



AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

**PORTO CANALE DI CAGLIARI
TERMINAL RO-RO**

**Progetto Definitivo
1° lotto funzionale**



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE
RELAZIONE**

CARORO QPGT 00

Rev. B

Aggiornamento: marzo 2017

Elaborazione:



Progettazione Integrata-Ambiente

Ing. Francesco Ventura





INDICE

1 GLI OBIETTIVI DELLA PROPOSTA PROGETTUALE.....	3
2 IL CONTESTO DI AREA VASTA.....	6
2.1 <i>IL SISTEMA PORTUALE CAGLIARITANO.....</i>	<i>6</i>
2.2 <i>LA DOTAZIONE INFRASTRUTTURALE: GLI ELEMENTI DEL SISTEMA PORTUALE</i>	<i>9</i>
2.2.1 <i>IL PORTO STORICO.....</i>	<i>9</i>
2.2.2 <i>IL PORTO CANALE</i>	<i>15</i>
2.2.3 <i>IL PORTO PETROLI</i>	<i>17</i>
2.3 <i>GLI INTERVENTI PROGRAMMATI DI DELOCALIZZAZIONE DEL POLO DELLA CANTIERISTICA</i>	<i>18</i>
3 LE RELAZIONI CON IL SISTEMA DELLA MOBILITÀ E CON LE MOVIMENTAZIONI A MARE.....	18
3.1 <i>PREMESSA.....</i>	<i>18</i>
3.2 <i>L'ACCESSIBILITÀ AL SISTEMA PORTUALE.....</i>	<i>19</i>
3.3 <i>I FLUSSI VEICOLARI ATTUALI SULLA RETE STRADALE DI ACCESSO AL BACINO DI STUDIO</i>	<i>30</i>
3.3.1 <i>LA MOBILITÀ SISTEMATICA.....</i>	<i>30</i>
3.3.2 <i>I RILIEVI DEI FLUSSI VEICOLARI FONTE PRT E PUM</i>	<i>32</i>
3.3.3 <i>LA CAMPAGNA DI RILIEVO DEI FLUSSI VEICOLARI</i>	<i>35</i>
3.4 <i>I FLUSSI VEICOLARI SULLA RETE STRADALE DEL BACINO DI STUDIO</i>	<i>37</i>
3.5 <i>ANALISI DELLE MOVIMENTAZIONI ATTESE NEL NUOVO TERMINAL RO-RO.....</i>	<i>43</i>
3.5.1 <i>DINAMICA DELLE ATTUALI MOVIMENTAZIONI RO – RO</i>	<i>43</i>
3.5.2 <i>I MOVIMENTI RO-RO PREVISTI PER L'ORIZZONTE TEMPORALE 2020</i>	<i>53</i>
3.5.3 <i>I MOVIMENTI DEGLI ADDETTI.....</i>	<i>55</i>
3.6 <i>VALUTAZIONE COMPLESSIVE DEGLI EFFETTI ATTESI SUL SISTEMA DELLA MOBILITÀ</i>	<i>56</i>
4 DEFINIZIONE DELLE ALTERNATIVE	58
4.1 <i>PREMESSA.....</i>	<i>58</i>
4.2 <i>I LAY OUT ALTERNATIVI POSTI A CONFRONTO.....</i>	<i>59</i>
4.3 <i>SCELTA DELLA SOLUZIONE OTTIMALE</i>	<i>68</i>
4.3.1 <i>I CRITERI DI SCELTA</i>	<i>68</i>
4.3.2 <i>LA CONFIGURAZIONE ADOTTATA.....</i>	<i>68</i>
4.3.3 <i>RISULTATI DELLO STUDIO DELL'AGITAZIONE INTERNA PORTUALE.....</i>	<i>69</i>
5 IL PROGETTO	85
5.1 <i>SOLUZIONE PROGETTUALE.....</i>	<i>85</i>
5.2 <i>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI</i>	<i>86</i>
5.2.1 <i>OPERE DI CARATTERE GEOTECNICO.....</i>	<i>88</i>
5.2.2 <i>GLI ELEMENTI STRUTTURALI E DI COMPLETAMENTO</i>	<i>89</i>
5.2.3 <i>LE RETI IMPIANTISTICHE</i>	<i>95</i>
5.2.4 <i>GLI INTERVENTI PREVISTI PER L'ACCESSO ALL'AREA TERMINAL RO.RO.....</i>	<i>97</i>
6 LA CANTIERIZZAZIONE DELLE OPERE	103
6.1 <i>L'AREA DI CANTIERE</i>	<i>103</i>
6.2 <i>FASI COSTRUTTIVE.....</i>	<i>104</i>
6.3 <i>LA MOVIMENTAZIONE DEI SEDIMENTI MARINI E LE CASSE DI COLMATA</i>	<i>110</i>



6.4	LE MODALITÀ DI DRAGAGGIO	112
6.5	IMPIANTO ELETTRICO A SERVIZIO DEL CANTIERE	116
6.6	FABBISOGNO DEI MATERIALI	116
6.7	SITI DI APPROVVIGIONAMENTO E SMALTIMENTO MATERIALI	117
6.8	LA VIABILITÀ INTERFERITA	118
6.9	TEMPI DI REALIZZAZIONE.....	120
7	INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE.....	122
7.1	PREMESSA E CRITERI GENERALI	122
7.2	LE OPERE A VERDE	122
7.3	LA SCELTA DELLE SPECIE.....	123



1 GLI OBIETTIVI DELLA PROPOSTA PROGETTUALE

L'intervento proposto, riguarda la realizzazione, nell'avamposto di ponente del Porto Canale di Cagliari, del Primo Lotto Funzionale del Terminal Ro-Ro.

Tale intervento rientra nel più ampio progetto di riordino funzionale e riqualificazione morfologica del Porto Vecchio, tratteggiato nel Piano Regolatore Portuale approvato dalla Giunta Regionale con delibera n.18/13 del 20 maggio 2014.

Nel nuovo Piano Regolatore Portuale del Porto di Cagliari è previsto che tutta l'area di Su Siccu, compresa tra il molo di levante ed il pennello di Bonaria, venga destinata alla nautica da diporto. In particolare in quest'area è prevista la realizzazione del Grande Porto Turistico di Cagliari in grado di ospitare circa 2.200 imbarcazioni.

Inoltre tutta l'area compresa tra il molo Capitaneria e la banchina S. Agostino, che comprende il molo Capitaneria, la Darsena, il molo Dogana, la Calata di Via Roma e il molo Sanità e la calata Azuni, che rappresenta il fronte mare storicamente privilegiato di Cagliari, è stata riservata a strutture di ormeggio per imbarcazioni da diporto di elevato dislocamento (yacht e mega yacht) sia in transito, nazionali ed internazionali, che stanziali, con la possibilità di ospitare fino a 300 imbarcazioni.

Per quanto riguarda le attività di cantieristica, rimessaggio ed assistenza riservate alle imbarcazioni da diporto, la scelta del P.R.P. è quella di concentrarle tutte nella colmata Est del Porto Canale, nel Distretto della Cantieristica, prevedendo nel porto turistico di Su Siccu solo una zona di alaggio e varo, ubicata in prossimità dello sbocco del Canale di Terramaini, per situazioni di emergenza e di rapido intervento. Tale attrezzatura cantieristica è riservata fra l'altro al piccolo e medio naviglio (cfr Tavola CARORO_QPRM_01 relativa all'inquadramento territoriale).

Nella zona ovest del Porto è stato previsto, in conformità al PRP, la realizzazione del terminal Ro.Ro. misto, passeggeri e merci.

La nuova organizzazione degli spazi portuali, prevede una integrazione ed una complementarità del porto commerciale con il nuovo porto industriale e rafforza il complesso sistema portuale dell'area cagliaritano. Sulle strutture del Porto Canale, il PRP trasferisce le altre forme di trasporto, con particolare riferimento alle categorie merceologiche afferenti le rinfuse e per lo stesso sistema Ro. Ro. tutto merci per il



quale il PRP prevede di attrezzare i fronti banchinati e gli spazi a terra per poter accogliere opportunamente le forme di movimentazione delle merci.

Nell'ambito nell'avamposto di ponente del Porto Canale il Piano Regolatore Portuale prevede la realizzazione degli attracchi per le navi Ro.Ro. per il trasporto delle merci, mentre la componente mista di trasporto, merci e passeggeri, avrà la sua specifica destinazione nei Moli Sabauda e Rinascita del Porto Vecchio.

Secondo quanto indicato nel parere espresso dal Consiglio Superiore dei LL.PP. (voto n.43 del 04/08/2010), l'Autorità Portuale sta provvedendo a trasmettere allo stesso Consiglio un adeguamento tecnico funzionale per l'avamposto ovest, ed il nuovo Terminal Ro Ro quindi, che prevede quanto indicato nel progetto per il quale si sta predisponendo il presente Studio di Impatto Ambientale.

Ciò al fine di ottemperare alle prescrizioni del Consiglio che, in sede di parere sul PRP, ha previsto che *"che talune locali ottimizzazioni debbano essere opportunamente perseguite:*

- *in merito a quanto già preliminarmente segnalato con la nota del 19.05.2010 n° 4452, si ribadisce la necessità di pervenire alla definizione di un più idoneo assetto planimetrico delle opere relative al terminale ro-ro nel bacino avampostuale del porto canale. Ciò alla luce di considerazioni sia relative ai livelli di agitazione interna nel bacino medesimo che connesse ai profili di funzionalità e sicurezza della accessibilità nautica della nave portacontainer di progetto. Allo scopo, sembra inevitabile la ricerca di una soluzione che individui una collocazione più arretrata e più protetta, anche se ciò dovesse eventualmente comportare un minor numero di accost'.*

Il progetto complessivo è stato suddiviso in due stralci funzionali, dei quali il primo è oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (cfr. Tavola CARORO_QPGT_06). Nel futuro Terminal Ro-Ro è prevista la sola movimentazione di semirimorchi che saranno movimentati mediante motrici. Il trasporto a terra avverrà solo su gomma.

In allegato alla relazione del presente quadro di riferimento sono stati prodotti i seguenti elaborati:

Codifica	Titolo	Scala
CARORO_QPGT_01	Configurazione dello stato attuale	1:10.000
CARORO_QPGT_02	Carta dell'accessibilità - lo scenario attuale	1:25.000
CARORO_QPGT_03	Carta dell'accessibilità - lo scenario di progetto	Varie
CARORO_QPGT_04	Alternative di progetto	Varie



CARORO_QPGT_05	Configurazione dello stato di progetto – intervento complessivo	1:2.000
CARORO_QPGT_06	Configurazione dello stato di progetto – Primo stralcio funzionale	1:2.000
CARORO_QPGT_07	Sezioni tipo	1:100
CARORO_QPGT_08	Sistemazione idraulica	Varie
CARORO_QPGT_09	Ubicazione dei siti di cava e discarica, area di cantiere e viabilità interessate	Varie
CARORO_QPGT_10	Carta degli interventi di mitigazione	1:1000

La redazione del presente Quadro è stata aggiornata nel mese di marzo 2017. Gli aggiornamenti apportati rispetto alla precedente versione (2013) sono evidenziati con una doppia barra (come quella rappresentata qui a fianco).



2 IL CONTESTO DI AREA VASTA

2.1 Il sistema portuale cagliaritano

Il Porto Canale, all'interno del quale si colloca l'intervento proposto, fa parte del ben più ampio sistema portuale che, localizzato lungo il tratto di costa che si stende dal Nuovo Molo di Levante fino alla punta di Monte Arrubu, si compone di un articolato complesso di scali, tra loro differenti per funzione, configurazione ed epoca di costruzione.



Figura 2-1 Il sistema portuale della Sardegna (Fonte PRP)

Tale sistema è costituito da:

- Porto Vecchio
- Porto Canale



- Porto Petroli

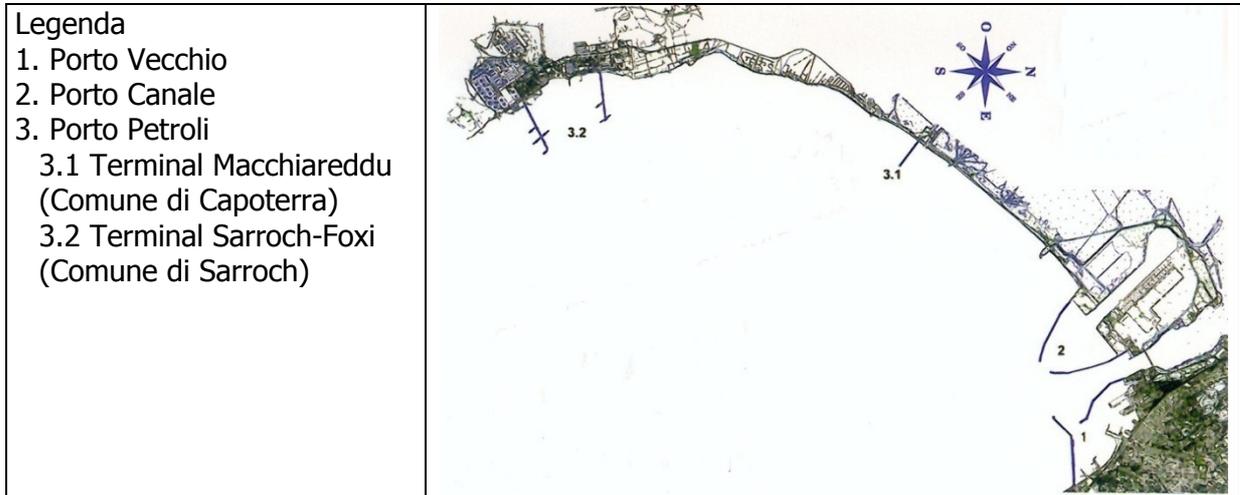


Figura 2-2 Il sistema portuale cagliaritano

Le funzioni ed i servizi che tale complesso sistema è in grado di offrire sono pertanto così sintetizzabili:

- Commerciale, con movimentazione di passeggeri, merci convenzionali, rinfuse e traffico Ro-Ro;
- Industriale, relativamente al traffico transhipment (merci containerizzate) e a quello Ro-Ro.
- Industriale, per le rinfuse liquide;
- Attività peschereccia;
- Turistica e nautica da diporto.

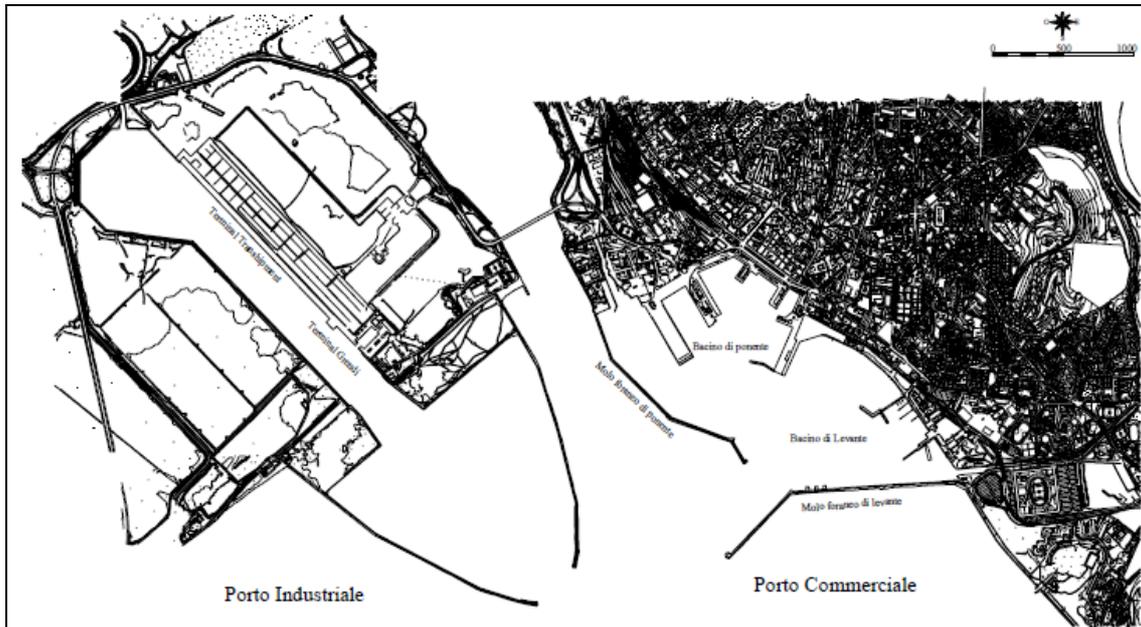


Figura 2-3 Planimetria generale: porto industriale e porto commerciale di Cagliari

Il sistema portuale di Cagliari è costituito da tre bacini portuali, autonomi sia da un punto di vista fisico che funzionale, su cui ricadono le competenze dell’Autorità Portuale istituita con la legge 84/94.

Essi sono:

- il porto commerciale (porto vecchio), interno alla città, caratterizzato prevalentemente da traffico passeggeri, da quello Ro-Ro merci, e, più marginalmente, da traffico crocieristico. Infine alcune porzioni di specchio acqueo sono dedicate alla nautica da diporto, alla cantieristica e al naviglio da pesca;
- il porto industriale (o “porto canale”) caratterizzato dal traffico container, principalmente transhipment e marginalmente di cabotaggio e da traffico di rinfuse solide (cereali e minerali in particolare). In esso vi sono, attualmente, due terminal, quello gestito da CICT (Cagliari International Container Terminal) che conduce l’attività di transhipment di container, e quello gestito dalla Feeder and Domestic Service, specializzata nel cabotaggio nazionale di contenitori;
- Terminal Petrolifero, localizzato nei comuni di Capoterra e Sarroch, in cui vengono movimentati in media circa 25 milioni di tonnellate di rinfuse liquide, principalmente prodotti petroliferi e in minor percentuale prodotti chimici. Il terminal serve due distretti industriali distinti, quello di Sarroch (porto Foxi), in cui sono ubicate le raffinerie petrolifere della Saras, e quello di Macchiareddu



(nel comune di Capoterra) in cui sono concentrate le attività industriali del settore chimico (Enichem).



Figura 2-4 Foto aerea del bacino portuale di Cagliari¹

2.2 La dotazione infrastrutturale: gli elementi del sistema portuale

Con riferimento alle tre principali parti di cui si compone il sistema portuale cagliaritano, di seguito è condotta una loro breve descrizione finalizzata ad evidenziarne le caratteristiche fisiche e quelle funzionali.

2.2.1 Il Porto Storico

Il porto commerciale (Porto Storico o Porto Vecchio) si estende su un'area pari a 333.250 mq di superficie a terra e 2.065.000mqdi specchi acquei.

Delimitato dalla diga foranea di Ponente e dalla diga foranea di Levante e posto a diretto contatto con la città storica, presenta 20 banchine, con 9 accosti per passeggeri e merci.

¹ fonte <http://geoflyer.comune.cagliari.it>

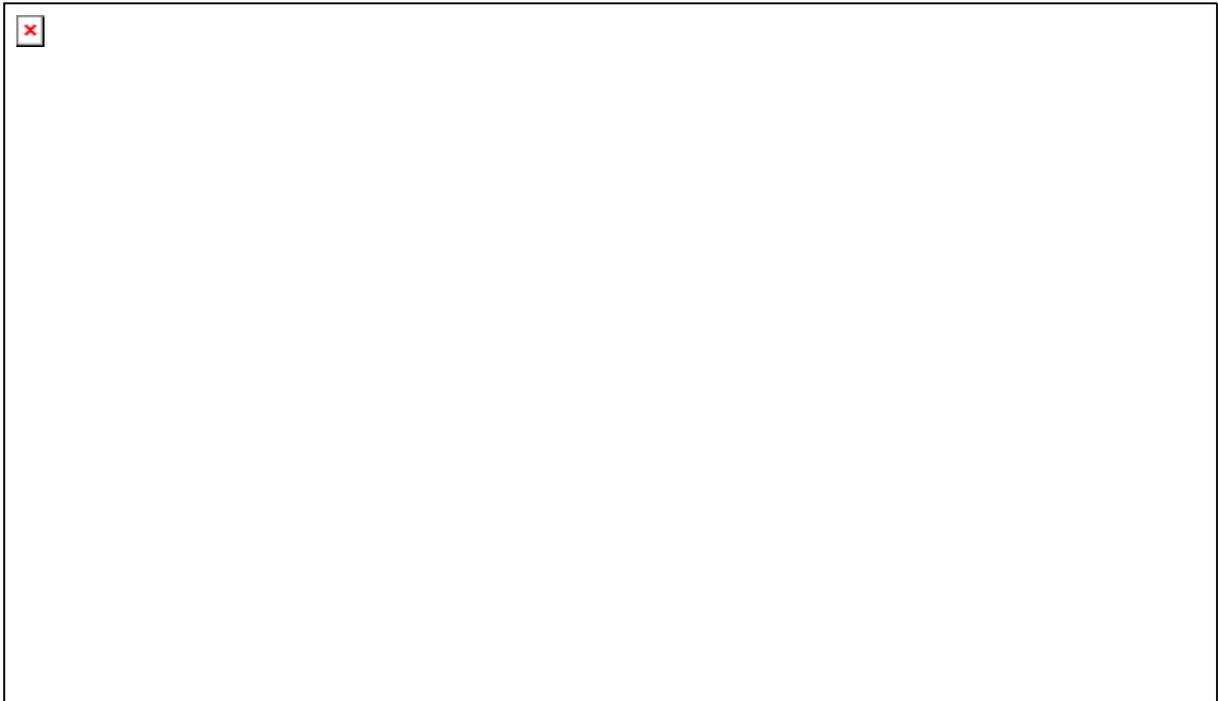


Figura 2-5 Il Porto Vecchio

E' caratterizzato prevalentemente dal traffico passeggeri e merci Ro-Ro, e dal traffico crocieristico.

Alcune zone sono dedicate alla nautica da diporto, alla cantieristica e al naviglio da pesca.

Il porto può essere suddiviso in tre distinti bacini:

1. bacino di Levante, compreso fra la diga foranea di levante ed il Molo Ichnusa;
2. porto interno, delimitato dal Molo Ichnusa e dal Molo Sabauda;
3. bacino di Ponente, compreso fra il Molo Sabauda e la diga foranea di ponente.

Bacino di Levante

Specchio d'acqua: 972.000 m², con fondali da 1 a 15 m.

Protetto dai venti di traversia (causa delle mareggiate del 1974 che procurarono gravi danni alle banchine) dalla diga foranea di Levante, che si sviluppa per una lunghezza di circa 630 m.

Fanno parte di questo bacino:



Molo/Banchina	Caratteristiche dimensionali	Funzione
Diga foranea di levante	lunghezza metri 1.850	E' provvisto di tre sporgenti adibiti un tempo all'attracco di navi cisterna per il rifornimento dell'oleodotto della Marina Militare
Banchina di San Bartolomeo	lunghezza metri 160, con fondali di metri 6	Vi operavano un tempo quasi esclusivamente navi per l'imbarco di sale marino per conto dell'Amministrazione dei Monopoli di Stato. Attualmente l'Autorità ha provveduto a mettere a gara la banchina fronte il capannone Nervi per la nautica da diporto
Calata Mercedari	lunghezza metri 240, con fondali di metri 3,5÷5 m	
Pennello San Elmo	lunghezza metri 200, con fondali di metri 6,60	Al lato Ponente un tempo attraccavano traghetti per veicoli industriali. Attualmente è utilizzato per l'ormeggio di pescherecci e nautica da diporto.
Zona su Siccu	lunghezza complessiva di circa 600 m e con profondità variabili attorno ai 4 m	Costituita dal banchinamento del Pennello di Bonaria e dalla Calata Trinitari
Banchina M. Garau	lunghezza metri 260, con fondali di 6÷7 metri	Utilizzata dalla Marina o per navi da crociera, secondo le esigenze

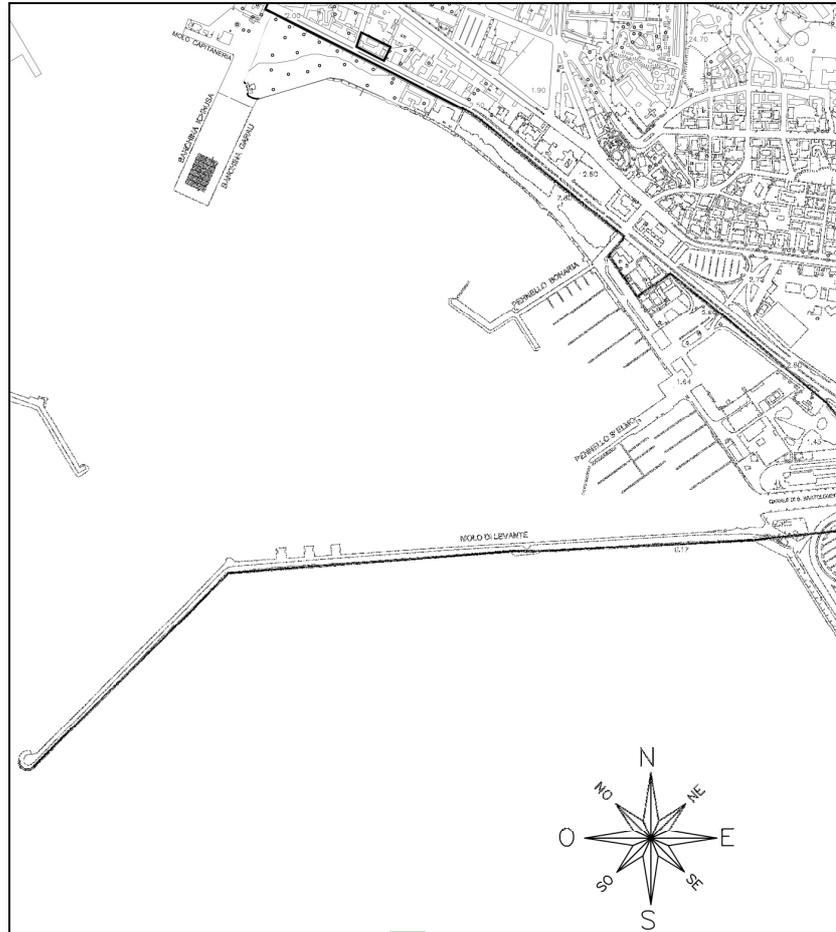


Figura 2-6 Porto Storico – bacino di levante

Porto Interno

Specchio d’acqua di 298.000 m², con fondali da 3 a 9 metri.
 Comprende le opere portuali di più antica realizzazione.
 Fanno parte di questo bacino:

Molo/Banchina	Caratteristiche dimensionali	Funzione
<u>Banchina Ichnusa</u>	lunga metri 314, con fondali di circa 7,50 metri	E’ adibita all’attracco di navi da crociera.
<u>Molo Capitaneria</u>	lungo metri 120, con fondali di 6,5 metri	
<u>Darsena Calata Levante</u>	lunga metri 221, con fondali da 2 a 6 metri	Sono adibite all’ormeggio del naviglio della Capitaneria, dei Vigili del fuoco, oltre che



Molo/Banchina	Caratteristiche dimensionali	Funzione
<u>Darsena Calata Ponente</u>	lunga metri 171, con fondali da 3 a 4 metri	di imbarcazioni da diporto e del servizio di pilotaggio
<u>Testata Molo Dogana,</u>	lungo metri 60, con fondali di 7 metri	Utilizzata per il naviglio da diporto
<u>Dogana</u>	lungo metri 128, con fondali da 5 a 7 metri	Utilizzato per il naviglio da diporto
<u>Calata via Roma</u>	lunga metri 175, con fondali di 8 metri	Utilizzato per il naviglio da diporto
<u>Molo Sanità Levante</u>	lungo metri 103, con fondali di 4÷6 metri	Utilizzato per il naviglio da diporto
<u>Sanità Testata</u>	lungo metri 60, con fondali di 4÷5 metri,	Utilizzato per il naviglio da diporto
<u>Sanità Ovest</u>	lungo metri 102, con fondali di 2÷5 metri	Utilizzato per il naviglio da diporto
<u>Calata Azuni</u>	lunga metri 92, con fondali 4,7÷5 metri	Destinata all'ormeggio delle unità da pesca nelle more della realizzazione della darsena pescherecci
<u>Calata S.Agostino</u>	lunga metri 278, con fondali di 6,7÷7,8 metri	Destinata all'ormeggio delle unità da pesca nelle more della realizzazione della darsena pescherecci
<u>Molo Sabaudò – lato interno</u>	lungo metri 325, con fondali di 7,4÷8 metri	Destinato all'attracco di navi traghetto, passeggeri e merci

Bacino di Ponente

Fanno parte di questo Bacino:

Molo/Banchina	Caratteristiche dimensionali	Funzione
Molo Sabaudò - lato esterno	lungo metri 328, con fondali da 8÷9 metri,	
Calata Riva di Ponente	lunga metri 203, con fondali da 8,4÷9 metri	Vi attraccano navi traghetto passeggeri e merci
Sporgente Rinascita	Versante esterno (lungo 450 m), testata (lunga 115 m) e versante interno (lungo 480 m); sviluppo complessivo di metri 1.045 circa,	destinato a navi Ro Ro E navi da crociera.



	con fondali di 12 metri	
Diga foranea di ponente	lungo metri 1.360	

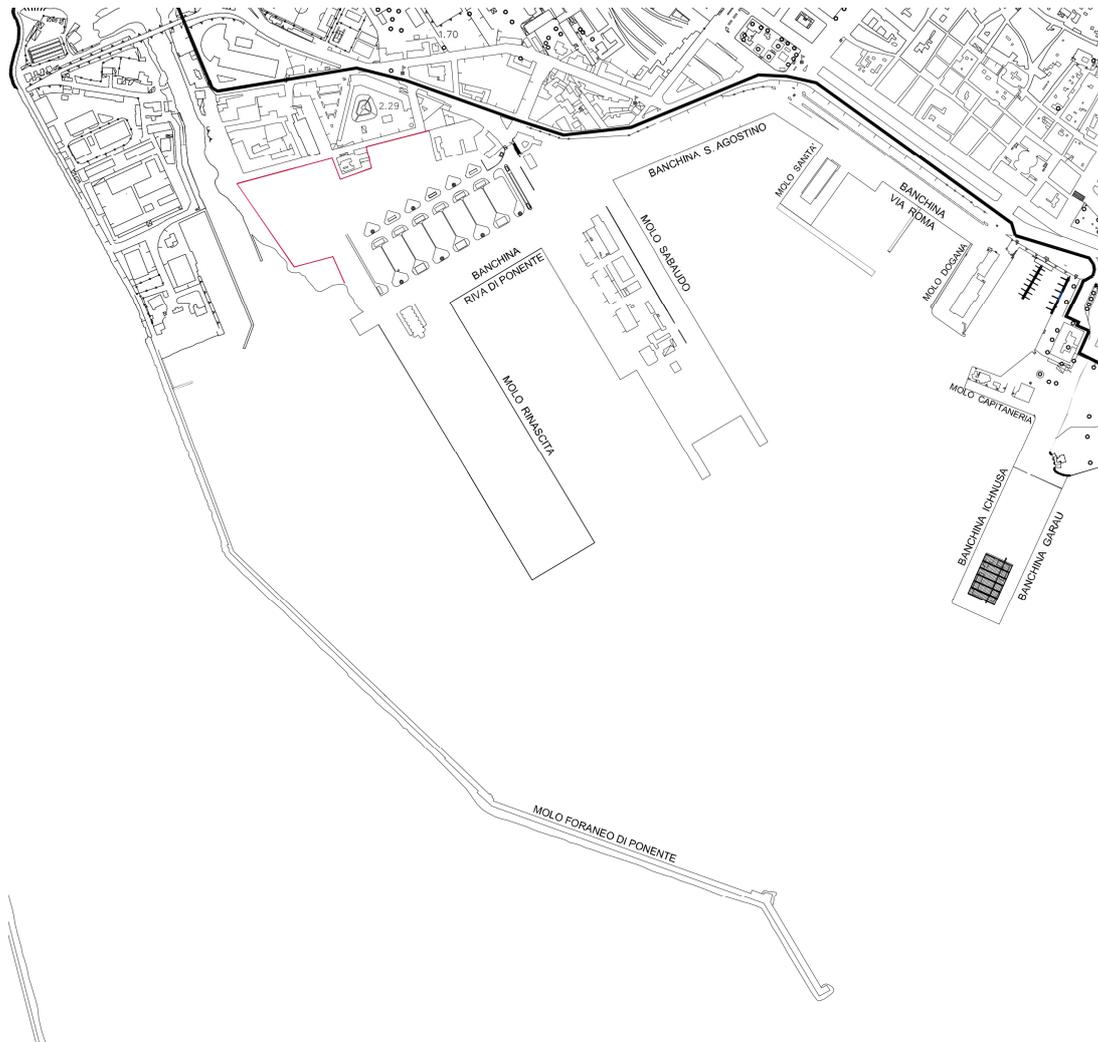


Figura 2-7 Porto Storico – bacino di ponente

L'area retrostante l'attuale porto è di circa 333.000 m² (lo sviluppo costiero dello scalo è di oltre 11.000 metri, di cui 4.800 banchinati).

Il Molo Sabaudu, la banchina Riva di Ponente e lo sporgente Rinascita formano la zona portuale Dove sono stati concentrati i traffici passeggeri e merci.



2.2.2 Il Porto Canale

Stante l'importanza che, ai fini della presente trattazione, riveste il Porto Canale, è sembrato opportuno premettere alla sua sintetica descrizione un breve inquadramento storico.

Verso la fine degli anni Cinquanta, sulla spinta della più generale politica di industrializzazione condotta, soprattutto nelle aree meridionali dell'Italia, attraverso il ricorso alla creazione di vasti poli produttivi, anche in Sardegna e nello specifico nell'area di Cagliari prese corpo il progetto di realizzazione di una vasta area industriale, servita da un altrettanto imponente porto industriale.

In questo quadro, nel 1961, fu istituito il Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Cagliari², che sei anni più tardi approvava il primo Piano Regolatore Generale che prevedeva, oltre a vaste aree produttive, un imponente porto canale che, nella configurazione originaria, avrebbe interessato l'intero stagno di Cagliari.

La grandiosità degli interventi in esso previsti e la fase di stagnazione seguente alla crisi economica e produttiva dei primi anni Settanta, nonché la conseguente entrata in crisi del modello industriale sulla cui base era stata concepita la area produttiva cagliaritano, comportarono un parziale ridimensionamento del programma di trasformazioni contenuto nell'originario progetto, del quale gli interventi più rilevanti realizzati riguardano l'area produttiva di Macchiareddu, l'insediamento industriale della ex Rumianca oggi Enichem, ed appunto il Porto Canale.

Benché anch'esso ridotto rispetto alla sua originaria configurazione, anche il Porto Canale, i cui lavori di realizzazione del primo lotto ebbero inizio a partire dal 1977, determinò una profonda modifica della originaria configurazione dello Stagno di Cagliari.

In particolare, la realizzazione del porto, che impegna una superficie di circa 500 ha originariamente occupata da saline e dallo stagno, comportò, per quanto riguarda la parte a terra, l'inglobamento delle isole di isFraris, sa FiguMoriscas e sa Illetta, nonché l'interramento delle aree poste lungo il canale navigabile e della fascia costiera fino alla radice delle opere foranee; per quanto invece concerne la parte a mare, furono realizzati due moli che si protendono nel mare per oltre due chilometri. Successivamente alla realizzazione del Terminal Container Internazionale di Cagliari (CICT), che per dotazione infrastrutturale è in grado di servire anche le navi del tipo Post-Panamax, il Porto Canale oggi costituisce un nodo infrastrutturale fondamentale del Parco Industriale di Cagliari (Cfr. Figura 2-8).

² DPR n. 1410 del 04.11.1961

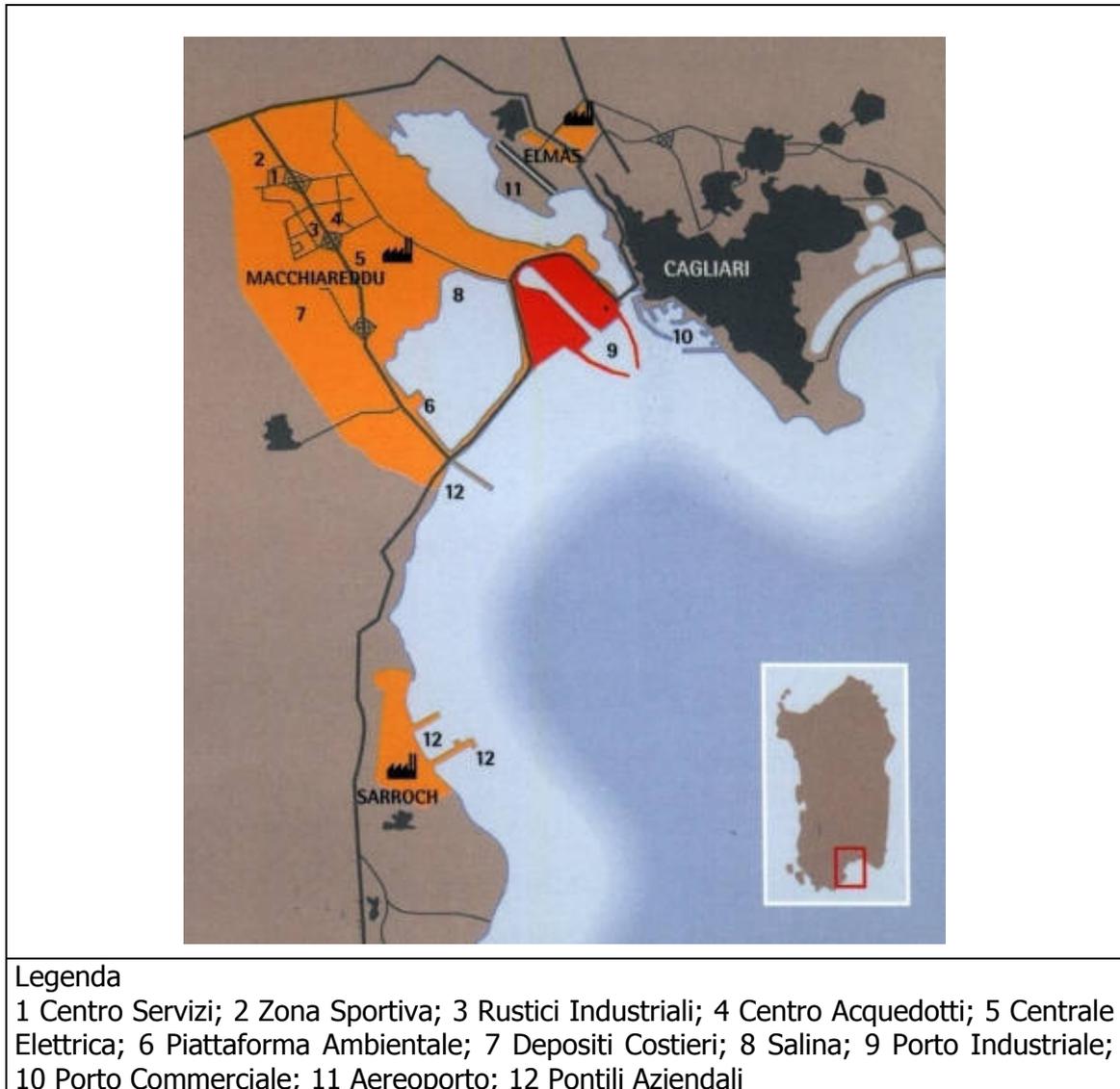


Figura 2-8 Il Parco Industriale di Cagliari

Il porto industriale si estende su una superficie di 435.000 mq con uno specchio d'acqua di 3.000.000 mq. Sono presenti 2 banchine, con 7 accosti.

Il Porto Canale è specializzato nella movimentazione dei containers. Vi sono due aree distinte assegnate a due aziende terminaliste: la prima è la CICT (Cagliari International Container Terminal) che ha in concessione 400.000 m² di piazzali utilizzati per il transhipment, la seconda azienda è la Feeder and Domestic Service del Gruppo Grendi, che gestisce un terminal di 35.000 mq adibiti al cabotaggio nazionale di containers. Nel confine del terminal è situata una darsena di servizio in cui sono ormeggiate motovedette e altre imbarcazioni.



Le caratteristiche delle banchine del Porto Canale possono essere così sintetizzate:

<i>Nome banchina</i>	<i>Lunghezza banchina (ml)</i>	<i>Superficie (mq)</i>	<i>Destinazione d'uso</i>	<i>Pescaggio</i>
Darsena	300		Darsena servizi	6
Grendi	187	35000	RO-RO merci e container	16
<i>CICT</i>	1450	400000	Transhipment	16

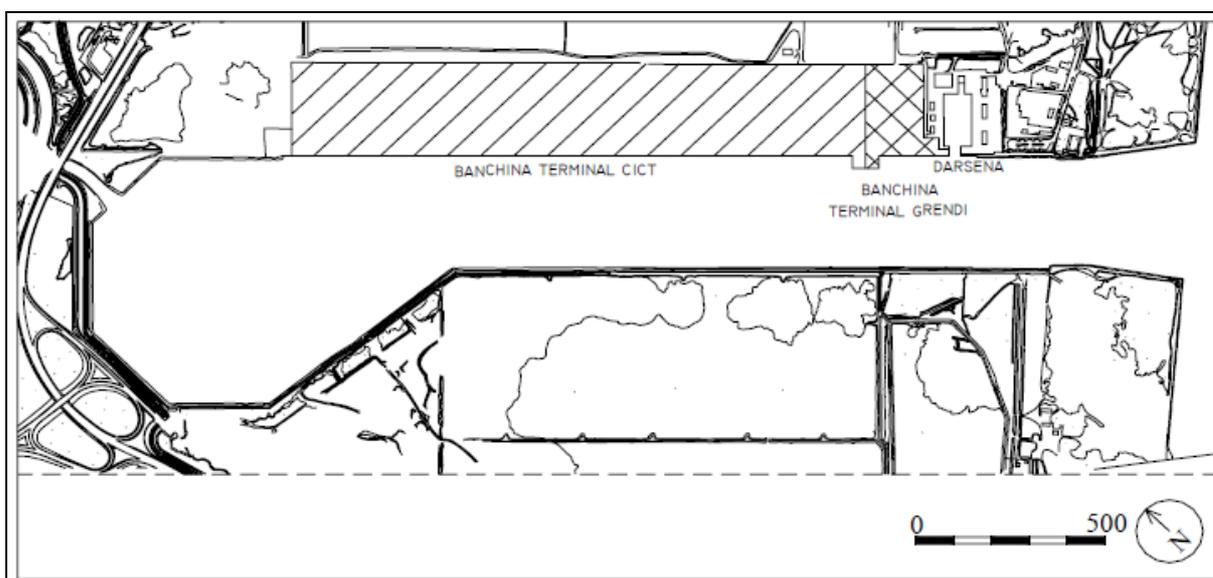


Figura 2-9 Porto Canale - Terminal containers

2.2.3 Il Porto Petroli

Il Porto Petroli è composto a sua volta dai terminal petroliferi di Assemini (Pontile Enichem) e di Sarroch (Pontile Saras – Porto Foxi).

L'approdo petrolifero della società Enichem è ubicato nello specchio acqueo antistante la costa compresa tra Torre su Loi e il porto canale a circa 5 miglia dal porto storico di Cagliari.

Ha uno sviluppo longitudinale complessivo di 1.720 m e può ospitare fino a 4 navi all'attracco; è dotato di 1 impianto petrolchimico a servizio dello stabilimento Enichem di Assemini (Ca) ed i prodotti movimentabili sono virgin nafta, olio combustibile, benzina, acrilonitrile, propilene, ammoniacca, butano, trielina, percloro, soda caustica, acido cloridrico e dicloroetano.



L'approdo petrolifero della società SARAS è ubicato nello specchio acqueo antistante la costa compresa tra Torre su Loi e Punta Zavorra, a circa 8 miglia dal porto storico di Cagliari.

E' eretto su palafitte, si sviluppa longitudinalmente per 2670 m, e può ospitare fino a 11 navi all'attracco.

2.3 Gli interventi programmati di delocalizzazione del polo della cantieristica

Il PRP ha individuato nell'avamposto di levante del Porto Canale, il settore diportistico, estendendolo anche alla cantieristica, al rimessaggio e alla manutenzione/riparazione, mentre prevede che tutta l'area di Su Siccu, compresa tra il molo di levante ed il pennello di Bonaria, venga destinata alla nautica da diporto. In particolare in quest'area è prevista la realizzazione del Grande Porto Turistico di Cagliari in grado di ospitare circa 2.200 imbarcazioni.

Un punto di forza è la disponibilità, nel PRP, della sottozona H3 al lato della sottozona H2 della cantieristica, che è predisposta a fornire servizi di tipo superiore, che sempre più spesso forniscono il plusvalore al lavoro diretto sulla barca e che costituiscono a loro volta un forte attrattore nei confronti del tipo di utenza altamente qualificata, interessata a questo intervento.

La dimensione dei cantieri e la possibilità di creazione dell'intera filiera produttiva consente di integrare, ove necessario, la costruzione e manutenzione di imbarcazioni da diporto con quella del naviglio commerciale o da pesca.

Il Distretto della cantieristica viene ad essere collocato nella colmata est del porto canale di Cagliari per una superficie complessiva di circa 22.7 ha dei quali circa 3.2 ha conquistati a mare mediante l'avanzamento di circa 71,50 m dell'attuale linea di riva.

Per l'accesso da terra ai lotti in cui è stata suddivisa l'area del Distretto Cantieristica, è stata prevista la realizzazione di una viabilità interna che si dirama da Viale Pula.

3 LE RELAZIONI CON IL SISTEMA DELLA MOBILITÀ E CON LE MOVIMENTAZIONI A MARE

3.1 Premessa

Obiettivo del presente studio è l'analisi degli effetti sul sistema della mobilità prodotti dalla realizzazione degli interventi relativi al 1° lotto funzionale del terminal Ro-Ro, localizzato nell'avamposto di ponente del Porto Canale, unitamente alle necessarie opere per garantire l'accessibilità e la piena funzionalità operativa dell'intervento.



Le valutazioni sono eseguite con riferimento all'orizzonte temporale di prevedibile entrata in esercizio del nuovo terminal riferibile all'anno 2020.

In tale scenario l'assetto portuale vedrà anche il trasferimento del settore della nautica da diporto nel porto canale. Per una corretta valutazione sono stati quindi simulati i seguenti scenari:

- A0: Scenario attuale anno 2016
- F0: Scenario di riferimento futuro 2020 con il trasferimento del settore della cantieristica presso il porto canale
- F1: Scenario post operam 2020 in cui, agli interventi previsti per lo scenario F0 si sommano gli interventi oggetto del presente studio, ossia la realizzazione del nuovo terminal Ro – Ro presso il porto canale, il trasferimento operativo in esso delle compagnie che movimentano esclusivamente Ro Ro presso il porto vecchio e lo sviluppo prevedibile di movimenti Ro-Ro conseguente alla nuova funzionale infrastruttura

Il confronto trasportistico tra lo scenario F1 e lo scenario F0 misura il prevedibile impatto.

La metodologia di analisi è la seguente:

- Definizione della rete stradale afferente l'area di studio
- Acquisizione dei dati di traffico disponibili dagli studi di settore
- Valutazione dei prevedibili interventi sulla rete viaria nello scenario post operam
- Ricostruzione del modello di grafo della rete viaria nello scenario attuale e post operam
- Analisi delle movimentazioni attuali e future per ciascuna attività, con riferimento specifico alla fascia oraria di punta del movimento pendolare
- Simulazione dei flussi e valutazione degli effetti sulla rete prodotti dagli interventi in progetto

3.2 L'accessibilità al sistema portuale

Lo schema viario dell'area di intervento e adiacente (cfr. CARORO_QPGT_02 e Figura 3-1) è essenzialmente radiale ed è costituito dai seguenti assi (in senso orario a partire dal versante costiero sud-occidentale):

- SS 195;
- Nuova via San Paolo;



- SS 130 (viale Elmas),
 - SS 131 (viale Monastir);
 - SS 387 (Dolianova),
 - SS 125 (Orientale sarda);
 - SP 17 (viale Poetto).
-
- SS195 (Cagliari – Teulada): collega Cagliari con Capoterra, Pula e Sarroch ed è interessato dalle relazioni con le aree industriali di Macchiareddu e Sarroch. D'estate si presentano frequenti fenomeni di congestione dovuti ai flussi turistici destinati alle località costiere. Attualmente il primo tratto in uscita da Cagliari è a due corsie per senso di marcia e carreggiate separate, mentre il resto del tracciato è a due corsie complessive.
 - Nuova via San Paolo: questo asse ha assorbito la funzione di strada di penetrazione verso Cagliari che era propria della SS 130 a partire dall'innesto con la SS 554. La strada è a carreggiate separate da spartitraffico invalicabile e a due corsie per senso di marcia.
 - SS130 (Cagliari – Iglesias): è il principale asse di collegamento tra il capoluogo e l'Iglesiente nonché strada di collegamento con l'aeroporto e i comuni di Elmas, Assemini e Decimomannu. Intensi fenomeni di congestione si verificano nelle intersezioni semaforizzate localizzate nei punti di accesso dei comuni sopraccitati. In tali intersezioni è prevista la realizzazione di svincoli a livelli sfalsati. Il traffico in ingresso/uscita da Cagliari proviene principalmente dalla via San Paolo.
 - SS131 (Carlo Felice) E25: costituisce l'asse principale della rete viaria regionale collegando il nord e il sud della Sardegna. La SS 131 si connette alla SS 554 che collega con gli altri comuni dell'area conurbata di Cagliari.
 - SS387: connette l'area conurbata di Cagliari con Dolianova, Serdiana e Soleminis e i paesi del Sarrabus. Si innesta nella SS 554 all'altezza del comune di Monserrato. La strada è a carreggiata unica e due corsie complessive.
 - SS125 (orientale sarda): la statale 125 collega il cagliaritano con l'Ogliastra. Essa è attualmente oggetto di profonda riqualificazione sia in termini di tracciato che di carreggiata (adeguamento alla sagoma C della normativa CNR).
 - SP17 (Litoranea Quartu-Villasimius): questa strada collega Cagliari con Villasimius lungo un tracciato costiero. E' interessata da intensi traffici veicolari soprattutto nel periodo estivo anche se gran parte di esso è ora assorbito dal nuovo tratto della nuova SS 554 (S.Isidoro-Terra Mala) recentemente aperto al traffico.



A questi assi si unisce l'itinerario SP2 - Strada consortile Macchiareddu che costituisce un collegamento efficace tra gli assi di penetrazione SS 130 e SS131 e il futuro accesso al porto canale.

L'unico vero elemento trasversale nella rete viaria principale della conurbazione cagliaritano è rappresentato dalla SS. 554. Tale strada è a carreggiate separate con 2 corsie per senso di marcia ed è caratterizzata da un intenso traffico veicolare che determina delle condizioni di forte congestione nelle 7 intersezioni regolate da impianto semaforico.

La Figura 3-1 seguente descrive lo schema della viabilità di accesso a Cagliari. La Figura 3-2 rappresenta la mappa delle isocrone in auto del porto di Cagliari³.

³ Fonte Piano Regionale Trasporti

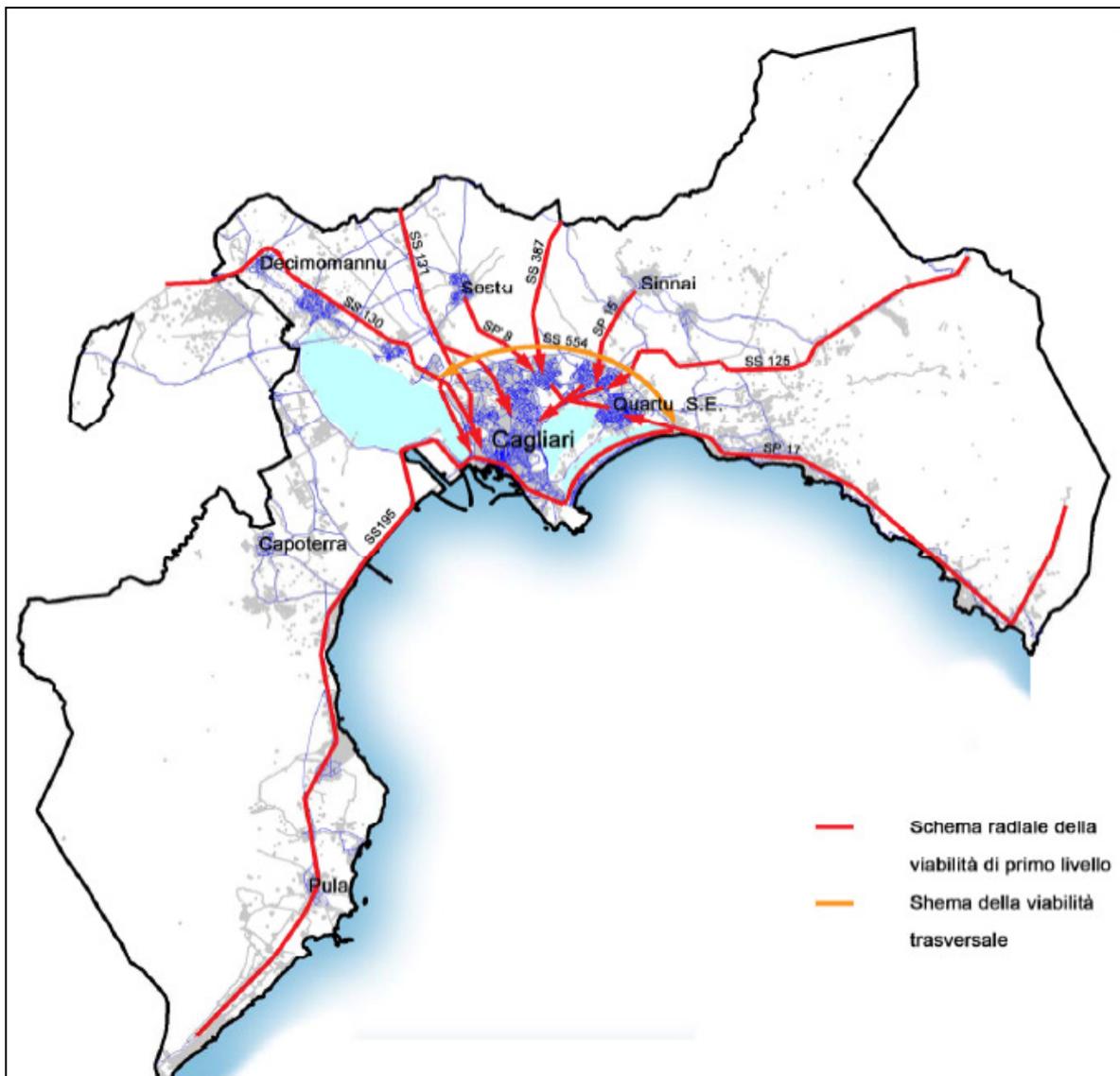


Figura 3-1 Schema della viabilità principale di accesso all'area Cagliaritana (fonte PUM)

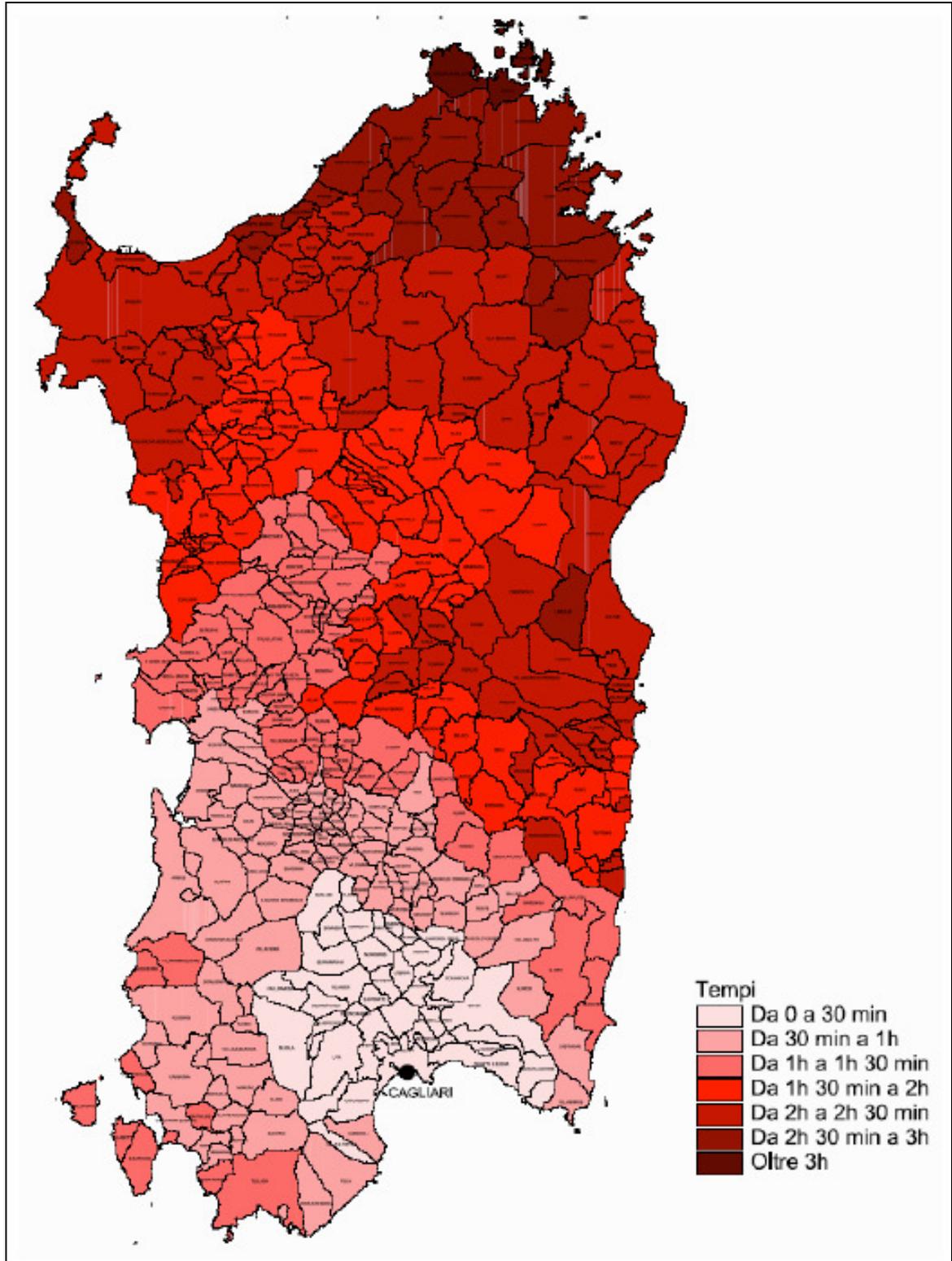




Figura 3-2 Isocrone in autovettura dal porto di Cagliari (Fonte PRT)

La Figura 3-3 e le foto seguenti⁴ descrivono i principali assi viari di accesso all'infrastruttura portuale.

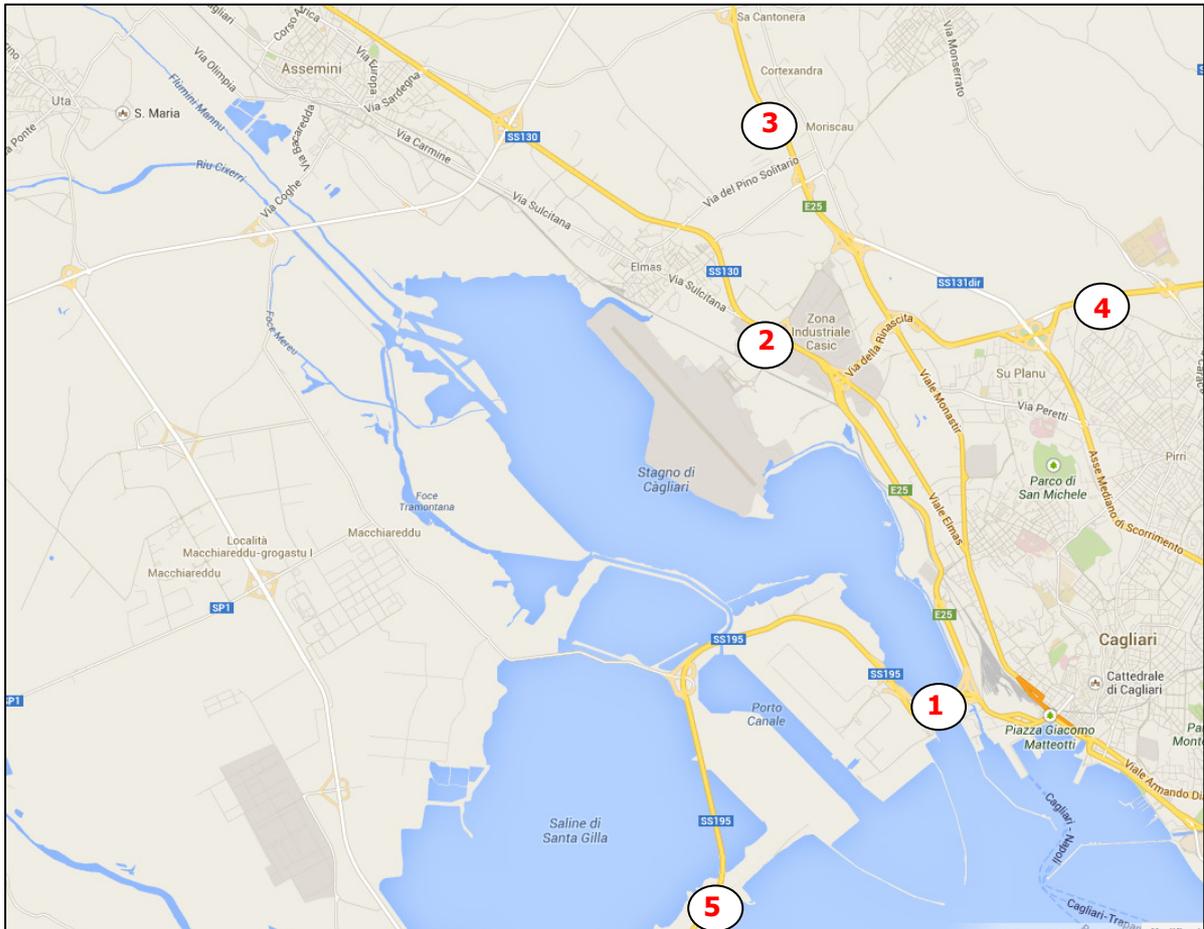


Figura 3-3 Principali assi viari di accesso al sistema portuale

⁴ Fonte Google Maps



Figura 3-4 SS 195 Viabilità collegamento porto canale con il porto vecchio (punto 1 mappa Figura 3-3)



Figura 3-5 SS 130 Viabilità di accesso all'area portuale da nord (punto 2 mappa Figura 3-3)



Figura 3-6 SS 131 Viabilità di accesso all'area portuale da nord (punto 3 mappa Figura 3-3)



Figura 3-7 SS 554 Tangenziale di Cagliari (punto 4 mappa Figura 3-3)



Figura 3-8 Viabilità di accesso al porto canale da sud (punto 5 mappa Figura 3-3)

La Figura 3-9 descrive la viabilità di servizio al nuovo terminal Ro – Ro del porto canale che potrà essere realizzata adeguando il tracciato esistente (vedi foto di Figura 3-10).

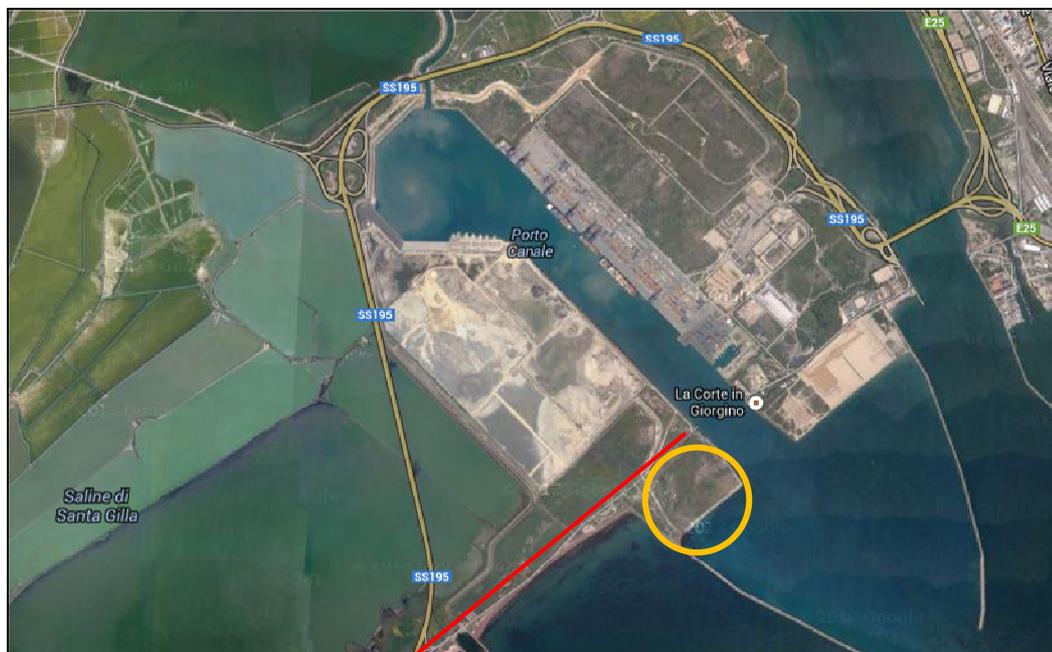


Figura 3-9: viabilità di accesso al nuovo terminal Ro - Ro



Figura 3-10: situazione attuale della viabilità dedicata all'accesso al terminal Ro Ro (ex SS 195)

Dal punto di connessione tra la viabilità portuale e la SS 195, l'itinerario più veloce di connessione con i principali assi viari di penetrazione a Cagliari (SS 130 e SS 131) impegna la strada consortile Macchiareddu e la SP 2.

Il percorso ad esso alternativo è offerto dalla SS 195 e dalla E25 (SS 131). Questo itinerario è per contro quello più veloce per i mezzi pesanti in entrata o in uscita dal terminal Ro Ro di Grendi attivo al porto canale.

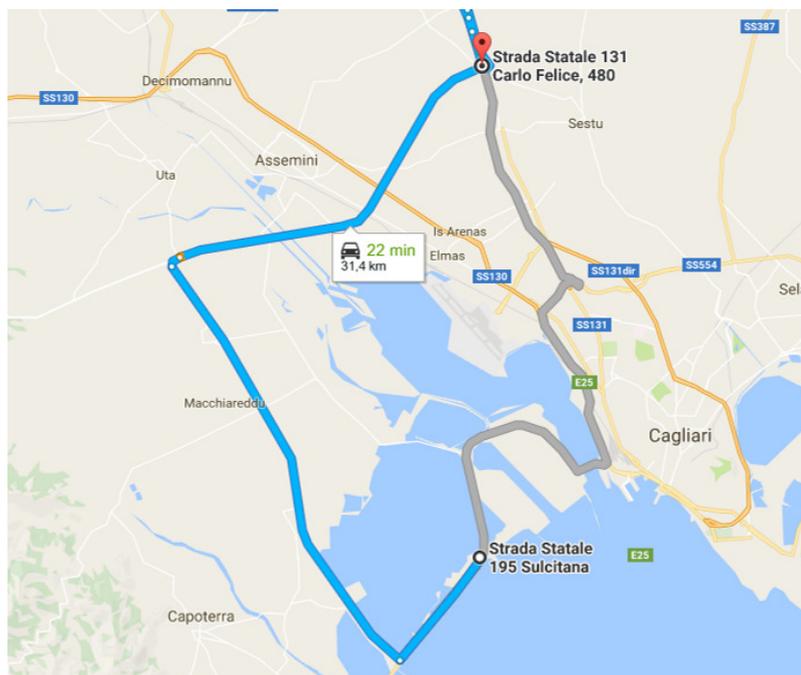


Figura 3-11: itinerario più veloce tra il nuovo termina Ro Ro nel porto canale e gli assi principali di penetrazione a Cagliari⁵



Figura 3-12: Intersezione tra SS 195 e strada consortile Macchiareddu.

La Figura 3-13 descrive il nuovo quadro infrastrutturale previsto dal PUM di Cagliari.

⁵ Fonte Google Maps con riferimento alla fascia oraria di punta del traffico pendolare.

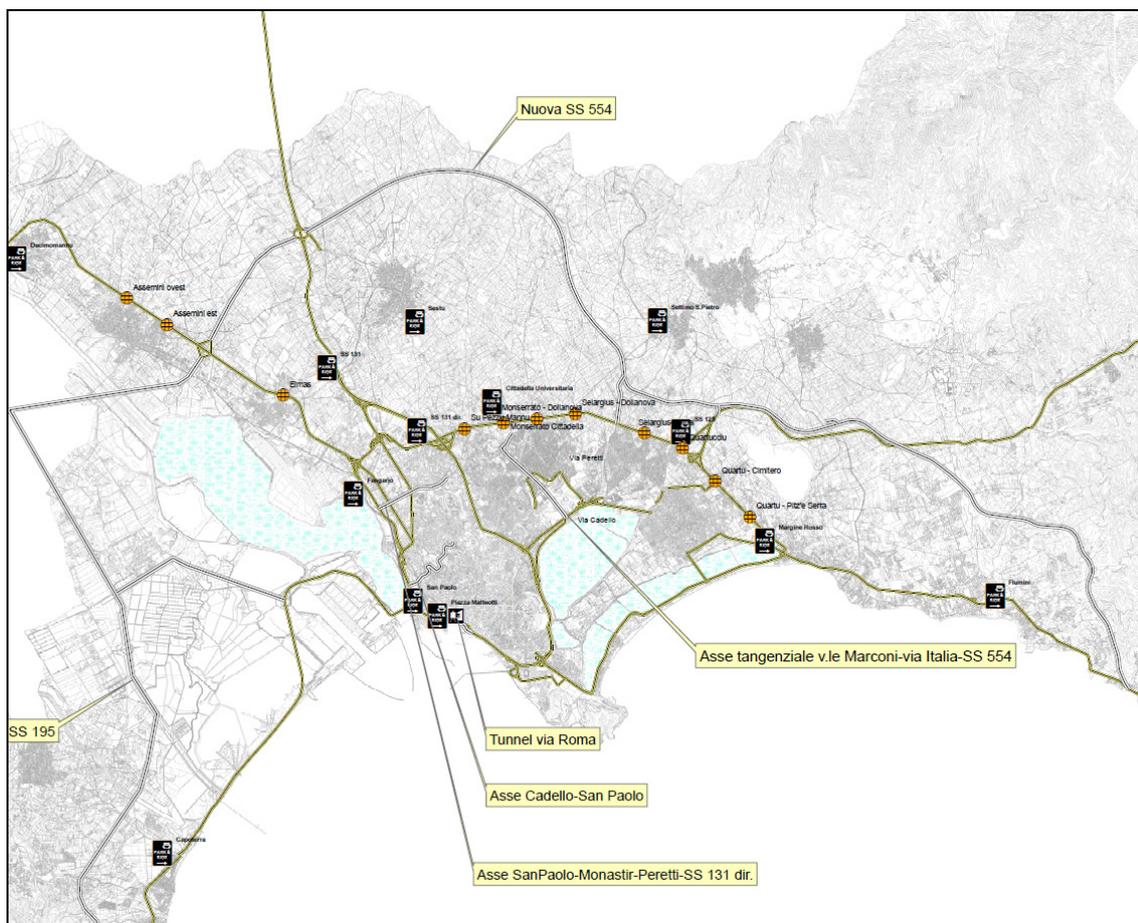


Figura 3-13: Nuove infrastrutture viarie programmate dal Piano Urbano della Mobilità di Cagliari

3.3 I flussi veicolari attuali sulla rete stradale di accesso al bacino di studio

Nel presente capitolo vengono descritti i flussi veicolari che caratterizzano l'area di studio con riferimento allo stato attuale.

I valori sono stati elaborati dai rilievi effettuati ai fini della redazione del Piano Regionale dei Trasporti e del Piano Urbano della Mobilità del Comune di Cagliari. I valori sono stati integrati dai rilievi specifici eseguiti nel 2011 per l'intervento relativo al Distretto Cantieristica, nel porto canale.

3.3.1 La mobilità sistematica

Il PUM elabora i dati di mobilità pendolare desunti dal XIV Censimento ISTAT (2001). Risulta che Cagliari genera giornalmente 71.939 spostamenti per lavoro e studio di cui solo 10.934 sono destinati in comuni esterni. Oltre 61.000 spostamenti si effettuano all'interno del territorio comunale.



Le figure seguenti descrivono i valori disaggregati per direttrice, rispettivamente per gli spostamenti in uscita ed in entrata.

Il comune di Cagliari attrae giornalmente 122.011 spostamenti per lavoro e studio. I pendolari che entrano dall'esterno dell'area vasta ammontano a 17.058 unità.

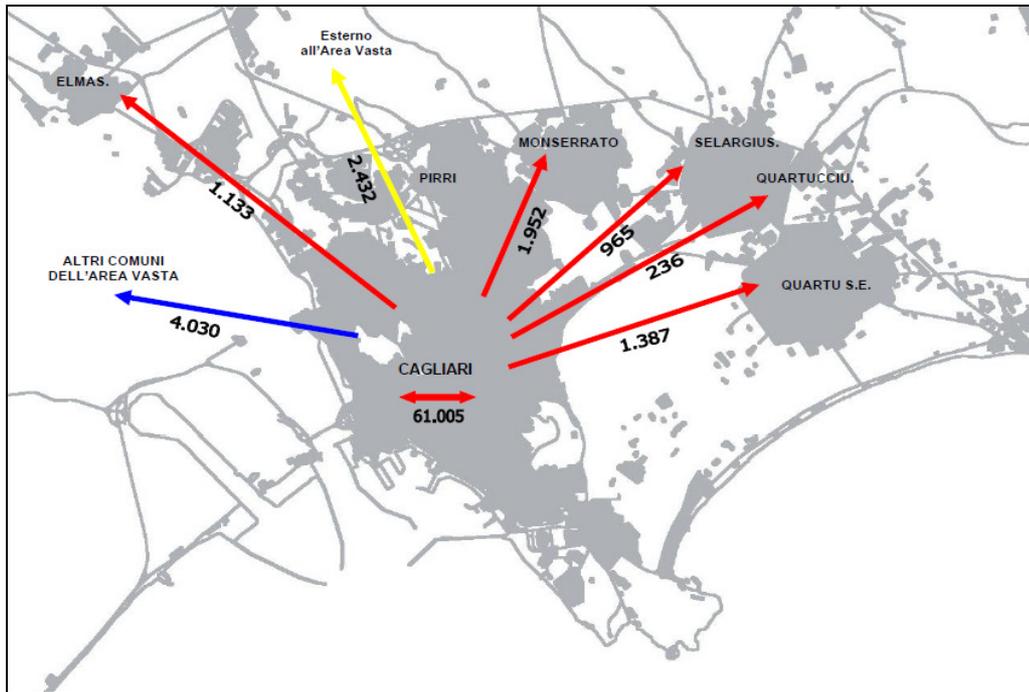


Figura 3-14 Spostamenti pendolari in uscita da Cagliari (fonte PUM)

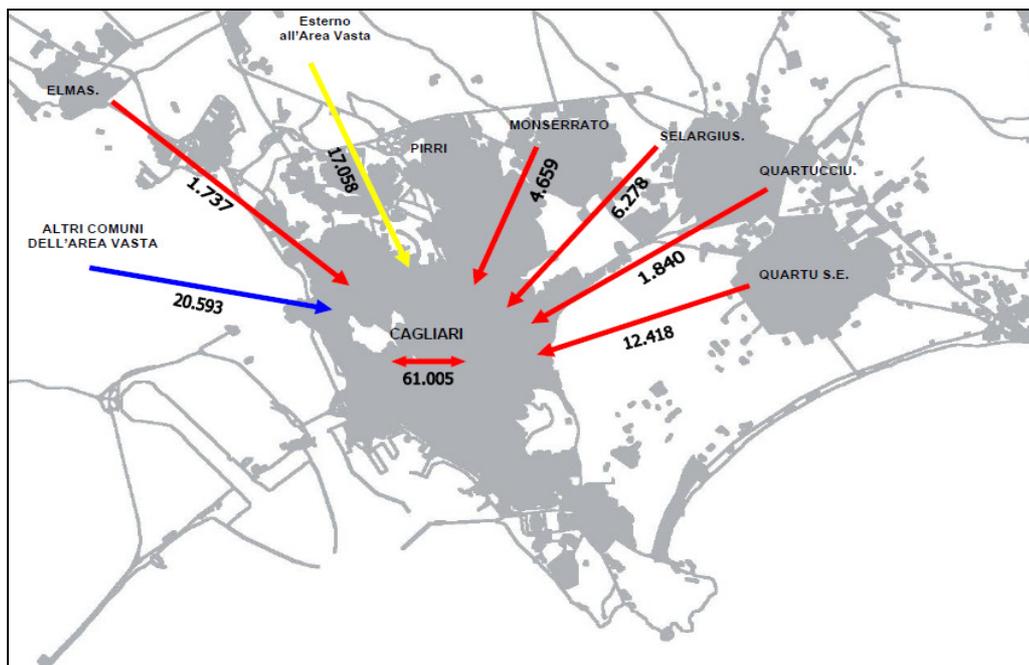




Figura 3-15 Spostamenti pendolari in entrata a Cagliari (fonte PUM)

La figura seguente descrive la ripartizione per fascia oraria di uscita degli spostamenti pendolari effettuati in auto (come conducente). E' evidente come la fascia oraria di punta sia concentrata tra le 7.15 e le 8.15 con circa il 44% degli spostamenti.

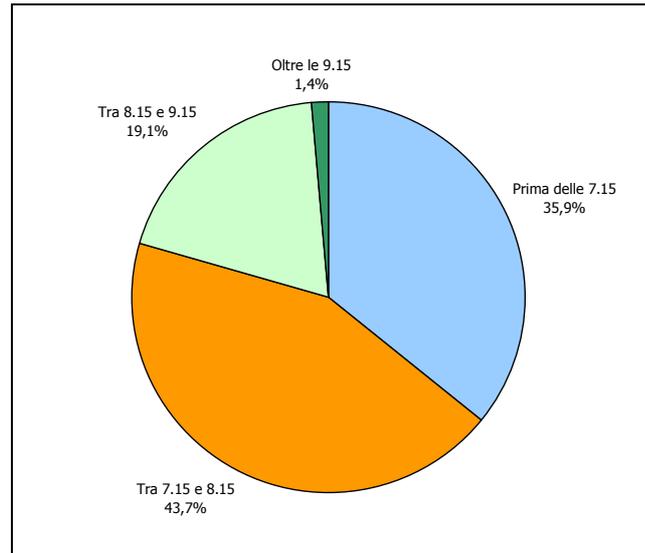


Figura 3-16 Ripartizione per fascia oraria di uscita degli spostamenti pendolari effettuati in auto

3.3.2 I rilievi dei flussi veicolari fonte PRT e PUM

Le tabelle seguenti riportano i valori dei flussi veicolari rilevati, per la stesura del Piano Regionale dei Trasporti, sui principali archi stradali della rete viaria di studio. Le tabelle forniscono, rispettivamente, i valori relativi ai flussi invernali nell'ora di punta (7-8) ed ai flussi estivi nella fascia 8-9.

Nelle tabelle i dati sono distinti per verso di marcia e disaggregati per veicoli leggeri, commerciali, pesanti ed autobus. E' stato quindi omogeneizzato il valore in termini di veicoli equivalenti, utilizzando i seguenti coefficienti:

- Veicoli commerciali: 1,5
- Pesanti ed autobus: 4



Tabella 3-1 Rilievi periodo invernale anno 2006 (Fonte PRT)

Sezione PRT	Strada	Località	Verso	Leggeri	Commerciali	Pesanti	Autobus	Totale	% VP	Veic Eq.
1	SP17	Terra Mala	Cagliari	83	5	0	2	90	7,8%	99
			Villasimius	216	26	11	1	254	15,0%	303
			Totale	299	31	11	3	344	13,1%	402
2	SS387	Soleminis	Cagliari	859	103	32	5	999	14,0%	1162
			Dolianova	301	59	20	2	382	21,2%	478
			Totale	1160	162	52	7	1381	16,0%	1639
3	SS131	Sestu	Cagliari	1565	186	50	12	1813	13,7%	2092
			Sassari	1206	135	38	7	1386	13,0%	1589
			Totale	2771	321	88	19	3199	13,4%	3681
4	SS195	Spiaggia Maddalena	Cagliari	1190	26	42	18	1276	6,7%	1469
			Pula	720	75	63	17	875	17,7%	1153
			Totale	1910	101	105	35	2151	11,2%	2622
12	SS130	Decimomannu	Cagliari	410	57	9	1	477	14,0%	536
			Iglesias	507	138	26	2	673	24,7%	826
			Totale	917	195	35	3	1150	20,3%	1362
13	SS125	San Priamo	Cagliari	96	29	12	3	140	31,4%	200
			Muravera	77	44	13	2	136	43,4%	203
			Totale	173	73	25	5	276	37,3%	403
78	SS130	Elmas	Cagliari	1460	129	28	26	1643	11,1%	1870
			Iglesias	800	121	111	22	1054	24,1%	1514
			Totale	2260	250	139	48	2697	16,2%	3383
79	SS130 dir	San Sperate	Decimomannu	177	37	18	4	236	25,0%	321
			S. Sperate	198	37	7	1	243	18,5%	286
			Totale	375	74	25	5	479	21,7%	606

Tabella 3-2 Rilievi periodo estivo anno 2006 (fonte PRT)

Sezione PRT	Strada	Località	Verso	Leggeri	Commerciali	Pesanti	Autobus	Totale	% VP	Veic Eq.
1	SP17	Terra Mala	Cagliari	135	19	8	1	163	17,2%	200
			Villasimius	154	30	6	1	191	19,4%	227
			Totale	289	49	14	2	354	18,4%	427
2	SS387	Soleminis	Cagliari	81	22	9	5	117	30,8%	170
			Dolianova	508	53	8	14	583	12,9%	676
			Totale	589	75	17	19	700	15,9%	846
3	SS131	Sestu	Cagliari	2360	225	63	20	2668	11,5%	3030
			Sassari	1030	175	49	3	1257	18,1%	1501
			Totale	3390	400	112	23	3925	13,6%	4530
4	SS195	Spiaggia Maddalena	Cagliari	1330	76	39	4	1449	8,2%	1616
			Pula	140	103	32	6	281	50,2%	447
			Totale	1470	179	71	10	1730	15,0%	2063
12	SS130	Decimomannu	Cagliari	860	77	24	7	968	11,2%	1100
			Iglesias	400	108	26	1	535	25,2%	670
			Totale	1260	185	50	8	1503	16,2%	1770
13	SS125	San Priamo	Cagliari	48	4	1	1	54	11,1%	62
			Muravera	97	5	2	1	105	7,6%	117
			Totale	145	9	3	2	159	8,8%	179
78	SS130	Elmas	Cagliari	2210	214	51	17	2492	11,3%	2803
			Iglesias	1030	234	77	11	1352	23,8%	1733
			Totale	3240	448	128	28	3844	15,7%	4536
87A	Porto di Cagliari - Pontile Sanità		Ingresso	64	23	3	1	91	29,7%	115
			Uscita	141	20	1	0	162	13,0%	175
			Totale	205	43	4	1	253	19,0%	290

Il rilievo 87A è stato effettuato nella fascia oraria 9.00 - 10.00



Per integrare il quadro conoscitivo sui flussi di traffico attuali, sono state utilizzate le simulazioni effettuate per la redazione del PUM di Cagliari e le simulazioni effettuate per ricostruire lo scenario attuale all'interno dello studio VAS per il PRP 2009⁶

La Figura 3-17 seguente riporta il flussogramma relativo all'ora di punta del mattino.

Dall'analisi del flussogramma risultano elevati volumi di traffico in ingresso alla città di Cagliari principalmente da viale Poetto, viale Marconi, la circonvallazione di Pirri, la via San Paolo e la SS 195. Sul fronte est su viale Marconi e sul lungo saline /viale Poetto, si riversano oltre 5000 veicoli/ora. Il traffico proveniente da viale Poetto, viale Marconi e la circonvallazione di Pirri viene successivamente in gran parte raccolto e distribuito dall'Asse Mediano.

Si evidenzia l'intenso traffico che interessa la SS 554 specie nel tratto che va dalla SS 387 fino all'innesto con la SS 130, con flussi che si avvicinano ai 2000 veicoli/ora.

Sul fronte occidentale dalle strade statali 131, 130 e 195 entrano in città quasi 6500 veicoli/ora complessivi.

⁶ Autorità Portuale di Cagliari – Nuovo Piano Regolatore Portuale – Valutazione Ambientale Strategica (20/01/2010)

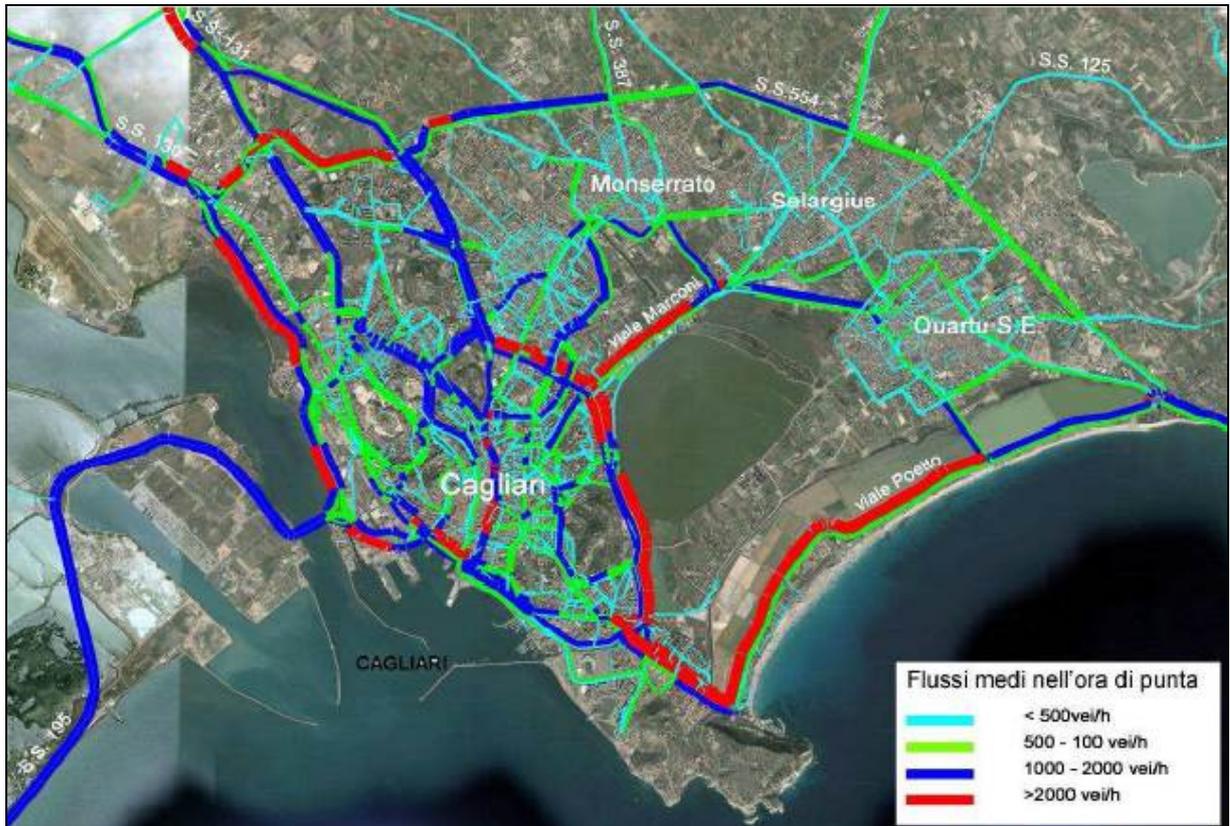


Figura 3-17 Simulazioni flussi traffico 7.30 – 8.30 (Fonte:VAS del PRP 2010)

3.3.3 La campagna di rilievo dei flussi veicolari

I dati descritti nel punto precedente forniscono un quadro di riferimento dei flussi veicolari di area vasta.

Per inquadrare lo scenario di mobilità relativo ai generatori portuali, nell'ambito dello SIA relativo al Distretto Cantieristica, nel 2011, è stato effettuato un puntuale monitoraggio delle sezioni/nodi veicolari descritte nella Figura 3-18:

- Nodo 1: viabilità interna al porto canale
- Sezione 2: viabilità di connessione con il futuro distretto della cantieristica
- Sezione 3: via Calafati (rappresentativa dei flussi generati/attratti dall'ambito di cantiere A1 da trasferire al nuovo Distretto cantieristica)
- Sezione 4: via Perdixedda (rappresentativa dei flussi generati/attratti dall'ambito di cantiere A2 da trasferire al nuovo Distretto cantieristica)
- Nodo 5: nodo di Via Sebastiano Caboto (rappresentativo dei flussi generati/attratti dall'ambito di cantiere B da trasferire al nuovo Distretto cantieristica)



- Sezione 6: Viale Pula – asse primario di accesso al porto
- Sezione 7: SS 195 asse primario di connessione con il porto canale



Figura 3-18 Ubicazione delle sezioni di rilievo – campagna VDP maggio 2011⁷

I rilievi sono stati effettuati dalla società VDP srl nei giorni 4,5 e 6 maggio 2011 nelle fasce orarie tipiche della mobilità sistemata di punta del mattino (8.00 – 9.00) e del pomeriggio (17.00 – 18.00). La tabella seguente descrive i valori monitorati nel corso della campagna di rilievi.

⁷ Cartografia google maps



Tabella 3-3 Rilievi dei flussi veicolari (Elab. VDP srl)

		Rilievi mattina					Rilievi pomeriggio				
		Moto	Auto	Veic. Comm. Leggeri	Veic. Pesanti	Totale veicoli equivalenti	Moto	Auto	Veic. Comm. Leggeri	Veic. Pesanti	Totale veicoli equivalenti
Nodo 1	Verso SS 195	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
	Da SS 195	-	4	-	-	4	-	12	-	-	12
Sez. 2	Verso SS 195	-	36	-	-	36	12	44	4	-	54
	Da SS 195	-	32	-	-	32	-	36	-	-	36
Sez. 3	Verso V.le Pula	-	8	-	-	8	-	28	-	-	28
	Verso Mare	4	44	4	-	50	-	12	-	-	12
Sez. 4	Verso V.le Pula	4	12	-	-	14	4	4	4	-	10
	Verso Mare	-	4	-	-	4	4	-	4	-	6
Nodo 5	Dai cantieri	-	12	-	-	12	-	48	-	-	48
	Verso cantieri	-	12	-	-	12	-	52	-	-	52
Sez. 6	Verso Nord	24	1.680	48	72	1.956	60	1.188	48	84	1.518
	Verso Sud	60	2.160	48	12	2.274	48	1.380	36	96	1.728
Sez. 7	Verso Ovest	12	756	48	36	918	84	1.608	72	36	1.830
	Verso Est	48	996	-	24	1.092	24	1.128	60	24	1.272

3.4 I flussi veicolari sulla rete stradale del bacino di studio

Ai fini della simulazione dei flussi veicolari negli scenari ante e post operam è stato schematizzato il grafo della rete di interesse del bacino di studio.

In relazione alla struttura della rete viaria ed alle direttrici di gravitazione descritte nei punti precedenti si è proceduto alla zonizzazione del bacino di traffico ed alla schematizzazione del grafo di rete.

La tabella seguente descrive i poli individuati per la zonizzazione.

Poli	Bacino territoriale
1	Bacino sud provincia Cagliari, parte circoscr. 1
2	Bacino SP 92, parte circ. 1
3	Provincia Carbonia - Iglesias
4	Province di Nuoro, Olbia - Tempio, Oristano, Sassari, Bacino Nord provincia Cagliari, parte provincia Ogliastra
5	Circoscrizioni Cagliari 1, 3, 4, 6; Porto
6	Circoscrizione 6 Cagliari; Porto Turistico
7	Provincia Ogliastra
8	Bacino SP 17
9	Porto turistico, Ambito cantieristica B
10	Ambito cantieristica A
11	Porto canale
12	Futura area distretto cantieristica

Tabella 3-4 Zonizzazione dell'area di studio



Per la zonizzazione del territorio del comune di Cagliari si è fatto riferimento alla suddivisione in circoscrizioni come da figura seguente:

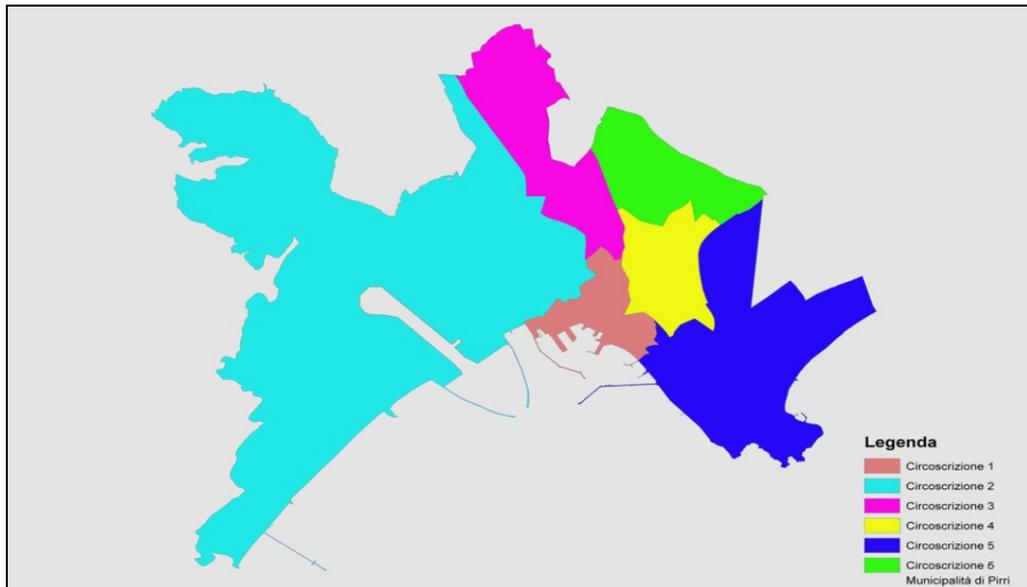


Figura 3-19 Circoscrizioni del comune di Cagliari⁸

La Figura 3-20 descrive il grafo di rete adottato che schematizza la viabilità principale definita dal PUM in Figura 3-1. In Figura 3-21 è descritto lo scenario attuale anno 2016 (scenario A0).

I valori dei flussi sono stati ottenuti utilizzando i valori rilevati in sede di redazione del PRT, unitamente ai flussi monitorati da VDP nella specifica campagna di rilievi di maggio 2011. Ove mancanti è stato utilizzato il flussogramma elaborato per il PUM. I valori disponibili sono riportati in forma di flussogramma. Al singolo arco è stato attribuito il valore medio del relativo range.

Per aggiornare i dati si è assunto che la variazione della mobilità segua lo stesso andamento del tasso di crescita della popolazione, in analogia a quanto effettuato per la redazione del Piano Urbano della Mobilità. Il trend annuo di incremento del carico demografico dei comuni che attualmente costituiscono la città metropolitana di

⁸ Fonte sito web del Comune di Cagliari



Cagliari⁹, nel periodo dicembre 2011 –dicembre 2015, ha fatto registrare un valore dello 0,69% annuo cumulato composto, passando da 420.013 residenti a 431.657 unità.

In Figura 3-22 è riportato lo scenario di riferimento futuro 2020 (scenario F0) in cui viene considerato completato il trasferimento del settore della nautica da diporto presso il porto canale.

⁹ Istituita con Legge Regionale 4 febbraio 2016 n.2, pubblicata nel BURAS n.6 dell'11/02/2016

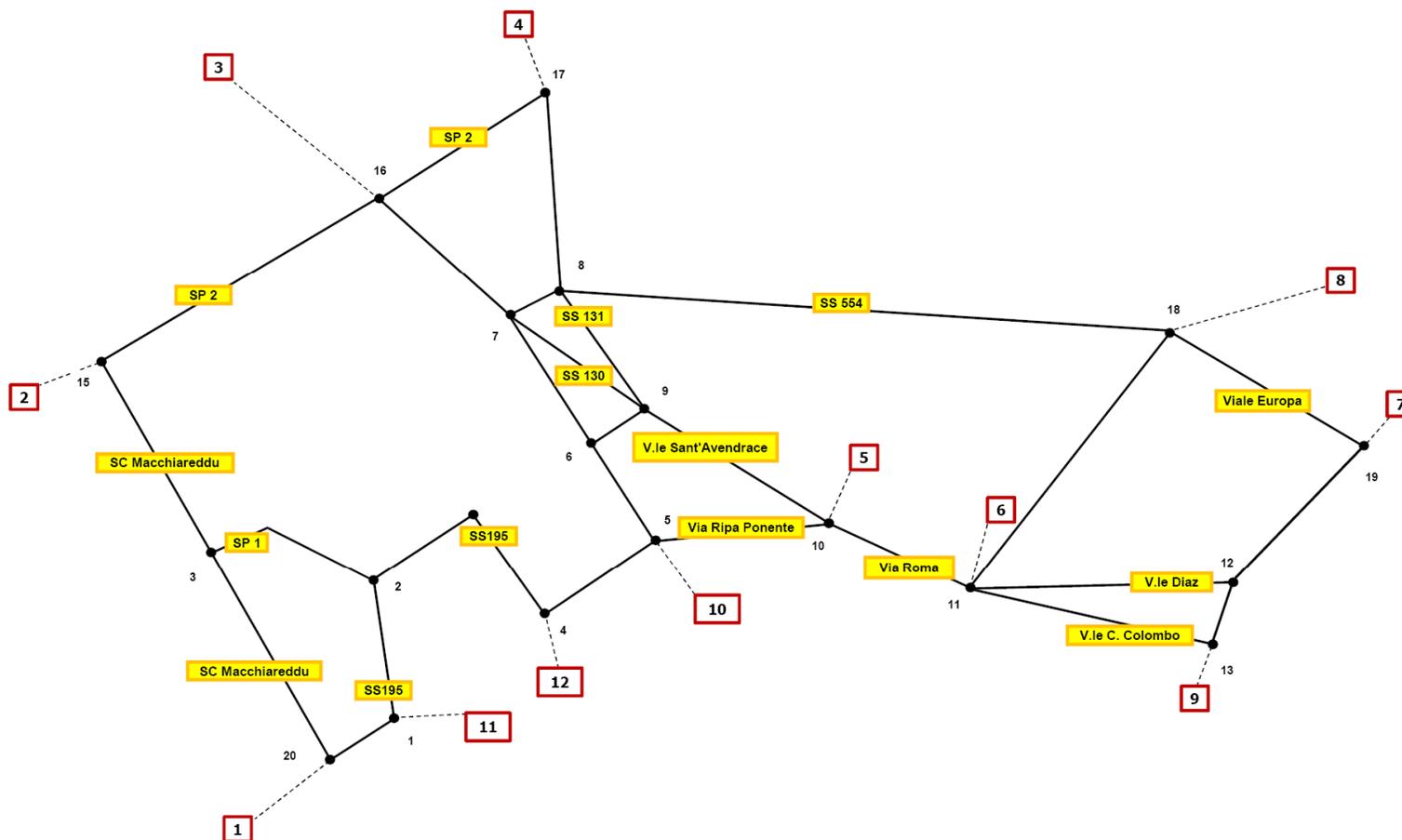


Figura 3-20 Grafo stradale di riferimento

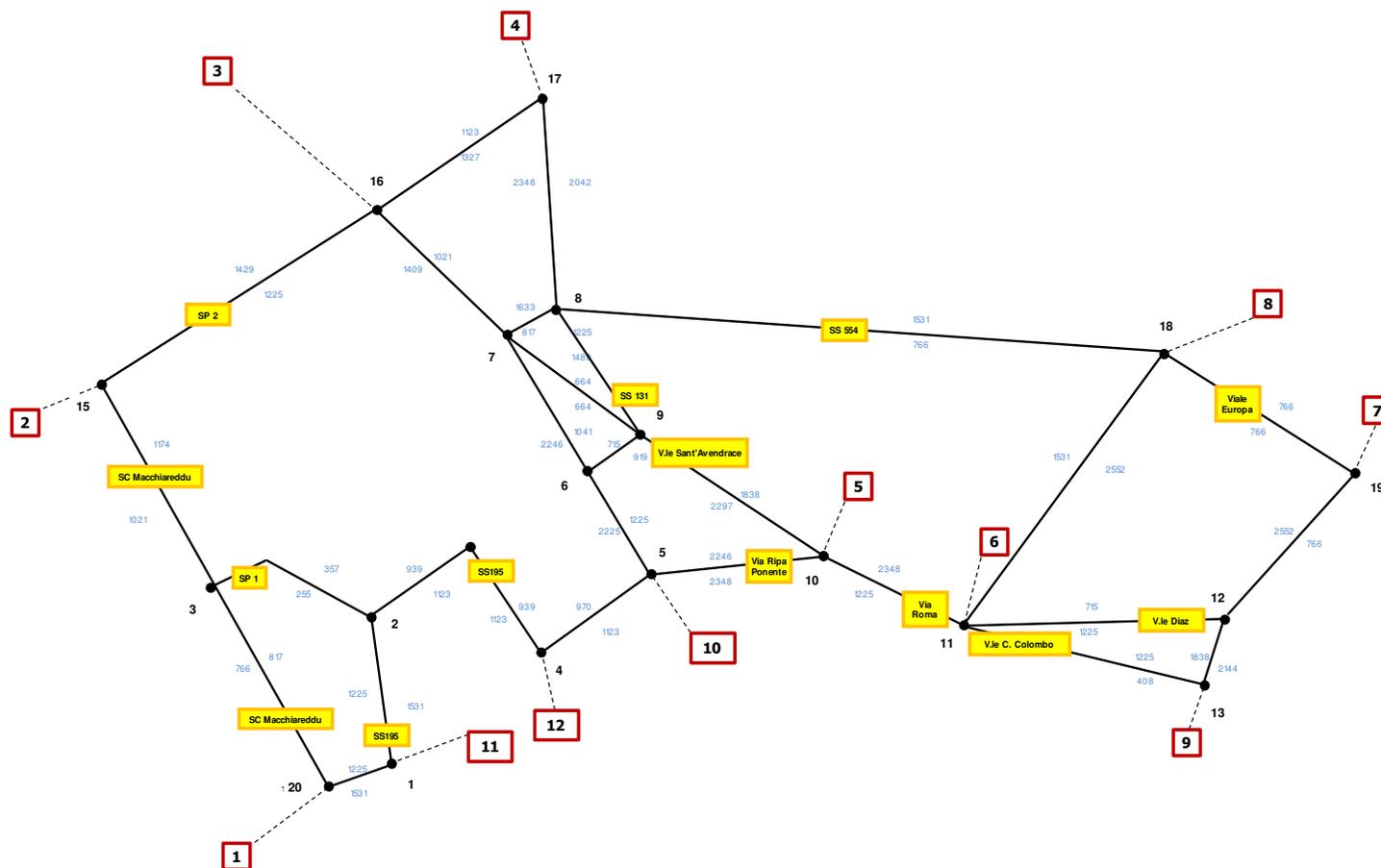


Figura 3-21 Simulazione scenario attuale 2016 (A0)



3.5 Analisi delle movimentazioni attese nel nuovo terminal Ro-Ro

3.5.1 Dinamica delle attuali movimentazioni Ro – Ro

Per una puntuale valutazione degli effetti indotti sul sistema della mobilità in relazione allo spostamento dei movimenti Ro Ro merci dal porto storico al porto canale, sono stati elaborati i dati degli arrivi delle navi Ro Ro merci al porto storico nell'anno 2016¹⁰. Complessivamente sono risultate 1052 navi in arrivo di cui il 22% nelle giornate di venerdì ed 21% nelle giornate di domenica.

Le figure seguenti descrivono per giorno della settimana la frequenza media degli arrivi.

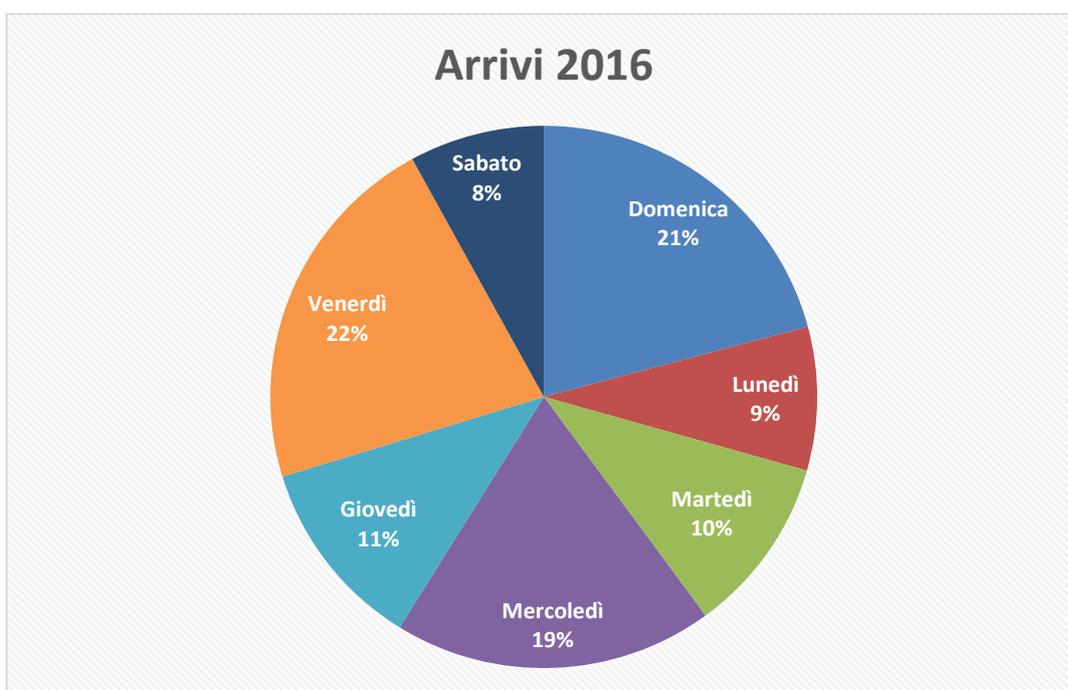


Figura 3-23 Ripartizione arrivi navi Ro Ro merci per giorno della settimana 2016

¹⁰ Fonte Autorità Portuale di Cagliari

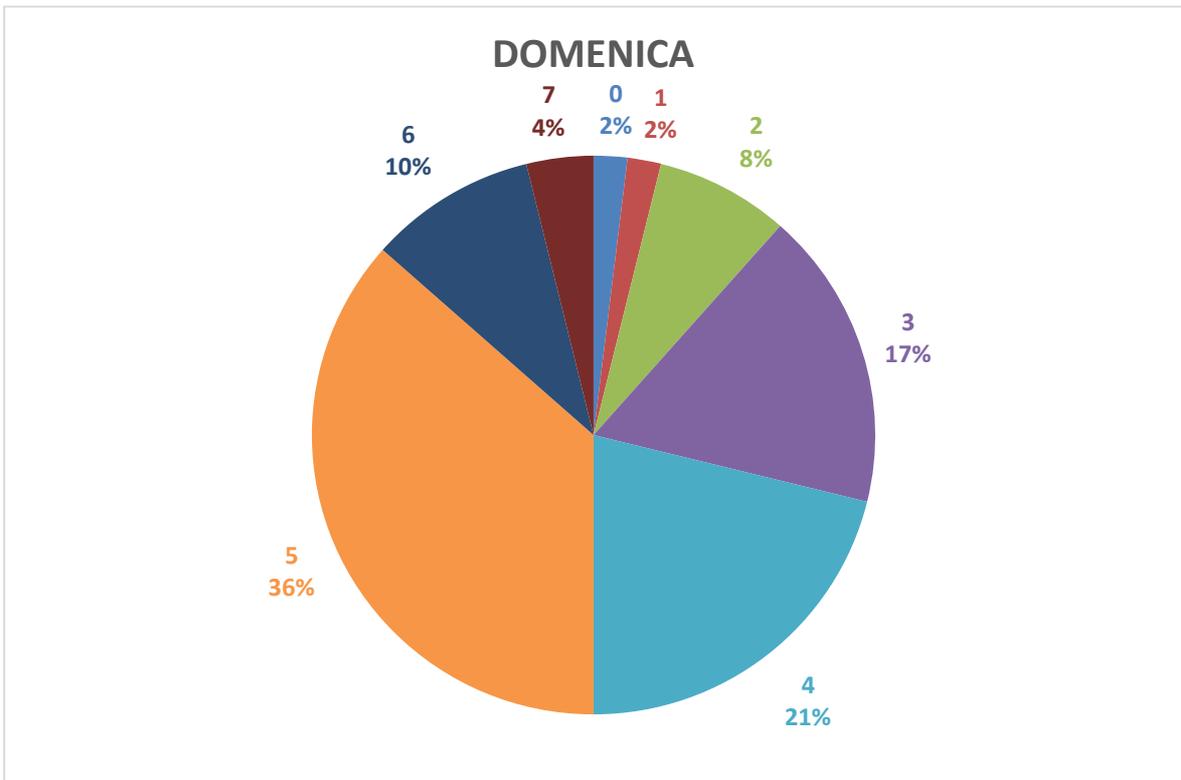


Figura 3-24

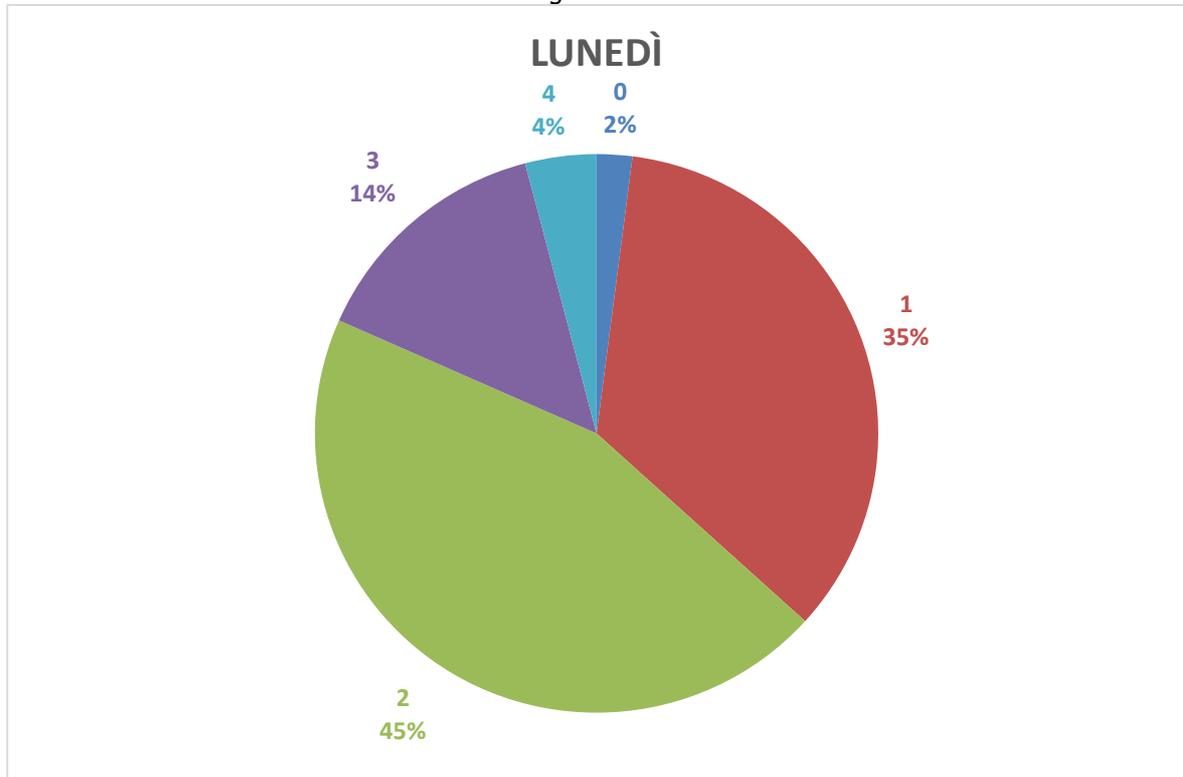


Figura 3-25

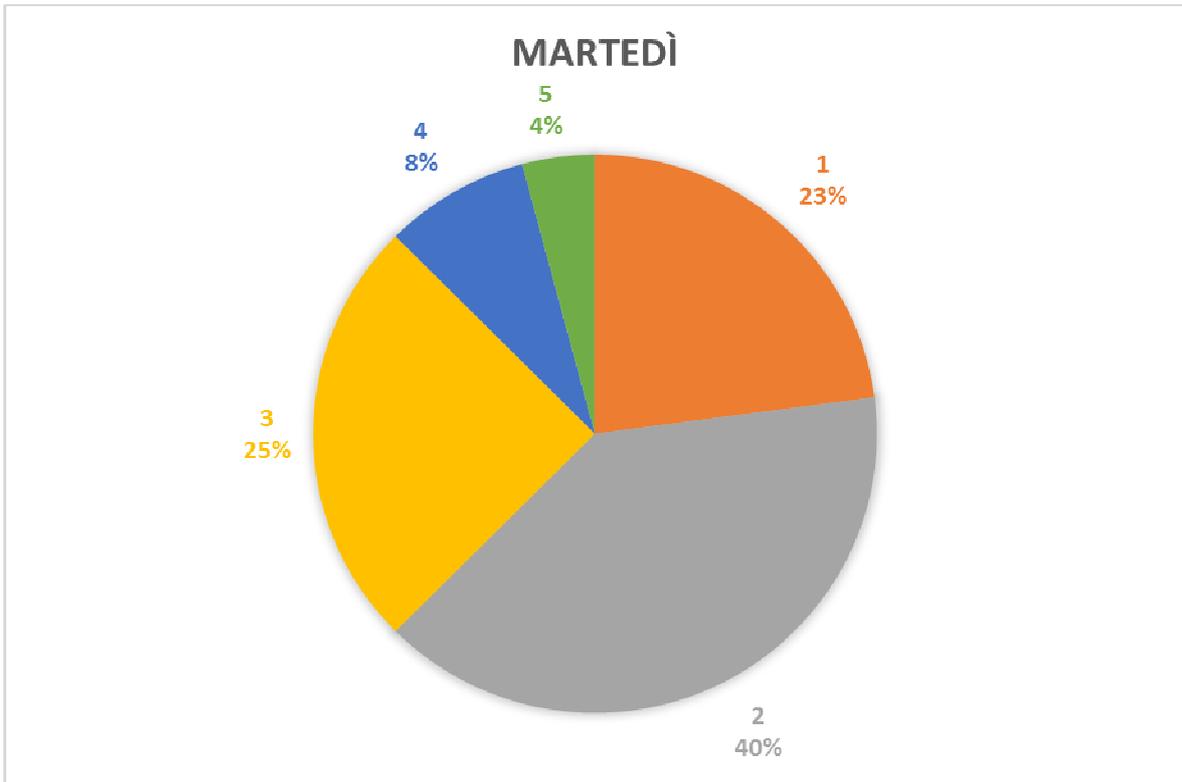


Figura 3-26

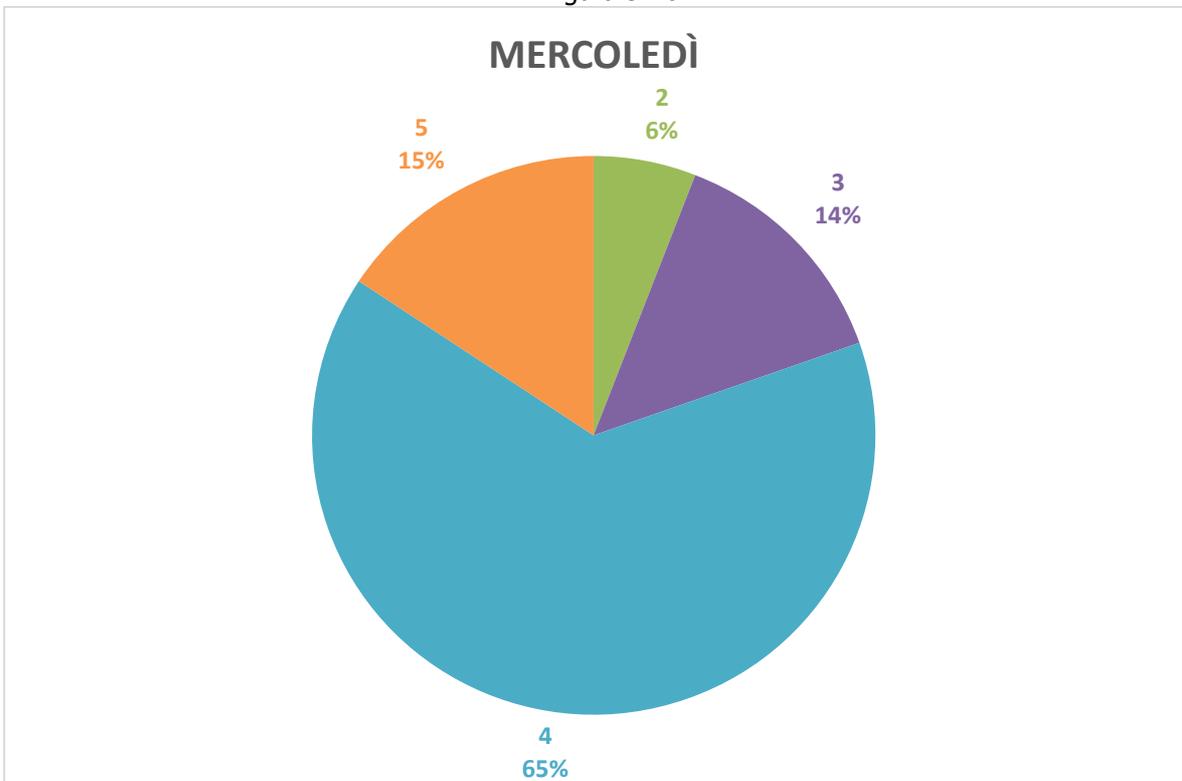


Figura 3-27

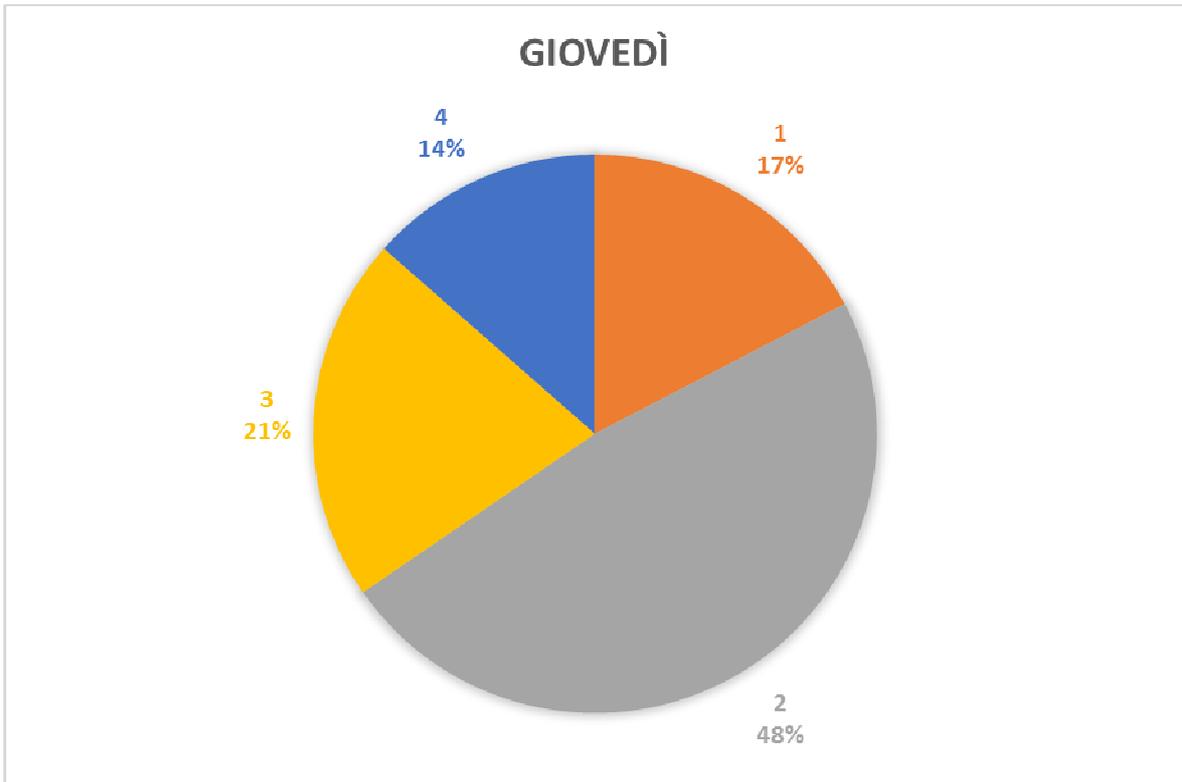


Figura 3-28

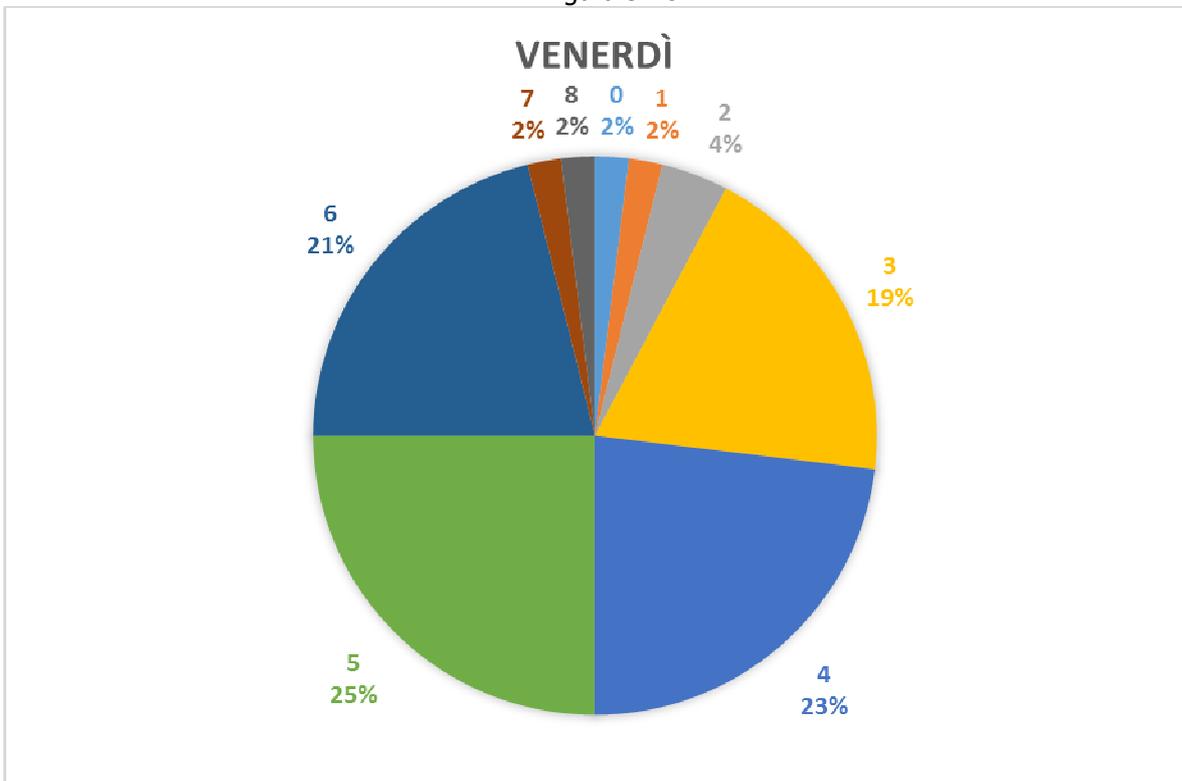


Figura 3-29

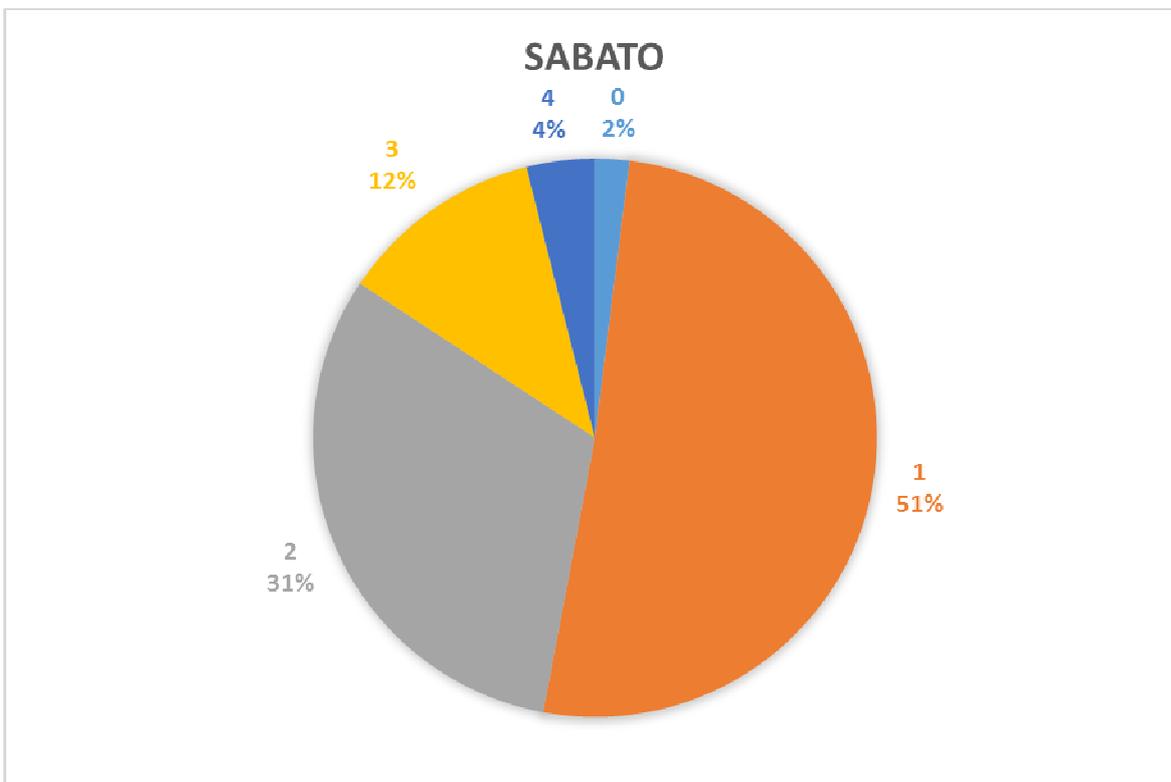


Figura 3-30

Dai dati 2016 risulta evidente come la giornata di maggiore impatto sia il venerdì in cui si sono registrati il 22% degli arrivi annui.

La figura seguente descrive la frequenza degli arrivi nelle giornate di venerdì. Si registra ad oggi una movimentazione non superiore a 6 navi nel 96% nelle giornate.

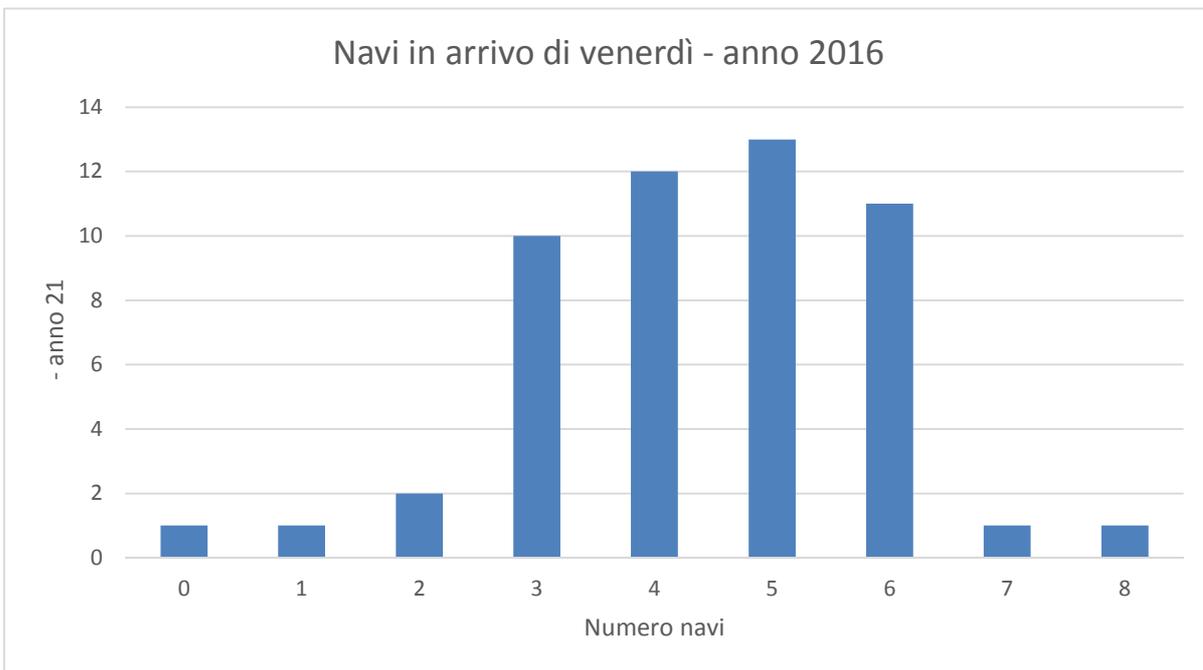


Figura 3-31

La figura seguente evidenzia il dato degli arrivi nelle giornate di venerdì, distribuito nell'anno.

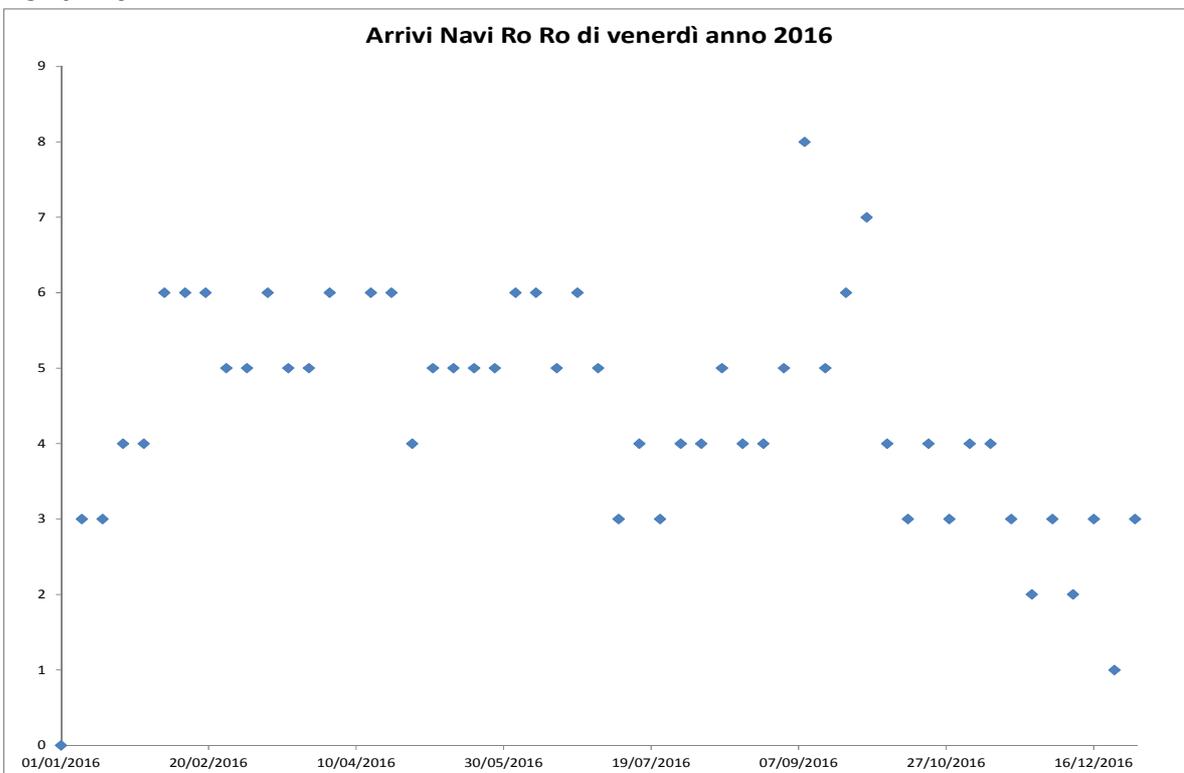


Figura 3-32



I traffici Ro Ro merci oggi movimentati al porto storico sono sostanzialmente operati da Grimaldi e da Tirrenia, con una programmazione variabile.

Per ricostruire le relazioni tra traffico marittimo e traffico a terra si è fatto riferimento ai dati registrati nelle ultime settimane integrati con valutazioni sui movimenti prevalenti di Tirrenia.



Figura 3-33 sbarco nave Ro Ro Grimaldi

Per ricostruire lo scenario tipo si è fatto riferimento ai movimenti di venerdì 3 marzo 2017:

- Nave M. Mura Agenave – Tirrenia: arrivo ore 15.00 partenza ore 20.00
- Nave Eurocargo Bari (Grimaldi): arrivo ore 09.00 partenza ore 13.00
- Eurocargo Napoli (Grimaldi): arrivo ore 22.00 partenza ore 2.00 (del 4/3/17)

A questi movimenti sono state sommate le partenze di due navi Tirrenia alle ore 19.00 e 20.00 ipotizzando la prima per Palermo e la seconda per Civitavecchia in coerenza con i traffici recenti della compagnia. Come 6* nave si è inserito il movimento di una nave che produce il massimo impatto a terra nell'ora di punta del mattino (arrivo alle 5.00 e partenza alle 10.00).

Si è quindi considerata la massima capacità delle navi in imbarco ed in sbarco:

- Nave media Agenave – Tirrenia: 70 mezzi



- Nave media Grimaldi: 120 mezzi

Si è così ricostruito il modello di movimentazione a terra stimando una quota di mezzi a motrice autonoma (20%) e la restante quota in semirimorchi o container. Questi ultimi movimentati da motrici in entrata ed in uscita dal porto.

A fini cautelativi si è valutata trascurabile la quota di transhipment, stimando così il massimo impatto a terra.

Il modello distribuisce gli afflussi ed i deflussi di mezzi pesanti nel tempo. La modulazione degli orari di approccio e allontanamento dal porto tiene conto dell'Ordinanza n.160 del 05/02/2007 della Capitaneria di Porto che prevede che l'ingresso al porto non può avvenire prima delle 40 ore precedenti il giorno della prevista partenza della nave interessata e una volta sbarcati non possono sostare in porto per più di 48 ore.

Per comprendere la dinamica giornaliera dei movimenti a terra le valutazioni sono state estese al periodo da giovedì a sabato, considerando i seguenti movimenti di navi:

GIOVEDÌ

- Grimaldi Valencia: arrivo ore 00.00 del mercoledì partenza ore 20.00
- Nave M. Mura Agenave – Tirrenia: arrivo ore 13.00 partenza ore 19.00

SABATO

- Grimaldi Salerno: arrivo ore 00.00 del giovedì partenza ore 14.00
- Nave M. Mura Agenave – Tirrenia: arrivo ore 13.00 partenza ore 19.00

I movimenti Grimaldi sono desunti dal sito dell'autorità portuale¹¹.

La figura seguente descrive i risultati della simulazione. In particolare nell'ora di punta della mobilità sistematica (8.00 – 9.00) del giorno di venerdì si stima un flusso di 37 mezzi pesanti in entrata e 31 in uscita al porto.

¹¹ www.porto.cagliari.it

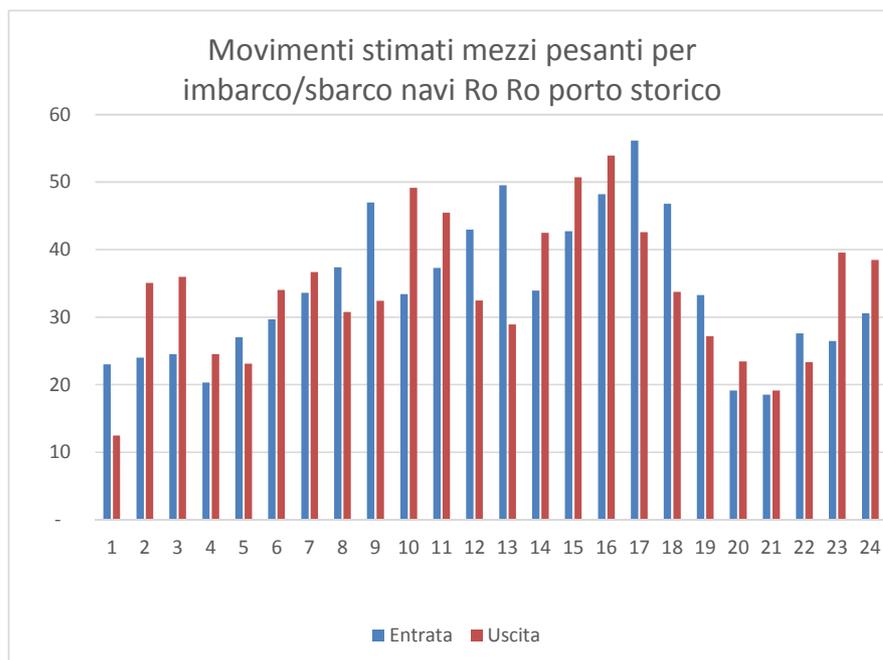


Figura 3-34 Stima movimenti mezzi pesanti a terra anno 2017

La geografia delle relazioni del porto di Cagliari è illustrata indicativamente dalla figura seguente, pure se riferita a dati 2009.

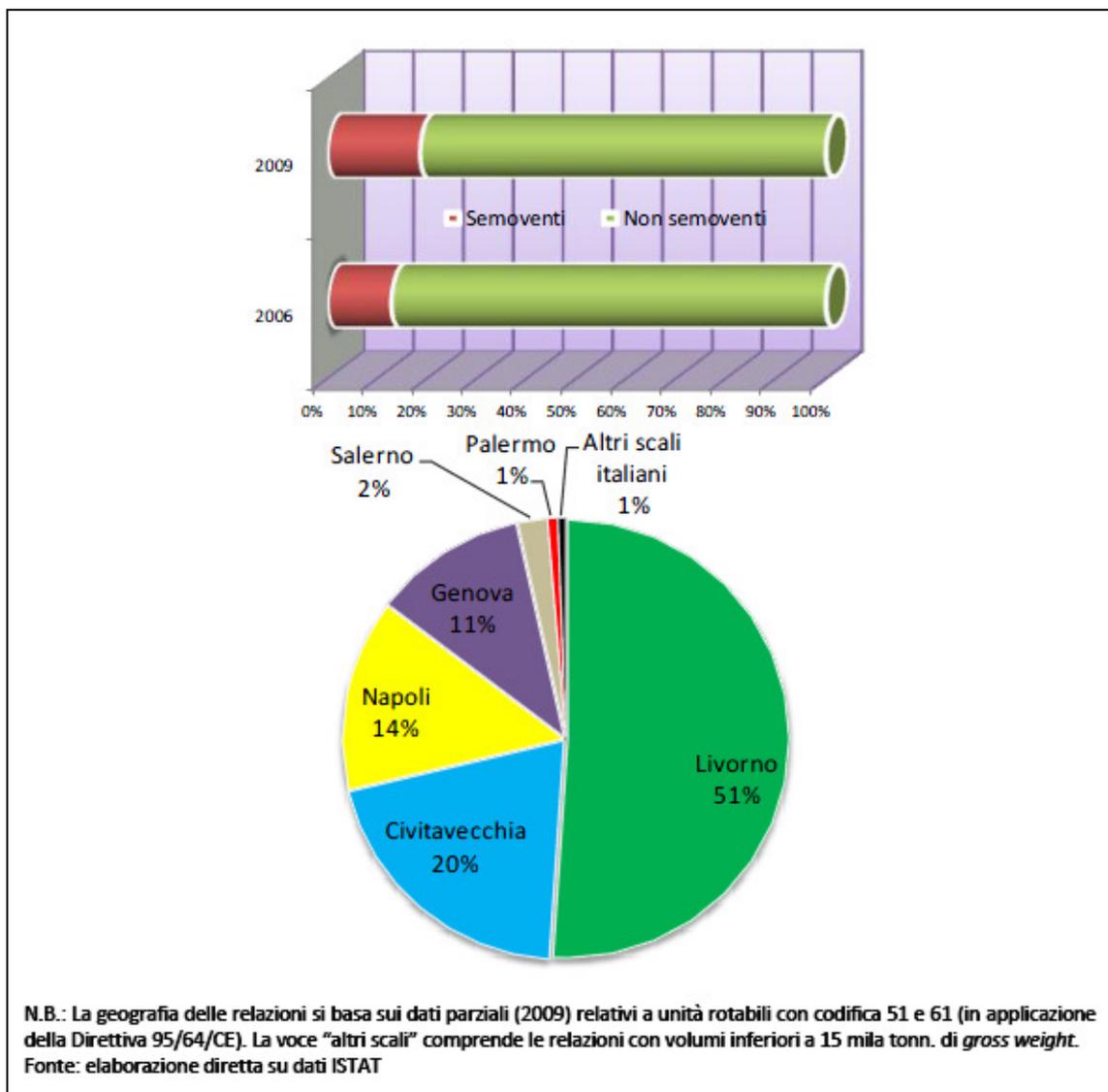


Figura 3-35 Relazioni di traffico merci da/per il porto di Cagliari¹²

Per quanto concerne le relazioni a terra dei movimenti Ro Ro, queste avvengono prevalentemente con l'area cagliaritano in cui sono presenti ampi depositi delle attività industriali e il basso oristanese.

¹² Dati anno 2009 Fonte Analisi strutturale del trasporto combinato marittimo e proposte di potenziamento – CIELI – Centro Italiano Eccellenza sulla Logistica Integrata



3.5.2 I movimenti Ro-Ro previsti per l'orizzonte temporale 2020

Il CIELI - Centro Italiano Eccellenza sulla Logistica Integrata, ha misurato oggettivamente i livelli di connettività per il traffico merci degli scali portuali italiani, attraverso gli indici:

- Betweenness: indice di connettività
- Closeness: indice di misura della possibilità di raggiungere gli altri scali utilizzando il numero minimo di viaggi
- Eigenvector: indicatore che pesa il numero di collegamenti diretti che il porto ha con l'importanza (espressa dal numero di collegamenti) che gli scali collegati al porto hanno a loro volta

Risulta evidente come il porto di Cagliari presenti i valori migliori per tutti gli indici. Per la sola "betweenness" risulta secondo solo a Genova.

Tabella 3-5 Indici di connettività dei porti italiani

Scalo	Numero di porti collegati	Betweenness Centrality	Closeness Centrality	Eigenvector Centrality
Savona-Vado	1	0,000	0,016	0,003
Termini Imerese	2	34,000	0,021	0,016
Genova	6	<u>88,371</u>	0,031	0,080
Cagliari	<u>7</u>	78,133	<u>0,033</u>	<u>0,125</u>
Catania	5	74,505	0,028	0,068
Olbia	5	47,805	0,029	0,085
Palermo	6	30,505	0,029	0,095
Livorno	6	28,181	0,029	0,091
Porto Torres	2	1,700	0,023	0,034
Marina di Carrara	1	0,000	0,022	0,040
Piombino	1	0,000	0,020	0,016
Civitavecchia	<u>7</u>	45,024	0,030	0,098
Golfo Aranci	3	1,819	0,022	0,048
Trapani	3	0,533	0,025	0,060
Napoli	4	13,424	0,026	0,064
Salerno	3	34,000	0,023	0,043
Messina	1	0,000	0,016	0,008
Corigliano Calabro	1	0,000	0,019	0,013
Ravenna	1	0,000	0,019	0,013

Fonte: Elaborazione CIELI, 2011.

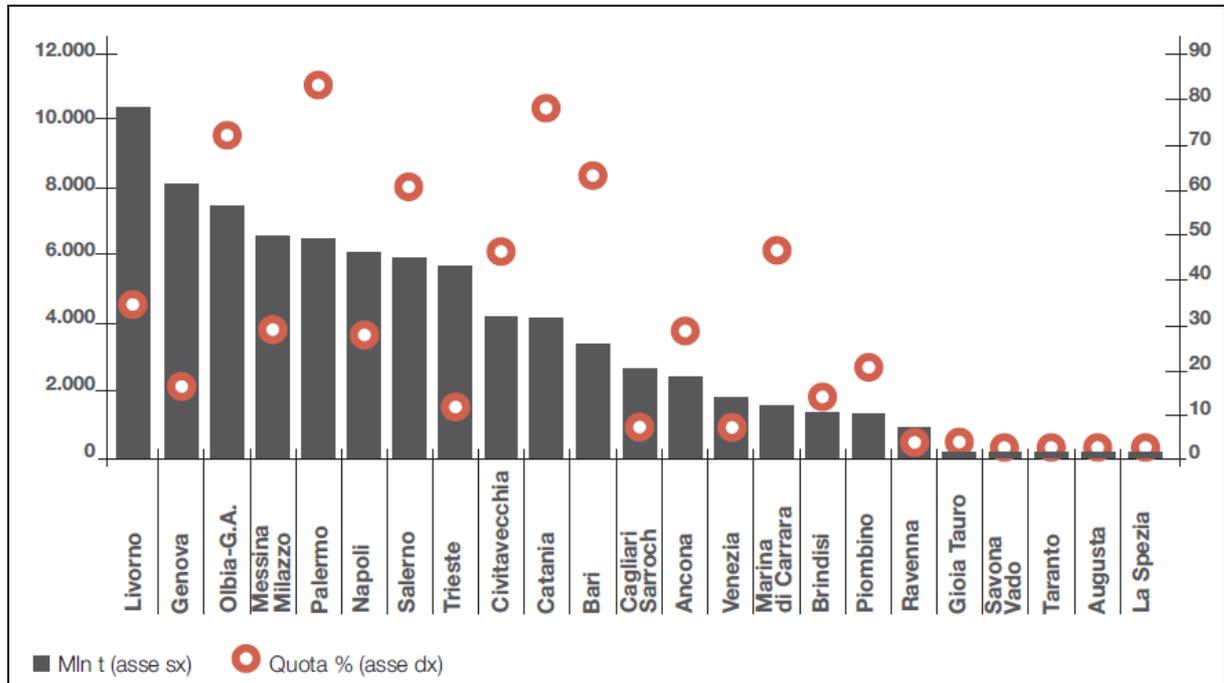


Figura 3-36 Volumi movimentati e grado di specializzazione nel Ro – Ro nei principali porti italiani dati anno 2012¹³

La figura seguente descrive il totale dei movimenti merci Ro Ro del porto di Cagliari¹⁴. Risulta evidente il trend positivo del periodo 2012 – 2016 nonostante una modesta flessione nell'ultimo anno. Il grafico riporta la funzione proiettiva di interpolazione lineare da cui risulta per il 2020 una movimentazione attesa di oltre 4,8 mln di tonn/anno, con un incremento rispetto al 2016 di circa il 30%.

¹³ Fonte Cassa Depositi e Prestiti su dati ASSOPORTI 2012

¹⁴ Fonte Autorità Portuale Cagliari – www.porto.cagliari.it

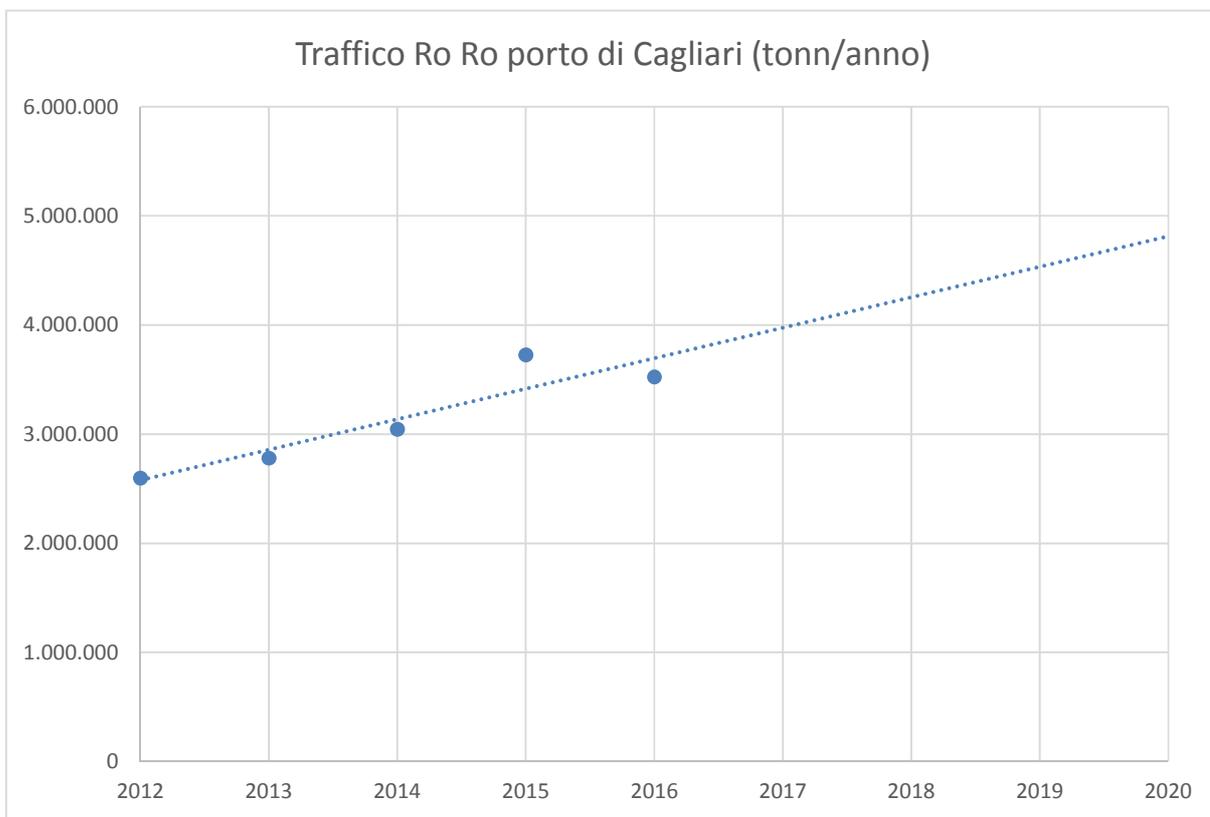


Figura 3-37 Previsioni traffico Ro Ro Porto Canale

Utilizzando il tasso di crescita annuo sopra indicato, si stima per l'orizzonte temporale di avvio all'esercizio del nuovo terminale Ro-Ro un flusso di veicoli merci nell'ora di punta del giorno di riferimento:

- 49 in entrata
- 40 in uscita

Per l'omogeneizzazione in veicoli equivalenti si è utilizzato il coefficiente 4.

3.5.3 I movimenti degli addetti

Per la stima della movimentazione di addetti si fa riferimento al dimensionamento operativo del terminal CICT, adiacente alla infrastruttura portuale in progetto. Nel 2009 la CICT occupava 635 unità di cui 230 diretti, 182 indiretti e 223 indotti¹⁵. Considerando:

¹⁵ Fonte INFOMARE



- la ciclazione su 7 giorni/settimana, presumibilmente basata su turni da 6 giorni a scalare,
 - la quota di assenze per ferie e altri motivi
 - la divisione su 4 turni da 6 ore per garantire una operatività h24
- si stima una presenza al turno di mattina pari a circa 110 unità.

La forza lavoro prevista in attivo nel nuovo terminal si stima pari a quella del terminal CICT. Il nuovo terminal avrà un numero superiore di banchine ma non dovrà gestire la movimentazione di container in quanto realizzato per operare prevalentemente con rotabili.

Del numero 110 operatori del mattino si ipotizza che solo il 50% giunga al porto nell'ora di punta in quanto si presume che i turni operativi siano tarati prevalentemente su moduli 6-12, 12-18, 18-00, 00-6.00. Ipotizzando a fini cautelativi che il 100% giunga in auto, con un coefficiente di occupazione di 1,5 pax/auto, si stima un flusso di 75 auto in entrata e altrettante in uscita.

Si stima che il 30% degli addetti (pari circa alla quota dell'indotto) giunga al terminal con mezzi commerciali si servizio.

3.6 Valutazione complessive degli effetti attesi sul sistema della mobilità

La Figura 3-38 seguente descrive la simulazione dello scenario di mobilità post operam.

In termini quantitativi l'incremento di flussi equivalenti atteso nell'orizzonte temporale 2020 si stima in circa 245 veicoli nell'ora di punta in ingresso al porto e 211 in uscita lungo l'itinerario strada Macchiareddu SS 195, che offre ampi margini di capacità ed è esterno all'abitato principale.

Per contro lo spostamento dei traffici portuali riduce il flusso di penetrazione alla città di circa 150 veicoli equivalenti in entrata e 123 veicoli equivalenti in uscita lungo l'itinerario E25. Ciò produce certamente effetti positivi viste le condizioni di saturazione che interessano questi assi viari nell'ora di punta del mattino.

Gli effetti sulla mobilità urbana di penetrazione sono da considerarsi positivi per azione della delocalizzazione delle movimentazioni Ro – Ro, pur se di entità sostanzialmente trascurabile.

In linea generale l'impatto sul sistema viario urbano si ritiene decisamente tollerabile.

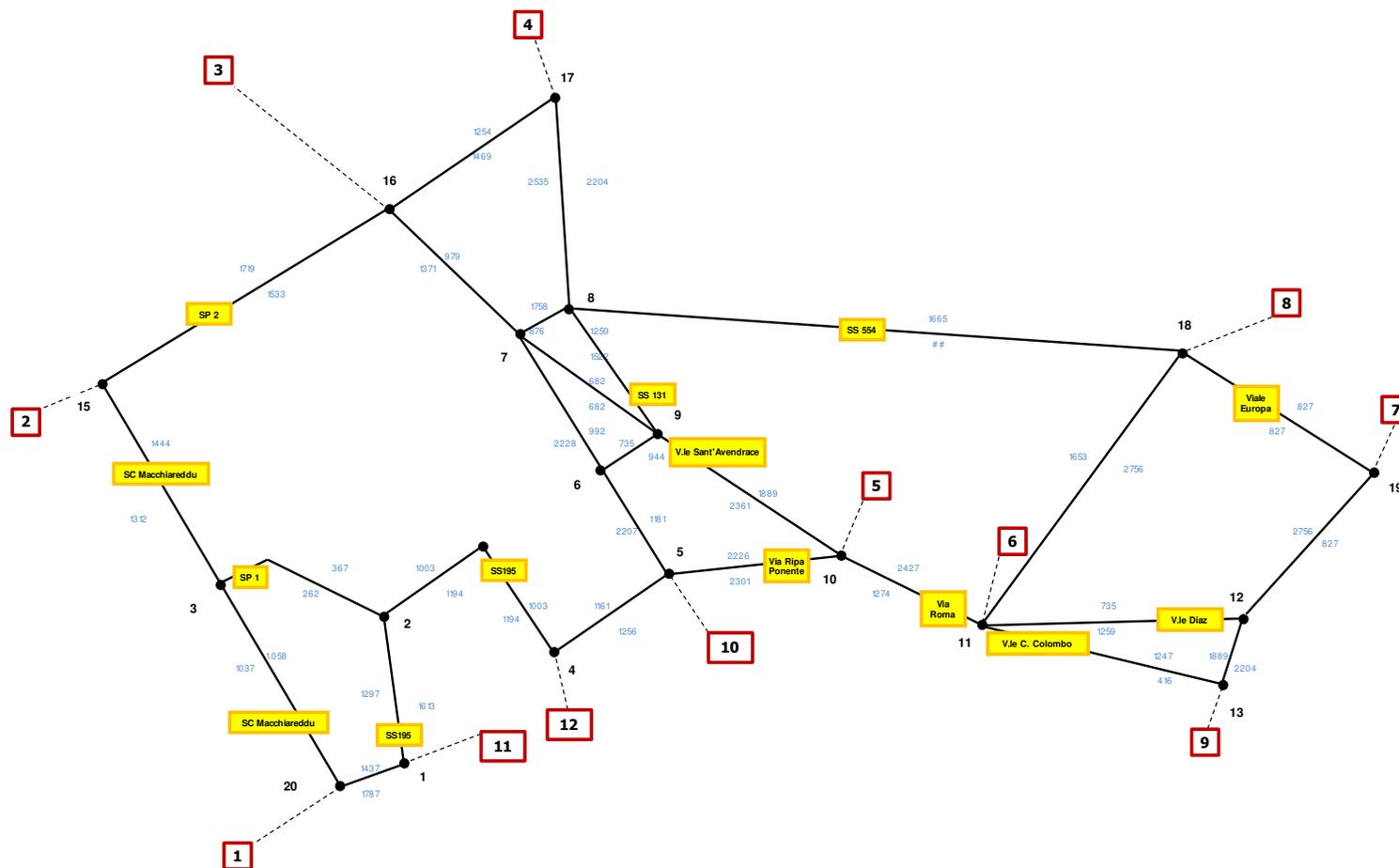


Figura 3-38 Simulazione scenario post operam orizzonte temporale 2020



4 DEFINIZIONE DELLE ALTERNATIVE

4.1 Premessa

Il tema delle alternative e della relativa valutazione può essere affrontato da diversi punti di vista.

Il primo, secondo un approccio di carattere prettamente strategico, pone l'accento sull'opportunità o meno di sviluppare un determinato settore, nella fattispecie quello relativo al traffico merci Ro.Ro., in ragione di un determinato assetto territoriale e logistico e di una riscontrata tendenza evolutiva nel traffico merci. Secondo questo approccio, affrontato organicamente all'interno del PRP del porto di Cagliari a partire da una analisi della portualità allargata al quadro regionale, le considerazioni che sono scaturite hanno portato alla scelta di favorire nello scalo cagliaritano i movimenti merci attraverso la realizzazione di nuove infrastrutture dedicate.

Secondo un approccio localizzativo, il tema delle alternative in relazione alle movimentazioni merci, nel porto di Cagliari, può essere affrontato nell'ottica del mantenimento dell'assetto attuale oppure di una sua riformulazione secondo una separazione delle funzioni laddove ora, invece, si registra la compresenza di diverse funzionalità. In particolare, nel porto vecchio si attestano i movimenti Ro.Ro. sia di passeggeri che di merci, che comportano un aggravio di traffico sulla viabilità urbana. La scelta del PRP è quella di separare il traffico Ro.Ro. solo merci attestandolo in una area dedicata (il cui progetto è oggetto del presente studio) all'interno del porto industriale. In tal modo, è stata individuata l'alternativa localizzativa su scala locale, rispetto ad una opzione di mantenimento della configurazione attuale (in relazione ai traffici Ro.Ro.).

Questa scelta è da ricondurre anche al fatto che il porto storico (come evidenziato anche nel Rapporto Ambientale di VAS del Piano Regolatore Portuale) non ha mai avuto la connotazione commerciale, e solo con l'approvazione del PRP del 1967 si è attuata tale destinazione. Successivamente addirittura alcune gru installate sono state rimosse ed altre mai installate. L'evoluzione tecnologica e logistica inoltre ha fatto sì che fosse necessario ospitare navi sempre più grandi e quindi reperire specchi acquei sempre più ampi e profondi.

Il porto storico non ha la conformazione adatta per gestire queste dinamiche logistiche ed inoltre è inserito in un contesto urbano e storico di grande pregio.



Queste le ragioni principali che hanno portato quindi ad una scelta localizzata così netta.

L'area del Porto Canale, seppure prossima a S. Gilla, risulta essere adatta in quanto, oltre ad essere un'area portuale già esistente (e costruita allo scopo), è lontana da ambiti urbani per cui le attività portuali non si relazionano con attività urbane già presenti.

Il terzo approccio è relativo al lay-out progettuale ovvero alle possibili configurazioni planimetriche. Tali considerazioni sono state affrontate dall'Autorità Portuale in sede di progettazione e sono riportate nei Paragrafi successivi.

4.2 I lay out alternativi posti a confronto

La proposta di intervento ha previsto la presentazione, alla Committente Autorità Portuale, di tre diversi lay-out progettuali oggetto di analisi in una riunione tecnica del 9 novembre 2010 durante la quale sono stati illustrati i punti di forza e punti di debolezza di tutte e cinque le configurazioni portuali (A1, A2, B1, B2, C come rappresentate nella Figura 4-1 dalla quale è stata tratta la Tavola CARORO_QPGT_04 nonché Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4, da essa ricavate) ed è stato spiegato nel dettaglio quali sono state le opzioni poste a base delle diverse ipotesi progettuali, secondo le indicazioni fornite dalla Autorità Portuale.

Il Committente ha ritenuto necessario, onde adottare una soluzione oggettiva e valida, sottoporre le diverse opzioni a tecniche di valutazione comparata. Il Provveditorato alle OO. PP. sede coordinata di Cagliari, progettista dell'intervento, è stato incaricato di procedere in tal senso. Il metodo scelto per la comparazione è stato "l'Analisi Multicriteria".

Il documento, propedeutico alla progettazione del nuovo terminal Ro-Ro del porto canale e relativo all'analisi multicriteria, è stato presentato in data 29 agosto 2011 con protocollo n. 566 all'Autorità Portuale di Cagliari; a seguito della consegna, la stessa Autorità, con nota n° 6963 del 24 Ottobre 2011, ha effettuato alcune considerazioni relative a diversi aspetti dell'analisi multicriteria oggetto della consulenza, chiedendo un aggiornamento della stessa.

Di seguito si riportano brevemente le osservazioni indicate dall'Ufficio Tecnico dell'Autorità Portuale:

- sarebbe opportuno valutare la conformità delle ipotesi di base con le indicazioni previste dal Piano Regolatore Portuale;



- nell'analisi non bisognerebbe tener conto della realizzazione del collegamento ferroviario all'interno dell'area del Porto Industriale, in quanto tale opera non è prevista dal Piano Regolatore Portuale;
- sarebbe meglio specificare l'eventuale disponibilità di siti o di vasche di colmata su cui depositare i materiali provenienti dal dragaggio previsto per le diverse opzioni progettuali proposte;
- per valutare l'idoneità delle diverse ipotesi progettuali, ai fini di una corretta interpretazione dei risultati, sarebbe meglio poter disporre dello studio meteo-marino;
- la valutazione delle modalità di variazione dei costi di gestione delle diverse soluzioni progettuali al variare delle distanze fra piazzali ed aree di imbarco sarebbe più agevole in presenza di un maggior dettaglio sulla struttura del layout dei piazzali portuali;
- al fine di facilitare la valutazione delle diverse soluzioni progettuali proposte, sarebbe meglio poter disporre di un maggior dettaglio descrittivo della matrice finale allegata all'analisi.

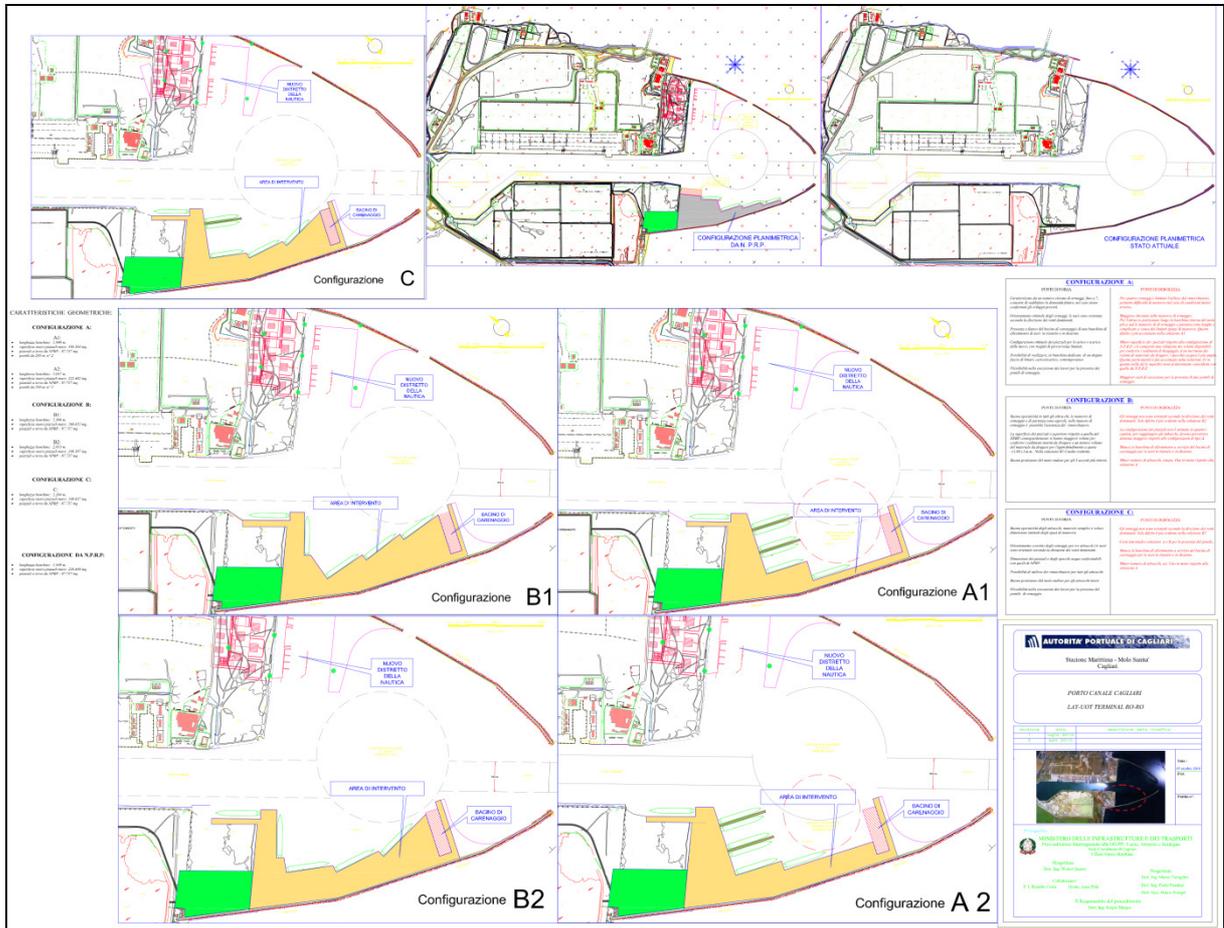


Figura 4-1 Cartografia dei lay-out alternativi presentati ai fini della valutazione e della scelta

Queste osservazioni sono state recepite e chiarite nell'aggiornamento trasmesso nel gennaio del 2012. In particolar modo è stato definito che i layout progettuali sono scaturiti da una serie di interlocuzioni avvenute fra il Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche e l'Autorità Portuale di Cagliari a seguito di quanto riportato nel voto n. 43 del 04/8/2010 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici relativo alla approvazione del Nuovo Piano Regolatore Portuale (parere ai sensi dell'art. 3 della Legge 84/94). La tavola di sintesi, commenta, è stata trasmessa al committente in data 07/10/2010 con nota n. 9992. Questa elaborazione ha portato ad abbandonare lo schema di lay-out presente nel Nuovo Piano Regolatore (come più volte detto l'Autorità Portuale sta provvedendo a trasmettere al Consiglio Superiore un



adeguamento tecnico funzionale per il terminal Ro Ro che tiene conto delle osservazioni e prescrizioni espresse dallo stesso nel succitato voto).

Per quanto riguarda lo studio meteo marino si è concordato sulla necessità di effettuarlo una volta definita la configurazione che si intende adottare. Successivamente alla individuazione del lay-out da adottare l'Autorità Portuale ha commissionato lo studio meteo marino.

Pertanto, la scelta del lay-out adottata nel progetto definitivo nasce da una procedura oggettiva e trasparente che ricade all'interno dell'ampia tematica sulla valutazione degli investimenti pubblici, finalizzata ad individuare un'alternativa progettuale rispetto ad altre di pari livello. Appare, infatti, evidente come l'oggetto dell'intervento progettuale (terminal Ro Ro) abbia le caratteristiche di un classico progetto intersettoriale, in quanto caratterizzato da parametri molto diversi fra di loro quali quelli di tipo infrastrutturale, gestionale, funzionale, di costruzione ed ambientale.

Le alternative di progetto sono di seguito riportate come stralcio cartografico (cfr. Tav. CARORO_QPGT_04) con indicati i punti di forza e di debolezza relativi ai tre lay-out presentati e frutto dell'iter procedurale appena descritto.

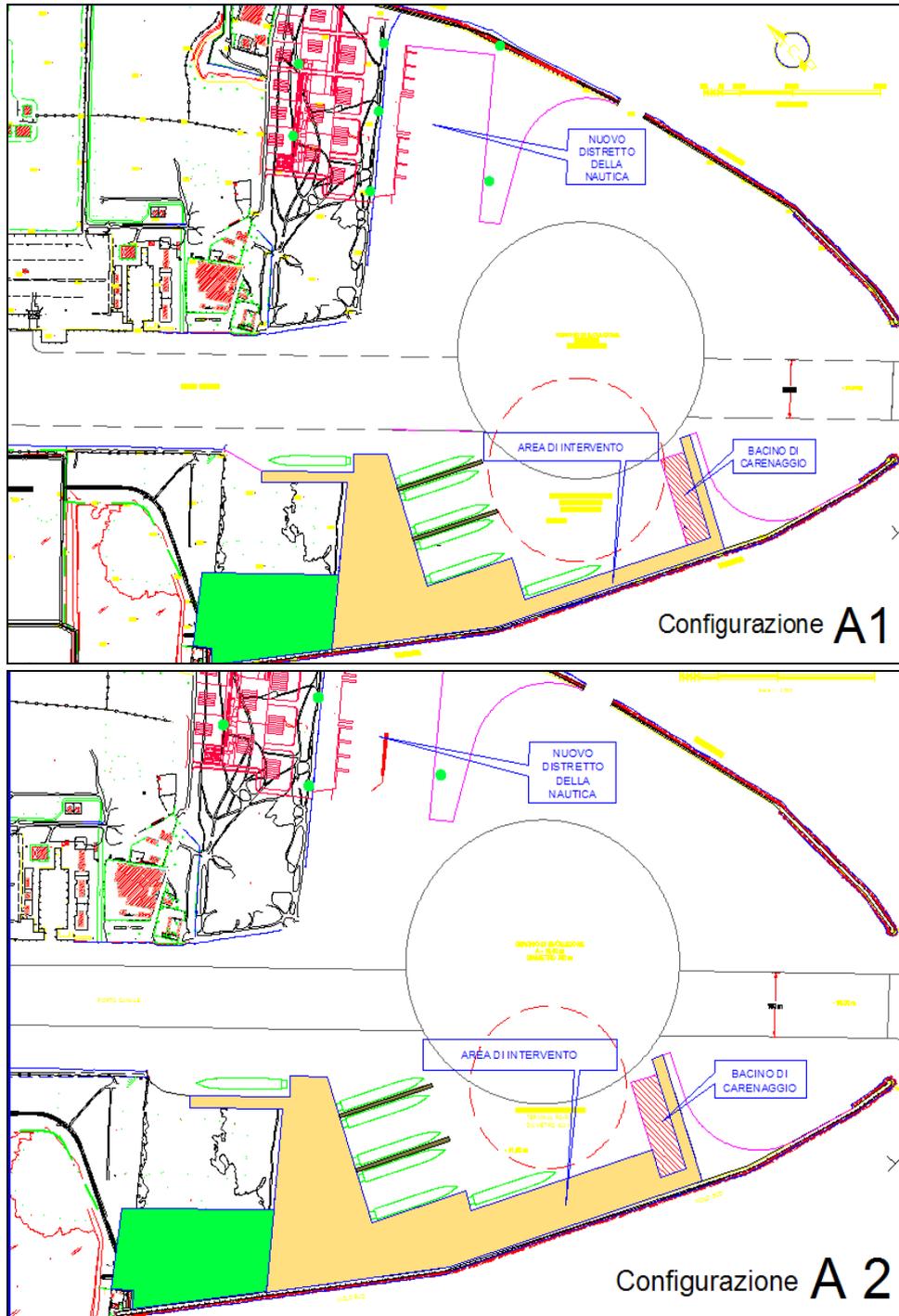


Figura 4-2 Alternative progettuali (soluzioni A)



PUNTI DI FORZA

Caratterizzato da un numero elevato di ormeggi, fino a 7, consente di soddisfare la domanda futura, nel caso siano confermati gli sviluppi previsti.

Orientamento ottimale degli ormeggi, le navi sono orientate secondo la direzione dei venti dominanti.

Presenza a fianco del bacino di carenaggio di una banchina di allestimento di navi in transito o in disarmo.

Configurazione ottimale dei piazzali per il carico e scarico delle merci, con tragitti di percorrenza limitati.

Possibilità di realizzare, in banchina dedicata di un doppio fascio di binari, carico/scarico, contemporaneo

Flessibilità nella esecuzione dei lavori per la presenza dei pontili di ormeggio.

Caratteristiche geometriche

- lunghezza banchine: 1.990 m.
- superfici nuovi piazzali mare: 188.164 mq.
- piazzali a terra da NPRP : 87.737 mq
- pontili da 250 m: n° 2

PUNTI DI DEBOLEZZA

Per quattro ormeggi è limitato l'utilizzo del rimorchiatore, pertanto difficoltà di manovra nel caso di condizioni meteo avverse.

Maggiore durata nelle manovre di ormeggio. Per l'attracco posizionato lungo la banchina interna del molo più a sud le manovre di di ormeggio e partenza sono lunghe e complicate a causa dei limitati spazi di manovra. Questo difetto è più accentuato nella soluzione A1.

Minor superficie dei piazzali rispetto alla configurazione di N.P.R.P. ciò comporta una riduzione dei volumi disponibili per conferire i sedimenti di dragaggio, ed un incremento dei volumi di materiale da dragare, lo specchio acqueo è più ampio. Questa particolarità è più accentuata nella soluzione A1 in quanto nella A2 le superfici sono praticamente coincidenti con quelle da N.P.R.P.

Maggiori costi di esecuzione per la presenza di due pontili di ormeggio.

Caratteristiche geometriche

- lunghezza banchine: 2.037 m.
- superfici nuovi piazzali mare: 222.482 mq.
- piazzali a terra da NPRP : 87.737 mq
- pontili da 250 m: n° 2

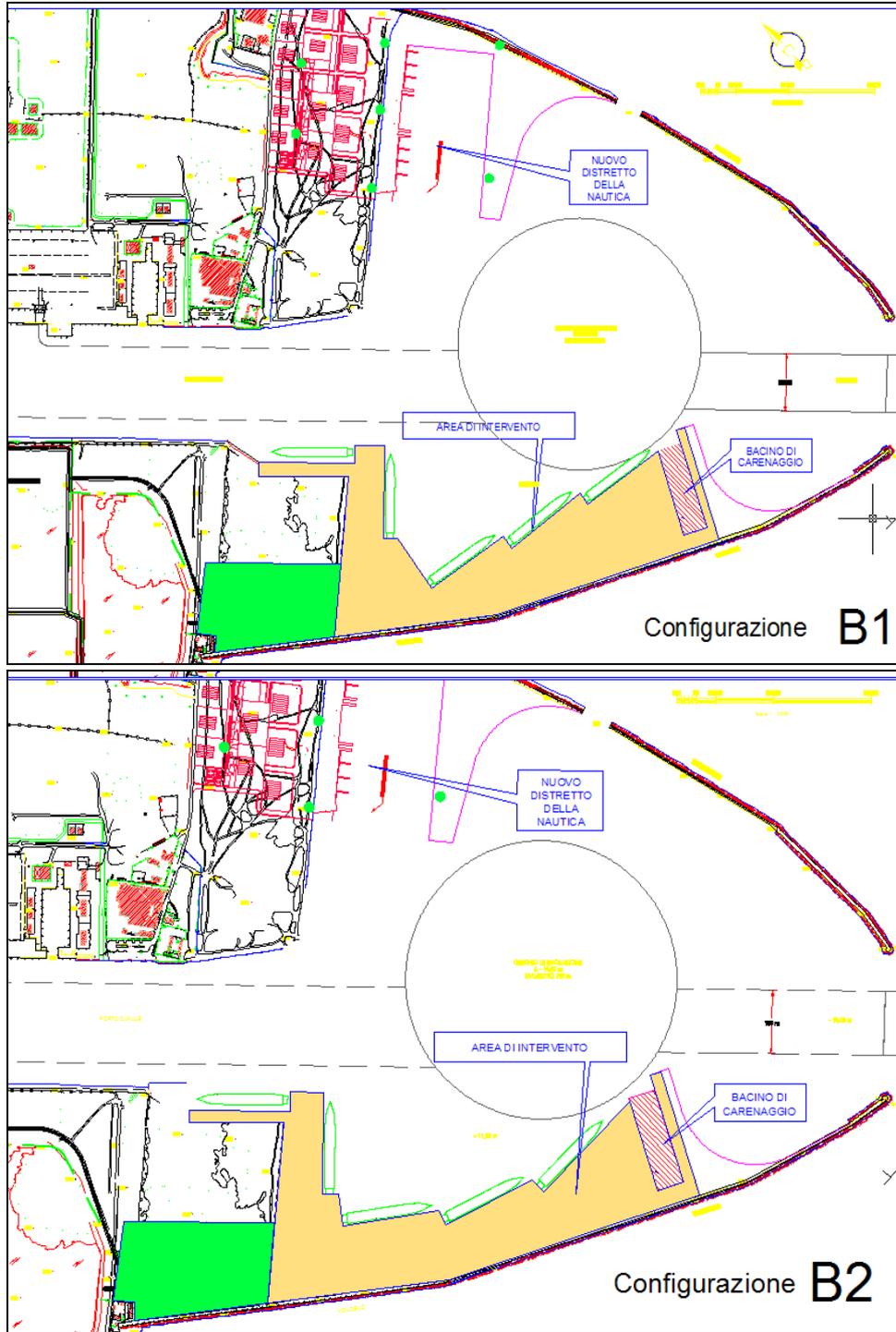




Figura 4-3 Alternative progettuali (soluzioni B)

PUNTI DI FORZA

Buona operatività in tutti gli attracchi, le manovre di ormeggio e di partenza sono agevoli, nelle manovre di ormeggio è possibile l'assistenza del rimorchiatore.

La superficie dei piazzali è superiore rispetto a quella del NPRP conseguentemente si hanno maggiori volumi per conferire i sedimenti marini da dragare e un minore volume del materiale da dragare per l'approfondimento a quota -11,00 s.l.m.m.. Nella soluzione B2 è molto evidente.

Buona protezione del moto ondoso per gli 3 accosti più interni.

Caratteristiche geometriche

- lunghezza banchine: 2.306 m.
- superfici nuovi piazzali mare: 260.653 mq.
- piazzali a terra da NPRP : 87.737 mq

PUNTI DI DEBOLEZZA

gli ormeggi non sono orientati secondo la direzione dei venti dominanti. Tale difetto è più evidente nella soluzione B2

La configurazione dei piazzali non è ottimale inquanto i camion, per raggiungere gli imbarchi, devono percorrere distanze maggiori rispetto alle configurazioni di tipo A.

Manca la banchina di allestimento a servizio del bacino di carenaggio per le navi in transito o in disarmo.

Minor numero di attracchi, cinque. Due in meno rispetto alla soluzione A

Caratteristiche geometriche

- lunghezza banchine: 2.613 m.
- superfici nuovi piazzali mare: 240.187 mq.
- piazzali a terra da NPRP : 87.737 mq

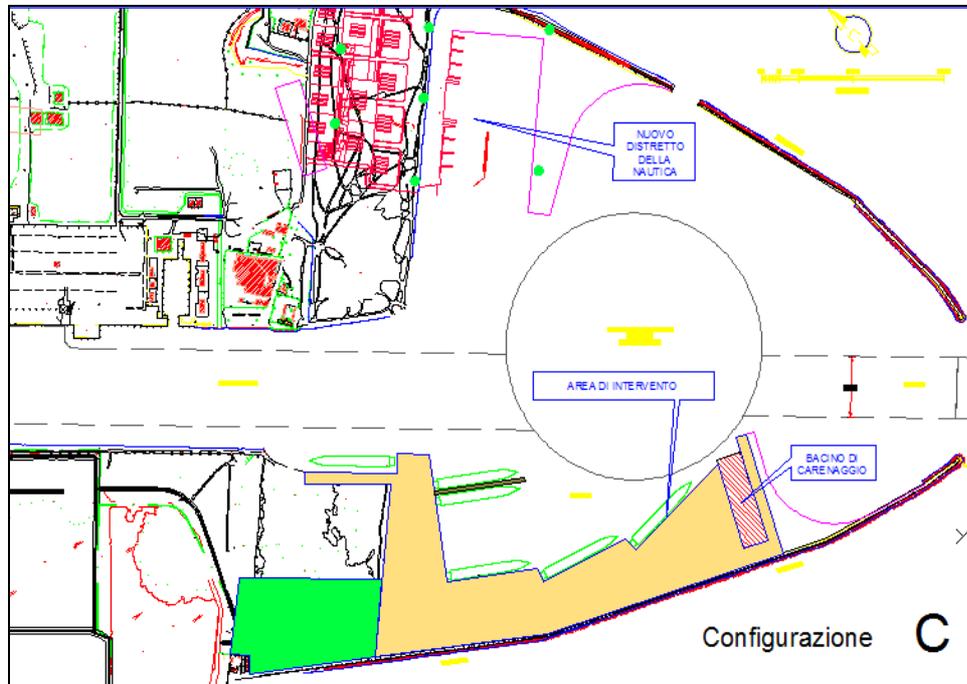


Figura 4-4 Alternative progettuali (soluzione C)

PUNTI DI FORZA

Buona operatività degli attracchi, manovre semplici e veloci.

Dimensioni ottimali degli spazi di manovra.

Orientamento corretto degli ormeggi, per tre attracchi le navi sono orientate secondo la direzione dei venti dominanti.

Dimensioni dei piazzali e degli specchi acquei confrontabili con quelli di NPRP.

Possibilità di utilizzo dei rimorchiatori per tutti gli attracchi.

Buona protezione dal moto ondoso per gli

PUNTI DI DEBOLEZZA

Gli ormeggi non sono orientati secondo la direzione dei venti dominanti. Tale difetto è più evidente nella soluzione B2

Costi intermedi e soluzioni A e B per la presenza del pontile.

Manca la banchina di allestimento a servizio del bacino di carenaggio per le navi in transito o in disarmo.

Minor numero di attracchi, sei. Uno in meno rispetto alla soluzione A



attracchi interi.

Flessibilità nella esecuzione dei lavori per la presenza del pontile di ormeggio.

Caratteristiche geometriche

- lunghezza banchine: 2.264 m.
- superficie nuovi piazzali mare: 240.637 mq.
- piazzali a terra da NPRP : 87.737 mq

4.3 Scelta della soluzione ottimale

4.3.1 I criteri di scelta

Dal confronto dei risultati dell'Analisi multicriteria è emerso, che la soluzione da adottare doveva essere un giusto compromesso tra:

a) "operatività e funzionalità" e "Gestione del Terminal"

Occorre ragionare secondo quelle che sono le finalità di una opera portuale, ossia avere un numero elevato di accosti, possibilmente caratterizzati da una ampia flessibilità, coniugare questa finalità con la necessità di avere costi di gestione contenuti o comunque funzione della tipologia dei traffici ad essi allocati. Questi aspetti hanno una rilevanza fondamentale quando l'opera è stata realizzata. Il numero di ormeggi, la distanza delle aree di deposito dagli imbarchi, ed i costi di gestione sono basilari nella appetibilità degli ormeggi da parte di partner privati. Per gli operatori portuali, le caratteristiche gestionali sono una discriminante irrinunciabile.

b) gli "Aspetti ambientali" e il "Sistema portuale"

La necessità di coniugare le future realizzazioni all'interno del sistema "Porto Canale - Porto storico di Cagliari", evidenzia come vi sia una forte necessità di coniugare la necessità di materiali idonei per la costruzioni di nuove opere e la necessità di conferire i materiali non idonei. I parametri fondamentali sono: i volumi di materiale da dragare per ormeggio; la superficie totale dei piazzali; il bilancio dei materiali per ormeggio.

4.3.2 La configurazione adottata

Attraverso l'analisi multicriteria è stata individuata la configurazione ritenuta maggiormente adatta, ossia la C (cfr. Tav. CARORO_QPGT_04).



Pertanto, è stata proposta al Committente una configurazione generale che prevede sei accosti e i relativi piazzali di manovra.

Questa, come si può notare dai lay-out progettuali, è quella che pur non massimizzando l'offerta degli ormeggi ed il bilancio dei materiali, è risultata il miglior compromesso tra le due esigenze.

I punti di forza di tale scelta, come già espresso, risultano essere:

1. Buona operatività degli attracchi, manovre semplici e veloci.
2. Dimensioni ottimali degli spazi di manovra.
3. Orientamento corretto degli ormeggi; per tre attracchi le navi sono orientate secondo la direzione dei venti dominanti.
4. Dimensioni dei piazzali e degli specchi acque confrontabili con quelli di NPRP.
5. Possibilità di utilizzo dei rimorchiatori per tutti gli attracchi.
6. Buona protezione dal moto ondoso per gli attracchi interi.
7. Flessibilità nell'esecuzione dei lavori per la presenza del pontile di ormeggio.

4.3.3 Risultati dello studio dell'agitazione interna portuale

4.3.3.1 Premessa

A supporto delle attività di progettazione, è stato condotto uno studio sulla penetrazione del moto ondoso ed i conseguenti livelli di agitazione d'onda residui, che ha tenuto conto di due diverse configurazioni planimetriche portuali (Figura 4-5 e Figura 4-6), esaminate con l'obiettivo di ottenere indicazioni oggettive sulla validità e funzionalità degli schemi portuali proposti in relazione alle condizioni di sicurezza ed operatività del terminal per navi RO-RO all'interno del porto canale di Cagliari.

Per la realizzazione dello studio, è stato applicato il modello matematico agli elementi finiti CGWAVE, appartenente al pacchetto applicativo SMS (Surfacewater Modeling System), che risolve le equazioni non lineari per le acque basse (non linear shallow water equations). Tale modello consente di simulare la propagazione del moto ondoso all'interno di un bacino portuale tenendo conto dei fenomeni combinati di diffrazione, rifrazione e riflessione, nonché degli effetti dissipativi dovuti al frangimento ed all'attrito sul fondo. L'applicazione del modello ha richiesto, per ogni scenario analizzato, la definizione di un dominio di calcolo nel quale è stato assegnato ad ogni tratto di costa un coefficiente rappresentativo del grado di riflessione del moto ondoso.



Le due configurazioni planimetriche considerate nello studio dell'agitazione interna portuale, sono sostanzialmente riconducibili al lay-out C esaminato nei paragrafi precedenti, e differiscono tra di loro nella conformazione della Banchina 1 e nel relativo ormeggio (direzione di attracco prevista).

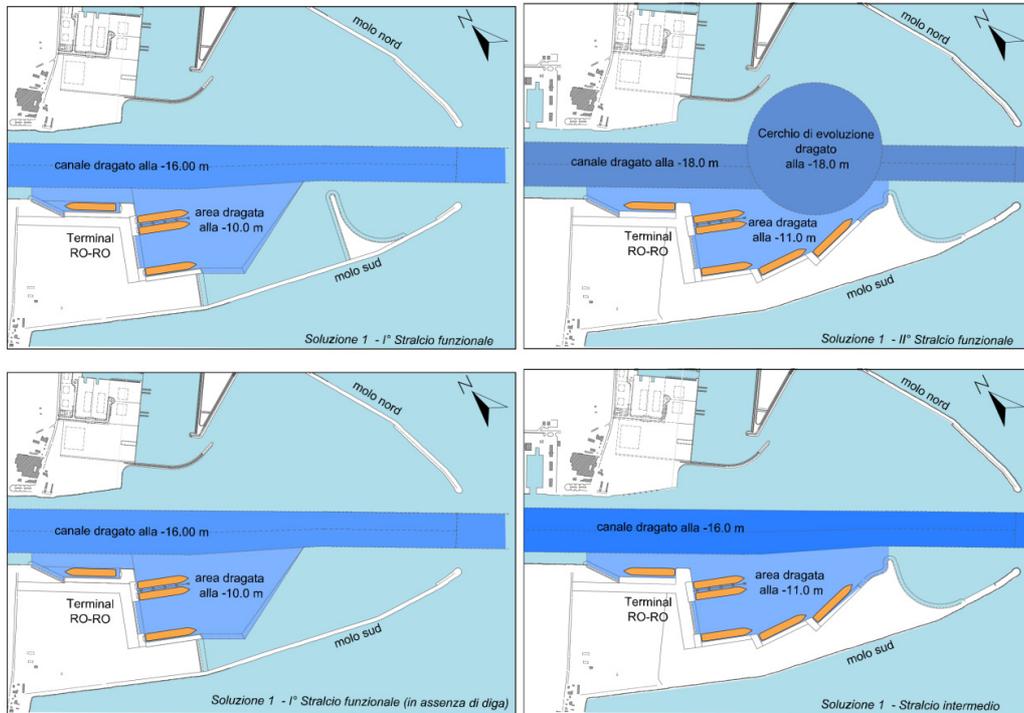


Figura 4-5 Schemi planimetrici analizzati per la Soluzione 1: in alto I° e II° stralcio funzionale, in basso l'alternativa del primo stralcio in assenza di diga e lo stralcio intermedio.

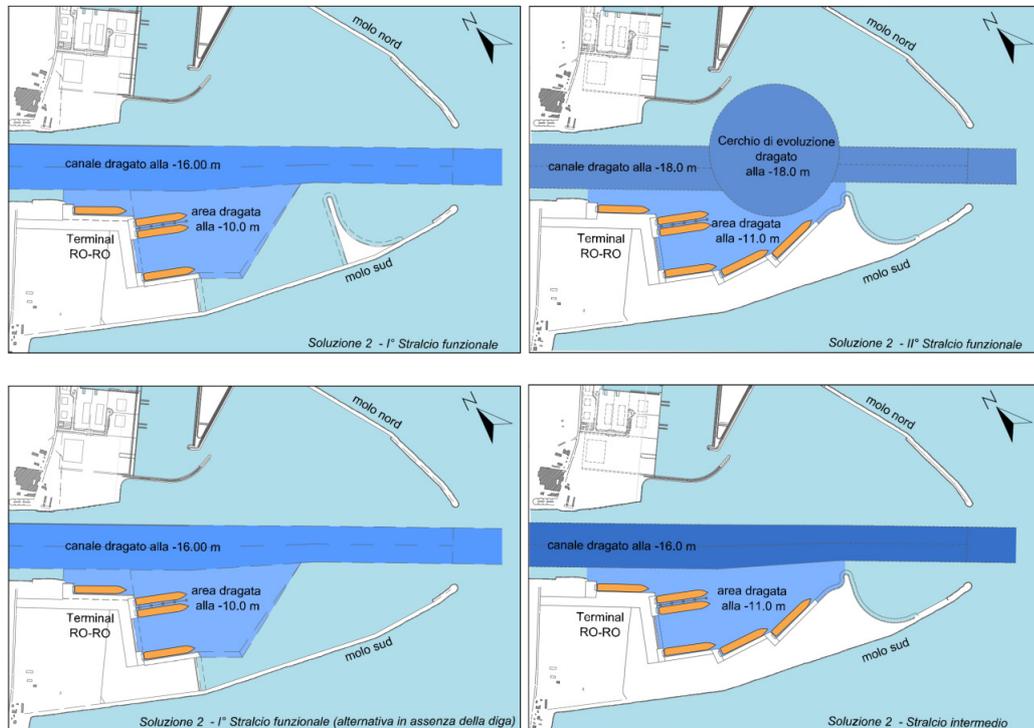


Figura 4-6 Schemi planimetrici analizzati per la Soluzione 1: in alto I° e II° stralcio funzionale, in basso l'alternativa del primo stralcio in assenza di diga e lo stralcio intermedio.

Entrambe prevedono un primo stralcio funzionale che comporta la realizzazione di un diga posta a protezione dello specchio liquido destinato al terminal RO-RO, una realizzazione parziale delle banchine di ormeggio ed il dragaggio dei fondali fino alla quota -10.0 m sul l.m.m..

Il secondo stralcio funzionale prevede, per entrambe le soluzioni analizzate, la realizzazione di un canale e di un cerchio di evoluzione approfonditi alla quota di -18.0 m sul l.m.m (il PRP prevede l'approfondimento del canale d'accesso esistente da -16,00 m s.l.m.m. a -18,00 m s.l.m.m. e la realizzazione di un secondo bacino di evoluzione), il completamento delle banchine del terminal RO-RO e il contestuale approfondimento dei fondali fino alla quota -11.0 m sul l.m.m..

È stato inoltre analizzato un scenario intermedio, tra i due stralci sopra descritti, rappresentativo dello scenario in cui gli interventi per la realizzazione del nuovo terminal RO-RO vengano eseguiti in assenza degli interventi di dragaggio del canale e del cerchio di evoluzione nell'avamposto.

Visto che i risultati preliminari dello studio relativo alle configurazioni del primo stralcio funzionale avevano evidenziato una modesta protezione fornita dalla diga per



entrambe le soluzioni è ***stata analizzata anche una configurazione di primo stralcio funzionale che non prevede la sua realizzazione.***

Tenendo conto delle finalità del presente studio, che esamina il primo stralcio funzionale di progetto, si riportano i risultati dello studio di agitazione relativi a tale stralcio, sia nell'ipotesi di realizzazione della diga, che nell'ipotesi di non realizzazione.

4.3.3.2 Condizioni del moto ondoso¹⁶

Le simulazioni sono state condotte utilizzando come forzanti gli eventi di moto ondoso più gravosi ai fini dell'agitazione ondosa residua, compatibilmente con le condizioni meteomarine raggiungibili nel paraggio in esame con un tempo di ritorno di 5 anni.

Lo studio meteomarino ha valutato le condizioni di moto ondoso partendo dalla serie storica (1992 -2011) dei dati di vento e moto ondoso nel punto di coordinate 39.0°N - 9.25°E al largo di Cagliari, acquisita dal servizio di hindcasting della società olandese BMT ARGOSS.

In Figura 4-7 è riportato il diagramma polare della frequenza di accadimento degli eventi di moto ondoso di altezza significativa superiore a 0.5 m al largo di Cagliari.

¹⁶ Le condizioni del moto ondoso sono state ricavate dallo studio meteomarino redatto da Modimar a supporto del progetto "Banchinamento avamporto per navi Ro-Ro del Porto Canale".

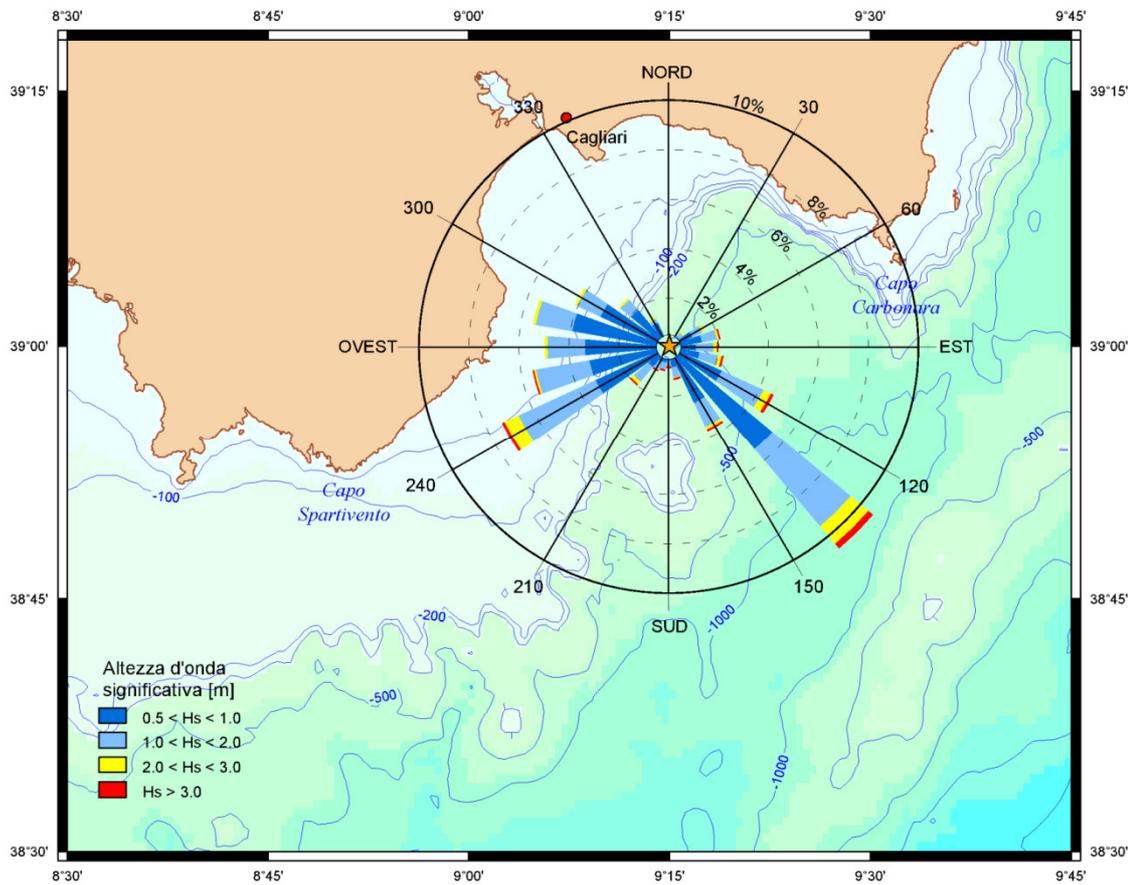


Figura 4-7 Clima di moto ondoso al largo di Cagliari nel punto di coordinate 39.0°N – 9.25°E

L'analisi statistica dei valori estremi di moto ondoso ha permesso di valutare le condizioni di moto ondoso in funzione del tempo di ritorno riportate in Tabella 4-1.



Tabella 4-1 Eventi estremi di moto ondoso al largo di Cagliari in funzione del tempo di ritorno Tr.
(Hs=altezza onda in metri, Tp=Periodo di picco in secondi)

Settore di traversia 100-170 °N			Settore di traversia 190-260 °N		
Tr (anni)	Hs (m)	Tp (s)	Tr (anni)	Hs (m)	Tp (s)
5	4.1	8.4	5	3.3	10.7
10	4.5	8.7	10	3.5	11.0
25	4.9	9.0	25	3.8	11.3
50	5.3	9.2	50	4.0	11.6
100	5.6	9.4	100	4.2	11.9

Sono stati individuati due distinti settori di provenienza del moto ondoso: un settore di traversia principale compreso tra 100 °N e 170 °N, ed uno secondario compreso tra 190 °N e 260 °N. Per ogni settore di traversia è stata inoltre trovata la legge di correlazione tra altezza significativa e periodo di picco che ha permesso di associare alle altezze d'onda estreme il periodo di picco proprio della mareggiata.

Il trasferimento sottocosta, in prossimità dell'imboccatura portuale, delle condizioni di moto ondoso definite al largo di Cagliari, è stato effettuato applicando il modello numerico di propagazione inversa spettrale MEROPE.

Per l'agitazione interna portuale sono state considerate le condizioni di moto ondoso con tempo di ritorno Tr = 5 anni.

La Tabella 4-2 riporta le condizioni di moto ondoso sottocosta con Tr = 5 anni, ottenute con il modello MEROPE ed utilizzate come forzanti per il modello di agitazione interna portuale.



Tabella 4-2 Condizioni di moto ondoso associate a $T_r=5$ anni per i due settori di traversia individuati.
(Hs=altezza onda in metri, T_p =Periodo di picco in secondi)

Settore di traversia 100-170 °N			Sottocosta		
Hs (m)	T_p (s)	Dir (°N)	Hs' (m)	T_p' (s)	Dir' (°N)
4.1	8.4	110	3.4	9.8	125
4.1	8.4	130	3.7	8.5	135
4.1	8.4	110	3.8	8.5	150
Settore di traversia 190-260 °N			Sottocosta		
Hs (m)	T_p (s)	Dir (°N)	Hs' (m)	T_p' (s)	Dir' (°N)
3.3	10.7	190	2.8	11.4	170
3.3	10.7	220	2.3	8.5	180

4.3.3.3 L'agitazione interna portuale

Come anticipato in premessa, è stato applicato il modello CGWAVE, appartenente al sistema di modellazione SMS, che consente di simulare fenomeni combinati di diffrazione, riflessione e rifrazione, tenendo conto degli effetti dissipativi dovuti al frangimento ed all'attrito sul fondo. In particolare i primi tre fenomeni sono di fondamentale importanza durante la propagazione del moto ondoso all'interno di un bacino portuale, mentre gli altri due assumono particolare importanza in casi ove sono presenti bassi fondali caratterizzati da una batimetria sensibilmente variabile.

Per la determinazione dei livelli di agitazione ondosa residua sono stati esaminati gli scenari che prevedono le seguenti forzanti di moto ondoso.

Tabella 4-3 Forzanti di moto ondoso utilizzate per le simulazioni con il modello numerico CGWAVE

Settore di traversia principale			Settore di traversia secondario		
Hs' (m)	T_p' (s)	Dir' (°N)	Hs' (m)	T_p' (s)	Dir' (°N)
3.4	9.8	125	2.8	11.4	170
3.7	8.5	135	2.3	8.5	180
3.8	8.5	150			



Per l'applicazione del modello numerico CGWAVE è stato necessario effettuare un'attenta e dettagliata discretizzazione dello specchio liquido delle configurazioni portuali in esame.

Per definire la batimetria dei fondali all'esterno del porto canale di Cagliari si è fatto riferimento alle carte nautiche edite dall'Istituto Idrografico della Marina Militare ("CN. 45 – Da Capo Carbonara a Capo Spartivento – Scala 1:100.000" e "CN. 311 – Porto di Cagliari – Scala 1:10.000"). In merito ai fondali interni al porto canale si è fatto riferimento ai rilievi batimetrici di dettaglio effettuati di recente ed alle configurazioni planimetriche e rappresentate in Figura 4-5 e in Figura 4-6.

È stato quindi necessario definire le condizioni al contorno del dominio di calcolo.

Per ogni configurazione analizzata, il contorno dello specchio liquido è stato suddiviso in tratti di costa caratterizzati da un diverso grado di riflessione del moto ondoso.

Nel dettaglio, così come riportato negli schemi di calcolo presentati per ogni scenario analizzato, lungo i contorni che rappresentano la linea di costa sono stati imposti i seguenti coefficienti di riflessione R:

Opere a pareti verticali piena	R = 0.90;
Tratti rocciosi naturali ed opere a scogliera	R = 0.35;
Spiagge assorbenti	R = 0.15;
Confini aperti (completamente permeabili)	R = 0.00.

Il dominio di calcolo è stato delimitato da un arco di cerchio sufficientemente distante dall'area oggetto di studio, lungo la quale sono state imposte le forzanti di moto ondoso prese come riferimento (Tabella 4-3).

Inoltre, per tenere conto degli effetti dissipativi dovuti al frangimento del moto ondoso ed all'attrito sul fondo, all'interno del modello di calcolo si è assunto un valore del coefficiente di frangimento pari a 0.15 ed un coefficiente di attrito sul fondo pari a 0.12.

***Si riportano, di seguito, gli schemi di calcolo ed i risultati ottenuti dalle simulazioni dell'agitazione interna portuale, relativi a:
soluzione 2, in quanto coerente con il progetto esaminato nel presente SIA;
primo stralcio funzionale;
ipotesi con e senza diga;***



settore di traversa °N 150 (che comporta le condizioni peggiori all'interno dello specchio acqueo del porto canale).

4.3.3.3.1 Soluzione 2, primo stralcio funzionale, ipotesi con diga, settore di traversa °N 150

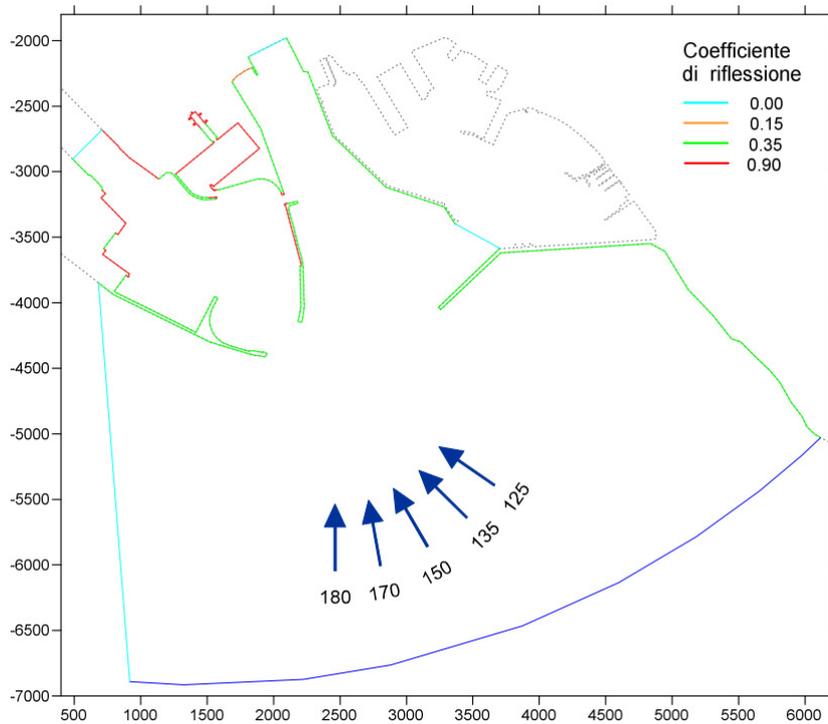


Figura 4-8
Condizioni al
contorno.

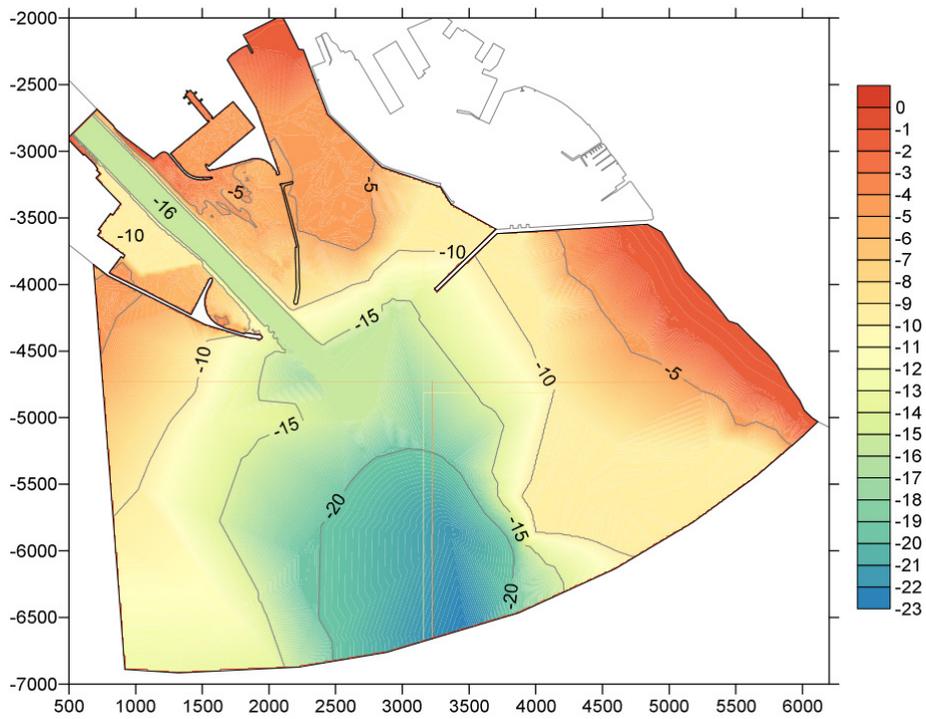


Figura 4-9
Batimetria

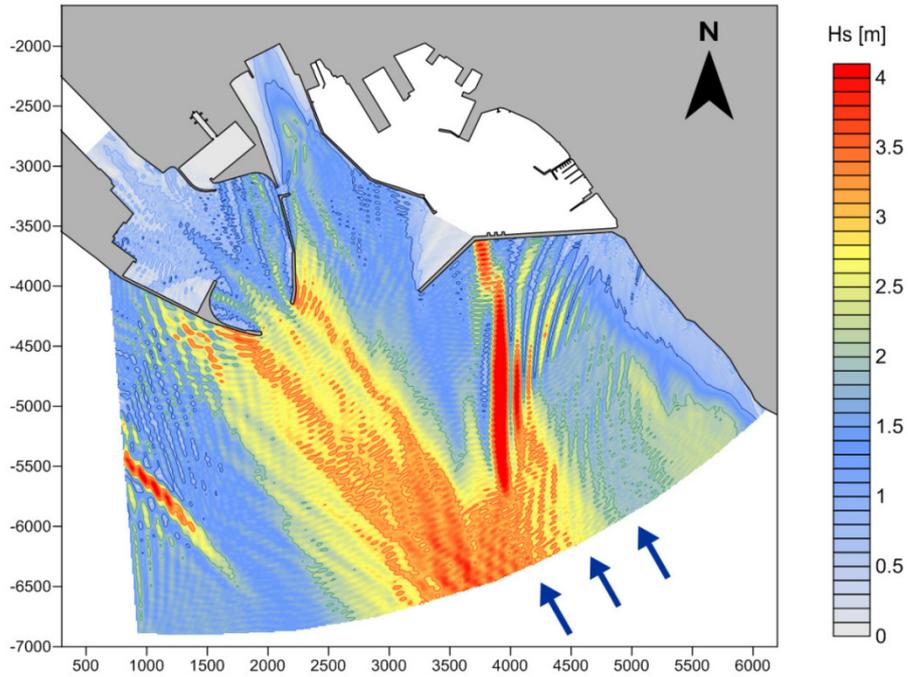


Figura 4-10
Caratteristiche
dell'onda:
Altezza Hs 3.8m
Periodo Tp 8.5s
Direzione °N 150

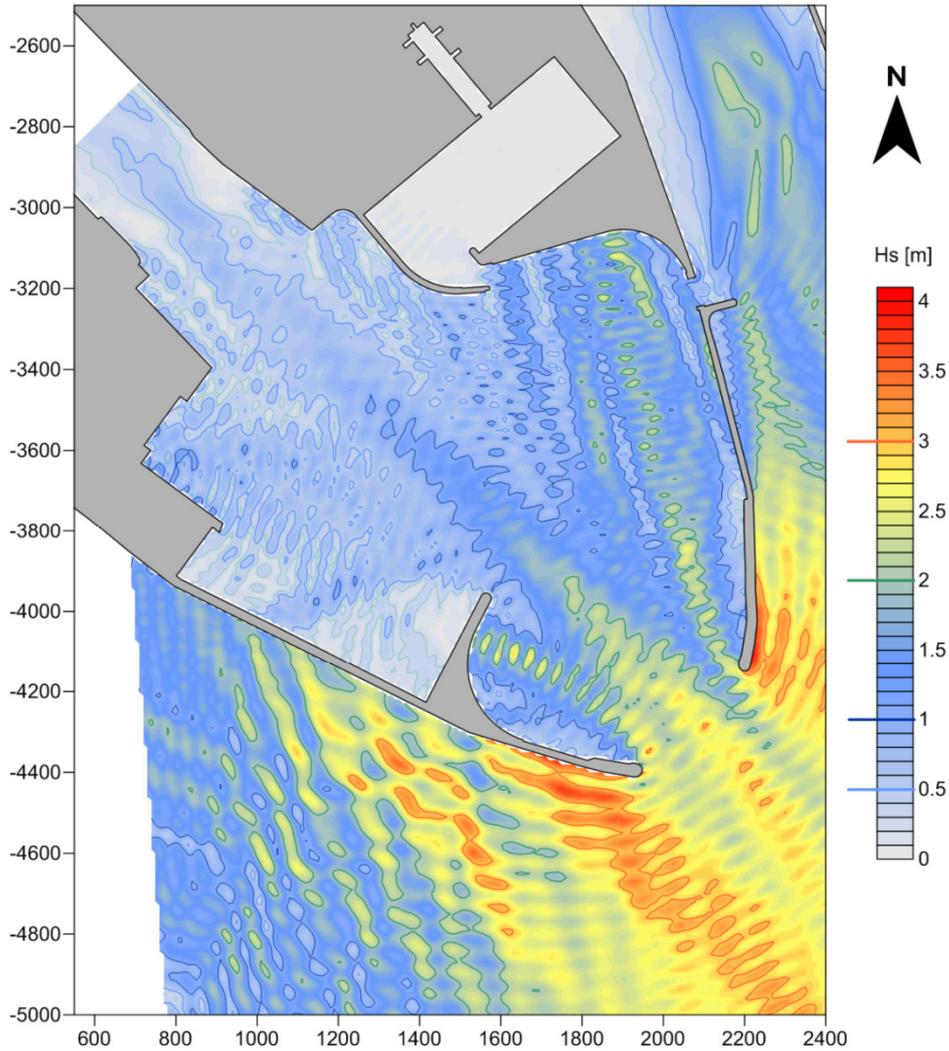


Figura 4-11
Agitazione
interna al bacino
portuale.
Caratteristiche
dell'onda:
Altezza Hs 3.8m
Periodo Tp 8.5s
Direzione °N 150



4.3.3.3.2 Soluzione 2, primo stralcio funzionale, ipotesi senza diga, settore di traversa °N 150

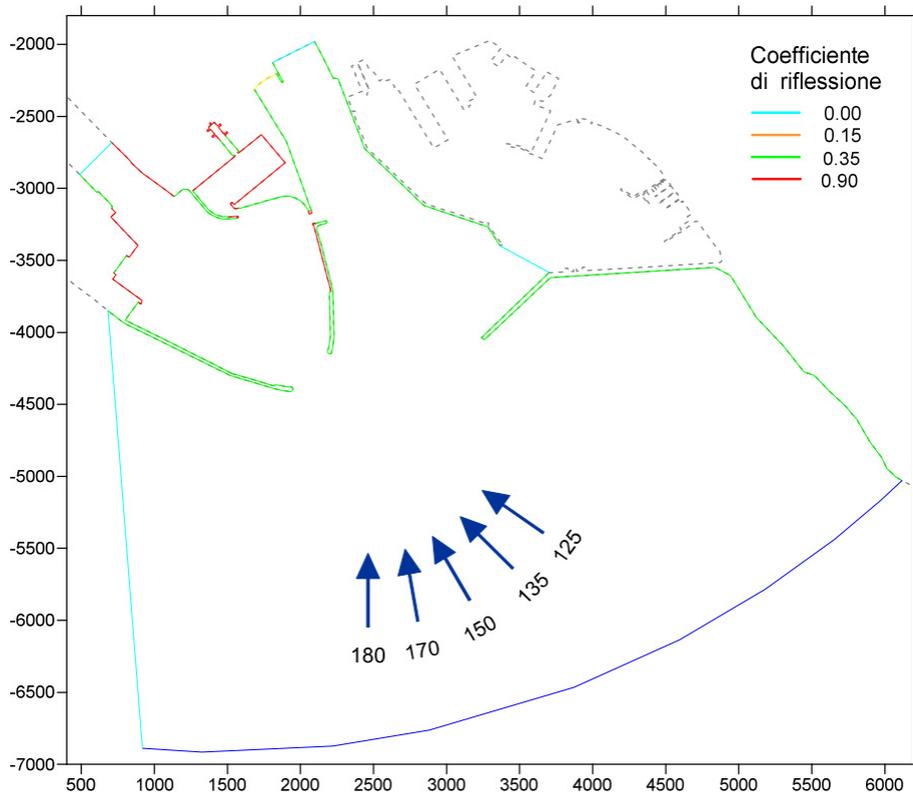


Figura 4-12
Condizioni al
contorno

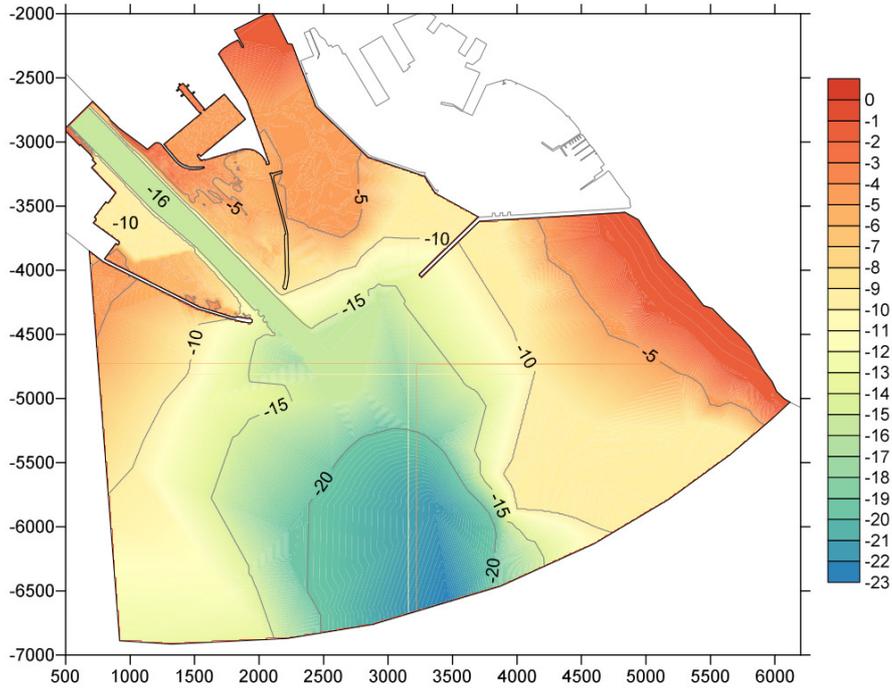


Figura 4-13
Batimetria

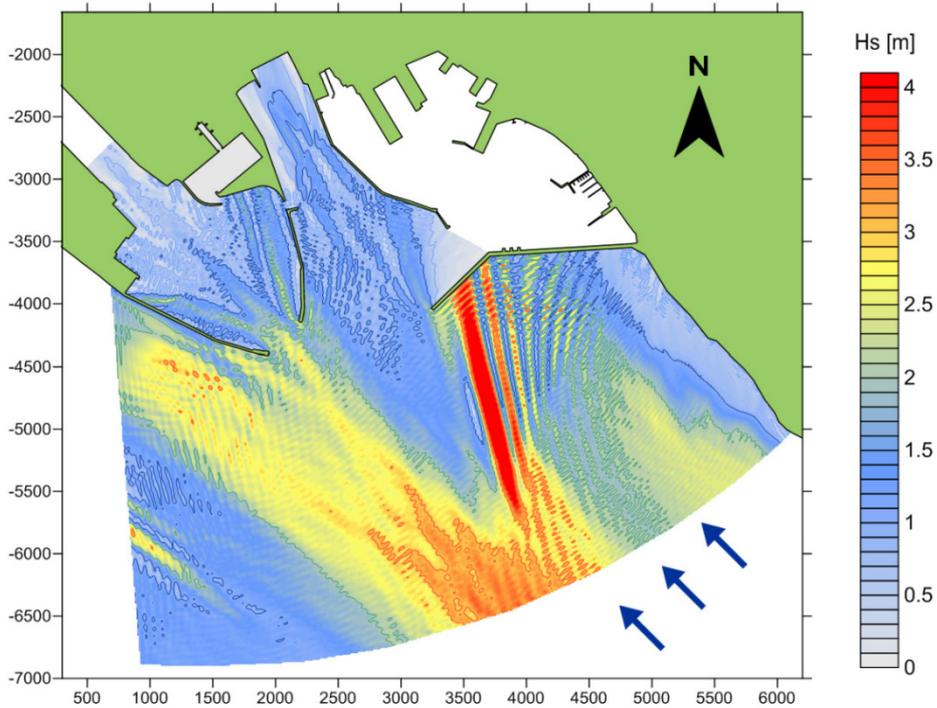


Figura 4-14
Caratteristiche
dell'onda:
Altezza Hs 3.8m
Periodo Tp 8.5s
Direzione °N 150

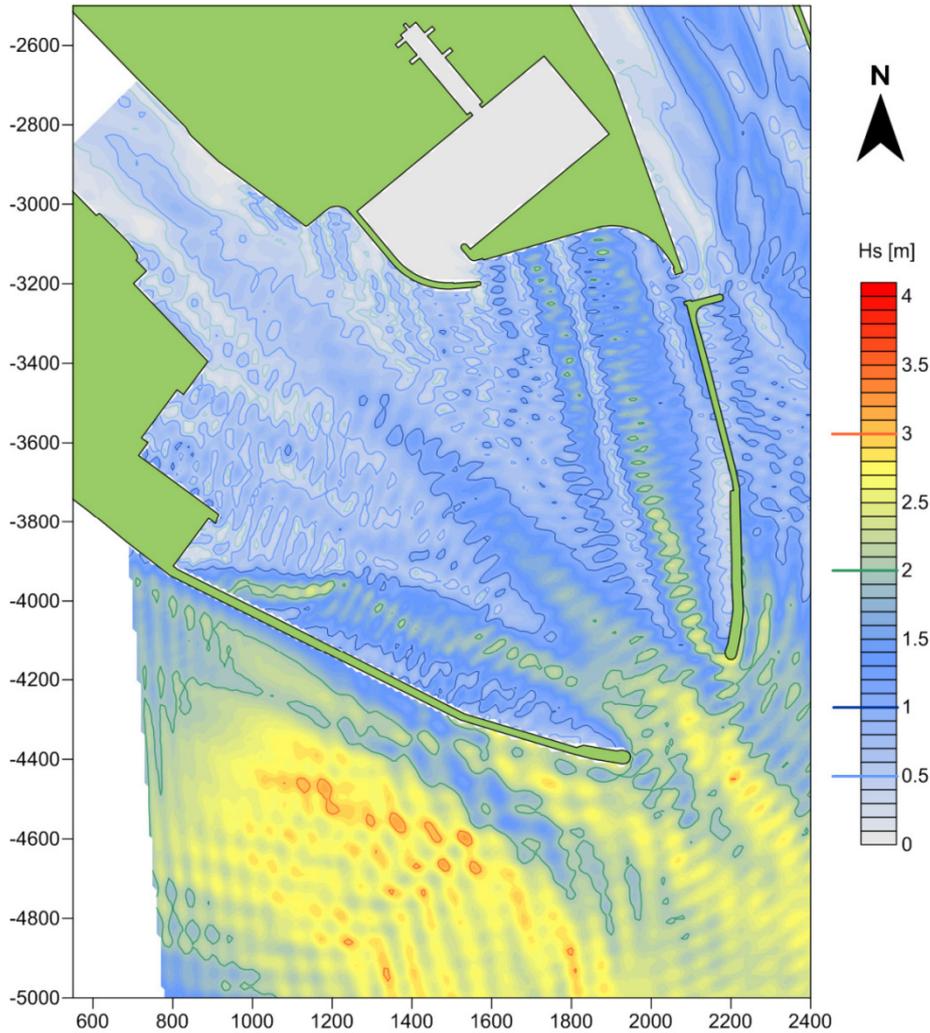


Figura 4-15
Agitazione
interna al bacino
portuale.
Caratteristiche
dell'onda:
Altezza Hs 3.8m
Periodo Tp 8.5s
Direzione °N 150

4.3.3.4 Conclusioni

I risultati delle simulazioni effettuate sui due diversi schemi portuali (dei quali sono stati riportati solo quelli relativi alla configurazione oggetto del presente SIA), hanno evidenziato che, relativamente alle configurazioni di I stralcio funzionale, le condizioni di agitazione ondosa residua in corrispondenza degli ormeggi nelle due soluzioni esaminate non presentano sostanziali differenze e non condizionano l'operatività degli ormeggi. In sostanza, quindi, le due configurazioni di lay out sono risultate essere sostanzialmente equivalenti.

Inoltre, sempre in relazione alle configurazioni di I stralcio funzionale, lo studio ha evidenziato la scarsa protezione offerta dalla diga prevista nell'avamposto.



5 IL PROGETTO

5.1 Soluzione progettuale

La soluzione adottata per il primo stralcio funzionale del nuovo Terminal Ro.Ro. prevede la realizzazione di quattro attracchi, i relativi piazzali di imbarco ed un adeguato specchio acqueo per le manovre di accosto e di ormeggio. Tale scelta deriva dal compromesso tra l'esigenza di operatività e funzionalità dell'opera e l'esigenza del rispetto ambientale e del sistema portuale.

Il progetto, in particolare, prevede la realizzazione di un attracco lungo il canale e di altri tre nell'avamposto ovest del porto canale (Tavola CARORO_QPGT_06).

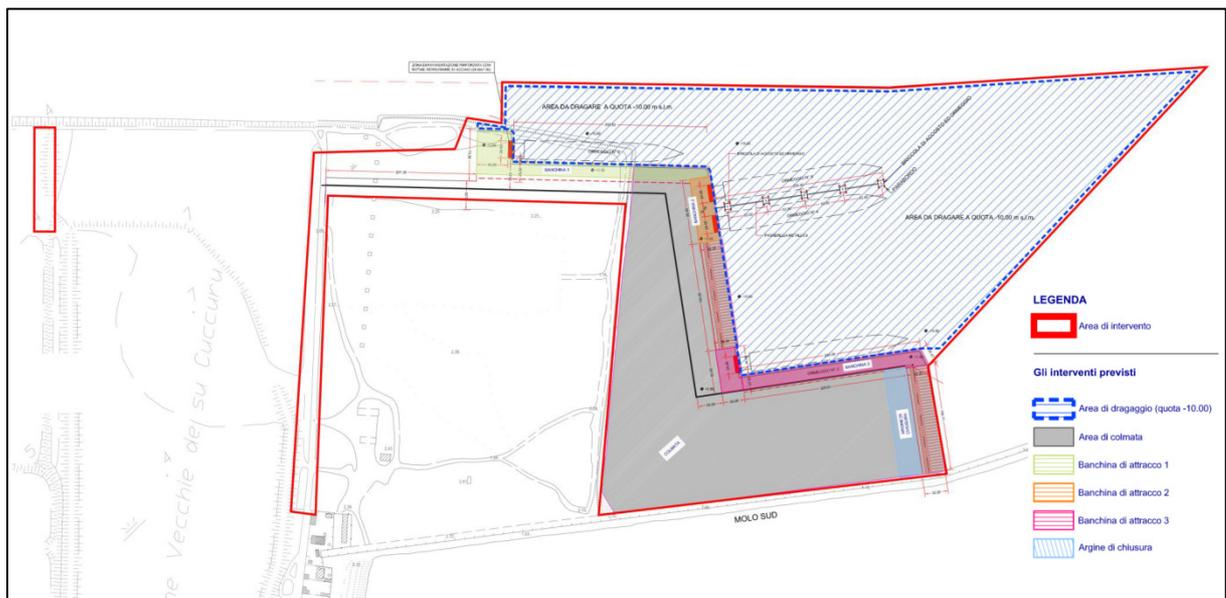


Figura 5-1 – Stralcio della Tavola Tav. CARORO_QPGT_06 con la soluzione progettuale del primo stralcio funzionale

A tale scopo nel tratto iniziale della sponda di ponente del canale è stata prevista la realizzazione di una banchina di ormeggio, lunga 265 m con dente di attracco poppiero largo 45 m, ottenuta attraverso la parziale resecazione del terrapieno esistente.

Nell'avamposto per la realizzazione dei tre attracchi è stato previsto l'avanzamento della linea di riva da 100m a 180m circa, e la realizzazione di una banchina parallela al molo guardiano di ponente (molo sud) lunga circa 250 m e



posta a circa 180 m dal limite interno del suddetto molo guardiano. Agli estremi della nuova calata di riva, dello sviluppo complessivo di circa 280 m, sono state previsti due tratti banchinati, che costituiscono i denti di accosto poppieri dove le navi poggeranno i portelloni di poppa, dei quali il primo lungo 40 m (calata di riva di ponente) ha origine dall'intersezione della banchina di ponente e l'altro lungo 90 m (calata di riva di levante) si collega con la testata della banchina interna al canale.

Dalla calata di riva di levante, in posizione centrale tra la nuova banchina, ha origine una passerella metallica, lunga circa 234 m, perpendicolare alla banchina stessa. Tale passerella collega n°5 briccole metalliche su pali che costituiscono la struttura di accosto ed ormeggio degli altri 2 accosti, garantendone l'accesso da terra.

Al fine di ridurre il potere riflettente della nuova calata di riva, che viene investita direttamente dal moto ondoso che entra nell'avamposto del porto canale di Cagliari, nel tratto della calata di riva compresa tra le due banchine, la sponda verrà sagomata a scarpata secondo una pendenza 2:1 e verrà rivestita con un doppio strato di massi naturali di peso compreso tra 1 e 3 t.

A tergo delle nuove banchine è inoltre prevista la realizzazione di una fascia pavimentata di larghezza pari a circa 35 m che costituisce i piazzali di incolonnamento del terminal.

Per garantire l'operatività dei nuovi attracchi ro-ro è stato previsto il dragaggio a quota -10.00 m s.l.m.m. dello specchio acqueo prospiciente i nuovi attracchi fino al limite del canale di navigazione già scavato a quota -16.00 m s.l.m.m.

I sedimenti provenienti dai dragaggi del progetto è previsto che vengano utilizzati, per la parte dove è prevalente la frazione sabbiosa, per la realizzazione dei piazzali operativi degli attracchi, mentre i restanti volumi, nei quali è prevalente la frazione limosa, verranno versati nella cassa di colmata ricavata a tergo delle fasce pavimentate del terminal. La parte eccedente verranno conferiti a terra all'interno delle aree del porto canale nelle vasche esistenti.

Ovviamente dette previsioni di utilizzo dei materiali dragati sono subordinate alla conclusione della caratterizzazione dei sedimenti marini da parte dell'Autorità Portuale che provvederà, ottenuti detti risultati, alla richiesta di autorizzazione di cui all'art.109 del D.Lgs 152/06 e s.m.i. alla Provincia di Cagliari – Ufficio Acque.

5.2 Descrizione degli interventi previsti

Le lavorazioni prevedono:



- Dragaggio e asportazione di materiale limoso e paglia marina, scavo di sbancamento delle aree a terra in cui dovrà essere realizzata la nuova banchina;
- Realizzazione della banchina con palancole metalliche;
- Realizzazione cassa di colmata a tergo delle nuove banchine;
- Realizzazione della pavimentazione;
- Dragaggio, seconda fase fino a quota – 10 m s.l.m. nell'ambito del sedime del canale portuale nell'area antistante la banchina di progetto per tutta la lunghezza della stessa e secondo le planimetrie progettuali;
- Realizzazione delle bricole di ormeggio e delle passerelle di collegamento.

I lavori si articoleranno nelle seguenti fasi:

1. Sistemazione dell'attuale superficie topografica per permettere la operatività di cantiere e rimozione del terreno naturale nella zona dell'attracco 6, fino alla quota +0.50 m s.l.m.m.;
2. Infissione delle palancole metalliche e dei tiranti;
3. asportazione materiale limoso e paglia marina nelle zone in cui si realizzeranno gli accosti, sversamento del materiale nelle casse di colmata esistenti nel porto canale;
4. Posa in opera del rilevato del corpo banchina in strati costipati fino a raggiungere la quota prevista di +0.50 m. s.l.m.m.;
5. Posa in opera di palancole metalliche e dei tiranti di ancoraggio;
6. Realizzazione degli argini della nuova vasca di colmata a tergo del rilevato di banchina;
7. Deviazione del canale di scolo delle acque di dewatering;
8. Dragaggio di 1° e 2° fase del materiale per arrivare alla quota di progetto -10.00 m.s.l.m.m.;
9. Posa in opera del rilevato di precarica e successiva rimozione e movimentazione, rimozione della porzione di rilevato esistente necessaria per poter procedere alla esecuzione delle opere di completamento della paratia;
10. Esecuzione della trave di coronamento di cemento armato di collegamento della testa delle palancole;
11. Esecuzione dell'escavo del bacino a quota –12.00 m s.m.;
12. Completamento della sovrastruttura del muro di banchina, realizzazione della pavimentazione, previa esecuzione dei sottoservizi;
13. Realizzazione degli impianti e degli arredi;
14. Sistemazione della viabilità di accesso, sistemazione della strada "EX SS 195";



15. collaudo finale.

5.2.1 Opere di carattere geotecnico

La realizzazione del Terminal Ro.Ro. si basa principalmente su interventi di carattere geotecnico di arginazione e banchinamento per la realizzazione di nuove aree destinate a piazzali e banchine.

Essi si distinguono principalmente in due tipi:

- abbassamento del fondale alla quota di progetto per l'operatività delle navi;
- realizzazione di nuove colmate che determinano l'avanzamento della linea di costa nello specchio d'acqua interno al porto industriale, nel versante di ponente. Tali nuove colmate sono funzionali alla realizzazione di piazzali e banchine del terminal Ro-Ro.

Gli interventi saranno condotti in ambito terrestre ed in ambito marino.

Per quanto riguarda i primi, essi riguardano una piccola porzione dell'area di intervento, dove sarà realizzata la banchina di attracco 1 (cfr. Figura 5-2), attraverso l'infissione delle palancole, il salpamento (recupero) della scogliera esistente e il dragaggio alla profondità di progetto (per quanto riguarda il dettaglio delle fasi costruttive, si rimanda al Par. 6.2, nell'ambito della descrizione delle attività di cantiere).

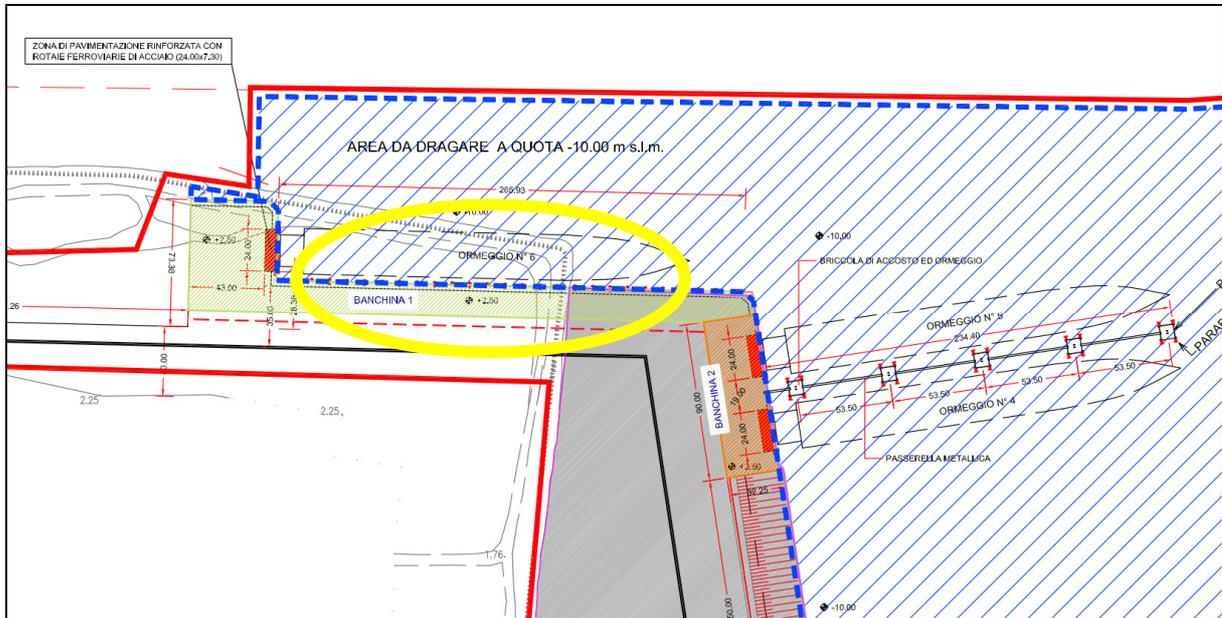


Figura 5-2 – Stralcio della Tavola CARORO_QPGT_06 ed evidenziazione della parte di interventi a terra

Le opere più consistenti sono realizzate in ambito marino. Attraverso il dragaggio dei fondali fino alla quota di progetto (zona con tratteggio azzurro in Figura 5-1 e in Figura 5-2) e la realizzazione di una nuova area di colmata che comporterà (zona campita in grigio in Figura 5-1 e in Figura 5-2) l'avanzamento della linea di costa interna alle dighe del porto industriale, saranno create le aree utili per la realizzazione delle quattro nuove banchine di accosto del Terminal Ro-Ro.

Nel caso delle opere di banchinamento, la configurazione è priva della scogliera a mare e la banchina è sostenuta da palancole con asportazione della parte di rilevato retrostante le palancole sul fronte mare.

Le attività necessarie alla realizzazione di queste opere sono descritte nel dettaglio delle fasi costruttive, nel Par. 6.2, all'interno della descrizione delle attività di cantiere.

5.2.2 Gli elementi strutturali e di completamento

1.2.2.1 Banchine

Nel primo lotto funzionale del nuovo terminal ro-ro del porto canale di Cagliari è prevista la realizzazione di n°4 attracchi dei quali uno disposto lungo il canale e realizzato mediante la resecazione del terrapieno esistente e gli altri 3 a mare, all'interno dell'avamporto.



La realizzazione delle nuove banchine prevede la soluzione a palancole metalliche ancorate (Tavola CARORO_QPGT_07), mediante una serie di tiranti a bara, ad un struttura di ancoraggio realizzata anch'essa mediante l'infissione di palancole metalliche. La sezione tipo dei nuovi muri di banchina è completata da una trave di coronamento di sviluppo complessivo pari circa a 835 ml di cemento armato che realizza il piano di banchina ed alla quale verranno fissati i parabordi e le bitte di ormeggio.

Per la loro realizzazione è prevista l'infissione di una parete combinata di palancole metalliche costituita da profili tipo HZM1080B14 e profili tipo AZ26/700. I profili HZM verranno infissi fino a quota -29.00 m s.l.m.m., mentre i profili tipo AZ verranno infissi fino a -24.00 m s.l.m.m..

Le palancole di ancoraggio nella banchina dell'attracco posto lungo il canale, dove le caratteristiche dei terreni *in situ* sono più scadenti, sono costituite da palancole tipo AZ37/700 lunghe 14 m e infisse fino a quota -13.00 m s.l.m.m., mentre nelle altre banchine sono costituite da profili tipo AZ26/700 della stessa lunghezza.

Le palancole dei muri di banchina sono ancorate alle palancole di contrasto mediante tiranti metallici posti in opera a quota +0.50 m s.l.m.m. con un interasse di 1.927 m, che corrisponde all'interasse degli elementi HZM della parete combinata che verrà utilizzata per la realizzazione dei muri di banchina.

La quota del piano banchina è stata fissata a + 2.50 m s.l.m. mentre nei denti di attracco la quota in corrispondenza del limite di banchina è pari a +1.90 m s.l.m. e si raccorda mediante un piano inclinato con pendenza di circa il 7% con il piazzale retrostante. Ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali delle nuove banchine è stata considerata una quota dei fondali antistanti pari a -11.00 m s.l.m.m., come previsto nel P.R.P. vigente, superiore della quota di dragaggio (-10.00 m s.l.m.m.) prevista nel presente progetto.

Le fasi costruttive considerate nel modello di calcolo per la banchina disposta lungo il canale prevedono:

- prima dell'inizio delle lavorazioni si prevede la rimozione dello strato di terreno fino alla q.ta -8.00 m s.l.m. e versamento di materiale di riporto di progetto;
- l'infissione delle palancole di banchina (fondale naturale considerato a q.ta - 4.50 m s.l.m.), previa realizzazione di un rilevato di lavoro, con q.ta di sommità alla +1.00 m s.l.m.;



- l'infissione delle palancole di ancoraggio (fondale naturale considerato a q.ta - 4.50 m s.l.m.), previa realizzazione di un rilevato di lavoro, con q.ta di sommità alla +1.00 m s.l.m.;
- posa dei tiranti alla +0.50 m s.l.m.;
- il riempimento-ricoprimento del sistema d'ancoraggio e di tutto il piazzale di nuova realizzazione fino a q.ta +2.50 m s.l.m. con innalzamento della falda interna (a scopo cautelativo) alla +0.50 m s.l.m.;
- il dragaggio fronte palancolato di banchina fino a q.ta di progetto alla -11.00 m s.l.m.;
- l'applicazione del sovraccarico (azione variabile) di banchina come uniformemente distribuito;
- l'applicazione del tiro alla bitta (azione variabile) alla q.ta +2.50 m s.l.m.;
- l'applicazione del sisma.

Le fasi costruttive considerate nel modello di calcolo per le banchine all'interno dell'avamposto prevedono:

- l'infissione delle palancole di banchina (piano campagna a q.ta +0.00 m s.l.m.), previa eventuale rimozione e successiva posa di uno strato di terreno di riporto (1-2m) per migliorare l'infissione, con q.ta di sommità del piano di lavoro alla +1.00 m s.l.m.;
- l'infissione delle palancole di ancoraggio (piano campagna a q.ta +0.00 m s.l.m.), previa eventuale rimozione e successiva posa di uno strato di terreno di riporto (1-2m) per migliorare l'infissione, con q.ta di sommità del piano di lavoro alla +1.00 m s.l.m.;
- posa dei tiranti alla +0.50 m s.l.m.;
- il riempimento-ricoprimento del sistema d'ancoraggio e di tutto il piazzale di nuova realizzazione fino a q.ta +2.50 m s.l.m. con innalzamento della falda interna (a scopo cautelativo) alla +0.50 m s.l.m.;
- il dragaggio fronte palancolato di banchina fino a q.ta di progetto alla -11.00 m s.l.m.;
- l'applicazione del sovraccarico (azione variabile) di banchina come uniformemente distribuito;
- l'applicazione del tiro alla bitta (azione variabile) alla q.ta +2.50 m s.l.m.;
- l'applicazione del sisma.



5.2.2.1 Pontile metallico, passerelle metalliche e briccole di accosto

Nel caso dell'ormeggio previsto lungo il canale e per quello nel bacino dell'avamposto più prossimo al molo guardiano sud, le navi si vanno ad affiancare a delle banchine a palancole; mentre lungo la calata SE del terminal (denominata calata di riva), per consentire l'ormeggio contemporaneo di n°2 navi ro-ro ai denti di attracco lato porto canale, si prevede la realizzazione di un pontile metallico costituito da 5 briccole in struttura metallica disposte ad interasse costante di 53,50 m a partire da 12,40 m dal filo banchina, collegate tra loro da 4 passerelle in acciaio con struttura indipendente.

La passerella di collegamento della prima briccola con la banchina ha una lunghezza complessiva di 14,30 m ed è appoggiata direttamente lato terra sulla banchina e lato mare sulla briccola. Le restanti passerelle sono disposte in numero di due tra le briccole e sono appoggiate su tre pali di acciaio infissi alla quota di -28,00 m s.l.m. I pali sono disposti a distanza costante di 18,00 m. Le passerelle hanno pertanto una lunghezza complessiva di 22,50 m con conseguente parte a sbalzo lato briccola di 4,50 m.

Ciascuna briccola, invece, è costituita da 5 pali di acciaio a sezione anulare infissi alla quota di -33,00 m s.l.m. e disposti sui quattro angoli ed al centro della briccola.

La quota del piano di banchina è pari a +2.50 m s.l.m. mentre la quota di sommità delle briccole è fissata alla +4,50 m s.l.m. e quindi per l'accesso al pontile è prevista una passerella metallica inclinata.

Tutti i pali sono collegati in testa, sia lungo i lati che lungo le diagonali, da travi reticolari realizzate con profili tubolari.

Sia sulle banchine di accosto laterali che sulle briccole di ormeggio sono stati posizionati i fender per l'assorbimento degli impatti della nave e le bitte per assicurarne l'ormeggio anche in condizioni più estreme di esercizio.

La soluzione a briccole con passerelle è stata preferita alla soluzione più costosa con pontile continuo di larghezza costante in quanto le navi Ro.Ro. effettuano le operazioni di carico/scarico attraverso la rampa poppiera e quindi la funzione dell'opera in oggetto è esclusivamente quella di accosto ed ormeggio che può essere svolta anche da briccole isolate.

5.2.2.2 Arredi, servizi e piazzali

Gli accosti funzionali del nuovo terminal ro ro del porto canale di Cagliari saranno dotate anche degli usuali arredi (bitte e parabordi).

In particolare lungo le banchine è prevista la posa in opera di 33 bitte da 100 t ad un interasse di 20 m e di 85 parabordi di gomma ad un interasse di 10 m.



In corrispondenza di ciascuna bricola, su entrambi i lati, è stata prevista la posa in opera di n°2 parabordi dello stesso tipo di quelli utilizzati lungo le banchine ma con piastre di ripartizione più grandi per tener conto del fatto che in questo caso le navi una volta ormeggiate “toccheranno” un minor numero di parabordi.

A tergo della trave di coronamento delle palancole dei muri di banchina è stata prevista la realizzazione di un cunicolo per il passaggio dei servizi di banchina (predisposizione per rete antincendio, rete idrica e rete elettrica).

I piazzali operativi dell'area Ro-Ro, per una superficie di totale di circa 28.500 mq, sono ricavati in parte sulla esistente area di colmata, in parte sulla colmata che si realizzerà con i materiali di risulta dell'escavo.

I piazzali operativi pavimentati saranno limitati ad una fascia di circa 35 metri di larghezza che corre parallela ai punti di attracco realizzati con il palancole ed alla arginature che delimiteranno l'area della cassa di colmata.

Per ragioni di carattere geotecnico il pacchetto di pavimentazione dei piazzali operativi avrà caratteristiche diverse tra la zona della vecchia colmata e la zona delle colmate che si realizzeranno con lo scarico dei materiali di escavo.

Nella zona in cui saranno realizzate le nuove colmate e le nuove banchine la pavimentazione sarà realizzata in una prima fase con il tipo “B1 pavimentazione sacrificale”.

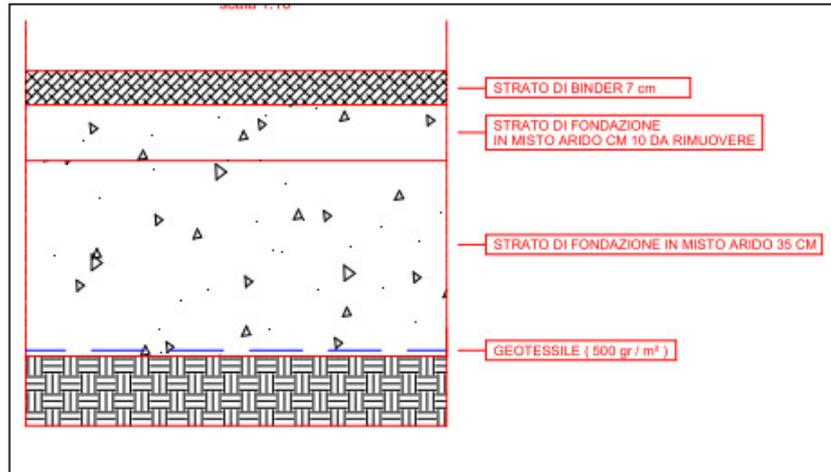


Figura 5-3 Pavimentazione tipo B1 sacrificale

Successivamente dopo che si sono raggiunti il 97 % degli assestamenti attesi, analizzato lo stato della pavimentazione si potrà procedere alla rimozione e sostituzione con la pavimentazione definitiva, secondo lo schema Tipo " B" pavimentazione semirigida.

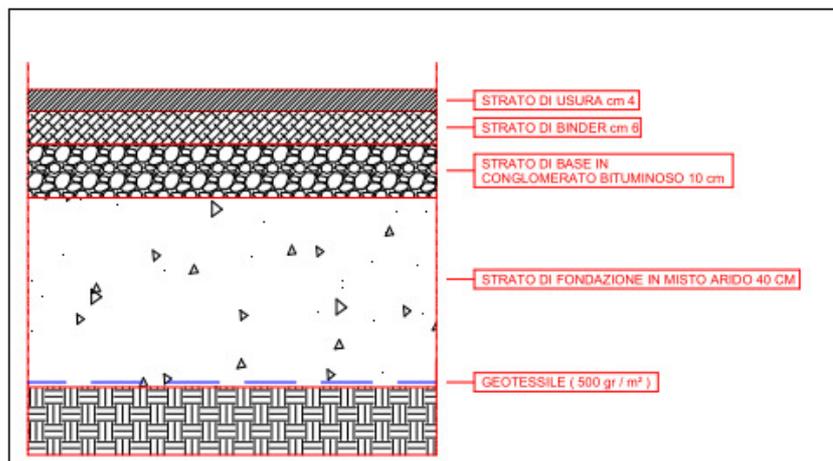


Figura 5-4 Pavimentazione tipo B semirigida

La decisione di realizzare la pavimentazione "sacrificale" in binder è stata dettata dalla necessità di fornire ai mezzi un adeguato e pulito piano di transito, tenere eventuali mezzi parcheggiati isolati rispetto al prevedibile innalzamento polveri che si realizzerà dalla intera colmata e dalla viabilità non pavimentata nei primi anni fino alla naturale



radicazione nelle colmate (radicazione che sarà naturalmente lenta poiché deve avvenire su terre provenienti da mare), limitare la sporcizia trasportata sulle strade dai mezzi in assenza, appunto, di pavimentazione e/o di adeguati sistemi di pulizia.

5.2.3 Le reti impiantistiche

5.2.3.1 La rete delle acque meteoriche

Per il sistema di smaltimento delle acque meteoriche (Tavola CARORO_QPGT_08), si è voluto prediligere una scelta progettuale che consentisse di ottenere una razionale sistemazione delle opere atte al convogliamento delle acque e acquisire al contempo un controllo della qualità degli scarichi in tempo di pioggia.

Per la raccolta delle acque meteoriche è stata prevista la sagomatura superficiale del terrapieno che convoglia le acque meteoriche verso una canaletta che corre alle spalle dei piazzali operativi del terminal. Si realizzerà una rete di drenaggio dei piazzali, a servizio delle nuove banchine, per uno sviluppo complessivo di circa 1.020m, compreso la realizzazione delle canalette di raccolta, e di 15 pozzetti di ispezione e/o di raccolta di ghisa sferoidale.

E' prevista la fornitura e posa in opera di n°4 impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia (pozzetto deviatore + separatore fanghi + separatore olii coalescenti + tubazioni di collegamento + tubazioni di scarico+chiusini di ghisa) dimensionati per la superficie dei piazzali.

Prima di venire scaricate in mare, le acque di prima pioggia convogliate vengono fatte passare attraverso impianti di trattamento di disoleatura, in grado di operare la separazione di materiali pesanti portati in sospensione/trascinamento dalle acque meteoriche e degli olii portati in sospensione e provenienti da eventuali perdite da parte delle macchine operatrici. Dalle vasche di separazione si dipartono le tubazioni che convogliano le acque a mare. Lungo la linea sono previsti i pozzetti di ispezione.

5.2.3.2 Canale di scolo di de-watering

L'intervento, come rappresentato nella Tavola CARORO_QPGT_08, prevede anche la deviazione del canale di scarico delle acque di de-watering, provenienti dalle casse di colmata esistenti, che attualmente scaricano nell'avamposto in cui è previsto il nuovo banchinamento. Le acque di scarico saranno convogliate, attraverso 5 tubi in cemento rotocompresso, verso il Porto Canale. Sopra i tubi di scarico sarà predisposto uno stradello su cui transiteranno i mezzi di servizio.

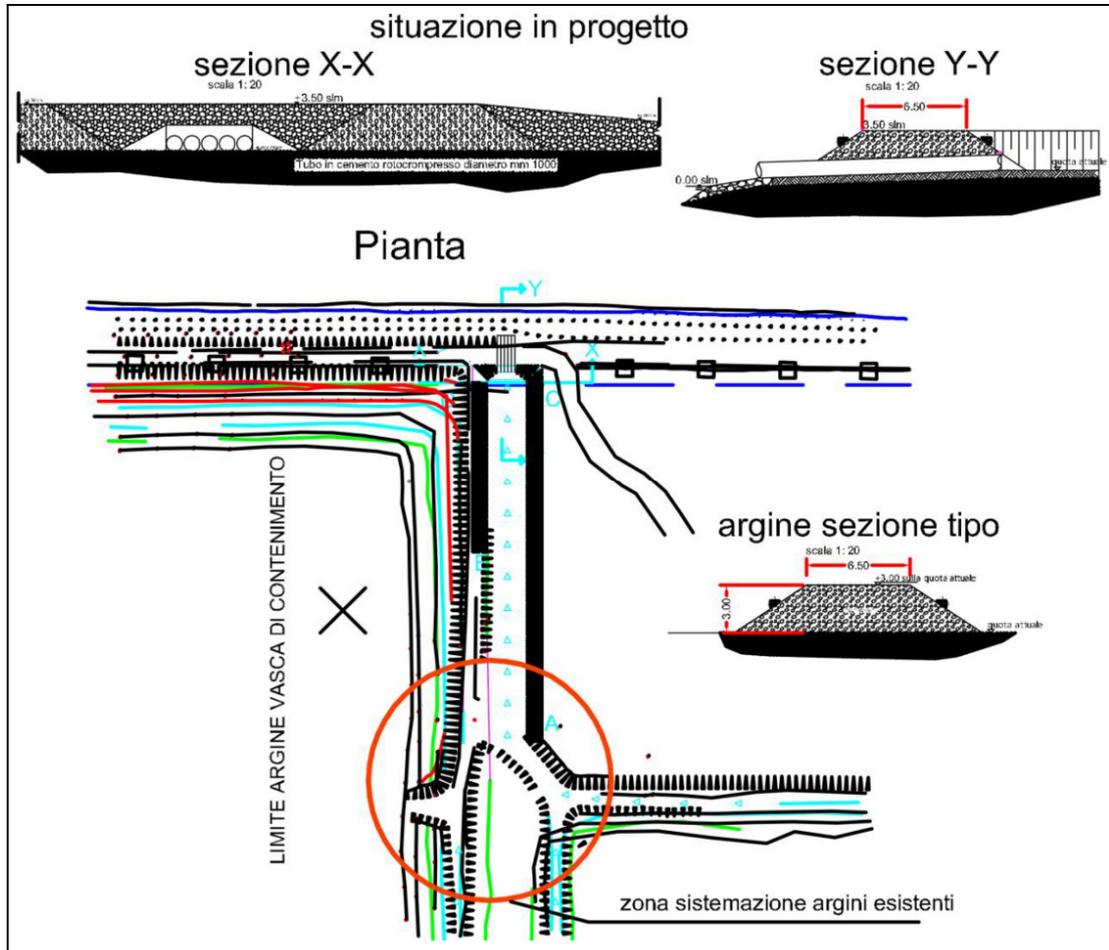


Figura 5-5 Stralcio dell'elaborato progettuale dell'Autorità del Porto di Cagliari. Intervento di de-watering

5.2.3.3 Impianto elettrico e di illuminazione

Nel progetto è prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico, con una tensione massima di sistema 1000 V, una potenza non inferiore a 45Kwp, su cui attestare gli apparecchi illuminanti del pontile, IP66, con lampada a Led da 8 watt, disposti ad interasse 5,00 mt. Lo stesso impianto e alimenterà il fanale di segnalazione sistemato in testata al pontile.

L'impianto elettrico invece è formato da quadro elettrico, cavi di alimentazione tipo FGOR0,6/1Kv $-(3 \times 1 \times 6 \text{mm}^2 + 1 \text{N} + \text{T})$ per due linee separate; compreso la fornitura e posa in opera di due cavidotti in pvc-FK750N non inferiore a 63mm² di diametro, composto da due linee, di cui una per alimentare gli apparecchi illuminanti, IP66, con



lampada a Led non inferiore a 8watt, tipo Box a schermo a palpebra, cornice in acciaio inox AISI 316, vetro temperato opale e/o bianco, riflettore asimmetrico in alluminio rigato, doppi isolamento, disposti ad interasse 3,00mt, completo di colonna, piantana, accessori di montaggio ecc, installati sulla struttura del pontile.

5.2.4 Gli interventi previsti per l'accesso all'area Terminal Ro.Ro.

La Figura 5-6 rappresenta la viabilità di accesso al Porto Canale ed è costituita dalla viabilità esistente (in rosso) e la viabilità in parte in avanzata fase di realizzazione, in parte in fase di progettazione esecutiva (in verde), la quale collegherà senza transiti sulla statale, le aree a tergo delle due sponde del canale navigabile e del bacino di evoluzione del Porto Industriale.



Figura 5-6 - La viabilità generale

La viabilità esistente in prossimità dell'area di intervento, come rappresentata nella tavola CARORO_QPGT_02, è costituita da:

- SS 195 – Sulcitana;
- SS 130 – Iglesiente;
- SS 131 – Carlo Felice;
- SS 554 – Cagliariitana;
- SP12
- Strada Provinciale Pedemontana.



Attualmente, la zona di intervento può essere raggiunta o tramite percorsi interni all'area delle casse di colmata del Porto industriale, transitando su preesistenti arginature, oppure dalla nuova SS195 immettendosi poi nel tratto della ex SS195, tratto destatalizzato e trasformato in strada comunale all'inizio degli anni Ottanta, con l'apertura del canale navigabile del Porto Industriale di Cagliari.



Figura 5-7 Ortofoto del 1977 della zona portuale della città di Cagliari (tratta da <http://www.sardegnaeoportale.it/webgis/fotoaeree/>). In blu è evidenziata quella che al tempo era la strada statale 195 prima della realizzazione del porto canale.

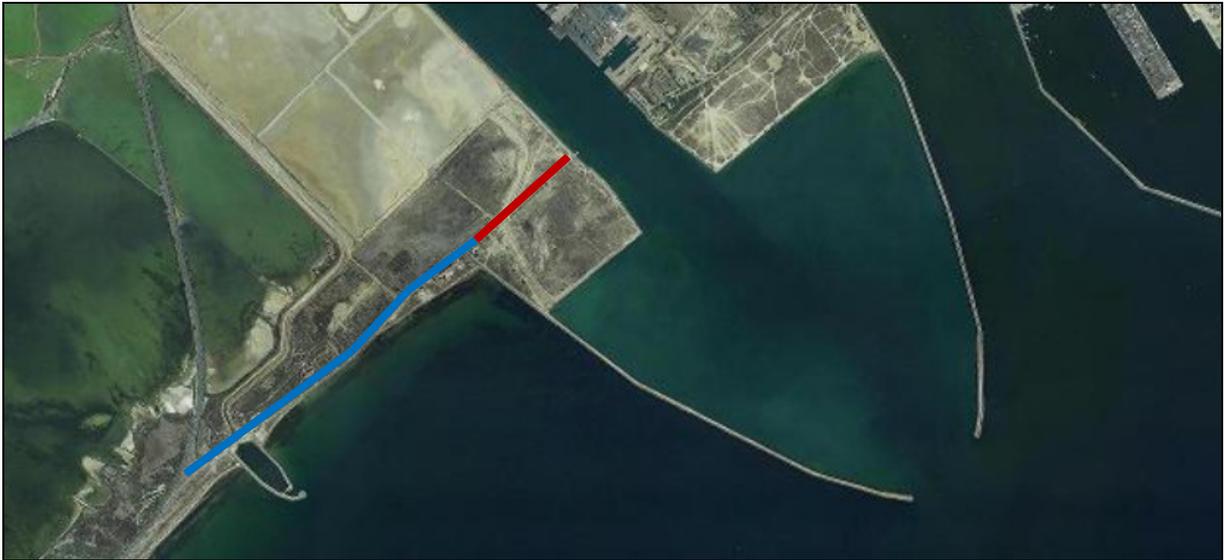


Figura 5-8 - Ex SS195: parte di competenza del Comune di Cagliari (in blu) e parte di competenza dell'Autorità Portuale di Cagliari (in rosso).



Figura 5-9 - Inneso della ex SS195 lungo la nuova SS195.

Il tratto della ex statale 195, che collega l'attuale statale con le aree di colmata interessate dai lavori, è lungo circa 2,00 km, fino ai margini del canale navigabile dove si interrompe.

Il primo tratto dalla attuale SS.195, fino alla prossimità della radice del molo che delimita l'avamposto, è lungo circa 1,5 km ed è di competenza del Comune di Cagliari. La strada è ancora transitabile, anche se necessita di alcuni interventi manutentivi. La



recinzione con cancello identifica l'inizio dell'ulteriore tratto, lungo circa 500 mt, di competenza della Autorità Portuale di Cagliari.

Il tratto di competenza della Autorità Portuale, dalla radice del molo al limite del canale, lungo circa 500 mt, ha subito pesanti manipolazioni e fratture per la esecuzione di un canale scolmatore per il riporto a mare delle acque residuali dei dragaggi e relativo cavalcafosso. Tale intervento ha determinato un restringimento della strada, da 7,30 m a 3,5 m.

Il progetto prevede l'allargamento ed adeguamento del cavalcafosso per restituire alla strada la larghezza originaria di mt 7,30 e lo scolmatore, che attraversa la colmata, andrà in futuro colmato ed eliminato. Questa operazione sarà possibile solo dopo la ultimazione dei lavori di realizzazione del terminal RO RO, in quanto il suo mantenimento in funzione è utile per le operazioni di escavo da eseguire nell'avamposto che prevede il potenziale utilizzo delle limitrofe casse di colmata. (Tavola CARORO_QPGT_08).

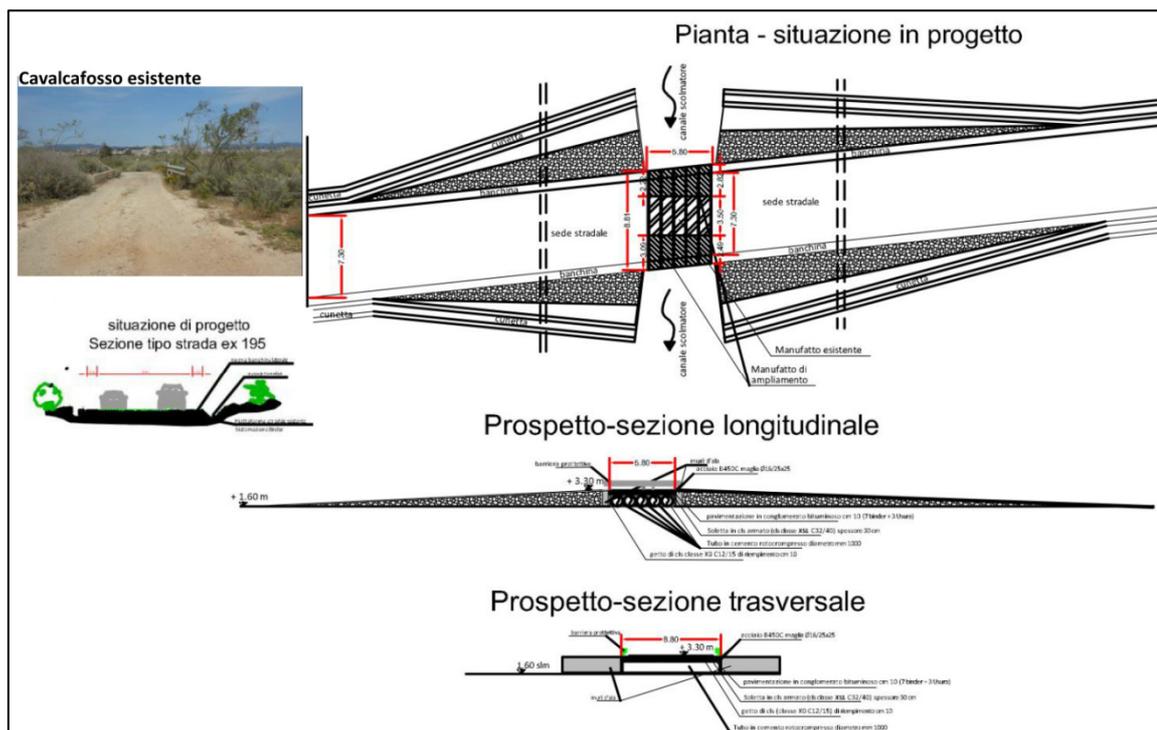


Figura 5-10 - Stralcio dell'elaborato progettuale dell'Autorità del Porto di Cagliari



Il tracciato di colore verde della Figura 5-6, che rappresenta la viabilità prevista come rappresentato nella Tavola CARORO_QPGT_03, ha valore puramente indicativo di quella che sarà la viabilità interna dell'area portuale.

Per quanto riguarda l'accessibilità e le connessioni del nuovo terminal Ro-Ro nell'area del Porto Canale, come previsto dal PRP per il medio-lungo periodo, saranno fondamentali il collegamento stradale interno al Porto Canale, e l'efficacia dei collegamenti con la viabilità esterna. In questo senso, il PRP suggerisce un accesso sul versante opposto a quello esistente e localizzato sullo svincolo mostrato nell'immagine sottostante, fra la S.S. 195 e la S.P. 92.



Figura 5-11 - Svincolo fra la S.S. 195 e la S.P. 92

Il progetto, invece, per il breve periodo, prevede la sistemazione della strada d'accesso esistente ex SS 195 (figura 5-8), di competenza della Autorità Portuale, della lunghezza di circa 500 m, di larghezza di circa 7,30 m, dimensioni di banchina pari a circa 0,75 m, e cunette delle dimensioni di circa 120-40-40 cm; compreso la formazione delle cunette mediante scavo di sbancamento e della formazione della banchina strada, previa pulizia della sterpaglia ed erbacce presenti nella banchina strada.

L'uscita dalla ex 195 e la immissione alla statale sono dotate di una corsia di immissione di ampia visibilità. Attualmente nel tratto della ex ss 195 il carico di traffico è pressoché nullo ed essendo l'area non particolarmente accogliente per la



balneazione nel periodo estivo non si rilevano incrementi. Pertanto, anche ipotizzando il suo riutilizzo, il carico di traffico sarebbe limitato al transito dei mezzi da e per il Terminal RO-RO.

6 LA CANTIERIZZAZIONE DELLE OPERE

6.1 L'area di cantiere

I criteri di scelta per l'ubicazione dei cantieri consistono, in linea generale, nel contenimento di eventuali impatti sull'ambiente circostante e sul normale assetto funzionale dei tessuti urbani, delle viabilità e dei servizi nell'area interessata dagli interventi in esame.

Nel caso in esame, le aree di cantiere riguarderanno la colmata esistente nell'avamposto ovest con una larghezza dei piazzali che dovrà essere sufficiente per la manovra dei mezzi di cantiere. All'interno dell'area di cantiere sono da prevedere sia zone per la raccolta, lo smistamento, il vaglio del materiale di cava, che per la realizzazione di parte dei manufatti in calcestruzzo.

Per quanto concerne le attrezzature logistiche vitali al funzionamento delle attività del cantiere bisogna precisare che una consistente porzione "territoriale" dell'insieme del cantiere è rappresentata dalle strutture logistico-funzionali; uffici, direzione, vigilanza, mense, officine, magazzini sono necessari all'accoglienza degli uomini impiegati nell'arco temporale previsto di circa 45 mesi. A queste strutture si aggiungono gli impianti propri delle attrezzature quali la rete viaria interna, i parcheggi per il personale e le aree di sosta per gli automezzi pesanti.

Per quanto concerne lo stato attuale dei luoghi, l'area in cui si prevede la localizzazione del cantiere attualmente è costituita da bassi gradi di naturalità, considerata l'influenza derivante dalle attività antropiche, che ne ha modificato l'assetto originario.

Il sito, come tutta l'area prevista per la realizzazione delle opere in progetto, è costituito da vegetazione erbacea (alo-nitrofile) ed arbustive, tipiche di aree degradate, alquanto frammentata, con copertura al suolo discontinua.

L'analisi degli effetti delle attività di cantiere sul traffico veicolare è stato correlato agli aspetti delle emissioni di inquinanti nell'atmosfera e di innalzamento dei livelli acustici attuali, che interessano la salvaguardia della salute pubblica.



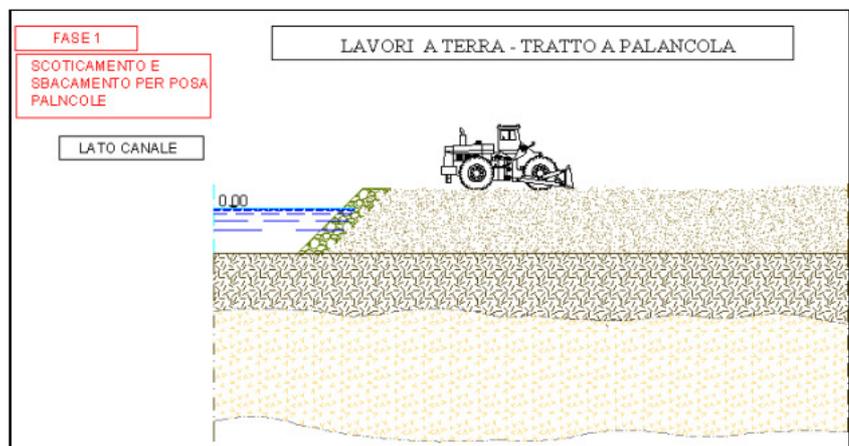
Lo studio di queste tematiche è stato affrontato all'interno delle relative componenti nel Quadro di Riferimento Ambientale.

6.2 Fasi costruttive

La campagna di indagini svolta ha evidenziato la presenza nelle aree interessate dai lavori di terreni compressibili, pertanto è stato necessario studiare opportunamente le modalità costruttive delle opere. Le modalità operative degli interventi "a mare" sono diverse rispetto a quelle degli interventi previsti "a terra".

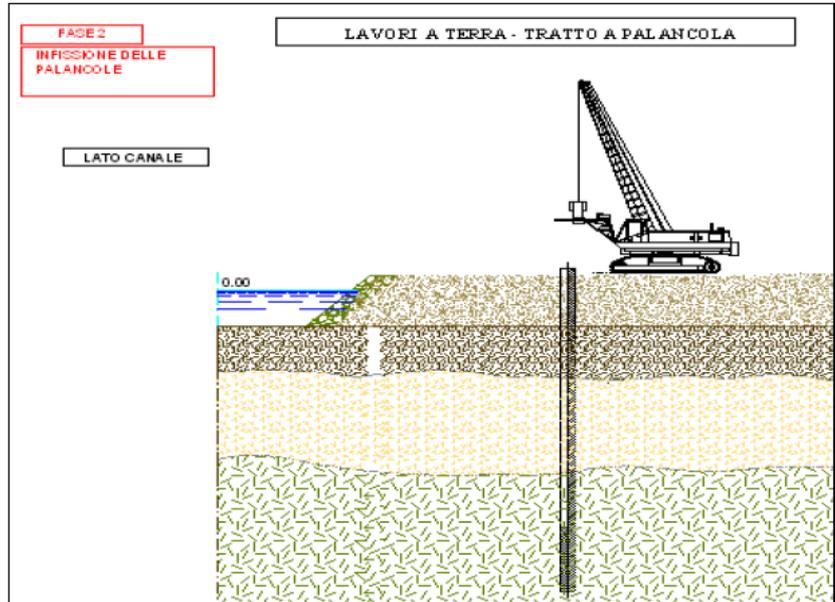
Per le opere "a terra" si procederà nel seguente modo:

1) Scotricamento e sbancamento per la preparazione del piano di imposta delle palancole;

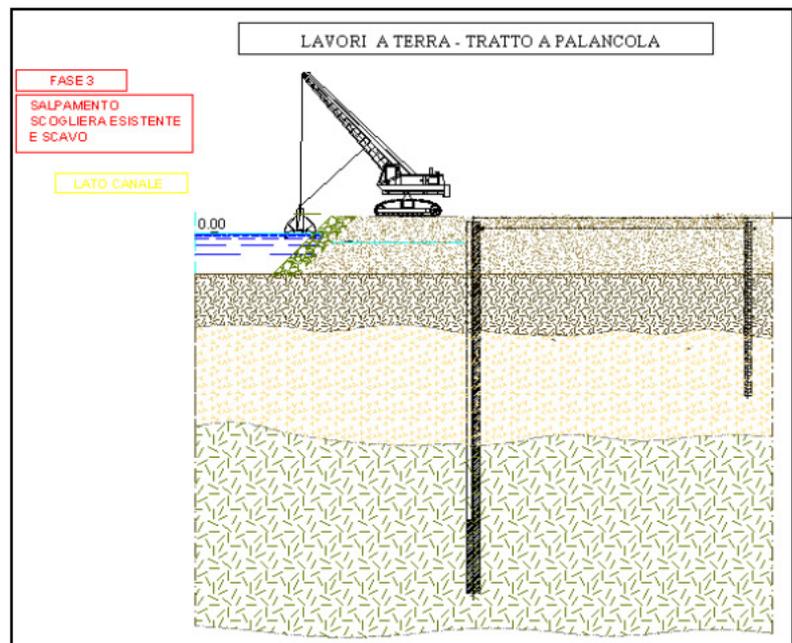




2) Infissione delle palancole e dei tiranti in acciaio con quota sommitale di +1.00m s.l.m.m.;

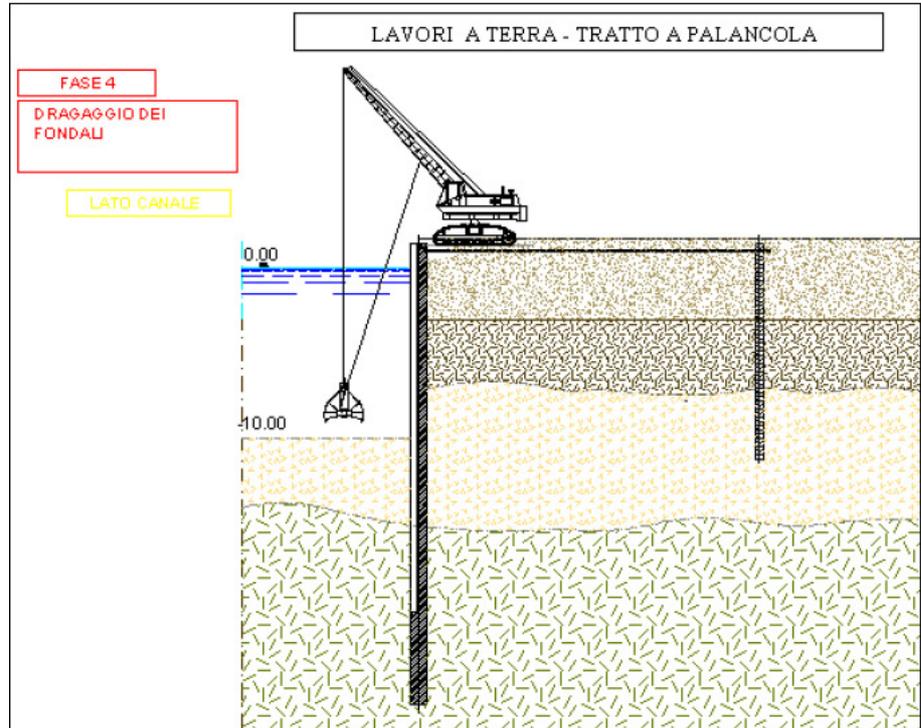


3) Salpamento della scogliera esistente e scavo della zona fronte palanco lato lato mare fino alla quota del medio mare, con sistemazione del materiale nelle aree di cantiere.



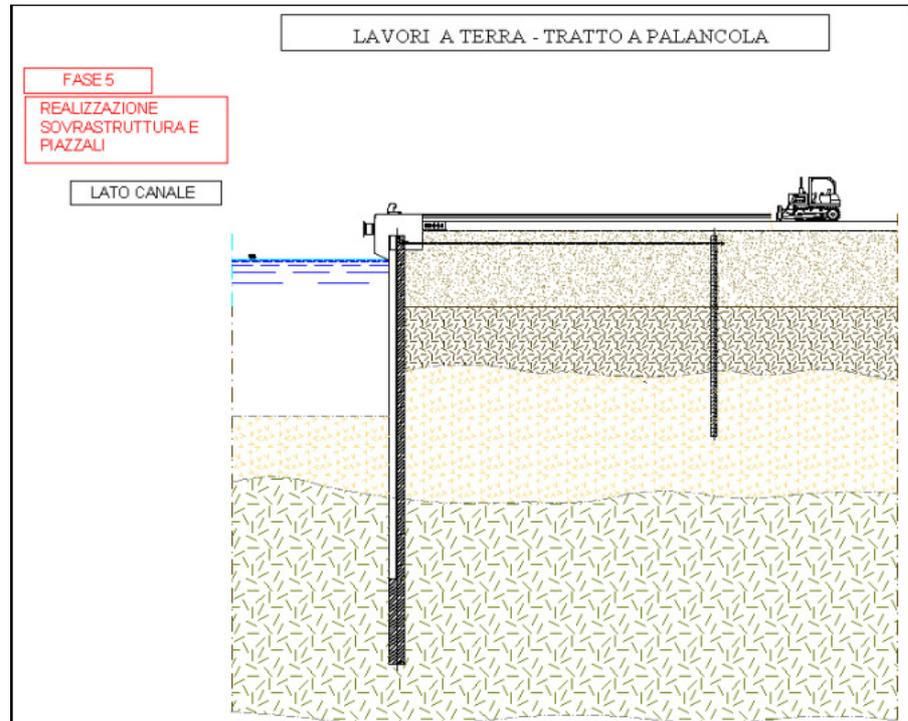


4) Dragaggio dei fondali fino alla quota prevista in progetto;



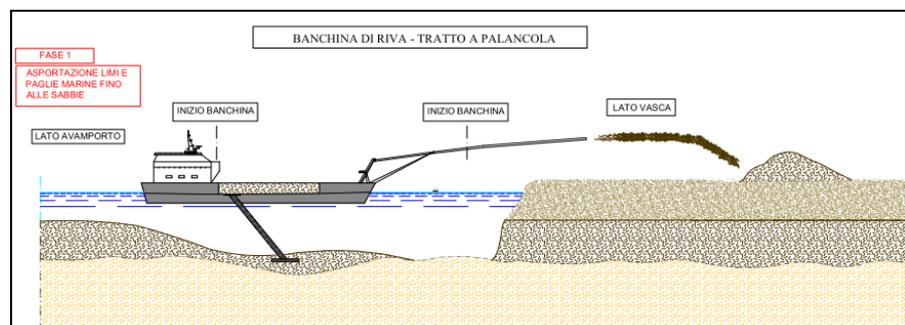


5) Realizzazione della sovrastruttura di banchina, e della pavimentazione del dente di attracco e delle parti retrostanti.



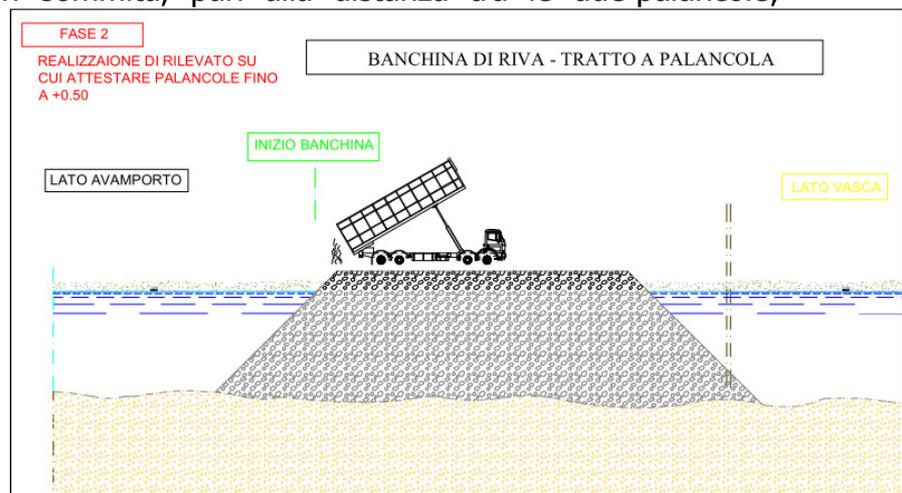
Per ciò che riguarda le opere “a mare” la sequenza costruttiva delle banchine di attracco e delle scogliere dovrà essere la seguente:

1) Bonifica dei fondali delle zone in cui sarà realizzata la banchina di riva ed i retrostanti piazzali, con l’asportazione del materiale limoso e paglia marina, per uno spessore compreso tra i 3,00 e 4,00 m dal l.m.m.. Lavorazione che dovrà essere eseguita con mezzi effossori adeguati. Il materiale asportato sarà trasportato nelle zone previste a tergo dei piazzali, o all’interno delle vasche di colmata del porto canale.

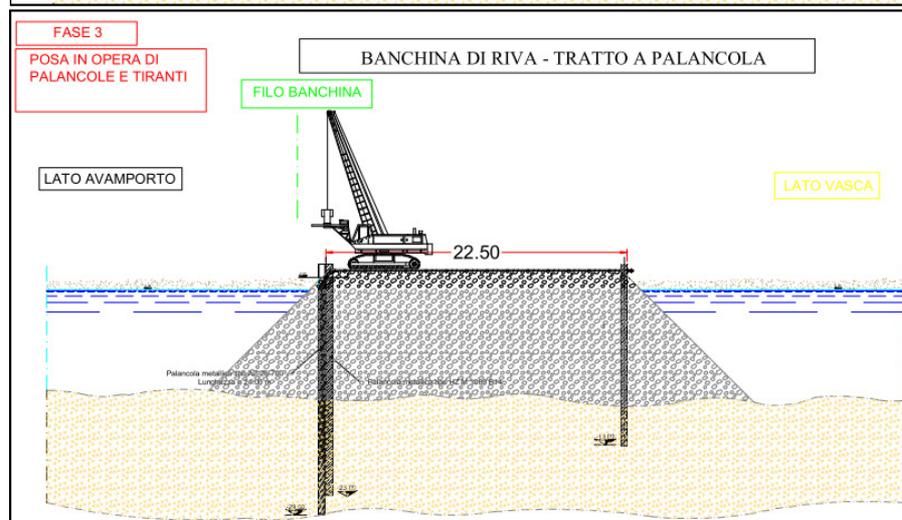




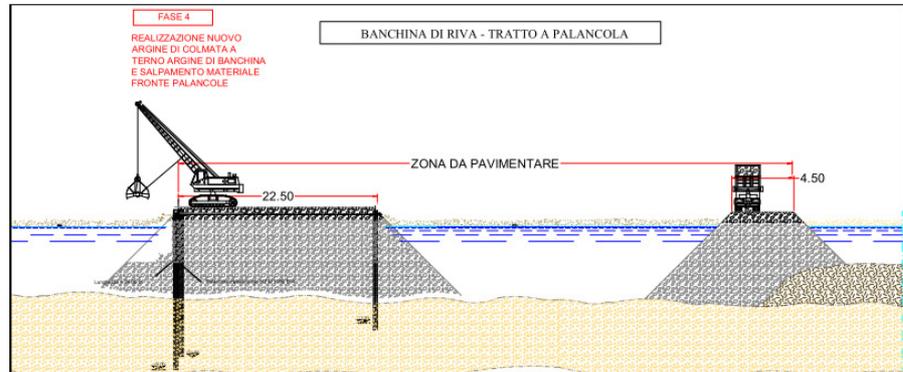
2) realizzazione del rilevato del corpo banchina in materiale scelto (tout-venant) nella zona precedentemente bonificata, fino alla quota di +0,50m s.l.m.m. per una larghezza, in sommità, pari alla distanza tra le due palancole;



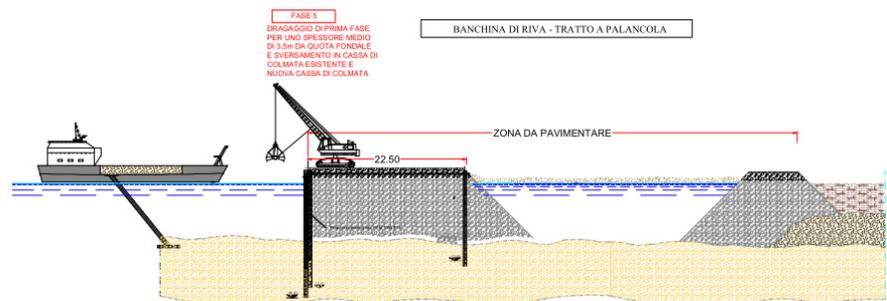
3) Infissione delle palancole, sistemazione dei tiranti e ricarica per effetto dei cedimenti di 1° fase.



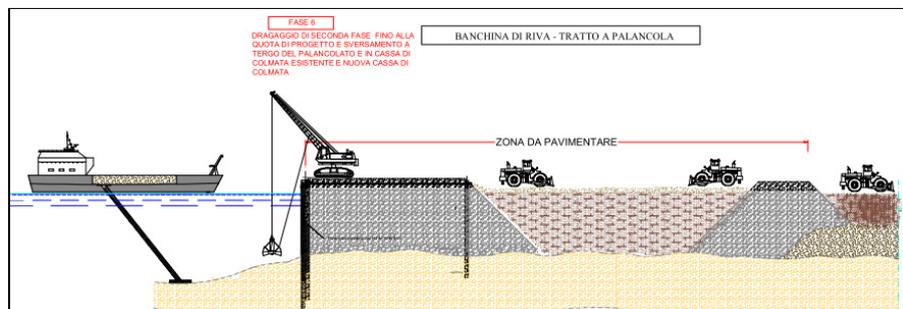
4) Realizzazione a tergo della zona da panchinare del nuovo argine di colmata, fino alla quota di + 0,50 m s.l.m.m. per una larghezza, in sommità, di 4,50 m. Salpamento del materiale, lato mare, fronte palancole precedentemente sversato (tout-venant), e suo riutilizzo per il nuovo argine di colmata;



5) Dragaggio di prima fase per uno spessore medio di 3,50 m. da quota fondale (fino a raggiungere le sabbie) e sversamento del materiale limoso nelle casse di colmata esistenti nelle aree del porto canale, ovvero nella nuova cassa di colmata, con spandimento e distribuzione onde evitare zone di accumulo con diversa granulometria del materiale;



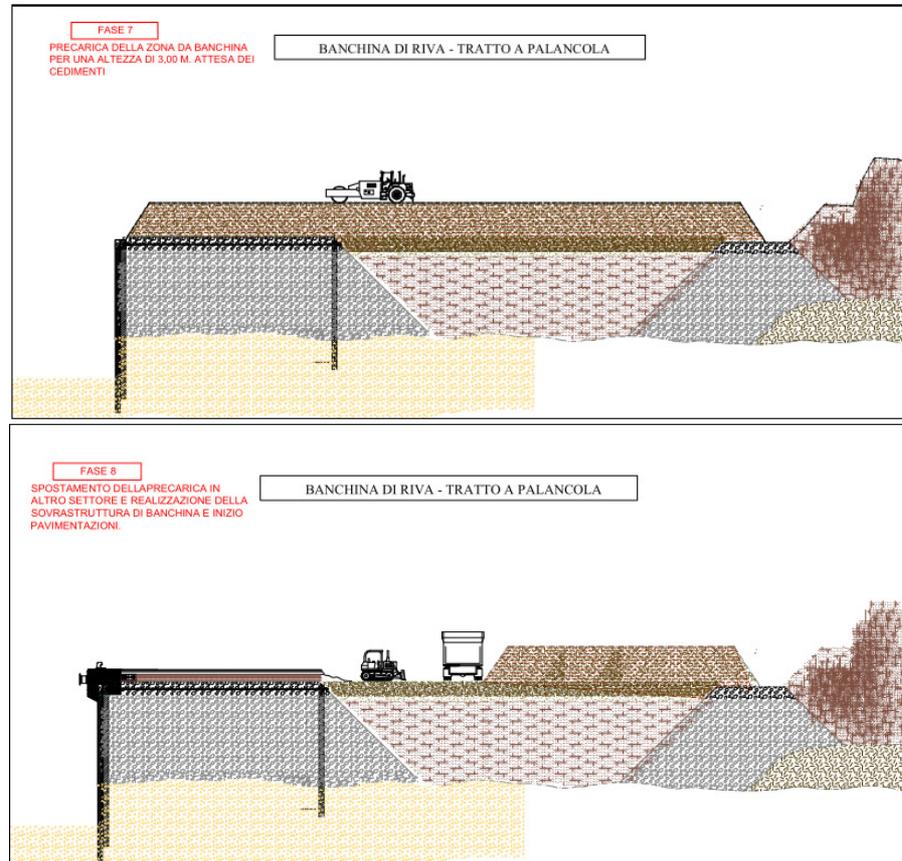
6) Dragaggio di seconda fase fino alla quota prevista in progetto per il fondale sversamento del materiale sabbioso tra la zona delle palancole ed il nuovo argine della cassa di colmata previo spandimento e distribuzione al suo interno onde evitare zone di accumulo con diversa granulometria del materiale, il materiale in esubero sarà sversato nelle casse di colmata esistenti nelle aree del porto canale;



7) Precarica della zona di banchina e del piazzale retrostante (2° fase), per uno spessore variabile da 2,00 a 3,00 m. secondo le indicazioni degli elaborati progettuali e fino all'esaurimento dei cedimenti;



8) Realizzazione della sovrastruttura di banchina e della pavimentazione del dente di attracco e dei piazzali retrostanti;



6.3 La movimentazione dei sedimenti marini e le casse di colmata

Il progetto prevede un volume di dragaggio complessivo pari a 1.518.787,89 mc, derivante dall'esecuzione di tutti gli scavi subacquei necessari per l'approfondimento a quota -10.00 m s.l.m.m.

Per poter aumentare le caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni, si è optato per l'asportazione dello strato limoso – algale superficiale al fine di ridurre i tempi di consolidamento dell'area di intervento.

Il processo di dragaggio prevede lo sversamento del materiale dragato in opportune zone, possibilmente cercando di separare i materiali "più pregiati" da quelli "poco pregiati".

Il materiale superficiale limoso verrà depositato in aree in cui non si realizzano a breve delle pavimentazioni, in quanto tali materiali possiedono scadenti caratteristiche fisico-meccaniche. In questo modo è possibile intercettare direttamente lo strato di materiale sabbioso che si intende sfruttare come basamento per le opere a mare.



Il materiale sabbioso dragato in profondità, poiché possiede buone caratteristiche geotecniche, verrà utilizzato per riempire sia l'area compresa tra il rilevato delle banchine e l'argine di divisione, sia le aree di colmata. Dai calcoli dei volumi di materiale dragato è risultato che nella colmata si depositeranno materiali sabbiosi sino ad una quota di + 5,0 m sopra il livello del mare.

Si realizzerà pertanto un argine di divisione con la triplice funzione di separare la zona del banchinamento principale dalle zone di colmata, di separare tra loro le aree di colmata e di delimitare le aree bonificate dalle aree allo stato naturale non dragate. In tal modo si renderà possibile differenziare lo sversamento del materiale dragato in zone prescelte, indirizzando i materiali con caratteristiche meccaniche più scadenti (limo con paglia marina) in aree selezionate, mentre i materiali migliori dal punto di vista geotecnico (sabbie) nelle aree comprese tra il rilevato di banchinamento e l'argine (o rilevato) di divisione, e parte nelle aree di colmata. Con questo procedimento si otterrà una selezione dei materiali di dragaggio volta sia ad ottimizzarne l'utilizzo dal punto di vista progettuale, con conseguente miglioramento del comportamento geotecnico delle aree maggiormente sensibili, che dal punto di vista puramente economico.

L'argine di divisione risulterà lungo poco più di 400 m, si svilupperà parallelamente al banchinamento principale relativo agli ormeggi n. 3-4-5 e verrà realizzato ad una distanza di 35-40 m dal filo banchina di attracco.

Nella prima fase è prevista la rimozione dei materiali scadenti, dai fondali, nelle zone in cui saranno realizzati le nuove banchine, per circa 167.000 mc., questo materiale verrà direttamente convogliato alle vasche di colmata esistenti nel porto canale.

Successivamente è prevista la realizzazione di una cassa di colmata a tergo dei palancolati, che sarà limitata dal rilevato della banchina, dal profilo della vecchia e consolidata colmata dell'avamporto e dal molo di sopraflutto. La superficie stimata è circa 91.000 mq con una capienza di circa 400.000 mc., ipotizzando di riempire la colmata fino alla quota di + 2,50 sul l.m.m.

Il materiale dragato in eccesso e caratterizzato da scadenti proprietà geotecniche sarà sistemato all'interno delle aree e delle casse di colmata esistenti nel porto canale.



Figura 6-1 – Casse di colmata esistenti

Volume di dragaggio complessivo	1.518.787,89 mc
<i>di cui: rimozione dei materiali scadenti (prima fase)</i>	<i>167.000 mc</i>
Realizzazione di una cassa di colmata a tergo dei palancolati, che sarà limitata dal rilevato della banchina, dal profilo della vecchia e consolidata colmata dell'avamposto e dal molo di sopraflutto	400.000 mc
Materiale dragato in eccesso sarà sistemato all'interno delle aree e delle casse di colmata esistenti nel porto canale	1.118.788 mc

L'individuazione della cassa di colmata nella quale porre il materiale dragato più superficiale, è subordinata all'ottenimento dell'autorizzazione all'utilizzo della stessa, da parte della Provincia di Cagliari. Tale autorizzazione potrà essere rilasciata solo a valle della caratterizzazione, attualmente in corso, dei materiali presenti nel fondale marino interessato dagli interventi.

6.4 Le modalità di dragaggio

In merito alle modalità di dragaggio, occorre premettere che le attività di escavo, di utilizzo e di trasferimento a colmata dei materiali, saranno eseguite secondo le



modalità previste nella normativa sulla base dei risultati della campagna di caratterizzazione propedeutica alle attività, attualmente in corso.

La scelta delle tecnologie di dragaggio che consentano l'esecuzione dell'escavo dei fondali nel rispetto della tutela ambientale dipende dalla conoscenza delle caratteristiche granulometriche e chimiche dei materiali da movimentare.

La valutazione delle draghe da impiegare è determinata, pertanto, in base al tipo di sedimenti ed alle caratteristiche batimetriche e topografiche dell'area di interesse, per tener conto degli spazi a mare ed a terra necessari allo svolgimento di tale attività.

L'impiego dei materiali dragati è parimenti soggetto alle caratteristiche di qualità dei sedimenti, anche in base alla presenza di sostanze inquinanti, che ne limitano la possibilità di riutilizzo e conseguentemente pongono la necessità di valutare le tecnologie di trattamento più idonee, sia per lo smaltimento sia per il reimpiego.

A partire dalla caratterizzazione chimico – fisica dei sedimenti costituenti i fondali del bacino portuale, come precedentemente descritto, le attività da svolgere riguardano:

- la scelta della tecnologia più idonea per l'esecuzione del dragaggio nel rispetto della qualità ambientale dell'area di interesse
- la valutazione delle possibilità di reimpiego dei materiali dragati

Le diverse tecnologie di dragaggio esistenti permettono di effettuare una scelta mirata sul tipo di macchinario da impiegare per minimizzare, a seconda della situazione ambientale in cui ci si trova, gli effetti negativi di tale attività, come la risospensione dei sedimenti più fini e la potenziale rimobilizzazione dei contaminanti eventualmente presenti.

Presumibilmente, vista la natura dei luoghi, e le tecniche adottate in passato per lavori di approfondimento dei fondali, si procederà con una tecnica di dragaggio idraulica e meccanica.

Il dragaggio di tipo idraulico sarà realizzato mediante l'utilizzo di una draga aspirante refluyente, mentre quello di tipo meccanico mediante l'utilizzo di draghe con benna a cucchiaio, o mordente o a grappo, costituite principalmente da escavatore idraulico convenzionale montato su pontone. Si evidenzia che il sistema di dragaggio di tipo meccanico necessita generalmente dell'accoppiamento con un sistema di bette e/o pontoni per il trasporto del materiale rimosso dal fondale. Durante tutte le operazioni di dragaggio è previsto l'utilizzo di panne galleggianti.



Di seguito si indicano le tipologie di draghe impiegabili, in funzione delle modalità di funzionamento, del campo di applicabilità e degli effetti ambientali connessi al loro uso.

Tabella 6-1– Draghe meccaniche

Modalità di funzionamento	Campo di applicabilità	Effetti indotti sull'ambiente
Draga a benna (bivalva o a grappo)	Dragaggi di precisione in prossimità di banchine; adatta per sedimenti sciolti e ridotta profondità di dragaggio	Elevato intorbidimento, riducibile mediante benna a tenuta
Draga a cucchiaio	Efficace su materiali compatti; profondità di scavo limitata dalla lunghezza del braccio dell'escavatore	Elevato intorbidimento
Draga a secchie	Efficace sia per materiali sciolti sia duri	Numerosi punti di ancoraggio che ostacolano il traffico marittimo

Tabella 6-2 Draghe idrauliche (aspirazione mediante pompe centrifughe)

Modalità di funzionamento	Campo di applicabilità	Effetti indotti sull'ambiente
Draga aspirante Draga a strascico (la tubazione di aspirazione deve essere a contatto con il fondale)	Poco indicate su materiali consistenti Adattabile alla consistenza del materiale da dragare mediante diversi tipi di testa di aspirazione	
Draga a disgregatore	Diversi tipi di fondali grazie alla possibilità di disgregare il materiale aspirato	Ridotto intorbidimento

Tabella 6-3 Draghe aspiranti

Modalità di funzionamento	Campo di applicabilità	Effetti indotti sull'ambiente
Braccio aspirante	Diverse profondità di aspirazione mediante pompe sommerse; possibilità di intercambiare le teste aspiranti in funzione del tipo di	Facilità di movimentare il materiale a notevole distanza



Modalità di funzionamento	Campo di applicabilità	Effetti indotti sull'ambiente
----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------

fondale

Nel caso in esame, il dragaggio dei quadranti in questione verrà eseguito utilizzando verosimilmente una draga del tipo aspirante, autocaricante e refluyente dotata di disgregatore semovente che, dopo aver caricato i materiali di dragaggio in oggetto, ormeggerà in posizione consono ad effettuare il refluinto di detto materiale nella vasca di contenimento.



Figura 6-2 Draga aspirante refluyente con disgregatore

Le attività di dragaggio saranno condotte seguendo tutte le procedure e le attività di caratterizzazione previste dalla attuale normativa in materia di dragaggi, impiegando le tecnologie più moderne che consentono la massima efficienza ed il minimo impatto ambientale.

Le adeguate procedure di scavo che verranno adottate, unitamente al basso livello qualitativo delle biocenosi dovuto alla scarsa complessità biologica del sistema, non lasciano prevedere delle situazioni particolarmente a rischio determinate da aumenti di torbidità.

In linea generale sarà comunque opportuno attuare in fase di esercizio un monitoraggio costante nel tempo, che caratterizzi il fondale dal punto di vista della qualità e della quantità dei sedimenti e delle comunità bentoniche che vi si insediano, nonché lo stato di salute delle acque in relazione ai suoi parametri fisico –chimici.



6.5 Impianto elettrico a servizio del cantiere

L'impianto elettrico a servizio del cantiere, comprende:

- a) Sistema di distribuzione dell'energia elettrica dal punto di consegna dell'ENEL al quadro generale;
- b) Serie coordinata di protezioni automatiche e differenziali;
- c) Impianto di distribuzione luce e F.M.;
- d) Impianto di terra.

Considerate le potenze degli apparecchi che presumibilmente saranno utilizzati (betoniera, sega circolare, puliscitavole, piegaferro, apparecchi portatili e di illuminazione), la potenza contrattuale impegnata è di 15 kW (potenza massima a disposizione 20 kW), sistema trifase con neutro 230/400V.

Il gruppo di misura è costituito da un contatore di energia attiva con indice di massima potenza e un contatore di energia reattiva, installati entro una nicchia all'esterno del cantiere, con porta metallica lucchettabile.

Immediatamente a valle del gruppo di misura è installato l'interruttore generale, automatico e differenziale, con potere di interruzione $I_{cn} = 10$ kA ($I_{cc} = 6$ KA, cavo 4x16 mm²) superiore al limitatore, corrente di intervento differenziale $I_{dn} = 300$ mA e corrente nominale $I_n = 28$ A, posto entro contenitore isolante.

Il quadro generale sarà installato in apposito alloggiamento al riparo da agenti atmosferici e meccanici.

6.6 Fabbisogno dei materiali

La realizzazione delle opere prevede i seguenti quantitativi di materiali:

Cemento armato per la realizzazione delle BANCHINE – Tot. 7.729,68 mc	
Realizzazione della trave di coronamento	7.075,88 mc
Realizzazione delle rampe di scarico/carico	152,64 mc
Massiccio di coronamento	501,16 mc
Massi naturali per la realizzazione delle SCOGLIERE, compreso l'ingozzamento stimato intorno al 30% – Tot. 28.817,31 mc	
Massi con pezzatura variabile tra 0,20-1,00 t.	9.097,09 mc (18.194,18 t)
Massi con pezzatura variabile tra 1,00-3,00 t.	19.720,22 mc (39.440,44 t)
Massi provenienti dal salpamento della scogliera esistente	26.250 mc, comprensivi dei vuoti (netto 21.000 mc)
Formazione degli argini di banchina, dei piazzali e delle colmate	
Tout-venant	250.341,48 mc



Dragaggi – Tot. 1.518.787,89 mc	
Scavo sbancamento	21.000 mc
Rimozione materiali scadenti nella prima fase	167.000 mc

6.7 Siti di approvvigionamento e smaltimento materiali

Le cave presenti nella Provincia di Cagliari sono elencate nel "Catasto regionale giacimenti di cava e pubblico registro titoli minerari", facente parte del "Piano attività estrattive" della Regione Sardegna (<http://www.regione.sardegna.it>), ed individuate nell' "Atlante del catasto regionale dei giacimenti di cava".

Nella Tavola CARORO_QPGT_098 (*Ubicazione dei siti di cava e discarica, area di cantiere e viabilità interessata*) è riportato uno stralcio dell'Atlante del catasto regionale dei giacimenti di cava dove sono riportate tutte le cave presenti nella Provincia di Cagliari indicate con un Label (identificativo della cava nelle cartografie), per consultare la tabella completa con tutte le informazioni delle cave si rimanda quindi alla lettura del Catasto regionale giacimenti di cava; in tavola invece sono indicate, con relativa tabella che segue, le cave più vicine all'area di intervento.

COMUNE	LABEL	DENOMINAZIONE CAVA	TITOLARE	MATERIALE	PRODUZIONE 2004 (t)	DISTANZA DALL'AREA DI INTERVENTO (km)
Assemini	401_I	Argiolas Mannas	Fornaci Scanu SpA	Argilla	----	16
Cagliari	172_I	Cabitzudu	Giuntelli Srl	Argilla	43,752	13
Sestu	309_I	Foradas de S'Arenas	2 A.L. Srl	Argilla	11,822	21,5
Uta	324_C	Mitza de fundalis	IN.FRA.Srl	Scisto	840,971	17
Uta	356_C	La Guardia	Calcestruzzi SpA	Arenaria	196,152	22
Uta	419_I	Sa Guardia Lada - Bruncu Arrubiu	Fornaci Scanu SpA	Argilla	96,642	24,5
Uta	465_I	Guardia perdi casu	Scalas Panfilo	Argilla	11,546	25

Per i siti di discarica si è fatto riferimento all'elenco Elenco impianti autorizzati per l'anno 2013 tratto da "Sardegna Ambiente" (<http://www.sardegnaambiente.it>), sito del



sistema ambientale della Regione Sardegna. Delle tre tipologie di discarica previste dalla normativa nazionale, nel territorio isolano esistono solo le discariche per rifiuti speciali e per rifiuti inerti.

Nella Tavola CARORO_QPGT_09 *Ubicazione dei siti di cava e discarica, area di cantiere e viabilità interessata* sono riportate, con relativa tabella che segue, le discariche più vicine all'area di intervento. Per consultare la tabella completa con tutte le informazioni delle discariche si rimanda quindi alla lettura degli elenchi.

COMUNE	SEDE DISCARICA	TITOLARE	NUMERO AUTORIZZAZIONE	DATA	DISTANZA DALL'AREA DI INTERVENTO (km)
DISCARICHE PER RIFIUTI INERTI					
Assemini	Sa Ruina	Scalas Panfilo	36(Prov.CA)	03/03/2010	Circa 25
Assemini	S'Abiscedda	F.Ili Campus di Efisio Srl	300(Prov.CA)	23/12/2009	Circa 22
Cagliari	Monserato/Perda calloni	GE. DI. Srl	19436 / 615	12/06/2007	Circa 18
Sarroch	Giampera	S.M.T. Srl	48(Prov.CA)	19/04/2008	Circa 17
Sestu	Forada de S'Arena o Costa Cannedu	2 A.L. Srl	1547 / II	26/10/2006	Circa 20

6.8 La viabilità interferita

La zona di intervento è raggiungibile o da percorsi interni all'area delle casse di colmata del Porto industriale, transitando su preesistenti arginature, ovvero dalla nuova SS.195 immettendosi poi nel tratto della stessa statale (ora strada comunale) che venne dismesso ai primi degli anni ottanta con la definitiva apertura del canale del porto industriale. In tale tratto, pur con sconfinamenti della vegetazione e la pressoché assenza di manutenzioni, la strada è ancora transitabile, anche se necessita di alcuni interventi manutentivi. Pertanto, il progetto prevede la sistemazione della strada d'accesso ex SS 195.

Quest'ultima strada appare la più idonea per il passaggio dei mezzi destinati alla realizzazione del Terminal Ro Ro, tenuto conto delle difficoltà oggettive del passaggio dei mezzi d'opera (numerosi e di un certo ingombro) lungo le arginature della sponda ovest.



E' prevista la sistemazione del piano viario per l'ingresso e stazionamento dei mezzi tramite formazione di sottofondo di sabbia e la realizzazione di rampe di accesso per consentire l'ingresso nelle aree di colmata ai camion che trasportano il materiale di risulta dei dragaggi.

Intorno all'area di intervento, considerando un'area vasta, il contesto viario è costituito da un quadrilatero composto dalla SS130, ad Est, dalla SS195, a Sud, dalla dorsale CASIC, ad Ovest, ed infine dalla strada che collega quest'ultima con la SS130, che facilita il livello di accessibilità alla zona di cantiere rispetto a tutte le direzioni di provenienza, offrendo anche la possibilità di scegliere tra una rosa di possibili itinerari alternativi.

Per quanto concerne il livello di servizio, si sottolinea che tutte le arterie evidenziate, ad eccezione di quella di collegamento tra la dorsale CASIC e la SS130, hanno la sezione stradale del tipo a due carreggiate con due corsie per senso di marcia, questo garantisce per il traffico merci un rapido e veloce smaltimento dello stesso in tutte le direzioni della Sardegna senza alcun rilevante gravame sul traffico urbano della limitrofa città di Cagliari.

La lettura della Tav. CARORO_QPGT_09 evidenzia, rispetto all'area di intervento e su due ordini di scala, la localizzazione dei siti di cava e discarica e l'area di cantiere, con i relativi percorsi viari utilizzati per la movimentazione dei mezzi.

Rispetto al quantitativo di materiale proveniente da cava, è stata operata, nel territorio gravitante l'area cagliaritano, una ricerca dei siti idonei per l'approvvigionamento dei materiali, finalizzata alla individuazione di quelli che presentano le seguenti caratteristiche:

- a. Compatibilità del materiale cavato con la tipologia di materiale da approvvigionare
- b. Vicinanza al sito di cantiere
- c. Facilità di collegamento con il sito di cantiere

È possibile affermare che l'attuale configurazione della rete viaria soddisfa i requisiti di accessibilità del sito di cantiere e che il traffico indotto dalla realizzazione dell'intervento in oggetto sarà facilmente assorbito dalla rete infrastrutturale interessata, stante il livello di servizio che essa offre e tenendo conto dei flussi di traffico comunque presenti e stimati.



6.9 Tempi di realizzazione

In base al cronoprogramma che segue, tenendo conto dei tempi di approvvigionamento dei materiali e di impianto di cantiere, si ritiene che il tempo necessario per l'esecuzione dei lavori previsti nel presente progetto sia pari a circa 45 mesi.



7 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

7.1 Premessa e criteri generali

Il presente documento riporta gli interventi a verde definiti nell'ambito delle opere a terra, finalizzati all'inserimento paesaggistico – ambientale delle stesse.

Gli interventi a verde progettati sulla base di criteri naturalistici e percettivi, sono stati finalizzati a legare i principali elementi paesaggistici e a compiere, al tempo stesso, un riequilibrio e una compensazione ambientale.

Il punto di partenza irrinunciabile per attuare una compensazione a "carattere naturalistico" è stata l'analisi delle caratteristiche abiotiche dell'area (bioclimatiche, geomorfologiche e pedologiche) e la definizione delle tipologie vegetazionali naturali e seminaturali presenti nel sito ed eventualmente entità singole di particolare interesse naturalistico.

L'analisi della componente naturalistica compiuta nel Quadro di Riferimento Ambientale del presente SIA, ha portato a definire l'assenza di particolari interferenze, inserendosi l'opera in un contesto già propriamente antropizzato.

Gli interventi progettati pertanto, non dovendo mitigare interferenze legate alla realizzazione dell'opera, si configurano come misura di compensazione di un impatto di tipo pregresso, dovuto alla presenza del Porto Canale, che mostra evidenti segni di degrado, all'interno di un sistema che conserva integri habitat di pregio naturalistico.

Il criterio generale su cui è stata impostata la progettazione degli interventi a verde è quello di favorire l'integrazione dell'area portuale all'interno del sistema stagnale di Cagliari, ricco di elementi di interesse ambientale.

Tale integrazione si attua mediante la sistemazione di elementi naturali, coerenti con la vocazione dei luoghi.

La progettazione degli interventi a verde è stata, pertanto, finalizzata alla creazione di una fascia arboreo-arbustiva lungo ambo i lati del tratto della SS 195 oggetto di sistemazione

7.2 Le opere a verde

La progettazione delle aree da destinare a verde ha tenuto conto sia della situazione ambientale preesistente, che delle potenzialità naturalistiche dell'area vasta, legate strettamente alle caratteristiche climatiche e alla natura dei suoli.

Gli interventi previsti nelle aree interessate dalla sistemazione a verde, consistono nella messa a dimora di specie arboree autoctone quali:

- Specie arboree:
 - Carrubo (*Ceratonia siliqua*);
 - Ginepro fenicio (*Juniperus phoeniceae*).



- Specie arbustive:
 - Cisto (*Cystus incanus*);
 - Rosmarino (*Rosmarinus officinalis*);
 - Lentisco (*Pistacia lentiscus*);

Le specie vegetali prescelte, tipiche delle boscaglie e delle macchie litoranee, suddivise sulla base del portamento arboreo e arbustivo, sono sempreverdi e mantengono il fogliame per tutto l'arco dell'anno; le vistose fioriture di cui sono dotate la maggior parte di esse, conferiscono agli impianti un'elevata valenza estetica.

Si prevede una distribuzione disomogenea e casuale delle varie specie per conferire all'impianto una struttura diversificata e una fisionomia articolata in modo irregolare (a mosaico, a gruppi) in modo da conferire all'impianto una struttura vicina a quella naturale.

7.3 La scelta delle specie

La scelta delle essenze vegetali, da sistemare in aree marginali dell'habitat lagunare, è ricaduta su specie tipiche della fascia costiera mediterranea, capaci di sopravvivere ai venti carichi di salsedine provenienti dal mare e al periodo di aridità estiva.

Le specie non presentano difficoltà a sopravvivere su suoli che, pur non essendo interessati dalle periodiche sommersioni da parte delle acque marine, risultato di evoluzioni naturali e modifiche di tipo antropico, che contraddistinguono alcune aree lagunari di transizione, sono caratterizzati da un medio livello di salinità, dimostrato dalla presenza di fitocenosi di tipo alofitico perenni e annuali.

Le specie vegetali prescelte, tipiche delle boscaglie e delle macchie litoranee, suddivise sulla base del portamento arboreo e arbustivo (ad eccezione del corbezzolo suggerito, a seconda dell'intervento con portamento di arbusto o di piccolo albero), sono di seguito riportate.





SPECIE ARBOREE	CARATTERISTICHE
Cedro licio (<i>Juniperus phoenicea</i>)	Pianta frugale tipica della macchia bassa, specialmente su suolo calcareo, preziosa per il consolidamento della dune e per fasce frangivento. Ha crescita molto lenta ed è pure molto longeva. Foglie piccole squamiformi; frutti con colorazione rosso-scura.
Leccio (<i>Quercus ilex</i>)	Quercia sempreverde molto resistente, cresce su suoli poveri, in luoghi esposti, anche vicino al mare, resistente ai venti carichi di sale. Le foglie alterne e coriacee sopportano la carenza idrica estiva. Chioma arrotondata, ghiande verdi racchiuse in cupole squamose. Specie xerica, falda profonda, resistente alla siccità, alla salinità, al terreno povero.

SPECIE ARBUSTIVE	CARATTERISTICHE
Cisto (<i>Cystus incanus</i>)	Specie erbacea aromatica di modeste dimensioni diffusa dal livello del mare fino alle aree montane. Ha fiori bianchi vistosi, spesso con una macchia gialla; epoca della fioritura aprile - maggio. Il frutto è una capsula con sei valve e molti semi. Foglie sempreverdi, molto rugose, con margine evoluto; verde-scure nella parte superiore e biancastre in quella inferiore per la presenza di peli.
Rosmarino (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Arbusto sempreverde, fortemente aromatico, tipico della macchia mediterranea bassa. Foglie coriacee, sessili, verde scuro superiormente e bianco tomentose inferiormente. Fiori ermafroditi riuniti in gruppi, di colore azzurro-viola in prossimità delle coste in genere da ottobre a febbraio.
Lentisco (<i>Pistacia lentiscus</i>)	Arbusto sempreverde tipico della macchia tipico dei litorali in particolare rocciosi. Chioma arrotondata con foglie alterne composte da 2-5 coppie di foglioline glabre, di colore verde lucido. Frutti rosso cupi, quasi bruni alla maturità. La pianta emana un fitto odore di resina.
Mirto (<i>Myrtus communis</i>)	Arbusto aromatico tipico della macchia mediterranea sempreverde, folto, molto ramificato, alto sino a 3 m. Le foglie sono coriacee, opposte o in verticilli di tre. Fiori bianchi sbocciano in estate. Frutto bacca arrotondata nero – bluastra matura in pieno inverno.
Corbezzolo (<i>Arbutus unedo</i>)	Specie arbustiva o piccolo albero con rami contorti. Foglie alterne, sempreverdi, dentate. Pianta ad elevato valore ornamentale con fiori bianchi e campanulati, in autunno e frutti rosso vivo in grappoli.



Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine (il cui apparato radicale dovrà in ogni caso essere proporzionato rispetto alle dimensioni della chioma) il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo; particolare cura dovrà essere posta sia durante l'acquisto del materiale vegetale, verificandone attentamente la provenienza, lo stato sanitario (assenza di malattie, parassiti, ferite, ecc.) e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare loro ferite, traumi, essiccamenti.

La messa a dimora degli arbusti comporta alcune operazioni complementari quali, naturalmente, lo scavo ed il successivo reinterro delle buche (o meglio della trincea) atte ad ospitare le piantine, la concimazione del terreno e la pacciamatura.

L'apertura delle buche verrà eseguita a mano oppure tramite mezzi meccanici (quali trivelle, escavatori, etc.) a seconda delle dimensioni della pianta da mettere a dimora.

In ogni caso, se necessario, una volta aperte le buche si dovrà provvedere a costituire uno strato di materiale composto da ammendanti e fertilizzanti indicativamente in ragione massima di 0,5 kg/mc per ogni buca destinata ad alloggiare essenze arbustive.

Le previste pratiche di concimazione vanno realizzate al fine di perseguire lo scopo di aiutare le piante nel periodo più difficile e cioè quello dell'attecchimento e potranno essere effettuate ricorrendo a sostanze chimiche o organiche.

Le specie vegetali idonee alle opere di inserimento ambientale sono state scelte tra le specie autoctone dell'area interessata dagli interventi, pratica ormai consolidata nelle opere a verde.

Tali specie sono maggiormente adattate alle condizioni pedoclimatiche e, grazie alla maggiore capacità di attecchimento, assicurano una più facile riuscita dell'intervento. Esse inoltre, essendo caratterizzate da una spiccata rusticità risultano più resistenti verso gli attacchi esterni (gelate improvvise, siccità, parassitosi) e necessitano in generale di una minore manutenzione consentendo di ridurre al minimo l'utilizzo di concimi chimici, fertilizzanti od antiparassitari.