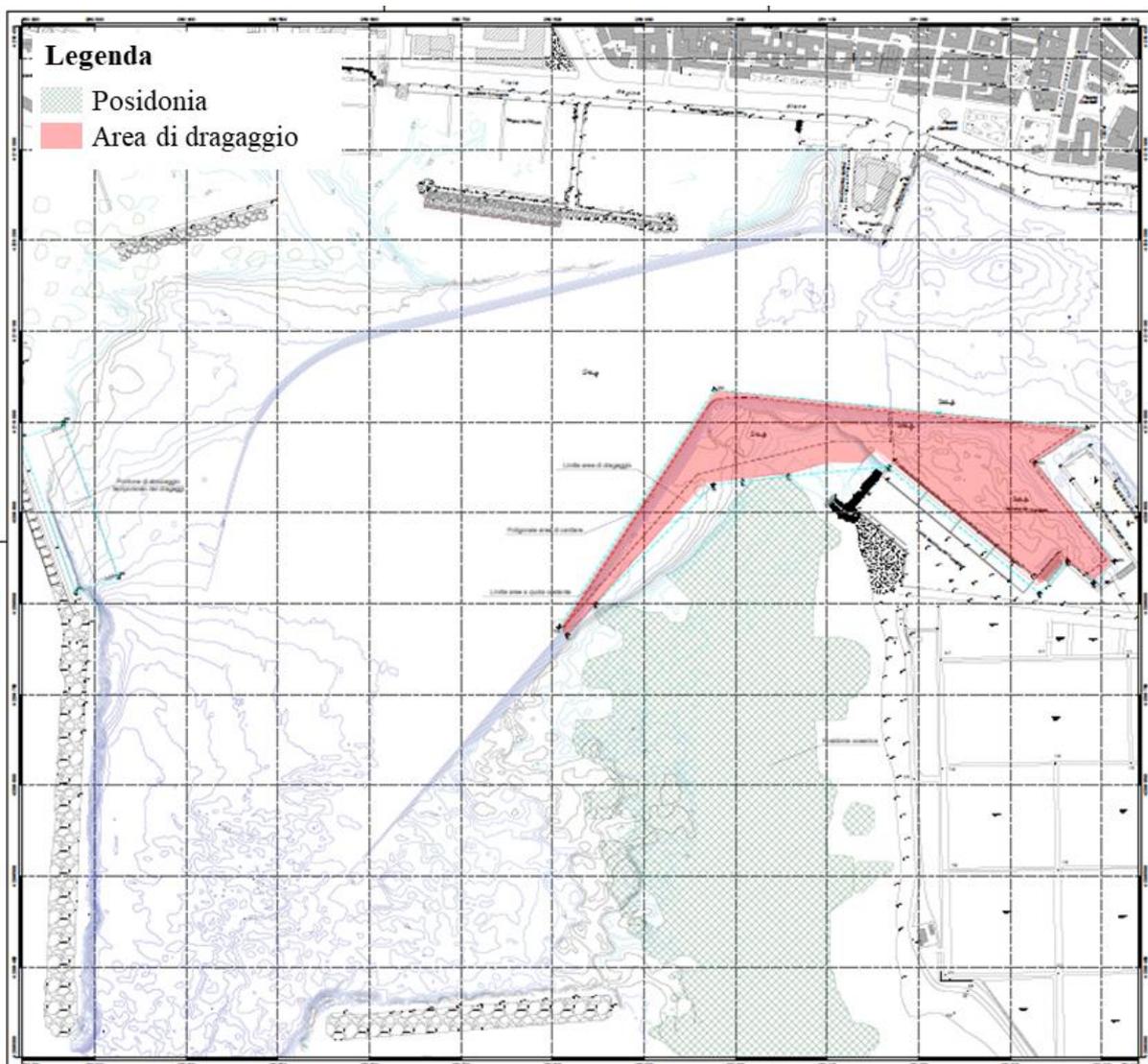
Per la nave di progetto si può stimare una lunghezza LBP pari a 270 m. Considerando tale parametro come quello su cui definire il cerchio di evoluzione, in ragione del fatto che LBP rappresenta sostanzialmente la lunghezza dei punti sommersi più distanti della chiglia, il cerchio di evoluzione risulta avere un diametro di circa 1,525 LBP.

In merito ai dragaggi, si segnala la presenza di alcuni sedimenti i cui analiti sono fuori dai valori limite normativi. Per detti sedimenti sarà realizzato in situ un apposito impianto di Soil Washing mobile che permetterà così di ridurre gli analiti presenti e riportare i sedimenti all'interno dei valori limiti normativi delle classi A e B. Detta procedura presenta diversi profili ambientali di ottimizzazione quali una minore produzione di rifiuti ed un minore traffico per lo smaltimento di rifiuti stessi.

I sedimenti che risulteranno al di sotto dei limiti normativi A e B post trattamento saranno quindi reimpiegati per la immersione in mare nello stesso sito utilizzato per il progetto di dragaggio dell'area portuale, secondo quanto previsto dalle normative vigenti, sito per il quale è stato redatto apposito Studio di Incidenza Ambientale a cui si rimanda per tutti i dettagli ma che evidenzia l'assenza di incidenze negative sulle aree tutelate.



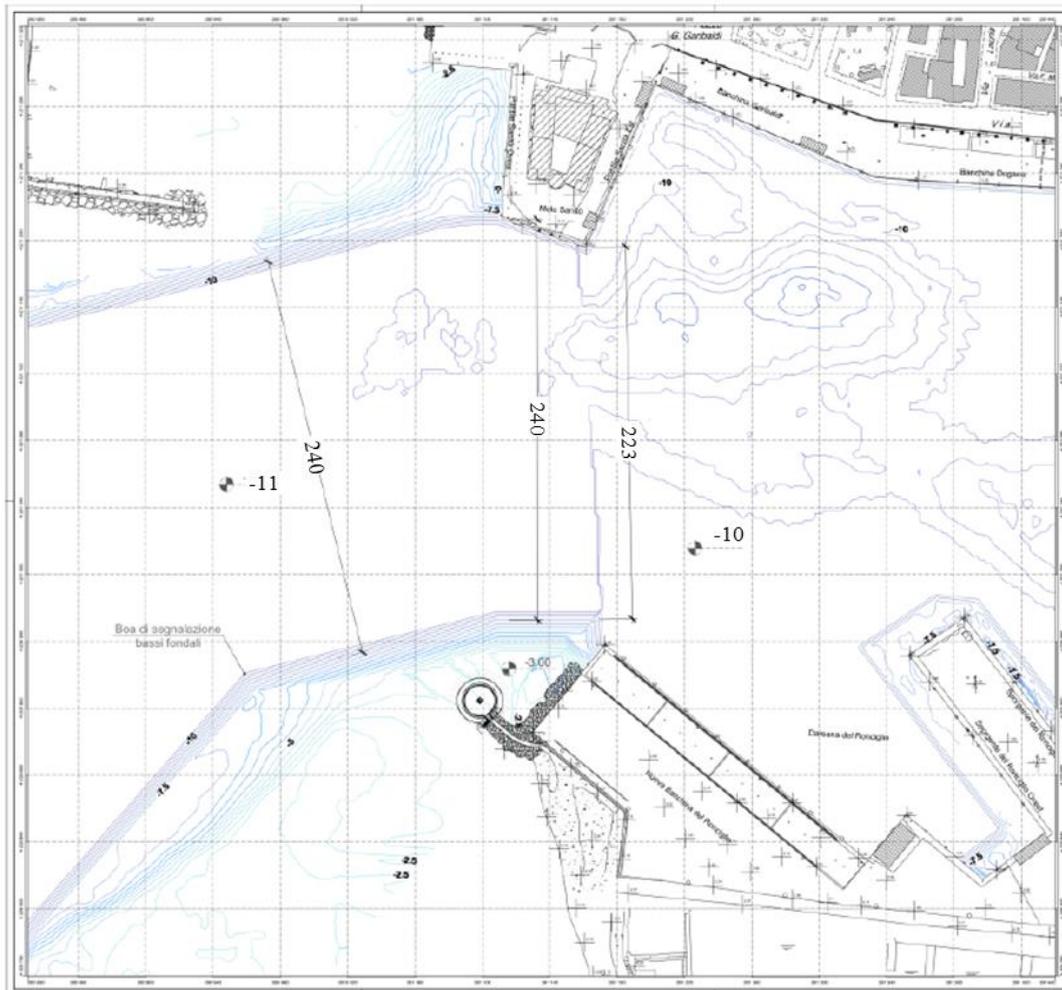
I sedimenti che, a valle del processo di trattamento dovessero risultare al di sopra dei limiti normativi saranno conferiti ad opportuno sito di smaltimento ubicato ad Agrigento ed il trasporto avverrà esclusivamente via mare.



LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI DRAGAGGIO



**PROGETTO ESECUTIVO**



**DRAGAGGIO DELLE AREE CIRCOSTANTI LO SPORGENTE RONCIGLIO**

***G.3- Il traffico nautico e il traffico veicolare indotto atteso***

In merito al traffico navale atteso ed il relativo traffico veicolare indotto, ai fini delle analisi ambientali è stato considerato il modello di esercizio relativo a due giornate tipo, una riferita al periodo invernale (dal primo ottobre a trenta aprile) caratterizzata da una flessione del traffico navale e una riferita al periodo estivo (dal primo maggio al trenta settembre) caratterizzata da un maggior carico di traffico data la vocazione turistica dello scalo portuale.

Per entrambi gli scenari considerati sia il traffico navale che il traffico veicolare indotto sono stati suddivisi nei due periodi di riferimento diurno (06:00 – 22:00) e notturno (22:00 – 06:00).



**PROGETTO ESECUTIVO**

<b>Traffico navale</b>				
<b>Periodo invernale (01/10 – 30/04)</b>				
<b>Tipologia navi</b>	<b>Diurno</b>		<b>Notturmo</b>	
	<b>Attracchi</b>	<b>Partenze</b>	<b>Attracchi</b>	<b>Partenze</b>
Navi per le isole Egadi	1	1	1	1
Navi per l'isola di Pantelleria	1	1	-	-
<i>Totale</i>	2	2	1	1
<b>Periodo estivo (01/05 – 30/09)</b>				
<b>Tipologia navi</b>	<b>Diurno</b>		<b>Notturmo</b>	
	<b>Attracchi</b>	<b>Partenze</b>	<b>Attracchi</b>	<b>Partenze</b>
Navi per le isole Egadi	3	3	1	1
Navi per l'isola di Pantelleria	1	1	-	-
<i>Totale</i>	4	4	1	1

MODELLO DI ESERCIZIO DEL TRAFFICO NAVALE

<b>Traffico veicolare indotto</b>		
<b>Periodo invernale (01/10 – 30/04)</b>		
<b>Tipologia</b>	<b>Diurno</b>	<b>Notturmo</b>
Mezzi leggeri	30	10
Mezzi pesanti	35	15
<i>Totale</i>	65	25
<b>Periodo estivo (01/05 – 30/09)</b>		
<b>Tipologia</b>	<b>Diurno</b>	<b>Notturmo</b>
Mezzi leggeri	50	10
Mezzi pesanti	50	15
<i>Totale</i>	100	25

MODELLO DI ESERCIZIO DEL TRAFFICO VEICOLARE INDOTTO



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Per quanto concerne la tipologia di natanti considerati di seguito si riportano le dimensioni delle navi considerate:

- ⇒ Nave per le isole Egadi: Lunghezza 70 mt c.a. - Larghezza 15 mt c.a.
- ⇒ Nave per l'isola di Pantelleria: Lunghezza 125 mt c.a. - Larghezza 20 mt c.a.

**Si specifica che l'entrata in esercizio del nuovo molo non comporta un aumento del traffico navale bensì la riconfigurazione e l'ottimizzazione dello scalo portuale.**



## **H- LA CANTIERIZZAZIONE**

### *H.1- Criteri e modalità di esecuzione delle opere in progetto*

Il progetto di demolizione del molo prevede le seguenti fasi operative:

- a) lo smontaggio del fanale verde esistente, dei relativi impianti;
- b) la demolizione delle strutture in c.a. e il successivo trasporto a discarica (effettuata sempre sulla radice del molo di sottoflutto);
- c) il salpamento dei massi parallelepipedi in c.a. (da collocarsi sul molo di sopraflutto in attesa della ricollocazione alla nuova testata ovvero a protezione del molo sul lato esterno porto);
- d) il salpamento degli scogli di II e III categoria costituenti la mantellata;
- e) la ricollocazione del materiale arido salpato per la risagomatura della diga.

Di seguito è riportato l'elenco delle macchine operatrici e delle attrezzature impiegate nella realizzazione del salpamento del molo sottoflutto:

- ❖ Gru galleggiante per il salpamento;
- ❖ Escavatore cingolato;
- ❖ Pala gommata;
- ❖ Motobarca a motore di servizio.

Nella figura seguente si riporta uno schematico delle fasi previste per la demolizione del molo.

Per quanto concerne invece le attività di dragaggio dei fondali limitrofi l'ex diga Ronciglio prima dell'inizio dei lavori è prevista la realizzazione della bonifica dei fondali interessati dal dragaggio per rintracciare eventuali ordigni bellici ed esplosivi di qualsiasi specie, in modo che sia assicurata l'incolumità degli operai addetti al lavoro medesimo.

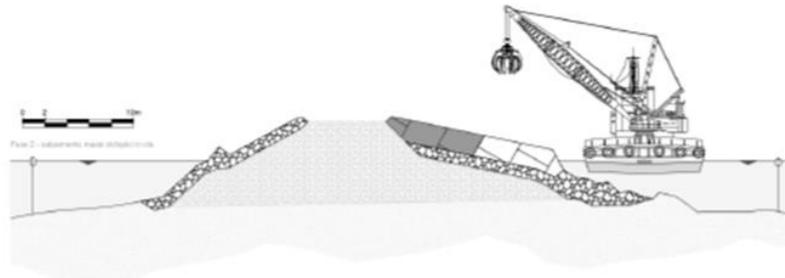
In secondo luogo, si procederà al salpamento di pietrisco (es. residui dello scanno di imbasamento a ciglio banchina), massi artificiali o naturali, rottami ed altri manufatti o elementi lapidei di qualsiasi forma che possano costituire ostacolo per la navigazione o arrecare danni alla draga, fino alla profondità di progetto.

Gli eventuali massi, ritenuti riutilizzabili dalla Direzione dei Lavori, saranno collocati in opera a rifiorimento delle infrastrutture portuali a gettata.

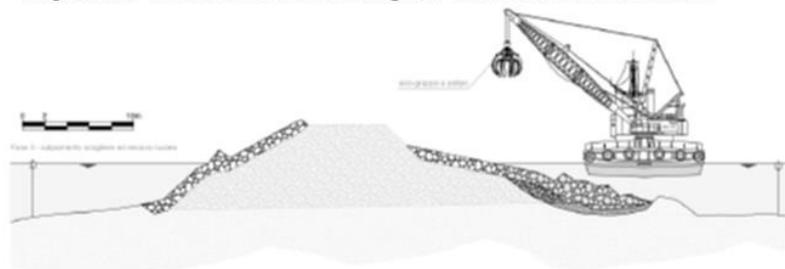


**PROGETTO ESECUTIVO**

Rimozione dei massi ciclopici



Salpamento dei massi di II e III categoria e messa a nudo del nucleo



Rimozione del nucleo e dello strato di compenetrazione  
della scogliera con le matrici sabbio-limose

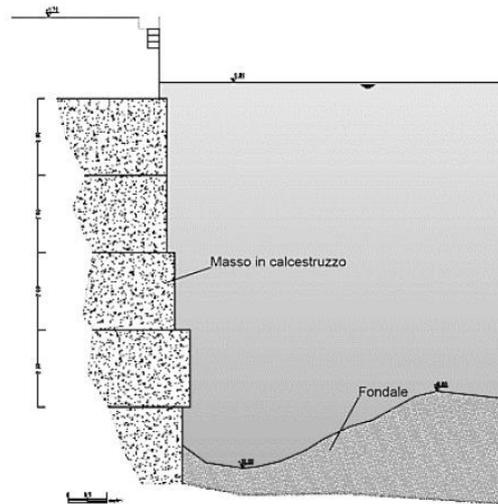


**SEQUENZA DELLE LAVORAZIONI DI SALPAMENTO DELLA TESTATA DELLO  
SPORGENTE RONCIGLIO**

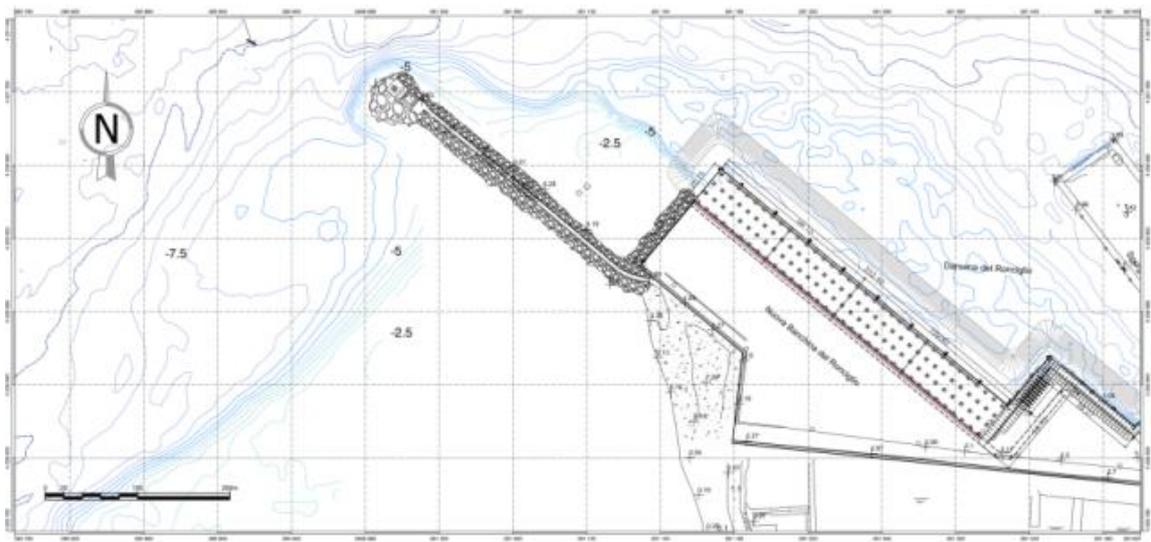
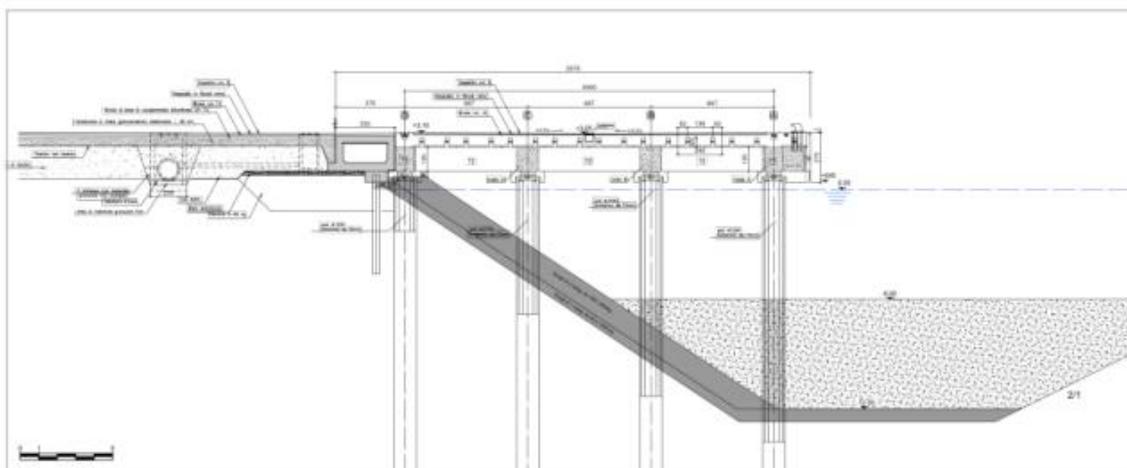
I materiali salpati non riutilizzabili (massi artificiali o naturali, rottami ed altri manufatti o elementi lapidei) di qualsiasi forma e dimensione saranno trasportati a rifiuto in discarica terrestre autorizzata.

Per quanto riguarda le banchine della darsena del Ronciglio, accessibili tramite il ponte realizzato sul Canale di Mezzo, quelle dello sporgente settentrionale sono state realizzate in pile di massi artificiali su fondali di  $(-9,00) \div (-12,00)$ . Le sezioni tipo delle banchine, ricostruite sulla base dei rilievi topo-batimetrici del 2018, sono illustrate nella figura seguente.

Alla radice orientale era stato realizzato un dente di attracco perpendicolare per i traghetti di maggiore tonnellaggio. Successivamente è stata costruita in adiacenza la Nuova Banchina Ronciglio, a giorno su pali, della quale sono disponibili i particolari riportati nelle figure a pagina successiva.



SPORGENTE RONCIGLIO. SEZIONE TIPO MURI DI SPONDA A MASSI SOVRAPPosti



SEZIONE TIPO NUOVA BANCHINA RONCIGLI, A GIORNO SU PALI



Per quanto riguarda la nuova banchina Ronciglio, le fasce di rispetto dei dragaggi al fine di garantire la stabilità delle strutture chiaramente non sono definite essendo un'opera a giorno con scogliera imbasata alla -12 m s.l.m.m..

Invece, per quanto riguarda le banchine dello sporgete settentrionale a massi sovrapposti, la relazione conclude che "le operazioni di dragaggio devono mantenersi ad una distanza minima di 15 m dall'attuale filo banchina lungo i tre lati dello sporgete, per non alterarne le attuali condizioni".

L'attività sarà eseguita con l'impiego di moto-pontone munito di gru attrezzata con benna e di operatori subacquei regolarmente abilitati.

Per l'esecuzione delle attività di dragaggio saranno utilizzati i mezzi d'opera più idonei alla riduzione dell'impatto ambientale, anche al fine della riduzione dei tempi necessari per l'esecuzione dei lavori.

In particolare, le lavorazioni saranno svolte sempre in ambiente confinato, per prevenire dispersioni di acque intorbidite dalle lavorazioni.

## *H.2- Gestione dei sedimenti dragati*

Si possono prevedere tre differenti azioni di intervento, per le specifiche tipologie di sedimento precedentemente caratterizzato.

⇒ sedimenti in Classe A e B: questi sedimenti, dato il prevalente contenuto in pelite, saranno dragati ed immersi deliberatamente in mare, in un'area idonea per profondità dei fondali ed a distanza di oltre 2,5 mn, eseguendo un monitoraggio ambientale dei principali contaminanti riscontrati in fase di caratterizzazione;

⇒ sedimenti in Classe C e D: la norma prevede la possibilità di gestire questo sedimento all'interno di aree conterminate in ambito portuale. Come sopra detto nel porto di Trapani non sono presenti aree di conterminazione e non ci sono al riguardo nel vigente P.R.P. previsioni di realizzazione di tali aree. Pertanto allo scopo di individuare un'adeguata gestione dei sedimenti nelle classi C e D, si prevedono possibili azioni intese alla riduzione dei volumi da conferire in discarica, a mezzo di trattamenti di riclassificazione degli stessi almeno in classe B, al fine di poterli immergerli deliberatamente in mare;



⇒ Sedimenti in Classe E: Per questi sedimenti è prevista dal D.M. 173/2016 la rimozione in sicurezza dall'ambiente marino, garantendo il minimo contatto tra il sedimento e la colonna d'acqua attraversata, ed il successivo smaltimento in idonea discarica. **Risulta opportuno specificare che il presente intervento di dragaggio, la cui estensione è minore rispetto a quella della caratterizzazione, non interviene in zone in cui si è riscontrata la presenza di sedimenti in classe E.**

### *H.3- Le aree per la cantierizzazione*

Come ampiamente trattato i lavori di salpamento avverranno da mare e oltre gli spazi acquei per l'ormeggio temporaneo di chiatte, pontoni, moto bette e qualsiasi altro mezzo marittimo si disporrà di un'area a terra presso la nuova banchina Ronciglio dove sarà impiantato il cantiere.

Nello specifico il cantiere a terra sarà organizzato come segue:

- ✓ deposito macchinari;
- ✓ deposito attrezzature;
- ✓ cumuli per lo stoccaggio temporaneo dei materiali salpati in attesa di ricollocamento per la nuova testata;
- ✓ compressori per il muro a bolle d'aria.

Per quanto concerne i cumuli per lo stoccaggio temporaneo dei materiali salpati, avranno un'altezza massima di 4.25 s.p.c. e dimensioni pari a circa 30 x 30 metri (cfr. figura seguente).

### *H.4- Il bilancio dei materiali*

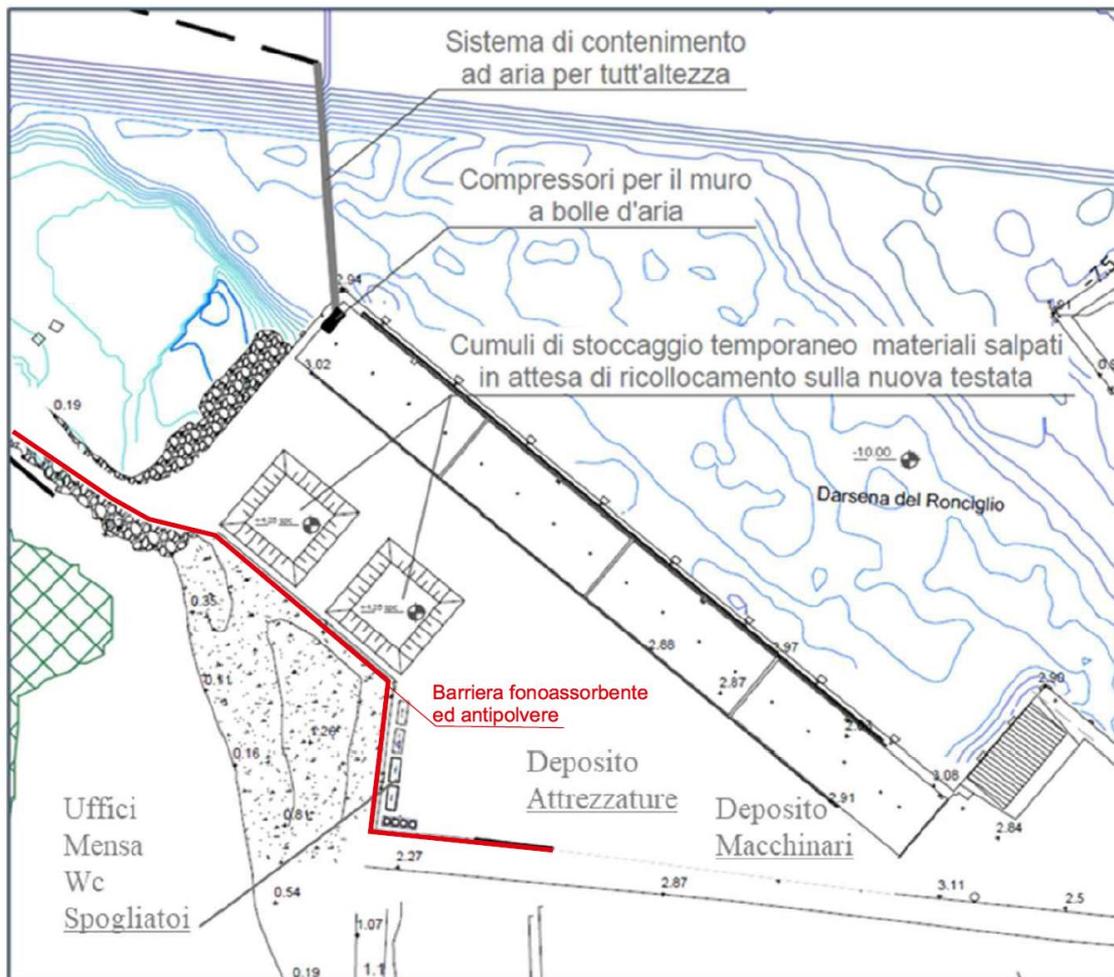
Si riportano qui di seguito le tabelle relative al bilancio terre distinguendo, i materiali di scavo prodotti e potenzialmente riutilizzabili nell'ambito dello stesso progetto e quelli in esubero.

Le valutazioni eseguite riguardano quindi:

- produzione totale dei materiali provenienti dal salpamento della ex diga Ronciglio;
- riutilizzo dei materiali provenienti dal salpamento per le opere in radice e rifiorimento della mantellata;



PROGETTO ESECUTIVO



LOCALIZZAZIONE AREE DI CANTIERE A TERRA

- materiali provenienti dalle demolizioni e destinati a discarica.

I volumi e le modalità di gestione dei materiali di scavo che concorrono al bilancio materie sono sinteticamente descritti di seguito e riportati nella seguente Tabella.

Produzioni da salpamento [mc]	Riutilizzi da salpamento[mc]		Rifiuti da demolizione [mc]
	In opera alla radice	Rifiorimento della mantellata	
18.060,00	4.500,00	13.500,00	470,00

BILANCIO MATERIE

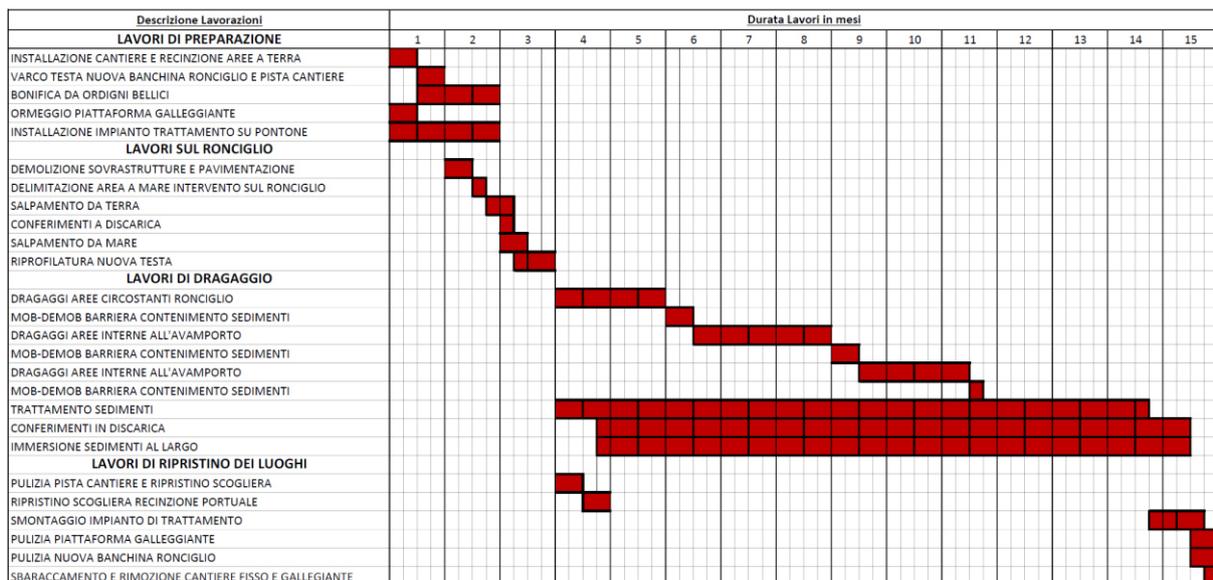


### H.5- Le attività di cantiere e i tempi di realizzazione

Le attività di cantiere si svolgeranno in sei differenti fasi di seguito esplicitate:

- ⇒ Prima fase - impianto cantiere e posa sistema di contenimento ad aria;
- ⇒ Seconda fase - consegna prima area d'intervento - demolizioni faro e pavimentazioni, salpamenti massi cls e spostamento colonna mariana;
- ⇒ Terza fase - salpamento da terra e da mare delle scogliere del molo Ronciglio, con stoccaggio temporaneo dei materiali lapidei in Banchina in attesa di ricollocazione sulla nuova testata. Dragaggio dei fondali circostanti, con conferimento dei sedimenti ai Siti di destinazione e all'impianto di trattamento;
- ⇒ Quarta fase - consegna seconda area per il dragaggio dei fondali ai margini del bacino interno, con conferimento dei sedimenti ai siti di destinazione e all'impianto di trattamento;
- ⇒ Quinta fase - consegna terza area per il dragaggio dei fondali nella nuova darsena ronciglio, con conferimento dei sedimenti ai siti di destinazione e all'impianto di trattamento;
- ⇒ Sesta fase - fine lavori - pulizia superfici e smobilitazione cantiere.

I lavori avranno una durata complessiva pari a 15 mensilità, per un totale di 456 giorni naturali e consecutivi. Di seguito si riporta il cronoprogramma delle lavorazioni:



CRONOPROGRAMMA DELLE LAVORAZIONI



## *H.6- Le azioni di prevenzione e mitigazione in fase di cantiere*

Secondo quanto definito dal D.Lgs 152/06 così come integrato dal D.Lgs. 104/17, è possibile effettuare una gerarchia dei principi legati alla tutela dell'ambiente ed è possibile schematizzare questi in ordine gerarchico:

- a) Prevenzione dall'interferenza ambientale: obiettivo di un'accorta progettazione e gestione dell'opera in progetto deve essere quello di prevenire l'insorgere di possibili interferenze agendo in maniera preventiva ed attraverso delle misure, gestionali e costruttive, atte a garantire il perseguimento di tale obiettivo;
- b) Mitigazione dell'interferenza ambientale: laddove si dovesse esplicitare, anche in maniera potenziale, un'interferenza tra l'infrastruttura ed il progetto si devono mettere in pratica tutte le misure, anche in questo caso gestionali e costruttive, atte a ridurre l'interferenza stessa entro livelli accettabili;
- c) Compensazione dell'interferenza ambientale: laddove non sia possibile né prevenire né mitigare l'interferenza, occorre compensarla attraverso delle misure che possano bilanciare l'interferenza stessa.

Di seguito si riporteranno le misure di prevenzione (a cui fanno riferimento principalmente soluzioni progettuali) nonché le misure di mitigazione previste durante la fase di cantierizzazione dell'opera in progetto.

### **H.6.i- Azioni di prevenzione**

Si è posta grande attenzione alla gestione della cantierizzazione principalmente orientata all'occupazione di aree interessate dalla realizzazione degli interventi in progetto e al riutilizzo del materiale prodotto.

La corretta gestione della cantierizzazione in termini di attività, tempistiche ed aree di cantiere interessate, nonché gestione dei materiali è un punto di forza del progetto ed un vantaggio dal punto di vista ambientale, in quanto garantisce un'ottimizzazione delle risorse di cantiere e garantisce la minimizzazione di produzione di rifiuti.

L'individuazione delle aree sulle quali installare i cantieri a terra è stata effettuata tenendo conto di una serie di requisiti quali dimensioni, accessibilità, distanza da ricettori sensibili e/o zone residenziali significative, vincoli e/o prescrizioni limitative all'uso del territorio, morfologia e valenza ambientale dello stesso, distanza dai siti di approvvigionamento e conferimento, etc..

Sono state quindi individuate aree prossime all'intervento e vicine alla viabilità locale esistente, in modo da interessare il più possibile superfici che verranno utilizzate in fase di esercizio per la realizzazione di opere a verde.



#### **H.6.ii- Azioni di mitigazione**

L'insieme delle lavorazioni previste per la realizzazione del progetto in esame potrebbe generare potenziali interferenze con l'ambiente esterno ed in particolare con i fattori ambientali quali atmosfera, rumore e ambiente idrico.

Tali interferenze potrebbero comportare modificazioni ed alterazioni sulla qualità dell'aria, sui livelli di rumore percepiti dalla popolazione adiacente all'area di intervento e sulla qualità delle acque rispetto alle condizioni attuali.

Al fine quindi, di ridurre le interferenze tra la cantierizzazione e l'ambiente circostante saranno previste, durante la realizzazione dei lavori, delle misure per attenuare, ridurre o eliminare tali potenziali interferenze sui fattori ambientali sopracitate, di seguito riportati.

#### **H.6.iii- Misure per la riduzione della diffusione di polveri**

Allo scopo di ridurre il più possibile la produzione di polveri e di evitare la potenziale alterazione degli attuali livelli di qualità dell'aria verranno previste le modalità operative e gli accorgimenti di seguito indicati (best practice):

- ❖ copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale: l'applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi (aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e di resistenza agli strappi) durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento permetterà il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- ❖ bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- ❖ riduzione delle superfici non asfaltate all'interno delle aree di cantiere;
- ❖ limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate e nelle zone di lavorazione;
- ❖ programmazione di sistematiche operazioni di innaffiamento delle viabilità percorse dai mezzi d'opera;
- ❖ posa in opera, ove necessario, di barriere antipolvere di tipo mobile, in corrispondenza dei ricettori più esposti agli inquinanti atmosferici;
- ❖ ottimizzazione delle modalità e dei tempi di carico e scarico, di creazione dei cumuli di scarico e delle operazioni di stesa, ovvero limitazione della velocità di scarico del materiale: al fine di evitare lo spargimento di polveri, nella fase di scarico del materiale, quest'ultimo verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- ❖ bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni: l'applicazione di specifici nebulizzatori e/o la bagnatura (anche



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

tramite autobotti) permetterà di abbattere l'aerodispersione delle terre conseguente alla loro movimentazione. Questa misura sarà da applicare prevalentemente nei mesi aridi e nelle stagioni in cui si hanno le condizioni di maggior vento;

- ❖ copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati: nel caso fosse necessario stoccare temporaneamente le terre scavate in prossimità dell'area di cantiere si procederà alla bagnatura dei cumuli o in alternativa alla copertura degli stessi per mezzo di apposite telonature mobili in grado di proteggere il cumulo dall'effetto erosivo del vento e limitarne la conseguente dispersione di polveri in atmosfera; dovrà essere predisposto un Piano di bagnatura dei cumuli qualora questi debbano permanere all'interno delle aree di cantiere per più di una giornata;
- ❖ inserimento di barriere anti polveri in corrispondenza del lato dei cumuli che si trovano al confine con la riserva.

Ai fini del contenimento delle emissioni inquinanti, i veicoli a servizio dei cantieri devono essere omologati con emissioni rispettose delle normative europee.

#### **H.6.iv- Misure per la riduzione della rumorosità**

In particolare, allo scopo di limitare la rumorosità delle macchine e dei cicli di lavorazione, nella fase di realizzazione delle opere di progetto verrà adottata una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature da utilizzare, attraverso:

- ✓ la selezione di macchinari omologati, in conformità alle direttive comunitarie e nazionali;
- ✓ l'impiego di macchine per il movimento di terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
- ✓ l'installazione di silenziatori sugli scarichi;
- ✓ l'utilizzo di impianti fissi schermati;
- ✓ l'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
- ✓ Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
- ✓ all'eliminazione degli attriti, attraverso operazioni di lubrificazione;
- ✓ alla sostituzione dei pezzi usurati;
- ✓ al controllo e al serraggio delle giunzioni, ecc.
- ✓ Corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
- ✓ l'orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale (quali i ventilatori) in posizione di minima interferenza;



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

- ✓ la localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici;
- ✓ l'utilizzo di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione delle vibrazioni;
- ✓ l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
- ✓ l'obbligo, ai conducenti, di spegnere i mezzi nei periodi di mancato utilizzo degli stessi;
- ✓ la limitazione, allo stretto necessario, delle attività più rumorose nelle prime/ultime ore del periodo di riferimento diurno indicato dalla normativa (vale a dire tra le ore 6 e le ore 8 del mattino e tra le 20 e le 22).

#### **H.6.v- Misure per il controllo della qualità delle acque**

Vengono di seguito indicate le lavorazioni e le attività che potrebbero determinare l'alterazione della qualità delle acque superficiali e sotterranee nella fase di realizzazione delle opere di progetto, che riguardano in particolare:

- il drenaggio delle acque e trattamento delle acque reflue;
- lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti;
- lo stoccaggio delle sostanze pericolose;
- il deposito del carburante;
- la manutenzione dei macchinari di cantiere;
- la movimentazione dei materiali;
- la presenza dei bagni e/o degli alloggi;
- il verificarsi d'incidenti in sito: in questo caso, scattano anche le procedure previste dal piano d'intervento per le emergenze di inquinamento, di cui l'impresa appaltatrice si dovrà dotare.
- prevenzione della dispersione dei sedimenti in risospensione.

Nell'ambito della cantierizzazione saranno previsti adeguati sistemi di gestione, così come sinteticamente riportati nella tabella seguente.



**PROGETTO ESECUTIVO**

<b>Tipologia di acque per origine</b>		<b>Modello di gestione</b>
Meteoriche	esterne all'area di cantiere	Raccolta in fossi di guardia perimetrali e convogliamento al recapito finale
Meteoriche	interne (piazzali)	Raccolta, trattamento in impianto acque di prima pioggia e recapito finale
Da attività di cantiere	da piazzali	Raccolta, trattamento in impianto acque di prima pioggia e recapito finale
	da lavaggio autobetoniere e ruote mezzi di cantiere	Impianti a ciclo chiuso, con trattamento delle acque e loro successivo riutilizzo, esclusivamente per le operazioni di lavaggio degli stessi
	sversamenti accidentali	Impermeabilizzazione area di cantiere, misure di prevenzione e gestione dell'emergenza
Scarichi civili	Servizi igienici	Trattamento a norma di legge (bagni chimici, fosse settiche a tenuta spurgate periodicamente)

**SISTEMI DI GESTIONE ACQUE**

Nello specifico, per quanto attiene alle acque meteoriche provenienti dalle aree esterne, queste, non interferendo con l'area di cantiere, possono essere considerate "acque pulite" e, pertanto, potranno essere raccolte lungo i limiti del cantiere mediante fossi di guardia e direttamente convogliate al recapito finale; in alternativa, potrà essere predisposto, sempre all'intorno dell'area di cantiere, uno strato in materiale drenante. Tali decisioni solitamente vengono prese in fase di progettazione esecutiva, pertanto, si rimanda a tale fase per i dettagli sul sistema di gestione delle acque meteoriche in fase di cantiere.

Le acque meteoriche interne all'area di cantiere provenienti dal dilavamento delle pavimentazioni delle aree di piazzale e delle aree di deposito, nonché quelle prodotte



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

dall'attività di lavaggio di detti piazzali, come noto, possono veicolare liquidi inquinanti, quali idrocarburi ed olii, che possono modificare le caratteristiche qualitative delle acque e del suolo. Il modello gestionale finalizzato ad evitare detta circostanza prevede la raccolta delle acque meteoriche di dilavamento mediante canalette e la loro successiva immissione in una vasca di prima pioggia; il trattamento operato nella vasca di prima pioggia consentirà il deposito dei solidi sospesi (sedimentazione) e la separazione della frazione oleosa (disoleazione), così da conferire nel corpo ricettore unicamente la portata depurata.

Relativamente alle acque generate dal lavaggio delle autobetoniere e dagli impianti di lavaggio delle ruote dei mezzi di cantiere, è prevista l'adozione di impianti a ciclo chiuso, con trattamento delle acque e loro successivo riutilizzo, esclusivamente per le operazioni di lavaggio di detti mezzi. Prescindendo dalla diversità tecniche che connotano gli impianti a servizio del lavaggio delle autobetoniere e delle ruote dei mezzi, in entrambi i casi il modello gestionale adottato consentirà il totale recupero delle acque di processo e l'assenza di scarichi.

Per quanto concerne gli eventuali sversamenti accidentali dovuti alle lavorazioni o da parte dei mezzi coinvolti nella realizzazione delle opere, nell'ambito della cantierizzazione saranno previste sia le opportune azioni di prevenzione, come ad esempio lo svolgimento del trasferimento di sostanze potenzialmente inquinanti sempre in aree impermeabilizzate, sia le idonee misure da attuare in caso del verificarsi dell'evento accidentale, come ad esempio l'impiego di appositi assorbenti tubolari e lo spargimento di materiale assorbente.

Infine, relativamente alle acque provenienti dagli scarichi dei servizi igienici, assimilate alle acque reflue domestiche, queste potranno saranno gestite attraverso bagni chimici.



## **I- Studio di Impatto Ambientale**

A corredo dell'attività progettuale è stato elaborato lo Studio di Impatto Ambientale inerente al Progetto di demolizione della diga frangiflutti Ronciglio e messa in esercizio del molo Ronciglio del Porto di Trapani.

Nell'ambito dello Studio d'Impatto Ambientale è stata redatta la relazione di SINTESI NON TECNICA, in conformità a quanto previsto dall'art. 22 comma 4<sup>i</sup> e dal comma 10 dell'Allegato VII alla Parte seconda del D.Lgs. 152/06 e s.s.mm.ii., con l'obiettivo di fornire al lettore adeguate conoscenze sugli aspetti più significativi dello Studio di Impatto Ambientale, al fine supportare efficacemente lo svolgimento della fase di consultazione pubblica e della partecipazione attiva e consapevole al procedimento di VIA.

Nella redazione della Sintesi si è tenuto conto delle indicazioni riportate nelle "Linee guida per la predisposizione della Sintesi non Tecnica dello Studio di Impatto Ambientale" predisposte dal MATTM (ora MiTE) - Direzione per le valutazioni e autorizzazioni ambientali<sup>ii</sup> (Linee Guida); in particolare l'approccio metodologico indicato in seguito prevede l'adozione di logiche e modalità espositive idonee alla percezione comune, cercando di prediligere gli aspetti descrittivi e qualitativi delle informazioni fornite.

Il D.Lgs. 104/17, come noto, ha introdotto importanti novità nel campo delle analisi ambientali ed in particolare in materia di Valutazione di Impatto Ambientale, andando a riformare parte del testo unico ambientale D. Lgs. 152/06 e abrogando le Norme Tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale (D.P.C.M. 27 dicembre 1988).

Lo Studio è stato redatto in conformità alla normativa vigente, considerando quanto indicato dal DL.gs. 152/2006 e s.s.mm.ii. in particolare da quanto dettato dall'Allegato VII, di cui all'articolo 25 co. 4 del D.Lgs. 104/2017; si evidenzia inoltre che per la redazione dello SIA sono state prese a riferimento le Linee Guida SNPA, 28/2020 "Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale", approvate dal Consiglio del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)<sup>iii</sup>; la pubblicazione delle Linee Guida SNPA, ha infatti concretizzato quanto previsto dall'art. 25, co. 4 del D.Lgs.

<sup>i</sup> "Allo studio di impatto ambientale deve essere allegata una sintesi non tecnica delle informazioni di cui al co. 3, predisposta al fine di consentirne un'agevole comprensione da parte del pubblico ed un'agevole riproduzione"

<sup>ii</sup> Revisione 30/01/2018

<sup>iii</sup> ISBN 978-88-448-0995-9, maggio 2020



104/2017, ed hanno permesso l'uniformazione, la standardizzazione e la semplificazione dello svolgimento della valutazione di impatto ambientale.

Muovendo da tali indicazioni, al fine di darne ordinato e consequenziale riscontro, lo Studio è stato strutturato secondo le parti sintetizzate nella sottostante figura E.1 e continuazioni.

Per maggiori informazioni tecniche si rimanda agli elaborati specifici dello studio di impatto ambientale.

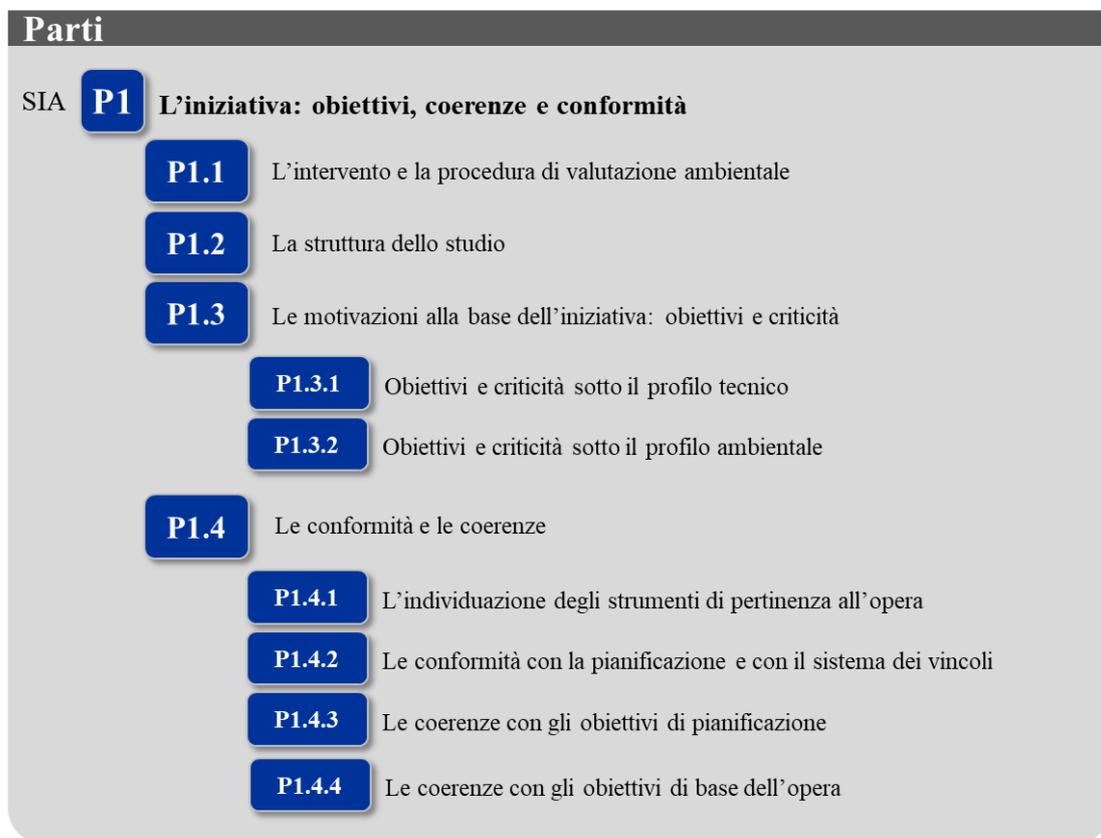


Figura I.1 Struttura dello SIA.



SIA **P2** **Lo scenario di base**

**P2.1** La configurazione attuale

**P2.2** Il traffico passeggeri e il traffico veicolare indotto

**P2.3** Il contesto ambientale

**P2.3.1** A – Popolazione e salute umana

**P2.3.2** B - Biodiversità

**P2.3.3** C – Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare

**P2.3.4** D - Geologia e acque

**P2.3.5** E – Atmosfera: aria e clima

**P2.3.6** F – Sistema paesaggistico: paesaggio, patrimonio culturale e beni materiali

**P2.3.7** G1 - Rumore

SIA **P3** **La soluzione di progetto**

**P3.1** Gli interventi in progetto

**P3.3.1** Risagomatura dell'ex diga frangiflutti Ronciglio

**P3.3.2** La centrale esistente

**P3.2** Attività di cantiere

**P3.2.1** Criteri di pianificazione delle attività

**P3.2.2** Le aree per la cantierizzazione

**P3.2.3** Il bilancio dei materiali

**P3.2.4** Le attività di cantiere e i tempi di realizzazione delle opere

**P3.2.5** Le azioni di prevenzione e mitigazione in fase di cantiere

**P3.3** Analisi degli effetti cumulati con altri progetti

*Figura E.1 Struttura dello SIA (continua).*

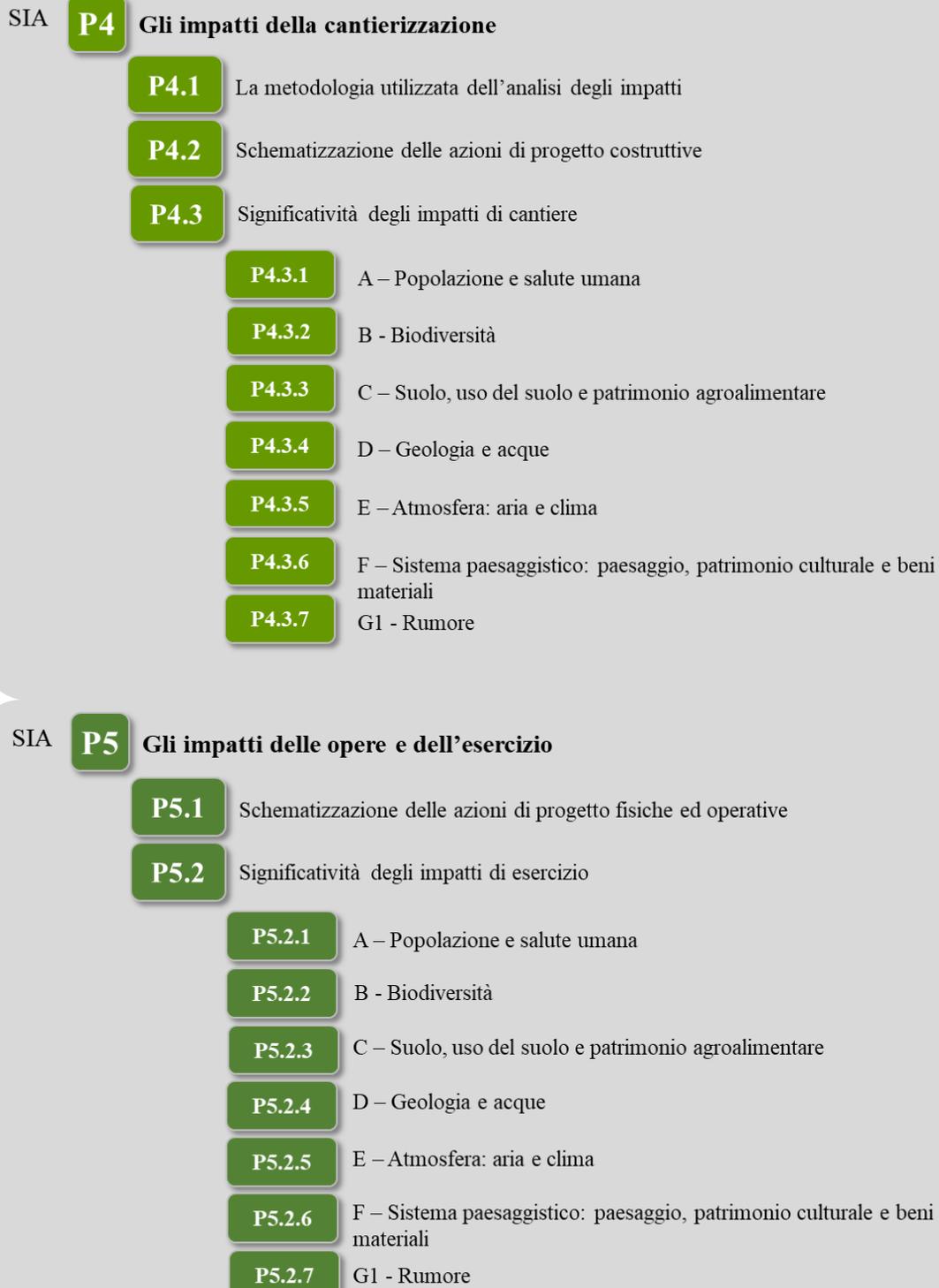


Figura E.1 Struttura dello SIA (continua).



## J- IL COSTO DELL'INTERVENTO

Il costo complessivo dell'intervento chiaramente è legato alla soluzione di dragaggio adottata. Nella tabella 7 sono ricapitolati i computi estimativi delle differenti soluzioni articolate per i diversi corpi d'opera e conferimenti, comprendendo per la soluzione definitivamente adottata anche i costi dei trattamenti ambientali sui sedimenti dragati per abbatterne la carica inquinante.

La soluzione più dispendiosa è la B che ottempera le richieste della Capitaneria di Porto imponendo il piede della scarpata sull'allineamento dei fanali. Le soluzioni C ed A presentano un costo intermedio decrescente, mentre la soluzione D è quella nettamente più economica, in linea con le previsioni della Programmazione Triennale della AdSP.

L'incidenza delle operazioni di dragaggio risulta da più di due a quasi cinque volte quella della soluzione D per l'aumento dei costi della bonifica bellica, del sistema di barrieramento (per il maggior numero di mob. - demob.) e, soprattutto, per il necessario impiego di una piattaforma galleggiante dove ubicare le vasche di stoccaggio, decantazione e essiccamento dei sedimenti dragati. Questo specifico costo si è potuto evitare nella soluzione D, in ragione della modesta quantità di materiale dragato, gestibile con semplici bettoline che possano essere utilizzate anche come stoccaggio in attesa di caratterizzazione ambientale.

In dettaglio, il salpamento dello Sporgente Ronciglio costituisce sempre un costo inferiore al 15% del totale mentre il costo dei conferimenti in discarica si aggira sempre intorno al 70-75%. Pertanto, il costo di conferimento in discarica per rifiuti speciali rappresenta largamente l'incidenza maggiore sul costo di costruzione. A tal riguardo è necessario sottolineare che parte rilevante dei volumi da conferire in discarica per rifiuti speciali è stata stimata a partire dalla classazione delle maglie limitrofe e, quindi, potrebbe risultare in notevoli risparmi di spesa ove le assunzioni fossero disattese. In un appalto a corpo tale voce dovrebbe quindi necessariamente essere ridotta al minimo.

	SOL. A		SOL. B		SOL. C		SOL. D		SOL. F	
<i>Salpamento Ronciglio</i>	0,91	6%	0,91	3%	0,91	4%	0,910	14%	0,91	3%
<i>Escavi</i>	2,56	16%	8,14	24%	4,69	20%	0,48	7%	3,13	12%
<i>Immersione nei siti indicati</i>	0,45	3%	1,800	5%	0,815	4%	0,145	2%	2,96	11%
<i>Conferimenti in discarica</i>	12,55	76%	22,90	68%	16,50	72%	4,90	76%	14,47	54%
<i>Trattamenti e mitigazioni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5,36	20%
<b>TOTALI</b>	<b>16,47</b>	<b>100%</b>	<b>33,75</b>	<b>100%</b>	<b>22,92</b>	<b>100%</b>	<b>6,43</b>	<b>100%</b>	<b>26,83</b>	<b>100%</b>

Tabella 7. Costi di realizzazione nelle quattro soluzioni di progetto.



---

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

Per limitare l'incertezza sui volumi effettivamente da conferire a discarica per rifiuti speciali pericolosi per quanto riguarda la soluzione adottata (soluzione F) si è quindi introdotto un costo di trattamento dei sedimenti inquinati per abbatterne la carica inquinante. Secondo le previsioni dello studio specialistico svolto a corredo del progetto definitivo del dragaggio dei fondali del porto (CUP I94D19000000005) svolto dall'Università Degli Studi di Enna "Kore" Facoltà di Ingegneria e Architettura – Laboratorio di Ingegneria Sanitaria Ambientale L.I.S.A., a seguito del trattamento di potrà recuperare in media il 23% del volume di sedimento in classe C e D, portandolo in classe A o B, compatibile con l'affondamento in mare aperto. L'impianto di trattamento, inoltre, permetterà il trattamento ed il recupero dell'acqua di mare rimossa durante le operazioni di escavo che, altrimenti, avrebbe dovuto comunque essere caratterizzata e trattata come rifiuto secondo le indicazioni emergenti.

Il quadro di costo delle singole fasi lavorative è riportato nella tabella 8.

Tra le cinque soluzioni studiate si è scelto di adottare la soluzione F perché di minor costo rispetto alle soluzioni B e C, che risultavano anche meno funzionali, mentre risulta marginalmente più costosa della soluzione A ma permette di realizzare un'area di evoluzione assistiti ricompresa nel bacino interno, pur in assenza di occupazione delle banchine della nuova darsena Ronciglio. Inoltre, la soluzione adottata presenta il notevole vantaggio, complementare ma non marginale, di adeguare i fondali della nuova banchina Ronciglio ai pescaggi delle navi Ro-Ro.

Il Capitolato Speciale d'Appalto, contiene le clausole idonee a garantire la regolare gestione tecnico-amministrativa dei lavori e contiene altresì la descrizione delle modalità tecniche ed esecutive delle varie categorie di lavori dettagliatamente riportate nell'elenco prezzi allegato al progetto.

Il tempo utile per la realizzazione delle suddette opere è fissato in giorni naturali e consecutivi 210 (duecentodieci) a decorrere dal giorno della consegna dei lavori.

Non è stata computata l'I.V.A. sui lavori, secondo quanto prescritto dall'art.9 comma 6 del DPR 26.10.1972 n. 633 ed art.3 comma 13, del D.L. 27 Aprile 1990, n.90, convertito con modificazioni, nella legge 26 Giugno 1990, n. 165 e successive modificazioni.

L'appalto dei lavori è stato previsto interamente a corpo.



PROGETTO ESECUTIVO

Num.Ord.	DESCRIZIONE VOCA CORPO	unità di misura	COSTO PARZIALE
Nr. 1 001	<b>Bonifica bellica</b> euro (trecentoottantatremiladuecentoottanta/86)		€ 383'280,86
		aliquota	% (1,428%)
Nr. 2 002.001	<b>Salpamento sporgente - Demolizioni</b> euro (tredicimilaquattrocentoquindici/80)		€ 13'415,80
		aliquota	% (0,050%)
Nr. 3 002.002	<b>Salpamento sporgente - Conterminazioni</b> euro (duecentotrentasettemilaquattrocentonove/00)		€ 237'409,00
		aliquota	% (0,885%)
Nr. 4 002.003.001	<b>Salpamento sporgente - Escavi da terra e da mare - Escavi nel corpo diga</b> euro (seicentonovantasettemilanovecentoottantasei/40)		€ 697'986,40
		aliquota	% (2,601%)
Nr. 5 002.003.002	<b>Salpamento sporgente - Escavi da terra e da mare - Escavi per pescaggi</b> euro (quattordicimilaquattrocentosettantacinque/86)		€ 14'475,86
		aliquota	% (0,054%)
Nr. 6 002.004.006	<b>Salpamento sporgente - Trattamenti e conferimenti - Conferimenti in discarica speciale</b> euro (cinquecentoottantaottomilaquattrocentotrentanove/99)		€ 588'439,99
		aliquota	% (2,193%)
Nr. 7 002.004.008	<b>Salpamento sporgente - Trattamenti e conferimenti - Conferimenti in discarica inerti</b> euro (ventinovemilaquattrocentonovantasette/20)		€ 29'497,20
		aliquota	% (0,110%)
Nr. 8 003.002	<b>Dragaggi fondali - Conterminazioni</b> euro (settecentododicimiladuecentoventisette/00)		€ 712'227,00
		aliquota	% (2,654%)
Nr. 9 003.004.005	<b>Dragaggi fondali - Trattamenti e conferimenti - Trattamenti nelle vasche di decantazione</b> euro (cinquemilionitrecentocinquantaottomiladuecentonovantaotto/31)		€ 5'358'298,31
		aliquota	% (19,969%)
Nr. 10 003.004.006	<b>Dragaggi fondali - Trattamenti e conferimenti - Conferimenti in discarica speciale</b> euro (quattordicimilioniquattrocentosessantaseimilasessantaotto/83)		€ 14'466'068,83
		aliquota	% (53,911%)
Nr. 11 003.004.007	<b>Dragaggi fondali - Trattamenti e conferimenti - Conferimenti in mare aperto</b> euro (duemilioninovecentosessantaduemiladuecentoottantauno/99)		€ 2'962'281,80
		aliquota	% (11,040%)
Nr. 12 003.007.003	<b>Dragaggi fondali - Scavi - Dragaggi in materiali sciolti</b> euro (ottocentoventicinquemilaquarantauno/63)		€ 825'041,63
		aliquota	% (3,075%)
Nr. 13 003.007.004	<b>Dragaggi fondali - Scavi - Dragaggi in roccia</b> euro (trecentocinquantaquattromilasettecentosessantaotto/36)		€ 354'768,36
		aliquota	% (1,322%)
Nr. 14 004.005	<b>Ricostruzione della Testata - Costruzione nucleo e mantellate</b> euro (centodiciottomilacinquecentoottantauno/50)		€ 118'581,50
		aliquota	% (0,442%)
Nr. 15 004.006	<b>Ricostruzione della Testata - Pavimentazioni e rifiniture</b> euro (settantaunomilaquattrocentoquarantatre/06)		€ 71'443,06
		aliquota	% (0,266%)
	TOTALE VOCI A CORPO euro		€ 26'833'215,60
		aliquota	% (100,000%)

Tabella 8. Costi di realizzazione delle voci a corpo dell'appalto.