



## TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI PROGETTO AUTORIZZATIVO

TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI  
PROGETTO AUTORIZZATIVO



### Progettazione

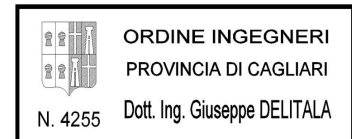
Società di ingegneria incaricata per la progettazione



COSIN S.r.l.  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA UNIPERSONALE  
09134 CAGLIARI - VIA SAN TOMMASO D'AQUINO 18  
Tel e fax +39 070 2346768  
info@cosinsrl.it  
P.IVA 03043130925

Progettista e responsabile per l'integrazione  
fra le varie prestazioni specialistiche

Ing. Giuseppe Delitala



### Gruppo di lavoro COSIN S.r.l.

**Geologia e geotecnica**  
Geol. Alberto Gorini

**Opere Civili**  
Ing. Nicola Marras

**Studio di impatto ambientale**  
Ing. Emanuela Corona

**Fotosimulazioni**  
Arch. Daniele Nurra

**Archeologia**  
Archeol. Anna Luisa Sanna

### Consulenze specialistiche:

**Rapporto preliminare di sicurezza**  
Società ICARO S.r.l.

**Opere antincendio**  
Ing. Fortunato Gangemi

**Opere Marittime**  
Ing. Giovanni Spissu

**Opere Strutturali**  
Ing. Francesco Fiori

**Studio di impatto Acustico**  
Ing. Antonio Dedoni

## QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

### 12 - STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

NOME FILE

D\_12\_IA\_05\_AMB\_R00

FORMATO

CODICE  
ELAB.

D 12 IA 05 AMB R00

REV. A

A4

A PRIMA EMISSIONE

Maggio 2017

Gorini

Delitala

Delitala

REV. DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>APPROCCIO METODOLOGICO</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI</b> .....	<b>13</b>
3.1	MATRICE CAUSA-CONDIZIONE-EFFETTO .....	13
<b>4</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>14</b>
4.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA VASTA .....	14
4.2	DEFINIZIONE DELL'AREA VASTA .....	15
4.2.1	Atmosfera .....	15
4.2.2	Ambiente idrico, terrestre e marino .....	15
4.2.3	Suolo e sottosuolo .....	15
4.2.4	Rumore .....	16
4.2.5	Ecosistemi naturali.....	16
4.2.6	Aspetti Storico Paesaggistici .....	16
4.2.7	Ecosistemi antropici.....	16
4.2.8	Impatti cumulativi .....	16
<b>5</b>	<b>ATMOSFERA</b> .....	<b>17</b>
5.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE-OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO .....	18
5.1.1	Caratterizzazione generale del clima .....	18
5.1.2	Temperature mensili .....	19
5.1.3	Precipitazioni mensili .....	22
5.1.4	Vento e circolazione atmosferica .....	26
5.1.5	Qualità dell'aria .....	30
5.1.6	Caratterizzazione della Qualità dell'aria.....	34
5.2	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI.....	39
5.3	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE .....	40
5.3.1	Fase di cantiere .....	40
5.3.2	Fase di esercizio.....	53
<b>6</b>	<b>AMBIENTE IDRICO TERRESTRE E MARINO</b> .....	<b>66</b>
6.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO .....	66
6.1.1	Acque superficiali.....	68
6.1.2	Acque sotterranee .....	75
6.1.3	Ambiente marino.....	83
6.2	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RICETTORI .....	89
6.3	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE .....	89
6.3.1	Fase di cantiere .....	89
6.3.2	Fase di esercizio.....	92
<b>7</b>	<b>SUOLO E SOTTOSUOLO</b> .....	<b>94</b>

7.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO.....	95
7.1.1	Caratteri geomorfologici.....	95
7.1.2	Caratteri geologici.....	99
7.1.3	Caratterizzazione geotecnica preliminare.....	105
7.1.4	Geopedologia e Uso del suolo.....	108
7.1.5	Sismicità.....	112
7.2	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI.....	118
7.3	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE.....	119
7.3.1	Fase di cantiere.....	119
7.3.2	Fase di esercizio.....	125
<b>8</b>	<b>RUMORE E VIBRAZIONI.....</b>	<b>127</b>
8.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO.....	128
8.2	COMPONENTE RUMORE.....	131
8.2.1	Aspetti normativi.....	131
8.2.2	Zonizzazione acustica comunale e limiti acustici di riferimento.....	133
8.3	DEFINIZIONE DEI LIMITI DI RIFERIMENTO.....	134
8.4	APPLICAZIONE DEL CRITERIO DIFFERENZIALE – IMPIANTI A CICLO PRODUTTIVO CONTINUO.....	135
8.5	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE.....	136
8.5.1	Fase di cantiere.....	136
8.5.2	Fase di esercizio.....	142
8.5.3	Valutazione delle stime previsionali (da Studio di Impatto Acustico).....	147
8.5.4	Previsione dei livelli sonori generati dal traffico veicolare.....	148
<b>9</b>	<b>ECOSISTEMI FLORISTICI E FAUNISTICI.....</b>	<b>151</b>
9.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO.....	151
9.1.1	Ambiente terrestre.....	152
9.1.2	Ecosistemi marini.....	164
9.1.3	Aree naturali protette, aree SIC, ZPS e RAMSAR.....	164
9.2	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE.....	166
9.2.1	Fase di cantiere.....	167
9.2.2	Fase di esercizio.....	168
<b>10</b>	<b>ASPETTI STORICO-PAESAGGISTICI.....</b>	<b>170</b>
10.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO.....	171
10.1.1	Inquadramento generale.....	172
10.1.2	Analisi di dettaglio.....	174
10.2	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RICETTORI.....	178
10.3	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE E DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE ...	179
10.3.1	Fase di cantiere.....	179
10.3.2	Fase di esercizio.....	180

<b>11</b>	<b>COMPONENTE AGRO-ALIMENTARE, ASPETTI SOCIO-ECONOMICI E INFRASTRUTTURE</b>	<b>180</b>
11.1	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM DELLE COMPONENTI AMBIENTALI INTERESSATE DALL'INTERVENTO	181
11.1.1	Descrizione dell'area denominata Porto Canale di Cagliari	181
11.1.2	Aspetti occupazionali e produttivi	183
11.1.3	Turismo	184
11.1.4	Infrastrutture e trasporto	184
11.1.5	Agricoltura	186
11.1.6	Comparto agroalimentare	186
11.1.7	Pesca	187
11.1.8	Acquacoltura	188
11.1.9	Aspetti demografici ed insediativi	188
11.1.10	Salute pubblica	192
11.2	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI	193
11.3	INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI E MISURE DI MITIGAZIONE	194
11.3.1	Fase di cantiere	194
11.3.2	Fase di esercizio	199
<b>12</b>	<b>IMPATTI CUMULATIVI</b>	<b>203</b>
12.1	DESCRIZIONE DEI PROGETTI CONSIDERATI	205
12.1.1	Terminal Ro Ro del Porto Canale – I lotto funzionale	205
12.1.2	Gasdotto S.G.I.	207
12.2	EMISSIONI IN ATMOSFERA	211
12.2.1	Terminal Ro Ro	211
12.2.2	Gasdotto SGI	214
12.3	EMISSIONI SONORE	219
12.3.1	Terminal Ro Ro	219
12.3.2	Gasdotto SGI	231
12.4	OCCUPAZIONE DI SUOLO	233
12.4.1	Terminal Ro Ro	233
12.4.2	Gasdotto SGI	235
12.5	PRODUZIONE DI RIFIUTI	238
12.5.1	Produzione di rifiuti in fase di cantiere	238
12.5.2	Produzione di rifiuti in fase di esercizio	238
12.6	PAESAGGIO	239
12.6.1	Terminal Ro Ro	239
12.6.2	Gasdotto SGI	242
	<b>ALLEGATI</b>	<b>243</b>





## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento territoriale del sito di intervento (in rosso). Vista Google. ....	14
Figura 2 – Media annuale delle temperature minime e anomalia rispetto alla media 1995-2008. ....	19
Figura 3 – Media annuale delle temperature massime e anomalia rispetto alla media 1995-2014. ....	20
Figura 4 – Media delle temperature massime del mese più caldo (luglio 2015). ....	20
Figura 5 – Media delle temperature minime del mese più freddo (febbraio 2015). ....	21
Figura 6 – Anomalie delle temperature massime della Sardegna dal 1880 al 2015. ....	21
Figura 7 – Precipitazioni e anomalie del trimestre ottobre-dicembre 2014. ....	23
Figura 8 – Precipitazioni e anomalie del trimestre gennaio-marzo 2015. ....	23
Figura 9 – Precipitazioni e anomalie del trimestre aprile-giugno 2015. ....	24
Figura 10 – Precipitazioni e anomalie del trimestre luglio-settembre 2015. ....	25
Figura 11 – Precipitazioni e anomalie del semestre aprile-settembre 2015. ....	25
Figura 12 – Provenienza dei venti in prossimità dell'area del porto di Cagliari. ....	29
Figura 13 – Schematizzazioni dei fenomeni costieri delle "brezze". ....	30
Figura 14 – Zonizzazione del territorio regionale ai fini della qualità dell'aria. ....	35
Figura 15 – Zonizzazione del territorio regionale ai fini della qualità dell'aria e zone aggiuntive da monitorare. ....	36
Figura 16 – Reticolo di calcolo (griglia blu) e griglia dei recettori (croci verdi). ....	54
Figura 17 – Ubicazione dei punti di emissione in progetto. ....	55
Figura 18 – Ubicazione dei punti di emissione delle unità navali. ....	59
Figura 19 – Ubicazione Torcia. ....	60
Figura 21 – Suddivisione in sub-bacini. ....	69
Figura 22 – Stazioni di campionamento dello stato ambientale delle acque. ....	75
Figura 23 – Complesso Acquifero Principale (C.A.P) Detritico Alluvionale "Plio-Quaternario del Campidano". ....	77
Figura 24 – Ubicazione stazioni di monitoraggio Fonte Arpas. ....	85
Figura 25 - Mappatura di Posidonia Oceanica nel Porto Canale. Dati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Programma di Monitoraggio per il controllo degli ambienti marino- costieri - Si.Di.Mar. ....	88
Figura 26 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1945). ....	97
Figura 27 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1954). ....	98
Figura 28 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1977). ....	98
Figura 29 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1998-99). ....	99
Figura 30 - Stratigrafia tipo del settore investigato. ....	104
Figura 31 - Stralcio della legenda della carta dell'uso del suolo allegata al progetto. ....	111
Figura 32 - Mappa della pericolosità sismica per il territorio nazionale. ....	114
Figura 33 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Fonte Dipartimento Protezione Civile). ....	115
Figura 34 - Intensità macrosismica $I_{max}$ per la Sardegna. <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>	

Figura 35 - Stralcio del bacino idrografico 04 Flumini Mannu. Fasce fluviali Riu Cixerri e affluenti (fonte: P.S.F.F.).....	118
Figura 36 – Stralcio del cronoprogramma allegato al progetto.....	124
Figura 37 – Area di cantiere e suddivisione aree logistiche.....	126
Figura 38 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento. ....	129
Figura 39 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento. ....	130
Figura 40 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento. ....	133
Figura 41 – Localizzazione dei punti ricettori e delle sorgenti.....	146
Figura 42 – Suddivisione de territorio regionale in distretti floristici. ....	153
Figura 43 - Indicazione terminal GNL su aree naturali protette. ....	166
Figura 44 – Livelli di emissione sonora dell'impianto.....	169
Figura 45 - Suddivisione in regioni storiche da PPR.....	172
Figura 46 - Saline di Molentargius (particolare). ....	173
Figura 47 - Settimo San Pietro (particolare). ....	173
Figura 48 - Piazza di San Bartolomeo a Cagliari.....	174
Figura 49 - Castello di San Michele a Cagliari.....	174
Figura 50 - Assetto ambientale area di intervento. ....	177
Figura 51 - Assetto storico culturale area di intervento.....	177
Figura 52 - Assetto insediativo area di intervento.....	178
Figura 53 - Piano Regolatore Portuale del Porto Canale di Cagliari.....	182
Figura 54 - Suddivisione nuove province Regione Sardegna.....	190
Figura 55 - Ripartizione popolazione tra i comuni facenti parte della nuova Provincia Metropolitana di Cagliari. ....	191
Figura 56 - Ripartizione ASL sul territorio regionale. ....	193
Figura 57 – Inquadramento del progetto S.G.I. (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.). ....	204
Figura 58 – Ubicazione dell’area di intervento (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	205
Figura 59 – Layout progettuale del I lotto funzionale del Terminal Ro Ro (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	206
Figura 60 – Ipotesi di realizzazione arterie per la metanizzazione della Sardegna (SGI). ....	208
Figura 61 – Suddivisione fasi di realizzazione rete di trasporto regionale per la metanizzazione (SGI). ....	210
Figura 62 – Stazioni di monitoraggio della qualità dell’aria (Sovrapposizione progetto SGI con cartografia ARPAS). ....	215
Figura 63 – Stralcio planimetria generale area di indagine e punti di misura (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	220

Figura 64 – Stralcio della rete viaria principale potenzialmente interessata dal transito dei mezzi connessi alla attività del Terminal Ro-Ro (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	222
Figura 65 – Sintesi degli ambiti di percezione di intervisibilità (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	240
Figura 66 – Vista dell’area di intervento dalla Torre di San Pancrazio (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	241
Figura 67 – Vista dell’area dalla torre dell’elefante (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	241

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Suddivisione del vento per direzione di provenienza. ....	27
Tabella 2 – Suddivisione del vento per intensità.....	27
Tabella 3 – Direzione di provenienza del vento massimo (percentuali sul totale dei dati disponibili).....	28
Tabella 4 – Valori limite per il biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) [D.lgs. 155/2010].....	32
Tabella 5 – Valori limite per il materiale particolato (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub> ) [D.lgs. 155/2010]. ..	33
Tabella 6 – Soglie di allarme [D.lgs. 155/2010]. ....	34
Tabella 7 – Livelli critici per la protezione della vegetazione [DLgs. 155/2010]. ....	34
Tabella 8 – Inquinanti monitorati nelle centraline comunali. ....	37
Tabella 9 – Valori medi annuali di concentrazione degli inquinanti monitorati.....	38
Tabella 10 – Riepilogo dei superamenti dei limiti di legge. ....	38
Tabella 11 – Potenziali Recettori Antropici Prossimi all’Area di Progetto. ....	39
Tabella 12 – Siti Natura 2000 Prossimi all’Area di Progetto. ....	39
Tabella 13 – Zone Umide di Importanza Prossime all’Area di Progetto.....	39
Tabella 14 – Elenco Preliminare dei mezzi di Lavoro (Potenza e Numero).....	41
Tabella 15 – Movimentazione terra in fase di cantiere. ....	42
Tabella 16 – Traffici terrestri indotti in fase di cantiere. ....	43
Tabella 17 – Stima delle emissioni dei mezzi di cantiere.....	44
Tabella 18 – Mezzi di trasporto stradale in fase di cantiere (Fattori di emissione).....	45
Tabella 19 – Volumi di traffico in ingresso/uscita dal cantiere. ....	45
Tabella 20 – Fattori di emissione traffico veicolare.....	46
Tabella 21 – Mezzi di cantiere previsti in impiego .....	46
Tabella 22 –Mezzi di cantiere previsti in impiego .....	47
Tabella 23 - Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa. ....	47
Tabella 24 - Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa. ....	48
Tabella 25 – Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa. ....	49



Tabella 26 - Ore previste di attività per ciascuna tipologia di mezzo. ....	49
Tabella 27 – Ore previste di attività per ciascuna tipologia di mezzo. ....	50
Tabella 28 – Fattori di emissione mezzi di cantiere. ....	50
Tabella 29 – Emissioni complessive dell'attività di cantiere. ....	51
Tabella 30 – Fattori di emissione traffico veicolare. ....	52
Tabella 31 – Caratteristiche MCI. ....	56
Tabella 32 – Dati emissive MCI. ....	56
Tabella 33 – Mezzi di movimentazione GNL previsti. ....	57
Tabella 34 – Fattori di emissione mezzi navali. ....	57
Tabella 35 – Dati emissive mezzi navali. ....	58
Tabella 36 – Caratteristiche Torcia. ....	61
Tabella 37 – Caratteristiche torcia. ....	61
Tabella 38 – Caratteristiche torcia. ....	62
Tabella 39 – Sintesi delle simulazioni effettuate per i principali inquinanti e relativi elaborati grafici. ....	63
Tabella 40 – Valori limite di qualità dell'aria applicabili. ....	64
Tabella 41 – Confronto dei risultati con SQA. ....	65
Tabella 42 – Classificazione dei corsi d'acqua monitorati. ....	74
Tabella 43 – Obiettivi di qualità ambientale per i corsi d'acqua previsti dal D.Lgs. 152/99. ....	74
Tabella 44 - Complessi acquiferi individuati nel PTA e loro attribuzione ai tipi di complessi idrogeologici previsti dal D.Lgs 30/2009. ....	76
Tabella 45 - Complesso Acquifero Principale Detritico Alluvionale " <i>Plio-Quaternario del Campidano</i> ", Elenco dei Corpi Idrici Presenti (Regione Autonoma della Sardegna, 2014a).....	77
Tabella 46 - Complesso Acquifero Principale (C.A.P) Detritico Alluvionale " <i>Plio-Quaternario del Campidano</i> ": Unità Idrogeologiche Presenti e loro Descrizione (Regione Autonoma della Sardegna, 2014a).....	77
Tabella 47 - Dal doc. Caratterizzazione, obiettivi e monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della Sardegna (Dicembre 2010). ....	82
Tabella 48 - Report dei risultati della campagna di monitoraggio 2006-2009 raccolti nella stazione n. 3 di Cagliari. ....	86
Tabella 49 - Risultati dati di monitoraggio della campagna 2006-2009 ricavati dalla stazione n. 3 di Cagliari. ....	87
Tabella 50 - Prelievi Idrici in Fase di Cantiere. ....	90
Tabella 51 - Scarichi Idrici in Fase di Cantiere. ....	90
Tabella 52 - Prelievi Idrici in Fase di Esercizio. ....	92
Tabella 53 - Codifica cartografica dei suoli. ....	109
Tabella 54 - Valori di accelerazione orizzontale massima al suolo. ....	113
Tabella 55 - Riepilogo dei materiali in esubero derivanti dalle operazioni di scavo a sezione obbligata. ....	120
Tabella 56 – Riepilogo dei volumi relativi agli scavi a larga sezione. ....	121



Tabella 57 – Riepilogo dei volume relative alle opera di trivellazione per la realizzazione dei pali di Fondazione dei serbatoi di stoccaggio. ....	121
Tabella 58 – Totale complessivo degli scavi prodotti nella realizzazione delle opere in progetto. ....	122
Tabella 59 - Localizzazione delle postazioni di rilevamento e misura del rumore residuo ante-operam. ....	131
Tabella 60 – Limiti acustici validi per l’ambiente esterno – Classe III, IV e V. ....	134
Tabella 61 – Tabella descrittiva delle sorgenti sonore in fase di cantiere.....	139
Tabella 62 – Livello di Potenza del cantiere. ....	140
Tabella 63 – Propagazione sonora cantiere. ....	141
Tabella 64 – Dati acustici delle sorgenti esaminate.....	145
Tabella 65 - Elaborazione impatto acustico - quota piano campagna periodo diurno..	146
Tabella 66 - Elaborazione impatto acustico - quota piano campagna periodo notturno .....	147
Tabella 67 – Valori di emissione traffico veicolare.....	150
Tabella 68 - Serie di vegetazione prevalenti e serie minori. ....	157
Tabella 69 - Popolazione residente in Sardegna suddivisa per provincia al 1° Gennaio 2016. ....	189
Tabella 70 - Provincia di Cagliari: Trend della popolazione dal 2011 al 2016 (dati ISTAT sito web). ....	189
Tabella 71 - Bilancio demografico anno 2015 e popolazione residente al 31 dicembre – Comune di Cagliari. ....	192
Tabella 72 - Tassi di mortalità per causa in Sardegna.....	193
Tabella 73 - Composti Azoto. ....	196
Tabella 74 - Livelli sonori.....	198
Tabella 75 - Occupazione planimetrica delle opere in progetto. ....	200
Tabella 76 - Traffici navali in fase di esercizio. ....	201
Tabella 77 - Fattori di emissioni PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	211
Tabella 78 – Fattori di emissione PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	212
Tabella 79 – Fattori di emissione PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	213
Tabella 80 - Fattori di emissione allo scarico anno 2020(Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	214
Tabella 81 – Ricadute emissioni ante- e in corso d’opera (da studio di impatto ambientale VPA s.r.l.).....	214
Tabella 82 – Centraline di monitoraggio aria della rete regionale nei comuni interessati dal progetto SGI. ....	215

Tabella 83 – NO <sub>2</sub> . Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016,b (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).....	216
Tabella 84 – CO. Valori rilevati e confronto con i limiti normative Arpas 2016,b (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).....	216
Tabella 85 – SO <sub>2</sub> . Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016b. (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).....	217
Tabella 86 - PM <sub>10</sub> . Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016b. (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).....	218
Tabella 87 – Risultati della campagna di rilievo fonometrico (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	221
Tabella 88 – Tabella descrittiva della figura precedente.....	223
Tabella 89 – Dati veicolari dedotti dallo studio trasportistico (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	224
Tabella 90 - Valori del flusso veicolare orario per arco stradale per il periodo diurno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	225
Tabella 91 - Valori del flusso veicolare orario per arco stradale per il periodo notturno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	226
Tabella 92 – Tabella di sintesi dei risultati della campagna fonometrica (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	227
Tabella 93 – Valori di simulazione relative ai periodi diurno e notturno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....	228
Tabella 94 – Tabella conclusive delle variazioni dei livelli di rumore tra gli scenari di riferimento (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	229
Tabella 95 – Emissioni sonore, mezzo e machine di cantiere (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).....	232
Tabella 96 – Individuazione delle interferenze e dei possibili impatti in fase di cantiere (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	234
Tabella 97 – Individuazione delle interferenze e della rilevanza dei possibili impatti in fase di esercizio (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale). ....	235





Tabella 98 – Categorie di uso del suolo lungo il tracciato del metanodotto SCI. In evidenza il tratto prossimo al Terminal GNL (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).....237



## 1 PREMESSA

L'intervento in oggetto ha come obiettivo di realizzare un terminal per il GNL (Gas Naturale Liquefatto) nel Porto Canale di Cagliari. L'impianto è stato localizzato in un'area che intercetta il tracciato delle reti di trasporto del gas GPL (Gas Petrolio Liquefatto) esistenti dell'area vasta di Cagliari, ed in prossimità della dorsale Sarroch/Oristano/Porto Torres dell'ipotetico futuro metanodotto. L'obiettivo principale è quello di garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas metano come fonte energetica alternativa a quelle già presenti nell'isola.

Il Terminal sarà caratterizzato da una struttura in banchina per la connessione e lo scarico del GNL dalle navi metaniere, un complesso di tubazioni criogeniche per il trasporto del fluido nella zona impianto, un sistema di stoccaggio, pompaggio, e rigassificazione del GNL.

Nel Terminal saranno installati 18 serbatoi criogenici, 9 gruppi di pompaggio, 40 vaporizzatori ad aria ambiente (AAV) e una stazione per il filtraggio, la misura e l'odorizzazione del gas naturale propedeutica all'immissione nelle reti di trasporto. Attraverso le baie di carico per le autocisterne si potrà trasportare il GNL su gomma in tutta l'isola, o rifornire le navi, attuando così le direttive europee sull'utilizzo del GNL come combustibile per le imbarcazioni.

Il progetto proposto rientra nelle linee guida del Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna, ed in quelle dell'Accordo di Programma Quadro per la Metanizzazione della Sardegna. La scelta progettuale adottata è inoltre in piena sinergia con le direttive europee e nazionali, sulla realizzazione di infrastrutture per i combustibili alternativi (Direttiva 2014/94/UE e D.Lgs.257/2016).

Con il Terminal di ISGAS, il porto canale potrebbe diventare, senza ulteriori infrastrutturazioni, un polo nel mediterraneo per il rifornimento delle navi che utilizzano il GNL come carburante per il trasporto marittimo. Le infrastrutture sono infatti progettate per creare un efficiente "*Bunkering Point*" (ship to ship, truck to ship, o pipe to ship).

A tal proposito si ricorda che il porto di Cagliari fa parte dei 14 porti italiani core delle reti transeuropee di trasporto (Reti TEN-T) del Regolamento UE1315/2013, che dovranno a breve garantire la "*disponibilità di combustibili puliti alternativi*".

Il proponente del progetto è la ISGAS Energit Multiutilities S.p.A, società Concessionaria, in regime di esclusiva, del servizio di distribuzione del gas nei comuni di Cagliari, Oristano e Nuoro. Attualmente ha oltre 21.000 utenti attivi. ISGAS si occupa della distribuzione e vendita dell'aria propanata (integralmente sostituibile con il metano) attraverso reti canalizzate nei vari territori comunali.

Il Terminal è stato progettato per essere un importante punto di "*Entry*" nel sistema di metanodotti della Sardegna, attualmente in fase di progettazione. Tuttavia il Terminal GNL potrà svolgere a pieno le sue funzioni anche collegandosi alla rete di trasporto del gas già esistente a servizio dell'area vasta di Cagliari.



## 2 APPROCCIO METODOLOGICO

Il presente documento costituisce il Quadro di riferimento ambientale dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) relativo al progetto di realizzazione di un terminal GNL finalizzato alla rigassificazione e all'immissione del gas metano nella rete di trasporto, al bunkeraggio navale *ship to ship* o *track to ship*, nonché alla distribuzione del GNL a mezzo di autocisterne criogeniche.

L'opera proposta sarà realizzata in un'area del Porto Canale di Cagliari attualmente non interessata da altre opere civili o industriali.

Tale studio si propone come finalità quella di individuare le possibili modificazioni ambientali indotte dalla realizzazione dell'opera e dalla sua messa in esercizio, partendo dalla caratterizzazione delle componenti ambientali del sistema di riferimento per poi procedere all'analisi delle possibili interferenze con l'opera in oggetto.

Il progetto è realizzato in ottemperanza alle seguenti normative di riferimento:

- La Convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento causato da navi (Convenzione Marpol 73/78): accordo internazionale per prevenire l'inquinamento del mare. In essa convergono due trattati internazionali del 1973 e del 1978. La convenzione MARPOL 73/78, tra le più importanti convenzioni ambientali internazionali, nata con lo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento del mare derivante dai rifiuti marittimi, idrocarburi e gas di scarico, ha come obiettivo quello di preservare l'ambiente marino attraverso la completa eliminazione dell'inquinamento da idrocarburi e da altre sostanze nocive e la riduzione al minimo dello sversamento accidentale di tali sostanze.
- Il D.Lgs. n. 257 del 16 dicembre 2016 rappresenta la disciplina di attuazione della direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2014/94/EU del 22 Ottobre 2014, riguardante lo sviluppo delle infrastrutture per i combustibili alternativi (DAFI), la quale ha previsto che gli Stati Membri si dotassero, entro il 2016, di piani di sviluppo delle diverse fonti alternative per il settore dei trasporti. Riguardo il GNL, la Direttiva prevede che gli Stati realizzino entro il 31 dicembre 2025 un numero adeguato di punti di rifornimento per il GNL nei porti marittimi appartenenti alla rete centrale TEN-T ("Trans-European Transport Network"). In particolare Cagliari rientra tra i 14 porti nazionali principali ("*core ports*") della rete TEN-T "Trans Europea Network Transport". Tale decreto richiama la legge n. 239 del 23 agosto 2004 che definisce come strategiche le infrastrutture di stoccaggio di GNL, connesse o funzionali all'allacciamento e alla realizzazione della rete nazionale di trasporto del gas naturale, o di parti isolate della stessa, nonché il decreto del Presidente della Repubblica n. 327 dell'8 giugno 2001 che definisce tali infrastrutture e insediamenti come di pubblica utilità, nonché indifferibili e urgenti.

### **3 ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI**

Nella valutazione degli impatti potenziali si è partiti da una prima identificazione e suddivisione delle attività di progetto, suddivise in:

- fasi di cantiere;
- collaudo;
- fase di esercizio.

Il primo *step* è stato quello di correlare le attività di progetto con i fattori causali di impatto, identificati in funzione delle lavorazioni previste e della vita di esercizio dell'impianto.

Successivamente sono state analizzate le relazioni esistenti tra i fattori causali di impatto e le componenti ambientali.

In ultimo sono stati analizzati gli impatti potenziali sulle componenti ambientali.

Il risultato finale è stato riportato in una matrice causa-condizione-effetto, come riportato negli allegati al presente studio.

#### **3.1 Matrice Causa-Condizione-Effetto**

La matrice coassiale "Causa-Condizione-Effetto" risulta estremamente utili per l'identificazione, sulla base di considerazioni di causa-effetto e di semplici scenari evolutivi, degli impatti potenziali che la realizzazione delle opere potrebbe causare.

La metodologia è basata sulla composizione di una griglia che evidenzia le interazioni tra opera ed ambiente e si presta particolarmente per la descrizione organica di sistemi complessi, quale quello qui in esame, in cui sono presenti numerose variabili.

L'utilità di questa rappresentazione sta nel fatto che vengono mantenute in evidenza tutte le relazioni intermedie, anche indirette, che concorrono a determinare l'effetto complessivo sull'ambiente.

Sulla base di tali liste di controllo si è proceduto alla composizione della matrice Causa-Condizione-Effetto, allegata al presente quadro di riferimento ambientale, nella quale sono individuati gli effetti ambientali potenziali. La matrice Causa-Condizione-Effetto è stata utilizzata quale strumento di verifica, dalla quale sono state progressivamente eliminate le relazioni non riscontrabili nella realtà o ritenute non significative ed invece evidenziate, nelle loro subarticolazioni, quelle principali.

Lo studio si è concretizzato, quindi, nella verifica dell'incidenza reale di questi impatti potenziali in presenza delle effettive condizioni localizzative e progettuali e sulla base delle risultanze delle indagini settoriali, inerenti i diversi parametri ambientali. Il quadro che ne emerge, delineando i principali elementi di impatto potenziale, orienta infatti gli approfondimenti richiesti dalle fasi successive e consente di discriminare tra componenti ambientali con maggiori o minori probabilità di impatto.

## 4 DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

Nel presente Capitolo viene definito l'ambito territoriale di interesse per il presente studio, inteso come sito di localizzazione delle opere e area vasta nella quale possono essere risentite le interazioni potenziali indotte dalla realizzazione del progetto.

### 4.1 *Inquadramento generale dell'area vasta*

Il sito oggetto di intervento è localizzato nel Porto Canale di Cagliari come si vede nell'immagine seguente:

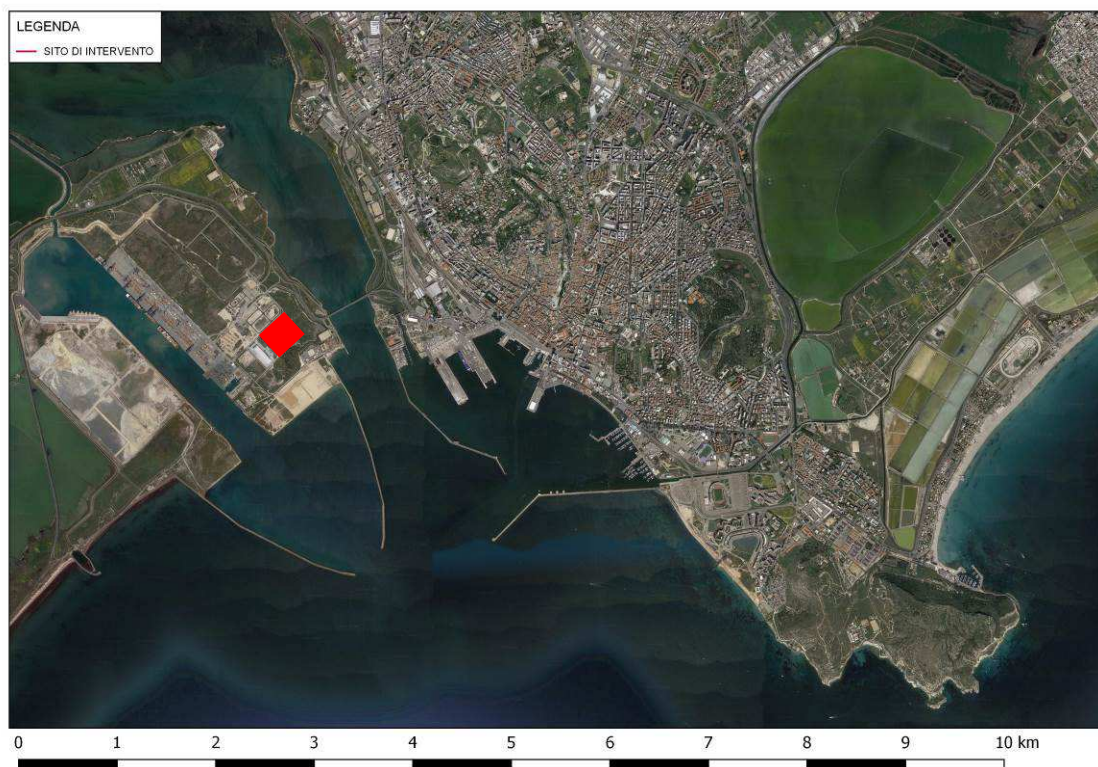


Figura 1 – Inquadramento territoriale del sito di intervento (in rosso). Vista Google.

## **4.2 Definizione dell'area vasta**

L'ambito territoriale di riferimento definito come "area vasta" non è definibile in maniera rigida poiché dipende dal raggio d'influenza degli effetti legati alle attività connesse alle opere in progetto con le componenti ambientali.

Tuttavia è necessaria l'individuazione di un'area vasta preliminare all'interno della quale poter inquadrare e studiare le diverse componenti ambientali di interesse.

Tale area è tale per cui:

- al suo esterno gli effetti dovuti alla realizzazione delle opere in progetto sono nulli o trascurabili;
- al suo interno sono presenti tutti i recettori sensibili agli impatti prodotti sulle componenti ambientali;
- possiede tutte le caratteristiche necessarie al corretto inquadramento territoriale del sito.

Al fine di sintetizzare le scelte fatte, sono riassunte nel seguito le singole aree di studio definite per le componenti ambientali di interesse.

### **4.2.1 Atmosfera**

La caratterizzazione della componente Atmosfera è stata condotta a partire da un'analisi di inquadramento generale delle condizioni meteorologiche regionali. Nel dettaglio sono stati presi in considerazione anche gli aspetti termopluviometrici e anemologici mediante analisi dei dati della stazione meteorologica di Capo Frasca appartenente all'Aeronautica Militare.

### **4.2.2 Ambiente idrico, terrestre e marino**

La caratterizzazione dell'ambiente idrico terrestre e marino ha indagato le risorse idriche superficiali e sotterranee. Le risorse idriche superficiali sono rappresentate dal mare, nel tratto prospiciente il sito di intervento, i corsi d'acqua e le acque di transizione.

### **4.2.3 Suolo e sottosuolo**

La caratterizzazione della componente ambientale suolo e sottosuolo ha preso in esame gli aspetti geologici, geomorfologici e la sismicità a livello regionale e a scala





locale. Nella sezione che descrive la realizzazione degli interventi in progetto tale aspetto parimenti all'uso del suolo sarà trattato in maniera più dettagliata.

#### **4.2.4 Rumore**

La caratterizzazione della componente "Rumore" ha preso in considerazione le aree interessate dagli interventi in progetto applicando ad esse l'attuazione della normativa di settore a livello nazionale, regionale e comunale.

#### **4.2.5 Ecosistemi naturali**

La caratterizzazione della componente è stata condotta attraverso un inquadramento generale degli aspetti ecologici e naturalistici (habitat, flora e fauna terrestri e marine) dell'area di interesse.

#### **4.2.6 Aspetti Storico Paesaggistici**

La caratterizzazione degli aspetti storico-paesaggistici è stata eseguita con riferimento sia agli aspetti storico-archeologici, sia agli aspetti legati alla percezione visiva. Dapprima sono stati individuati gli elementi storico-culturali, archeologici e gli elementi di interesse paesaggistico presenti nell'area vasta e successivamente è stata effettuata un'analisi di dettaglio relativa alle aree interessate dagli interventi in progetto.

#### **4.2.7 Ecosistemi antropici**

La caratterizzazione degli Ecosistemi antropici ha indagato gli aspetti demografico-insediativi, occupazionali e produttivi, quelli legati alle attività agricole, al turismo ed alla salute pubblica. Sono state inoltre evidenziate le componenti insediative ed infrastrutturali più prossime all'area di intervento.

#### **4.2.8 Impatti cumulativi**

La caratterizzazione degli impatti cumulativi è partita dall'analisi delle interazioni esistenti tra gli impatti ambientali determinati dal progetto in esame e quelli connessi ad altre attività in progetto.

## 5 ATMOSFERA

Rif.: valutazione delle emissioni in atmosfera derivanti dal progetto D\_01\_ES\_20\_EMI\_R00

Lo studio ha lo scopo di valutare i potenziali impatti sulla qualità dell'aria derivanti dalla realizzazione del terminal GNL nell'avamposto est del Porto Canale di Cagliari.

Tale studio parte dall'individuazione dei principali fattori di inquinamento dell'aria distinguendo tra le diverse fasi: Ante e Post Operam e Corso d'Opera.

In particolare nelle fasi Ante e Post Operam, in cui le emissioni analizzate sono connesse ai flussi di traffico veicolare e navale, la stima delle concentrazioni degli inquinanti sull'area di interesse verrà fatta attraverso simulazioni modellistiche delle emissioni connesse con le attività e il relativo confronto con lo stato attuale della qualità dell'aria.

In Corso d'Opera, in cui le emissioni analizzate sono connesse al traffico di cantiere e al movimento terra, la stima dei potenziali impatti delle attività di cantiere verrà condotta sulla base della metodologia proposta nelle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" (redazione ARPA Toscana, adozione DGP Firenze n. 213 del 03/11/2009) e stima dei potenziali impatti connessi con la movimentazione dei mezzi adibiti al trasporto materiali da costruzione sulla viabilità primaria.

La caratterizzazione dello stato della qualità dell'aria e delle condizioni meteo climatiche è quello di stabilire la compatibilità delle emissioni prodotte da traffico veicolare e navale e delle cause di perturbazione meteo climatiche con le condizioni naturali.

In generale è possibile affermare che la realizzazione del terminal GNL comporterà:

- emissioni contenute in fase di cantiere;
- emissioni contenute da traffico navale e veicolare in fase di esercizio;
- emissioni contenute da sorgenti in fase di esercizio;
- nessuna perturbazione meteo climatica con le condizioni naturali.

La stima dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nell'atmosfera prende in considerazione le caratteristiche meteorologiche dell'area, gli attuali valori delle sostanze usualmente monitorate ed i limiti normativi di accettabilità di detti valori per la salute umana.

L'analisi dell'impatto sull'atmosfera si articola nelle seguenti fasi:

- Descrizione sintetica della normativa comunitaria e nazionale, al fine di individuare le sostanze in base alle quali valutare il livello di inquinamento ed i corrispondenti valori limite;
- Analisi degli aspetti progettuali inerenti lo stato e le possibili alterazioni della qualità dell'aria;

- Individuazione e descrizione delle caratteristiche climatologiche dell'area interessata, con particolare riferimento ai parametri meteorologici che influiscono sulla diffusione degli inquinanti, quali velocità e direzione del vento, classi di stabilità atmosferica e temperatura dell'aria;
- Caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria, attraverso i dati ricavabili dalla rete di monitoraggio gestita dal comune di Cagliari.

### **5.1 Caratterizzazione ante-operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento**

Le interazioni tra il progetto e la componente atmosfera possono essere così riassunte:  
In fase di cantiere potranno essere registrate:

- emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi terrestri e marittimi impegnati nelle attività di costruzione;
- emissioni di polveri in atmosfera derivanti da movimentazione terra, traffico mezzi e costruzioni;
- emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto;

In fase di esercizio potranno essere registrate:

- emissioni di inquinanti dalle sorgenti presenti;
- emissioni in atmosfera connesse ai traffici marittimi e terrestri indotti.

Nel seguito si riporta in maniera più approfondita la caratterizzazione della componente atmosferica analizzando gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori interessati dall'attività in progetto.

#### **5.1.1 Caratterizzazione generale del clima**

L'area in esame ricade nella Sardegna meridionale e mostra caratteristiche topografiche e climatologiche riferibili alla grande macro-area del golfo di Cagliari. La fascia costiera della Sardegna meridionale è caratterizzata, secondo la classificazione del clima italiano proposta da Pinna (1970), da un clima di tipo temperato subtropicale, che si distingue per le precipitazioni scarse in estate e molto irregolari.

## 5.1.2 Temperature mensili

Dai dati della rete meteorologica recepiti dal documento “Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna – Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2014 – settembre 2015” redatto dall’ARPAS è stato possibile analizzare le medie delle Temperature massime e minime nella regione Sardegna.

La media annuale delle temperature minime (Figura 2) da Ottobre 2014 a Settembre 2015 si è attestata sui 14°C sulla costa sud-occidentale, tra i 12 e i 14°C nel resto delle aree costiere e sulle pianure, tra gli 8 e i 10°C nelle zone pedemontane e infine tra i 4 e gli 8°C su gran parte delle montagne.

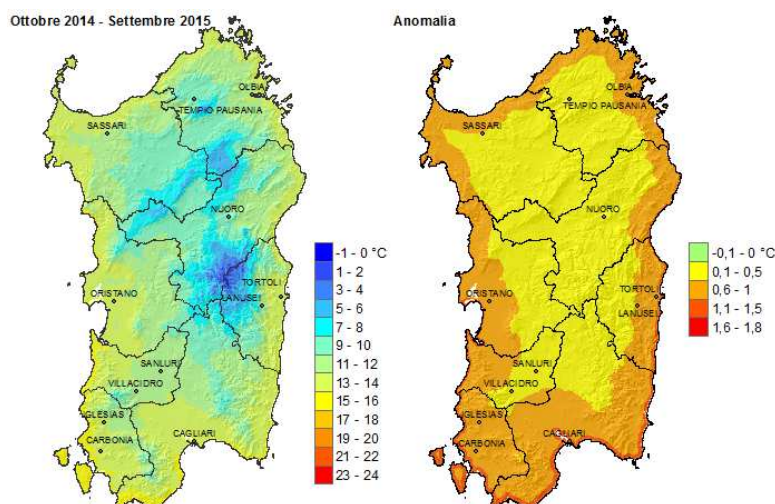


Figura 2 – Media annuale delle temperature minime e anomalia rispetto alla media 1995-2008.

La media annuale delle temperature massime (Figura 3) da Ottobre 2014 a Settembre 2015 è stata intorno ai 22-24°C su più della metà del territorio regionale (ossia su coste, pianure e in tutte le zone interne con quote medio basse); nelle aree collinari e pedemontane le temperature medie si sono attestate su valori tra i 18 e 22°C mentre nelle montagne sono stati registrati valori compresi tra i 14 e i 18°C.

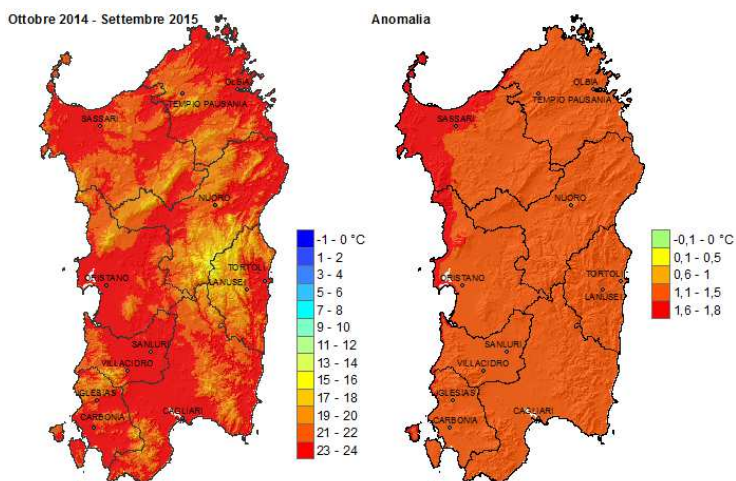


Figura 3 – Media annuale delle temperature massime e anomalia rispetto alla media 1995-2014.

Le medie delle temperature massime del mese più caldo (luglio 2015), anch'esse influenzate dagli effetti della quota e della distanza dal mare ma in maniera opposta rispetto alle temperature minime (Figura 4), vanno dagli 11°C rilevati sulle cime del Gennargentu ai 18°C nelle zone montane meno elevate, sino ai 20-22 °C delle coste, e con superamenti oltre 23 °C nel Campidano e nella Piana di Ottana.

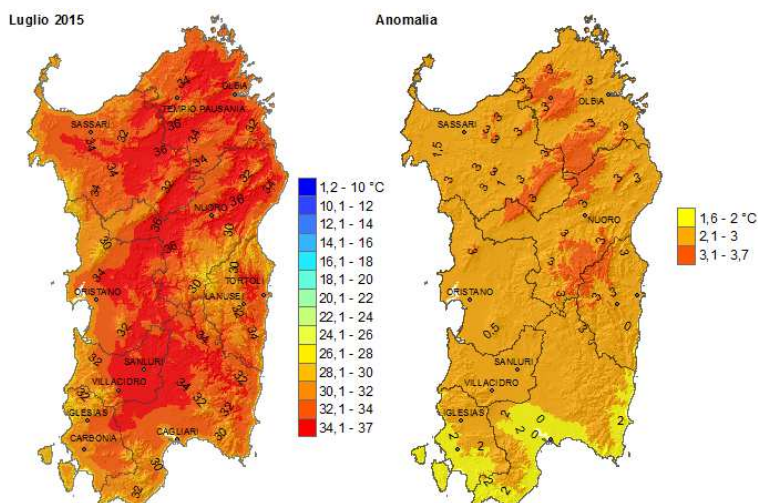


Figura 4 – Media delle temperature massime del mese più caldo (luglio 2015).

Le medie delle temperature minime del mese più freddo (febbraio 2015) sono comprese tra i -6°C della sommità del Gennargentu e gli 8°C delle zone costiere meridionali (Figura 5).



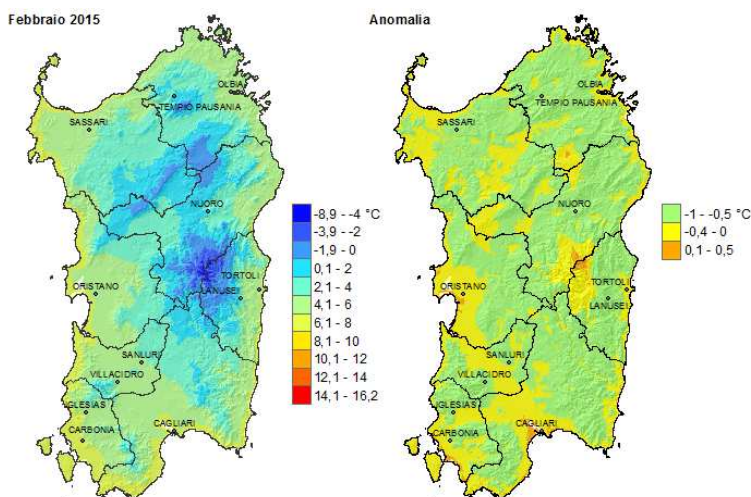


Figura 5 – Media delle temperature minime del mese più freddo (febbraio 2015).

Di particolare interesse è anche il confronto delle temperature massime con l'andamento ultrasecolare (Figura 6), il quale mostra che il 2014-2015 in Sardegna è stata l'annata più calda di sempre, con un'anomalia di 1,5°C superiore alla media climatologica 1971-2000; la media 2014-2015 annuale risulta superiore anche a quella del 2002-2003 e a quella del 2013-2014.

L'analisi della variabilità più lenta mostra che dal 2010 in Sardegna si è innescato un trend crescente delle temperature piuttosto ripido.

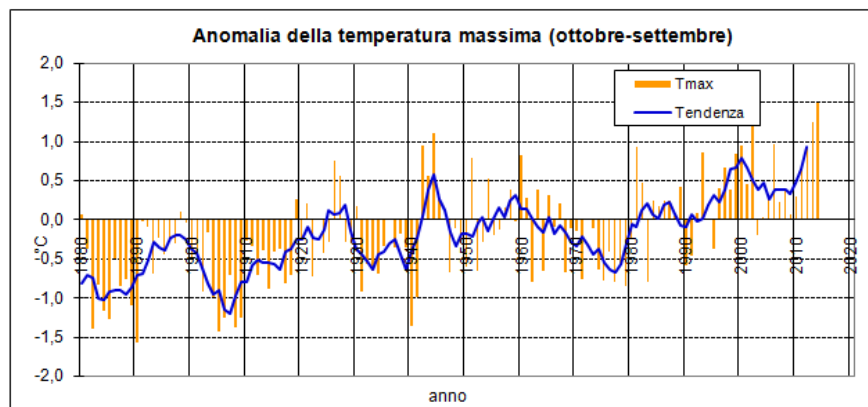


Figura 6 – Anomalie delle temperature massime della Sardegna dal 1880 al 2015.

Per quanto riguarda il parametro Temperatura nella zona oggetto di studio abbiamo sostanzialmente un clima mediterraneo caratterizzato da inverni miti, grazie alla presenza del mare ed estati calde; la bassa umidità e la relativa mancanza d'afa, come la notevole ventosità, permettono di sopportare più facilmente le elevate temperature estive, capaci di raggiungere normalmente i 37-38 °C.





Il parametro temperatura è di fondamentale importanza nella stima dei fenomeni di rimescolamento atmosferico che, se da un lato sono direttamente influenzati dalle condizioni anemometriche, dall'altro non possono essere correttamente stimati se non considerando anche i rimescolamenti verticali delle masse d'aria provocati dai gradienti verticali della temperatura.

### 5.1.3 Precipitazioni mensili

Dai dati della rete meteorologica recepiti dal documento "Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna – Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2014 – settembre 2015" redatto dall'ARPAS è stato possibile analizzare il cumulato di precipitazioni e il numero annuale di giorni piovosi della regione Sardegna.

Le precipitazioni nel trimestre autunnale del 2014 si sono concentrate in particolare sulla parte centro-meridionale, dove hanno raggiunto dei cumulati trimestrali compresi tra 200 mm e picchi di 400 mm, mentre in alcune aree della parte Nord-orientale sono stati inferiori a 100 mm.

Nella maggior parte del territorio le precipitazioni sono state inferiori alla media climatica del 1971-2000 e solo in alcune aree hanno superato la media del 10-20%.

Le precipitazioni del primo trimestre 2015 sono state relativamente abbondanti soprattutto nelle aree centro-orientali e nella parte meridionale dell'isola, in particolare dalla Baronia all'Ogliastra e nel Sulcis, dove si sono raggiunti cumulati superiori a 500 mm fino a picchi di 800 mm; nella parte Nord-occidentale i valori sono stati più contenuti, inferiori a 250 mm, benché in linea o superiori alla media trentennale.

L'indice di precipitazione standardizzata SPI viene calcolato per analizzare le diverse condizioni di siccità e gli impatti sulle diverse componenti del sistema idrologico. Esso considera lo scostamento della pioggia di un dato periodo dal valore medio climatico, rispetto alla deviazione standard della serie storica di riferimento e pertanto mette in evidenza lo scostamento delle condizioni osservate rispetto alla norma. In generale l'indice SPI aumenta in maniera direttamente proporzionale all'aumento della piovosità, mentre valori inferiori allo zero indicano condizioni di siccità.

La Figura 7 riporta il cumulato di precipitazione, il rapporto con la media climatica e l'indice di precipitazione standardizzata SPI del trimestre ottobre-dicembre 2014.

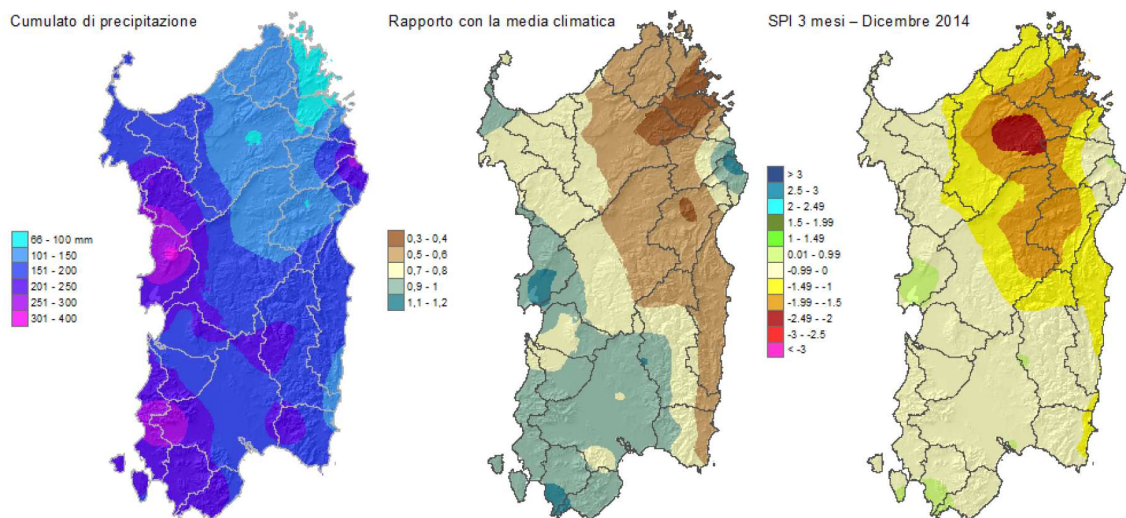


Figura 7 – Precipitazioni e anomalie del trimestre ottobre-dicembre 2014.

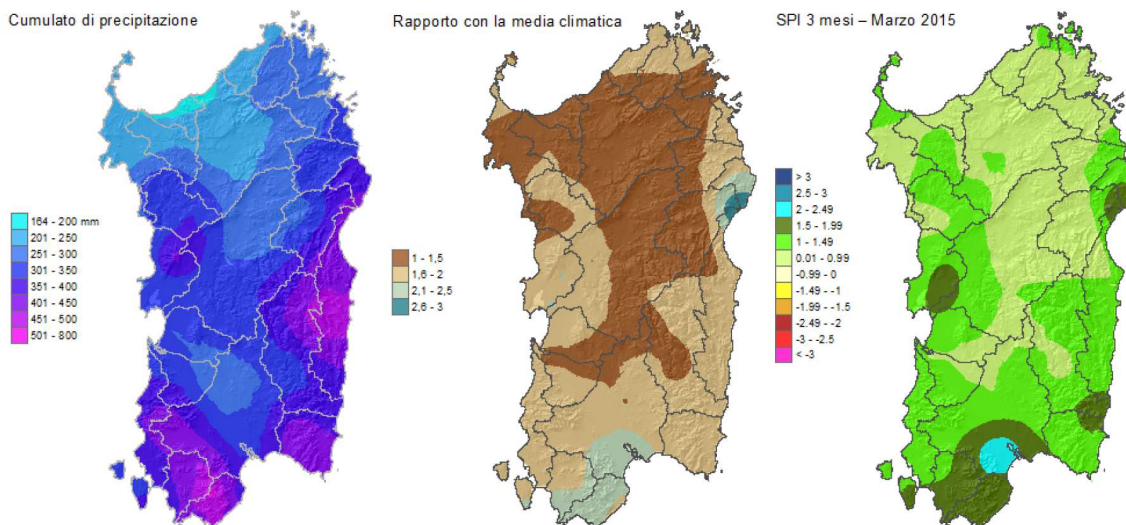


Figura 8 – Precipitazioni e anomalie del trimestre gennaio-marzo 2015.

Nel complesso il semestre ottobre-marzo (Figure 7 e 8) è risultato più piovoso in Barbagia, Ogliastra, Baronia e Sarrabus, lungo il versante orientale e nella Planargia-Montiferru e nel Sulcis-Iglesiente nel versante occidentale, dove sono stati totalizzati valori compresi tra 600 ed oltre 1000 mm.

I valori più contenuti, tra i 300 e i 400 mm circa si sono registrati nella parte settentrionale dell'isola. Solo nella parte centro-settentrionale i cumulati sono stati inferiori ai corrispondenti valori climatici, mentre altrove sono stati superiori con incrementi che raggiungono il 50-60%.

L'indice SPI semestrale presenta valori generalmente compresi tra -1 e +1, corrispondenti alla classe *Vicino alla media*, e solo in alcune aree si raggiungono valori compresi tra 1 e 1.5 corrispondenti alla classe *Moderatamente umido*, in particolare nella parte Sud-occidentale e in maniera più circoscritta nell'Oristanese e nella Baronia.

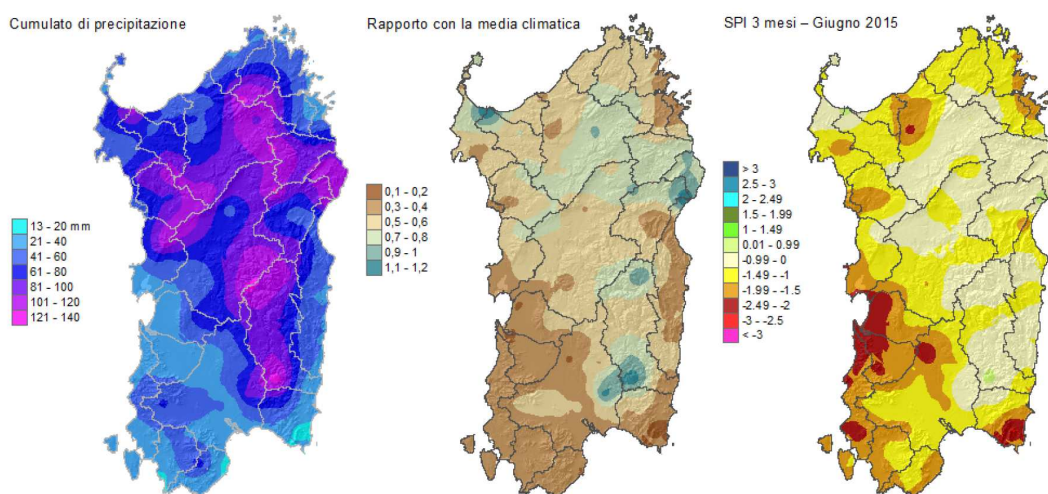


Figura 9 – Precipitazioni e anomalie del trimestre aprile-giugno 2015.

Le precipitazioni del trimestre aprile-giugno (Figura 9) sono state relativamente scarse e solo in alcune aree circoscritte si sono raggiunti e superati i 100 mm, in particolare nella parte orientale dell'Isola; nella parte meridionale e nel Campidano in particolare si sono registrati i cumulati inferiori, con valori che per la maggior parte dei casi si collocano al di sotto dei 40 mm. Quasi ovunque i valori registrati si posizionano al di sotto della media climatica trentennale, e solo in alcune aree circoscritte superano seppure di poco la media climatica.

L'indice SPI su buona parte del territorio isolano scende al di sotto di -1 (*Moderatamente siccitoso*) fino a raggiungere valori inferiori a -2 (*Estremamente siccitoso*) in particolare nell'Oristanese.



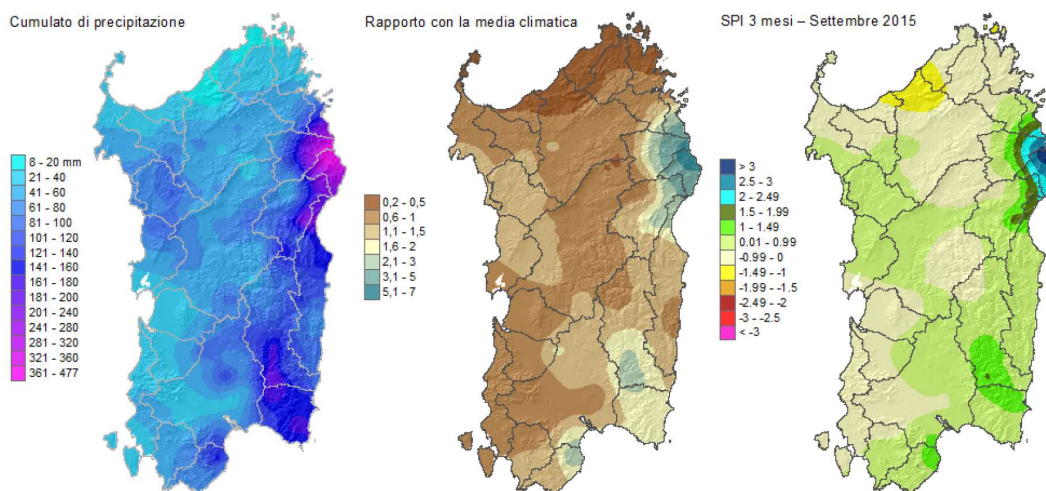


Figura 10 – Precipitazioni e anomalie del trimestre luglio-settembre 2015.

Le precipitazioni del trimestre luglio-settembre 2015 (Figura 10) sono state modeste per la maggior parte del territorio isolano ed hanno interessato soprattutto la Sardegna Nord-orientale, in particolare la Baronia, dove i cumulati hanno superato localmente i 300 mm.

Nella parte più settentrionale dell'isola si tratta di valori inferiori alla media climatica, in alcuni casi prossimi al 20% circa.

In Baronia per contro si arriva fino a oltre 5 volte la media climatica del periodo.

L'indice SPI mostra quasi ovunque la classe *Vicino alla media*; in aree circoscritte mostra valori inferiori a -1 (*Moderatamente siccitoso*), mentre in Baronia si porta oltre +2 (*Estremamente umido*).

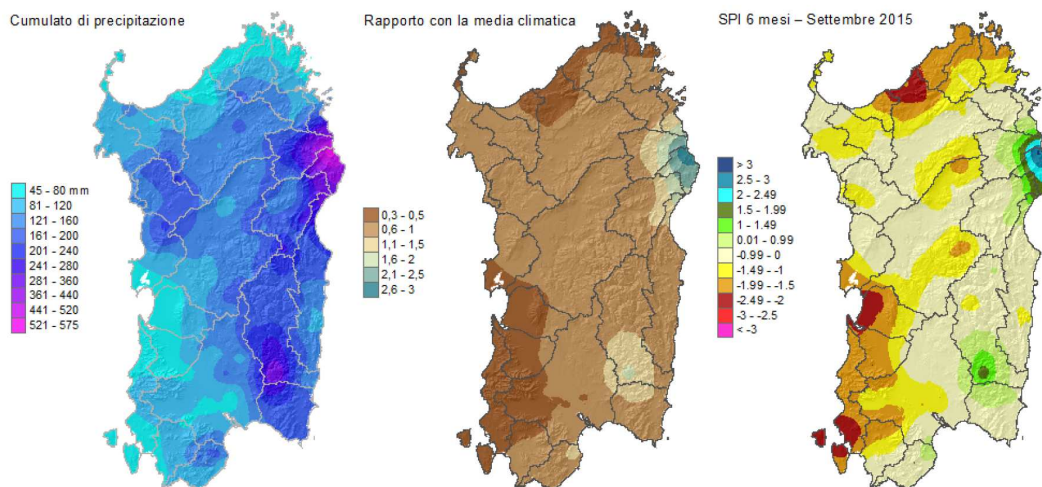


Figura 11 – Precipitazioni e anomalie del semestre aprile-settembre 2015.



Nel complesso il semestre aprile-settembre 2015 è risultato poco piovoso, soprattutto nella parte occidentale dell'Isola dove i valori stanno generalmente al di sotto dei 200 mm (nell'Oristanese e nel Campidano sono stati inferiori a 100 mm); sul versante orientale invece i valori raggiungono i 400 mm e in alcuni casi superano i 500 mm. Sulla maggior parte del territorio i cumulati non raggiungono la corrispondente media climatica.

L'indice SPI riferito al semestre evidenzia condizioni siccitose soprattutto nella parte settentrionale e Sudoccidentale dell'Isola dove si registrano valori inferiori a -1.5 (*Molto siccitoso*) e -2 (*Estremamente siccitoso*); condizioni più moderate si registrano in altre aree del centro Sardegna, mentre nella parte Nord-orientale si ha una situazione opposta di surplus idrico rappresentata dalle classi (*Moderatamente, Molto ed Estremamente umido*).

#### 5.1.4 Vento e circolazione atmosferica

I dati di vento adatti allo studio sono quelli registrati presso la vicina stazione meteo dell'aeroporto di Elmas, distante dal Porto circa 5 km, che, essendo ubicata in una pianura al livello del mare e in assenza di ostacoli, riproduce bene le condizioni anemologiche che interessano il Porto.

Come è noto il vento rappresenta la velocità dell'aria ed è una grandezza vettoriale bidimensionale in quanto se ne considera solo la componente misurata su una superficie parallela a quella terrestre (convenzionalmente l'anemometro si trova a 10 m di altezza dalla superficie), non considerando la componente verticale in quanto di intensità trascurabile. Di conseguenza, un dato di questo genere si compone di due parti: una direzione, espressa in gradi sessagesimali calcolati in senso orario a partire da nord, e una velocità, espressa in m/s. Quanto al verso si considera il verso di provenienza, per esempio 90° è vento da est, mentre 270° è vento da ovest.

Occorre notare che il vento in superficie è determinato, oltre che dalla situazione dinamica e termodinamica di una notevole porzione del nostro emisfero, anche dalla geografia del luogo dove viene fatta la misura, tanto più in una regione dall'orografia complessa quale la Sardegna. Un secondo problema è rappresentato dalle brezze che, essendo causate dalla differenza di temperatura fra terra e mare, sono di natura specificatamente locale. Infine la collocazione della stazione gioca un ruolo importante in quanto l'eventuale presenza di alberi, case o collinette nelle vicinanze può introdurre degli errori sistematici anche notevoli, in particolare nel vento di moderata intensità. Di quanto sopra bisogna tenere conto ai fini del controllo sulla qualità del dato.

Infatti, se da una parte non è semplice determinare dei limiti climatologici, in particolare per la direzione, dall'altra non sono facilmente correlabili la direzione o la velocità misurate un certo giorno in una certa stazione con quelle del giorno precedente o del

giorno successivo nella medesima stazione o con quelle dello stesso giorno nelle stazioni circostanti.

Per una corretta caratterizzazione climatologica le direzioni sono state suddivise in ottanti, corrispondenti agli otto venti della Rosa dei Venti classica, e le velocità in quattro fasce. Inoltre, per ragioni di semplicità, sono stati assimilati alla calma di vento tutti gli eventi con velocità inferiore ai 1.5 m/s e i venti di direzione variabile.

Nome	Direzione di provenienza (geografica)	Direzione di provenienza [gradi sessagesimali]
Tramontana	nord	$0^\circ < d \leq 22.5^\circ$ $337.5^\circ < d \leq 360^\circ$
Grecale	nord-est	$22.5^\circ < d \leq 67.5^\circ$
Levante	est	$67.5^\circ < d \leq 112.5^\circ$
Scirocco	sud-est	$112.5^\circ < d \leq 157.5^\circ$
Ostro	sud	$157.5^\circ < d \leq 202.5^\circ$
Libeccio	sud-ovest	$202.5^\circ < d \leq 247.5^\circ$
Ponente	ovest	$247.5^\circ < d \leq 292.5^\circ$
Maestrale	nord-ovest	$292.5^\circ < d \leq 337.5^\circ$

Tabella 1 – Suddivisione del vento per direzione di provenienza.

Fascia	Descrizione	Intensità [m/s]
0	Calma di vento	$v \leq 1.5$
I	Vento di intensità moderata	$1.5 < v \leq 8.0$
II	Vento di intensità intermedia	$8.0 < v \leq 13.5$
II	Vento di forte intensità	$v > 13.5$

Tabella 2 – Suddivisione del vento per intensità.

Per ogni combinazione di velocità, direzione e stazione è stata calcolata la frequenza con cui tale combinazione si è verificata nel periodo studiato (1951÷1993). Vista la gran quantità di dati a disposizione, tali valori corrispondono, a tutti gli effetti, alla probabilità empirica di avere quel particolare vento in una data stazione.

Per quel che riguarda la fascia zero (calma di vento o vento variabile) non si sono ovviamente fatte distinzioni per direzioni di provenienza.

I dati utilizzati sono relativi al vento di massima intensità misurato nell'arco delle 24 ore e rappresentano l'istante della giornata in cui tale fenomeno ha raggiunto il suo



massimo. Ne discende che la statistica ottenuta si riferisce al comportamento del vento dominante in una giornata.

Stazione	nord	nord-est	est	sud-est	sud	sud-ovest	ovest	nord-ovest	direzione variabile o calma di vento
Capo Frasca (Arbus)	10.41	3.97	9.62	15.94	2.00	9.72	19.83	28.26	0.26
Decimomannu	10.94	2.10	2.78	23.17	14.71	3.62	9.10	32.97	0.62
Elmas	14.68	0.84	4.35	17.68	20.85	2.36	11.98	27.11	0.15
Spalmatoreddu (Carloforte)	15.02	3.83	6.42	10.62	8.98	6.68	10.31	38.14	0.00
Fonni	6.79	6.60	7.94	6.58	5.40	16.00	33.60	16.41	0.67
Capo Bellavista (Arbatax)	8.34	15.07	10.94	7.98	15.45	5.23	15.70	21.19	0.10
Perdasdefogu	2.05	6.28	22.53	11.63	1.20	10.13	39.10	6.44	0.63
Guardiavecchia (La Maddalena)	4.41	10.53	15.95	5.51	0.72	6.64	51.07	4.99	0.19
Asinara	3.07	3.02	22.68	4.29	3.77	9.16	40.84	13.03	0.13
Alghero	6.85	11.57	4.24	0.73	16.65	12.05	27.76	19.97	0.19

Tabella 3 – Direzione di provenienza del vento massimo (percentuali sul totale dei dati disponibili).

Nella tabella sovrastante si vede come si è distribuito il vento nelle varie direzioni, indipendentemente dalla velocità. In questo caso si è tenuto conto anche della direzione variabile e della calma di vento e si può constatare che questi ultimi eventi sono poco frequenti, evidenziando che in Sardegna sono estremamente rari i giorni completamente privi di vento.

Esaminando i dati si vede che i venti dominanti nella nostra Isola sono il Ponente e il Maestrale (ovest e nord-ovest), in particolare per quel riguarda il vento di forte intensità. Inoltre alcune stazioni sono particolarmente esposte a venti di intensità elevata provenienti da direzioni diverse ed in particolare: l'Asinara (Levante e Libeccio), Capo Bellavista (Grecale) e Capo Frasca (Scirocco).

Per i venti di intensità intermedia, oltre al solito Ponente/Maestrale, si nota che anche i venti di provenienza meridionale ed orientale (Ostro, Scirocco, Levante) giocano un ruolo importante un po' in tutte le stazioni.

I venti di debole intensità invece possono essere fortemente influenzati da fattori locali, quali le brezze, la geografia del luogo e la dislocazione della stazione. E' questo il motivo per cui si osserva una distribuzione pressoché omogenea dei fenomeni.

Si nota inoltre che nelle situazioni in cui domina il Maestrale è poco presente il Ponente e viceversa, ciò a causa dell'esposizione della stazione.

Osservando la distribuzione del vento nelle tre fasce nei vari mesi dell'anno si è visto che, per quasi tutte le stazioni, il vento di intensità elevata è più frequente nei mesi

invernali (dicembre-marzo) che in quelli estivi, con un marcato cambio di stagione fra aprile e maggio ed un altro più diluito fra settembre e novembre.

Il vento di intensità media è prevalente nei mesi estivi (giugno-settembre), con dei cambi di stagione poco marcati.

Di seguito si riporta la rosa dei venti relativa al sito oggetto di studio ricavata dai dati di direzione del vento del servizio meteorologico CAGLIARIMETEO. Tale rosa dei venti è rappresentativa dei valori di direzione del vento che si sono registrati nel quadriennio 2009-2012.

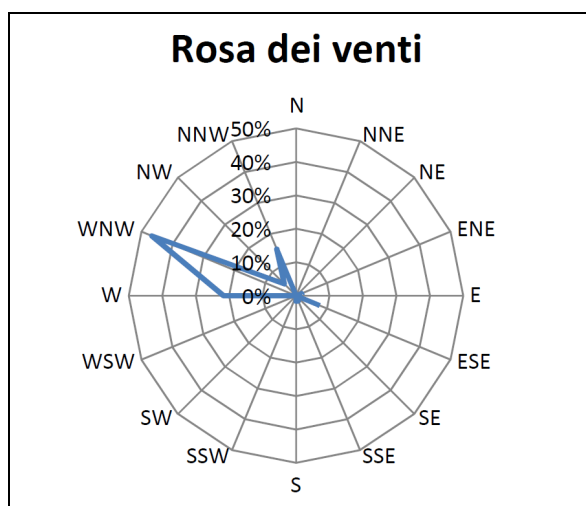


Figura 12 – Provenienza dei venti in prossimità dell'area del porto di Cagliari.

I dati desunti dall'analisi della rosa dei venti confermano i dati precedentemente descritti e cioè che le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono lungo la direttrice Ovest (W), Ovest - Nord Ovest (W-NW) Nord - Nord Ovest (N-NW) e Sud - Est (S-E).

Oltre al vento, un altro fenomeno che interessa tipicamente l'ambito costiero e che influenza la costa cagliaritana, è la persistente formazione delle brezze lungo tutto l'arco dell'anno, con maggiore rilevanza nel periodo estivo. Questo fenomeno è dovuto alla diversa capacità termica dell'acqua marina rispetto alla capacità termica della terra.

Infatti, la grande capacità termica del mare porta durante il giorno a variazioni di temperatura della superficie dell'acqua vicine allo zero, diversamente da quanto accade nella terraferma che si riscalda maggiormente e più velocemente. Viceversa nelle ore notturne si avrà un veloce raffreddamento della terraferma ed ancora una variazione di temperatura della superficie marina prossima allo zero. La diversa temperatura cui si trovano le due superfici comporta un diverso riscaldamento delle masse d'aria sovrastanti che genera spostamenti delle stesse.

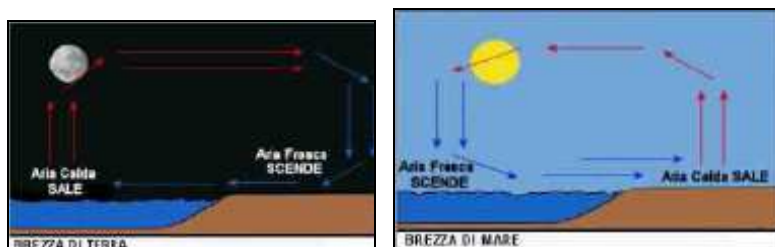


Figura 13 – Schematizzazioni dei fenomeni costieri delle “brezze”.

Come si osserva dalle precedenti figure, durante la notte si ha un maggior raffreddamento delle masse d'aria sopra la terraferma rispetto a quelle sopra la superficie marina e questo comporta che tali masse d'aria fluiscono verso il mare (brezza di terra) dove si riscaldano e salgono in quota ritornando poi verso la terraferma. Durante il giorno, invece (immediatamente dopo l'alba), l'aria sopra la terraferma, riscaldata maggiormente, tende a salire e ad essere sostituita da aria più fredda proveniente dal mare (brezza di mare).

Il fronte della brezza, in assenza di altri fenomeni, può avanzare verso l'entroterra, perpendicolarmente alla costa, anche per fino a 20-50 Km di distanza, mentre la velocità orizzontale delle masse d'aria fredde può raggiungere i 5 m/s.

Il fenomeno delle brezze determina anche la formazione di nuvolosità, a causa della condensazione del vapore acqueo presente e una circolazione superiore di ritorno (detta anti-brezza) che porta sopra la superficie marina aria più calda. L'aria più fredda proveniente dal mare avanza fino a un certo limite (detto fronte della brezza) che è caratterizzato da una diminuzione di temperatura e umidità.

### 5.1.5 Qualità dell'aria

#### *Riferimenti normative*

La direttiva EU 1996/62/EC, direttiva madre che definisce le indicazioni di carattere generale e obbliga gli Stati Membri a fare una zonizzazione del territorio sulla base dei livelli di qualità dell'aria, è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 351/1999.

Il D.lgs. 13 agosto 2010, n. 155 recepisce la direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Il D.Lgs 155/2010 (art. 1, comma 1) istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente finalizzato a:



- individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

#### *Limiti e valori di riferimento*

In particolare, per le finalità sopra elencate, il Decreto stabilisce gli inquinanti da considerare e i livelli di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria, e precisamente:

- i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM<sub>10</sub>;
- i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto;
- le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM<sub>2,5</sub>;
- i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene;
- i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono.

I valori limite stabiliti dal D.lgs. 115/2010 sostituiscono quelli fissati dal D.M. 60/2002 concernente i valori limite di qualità, che viene abrogato. Nella sostanza, i valori numerici dei limiti in vigore restano confermati, ma si aggiungono altre sostanze inquinanti e parametri di riferimento.

Inoltre, allo scopo di ottenere omogeneità nella gestione della qualità dell'aria a livello nazionale, il Decreto prevede la zonizzazione del territorio da parte delle Regioni, con la

classificazione delle zone e degli agglomerati, intesi come aree urbane o insiemi di aree urbane e individuati sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa.

Sempre allo scopo di ottenere omogeneità nella valutazione della qualità dell'aria a livello nazionale, il Decreto stabilisce le tecniche e le modalità utilizzabili per la valutazione della qualità dell'aria e le caratteristiche delle reti di misurazione della qualità dell'aria sul territorio.

Infine, il Decreto disciplina i piani e le misure che devono essere adottati a livello regionale o nazionale per il raggiungimento dei valori limite e dei livelli critici, per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento del relativo rispetto.

Di seguito sono riassunti i diversi limiti attualmente vigenti per i parametri presi a riferimento per la caratterizzazione della qualità dell'aria nell'area in oggetto.

### Biossido di Azoto

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
<b>Biossido di azoto *</b>			
1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

**Tabella 4 – Valori limite per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) [D.lgs. 155/2010].**

\* Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro la data prevista dalla decisione di deroga, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.

Polveri sottili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>)

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
<b>PM10 **</b>			
1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	— (1)
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	— (1)
<b>PM2,5</b>			
FASE 1			
Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015
FASE 2 (4)			
Anno civile	(4)		1° gennaio 2020

**Tabella 5 – Valori limite per il materiale particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) [D.lgs. 155/2010].**

(1) Già in vigore dal 1° gennaio 2005.

(4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m<sup>3</sup> e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

\*\* Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro l'11 giugno 2011, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.



### Biossido di Zolfo

Inquinante	Soglia di allarme (1)
Biossido di zolfo	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Biossido di azoto	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 6 – Soglie di allarme [D.lgs. 155/2010].

Periodo di mediazione	Livello critico annuale (anno civile)	Livello critico invernale (1° ottobre-31 marzo)	Margine di tolleranza
<b>Biossido di zolfo</b>			
	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nessuno
<b>Ossidi di azoto</b>			
	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NOx		Nessuno

Tabella 7 – Livelli critici per la protezione della vegetazione [DLgs. 155/2010].

#### 5.1.6 Caratterizzazione della Qualità dell'aria

La relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2009, pubblicata da ARPA Sardegna, mostra la zonizzazione regionale del territorio e la posizione delle stazioni attive della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

In particolare a livello regionale tale relazione mette in evidenza come zone/agglomerati da risanare:

- Agglomerato di Cagliari: Cagliari, Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu;
- Zona di Sassari: Sassari;
- Zona di Porto Torres: Porto Torres;
- Zona di Portoscuso: Portoscuso;
- Zona di Sarroch: Sarroch.

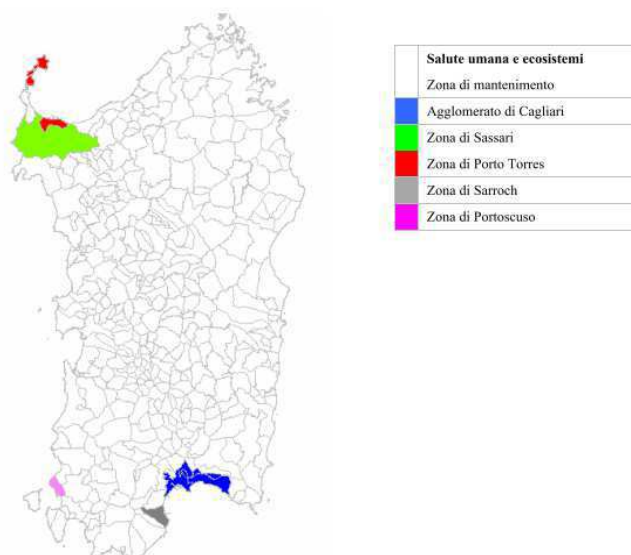


Figura 14 – Zonizzazione del territorio regionale ai fini della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda gli ecosistemi è stata evidenziata una situazione di rischio moderato per l'ozono e elevato per le concentrazioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) nelle aree di Sarroch, Portoscuso, Porto Torres e Sassari, anche per le influenze delle emissioni prodotte dalle aree industriali. Poiché nell'agglomerato di Cagliari (che comprende anche i comuni limitrofi di Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius e Monserrato) sono presenti importanti ecosistemi, la zonizzazione ha fatto coincidere i limiti territoriali per la protezione degli stessi con i limiti per la protezione della salute umana.

Il resto del territorio regionale è indicato come "Zona di Mantenimento" e comprende tutte le aree che non necessitano di interventi di risanamento ma per i quali si deve prestare attenzione a non produrre, attraverso interventi antropici, un peggioramento dell'attuale qualità dell'aria.

Tuttavia per una maggiore tutela i territori dei maggiori agglomerati urbani e i comuni nelle cui vicinanze sono presenti attività industriali o pressioni antropiche significative appartenenti alle suddette "Zone di Mantenimento" sono stati evidenziati come "Zone aggiuntive da monitorare" e rappresentati nell'immagine seguente:

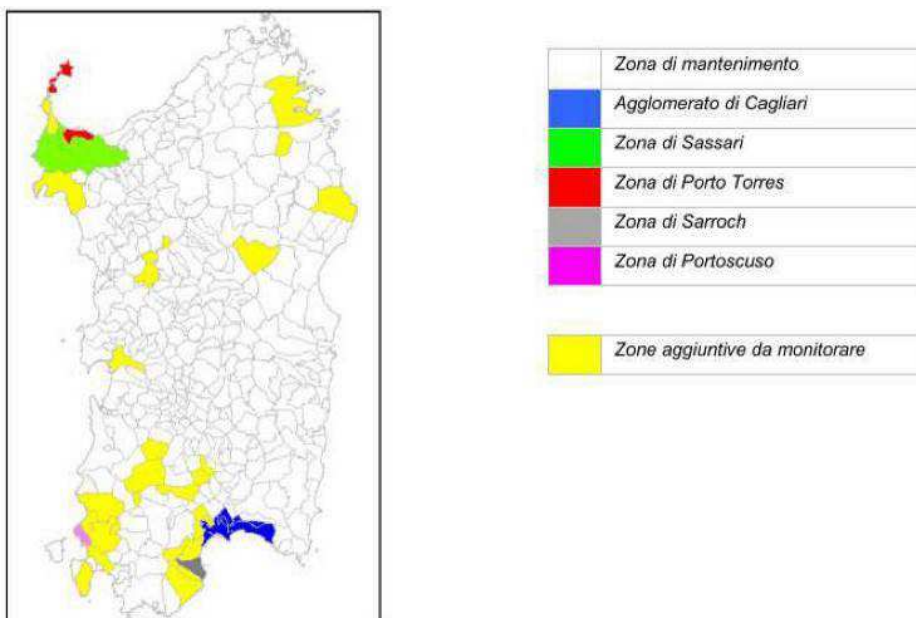


Figura 15 – Zonizzazione del territorio regionale ai fini della qualità dell'aria e zone aggiuntive da monitorare.

Nell'area metropolitana di Cagliari coesistono due reti di monitoraggio atmosferico:

Rete Regionale costituita dalle stazioni:

- CENMO1 - Stazione di fondo di Monserrato, Via Sant'Angelo;
- CENQU1 – Stazione di fondo di Quartu Sant'Elena, Via Perdalonga;
- CENCA1 – Stazione di traffico di Cagliari, Via Cadello.

Rete Comunale costituita dalle stazioni:

- CAGTUV – Stazione del colle di Tuvixeddu;
- CAGAVE – Stazione di Piazza Sant'Avendrace;
- CAGCIU – Stazione di via Francesco Ciusa;
- CAGREP – Stazione di Piazza Repubblica;
- CAGITA – Stazione di via Italia;
- CAGDIA – Stazione di viale Armando Diaz;
- CAGMIT – Stazione del Mercato Ittico.

Tutte le stazioni, ad eccezione di quella di Tuvixeddu, sono poste in prossimità di strade ad elevato traffico, di incroci e semafori e pertanto sono rappresentative dei situazioni di inquinamento più gravose.

Nelle tabelle seguenti sono riportati rispettivamente gli inquinanti analizzati nelle centraline fisse presenti nel Comune di Cagliari, le concentrazioni medie annuali degli stessi inquinanti e i superamenti dei limiti di legge registrati:

Rete	Zona	Stazione	Codifica Stazione	C6H6	CO	NO2	O3	PM10	SO2
Rete di Monitoraggio della qualità del Comune di Cagliari	Cagliari	S. Avendrace	CAGAVE	√	√	√	√	√	√
		Tuvixeddu	CAGTUV	√	√	√	√	√	
		M.Ittico	CAGMIT		√	√	√	√	√
		P.Repubblica	CAGREP		√	√	√	√	√
		V.Diaz	CAGDIA		√	√	√	√	
		V.Ciusa	CAGCIU	√	√	√	√	√	√
		V.Italia	CAGITA		√	√	√	√	
ARPAS	Monserrato	via Sant'Angelo	CENM01	√	√	√	√	√	√
	Quartu S.E.	Via Perdalonga	CENQU1	√		√	√	√	√
	Cagliari	Via Cadello	CENCA1	√	√	√	√	√	√

**Tabella 8 – Inquinanti monitorati nelle centraline comunali.**

	C6H6	CO	NO2	O3	PM10	SO2
Stazioni	µg/mc	mg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc	µg/mc
CAGAVE S. Avendrace	1.4	0.9	45.3	46.3	41.9	20.8
CAGTUV Tuvixeddu	0.5	0.7	13.9	57.5	18.9	-
CAGMIT M.Ittico	-	0.3	34.1	36.0	20.9	23.1
CAGREP P.Repubblica	-	0.6	30.7	39.1	22.9	21.1
CAGDIA V.Diaz	-	0.7	41.2	45.0	34.1	-
CAGCIU V.Ciusa	0.9	0.8	37.7	47.1	26.8	24.8
CAGITA V.Italia	-	0.6	30.9	34.9	32.2	-
CENM01 Monserrato via Sant'Angelo	2.1	0.3	25.0	50.9	27.9	0.5
CENQU1 Quartu S.E. Via Perdalonga	1.0	-	16.8	64.4	28.8	1.2
CENCA1 Via Cadello	1.7	0.3	33.0	43.4	30.3	2.2
media totale	1	1	31	47	28	9

**Tabella 9 – Valori medi annuali di concentrazione degli inquinanti monitorati.**

stazioni	PM10		NO2		O3
	numero superamenti limite giornaliero (50 µg/mc)	numero superamenti limite annuale (40 µg/mc)	numero superamenti limite orario (200 µg/mc)	numero superamenti limite annuale (40 µg/mc)	limite bersaglio (120 µg/mc)
CAGAVE	75	1		1	1
CAGTUV					
CAGMIT	1				
CAGREP	4				
CAGDIA	37			1	
CAGCIU	7		1		1
CAGITA	39				
CENM01	15				
CENQU1	30				4
CENCA1	11				

**Tabella 10 – Riepilogo dei superamenti dei limiti di legge.**

Nel dettaglio dell'area in esame in base all'analisi suesposta si può concludere che l'unica criticità evidenziata nella stazione di monitoraggio più vicina al sito di interesse ovvero quella situata presso il Mercato Ittico (CAGMIT) riguarda le polveri sottili.

## 5.2 Elementi di sensibilità e potenziali recettori

Gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori dell'impatto che le attività in progetto possono produrre sulla componente ambientale "atmosfera" possono essere così catalogati:

- Aree urbane continue e discontinue, nuclei abitativi, edifici isolati (recettori antropici);
- Aree Naturali Protette, aree Natura 2000, IBA e Zone Umide di Importanza Internazionale (recettori naturali);

I recettori antropici e naturali prossimi all'area di progetto sono riportati nelle seguenti tabelle:

Potenziale		Distanza Minima delle Opere a Progetto (m)
R1	CICT Uffici	300
R2	Grendi Uffici e depositi	200
R3	Remosa Imi	250
R4	Villaggio Pescatori	350

Tabella 11 – Potenziali Recettori Antropici Prossimi all'Area di Progetto.

Codice	Nome	Distanza dalle opere in progetto
SIC ITB040023	Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla	180
ZPS ITB04403		350
IBA 188	Oasi di protezione faunistica Santa Gilla	300

Tabella 12 – Siti Natura 2000 Prossimi all'Area di Progetto.

Codice	Nome	Distanza dalle opere in progetto
3IT018	Ramsar – Stagno di Cagliari	350
IBA188	IBA – Stagni di Cagliari	300

Tabella 13 – Zone Umide di Importanza Prossime all'Area di Progetto.



Come si può vedere l'area interessata dal progetto non comprende alcun sito della Rete Natura 2000 né zone Umide di Importanza Internazionale.

### **5.3 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione**

Le attività antropiche diffuse sul territorio condizionano i fenomeni di inquinamento dell'ambiente atmosferico. In particolare le attività maggiormente responsabili del degrado atmosferico, legato all'utilizzo di combustibili di varia natura, sono: attività industriali e agricole, insediamenti abitativi e trasporti.

Le emissioni di inquinanti, anche di diversa natura, si combinano tra loro rendendo impossibile distinguerne gli effetti sia quantitativamente che qualitativamente. Inoltre esse subiscono effetti di diluizione e di trasporto dovuti alle differenze di temperatura, alla direzione e velocità del vento e agli ostacoli orografici esistenti, oltre alle azioni di trasformazione legate alla radiazione solare ed alla presenza di umidità atmosferica, di pulviscolo o di altre sostanze inquinanti preesistenti.

Gli inquinanti immessi in atmosfera possono essere primari o secondari: sono primari gli inquinanti che si trovano già nell'aria dell'ambiente in questione, mentre sono secondari quelli che si ottengono dalla trasformazione di inquinanti primari.

Nel seguito si farà esplicitamente riferimento agli impatti connessi all'opera in progetto distinguendoli tra fase di cantiere e di esercizio.

#### **5.3.1 Fase di cantiere**

Gli impatti più significativi che incidono sulla qualità dell'aria sono quelli prodotti dalle emissioni di inquinanti gassosi e polveri prodotti durante le attività di cantiere.

In particolare per la loro valutazione si riportano la metodologia di stima delle emissioni in fase di cantiere, la quantificazione delle emissioni prodotte nello specifico dalle attività di cantiere e la stima complessiva dell'impatto.

La *quantificazione delle emissioni* prodotte nello specifico dalle attività di cantiere valuta:

- Inquinanti dai motori dei mezzi di cantiere;
- Polveri sollevate durante i movimenti terra, ovvero scavi e riporti per la preparazione delle aree e per la realizzazione delle fondazioni di strutture e opere civili.

La stima delle emissioni in fase di cantiere valuta:

- Numero e tipologia dei mezzi di cantiere;
- Volumi di terra movimentata (scavi, rinterri e riporti);
- Traffici terrestri indotti.

Nella tabella n. 14 è riportato l'elenco preliminare dei mezzi di cantiere, con particolare riferimento alla potenza e al numero massimo di mezzi che si prevede impiegare contemporaneamente.

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	Numero mezzi
Escavatore/Side Boom	120	2
Pala meccanica	180	2
Autocarro	120	2
Motopontone	300	1
Bettolina/Mezzi di supporto	93	2
Autobetoniere/Macchinari Betonaggio	200	3
Gru/Autogru	200	1
Rullo compattante vibrante	30	2
Miniescavatore	120	4
Finitrice	30	2
Compressore/essicatore	30	1
Generatore	640	3
Autocisterna	120	1
Sonda trivellatrice	120	2
Autoarticolato con pianale	120	2
Trivella Spingi Tubo	120	2
Curvatubi/pipewelder	50	2
Motosaldatrice	120	2
Pompa/sabbiatrice	170	2
Vibroinfissiore	120	1

Tabella 14 – Elenco Preliminare dei mezzi di Lavoro (Potenza e Numero).

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzati i volumi di terra movimentati durante la fase di cantiere:

<b>SCAVI MOVIMENTO TERRE</b>	<b>mc</b>
FONDAZIONE SERBATOI	2.646.00
TRIVELLAZIONE PER PALI DI FONDAZIONE	423.90
VASCHE	684.50
OPERE EDILI	1.071.95
VIABILITÀ INTERNA	2.654.06
FONDAZIONE TORCIA	13.50
RETE FOGNARIA ESTERNA (DEVIAZIONE)	540.46
RETE RACCOLTA ACQUE METEORICHE	2.701.89
RETE ELETTRICA	1.338.68
ILLUMINAZIONE	61.86
RETE IDRICA IMPIANTO	32.88
RETE FOGNARIA IMPIANTO	65.74
RETE INDUSTRIALE	56.04
CANALETTA RECUPERO GNL	76.44
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI E STRADA MOLO DARSENA	996.80
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI TRATTO GRENDI-IMPIANTO	501.60
CUNICOLO RETE CRIOGENICA	2.986.34
	<b>16.852.62</b>

Tabella 15 – Movimentazione terra in fase di cantiere.

Il traffico veicolare in ingresso e in uscita dal cantiere è dovuto principalmente al trasporto di materiale da cava, al conferimento a discarica dei materiali non riutilizzabili, al trasporto dei materiali da costruzione e alla movimentazione degli addetti.

Nella tabella n. 16 viene riportato il numero di mezzi che si ipotizza di utilizzare in fase di cantiere:

Tipologia di Mezzo	Motivazione	Mezzi
Camion	Approvvigionamento materiale da cava	max 12 mezzi/ora
Camion	Conferimento a discarica di materiale di scavo non riutilizzabile	max 4 mezzi/giorno
Camion per trasporti eccezionali	Approvvigionamento materiali per costruzione delle opere a terra e mare	24 (totale)
Autovetture	Trasporto addetti alle aree di cantiere a terra e mare	circa 30 mezzi/giorno

**Tabella 16 – Traffici terrestri indotti in fase di cantiere.**

Gli impatti sulla componente atmosferica relativa alla fase di cantiere sono essenzialmente riconducibili alle emissioni connesse al traffico veicolare dei mezzi in ingresso e in uscita dal cantiere (trasporto materiali, trasporto personale), e alle emissioni dei mezzi di cantiere in esercizio.

Nell'area di cantiere sono in particolare prevedibili le seguenti emissioni in atmosfera:

- gas di scarico dei mezzi di cantiere contenenti prodotti di combustione quali NOx, CO e polveri;
- polveri generate dalle attività di scavo o dovute al trasporto eolico del materiale più leggero (es. da stoccaggi in cumulo di terreno e altri materiali da costruzione).

Per quanto riguarda la *stima delle emissioni di inquinanti dovute a movimento terra* vengono presi in considerazione fattori di emissione standard desunti dalla letteratura, in particolare NOx, SOx e PTS.

Nella tabella n. 17 sono riportati i fattori di emissione prodotti dai mezzi terrestri:

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	NOx [kg/h]	SOx [kg/h]	PTS [kg/h]
Escavatore/Side Boom	120	0.29	< 0.01	0.02
Pala meccanica	180	0.29	< 0.01	0.02
Autocarro	120	0.44	< 0.01	0.02
Autobetoniere/Macchinari Betonaggio	200	0.50	< 0.01	0.02
Gru/Autogru	200	0.41	< 0.01	0.01
Rullo compattante vibrante	30	0.05	< 0.01	< 0.01
Miniescavatore	120	0.14	< 0.01	0.01
Finitrice	30	0.05	< 0.01	< 0.01
Compressore/essiccatore	30	0.06	< 0.01	< 0.01
Generatore	640	1.64	< 0.01	0.05
Autocisterna	120	0.44	< 0.01	0.02
Sonda trivellatrice	120	0.19	< 0.01	0.01
Autoarticolato con pianale	120	0.44	< 0.01	0.02
Trivella Spingi Tubo	120	0.19	< 0.01	0.01
Curvatubi/pipewelder	50	0.11	< 0.01	0.01
Motosaldatrice	120	0.17	< 0.01	0.01
Pompa/sabbiatrice	170	0.52	< 0.01	0.03
Vibroinfissore	120	0.30	< 0.01	0.02

Tabella 17 – Stima delle emissioni dei mezzi di cantiere.

Per quantificare il particolato fine (PM10) prodotto durante le fasi di cantiere si è utilizzata la formula suggerita nella sezione “Material handling factor” dedotta dalla metodologia “AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles” (US-EPA, 2006):

$$E = k \cdot (0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove:

- E = fattore di emissione di PM10 (kg polveri/tonnellata materiale rimosso);
- U = velocità del vento (assunta pari a pari a 3.5 m/s);
- M = contenuto di umidità del suolo nei cumuli (assunto, molto cautelativamente, pari a 4%);
- k = fattore moltiplicatore per i diversi valori di dimensione del particolato; per il PM<sub>10</sub> (diametro inferiore ai 10 µm) si adotta pari a 0.35.

Essa permette di quantificare il contributo alle emissioni di particolato fine delle attività più gravose, ovvero carico di terreno o inerti sui mezzi di trasporto, scarico e deposito degli stessi in cumuli e dispersione per effetto del vento.

Le emissioni dovute al traffico veicolare sono state valutate in base ai fattori di emissione EMEP/EEA presentati nel documento "Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013, Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories" (EMEP/EAA, 2013).

Nella tabella n.18 vengono riportati i dati relativi ai mezzi di trasporto stradale:

Tipologia Mezzo	Motivazione	NOx [g/km] <sub>1</sub>	SO <sub>2</sub> [g/km] <sub>1</sub>	PM <sub>10</sub> [g/km] <sub>1</sub>
Camion	Approvvigionamento materiale da cava	0.29	0.002	<0.001
	Conferimento a discarica di materiale di scavo non riutilizzabile			
	Approvvigionamento materiali per costruzione delle opere			
Autovetture	Trasporto addetti alle aree di cantiere (terra/mare)	0.05	0.004	0.001

Tabella 18 – Mezzi di trasporto stradale in fase di cantiere (Fattori di emissione).

### Volumi di transito

Gli inquinanti tipici generati dal traffico veicolare sono costituiti da NOx, Polveri e CO. Per la stima delle emissioni prodotte in fase di cantiere si è proceduto ad effettuare la stima dei volumi di transito, in ingresso ed in uscita dall'area di cantiere, degli automezzi coinvolti ed applicando dei fattori emissivi standard da letteratura. Per la stima delle emissioni in atmosfera è stata effettuata una valutazione puntuale dei mezzi impiegati e dei relativi giorni di presenza in cantiere:

Tipologia di mezzo	N° mezzi	km/giorno percorsi da ogni mezzo	Giorni effettivi di attività
Automezzi pesanti	15	20	270
Autovetture	30	10	270

Tabella 19 – Volumi di traffico in ingresso/uscita dal cantiere.

Nella tabella è riportata una stima del numero di mezzi giorno previsti e dei rispettivi chilometri percorsi. La stima dei percorsi è stata effettuata considerando la vicinanza all'abitato di Cagliari e ai rispettivi punti di approvvigionamento dei materiali.



La stima delle emissioni dai mezzi è stata effettuata mediante l'utilizzo di fattori di emissione chilometrici proposti da Sinanet (Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale per mezzi su strada).

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/km]	Emissioni NOx [g/km]	Emissioni polveri [g/km]
Automezzi pesanti (*)	2,8	6,49	0,053
Autovetture (**)	0,27	0,64	0,032

## NOTE

(\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, relativi a categoria mezzi pesanti di categoria Euro IV da 20 a 26 tonnellate.

(\*\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

Tabella 20 – Fattori di emissione traffico veicolare.

Mezzi di cantiere

Nella tabella seguente si riporta il previsto parco mezzi in utilizzo all'interno dell'area di cantiere, per l'intero periodo di attività, stimato in circa un anno solare.

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	Numero mezzi
Escavatore/Side Boom	120	2
Pala meccanica	180	2
Autocarro	120	2
Motopontone	300	1
Bettolina/Mezzi di supporto	93	2
Autobetoniere/Macchinari Betonaggio	200	3
Gru/Autogru	200	1
Rullo compattante vibrante	30	2
Miniescavatore	120	4
Finitrice	30	2
Compressore/essicatore	30	1

Tabella 21 – Mezzi di cantiere previsti in impiego

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	Numero mezzi
Generatore	640	3
Autocisterna	120	1
Sonda trivellatrice	120	2
Autoarticolato con pianale	120	2
Trivella Spingi Tubo	120	2
Curvatubi/pipewelder	50	2
Motosaldatrice	120	2
Pompa/sabbiatrica	170	2
Vibroinfissore	120	1

Tabella 22 –Mezzi di cantiere previsti in impiego

Rispetto a tali mezzi, è stata valutata la contemporanea presenza dei principali mezzi in ciascuna fase prevista dal cronoprogramma di cantiere.

Nella successiva tabella si riportano le singole fasi previste dal cronoprogramma, unitamente al calcolo del totale di giorni di esercizio dei mezzi indicati per ciascuna macroattività prevista.

Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
1	Accantieramento: baraccamenti, impiantistica, recinzioni, tracciature etc	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Autoarticolato con pianale	10
	Rimozione vegetazione e decespugliamento	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro	10
	Preparazione piano di posa (livellamento quote)	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Rullo compattante vibrante	20

Tabella 23 - Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa.

Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
		Miniescavatore	
2	Realizzazione viabilità interna, sottoservizi e adeguamento sottoservizi esistenti	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Rullo compattante vibrante Miniescavatore Finitrice	35
3	Preparazione scavo per posa tubazione criogenica	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore	45
	Preparazione dei piani di fondazione delle strutture civili e industriali	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	15
	Trivellazione pali di fondazione serbatoi	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Autoarticolato con pianale	35
4	Realizzazione opere edili	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	30
	Realizzazione impianto GNL	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Motopontone Bettolina/Mezzi di supporto Gru/Autogru Miniescavatore Compressore/essicatore Autoarticolato con pianale Trivella Spingi Tubo Curvatubi/pipewelder Motosaldatrice Pompa/sabbiatrice Vibroinfissiore	60

Tabella 24 - Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa.

Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
	Realizzazione tubazione criogenica	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Autoarticolato con pianale	70
	Realizzazione torcia	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Autoarticolato con pianale	55
5	Realizzazione opere in banchina	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Motopontone Bettolina/Mezzi di supporto Miniescavatore Autoarticolato con pianale	60
6	Rinaturazione e opere di mitigazione ambientale e smobilizzazione cantiere	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	25

Tabella 25 – Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa.

Per ciascuna tipologia di mezzo, in relazione alle attività specifiche previste, sono state ipotizzate durate di esercizio medie giornaliere che vanno dalle 6 ore al giorno per Escavatori, autogru e pala meccanica a durate più limitate per gru a torre o sonde di perforazione. Una sintesi della stima in termini di ore totali per tutta la durata del cantiere è riportata in tabella seguente:

Tipologia Mezzo	Ore di attività per durata cantiere
Escavatore/Side Boom	2820
Pala meccanica	2820
Autocarro	1880
Motopontone	360

Tabella 26 - Ore previste di attività per ciascuna tipologia di mezzo.

Tipologia Mezzo	Ore di attività per durata cantiere
Bettolina/Mezzi di supporto	720
Gru/Autogru	620
Rullo compattante vibrante	330
Miniescavatore	1620
Finitrice	140
Compressore/essicatore	120
Autoarticolato con pianale	1740
Trivella Spingi Tubo	360
Curvatubi/pipewelder	120
Motosaldatrice	360
Pompa/sabbiatrice	240
Vibroinfissore	240

Tabella 27 – Ore previste di attività per ciascuna tipologia di mezzo.

Analogamente a quanto effettuato per i mezzi in transito, rispetto a tali stime di ore di attività, è stata effettuata una stima delle emissioni dalle attività operative di cantiere, mediante l'utilizzo di fattori di emissione orari standard da letteratura (Sinanet- Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale per mezzi su strada).

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/h]	Emissioni NOx [g/h]	Emissioni polveri [g/h]
Pala meccanica, escavatori, motocompressore	260	858	78
Autocarro, autogru, autobetoniera, autopompa	817	1889	116
Gru a torre, Vibroinfissore	306	767	63
Mezzi navali di supporto (*)	1634	3778	232

NOTE

(\*) Dati emissivi fissati cautelativamente pari al doppio delle emissioni dei mezzi di cantiere più inquinanti, in assenza di dati specifici.

Tabella 28 – Fattori di emissione mezzi di cantiere.



## Polveri

Per quanto riguarda la stima delle emissioni di polveri derivanti dalle attività di cantiere, si tratta di una stima di difficile valutazione.

Le emissioni più significative sono generate nella fase di preparazione dell'area di cantiere e nelle fasi di scavo previste.

Dati di letteratura (USEPA AP-42) indicano un valore medio mensile di produzione polveri da attività di cantiere stimabile in 0,02 kg/m<sup>2</sup> considerando le aree in lavorazione soggette all'azione eolica e agli agenti atmosferici.

Rispetto all'intera area di cantiere, è possibile considerare una area, esposta agli agenti atmosferici in quanto operativa (aree di lavoro e viabilità), pari mediamente sul periodo a circa 10.000 m<sup>2</sup>.

In termini di durata di tale esposizione è possibile considerare una durata delle operazioni che posso dare origine a polveri di circa 8 mesi, rispetto alla durata complessiva del cantiere di circa 1 anno.

Si possono infatti escludere le fasi di realizzazione fuori terra e di completamento.

## Risultati (emissioni di cantiere)

Utilizzando i fattori di emissione sopra citati è possibile effettuare la seguente stima complessiva delle emissioni associabili alle attività realizzative del progetto, suddivise nelle voci sopra esplicitate.

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [t]	Emissioni NOx [t]	Emissioni polveri [t]
Automezzi pesanti (*)	0,23	0,53	0,004
Autovetture (**)	0,02	0,05	0,003
Mezzi di Cantiere	7,6	19,8	1,4
Erosione eolica aree cantiere	---	---	1,6
<b>TOTALE</b>	<b>7,9</b>	<b>20,4</b>	<b>3,0</b>

### NOTE

(\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, relativi a categoria mezzi pesanti di categoria Euro IV da 20 a 26 tonnellate.

(\*\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

Tabella 29 – Emissioni complessive dell'attività di cantiere.

Le emissioni stimate per la fase di cantiere sono state poi convertite in emissioni equivalenti dovute al traffico veicolare, utilizzando appositi fattori di emissione di seguito riportati:

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/km]	Emissioni NOx [g/km]	Emissioni polveri [g/km]
Autovetture	0,27	0,64	0,032

Tabella 30 – Fattori di emissione traffico veicolare.

Conservativamente sono stati considerati fattori di emissione per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

Il numero di autovetture equivalente (supponendo una percorrenza media annua di 10.000 km) dato dalle attività di cantiere dello stabilimento in progetto, è pari ad un valore fra le 3.000 e le 9.000 auto.

Tale valore equivalente risulta circa pari allo 0,5% del parco auto circolante nella regione Sardegna 1.300.000 mezzi (Fonte: ACI - consistenza parco veicoli al 31/12/2014).

Sulla base di tale considerazione, e data la natura transitoria dell'attività di cantiere, si evidenzia come il contributo stimato risulti poco significativo.

La *stima complessiva dell'impatto* è condotta assumendo che le emissioni di cantiere siano di lieve entità e confinate nelle aree più prossime ai punti di emissione. Pertanto si stima che le relative ricadute di inquinanti e polveri siano limitate nel tempo e circoscritte nello spazio del cantiere.

Considerando che l'impatto connesso con le emissioni di inquinanti gassosi e polveri in fase di cantiere è di lieve entità, temporaneo e reversibile, le misure di mitigazione da prevedersi sono:

- limitare il tempo di accensione dei motori dei mezzi di cantiere, quando gli stessi non sono pienamente operativi;
- adoperare per quanto possibile mezzi rispondenti alle più restrittive normative vigenti in fatto di contenimento delle emissioni di inquinanti in atmosfera;
- bagnare le gomme degli automezzi;
- umidificare il terreno nelle aree di cantiere e i depositi di inerti;
- controllare le modalità di movimentazione e trasporto degli inerti;
- limitare la velocità dei mezzi all'interno del cantiere;
- programmare accuratamente le attività.

### 5.3.2 Fase di esercizio

Durante la fase di esercizio le amissioni atmosferiche sono associate prevalentemente alla presenza dei motori a combustione interna (MCI), costantemente in funzione per alimentare le diverse utenze, e al traffico dei mezzi terrestri e marittimi.

Nello specifico si considerano i seguenti traffici indotti:

- 24 metaniere/anno (in media), da 15,600 mc per l'approvvigionamento del GNL;
- 20 bettoline/anno da 1,000 mc per la distribuzione del GNL via mare;
- 4 autocisterne/giorno da 41 mc per la distribuzione del GNL via terra, come ipotesi per i primi anni di esercizio dell'impianto.

In minima parte le emissioni possono essere associate anche ad attività più sporadiche quali il trasporto del personale, la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti, l'approvvigionamento dei materiali e l'esecuzione di altre attività.

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono quelli ritenuti significativi nella combustione del Gas Naturale, costituiti, nello specifico, da Monossido di Carbonio (CO) e Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>), con l'aggiunta delle sostanze presenti nei gas di scarico prodotti dalle sorgenti di emissione navali: Ossidi di Zolfo (SO<sub>x</sub>) e Polveri.

In particolare infatti, data la natura del combustibile utilizzato nelle utenze del sito, non risultano significative le emissioni di Polveri, mentre gli eventuali incombusti presenti nelle emissioni, essendo costituiti essenzialmente da Metano, non comportano ricadute al suolo.

I dati di input necessari all'applicazione del modello CALPUFF sono relativi a:

- caratteristiche del reticolo di calcolo;
- caratteristiche meteorologiche dell'area;
- caratteristiche delle sorgenti di emissione degli inquinanti suddetti.

#### Il reticolo di calcolo

Per il calcolo del campo di variabilità delle grandezze meteorologiche è stata utilizzata una griglia di calcolo 1x1 km con baricentro nell'area di inserimento ed estensione di 10x10 km.

Sulla base del reticolo di calcolo utilizzato dal modello CALMET è stata costruita una griglia di recettori con baricentro sullo stabilimento, di dimensioni 7x7 km e maglia 250 m x 250 m, adeguata a valutare le ricadute al suolo sull'intera area interessata dallo studio.

Nella figura seguente viene mostrato un dettaglio delle due griglie definite nell'area di studio rispettivamente in blu (CALMET) ed in verde (recettori).



Figura 16 – Reticolo di calcolo (griglia blu) e griglia dei recettori (croci verdi).

### Assetto di normale esercizio

Il prospetto emissivo di riferimento per caratterizzare l'assetto di normale esercizio comprende le sorgenti di emissione attive all'interno dell'installazione in progetto.

In particolare le uniche sorgenti attive previste sono rappresentate da tre motori a combustione interna di taglia 400 ekW, alimentati a gas naturale, attivi per garantire l'alimentazione elettrica delle utenze del sito.

Due dei tre motori saranno sufficienti al fabbisogno dell'installazione, mentre il terzo verrà mantenuto quale riserva in caso di necessità manutentive.



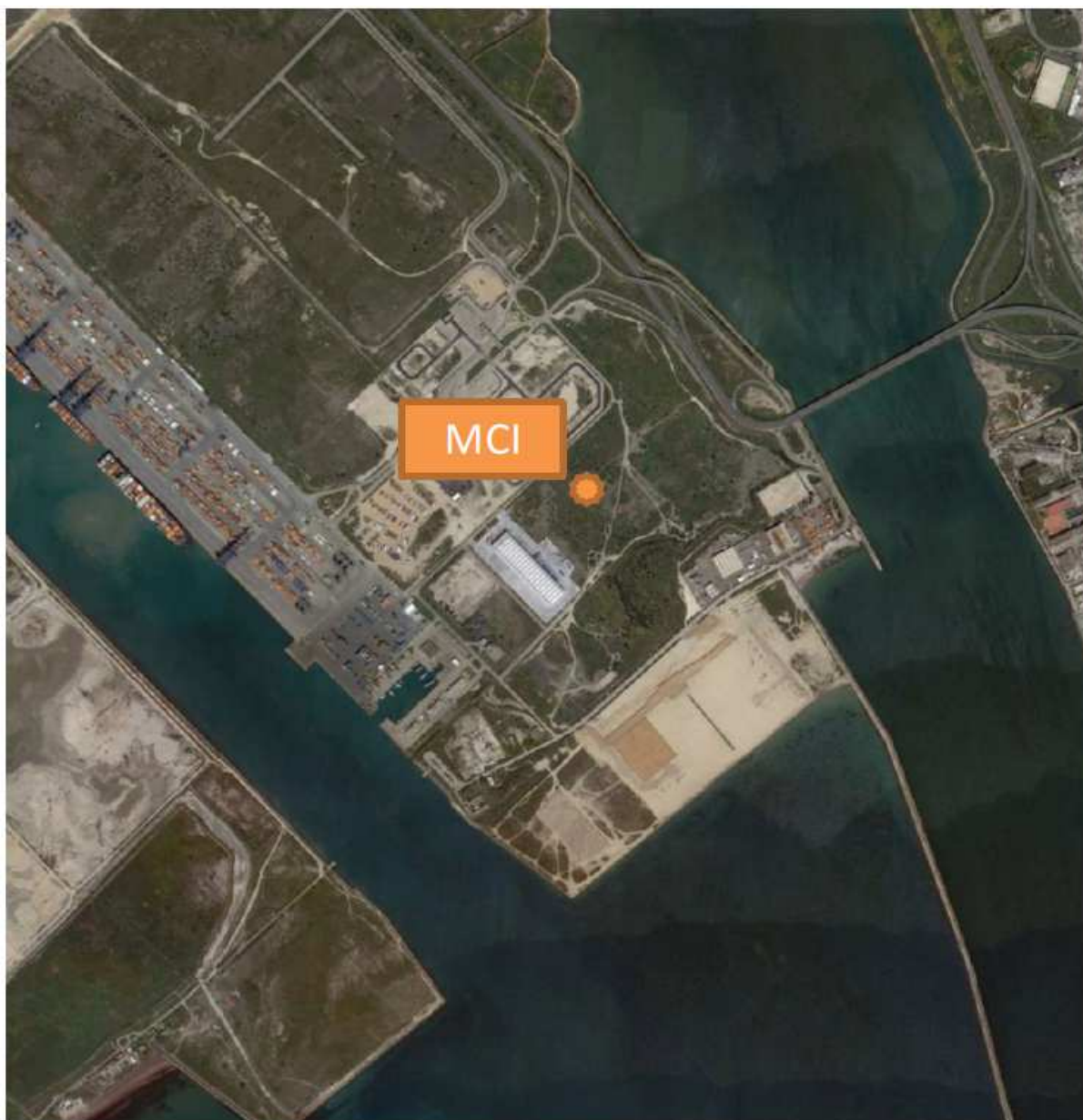


Figura 17 – Ubicazione dei punti di emissione in progetto.

Nel modello di calcolo utilizzato sono stati quindi individuati quali sorgenti due motori con le seguenti caratteristiche.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Portata fumi	(5%O <sub>2</sub> ) kg/s	0.76
Altezza camino	m	4
Diametro camino	m	0.25
Parametro per Valore	UdM	Valore
Temperatura Fumi	°C	508

Tabella 31 – Caratteristiche MCI.

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono costituiti NO<sub>x</sub> e CO. Cautelativamente quale, la concentrazione emissiva di NO<sub>x</sub> è stata posta pari al limite di 350 mg/Nm<sup>3</sup> (3% O<sub>2</sub>) previsto per tale tipologia di apparecchiatura (Allegato I alla parte quinta D.Lgs.152/06 e s.m.i.).

Per l'inquinante CO, non essendo fissato un limite normativo, è stata considerata una concentrazione emissiva di 450 mg/Nm<sup>3</sup> (3% O<sub>2</sub>).

Nella tabella seguenti viene riportato il prospetto di sintesi dei parametri utilizzati come input al modello di simulazione, per le due sorgenti considerate:

Id	Altezza (m)	Diametro (m)	Temperatura (°C)	Vel. Uscita (m/s)	Emissione NO <sub>x</sub> (g/s)	Emissione CO (g/s)
MCI 1	4	0.25	508	34	0,18	0,23
MCI 2	4	0.25	508	34	0,18	0,23

Tabella 32 – Dati emissive MCI.

Per quanto concerne invece il fattore di esercizio dell'impianto, non potendo stabilire a priori il numero di giorni di funzionamento nell'arco di un anno, in input al modello è stato conservativamente ipotizzato il funzionamento continuo (365 giorni/anno).

Contestualmente alle sorgenti interne al sito, al fine di considerare anche l'apporto alla qualità dell'aria associabile all'intera attività, sono state introdotte anche le sorgenti emissive associate alla navi metaniere di approvvigionamento del sito.

In particolare il progetto prevede il seguente traffico medio di movimentazione GNL:



Unità	Quantità previste
Metaniere	24 mezzi/anno da 15600 mc per l'approvvigionamento del GNL
Bettoline	20 mezzi /anno da 1000 mc per la distribuzione del GNL via mare
Rimorchiatori	Associati a ciascun operazione di attracco e disattracco
Unità	Quantità previste
Autocisterne	4 mezzi/giorno da 41 mc per la distribuzione del GNL via terra, come ipotesi per i primi anni di esercizio dell'impianto

**Tabella 33 – Mezzi di movimentazione GNL previsti.**

Dall'analisi di tali dati si evidenzia come le operazioni di movimentazione siano fortemente limitate nel tempo.

Al fine di effettuare una efficace valutazione degli effetti ambientali è stata quindi considerata, la peggiore condizione di esercizio, associabile alla presenza in attracco di una nave metaniera e dell'associato mezzo rimorchiatore.

I dati emissivi considerati, date le tempistiche di presenza delle navi, saranno limitati alla valutazione delle concentrazioni di picco (orarie e sulle otto ore).

Per quanto riguarda il contributo alle emissioni in atmosfera di NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO e Polveri, il calcolo è stato effettuato utilizzando fattori di emissione di letteratura, tenendo conto della tipologia di combustibile e del relativo consumo secondo la capacità delle navi utilizzate.

Nella tabella sottostante si riportano i fattori di emissione utilizzati:

Fattori di emissione		
Inquinante	Rimorchiatore <sup>1</sup> kg/t combustibile	Metaniera <sup>2</sup> (g/GJ)
NO <sub>x</sub>	78,5	125
CO	7,4	---
SO <sub>x</sub>	0,1	---
Polveri	1,5	---

**Tabella 34 – Fattori di emissione mezzi navali.**



Tali fattori di emissione, in base alle previste operazioni di manovra di attracco e disormeggio, considerando le seguenti potenze installate sulle due unità navali:

- Metaniera 5000 kW;
- Rimorchiatore 1400 kW.

Sono stati convertiti nei seguenti dati emissivi puntuali considerati.

Id	Altezza (m)	Diametro (m)	NO <sub>x</sub> (g/s)	SO <sub>2</sub> (g/s)	Polveri (g/s)	CO (g/s)
Metaniera (Valutazione condizioni di picco)	23	0,7	0,6	---	---	---
Rimorchiatore (Valutazione condizioni di picco)	10	0,4	3,4	0,01	0,35	0,53

Tabella 35 – Dati emissive mezzi navali.

Come riportato nella tabella precedente, per la nave metaniera è stato considerato il solo contributo in termini di ossidi di azoto, in quanto unico inquinante significativamente emesso data la specifica tipologia di propulsione.

Per la conversione i dati puntuali sono stati considerati i dati di consumo proposti dalla stessa linea guida EEA sopraccitata.

Le sorgenti di emissione dei mezzi navali sono state cautelativamente considerate come posizionate all'interno del porto canale, nella posizione indicata.



Figura 18 – Ubicazione dei punti di emissione delle unità navali.

#### Assetto di emergenza

Quale ulteriore caso di analisi, è stata considerata, la condizione di emergenza di attivazione della torcia dell'istallazione.

Tale apparecchiatura avrà lo scopo di effettuare la combustione del gas naturale, in caso di emergenza legata alle apparecchiature installate, o alla rete di distribuzione territoriale.

Quale caso di studio, in via cautelativa, è stata considerata la massima capacità della torcia, dimensionata per il peggior caso di decompressione simultanea degli impianti installati.

Quanto simulato rappresenta quindi un caso limite di emissione massima, ipotizzabile per tempi estremamente limitati.

La torcia è stata considerata quale unico punto emissivo significativo di emergenza, in particolare infatti le altre emissioni (pompe antincendio e gruppi di continuità) risultano trascurabili.

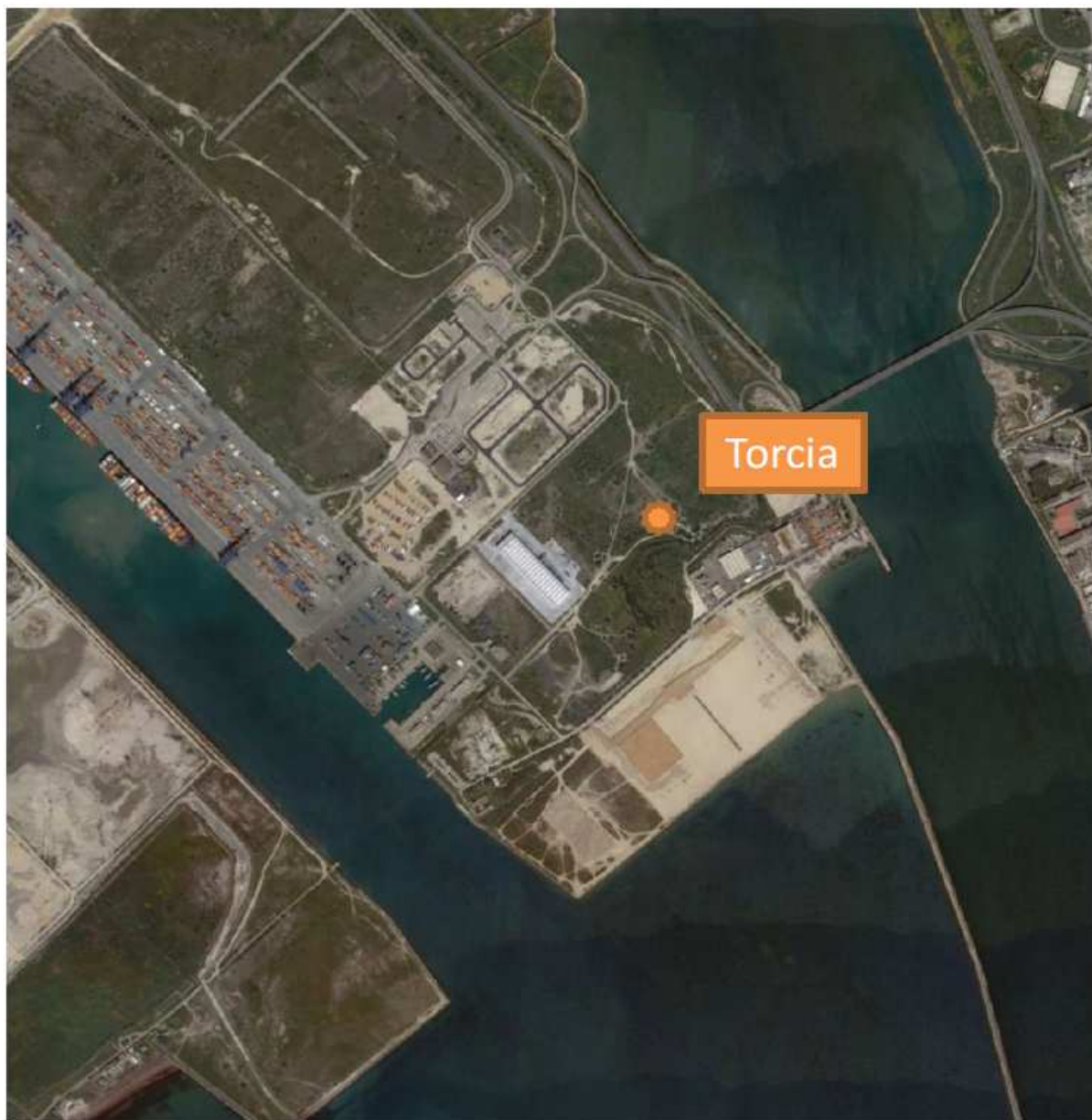


Figura 19 – Ubicazione Torcia.

Nel modello di calcolo è stata quindi inserita la torca con le seguenti caratteristiche.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Portata (Portata di dimensionamento)	kg/h	37.281
Altezza	m	37
Composizione (ai fini della simulazione)	---	100 % Metano

**Tabella 36 – Caratteristiche Torcia.**

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono costituiti NO<sub>x</sub> e CO, calcolati mediante i fattori di emissione, proposti per le torce, dall'agenzia per l'ambiente statunitense EPA3.

Come suggerito dagli stessi documenti EPA, i valori proposti quali fattori di emissione risultano qualitativi in quanto legati alla combustione di diversi gas. Nel caso di combustione di Gas Naturale risulta prevedibile una combustione molto efficiente e tale da limitare gli incombusti.

Nelle simulazioni non sono quindi considerate le emissioni di particolato in quanto possono ritenersi trascurabili.

Nella successiva tabella si riportano i dati emissivi adottati.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Altezza effettiva di rilascio dei fumi di combustione	m	46
Diametro equivalente	m	1,84
Velocità di uscita effettiva	m/s	20
Temperatura di emissione effettiva	°K	1273
Fattore di emissione CO	lb/10 <sup>6</sup> btu	0,66
Fattore di emissione NO <sub>x</sub>	lb/10 <sup>6</sup> btu	0,068

**Tabella 37 – Caratteristiche torcia.**

Parametro per Valore	UdM	Valore
Flusso emissivo CO calcolato	g/s	69
Flusso emissivo NOx calcolato	g/s	15

Tabella 38 – Caratteristiche torcia.

I dati riportati sono stati calcolati mediante la metodologia proposta dal modello di calcolo e secondo la metodologia ufficiale EPA4, e rappresentano la sorgente equivalente alla quale la torcia accesa può essere assimilata.

#### I dati meteo

I dati meteorologici di input al modello, sono costituiti, come già specificato in precedenza, da una combinazione dei parametri meteorologici al suolo e in quota nel dominio di calcolo, ottenuti dal modello WRF, in corrispondenza del baricentro del porto di Cagliari per l'anno 2016.

Tali dati sono stati elaborati tramite CALMET al fine di calcolare i dati meteo in corrispondenza dei nodi della griglia di calcolo in input al modello CALPUFF con densità adeguata, contenente i record relativi alle 8.784 ore dell'anno 2016 preso a riferimento.

#### Risultati delle simulazioni

Una volta definiti i dati di input al modello (dati meteo, reticolo di calcolo e sorgenti emissive) si è provveduto ad effettuare le simulazioni con il modello CALPUFF.

I risultati delle simulazioni sono riassunti mediante apposite mappe che riportano le curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti esaminati sovrapposte ad una immagine satellitare dell'area di interesse.

Le curve di isoconcentrazione sono state ricavate per interpolazione grafica dei valori calcolati dal modello in corrispondenza dei nodi del reticolo di calcolo e sono state contrassegnate nelle mappe dal proprio valore di concentrazione.



Inquinante	Assetto emissivo	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Rif. mappa Appendice I
NO <sub>x</sub>	Normale esercizio	Concentrazione media annua	5,0	Mappa 1
	Normale esercizio	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	73,5	Mappa 2
	Emergenza	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	24,3	Mappa 3
CO	Normale esercizio	Media massima giornaliera sulle 8 ore	51,3	Mappa 4
	Emergenza	Media massima giornaliera sulle 8 ore	143	Mappa 5
Polveri	Normale esercizio	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	3,5	Mappa 6
SO <sub>2</sub>	Normale esercizio	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	0,2	Mappa 7
	Normale esercizio	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	0,1	Mappa 8

Tabella 39 – Sintesi delle simulazioni effettuate per i principali inquinanti e relativi elaborati grafici.

Gli assetti presentati sono rappresentativi delle condizioni emissive di picco di ciascun punto di emissione.

Si precisa però come nel calcolo dei valori di riferimento medi annui siano state considerate esclusivamente le sorgenti fisse interne al sito (MCI).

In relazione all'assetto di emergenza si evidenzia come siano state simulate esclusivamente le concentrazioni di ricaduta di picco (orarie, 8 ore) in quanto rappresentative di tale tipologia di assetto.

### Confronto con gli standard di qualità dell'aria

#### *Metodologia adottata*

La presente analisi è finalizzata all'identificazione e quantificazione degli effetti delle emissioni in aria nell'ambiente circostante in riferimento ai due scenari emissivi considerati (normale esercizio ed emergenza).

Tale finalità può essere ricondotta alla verifica basata sul confronto tra il contributo aggiuntivo che il nuovo impianto determina al livello di inquinamento nell'area geografica interessata e il corrispondente standard di qualità dell'aria (SQA).

#### *Valori di riferimento per la qualità dell'aria*

In tabella seguente sono riassunti per gli inquinanti atmosferici esaminati, i valori limite di qualità dell'aria (o Standard di Qualità dell'Aria – SQA), stabiliti dalla normativa vigente in materia (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

Inquinante	Descrizione	Periodo di mediazione	Parametro statistico	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Normativa di riferimento
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 ora	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	200	D.Lgs.155/10 e s.m.i.
	Valore limite annuale (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	40	
NO <sub>x</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	30	
CO	Valore limite (All. XI D.Lgs. 155/10)	8 ore	Media massima giornaliera sulle 8 ore	10 <sup>4</sup>	
PM10	Valore limite giornaliero (All. XI D.Lgs. 155/10)	24 ore	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	50	
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 ora	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	350	
	Valore limite giornaliero (All. XI D.Lgs. 155/10)	24 ore	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	125	

Tabella 40 – Valori limite di qualità dell'aria applicabili.

Si sottolinea che per gli inquinanti SO<sub>x</sub> e Polveri si riportano esclusivamente gli standard di qualità di picco (medie orarie e giornaliere), in quanto prodotte esclusivamente dalle attività navali limitate nel tempo.

#### Confronto risultati simulazioni con SQA

La tabella seguente mostra il confronto tra le concentrazioni calcolate dal modello di simulazione applicato e gli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) corrispondenti.

Gli standard di qualità dell'aria previsti per la protezione della vegetazione per la media annua di NO<sub>x</sub> sono stati cautelativamente considerati in quanto tali valori limite sono da riferirsi a stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo.

Inquinante	Assetto emissivo	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% rispetto al valore limite
NO <sub>x</sub>	Normale Esercizio	Concentrazione media annua	5,0	30 (come NO <sub>x</sub> ) 40 (come NO <sub>2</sub> )	17%
	Normale Esercizio	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	73,5	200 (come NO <sub>2</sub> )	37%
	Emergenza	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	24,3	200 (come NO <sub>2</sub> )	12%
CO	Normale Esercizio	Media massima giornaliera sulle 8 ore	51,3	10.000	0,5%
	Emergenza	Media massima giornaliera sulle 8 ore	143	10.000	1,4%
PM10	Normale Esercizio	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	3,5	50	7,0%
SO <sub>2</sub>	Normale Esercizio	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	0,2	350	0,1%
	Normale Esercizio	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	0,1	125	0,1%

Tabella 41 – Confronto dei risultati con SQA.

Il confronto con i valori di concentrazione al suolo ottenuti con il modello di simulazione e gli Standard di Qualità dell'Aria evidenzia il pieno rispetto dei limiti per tutti gli inquinanti analizzati, sia in termini di valori medi annui che di concentrazioni di picco.

Le mappe riportate in appendice mostrano che nel normale esercizio il picco di massima ricaduta rimane in prossimità delle installazioni, o delle unità navali, senza interessare recettori esterni.

I picchi di ricaduta al suolo risultano ubicati infatti per la quasi totalità degli inquinanti esaminati entro o in prossimità del confine dell'area interessata dal progetto e le curve di concentrazione al suolo (v. Appendice I) mostrano un rapido decadimento dei valori di concentrazione già a breve distanza dal sito.

Per quanto riguarda le emissioni legate all'emergenza queste, data l'altezza della torcia, e la natura del composto combusto, risultano fortemente limitate e tali da non risultare peggiori delle condizioni di esercizio.

In definitiva, come si evince dai dati riportati nella precedente tabella, il criterio di valutazione risulta verificato per tutte le sostanze simulate e per entrambi gli assetti considerati nella simulazione.

In relazione agli standard applicabili si evidenzia come il contributo più vicino al rispettivo standard di qualità è rappresentato dalle concentrazioni di ossidi di azoto (circa 37% dello SQA); occorre tuttavia sottolineare che tale confronto risulta ampiamente conservativo, in quanto:

- Il confronto è stato effettuato nell'ipotesi di assimilare tutti gli NO<sub>x</sub> emessi ad NO<sub>2</sub>;

- Il valore di picco evidenziato nella mappa in appendice si trova in corrispondenza delle unità navali presenti nel porto, i valori di ricaduta che interessano le zone abitate, i quali dovrebbero essere considerati nel confronto con gli standard, sono inferiori al 10% dell'SQA di riferimento.

## **6 AMBIENTE IDRICO TERRESTRE E MARINO**

### **6.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento**

La caratterizzazione dell'ambiente idrico ha lo scopo di descriverne le peculiarità in riferimento all'ambito di studio considerato, ovvero l'area dell'avamposto est del Porto Canale.

Essa ha come obiettivo quello di stabilire la compatibilità ambientale dell'intervento e delle sue modificazioni indotte in base alla normativa vigente.

Tale rappresentazione deve mettere in evidenza gli aspetti maggiormente significativi e rappresentativi di tale componente, allo scopo di individuare gli elementi "sensibili" agli effetti causati dalla realizzazione dell'opera in progetto e alla sua messa in esercizio.

Inoltre dall'analisi dell'intervento in progetto si potranno determinare le azioni permanenti e transitorie che interagiscono con gli elementi propri dell'ambiente idrico, determinare le possibili interferenze e valutare l'entità delle conseguenze nell'interazione Opera - Ambiente.

Infine si potranno individuare le soluzioni adottabili per il contenimento degli effetti di tali interazioni.

Al fine di individuare le interazioni tra il progetto e l'ambiente idrico si distingue tra la fase di cantiere e la fase di esercizio.

Nell'ambito della fase di cantiere le interazioni progetto-opera sono legate a:

- Prelievi idrici per le necessità di cantiere;
- Scarico degli effluenti liquidi;
- Modificazione del drenaggio superficiale dell'area;
- Influenza sui deflussi idrici sotterranei per la realizzazione di scavi e fondazioni;

In fase di esercizio le interazioni progetto-opera sono legate a:

- Prelievi idrici per le necessità operative;
  - Scarico effluenti liquidi;
  - Influenza sui deflussi idrici sotterranei indotta dalla presenza delle fondazioni;
  - Popolamento degli specchi d'acqua;
-



- Potenziale contaminazione per spandimenti accidentali in fase operativa.

L'ambito di studio preso in considerazione per l'analisi di tale componente ambientale comprende il Golfo di Cagliari per la parte marina e l'entroterra, costituito dal Porto Canale e dallo stagno di Santa Gilla, i quali rientrano nell'ambito dell'Unità Idrografica Omogenea del Flumini Mannu di Cagliari – Cixerri.

Dal punto di vista normativo l'elemento cardine in materia di tutela della qualità delle acque è il D.Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 "Norme in materia Ambientale" e s.m.i. che recepisce la Direttiva 2000/60/CE, la quale disciplina la tutela quali-quantitativa delle acque dall'inquinamento.

In particolare l'art. 73 (*finalità*) del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i. comma 1, che disciplina la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee, stabilisce i seguenti obiettivi:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate;
- mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità contribuendo quindi a garantire una fornitura sufficiente di acque superficiali e sotterranee di buona qualità per un utilizzo idrico sostenibile, equilibrato ed equo; ridurre in modo significativo l'inquinamento delle acque sotterranee; proteggere le acque territoriali e marine e realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali in materia, compresi quelli miranti a impedire ed eliminare l'inquinamento dell'ambiente marino, allo scopo di arrestare o eliminare gradualmente gli scarichi, le emissioni e le perdite di sostanze pericolose prioritarie al fine ultimo di pervenire a concentrazioni, nell'ambiente marino, vicine ai valori del fondo naturale per le sostanze presenti in natura e vicine allo zero per le sostanze sintetiche antropogeniche;
- impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, degli ecosistemi terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico.

L'art. 73 del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. al comma 2 disciplina che il raggiungimento degli obiettivi indicati al comma 1 si realizza attraverso i seguenti strumenti:

- l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici;
- la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi nell'ambito di ciascun distretto idrografico ed un adeguato sistema di controlli e di sanzioni;



- il rispetto dei valori limite agli scarichi fissati dallo Stato, nonché la definizione di valori limite in relazione agli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- l'adeguamento dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione degli scarichi idrici, nell'ambito del servizio idrico integrato;
- l'individuazione di misure per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento nelle zone vulnerabili e nelle aree sensibili;
- l'individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;
- l'adozione di misure per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e di ogni altra fonte di inquinamento diffuso contenente sostanze pericolose o per la graduale eliminazione degli stessi allorché contenenti sostanze pericolose prioritarie, contribuendo a raggiungere nell'ambiente marino concentrazioni vicine ai valori del fondo naturale per le sostanze presenti in natura e vicine allo zero per le sostanze sintetiche antropogeniche;
- l'adozione delle misure volte al controllo degli scarichi e delle emissioni nelle acque superficiali secondo un approccio combinato.

Il perseguimento delle finalità e l'utilizzo degli strumenti di cui ai commi 1 e 2, nell'ambito delle risorse finanziarie previste dalla legislazione vigente, contribuiscono a proteggere le acque territoriali e marine e a realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali in materia.

### **6.1.1 Acque superficiali**

#### *Inquadramento generale*

La Sardegna mostra i caratteri idrografici tipici delle regioni mediterranee con corsi d'acqua a regime torrentizio dovuti alla vicinanza dei rilievi alla costa.

Questi ultimi infatti sono caratterizzati da forti pendenze per gran parte del loro percorso e i loro alvei sono interessati da importanti fenomeni di piena nei mesi tardo autunnali e da lunghi periodi di magra nei mesi estivi.

Gli unici corsi d'acqua a carattere perenne in Sardegna sono il Flumendosa, il Coghinas, il Cedrino, il Liscia, il Temo e il Tirso.

Il Flumendosa, secondo per importanza, che nasce dal Gennargentu e sfocia sulla costa sud-orientale della Sardegna, è il fiume più caratteristico del sub-bacino idrografico che comprende l'area di interesse.

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub\_Bacini, ognuno dei quali, pur essendo diverso per



estensione territoriale, risulta omogeneo dal punto di vista geomorfologico, geografico, idrologico.

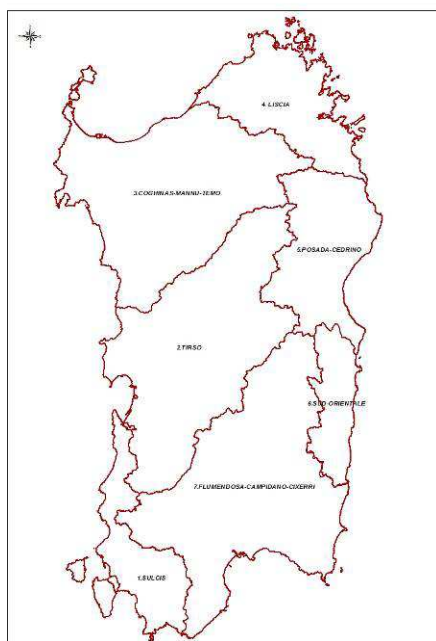


Figura 20 – Suddivisione in sub-bacini.

L'area di studio ricade all'interno del Sub-Bacino n. 7 *“Flumendosa-Campidano-Cixerri”*. Il Sub\_Bacino *“Flumendosa-Campidano-Cixerri”* che si estende per 5960 Km<sup>2</sup>, è l'area più antropizzata della Sardegna ed il sistema idrografico è interessato da diciassette opere di regolazione in esercizio e otto opere di derivazione. I bacini idrografici di maggior estensione sono costituiti dal Flumendosa, dal Flumini Mannu, dal Cixerri, dal Picocca e dal Corr'e Pruna.

Nell'ambito del presente studio si sono considerati i seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Flumendosa, è considerato attualmente il corso d'acqua di maggiore importanza in Sardegna per la complessità e dimensione del sistema di utilizzazione della risorsa idrica da esso costituito;
- Rio Mulargia, affluente in destra del Flumendosa;
- Rio Flumineddu, affluente in sinistra del Flumendosa;
- Rio Cixerri, un tempo affluente del Flumini Mannu;
- Rio Canonica, affluente del Rio Arriali, sbarrato dall'invaso di Punta Gennarta.
- Rio Bellicai, sbarrato dall'invaso di Monteponi, con una capacità d'invaso di 1,02 milioni di m<sup>3</sup>.



- Flumini Mannu, maggior tributario dello stagno di Santa Gilla, sfocia nella zona portuale di Cagliari; il corso d'acqua principale nasce a circa 800 metri di quota. Il primo nome assunto dal fiume è quello di Rio di Sarcidano, cambia denominazione in Rio San Sebastiano, Rio Mannu e finalmente, nei pressi di Isili, Flumini Mannu;
- Rio Lanessi, che con le sue articolazioni costituisce il reticolo idrografico affluente in sponda sinistra del Flumini Mannu.
- Rio Malu, affluente in sinistra del corso d'acqua principale.
- Rio Mannu di S. Sperate, che si congiunge la Flumini Mannu all'altezza di Decimomannu.
- Torrente Leni e rio Bidda Scema, affluenti del Flumini Mannu, interessati da opere di invaso.
- Rio di Capoterra.
- Rio di S. Lucia.

Inoltre, l'intero Campidano è attraversato da importanti reti di approvvigionamento idropotabile, da grandi reti irrigue, da numerose opere di captazione e di regolazione che hanno alterato in maniera sostanziale l'idrografia naturale del territorio.

Il Flumendosa (Flumini Mannu di Cagliari) ha una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello Stagno di S. Gilla.

Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

Gli affluenti principali del Flumini Mannu di Cagliari sono:

- in destra: il Canale Vittorio Emanuele, che drena le acque della depressione di Sanluri, e il Torrente Leni, che convoglia le acque di numerose sorgenti del Monte Linas e giunge nella piana del Campidano in territorio di Villacidro;
- in sinistra: il Torrente Lanessi, col quale confluisce presso lo sbocco in pianura e che scorre prevalentemente negli scisti e nel miocene della Trexenta, e il Rio Mannu di San Sperate che drena, con il Rio Flumineddu, le acque della Trexenta.

Il Riu Cixerri, l'altro fiume principale del Sub-Bacino n. 7 "*Flumendosa-Campidano-Cixerri*", ha le sue sorgenti nel versante settentrionale del massiccio del Sulcis e scorre poi pressoché perpendicolare alla linea di costa occidentale e sfocia nello stagno di Santa Gilla.

Altri elementi importanti dell'idrografia superficiale sono l'invaso del Cixerri a Genna is Abis, nel Basso Cixerri, e quello del Rio Canonica a Punta Gennarta, il primo a gravità massiccia, gestito dall'EAF, il secondo gestito da consorzio di bonifica del Cixerri.

Altro elemento caratteristico dell'idrografia superficiale di questa Unita Idrografica è lo Stagno di Santa Gilla, dove confluiscono le acque sia del Flumini Mannu che del Cixerri, oltre che di una serie di corsi d'acqua minori, tra cui si segnalano il Rio Sa Nuscedda, il Riu Murta, il Riu di Sestu, mentre il Rio di Santa Lucia, sfocia anch'esso nell'area umida di Santa Gilla, nel corpo idrico denominato Saline di Capoterra.

Lo Stagno di Cagliari, modellato dalle oscillazioni del livello del mare, ha acquisito una configurazione a triangolo avente per base il cordone litoraneo e caratterizzato da uno specchio d'acqua principale circondato da zone paludose.

Al suo interno si trovano numerose isole quali: Sa Illetta, Sa Figu Morisca, Isoledda, Is Fradis, Is Cadenas, Ischeras e Bischera.

I Fiumi che si riversano nello stagno sono invece: il Fluminimannu, il Rio Cixerri, il Rio di Santa Lucia, il Rio sa Nuxedda, il Rio Giacù Meloni, il Rio sa Murta, il Rio is Molentis e il Rio di Sestu.

In particolare il *Rio Santa Lucia* nasce dai rilievi a ovest di Capoterra ed è alimentato da un vasto bacino imbrifero impostato quasi interamente in corrispondenza del massiccio paleozoico del Sulcis e solo nell'ultimo tratto scorre sui depositi quaternari. L'elevata impermeabilità delle litologie che costituiscono l'ossatura geologica della regione conferisce al reticolo un andamento dendritico. La lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua è di 25 km e ricade interamente nel comune di Capoterra.

Il *Rio Cixerri* nasce poco a sud di Iglesias e percorre l'omonima valle in direzione W-E, con un andamento a tratti anastomizzato, e confluisce nella piana del Campidano dopo aver oltrepassato la soglia di Siliqua. Dato il suo carattere torrentizio, il corso d'acqua può raggiungere portate anche di 8 mc/sec, che possono divenire pressoché trascurabili durante il periodo siccitoso e/o estivo. L'asta principale è lunga 50,6 km.

Il *Fluminimannu*, che rappresenta il più importante corso d'acqua della Sardegna meridionale, è caratterizzato da deflussi permanenti seppure in funzione delle stagioni e delle piogge. Il Fluminimannu nasce nel Tacco del Sarcidano, alimentato da numerose sorgenti di contatto tra i calcari mesozoici e il basamento cristallino paleozoico, e prosegue entro il dominio miocenico della Marmilla, dove riceve gli affluenti provenienti dalla Giara di Gesturi. Nel suo tratto terminale il fiume scorre entro la piana alluvionale



del Campidano secondo un andamento rettilineo N-S per confluire infine allo Stagno di Cagliari. Gli affluenti principali del Fluminimannu sono il Rio Bau di Casteddu, il Rio Lanessi, il Rio Leni, il Rio Malu e il Rio Mannu di San Sperate. L'asta principale è lunga 97,3 km.

### *Normativa di riferimento*

Dal punto di vista normativo, oltre al D.Lgs. n. 152/2006 descritto precedentemente, l'ambiente idrico superficiale è tutelato da:

- Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)
- Il Piano di tutela delle acque (PTA);

In particolare il PAI persegue obiettivi di tutela idrogeologica mediante disposizioni specifiche per le aree a diverso grado di pericolosità idraulica. Esso limita la trasformazione del territorio e quindi gli interventi ammessi, prevedendo al contempo misure atte a mitigare i possibili rischi.

Il PSFF realizza una delimitazione delle regioni fluviali atta a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il PTA, ai sensi all'Art. 121 comma 1 del D.Lgs. 152/2006, costituisce uno specifico piano di settore e contiene, oltre agli interventi volti a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di cui alla parte terza dello stesso decreto, le misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico.

Esso nel dettaglio contiene:

- i risultati dell'attività conoscitiva;
- l'individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione;
- l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento;
- le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico;
- l'indicazione della cadenza temporale degli interventi e delle relative priorità;
- il programma di verifica dell'efficacia degli interventi previsti;
- gli interventi di bonifica dei corpi idrici;

- i dati in possesso delle autorità e agenzie competenti rispetto al monitoraggio delle acque di falda delle aree interessate e delle acque potabili dei comuni interessati, rilevati e periodicamente aggiornati presso la rete di monitoraggio esistente, da pubblicare in modo da renderli disponibili per i cittadini;
- l'analisi economica e le misure previste al fine di dare attuazione alle disposizioni di cui all'articolo 119 concernenti il recupero dei costi dei servizi idrici;
- le risorse finanziarie previste a legislazione vigente.

### *Analisi di dettaglio*

Per i corpi idrici superficiali lo stato di qualità dipende dallo stato ecologico e dallo stato chimico del corpo idrico.

Lo stato ecologico dei corpi idrici è valutato sulla base del “SECA”, un indicatore sintetico delle alterazioni in atto sugli ecosistemi dei corsi d’acqua, che viene determinato incrociando, secondo la metodologia prescritta dall’allegato 1 al D.lgs. n.152/2006, i valori di LIM (Livello di inquinamento da macrodescrittori che stima il grado di inquinamento causato da fattori chimici e microbiologici) con quelli di IBE (indice biotico esteso che stima le alterazioni nella composizione della comunità di macroinvertebrati del corso d’acqua).

Esso prende in esame gli elementi biologici dell’ecosistema acquatico e gli elementi idromorfologici, chimici e chimico-fisici, oltre alla concentrazione di inquinanti specifici e ripartisce i corpi idrici in 5 classi:

- Elevato= azzurro → moderata o nulla alterazione antropica
- Buono= verde → alterazione lieve dei livelli di qualità biologica
- Sufficiente= giallo → alterazioni significativamente maggiori rispetto allo stato “buono”
- Scadente= arancione → alterazioni considerevoli dei livelli di qualità biologica
- Pessimo= rosso → gravi alterazioni dei livelli di qualità biologica

Ai sensi dell’art.4, comma 4, del D.Lgs. 152/99 entro il 31 dicembre 2016 devono essere conseguiti gli obiettivi generali di qualità ambientale riportati nella tabella seguente. Tale Tabella contiene anche gli esiti della classificazione, per i corsi d’acqua monitorati nella U.I.O. del Flumini Mannu – Cixerri.

N. U.I.O.	Nome U.I.O.	Id Bacino CEDOC	Nome Bacino	Id Corpo idrico CEDOC	Nome CEDOC	Id Stazione	SECA 2002-2004	SECA 2004-2006	SECA 2006-2007
1	Flumini Mannu-Cixerri	0001	Flumini Mannu	CS0001	Flumini Mannu	00010303	BUONO	BUONO	BUONO
						00010801	SCADENTE	SUFFICIENTE	N/D
						00010802	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	N/D
		0002	Riu Mannu di San Sperate	CS0001	Riu Mannu di San Sperate	00020801	PESSIMO	SUFFICIENTE	N/D
						00020802	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	N/D
						0302	Riu Cixerri	CS0001	Riu Cixerri

Tabella 42 – Classificazione dei corsi d'acqua monitorati.

Id_Bacino	Nome bacino	Id_Corpo idrico	Nome corpo idrico	Id_Stazione	Giudizio 152	Obiettivo 152 2008	Obiettivo 152 2016
0001	Flumini Mannu	CS0001	Flumini Mannu	00010303	BUONO	BUONO	BUONO
				00010801	SCADENTE	SUFFICIENTE	BUONO
				00010802	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO
0002	Riu Mannu di San Sperate	CS0001	Riu Mannu di San Sperate	00020801	PESSIMO	SUFFICIENTE	BUONO
				00020802	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO
0302	Riu Cixerri	CS0001	Riu Cixerri	03020708	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO
				03020823	N/D	SUFFICIENTE	BUONO

Tabella 43 – Obiettivi di qualità ambientale per i corsi d'acqua previsti dal D.Lgs. 152/99.

Il Sub-Bacino n. 7 presenta molti colpi idrici classificati come acque di transizione, alcuni dei quali sono tra i più importanti dell'intera Sardegna, in quanto facenti parte di parchi e aree protette, in particolare lo Stagno di Santa Gilla che, come precedentemente ricordato, drena le acque dei due corsi d'acqua principali, il Flumini Mannu e il Cixerri.

Sono inoltre presenti il sistema del Molentargius (Stagno del Molentargius e Saline di Stato di Cagliari) e una serie di corpi idrici di piccola estensione aventi notevole rilevanza paesaggistico – ambientale, che interessano in particolare le aree costiere del territorio Domus De Maria.

Per la definizione dello stato ambientale delle acque lagunari e degli stagni costieri si valuta il numero di giorni di anossia/anno che coinvolgono oltre il 30% della superficie del corpo idrico misurata nelle acque di fondo secondo lo schema della tabella 18 dell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/99, riportato di seguito.

Nell'area interessata è monitorato, ai sensi del D.Lgs. 152/1999, lo stagno di S. Gilla con un totale di 22 stazioni di campionamento.



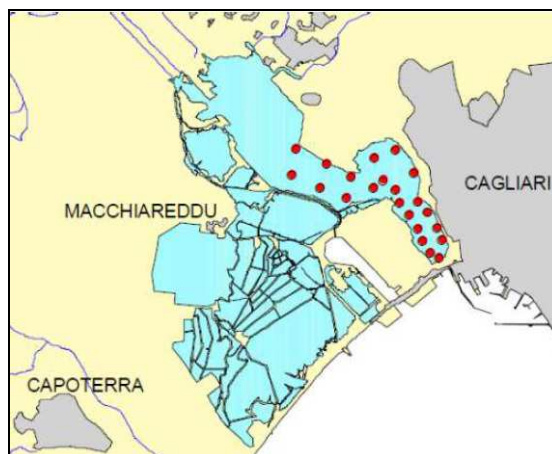


Figura 21 – Stazioni di campionamento dello stato ambientale delle acque.

In generale non si individuano anossie significative e lo stato di qualità delle acque di transizione può essere assunto come buono.

Lo stato chimico è definito dalla media aritmetica annuale delle concentrazioni di sostanze pericolose superficiali. La valutazione dello stato chimico dei corpi idrici superficiali è fatta sulla base di valori soglia, riportati nell'All.1 alla parte III del Decreto. Un corpo idrico in "buono stato chimico" soddisfa tutti i criteri di qualità ambientale fissati.

### 6.1.2 Acque sotterranee

#### *Inquadramento generale*

Le attività conoscitive svolte nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque della Sardegna approvato nel 2006, hanno permesso di individuare all'interno del territorio regionale 4 complessi idrogeologici (Detritico-Alluvionale, Detritico-Carbonatico, Vulcaniti, Carbonati) e 37 complessi acquiferi principali elencati nel seguito:

Tipo	Litologia	Età geologica	Localizzazione geografica	Codice	Superficie (kmq)
DQ	Detritico-alluvionale	Plio-Quaternario	Campidano	17	2330,302
			Nurra	1	243,634
			Cixerri	16	222,061
			Capoterra-Pula	13	127,932
			Muravera-Castidas	11	161,224
			Sulcis	14	377,431
			Villasimius	12	16,333
			Quirra	10	37,622
			Barisardo	9	30,831
			Tortoli	8	61,172
			Orosei	7	49,988
			Siniscola	6	55,471
			Olbia	4	54,855
			Valledoria	3	48,992
Sorso	2	44,997			
Chilivani-Oschiri	5	188,011			
LOC	Detritico-carbonatico	Plio-Quaternario	Piscinas	15	23,839
		Oligo-Miocenico	Campidano orientale	24	1593,694
			Sassarese	23	1041,880
		Eocenico	Carbonia	26	61,193
			Salto di Quirra	25	75,523
VU	Vulcaniti	Plio-Pleistoceniche	Logudoro	18	121,230
			Sardegna centro-occidentale	19	1093,791
			Baronie	20	154,419
			Monte Arci	21	161,003
			Giara di Gesturi	22	77,559
		Oligo-Mioceniche	Sardegna nord-occidentale	27	2533,061
			Monte Arcuentu	28	127,419
			Trexenta-Marmilla	29	23,933
			Sulcis	30	342,349
			Pula-Sarroch	31	50,524
CA	carbonati	Mesozoici	Nurra	32	451,718
			Golfo di Orosei	34	423,440
			Barbagia-Sarcidano	35	296,158
			Monte Albo	33	64,815
			Golfo di Palmas	36	18,968
		Paleozoici	Sulcis-Iglesiente	37	235,08

Tabella 44 - Complessi acquiferi individuati nel PTA e loro attribuzione ai tipi di complessi idrogeologici previsti dal D.Lgs 30/2009.

Per ogni complesso acquifero sono state definite le Unità idrografiche componenti.

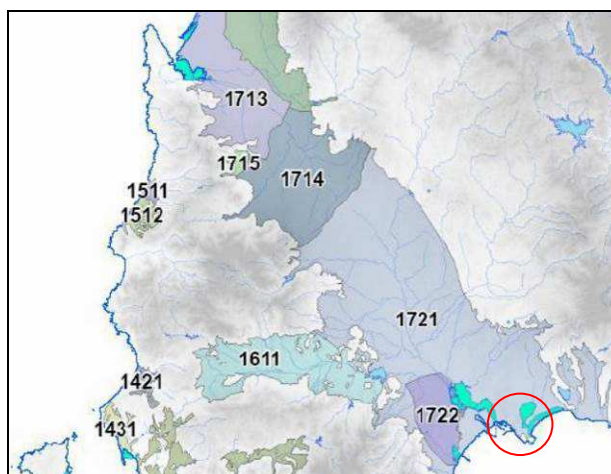


Figura 22 – Complesso Acquifero Principale (C.A.P) Detritico Alluvionale “Plio-Quaternario del Campidano”.

L'area oggetto di intervento è interessata dall'acquifero “Detritico-alluvionale plio-quaternario del Campidano di Cagliari” le cui caratteristiche sono riportate nelle tabelle seguenti:

TIPO	LITOLOGIA	ETA' GEOLOGICA	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	DENOMINAZIONE CORPO IDRICO	COD	CIS	SUP (kmq)
DQ	Detritico-Alluvionale	Plio-quaternario	Campidano	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Campidano di Cagliari	17	1721	919,30

Tabella 45 - Complesso Acquifero Principale Detritico Alluvionale “Plio-Quaternario del Campidano”, Elenco dei Corpi Idrici Presenti (Regione Autonoma della Sardegna, 2014a)

ID	COMPLESSO IDROGEOLOGICO	UNITA' IDROGEOLOGICA	DESCRIZIONE DELLE LITOLOGIE PRESENTI NEL COMPLESSO	TIPO E GRADO DI PERMEABILITA'
17	Campidano	Unità detritico carbonatica quaternaria	Sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina, tirreniana, travertini, calcari, detriti di falda.	Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche anche per fessurazione.
		Unità delle alluvioni plio-quaternarie	Depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi, depositi lacustro - palustri	Permeabilità per porosità complessiva medio – bassa; localmente medio – alta nei livelli a matrice più grossolana.
		Unità detritica pliocenica	Conglomerati, arenarie e argille di sistema alluvionale	Permeabilità per porosità bassa; localmente media in corrispondenza dei livelli a matrice più grossolana.

Tabella 46 - Complesso Acquifero Principale (C.A.P) Detritico Alluvionale “Plio-Quaternario del Campidano”: Unità Idrogeologiche Presenti e loro Descrizione (Regione Autonoma della Sardegna, 2014a).



### *Normativa di riferimento*

La Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000, ha lo scopo di istituire (art. 1) *“un quadro per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee...”*

Per i corpi idrici sotterranei, come per quelli superficiali, la Direttiva 2000/60/CE individua una serie di “Obiettivi Ambientali” (Art. 4). In particolare il comma 1, lettera b) stabilisce che gli Stati membri... *“proteggono, migliorano e ripristinano i corpi idrici sotterranei, e assicurano un equilibrio tra l'estrazione e il ravvenamento delle acque sotterranee al fine di conseguire un buono stato delle acque sotterranee entro il 2015”*.

Lo stesso articolo 4 della Direttiva, al fine di conseguire gradualmente gli obiettivi, introduce una serie di “esenzioni” e descrive sotto quali condizioni possono applicarsi.

In particolare viene posticipato il termine per il raggiungimento dello stato buono al 2021 o 2027 (comma 4), vengono fissati obiettivi meno rigorosi (comma 5), vengono prese in considerazione possibilità di deterioramento temporaneo dello stato (comma 6) e alterazioni dovute a nuove attività (comma 7).

Queste attenuanti sono ammesse nei seguenti casi:

- il raggiungimento degli obiettivi non fattibile a causa di condizioni naturali (es. tempi nei quali i processi naturali esplicano il loro effetto una volta eliminata o ridotta la sorgente di contaminazione);
- il raggiungimento del buono stato è tecnicamente impossibile o sproporzionatamente costoso.

Qualora il raggiungimento del buono stato non sia possibile neanche entro il 2021 o 2027 è necessario fissare obiettivi meno rigorosi. Presupposto per la definizione degli obiettivi e delle misure di intervento necessarie a raggiungerli è quello di effettuare una analisi delle “caratteristiche del distretto idrografico, esame dell'impatto ambientale delle attività umane e analisi economica dell'utilizzo idrico” (art. 5).

Le attività richieste riguardano:

- un'analisi delle caratteristiche del distretto;
- un esame dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sulle acque sotterranee.

Questo vuol dire identificare tutte le fonti puntuali o diffuse di pressione antropica (analisi delle pressioni) e un esame degli impatti (effetti che le pressioni esercitano sullo stato). Per valutare lo stato dei corpi idrici sotterranei, l'efficacia delle misure intraprese

e il grado di raggiungimento degli obiettivi (art. 8) *“gli Stati membri provvedono a elaborare programmi di monitoraggio dello stato delle acque al fine di definire una visione coerente e globale dello stato delle acque all'interno di ciascun distretto idrografico”*.

Sulla base dei risultati del monitoraggio è richiesto di effettuare la classificazione e determinare singolarmente lo stato chimico e quello quantitativo del corpo idrico sotterraneo. Lo stato complessivo riflette il peggiore dei due stati (art. 2).

Una attività fondamentale per la programmazione del monitoraggio è la assegnazione dei corpi idrici sotterranei alle categorie “a rischio” o “non a rischio”.

Oltre al testo della Direttiva e degli allegati, assumono particolare importanza le Linee Guida prodotte a livello Comunitario per l'applicazione della Direttiva stessa.

In sintesi, le attività previste dalla Dir. 2000/60/CE relativamente ai corpi idrici sotterranei riguardano:

- Caratterizzazione (art. 5. e allegato 2);
- Analisi dell'impatto delle attività umane (art. 5. e allegato 2);
- Obiettivi ambientali (art. 4);
- Monitoraggio dello stato chimico e quantitativo (art. 8 e allegato V).

La Direttiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento (art. 1) *“istituisce misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee, ai sensi dell'articolo 17, paragrafi 1 e 2, della direttiva 2000/60/CE.*

*Queste misure comprendono in particolare:*

- criteri per valutare il buono stato chimico delle acque sotterranee;
- criteri per individuare e invertire le tendenze significative e durature all'aumento e per determinare i punti di partenza per le inversioni di tendenza.

*La presente direttiva inoltre integra le disposizioni intese a prevenire o limitare le immissioni di inquinanti nelle acque sotterranee, già previste nella direttiva 2000/60/CE e mira a prevenire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici sotterranei.”*

Oltre a definire i criteri per la classificazione dello stato chimico, la Direttiva fissa Standard di Qualità delle acque sotterranee per i parametri Nitrati (50 mg/l) e per le sostanze attive nei pesticidi, compresi i loro pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione (0,1 µg/l, 0,5 µg/l totale). Prevede inoltre che gli Stati membri stabiliscano valori soglia per tutti gli inquinanti e gli indicatori di inquinamento che, secondo la caratterizzazione effettuata ai sensi dell'articolo 5 della Direttiva



2000/60/CE, caratterizzano i corpi o gruppi di corpi idrici sotterranei come a rischio di non poter conseguire un buono stato chimico delle acque sotterranee.

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" nella Parte Terza recepisce la Direttiva 2000/60/CE. In particolare agli articoli 118 e 120 sono dettate alcune competenze delle Regioni nelle attività di caratterizzazione e monitoraggio dei corpi idrici sotterranei.

Art. 118. *“Le Regioni attuano appositi programmi di rilevamento dei dati utili a descrivere le caratteristiche del bacino idrografico e a valutare l’impatto antropico esercitato sul medesimo...”. Tali programmi “sono adottati in conformità alle indicazioni di cui all’allegato 3 alla parte terza...”*

Art. 120. *“Le Regioni elaborano e attuano i programmi per la conoscenza e la verifica dello stato qualitativo e quantitativo delle acque superficiali e sotterranee all’interno di ciascun bacino 5/104 idrografico”. Tali programmi “sono adottati in conformità alle indicazioni di cui all’allegato 1 alla parte terza...”*

Il Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30. "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento", ad integrazione delle disposizioni di cui alla Parte terza del decreto legislativo n. 152 del 2006, definisce misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento ed il depauperamento delle acque sotterranee, quali (art. 1):

- criteri per l'identificazione e la caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei;
- standard di qualità per alcuni parametri e valori soglia per altri parametri necessari alla valutazione del buono stato chimico delle acque sotterranee;
- criteri per individuare e per invertire le tendenze significative e durature all'aumento dell'inquinamento e per determinare i punti di partenza per dette inversioni di tendenza;
- criteri per la classificazione dello stato quantitativo;
- modalità per la definizione dei programmi di monitoraggio quali-quantitativo.

La *Legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19* “Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici”. Ai sensi della LR 19/2006 la Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna...” cura gli adempimenti dell’Autorità di bacino fornendo il supporto tecnico e organizzativo per il suo funzionamento e predispone, per l’adozione dei successivi provvedimenti di competenza:

- un’analisi delle caratteristiche del distretto idrografico della Sardegna, con le modalità e i contenuti previsti dall’articolo 5 della direttiva n. 2000/60/CE, per procedere ad un esame dell’impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sotterranee e per definire un’analisi economica dell’utilizzo idrico;





- i programmi di monitoraggio dello stato di qualità delle acque, con le modalità e i contenuti previsti dall'articolo 8 della Direttiva n. 2000/60/CE, anche ai fini della determinazione continua del bilancio idrico e della salvaguardia della sicurezza dei cittadini in condizioni di crisi e successiva emergenza idrica, concordandone l'attuazione con l'ARPAS.

La *Legge regionale 18 maggio 2006, n. 6* istituita dall'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS). Ai sensi dell'art. 2 (Funzioni) della LR 6/2006 l'ARPAS provvede:

- allo studio, analisi e controllo dei fattori fisici, chimici e biologici rilevanti ai fini della prevenzione, della riduzione o della eliminazione dell'inquinamento acustico, dell'aria, delle acque e del suolo, elettromagnetico, radioattivo, da rifiuti solidi e liquidi, dei rischi di incidenti rilevanti;
- alla realizzazione ed alla gestione delle reti di monitoraggio e di altri sistemi di indagine, anche ai fini della valutazione del rapporto tra ambiente e salute delle popolazioni.

### *Analisi di dettaglio*

I corpi idrici sotterranei vengono classificati, ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, in base allo stato quantitativo e allo stato chimico.

Lo stato quantitativo utilizza il livello delle acque sotterranee per classificare i corpi idrici.

In particolare viene definito "buono" un corpo idrico sotterraneo in cui la media annua delle estrazioni non esaurisce la risorsa idrica disponibile e il livello delle acque non subisce alterazioni antropiche che impediscano il raggiungimento degli obiettivi ecologici specificati, che portino ad un peggioramento significativo della qualità delle acque e che possano produrre danni ingenti agli ecosistemi terrestri da essi dipendenti. Se non ci sono i presupposti perché tali condizioni si realizzino, lo stato qualitativo del corpo idrico è considerato scarso.

Per definire lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei si utilizzano due parametri:

- Conduttività;
- Concentrazione di inquinanti.

Un corpo idrico sotterraneo è definito "buono" (relativamente al suo stato chimico) se la sua composizione chimica mostra un'oscillazione del valore di conduttività tale da escludere potenziali intrusioni saline o di altro tipo e se la concentrazione di inquinanti non presenta effetti di intrusione salina, non supera gli standard di qualità imposti dalle normative e non pregiudica il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientali previsti

per le acque superficiali connesse, per le stesse acque sotterranee e per gli ecosistemi da essi dipendenti.

Se non ci sono i presupposti perché tali condizioni si realizzino, lo stato chimico del corpo idrico sotterraneo è considerato scarso.

Il D.Lgs. n.152/2006, che disciplina anche gli scarichi idrici, definisce scarico “qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione”.

Tale decreto disciplina gli scarichi in maniera diversa a seconda degli obiettivi di qualità dei corpi idrici recettori, in relazione ai carichi massimi ammissibili e alle tecniche di depurazione a disposizione.

In particolare si impone che tutti gli scarichi vengano autorizzati, che siano rispettati i valori limite contenuti nella Parte Terza dell'All.5 e che vengano definiti specifici obiettivi di qualità da raggiungere entro 2008 (livello sufficiente) e entro il 2015 (livello buono).

L'applicazione della procedura di classificazione degli acquiferi effettuata nell'ambito della “Caratterizzazione, obiettivi e monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della Sardegna” (Dicembre 2010) ha portato all'attribuzione dello stato chimico, quantitativo e complessivo ai corpi idrici sotterranei.

Nella tabella seguente si riportano i risultati di tale classificazione per il solo acquifero di riferimento:

CIS	Denominazione corpo idrico sotterraneo	Stato CHIMICO	Livello di confidenza	Stato QUANTITATIVO	Livello di confidenza	Stato COMPLESSIVO	Livello di confidenza
1721	Detritico-alluvionale plio-quadernario del Campidano di Cagliari	scarso	alto	buono	basso	scarso	alto

Tabella 47 - Dal doc. Caratterizzazione, obiettivi e monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della Sardegna (Dicembre 2010).

Nell'ambito del Progetto POR mis. 1.7 per valutare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è stato utilizzato il metodo base GNDCI-CNR (ANPA, 2001). Nell'ambito della “Caratterizzazione, obiettivi e monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della Sardegna” (Dicembre 2010) la valutazione della vulnerabilità per ciascun corpo idrico è stata dedotta a partire da quella individuata nell'ambito del PTA che ha classificato l'acquifero interessato con Vulnerabilità “Alta”.

### 6.1.3 Ambiente marino

#### *Inquadramento generale*

L'ambito costiero della Regione Sardegna, bagnato a est dal Mar Tirreno e a ovest dal Mar di Sardegna, si estende per 1.709 km, di cui:

- 1.351 km sono coste rocciose;
- 304 km sono spiagge;
- 53 km sono coste armate.

Circa l'80% delle spiagge della Sardegna si trovano in fase erosiva e le cause sono da associare agli interventi che si realizzano nell'ambito dei bacini idrografici e lungo le aste fluviali che provocano la riduzione dell'apporto solido alla foce.

#### *Analisi di dettaglio: qualità delle acque di balneazione*

La qualità delle acque di balneazione è fondamentale dal punto di vista sanitario e riveste un ruolo primario anche dal punto di vista economico per via del turismo e dal punto di vista naturalistico per la conservazione di specie animali e vegetali.

Quando si parla di acque di balneazione in Sardegna, si fa riferimento principalmente alle acque marino-costiere, essendo la regione con il maggior numero di km di costa e con la maggior percentuale di costa balneabile.

I corpi idrici marino-costieri destinati alla balneazione sono sottoposti al monitoraggio ai sensi delle norme Decreto del Presidente della Repubblica n. 470 del 8 giugno 1982, e della direttiva 2006/7/CE del 15 febbraio 2006 così come recepita dal D.lgs. n. 116 del 30 maggio 2008.

La rete di monitoraggio delle acque destinate alla balneazione è stata istituita in Sardegna nel 1985.

In occasione della stagione balneare 2010, tale rete di monitoraggio ha raggiunto quota 663 punti di controllo, monitorati dall'inizio di aprile alla fine di settembre.

L'idoneità alla balneazione viene stabilita dal risultato del monitoraggio effettuato nel periodo antecedente.

Per le finalità di balneazione vengono monitorati 869 km di costa mentre 356 km sono interdetti alla balneazione in maniera permanente per via della presenza delle aree militari, portuali e industriali, zone di riserva integrale delle aree marine protette.

Sono precauzionalmente interdette alla balneazione per potenziale inquinamento circa 72 km di costa (principalmente foci fluviali).



Il DPR n. 470/82 (come modificato dall'art. 18 della Legge n. 422/2000) disciplina il controllo delle acque di balneazione. Il monitoraggio delle acque ai fini della balneazione si fa confrontando il numero di campionamenti positivi al totale dei campionamenti e con riferimento ai valori dei parametri previsti dalla normativa.

Il monitoraggio delle acque marino costiere è finalizzato alla definizione dell'indice trofico e alla successiva determinazione del loro stato ambientale.

La Regione Sardegna ha predisposto e individuato 198 punti di monitoraggio suddivisi in 67 transetti, ciascuno con 2 o 3 punti di campionamento. Le indagini sono relative alle matrici:

- acqua (prelievi mensili);
- biota (prelievi semestrali);
- sedimento (prelievi annuali).

I risultati derivanti dall'applicazione dell'indice di trofia determinano l'attribuzione dello stato ambientale che va da "elevato" a "scadente".

Riguardo lo stato qualitativo dell'area oggetto di studio si possono ricavare informazioni utili da un'indagine ambientale condotta da Arpas e ISPRA (ex ICRAM) sulla laguna di Santa Gilla e gli stagni di Capoterra, Marceddi e San Giovanni nel 2007, nell'ambito delle attività di studio del territorio, finalizzate alla verifica dello stato di qualità delle matrici ambientali, potenziali bersagli della contaminazione, e ad un eventuale inserimento di tali aree all'interno del Sito di Bonifica di interesse nazionale del Sulcis-Iglesiente-Guspinese.

Il documento "*Monitoraggio dei corpi idrici ai sensi del D.lgs. 152/99 e ss. mm. Relazione periodo ottobre 2006 dicembre 2007 redatto dall'Agenzia Regionale per la Protezione Dell'ambiente della Sardegna (ARPAS)*" riporta dati dei campionamenti e delle analisi condotte sulle acque della laguna di Santa Gilla allo scopo di completare il piano di monitoraggio concordato ICRAM e ARPAS.

Nella figura seguente si possono vedere le stazioni di monitoraggio prese in considerazione nell'ambito del suddetto studio:

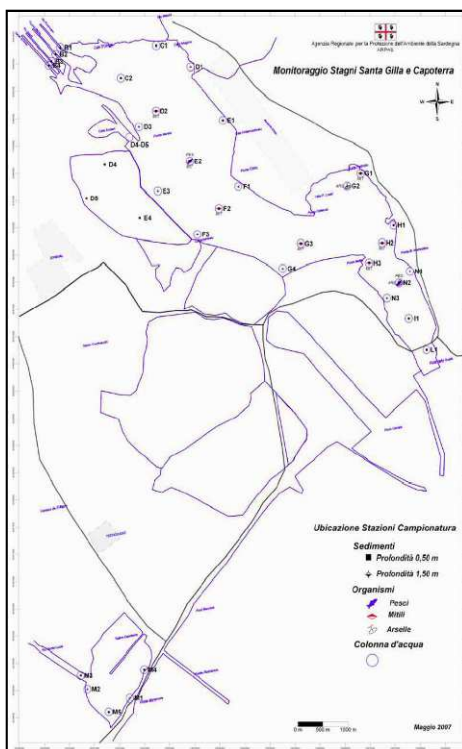


Figura 23 – Ubicazione stazioni di monitoraggio Fonte Arpas.

I risultati delle analisi dei campionamenti hanno mostrato che le acque sono ben ossigenate, hanno scarsa presenza di clorofilla e valori di conducibilità compatibili con l'ambiente lagunare, a meno delle acque prospicienti agli immissari dei bacini scolanti. Ad eccezione dei punti prossimi alle foci degli immissari nella laguna, le colonne d'acqua campionate sono risultate prive di contaminazioni in relazione all'apporto di nutrienti.

Anche i monitoraggi eseguiti sulle matrici ambientali mostrano che su sedimenti, acqua e biota non sono presenti elementi chimico-batteriologici ed ecotossicologici in concentrazioni tali da far pensare a una possibile contaminazione del compendio lagunare.

Di contro la contaminazione afferisce solo a forme puntuali ben localizzate e circoscritte.

Riguardo alle acque marino-costiere, i dati derivanti dal loro campionamento sono stati desunti dalla banca dati del Si.Di.Mar (Sistema Difesa Mare - Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare) il quale fornisce dati ambientali marini rilevati durante campagne oceanografiche o da stazioni fisse e mobili di rilevamento.

Tali dati, elaborati statisticamente con un indice chiamato CAM, sono in grado di fornirci un giudizio sulla qualità delle acque in termini di rischio igienico - sanitario dal confronto con i dati oceanografici di base.

In particolare vengono monitorati:

- nitrati (NO<sub>3</sub>);
- nitriti (NO<sub>2</sub>);
- ammoniaca (NH<sub>4</sub>);
- fosfati (PO<sub>4</sub>);
- silicati (SiO<sub>4</sub>);
- salinità;
- trasparenza;
- clorofilla a.

La classificazione delle acque in relazione all'indice CAM distingue la loro qualità in:

- E → Elevata qualità: acque incontaminate;
- M → Media qualità: acque con diverso grado di eutrofizzazione, ma ecologicamente integre;
- B → Bassa qualità: acque eutrofizzate con evidenze di alterazioni ambientali anche di origine antropica.

Entrando nello specifico, per la caratterizzazione che interessa la matrice ambientale nei dintorni dell'area di intervento, si possono prendere in considerazione i dati della stazione di Cagliari (stazione 0013) relativi al periodo 2006 – 2009, dai quali emerge che la qualità dell'acqua è per lo più elevata.

Di seguito si riportano i dati di monitoraggio relativi alla stazione n. 3 di Cagliari:

Campagna 2006 -2009 - stazione n. 3 di Cagliari																								
	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12	
indice complessivo qualità delle acque	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A	1A	2A
Acqua sottocosta	M	E	B	E	M	M	E	M	E	E	E	E	B	E	E	E	E	E	E	B	E	E	E	M
Acqua intermedia	M	M	B	E	M	M	E	M	M	E	E	E	B	M	E	M	E	E	E	B	M	M	E	M
Acqua alto mare	M	M	B	M	M	B	E	M	M	E	E	E	M	M	E	M	E	E	E	M	M	M	M	M

Tabella 48 - Report dei risultati della campagna di monitoraggio 2006-2009 raccolti nella stazione n. 3 di Cagliari.



Parametri	valori
Salinità	36,14
Trasparenza(m)	55
Clorofilla (mg/mc)	0,25
Ammoniaca (NH <sub>4</sub> -μM/mc)	1,68
Fosfati (PO <sub>4</sub> -- μ M/mc)	<LIM.RIL.
Nitriti	0,21
Silicati	1,3
Nitrati	0,36

Tabella 49 - Risultati dati di monitoraggio della campagna 2006-2009 ricavati dalla stazione n. 3 di Cagliari.

La caratterizzazione dei sedimenti avviene mediante analisi dei dati riportati nel documento "Monitoraggio dei corpi idrici ai sensi del D.Lgs. 152/99 e ss.mm. Relazione periodo ottobre 2006 dicembre 2007 redatto dall'Agenzia Regionale per la Protezione Dell'ambiente della Sardegna (ARPAS)", hanno evidenziato che a fronte di una situazione di scarsa o nulla presenza di nutrienti, contaminanti organici e indici di contaminazione microbiologica, nei sedimenti degli stagni di Santa Gilla e Capoterra esistono alcune aree con contenuti anomali di mercurio, piombo e zinco. Confrontando i risultati con quelli delle indagini pregresse, (studio CNR 1989, Progetto Life Gilia 2002-2005) non si evidenziano grosse variazioni né nella distribuzione areale, né nei livelli di concentrazione dei metalli totali.

#### *Analisi di dettaglio: praterie di Posidonia Oceanica*

Le coste della Sardegna sono un luogo ideale per lo sviluppo delle praterie di Posidonia Oceanica. Esse infatti colonizzano il fondale sardo in maniera quasi continua a partire dai 5 m di profondità fino ai 30-40 m e per una superficie totale di circa 27.000 ha.

Lo stato ecologico delle praterie di Posidonia riflette il grado di antropizzazione: i segni di degrado aumentano proporzionalmente al livello di antropizzazione.

In particolare l'area interessata dall'intervento, ovvero quella antistante il porto canale ed il porto di Cagliari è caratterizzata dall'alternanza di praterie di Posidonia su matte e matte morte.

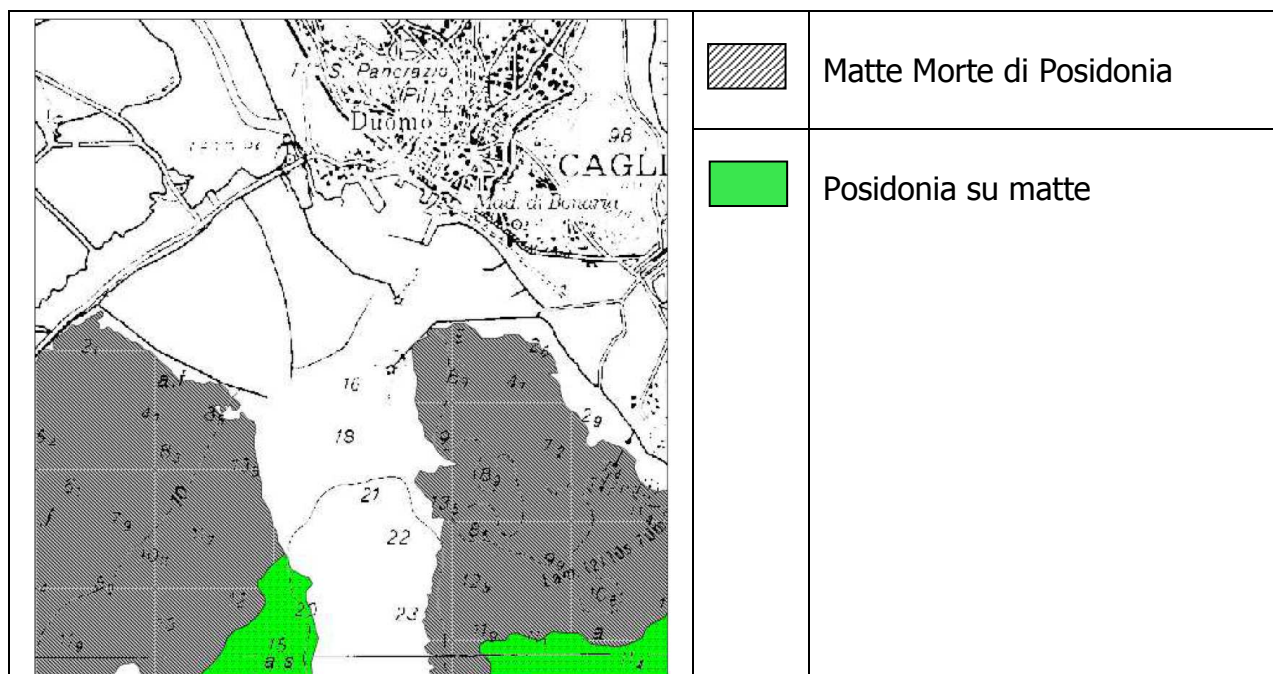


Figura 24 - Mappatura di Posidonia Oceanica nel Porto Canale. Dati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Programma di Monitoraggio per il controllo degli ambienti marino- costieri - Si.Di.Mar.

Nell'area dello Stagno di Cagliari e nell'area antistante Porto Canale l'habitat a praterie di Posidonia presenta una copertura diffusa, come nei SIC ITB040023 e ITB042243 (Monte Sant'Elia, Cala Mosca e Cala Fighera).

Nell'ambito dello Stagno di Cagliari, l'habitat a Posidonia è localizzato di fronte al cordone litorale di La Playa, su cui sono visibili consistenti accumuli di P. oceanica spiaggiata e di egagropile (sfere costituite da fibre di foglie e rizomi della P. oceanica compatte e arrotolate dal moto ondoso).

In seguito all'intervento di approfondimento della batimetria, al fine di consentire l'accesso al Porto Canale di Cagliari di grandi navi oceaniche, si è condotto uno studio per la valutazione del suo impatto in particolare sullo stato ecologico della Posidonia Oceanica.

Nell'ambito di tale studio ne sono state individuate 5 tipologie:

- Biocenosi delle sabbie e ghiaie fini infralitorali;
- Prateria di P. oceanica su matre;
- Praterie a P. oceanica in regressione;
- Praterie a Caulerpa prolifera su sabbia e ciottoli;
- Biocenosi delle sabbie dei canali intermatre.



Quella più diffusa è risultata essere la Posidonia Oceanica regressiva su matte (per il 60%), contraddistinta da un mediocre stato di conservazione.

La prateria di P. oceanica si trova quindi in uno stato di grave stress ed è destinata ad una definitiva scomparsa, soprattutto in relazione alle pressioni che insistono sull'area, quali il traffico navale e lo strascico, vietato ma ancora praticato.

## **6.2 Elementi di sensibilità e potenziali ricettori**

Tra gli elementi di sensibilità e i recettori potenzialmente impattati dall'intervento in oggetto si possono distinguere:

- Laghi, bacini e corsi d'acqua prossimi all'area di intervento;
- Aree a pericolosità idraulica elevata o molto elevata;
- Acquiferi e pozzi ad uso idropotabile;
- Terreni permeabili;
- Suoli o fondali contaminati.

## **6.3 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione**

La valutazione degli impatti sulle component ambientali precedentemente descritte deve necessariamente articolarsi in due fasi: fase di cantiere e fase di esercizio.

### **6.3.1 Fase di cantiere**

#### *Consumo di risorse per prelievi idrici*

I consumi idrici legati alle fasi di cantiere sono dovuti a:

- Necessità di inumidire o bagnare le aree di cantiere allo scopo di limitare le emissioni e la diffusione di polveri prodotte durante le attività di movimento terra;
- L'uso di fanghi bentonitici per le operazioni di trivellazione e/o infissione di pali;
- Gli usi civili del personale addetto alle operazioni di cantiere.

A questo proposito si può fare una stima dei consumi per ciascuna delle precedenti condizioni:

Uso	Modalità di Approvvigionamento	Quantità	Totale
Acqua per attività di cantiere (bagnatura piste, attività varie e usi di cantiere, etc.)	Autobotte	40 m <sup>3</sup> /g	400 m <sup>3</sup> /mese nell'ipotesi di irrigare per 10 gg al mese
Acqua per fanghi bentonitici	Autobotte	20 m <sup>3</sup> /g	160 m <sup>3</sup>
Acqua per usi civili	Autobotte	Circa 30 addetti (nell'ipotesi di una presenza massima di addetti contemporaneamente e presenti) x 60 l/g	Circa 53 m <sup>3</sup> /mese

**Tabella 50 - Prelievi Idrici in Fase di Cantiere.**

In considerazione del fatto che i consumi idrici sono abbastanza contenuti e comunque limitati nel tempo, si può affermare con assoluta certezza che l'impatto generale sulla risorsa è minimo e reversibile.

Allo scopo di ridurre al minimo il consumo dell'acqua potranno prevedersi degli accorgimenti come ad esempio limitare la bagnatura delle aree di cantiere solo alle situazioni di assoluta necessità, ottimizzare il sistema di produzione dei fanghi o predisporre un sistema di riutilizzo della risorsa idrica.

#### *Alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque*

Gli scarichi idrici in fase di cantiere sono dovuti alla produzione dei reflui di origine civile (per la presenza degli addetti ai lavori).

Le stime dei quantitativi di scarichi idrici prodotti sono riportati nella tabella seguente:

Tipologia di Scarico	Quantità	Modalità di Controllo, Trattamento e Smaltimento
Reflui civili	0.9 m <sup>3</sup> /g per addetto	I reflui civili saranno collettati e smaltiti come rifiuti liquidi.

**Tabella 51 - Scarichi Idrici in Fase di Cantiere.**

Per quanto concerne il processo di gestione dei serbatoi e delle condotte GNL si può concludere che le operazioni relative non produrranno peggioramento della qualità dell'acqua: l'impatto ad essi associato pertanto può essere ritenuto trascurabile, di breve durata e reversibile.

Anche in questo caso saranno previsti degli accorgimenti per garantire il minimo spreco della risorsa anche attraverso il riutilizzo.



### *Modifica del drenaggio superficiale*

Al fine di garantire il drenaggio delle acque meteoriche sul suolo, le aree di cantiere saranno pavimentate e dotate di una canalizzazione per la loro raccolta.

Per minimizzare le ingerenze con l'assetto idraulico del territorio si provvederà a ridurre al minimo le aree di scavo ed eseguire al meglio le operazioni di scavo.

### *Interazione con I flussi idrici sotterranei*

Le interferenze sulla circolazione idrica sotterranea sono da ricollegarsi in generale alle opere di fondazione degli edifici e delle opere minori oltreché all'infissione dei pali di fondazione per i serbatoi GNL.

Tuttaviasì considera che l'estensione dell'area di interferenza è limitata e circoscritta pertanto l'impatto relativo è di lieve entità.

Per contenerlo ulteriormente saranno previste soluzioni progettuali per escludere il rischio di contaminare le falde acquifere.

### *Contaminazione delle acque e dei suoli per effetto di spillamenti e spandimenti accidentali*

In fase di cantiere fenomeni di contaminazione delle acque superficiali e dei suoli per effetto di spillamenti e/o spandimenti potrebbero verificarsi solo in conseguenza di eventi accidentali (sversamenti al suolo di prodotti inquinanti e conseguente migrazione in falda e in corpi idrici superficiali) da macchinari e mezzi usati per la costruzione. Pertanto l'impatto sulla qualità delle acque superficiali e sui suoli risulta assai modesto.

Si noti che le imprese esecutrici dei lavori sono obbligate a riconsegnare l'area, al termine degli stessi, nelle medesime condizioni di pulizia e sicurezza ambientale in cui l'hanno trovata e quindi ad adottare tutte le precauzioni per evitare il verificarsi di tali circostanze.

Tra le misure di mitigazione del rischio, specie nelle fasi di rifornimento e durante le operazioni di manutenzione dei mezzi operativi e di trasposto, vi sono:

- L'accorgimento di effettuare le operazioni di manutenzione dei mezzi nella sede logistica dell'appaltatore;
- La perizia di effettuare gli interventi di manutenzione straordinaria in aree appositamente dedicate e progettate (su superfici piane dotate di teli impermeabili di adeguato spessore);
- L'attenzione posta ad eseguire il rifornimento dei mezzi operativi nell'ambito delle aree di cantiere grazie a piccoli autocarri dotati di serbatoi e attrezzature necessarie ad evitare sversamenti (es. teli impermeabili di adeguato spessore ed

- appositi kit in materiale assorbente) e comunque lontano da ambienti ecologicamente sensibili;
- Il controllo periodico dei circuiti oleodinamici delle macchine.
  - Inoltre gli impatti sulle componenti ambientali suddette possono essere evitati:
    - provvedendo alla compattazione delle aree di cantiere prima degli scavi per limitare la velocità di filtrazione;
    - cercando di evitare che i mezzi di lavoro transitino su suoli rimossi o da rimuovere;
    - effettuando la rimozione e lo smaltimento dei terreni contaminati secondo le modalità previste dalla normativa vigente e provvedendo alla loro sostituzione con materiali aventi le stesse caratteristiche.

### 6.3.2 Fase di esercizio

#### *Consumo di risorse per prelievi idrici*

Durante la fase di esercizio si prevede di utilizzare l'acqua per:

- Usi civili: uso di acque sanitarie quantificabile in circa 100 l/g per addetto.
- Usi industriali: per l'alimentazione delle stazioni di lavaggio e flussaggio di manutenzione e per l'irrigazione delle aree verdi quantificabile in circa 3mc/h.

Uso	Modalità di Approvvigionamento	Quantità
Acqua per usi civili	Rete acquedottistica del Consorzio Industriale	100l/g x addetto
Acqua per usi industriali	Rete acquedottistica del Consorzio Industriale	3 m3/ora

**Tabella 52 - Prelievi Idrici in Fase di Esercizio.**

Dai valori desunti dalla precedente tabella si evince che anche in fase di esercizio i consumi idrici sono contenuti, come anche l'impatto sulla componente anche se di lunga durata in quanto la vita utile del terminal GNL si stima in 25 anni.

Per quanto riguarda le misure di mitigazione previste al fine di ridurre i consumi non necessari sarà data particolare attenzione alla manutenzione dell'opera.

#### *Alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque*

In fase di esercizio gli scarichi idrici sono dovuti a:



- Acqua sanitaria connessa alla presenza del personale addetto.
- Acque meteoriche.

Le prime (reflui civili stimati in 0.9 m<sup>3</sup>/g per numero di addetti) saranno accumulate in serbatoi o vasche a tenuta stagna e convogliati nella rete fognaria.

Le seconde, raccolte mediante una rete di drenaggio sistemata lungo la viabilità e sui piazzali esterni, saranno convogliate verso una rete di raccolta appositamente predisposta assieme alle acque provenienti dai “troppo pieni” dei serbatoi dell’acqua potabile e all’acqua prodotta dall’essiccatore dell’aria.

Per accogliere le acque di prima pioggia saranno predisposte una vasca di sedimentazione e una di decantazione con sistema in continuo dimensionate per una portata complessiva di circa 430 l/s.

Successivamente le acque di prima pioggia a valle del trattamento e quelle di seconda pioggia saranno canalizzate verso i rispettivi pozzetti per l’immissione nelle reti consortili.

L’impatto sulla componente (acque superficiali), anche in questo caso, è da ritenersi di entità trascurabile.

Inoltre per contenere gli impatti sulla qualità delle acque superficiali si prevede di:

- Ridurre al minimo le aree pavimentate per contenere il volume delle acque meteoriche da trattare;
- Dimensionare ad hoc le opere di collettamento e di trattamento delle acque meteoriche;
- Studiare un piano per la gestione delle emergenze da attuare in caso di sversamenti accidentali di sostanze inquinanti.

#### *Modifica del drenaggio superficiale*

Sempre allo scopo di produrre la minima alterazione al drenaggio superficiale verrà predisposta, in fase di esercizio, una rete di smaltimento delle acque meteoriche che raccoglierà le acque dai piazzali pavimentati esterni e dalla viabilità dell’area, per evitare qualsiasi contaminazione dell’ambiente idrico.

In generale la variazione sul regime idrico attuale sarà modesta.

#### *Contaminazione delle acque e dei suoli per effetto di spillamenti e spandimenti accidentali*



Come in fase di cantiere, la contaminazione delle acque per effetto di spillamenti e spandimenti potrà avvenire solamente a seguito di eventi accidentali.

Pertanto per limitare gli impatti sulla componente ambientale (acque sotterranee e suoli) si dovranno progettare con attenzione i bacini di contenimento, la pavimentazione di strade e piazzali e la rete di drenaggio, allo scopo di evitare il verificarsi di tali eventi.

Inoltre per mitigare il rischio di contaminazione si prevede che:

- le aree potenzialmente contaminabili da sversamenti accidentali vengano pavimentate;
- sia redatto un piano di gestione delle emergenze per il deposito e per l'area di banchina.

## **7 SUOLO E SOTTOSUOLO**

La caratterizzazione di suolo e sottosuolo ha lo scopo di individuare le caratteristiche di tale componente ambientale in riferimento all'ambito di studio considerato e gli elementi sensibili agli effetti prodotti dalla realizzazione e dalla successiva messa in esercizio dell'opera in progetto.

L'ambito di studio sottende la parte più meridionale del cosiddetto *rift* oligo-miocenico della Sardegna, all'interno del quale si è definito, in tempi successivi a partire dal Pliocene, il cosiddetto *graben* del Campidano.

Dal punto di vista normativo, l'ambiente suolo e sottosuolo è tutelato da due strumenti principali:

- Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Il Piano di Tutela delle Acque (PTA).

Il primo persegue lo scopo di garantire adeguati livelli di sicurezza nelle aree di pericolosità da frana a seguito del manifestarsi di eventi meteorologici e idrogeologici rilevanti, inibire attività e interventi capaci di ostacolare i processi naturali all'interno di bacini e sottobacini, impedire l'aggravarsi di situazioni di pericolo esistenti ed evitare l'instaurarsi di nuove situazioni di rischio. Le disposizioni previste dal PAI vincolano l'uso e la trasformazione del territorio ai soli interventi ammessi, prevedendo al contempo misure atte a mitigare i rischi.

Il secondo è uno strumento conoscitivo e programmatico che si pone come obiettivo l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica.

Esso imponeva il raggiungimento entro il 2016 di una serie di obiettivi di qualità ambientale, tra cui:

- Il mantenimento o il raggiungimento dello stato “buono” dei corpi idrici superficiali e sotterranei più importanti;
- Il mantenimento, ove già raggiunto, dello stato di qualità “elevato”.

In particolare per lo stagno di Santa Gilla l'obiettivo è il contenimento dei nutrienti attraverso un adeguato apporto di acque dolci allo stagno che eviti un ulteriore aumento della salinità delle sue acque.

## **7.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento**

### **7.1.1 Caratteri geomorfologici**

Rif.: relazione geologica e idrogeologica D\_01\_ES\_04\_RGL\_R00

La porzione meridionale della piana del Campidano, nella quale è localizzato il settore oggetto di indagine, mostra una certa complessità di ambienti costieri e di transizione all'entroterra, con vasti stagni-lagune che si distendono ai piedi del sistema collinare cagliaritano.

La zona in esame è situata lungo un'area estremamente pianeggiante costituita prevalentemente da depositi antropici.

Gli elementi geomorfologici predominanti sono rappresentati dalle fasce costiere lagunari, in corrispondenza delle opere da realizzare, e dalle aree costiere marine nell'intorno dell'area studiata.

Alla formazione del paesaggio naturale dell'area cagliaritana hanno certamente contribuito, oltre che gli ordinari processi morfogenetici, anche movimenti neotettonici (Cherchi *et alii*, 1978c). L'esatta ubicazione delle strutture neotettoniche è di difficile determinazione per la forte antropizzazione e per le estese coperture quaternarie attuali. Tuttavia si può facilmente osservare che i rilievi collinari sono orientati generalmente NNW-SSE, come le strutture tettoniche che delimitano il *graben* plio-quaternario del Campidano; solo a sud del centro storico i rilievi, più irregolari, non mostrano allungamento preferenziale. Tra i rilievi collinari si segnalano i colli di Tuvixeddu (99 m), Tuvu Mannu (99 m), Buoncammino (98 m), S. Michele (120 m), M. Claro (69 m), Bonaria (25 m) e M. Urpino (58 m). Lo spianamento alla sommità osservabile in alcuni di essi, è da ricondurre all'intensa attività estrattiva per pietra da costruzione.



L'area del Porto oggetto del presente intervento ricade ai limiti di un vasta zona umida comunemente indicata con il toponimo di "Stagno di Santa Gilla", vasto bacino retro costiero di forma approssimativamente deltoide, che si estende dal margine occidentale della città di Cagliari sino al bivio di Capoterra ed alla foce del Rio Santa Lucia.

Il limite a mare della laguna si trova a sud ed è rappresentato da un cordone litoraneo bordato da una spiaggia debolmente e regolarmente falcata, originatasi per l'azione del moto ondoso che ha distribuito in questo modo i sedimenti rispetto ai promontori di Capo Sant'Elia e di Torre Zavorra (Sarroch), rispettivamente a SE e a SW del bacino lagunare. Non risulta invece nettamente demarcato il margine verso terraferma della laguna (N-NW), in quanto il rilievo mantiene una debolissima energia per una decina di chilometri ed oltre di distanza dal litorale marino e le aree palustri si raccordano alla pianura del Campidano in maniera molto graduale.

L'attuale fisionomia dello stagno, profondamente modificato rispetto al suo assetto originario, è il risultato di ingenti opere di colmata e di escavo legate principalmente alle realizzazioni delle saline impiantate presso Macchiareddu nel 1928, al successivo intervento per la costruzione del Porto Canale, all'ampliamento dell'aeroporto e alla sistemazione dei canali e delle foci fluviali. Le antiche forme ed i lembi di terra emersa che caratterizzavano lo Stagno di Cagliari sono solo in parte riconoscibili nell'intricato sistema di arginature e canali: all'interno di quello che in origine era un unico specchio d'acqua emergevano diverse piccole isole, la più ampia delle quali era quella di Sa Illetta o San Simone. Vi erano poi le isole di Sa Figu Morisca, de Is Fraris, de Is Cadenas, Pischeras, Isoledda ed Ischeras, alle quali sono state appoggiate le varie arginature che delimitano le vasche evaporanti e quelle di salificazione.

La conformazione "a delta" della laguna, nelle sue linee essenziali, può essere ricondotta all'azione combinata di deposito e rimaneggiamento di sedimenti fluviali e fluvio-marini nell'ambiente deltizio di transizione terra-mare: ancor oggi ad essa afferiscono diversi corsi d'acqua che non raggiungono direttamente il mare, tra i quali, quelli di maggior rilievo quanto a portata, sia liquida che solida, sono il Rio Cixerri e il Flumini Mannu nel settore settentrionale, e il Rio di Santa Lucia nel settore meridionale. Altri corsi d'acqua minori sono il Rio Sa Nuxedda di Assemini, il Rio Sa Murta, il Rio Giacù Meloni ed il Rio di Sestu.

La genesi della laguna è strettamente correlata con l'evoluzione paleogeografica che il settore costiero meridionale dell'Isola ha subito soprattutto da 150.000 a circa 12.000 anni fa – durante l'alternarsi degli ultimi episodi glaciali e interglaciali – che hanno determinato significative variazioni del livello del mare con innesco di importanti cicli di sovraescavazione (erosione) e di deposizione.

Circa 100.000 anni fa questo settore costituiva la prosecuzione del Campidano che terminava verso il Golfo degli Angeli e successivamente inciso, durante il ritiro del livello marino in epoca glaciale, da un ampio fondovalle scavato dai Flumini Mannu e Rio Cixerri attualmente sepolto da fanghi e sabbie recenti. Il colmamento di questa

paleovalle è avvenuto durante le fasi terminali della trasgressione versiliana (Quaternario recente) quando il livello del mare si è sollevato fino a circa un metro sopra il livello attuale, provocando la deposizione di una coltre pluridecimetrica di sedimenti salmastri, palustri o fluviali fino al raggiungimento della configurazione attuale. Tale assetto è stato lentamente modificato, negli ultimi millenni, dagli apporti solidi dei corsi d'acqua, ed in particolare del Flumini Mannu e del Rio Cixerri, che hanno determinato un progressivo interrimento dei fondali e conseguente una sostanziale riduzione della superficie della zona umida.

D'altra parte, attualmente lo stato di attività dei processi geomorfologici risulta molto ridotto, in relazione al raggiungimento di uno stadio evolutivo della laguna relativamente avanzato, ma anche a causa del forte controllo antropico dell'area.

Di seguito si riportano alcune viste aeree del sito di intervento e la sovrapposizione delle opere in progetto.

Si noterà come l'area abbia subito nel secolo scorso delle sensibili variazioni sia morfologiche che in termini di suolo.



Figura 25 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1945).





Figura 26 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1954).



Figura 27 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1977).



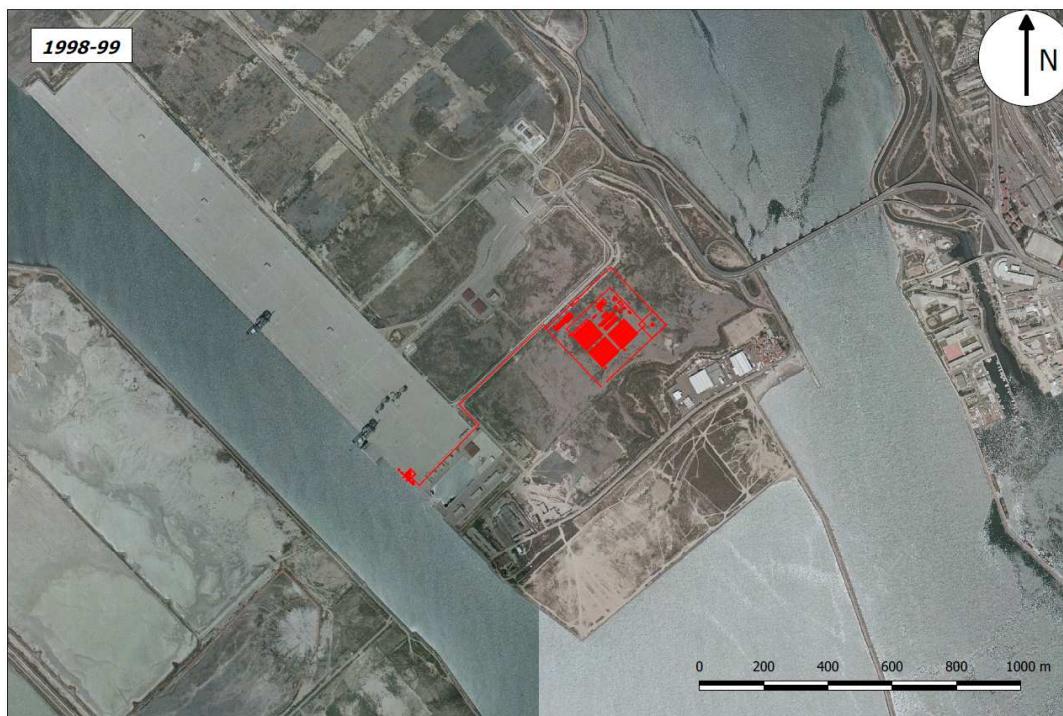


Figura 28 - Foto storica e sovrapposizione degli interventi in progetto (1998-99).

### 7.1.2 Caratteri geologici

Rif.: relazione geologica e idrogeologica D\_01\_ES\_04\_RGL\_R00

I caratteri litologici e stratigrafici dell'area in esame rispecchiano la complessità degli eventi tettonici oligo-miocenici e plio-pleistocenici e delle conseguenti fasi sedimentarie in facies continentale e marina legate alle pulsazioni trasgressive e regressive marine.

Nel contesto cagliaritano in senso esteso le formazioni sedimentarie, originate con l'ingressione marina miocenica, giacciono in discordanza stratigrafica al di sopra del basamento metamorfico paleozoico.

La successione stratigrafica della serie miocenica francamente marina e che costituisce l'ossatura del settore urbano di Cagliari, comprende dal basso verso l'alto:

- Formazione delle "Argille di Fangario": costituite da marne e argille con abbondante contenuto paleontologico, caratterizzato da foraminiferi e molluschi, che ha permesso di attribuirle al Langhiano superiore; la potenza di tale formazione è pari a circa 300 m. Si presentano fittamente stratificate e con qualche intercalazione più cementata per la presenza di carbonato di calcio. Al di sotto giace una potente serie marnoso – arenacea risalente all'Aquitano. Si tratta di argille dotate di plasticità variabile da media ad alta, talora consistenti e



con attività da ridotta a normale. I dati disponibili derivano soprattutto da prove penetrometriche dinamiche standard o equivalenti (Barroccu et al., 1981);

- Formazione delle “Arenarie di Pirri”: caratterizzate da arenarie più o meno cementate, intercalate a sabbie meno coerenti potenti circa 200 m. Per la variazione del cemento calcareo non hanno caratteristiche uniformi nei vari affioramenti, mostrano però talvolta una netta stratificazione in banchi regolari, non sempre visibile nelle sabbie incoerenti. La granulometria degli elementi, prevalentemente quarzosi con percentuali minori di feldspati e miche, è più grossolana alla base e diminuisce gradualmente verso l’alto. A volte si rinvencono intercalazioni conglomeratiche con ciottoli di rocce paleozoiche, che formano delle vere e proprie lenti. Il passaggio dalle sottostanti facies marnoso – argillose alle Arenarie di Pirri è caratterizzato da un contatto stratigrafico dovuto al passaggio da un ambiente pelagico ad uno litorale. Le Arenarie di Pirri sono state attribuite al Serravalliano. Sono litotipi piuttosto eterogenei per quanto riguarda grado di addensamento, grado di cementazione e granulometria (anche se solo raramente si riscontrano livelli di materiale clastico grossolano). Le analisi granulometriche esistenti (Barroccu et al., 1981), hanno indicato dimensioni dei grani entro 0.06 e 1 mm. Solo localmente sabbie medie e fini sono associate a sabbie più grossolane. Il comportamento sotto sollecitazione meccanica standard rivela notevoli variazioni in funzione di differenti spessori, della presenza di alternanze più o meno regolari di strati variamente cementati, del contenuto in acqua;
- Formazione della “Pietra Cantone”: calcarenite mediamente cementata con percentuali variabili delle due componenti argillosa e arenacea. La parte argillosa rende la roccia tenera, igroscopica e degradabile all’aria, con componente calcarea formata spesso da un impasto di foraminiferi; la frazione arenacea è formata da frammenti organici calcarei, e talvolta silicei. Si pensa risalga al Tortoniano. Il passaggio dalle Arenarie di Pirri alla Pietra Cantone avviene gradualmente. Tale litotipo, rappresenta il substrato di fondazione di buona parte dei quartieri di Villanova, Stampace e Marina. Il suo comportamento geomeccanico varia in funzione del grado di alterazione della roccia e dello spessore del materiale alterato. Trattandosi di una roccia carbonatica con una componente argillosa in percentuale variabile tra il 10 e il 30 % (rispetto alla percentuale media di  $\text{CaCO}_3$  pari all’80%), l’elevato carattere igroscopico modifica significativamente le sue proprietà fisiche e meccaniche, tanto da renderla talora simile ad una terra incoerente. I valori di resistenza a sollecitazioni da carico e/o di taglio aumentano man mano che si intercettano le parti più interne dell’ammasso roccioso, sino a raggiungere proprietà di resistenza meccanica tipiche di una roccia lapidea compatta. La discreta facilità all’alterazione della roccia, quando essa si trova esposta agli agenti atmosferici o a contatto con acqua per lunghi periodi, è la responsabile principale di vistose



forme di degrado di pareti naturali e/o artificiali e favorisce la predisposizione a fenomeni di dissesto franoso. L'assenza di fenomeni di dissoluzione e la tendenza a riassorbire in maniera plastica le deformazioni di taglio, associate a una porosità primaria molto bassa (circa il 10%), rendono pressoché impermeabile tale litologia, che spesso rappresenta il substrato di tamponamento inferiore di acquiferi impostati sulla sequenza detritico-organogena dei termini mediano-sommitali dei calcari di Cagliari;

- “Tramezzario” Auct.: tale litotipo caratterizza diffusamente tutti i colli di Cagliari e le sue proprietà di roccia lapidea, particolarmente lavorabile e segabile, hanno favorito un'intensa attività estrattiva in cava e in galleria per la produzione di conci. Nelle facies più compatte, calcaree e non igroscopiche, non si instaurano fenomeni di vistosa alterazione anche in condizioni di esposizione agli agenti atmosferici. Nei casi di fatturazione elevata, con presenza di fenomeni di dissoluzione più o meno marcati, facies detritiche molto fini che danno alla roccia un aspetto farinoso, flussi idrici a forte imbibizione, le proprietà fisico-meccaniche decrescono notevolmente determinando condizioni di instabilità in pareti ripide. La variabilità nelle proprietà meccaniche e fisiche del "Tramezzario" non permette quindi di definire in maniera univoca un comportamento standard poiché i parametri che entrano in gioco sono numerosi. Ciò significa che ogniqualvolta si prevede di sollecitare tale litologia con carichi concentrati o per trazione, risulta necessaria un'attenta verifica delle condizioni generali dell'ammasso roccioso ed un'indagine altrettanto approfondita sulle verticali di maggior sollecitazione;
- Formazione della “Pietra Forte”, calcare organogeno compatto ad alghe calcaree, spesso bioclastico, con resti di molluschi, briozoi e coralli. Presenta frequentemente dei passaggi laterali a facies calcarenitiche, a volte a stratificazione obliqua, formando il “Tramezzario”. Lo spessore di queste formazioni organogene è variabile a causa dell'erosione plio-quadernaria, con un massimo pari a 60 m. Si rinviene con maggiore frequenza sulla sommità dei principali colli cittadini. Si tratta di una roccia lapidea, compatta, tenace, utilizzata per la costruzione di opere monumentali e perciò estratta come pietra da taglio in cave di epoca storica. Contiene percentuali in  $\text{CaCO}_3$  del 94-98%. Le sue caratteristiche fisico-meccaniche principali sono, in condizioni ottimali, densità molto elevata (2.6 t/mc in media); peso specifico reale elevato (2.4 t/mc in media); porosità dell'ordine del 2-3%; resistenza alla compressione molto elevata. Ciò si traduce in un andamento del legame sforzi-deformazioni essenzialmente elastico che, in condizioni naturali, varia in modo significativo solo in presenza di marcata fratturazione e di vuoti per microcarsismo. Gli effetti della dissoluzione vi originano una rete di micro- e macrofessure in connessione con discontinuità tettoniche importanti e giunti di strato; tale sistema carsico è correlato con quello presente nel "Tramezzario" e permette la circolazione idrica

sotterranea che alimenta gli acquiferi presenti nel sottosuolo delle colline cagliaritane;

Le formazioni plio-quadernarie, presenti nell'area di studio, sono costituite da depositi continentali, quali alluvioni e depositi di versante e depositi di ambiente litorale, il cosiddetto Tirreniano, costituito da conglomerati e resti conchigliari e da arenarie quarzose generalmente cementate.

- Depositi alluvionali terrazzati: sono costituiti da depositi alluvionali grossolani contenenti lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini. Costituiscono i depositi di copertura quadernari che, più di altri, interessano l'attività antropica, poiché su di essi poggia buona parte dell'abitato. Lo spessore localmente supera i 10 m. Mostrano un buon comportamento geomeccanico per il carattere eterogranulare, l'elevato grado di costipazione e la leggera cementazione osservabile in alcuni livelli;
- Depositi di spiaggia: sono costituiti da sabbie, arenarie, calciruditi, ghiaie bioclastiche e subordinati depositi sabbioso-limosi. Sono caratterizzati da spessori generalmente compresi tra i 7 e i 15 m, riferibili al cordone litorale tardo olocenico, poggiate su una successione di ambiente litorale e stagnale e ricoperto da uno spessore generalmente metrico o sub-metrico di depositi naturali e/o antropici, tutti riferibili all'attuale;
- Depositi palustri: comprendono argille e limi argillosi, fanghi torbosi generalmente grigio scuro-nerastri, intercalati da livelli sabbiosi discontinui. Formano il substrato impermeabile degli stagni di Santa Gilla e di Molentargius, nonché delle aree costiere emerse al margine degli stagni e del settore marino prospiciente il porto. Solitamente lo spessore medio è 10-20 m. ma localmente è stata riscontrata una potenza superiore ai 40 m (zona del porto). Tra le caratteristiche geotecniche generali, la plasticità, da media ad alta, evidenzia indici variabili fra 20 e 40%.

Il contenuto d'acqua, normalmente superiore al limite plastico e, soprattutto nei livelli più superficiali, anche a quello liquido, diminuisce con la profondità, con valori minimi in corrispondenza degli strati limosi compatti riscontrati alla base dei depositi. La porosità è molto variabile; in genere è molto elevata nei livelli superficiali dove prevalgono i materiali melmosi con abbondanti resti vegetali, mentre diminuisce gradualmente con la profondità;

- Depositi antropici: generalmente si tratta di depositi artificiali messi in discarica in un arco di tempo molto ampio. Le caratteristiche geotecniche risultano perciò estremamente variabili in funzione della loro composizione, del grado di



addensamento, del periodo e delle modalità di accumulo. Caratterizzano il settore di intervento e sono maggiormente diffusi, sia in ambito urbano che periurbano, nelle zone limitrofe agli stagni e al mare, dove la necessità di recuperare spazi per l'espansione della città ha incentivato l'opera di bonifica di aree originariamente paludose o malsane. Lo stesso sviluppo storico di Cagliari e dintorni ha da sempre favorito la formazione di potenti accumuli di terre di riporto, che talora ricoprono antichi insediamenti rurali e sono attualmente utilizzati come substrato per la realizzazione di opere edilizie o di nuovi quartieri.

L'eterogeneità sia verticale che orizzontale dei materiali costituenti non permette di definire un comportamento geomeccanico univoco, per cui risulta sempre necessaria una caratterizzazione che determini, lungo idonee verticali d'indagine, le variazioni di addensamento e tutte le altre caratteristiche che possono rendere problematica la stabilità nel tempo di opere fondate su di essi.

L'area investigata è ubicata in corrispondenza di una fascia transizionale costiera interessata da numerose variazioni batimetriche e, di conseguenza, paleoambientali. Le facies riconoscibili dalle stratigrafie mostrano alternanze verticali e laterali di ambienti da litorale ad alluvionale passando per ambienti transizionali e fluvio-deltizi. La complessità di tale assetto litostratigrafico si traduce in una marcata eterogeneità di sedimenti.

Il secolo scorso è stato caratterizzato da opere di bonifica allo scopo di recuperare terre e nel contempo renderle idonee all'insediamento e alle attività antropiche.

In letteratura esistono, per l'area del Porto Canale, numerosi dati provenienti da campagne di indagini geognostiche. In particolare in prossimità dell'area oggetto del presente studio sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici corredati da prove CPT ed SPT e prove di laboratorio (prove di taglio diretto, prove edometriche e classificazioni granulometriche).

In tale fase autorizzativa pertanto, al fine di una corretta pianificazione di indagini da eseguirsi nella successiva fase progettuale, sono stati analizzati i dati esistenti e rielaborati in funzione anche delle conoscenze degli scriventi.

I range di parametri risultanti dal presente studio dovranno successivamente essere confrontati con i risultati provenienti da una dettagliata campagna di indagini, elaborata in questa fase, come esposto nelle pagine seguenti.

La successione stratigrafica dell'area investigata può essere così schematizzata:

- Unità 1 – Riporti di origine antropica sabbiosi e ciottolosi
- Unità 2 – Sabbie medie e sabbie fini
- Unità 3 – Limi sabbiosi, limi argillosi e argille con livelli organici
- Unità 4 – Sabbie fini con concrezioni carbonatiche
- Unità 5 – Sabbie assortite con livelli conglomeratici
- Unità 6 – Argille consistenti e argille sabbiose



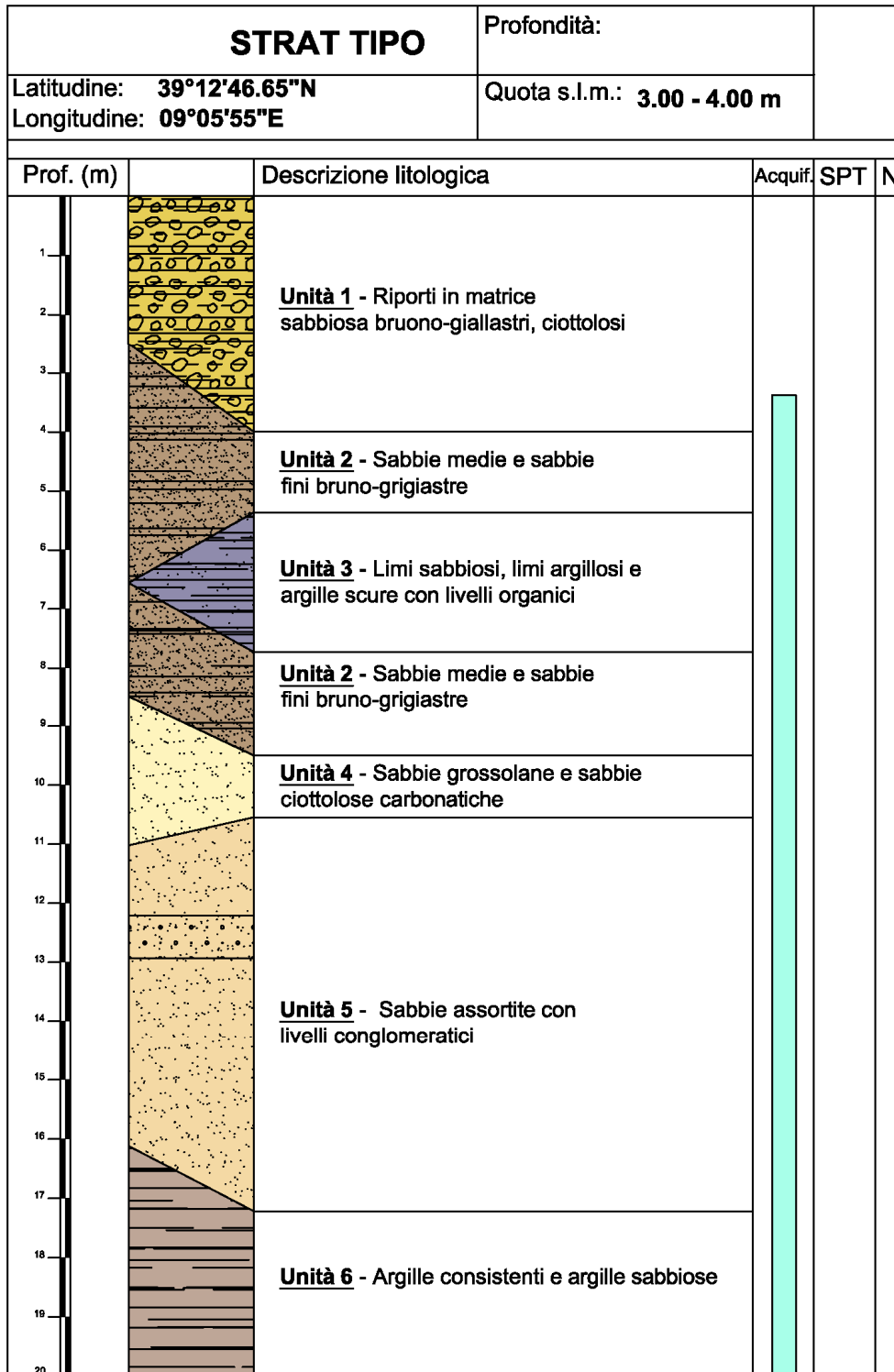


Figura 29 - Stratigrafia tipo del settore investigato.



#### UNITA' 1 – *RIPORTI*

Comprende i terreni di riporto di origine antropica costituiti essenzialmente da materiali sabbiosi misti a detriti ciottolosi a luoghi cementati. Lo spessore medio varia da 3 a 4 m.

#### UNITA' 2 – *SABBIE MEDIE E FINI*

Si tratta di sabbie da medie a fini, a luoghi limose e/o ciottolose. Sono presenti intercalati livelli conchiliari e resti di paglia marina. Lo spessore medio varia da 2 a 6 m.

#### UNITA' 3 – *LIMI SABBIOSI E ARGILLE CON LIVELLI ORGANICI*

Tale unità è costituita da sedimenti limosi e argillosi con parziale componente sabbiosa. Il contenuto di paglia marina e di frammenti conchiliari risulta rilevante. Si rileva sia in strati continui che in lenti isolate. Lo spessore medio varia da 0 a 2,5 m.

#### UNITA' 4 – *SABBIE FINI CON CONCREZIONI CARBONATICHE*

Si tratta essenzialmente di sabbie limose sature con intercalati livelletti e straterelli cementati o ricchi di concrezioni carbonatiche. Lo spessore medio varia da 1 a 3 m.

#### UNITA' 5 – *SABBIE ASSORTITE E LIVELLI CONGLOMERATICI INTERCALATI*

Sono costituite da sabbie da medie a fini addensate, con intrecciazioni di straterelli conglomeratici. Lo spessore medio è plurimetrico.

#### UNITA' 6 – *ARGILLE CONSISTENTI E ARGILLE SABBIOSE*

Tale unità è costituita da argille e limi sabbiosi con rari inclusi di dimensione plurimillimetrica. L'unità 6 si rileva generalmente a partire dai 15 m dal piano di campagna.

### **7.1.3 Caratterizzazione geotecnica preliminare**

Rif.: relazione di caratterizzazione geotecnica preliminare D\_01\_ES\_05\_RGT\_R00

L'area del Porto Canale è ubicata in un settore geologicamente recente che negli ultimi decenni è stato soggetto ad opere di bonifica e quindi ad approvvigionamento di materiali di riporto. Trattandosi di un contesto transizionale fluvio-deltizio-marino, l'area risulta caratterizzata dalla presenza di sedimenti scarsamente consolidati. L'analisi degli interventi in progetto dovrà pertanto prestare particolare attenzione ai carichi esercitati dalle strutture sul substrato.

La configurazione litostratigrafica risulta abbastanza complessa dal punto di vista geotecnico, a causa della frequenza di lenti e livelli limosi algali con vasta distribuzione areale. Tale presenza rappresenta un fattore critico in termini di capacità con la quale il substrato può, sotto l'effetto dei carichi esercitati dalle opere, espellere l'acqua

contenuta, con evidenti effetti sui tempi di consolidamento e sul comportamento meccanico dei terreni.

In questa fase verrà pianificata una campagna di indagini geognostiche (da eseguirsi nella fase progettuale successiva), atta a fornire tutti gli elementi necessari per ottenere una corretta parametrizzazione delle unità litostratigrafiche coinvolte dalle azioni di progetto e per definire i valori delle proprietà geomeccaniche dei terreni in termini di portanza e di cedimenti.

La presenza costante di sedimenti sciolti necessita di una caratterizzazione geotecnica dei terreni. La componente sabbio-limo-argillosa dei sedimenti caratterizzanti il sottosuolo consente di inerire le unità litostratigrafiche individuate all'interno di un *range* definito di parametri geomeccanici.

Verranno descritte le unità litostratigrafiche individuate e i relativi parametri geotecnici.

#### Unità 1 – Terreni di riporto

Si tratta di depositi superficiali, caratterizzati da componente sabbiosa da fine a grossolana. Lo scheletro è costituito da ciottoli eterometrici e poligenici. Lo spessore è variabile dai 2 ai 3,5 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 18÷20 kN/mc
- peso di volume immerso: 12÷14 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio (asciutto): 30÷33°
- angolo di resistenza al taglio (saturo): 24÷27°
- coesione: 0.00 daN/cm<sup>2</sup>
- modulo elastico (asciutto): 100÷120 daN/cm<sup>2</sup>
- modulo elastico (saturo): 30÷50 daN/cm<sup>2</sup>

#### Unità 2 – Sabbie medie e fini

Si tratta di sabbie da medie a fini, a luoghi limose e/o ciottolose. Sono presenti intercalati livelli conchiliari e resti di paglia marina. Lo spessore medio varia da 2 a 6 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 18÷19 kN/mc
- peso di volume immerso: 8÷10 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio (s.l. fini): 25÷28°



- angolo di resistenza al taglio (s. grossolane): 21÷23°
- coesione: 0.00 daN/cm<sup>q</sup>
- modulo elastico (s.l. fini): 110÷130 daN/cm<sup>q</sup>
- modulo elastico (s. grossolane): 30÷50 daN/cm<sup>q</sup>

### Unità 3 – Limi sabbiosi e argille con livelli organici

Tale unità è costituita da sedimenti limosi e argillosi con parziale componente sabbiosa. Il contenuto di paglia marina e di frammenti conchiliari risulta rilevante. Si rileva sia in strati continui che in lenti isolate. Lo spessore medio varia da 0 a 2,5 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume: 16÷17 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio: 12÷14°
- coesione: 0.10÷0.20 daN/cm<sup>q</sup>
- modulo elastico: 10÷15 daN/cm<sup>q</sup>
- modulo edometrico: 15÷30 daN/cm<sup>q</sup>

### Unità 4 – Sabbie fini con concrezioni carbonatiche

Si tratta essenzialmente di sabbie limose sature con intercalati livelletti e straterelli cementati o ricchi di concrezioni carbonatiche. Lo spessore medio varia da 1 a 3 m.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

- peso di volume naturale: 16÷18 kN/mc
- peso di volume immerso: 7÷9 kN/mc
- angolo di resistenza al taglio: 27÷30°
- coesione: 0.00 daN/cm<sup>q</sup>
- modulo elastico: 60÷80 daN/cm<sup>q</sup>

### Unità 5 – Sabbie assortite e livelli conglomeratici intercalati

Sono costituite da sabbie da medie a fini addensate, con intrecciazioni di straterelli conglomeratici. Lo spessore medio è plurimetrico.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

• peso di volume naturale:	18÷20 kN/mc
• peso di volume immerso:	8÷10 kN/mc
• angolo di resistenza al taglio (s. medie):	22÷24°
• angolo di resistenza al taglio (s. limose):	23÷25°
• angolo di resistenza al taglio (s. addensate):	28÷30°
• angolo di resistenza al taglio (liv. conglomeratici):	25÷28°
• coesione:	0.00 daN/cm <sup>2</sup>
• modulo elastico (s.medie):	70÷90 daN/cm <sup>2</sup>
• modulo elastico (s. limose):	150÷170 daN/cm <sup>2</sup>
• modulo elastico (s. addensate):	450÷480 daN/cm <sup>2</sup>
• modulo elastico (liv. conglomeratici):	250÷280 daN/cm <sup>2</sup>

#### Unità 6 – Argille consistenti e argille sabbiose

Tale unità è costituita da argille e limi sabbiosi con rari inclusi di dimensione plurimillimetrica. L'unità 6 si rileva generalmente a partire dai 15 m dal piano di campagna.

I parametri geotecnici assegnabili, secondo stime cautelative, sono:

• peso di volume:	19÷21 kN/mc
• angolo di resistenza al taglio:	18÷20°
• coesione:	0.40÷0.70 daN/cm <sup>2</sup>
• modulo edometrico:	50÷80 daN/cm <sup>2</sup>

#### **7.1.4 Geopedologia e Uso del suolo**

Rif.: relazione geologica e idrogeologica D\_01\_ES\_04\_RGL\_R00

L'ambiente pedologico del territorio in esame deve essere visto in relazione soprattutto ai depositi geologici presenti, ai loro diversi aspetti morfo-strutturali, vegetazionali, climatici ed al loro uso presente e passato. L'intensa antropizzazione e l'urbanizzazione risultano inoltre fenomeni di fondamentale importanza nell'evoluzione nel sistema suolo.

Grandi Gruppi		Sottogruppi		Substrato	
<b>A</b>	Fluvaquents	<b>1</b>	Typic	<b>a</b>	Scisti
<b>B</b>	Xeropsamments	<b>2</b>	Vertic	<b>b</b>	Gneiss
<b>C</b>	Xerorthens	<b>3</b>	Aquic	<b>c</b>	Graniti
<b>D</b>	Xerofluvents	<b>4</b>	Lithic e Lithic-Ruptic	<b>d</b>	Calcari/Dolomie
<b>E</b>	Calcixerolls	<b>5</b>	Mollic	<b>e</b>	Basalti
<b>F</b>	Xerochrepts	<b>6</b>	Calcixerrollic	<b>f</b>	Trachiti
<b>G</b>	Chromoxererts	<b>7</b>	Calcic/Petrocalcic	<b>g</b>	Arenarie
<b>H</b>	Pelloxererts	<b>8</b>	Ultic	<b>h</b>	Marne e Calcari marnosi
<b>I</b>	Salorthids	<b>9</b>	Fluventic	<b>i</b>	Conglomerati
<b>L</b>	Haploxeralfs			<b>l</b>	Tufi
<b>M</b>	Palexeralfs			<b>m</b>	Sabbie sciolte o leggerm. cementate
<b>N</b>	Rhodoxeralfs			<b>n</b>	Alluvioni antiche
<b>O</b>	Vitrandepts			<b>o</b>	Alluvioni recenti
				<b>p</b>	Colluvi
				<b>q</b>	Crostoni calcarei

Tabella 53 - Codifica cartografica dei suoli.

Pertanto i suoli, nell'ambito del territorio, sono stati suddivisi in funzione del substrato dal quale derivano e delle forme su cui si sono sviluppati. Il livello tassonomico raggiunto nella classificazione (Soil Taxonomy) è quello del sottogruppo. Per ciascun tipo di suolo sono stati esaminati i caratteri fisici più importanti sia sotto l'aspetto genetico sia riguardo gli aspetti gestionali e di utilizzazione tipica.

Nel settore oggetto del presente studio è stata eseguita una suddivisione in grande, tralasciando i suoli poco significativi per spessore ed estensione, in unità pedologiche.

I caratteri dei suoli presi in considerazione per la classificazione sono: profondità, profilo, tessitura, permeabilità, reazione e saturazione in basi.

In generale i suoli esistenti sono notevolmente legati, nella loro genesi e maturazione, alla natura dei litotipi che costituiscono il substrato, alle caratteristiche fisiche, climatiche (nella sua evoluzione) e morfologiche che caratterizzano l'area di studio.

Nell'area investigata, si possono distinguere 3 unità pedologiche.

- Unità cartografica 33 – Questa unità caratterizza il paesaggio sulle sabbie eoliche dell'Olocene. I suoli appartengono al grande gruppo Xeropsamments, caratterizzati da tessitura sabbiosa, debole aggregazione, elevata permeabilità e povertà in elementi nutritivi. I profili presentano una evoluzione assai modesta, una successione di orizzonti A-C (assai più limitatamente A-Bw-C) con sottili



orizzonti organici di superficie solo ove esiste una copertura vegetale continua e non degradata.

Caratteristiche principali dei suoli: profondi, tessitura da sabbiosa a sabbioso-franca, struttura poliedrica sub angolare a granuli sciolti, suolo da permeabile a molto permeabile, erodibilità elevata, scarsa presenza di sostanza organica, capacità di scambio cationico bassa.

Limitazioni d'uso: drenaggio eccessivo, a tratti lento in profondità, tessitura sabbiosa, forte pericolo di erosione.

Suoli predominanti: *Typic ed Aquic Xeropsammets*.

Suoli subordinati: *Xerochrepts, Quartzipsammets*.

- Unità cartografica 34 – Questa unità caratterizza il paesaggio sui sedimenti litoranei (paludi, lagune costiere, etc.) dell'Olocene. È l'unità tipica delle aree idromorfe e salse poste ai margini degli stagni, lagune e paludi presenti in varie località lungo le coste dell'Isola. I suoli principali sono caratterizzati dalla presenza di falde superficiali e pertanto il processo genetico più importante è rappresentato dall'accumulo di Sali per mancanza di idoneo drenaggio che non ne permette l'eliminazione. Sono normalmente profondi, a profilo A-C, con tessitura argillosa od argilloso-limosa e drenaggio assai lento od impedito. Caratteristiche principali dei suoli: profondi, tessitura argillosa o argilloso-limosa, struttura massiva o colonnare, suolo poco permeabile, erodibilità scarsa, scarsa presenza di sostanza organica, media capacità di scambio cationico. Limitazioni d'uso: drenaggio lento, salinità elevata, pericolo di inondazione. Suoli predominanti: *Typic Salorthids*. Suoli subordinati: *Fluvaquents*.
- Unità cartografica 35 – Aree urbanizzate e principali infrastrutture

Per quanto riguarda l'uso del suolo, le categorie principali sono costituite da territori modellati artificialmente, da territori agricoli e prati artificiali.

La figura sottostante riporta le categorie di suolo presenti nel settore investigato e riportate nel relativo elaborato di progetto allegato.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, l'area di progetto ricade all'interno della classe con codice 2.1.1.2 - "Prati artificiali", i terreni all'intorno del settore in esame sono contraddistinti dai codici 1.2.1.1 - "Insediamenti industriali" e 1.2.3 - "Aree portuali".



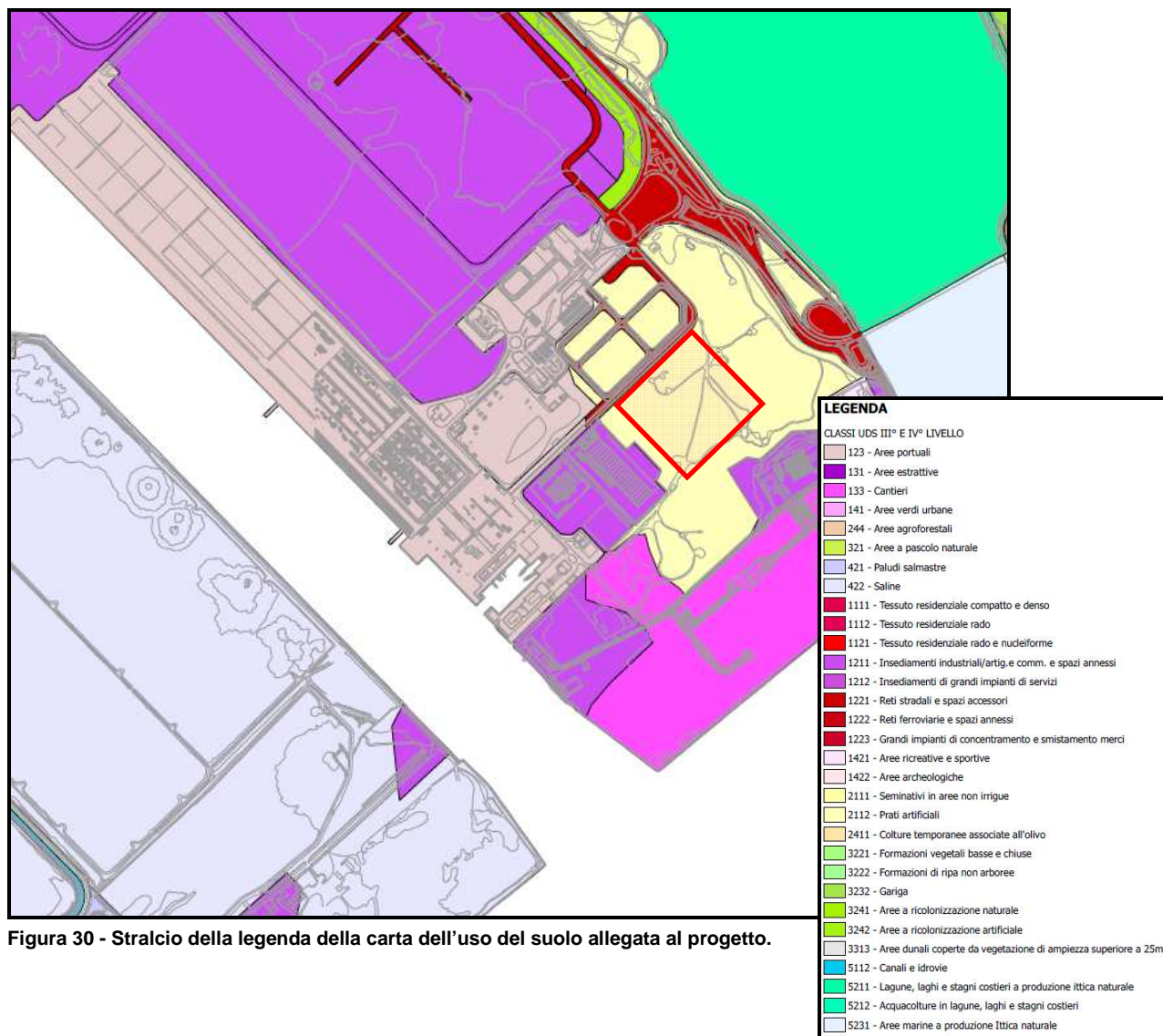


Figura 30 - Stralcio della legenda della carta dell'uso del suolo allegata al progetto.

Il Paesaggio agrario dell'ambito d'analisi è rappresentato dalla Pianura del Campidano, che si estende dal Golfo di Oristano a quello di Cagliari. La Pianura si presenta come un corridoio lungo un centinaio di chilometri e di ampiezza variabile tra i 15 e i 20 chilometri, limitato a ovest dai monti dell'Iglesiente, a est dalle colline della Marmilla e della Trexenta. Il deflusso superficiale ha contribuito alla formazione di coni di deiezione i quali hanno colmato la fossa tettonica dell'epoca terziaria, anche in concomitanza di attività vulcanica. La pianura attraversa la provincia di Cagliari, la provincia di Carbonia-Iglesias, la provincia del Medio Campidano e la provincia di Oristano.



Le bonifiche avviate nel Novecento hanno riportato il Campidano a una piena salubrità e abitabilità, ed oggi i suoi stagni sono centri di conservazione di biodiversità, dove sostano i fenicotteri rosa.

Nell'ambito oggetto di studio, le aree agricole periurbane rilevano spesso situazioni di degrado, accanto alle sporadiche coltivazioni arboree si evidenziano usi impropri legati all'abbandono di rifiuti e all'accantonamento di varie tipologie di materiali. La stessa criticità si evince anche per gli spazi verdi delle periferie urbane, colonizzate da specie erbacee spontanee, che divengono zone di degrado.

### 7.1.5 Sismicità

Rif.: relazione geologica e idrogeologica D\_01\_ES\_04\_RGL\_R00

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" affida alle Regioni l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dando in questo modo attuazione al D. Lgs. 112/1998 ed in particolare agli articoli 93 e 94 che determinano la ripartizione tra Stato e Regioni delle competenze in materia di riduzione del rischio sismico. L'Ordinanza, allineando il sistema normativo per le costruzioni in zona sismica al sistema dei codici europei (EC8), ha consentito una significativa razionalizzazione del processo di individuazione delle zone sismiche. L'allegato 1 dell'Ordinanza stabilisce che le zone sismiche vengono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La coincidenza fra il numero di categorie del precedente sistema ("classificazione sismica") e il numero di zone previste dall'Ordinanza non deve incoraggiare a stabilire un parallelismo eccessivo fra mappe relative a sistemi che sottendono livelli di protezione sismica differenti. Basti ricordare ad esempio che la quarta categoria precedente non richiedeva alcun intervento antisismico, mentre la quarta zona attuale lo richiede, sia pure in modo semplificato. La cronistoria della classificazione sismica del territorio italiano nella classificazione definita dai Decreti emessi fino al 1984 la sismicità è definita attraverso il "grado di sismicità" S. Nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC).

La riclassificazione sismica del territorio nazionale prevede che tutto il territorio sia classificato sulla base della Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale riportata di seguito: in relazione alla pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione a quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo ( $a_{g475}$ ), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% riferiti a suoli

rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s. alle quali si applicano norme tecniche differenziate per quanto concerne le costruzioni. L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di  $a_{g475}$  con una tolleranza 0,025g.

Come si evince dalla tabella, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti le nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 in vigore dal 1° luglio 2009 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali.

Zona	$a_{g475}$
1	$a_{g475} \geq 0.25g$
2	$0.25g < a_{g475} \leq 0.15g$
3	$0.15g < a_{g475} \leq 0.05g$
4	$a_{g475} < 0.05g$

Tabella 54 - Valori di accelerazione orizzontale massima al suolo.

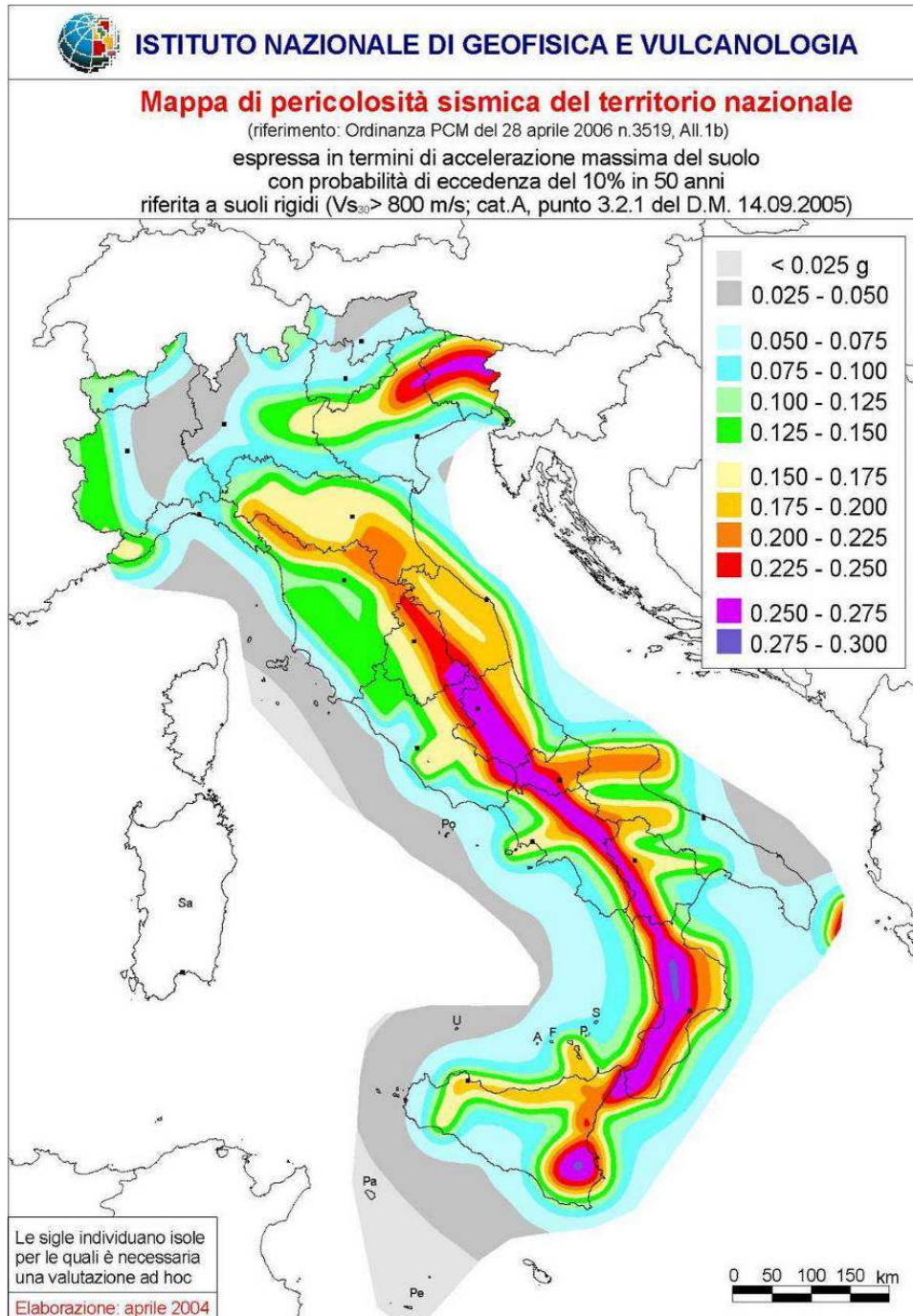


Figura 31 - Mappa della pericolosità sismica per il territorio nazionale.



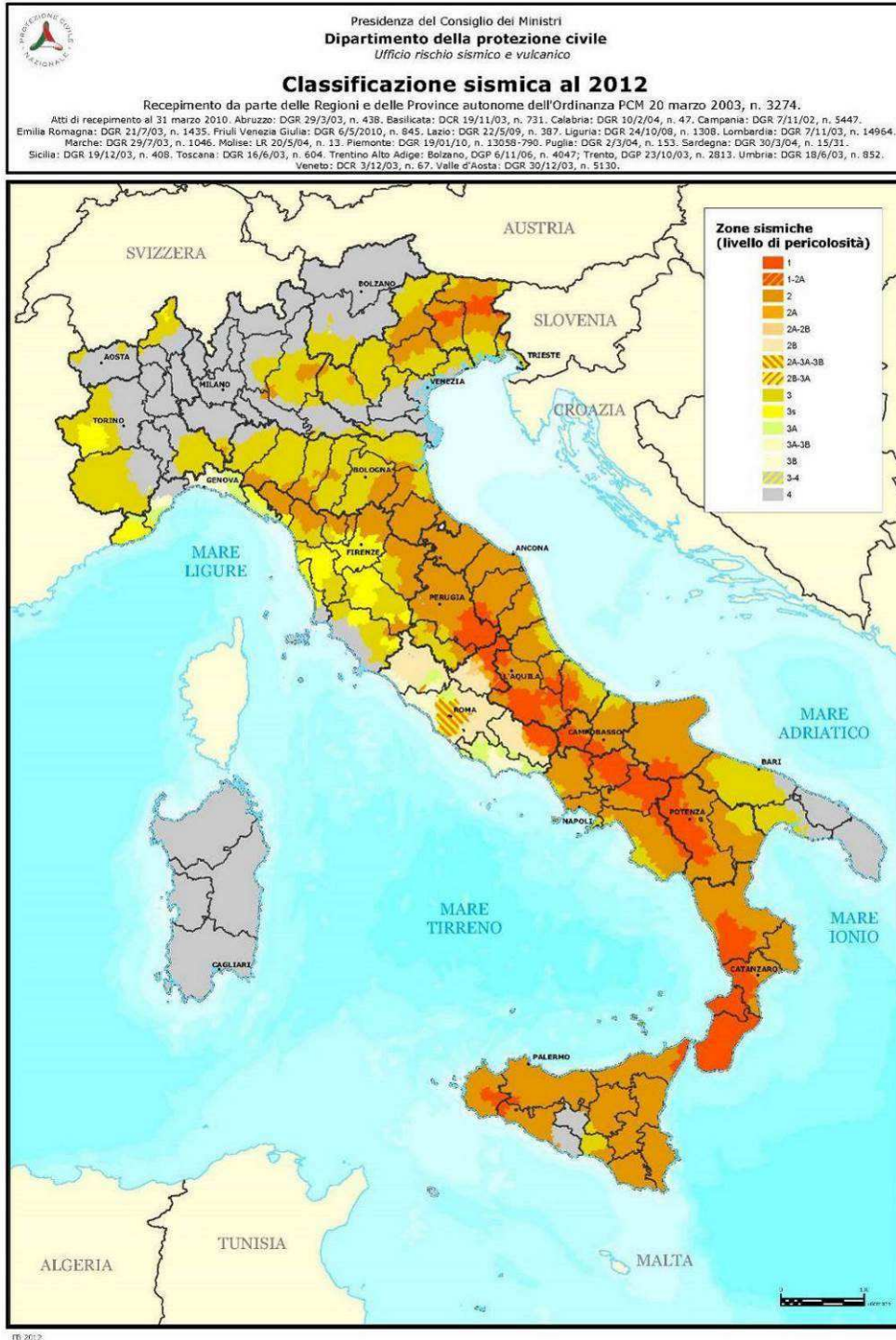


Figura 32 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Fonte Dipartimento Protezione Civile).

In precedenza, per ciascuna zona veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1- luglio 2009 invece, con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio Civile, etc.).

La Regione Autonoma della Sardegna ha recepito la zonizzazione del territorio nazionale con D.G.R. 30.03.2004, n.15/31 "Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20.03.2003, n. 3274" (B.U. Sardegna 21.08.2004, n. 23). L'area interessata dalle opere in progetto, come tutto il territorio regionale, ricade in Zona sismica 4, ovvero quella meno pericolosa a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa, per la quale il parametro  $a_g$  (corrispondente all'accelerazione orizzontale di picco con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) è assegnato un valore convenzionale di 0,05g da adottare nella progettazione.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica  $I_{max}$  (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente), si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità ( $I_{max}/pon$ ), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Ad ogni comune risulta quindi associato un valore di intensità massima osservata ( $I_{max}/oss$ ), oppure "ponderata" ( $I_{max}/pon$ ).

### Sardegna

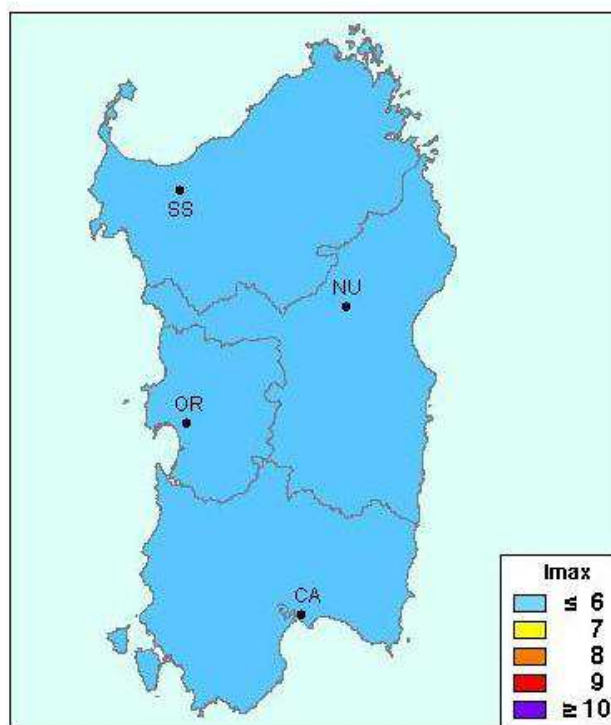


Figura 33 - Intensità macrosismica  $I_{max}$  per la Sardegna.





Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.O.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6, come si evince dalla figura precedente.

Per l'area in esame, la pericolosità sismica di base, la classificazione sismica e la magnitudo di riferimento sono le seguenti:

- Accelerazione orizzontale massima al suolo normativa < 0,05 g
- Zona sismica 4 (sismicità molto bassa)
- Intensità macrosismica 7
- Magnitudo <6

La classificazione, adottata secondo i criteri sopra definiti, consente di individuare cinque categorie di suoli di fondazione:

- A: formazioni litoidi o suoli litoidi omogenei molto rigidi caratterizzati da valori VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo di 5m.
- B: depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media Cu > 250 kPa).
- C: depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < Cu < 250 kPa).
- D: depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s (NSPT < 15, Cu < 70 kPa).
- E: profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

## 7.2 Elementi di sensibilità e potenziali recettori

I potenziali recettori ed elementi sensibili sono i seguenti:

- aree esposte a rischi di origine naturale (frane, inondazioni, esondazioni etc...);
- terreni inquinati e acque sotterranee contaminate;
- aree industriali portuali;
- risorse naturali

L'area di realizzazione dell'impianto ricadrà al di sopra di prati artificiali e aree industriali. Non risultano inoltre evidenze di contaminazione o inquinamento del terreno. La zona sismica di competenza è classificata come Zona 4 (bassa sismicità). Le aree interessate dalle opere non ricadono all'interno di aree soggette a pericolosità idraulica e /o geomorfologica del P.A.I.

Con riferimento alla perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica (Hi), il lotto su cui sono previsti gli interventi in progetto non ricade tra le aree soggette a pericolosità.

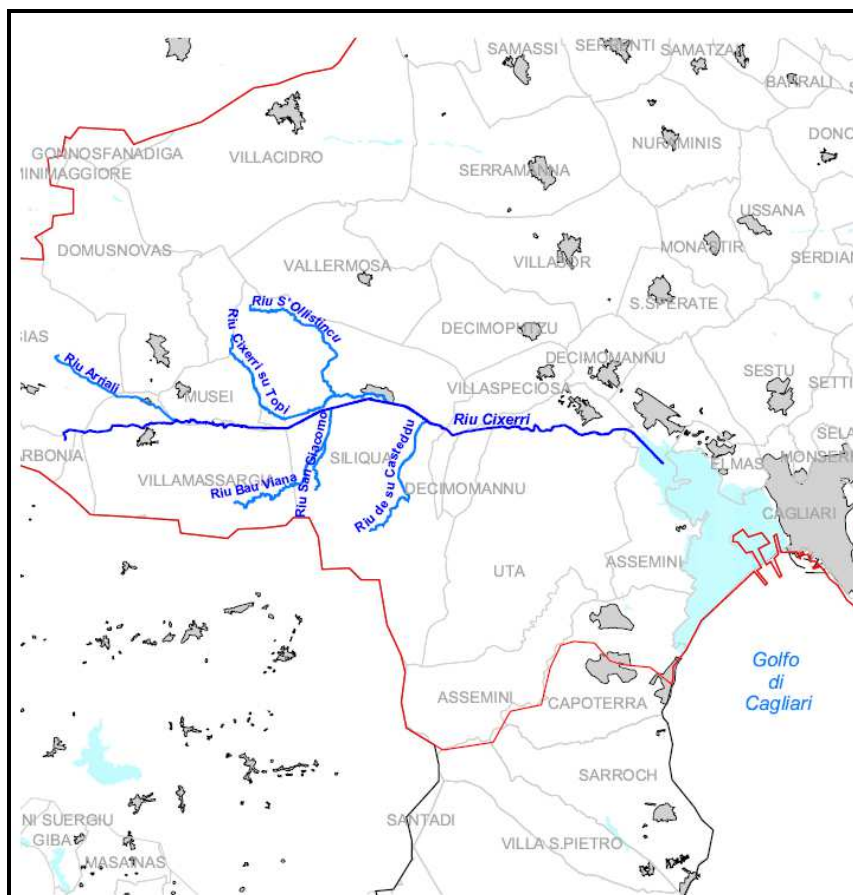


Figura 34 - Stralcio del bacino idrografico 04 Flumini Mannu. Fasce fluviali Riu Cixerri e affluenti (fonte: P.S.F.F.).

L'intervento è identificabile nella cartografia del P.S.F.F., nelle tavole 7\_04\_CX004\_2\_1\_1 e 7\_04\_CX005\_2\_1\_1 all'interno della fascia d'inondabilità C. Nella cartografia del P.G.R.A. inoltre l'intervento è identificabile all'interno delle seguenti classi:

- D2 – Danno potenziale medio
- P1 – Pericolosità da alluvione P1 (basso), caratterizzata da tempi di ritorno  $T_r > 200$  anni.
- R2 – Rischio da alluvioni R2 (medio).

### **7.3 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione**

#### **7.3.1 Fase di cantiere**

*Consumo di risorse naturali per l'utilizzo di materie prime*

##### Stima dell'impatto potenziale

I dati relative alla stima delle materie prime utilizzate in fase di cantiere sono riportati nel Quadro di riferimento progettuale dello Studio di Impatto Ambientale, al quale si rimanda. I principali consumi di risorse sono relativi a:

- materiali da costruzione (calcestruzzo, carpenterie metalliche, etc...);
- acciaio (realizzazione condotte e serbatoi);
- vernici, materiali isolanti e prodotti chimici vari.

Alla luce delle lavorazioni previste, delle quantità e delle tipologie dei materiali previsti si può dedurre che l'impatto associato sarà di modesta entità. Inoltre si tratterà di impatti temporanei di medio termine.

Non si prevede l'apporto di ingenti materiali dall'esterno del cantiere. La realizzazione della viabilità interna avverrà attraverso la regolarizzazione, lo spianamento e la compattazione dei materiali di riporto costituenti l'area in esame.

L'impatto sulla componente è pertanto da ritenersi di modesta entità.

### Misure di mitigazione

Il fabbisogno di materie prime per la realizzazione dell'opera può essere considerato di entità contenuta. Tuttavia, al fine di ridurre la necessità di materie prime verrà adottato il principio di minimo spreco e di ottimizzazione delle risorse. Inoltre, come detto, i materiali provenienti dagli scavi saranno riutilizzati nelle operazioni di regolarizzazione e spianamento del terreno ove verrà realizzato l'impianto e per la regolarizzazione e stabilizzazione in corrispondenza dell'area di realizzazione della viabilità interna all'impianto.

### *Gestione delle terre e rocce da scavo e produzione di rifiuti*

I volumi di scavo risultano come prodotto di tre tipologie principali di movimento terre.

- Scavi a sezione obbligata
- Scavo a larga sezione
- Trivellazione pali di Fondazione serbatoi

Gli scavi a sezione obbligata comprendono tutte le operazioni relative all'adeguamento e la realizzazione delle condotte previste in progetto.

I quantitativi sono riassunti nella seguente tabella:

<b>SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA</b>	<b>Volume (mc)</b>
Deviazione rete fognaria Ø315	452,15
Rete acque meteoriche	1.973,89
Rete elettrica	1.338,68
Impianto di illuminazione	43,86
Rete idrica impianto	32,88
Rete fognaria impianto	65,74
Rete idrica industriale	56,04
Canaletta recupero GNL	76,44
	<b>4.039,67</b>

Tabella 55 - Riepilogo dei materiali in esubero derivanti dalle operazioni di scavo a sezione obbligata.

Gli scavi a larga sezione comprendono gli ingenti movimenti terre derivanti dalla realizzazione delle opere fondazionali previste e dallo scavo del cunicolo per il passaggio delle tubazioni criogeniche.

<b>SCAVI A LARGA SEZIONE</b>	<b>Volume (mc)</b>
Fondazioni serbatoi	2.646,00
Vasche	684,50
Opere edili	1.071,95
Fondazione torcia	13,50
Deviazione rete fognaria (pozzetti)	88,31
Rete acque meteoriche (pozzetti)	728,00
Impianto di illuminazione (fondazioni pali e pozzetti)	18,00
Viabilità interna all'impianto	2.654,06
Ripristino condotte e rifacimento strada Molo Darsena	996,80
Ripristino condotte tratto Grendi-Impianto	501,60
Cunicolo rete criogenica	2.986,34
	<b>12.389,05</b>

Tabella 56 – Riepilogo dei volumi relativi agli scavi a larga sezione.

Le trivellazioni necessarie per la realizzazione dei pali gettati in opera nella realizzazione delle fondazioni dei serbatoi di stoccaggio del GNL comporteranno la produzione di materiali eterogenei comprendenti, oltre i riporti dei primi metri di scavo, i sedimenti limosi, sabbiosi e argillosi di origine fluvio-deltizia, transizionale e marina caratterizzanti i materiali profondi presenti nel settore in esame.

<b>TRIVELLAZIONE PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>Volume (mc)</b>
SCAVI A LARGA SEZIONE	423,90
	<b>423,90</b>

Tabella 57 – Riepilogo dei volume relative alle opera di trivellazione per la realizzazione dei pali di Fondazione dei serbatoi di stoccaggio.

La produzione di rifiuti avverrà essenzialmente durante le attività di cantiere.

### Stima dell'impatto potenziale

Il bilancio dei movimenti terre, esposto nel Quadro di Riferimento Progettuale riporta i seguenti risultati

<b>SCAVI MOVIMENTO TERRE</b>	<b>mc</b>
FONDAZIONE SERBATOI	2.646.00
TRIVELLAZIONE PER PALI DI FONDAZIONE	423.90
VASCHE	684.50
OPERE EDILI	1.071.95
VIABILITÀ INTERNA	2.654.06
FONDAZIONE TORCIA	13.50
RETE FOGNARIA ESTERNA (DEVIAZIONE)	540.46
RETE RACCOLTA ACQUE METEORICHE	2.701.89
RETE ELETTRICA	1.338.68
ILLUMINAZIONE	61.86
RETE IDRICA IMPIANTO	32.88
RETE FOGNARIA IMPIANTO	65.74
RETE INDUSTRIALE	56.04
CANALETTA RECUPERO GNL	76.44
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI E STRADA MOLO DARSENA	996.80
RIPRISTINO SOTTOSERVIZI TRATTO GRENDI-IMPIANTO	501.60
CUNICOLO RETE CRIOGENICA	2.986.34
	<b>16.852.62</b>

Tabella 58 – Totale complessivo degli scavi prodotti nella realizzazione delle opere in progetto.

Il materiale residuo sarà inviato ad idonei impianti di smaltimento o di riutilizzo. Nella fase progettuale successiva la gestione delle terre e rocce da scavo sarà analizzata in conformità a quanto indicato nel D. M.161/12 e del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.. Alla luce del carattere temporaneo delle operazioni di movimentazione terre l'impatto sulla componente viene ritenuto di media entità.

Per quanto riguarda la produzione di rifiuti in fase di cantiere si può ipotizzare la seguente configurazione:

- residui latero cementizi dalle opere di costruzione;





- residui cartacei, plastici e legnosi provenienti da imballaggi;
- residui metallici;
- rifiuti liquidi legati ad usi civili;
- residui di materiali plastici e isolanti;
- oli ed oli esausti.

Tutte le tipologie di rifiuto prodotte in fase di cantiere dovranno essere suddivise per categorie distinte in base agli appositi codici C.E.R. e stoccate separatamente in aree di deposito temporaneo per categorie.

Considerando le tipologie di interventi previsti non si ritiene di prevedere effetti negativi sulle componenti suolo e sottosuolo.

#### Misure di mitigazione

Le misure di mitigazione ipotizzabili per la fase di cantiere sono le seguenti:

- reimpiego, per quanto possibile, dei materiali provenienti dalle movimentazioni di terre all'interno del cantiere;
- minimizzazione della produzione di rifiuti;
- delimitazione delle aree di stoccaggio temporaneo sia dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo che derivanti dalla produzione di rifiuti;
- identificazione, attraverso apposita cartellonistica, dei materiali presenti nei depositi temporanei e dei relativi rischi associati.



*Occupazione/Limitazione d'uso di suolo*

Stima dell'impatto potenziale



Figura 35 – Stralcio del cronoprogramma allegato al progetto.

Trattandosi essenzialmente di aree incolte su riporti antropici, l'impatto sulla componente è da considerarsi di lieve entità, temporaneo di medio termine e reversibile.

Misure di mitigazione

La minimizzazione degli impatti è stata perseguita attraverso i seguenti passaggi:

- scelta del percorso della tubazione criogenica;

Particolare attenzione è stata prestata alla scelta del percorso caratterizzato dalla minore interferenza con le attività e i sottoservizi esistenti. La tubazione criogenica difatti è prevista, in uscita dall'impianto, a lato della sede stradale per poi proseguire lungo uno spazio inutilizzato compreso tra gli edifici della darsena portuale e il muro di recinzione dell'area del terminal container

- utilizzo della banchina per l'ubicazione dei bracci di carico;

La scelta del posizionamento dei bracci di carico in un settore portuale già utilizzato per le operazioni di ambito produttivo portuale consentirà di non sfruttare nuove aree libere ma di condividere un'area già utilizzata nelle attività portuali.

- ubicazione area impianto;

La scelta dell'area prevista per l'ubicazione degli impianti attualmente risulta non utilizzata e comunque in stretta adiacenza con le altre attività a vocazione industriale, portuale e produttiva.

### **7.3.2 Fase di esercizio**

#### *Produzione di rifiuti in fase di esercizio*

##### Stima dell'impatto potenziale

I rifiuti producibili in fase di esercizio sono costituiti essenzialmente da:

- attività di tipo civile (officina e uffici);
- attività di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto.

La stima quantitativa della produzione potenziale dei rifiuti in fase di esercizio risulta difficile, tuttavia si può prevedere che tali quantitativi saranno limitati.

Alla luce delle precedenti osservazioni si può affermare che l'impatto sulla componente in fase di esercizio risulta di bassa entità.

##### Misure di mitigazione

Si renderà necessaria la gestione dei rifiuti prodotti nel rispetto delle normative vigenti. Dovrà ad ogni modo prevedersi una raccolta differenziata volta al recupero delle frazioni eventualmente riutilizzabili e la realizzazione di aree e bacini di contenimento impermeabili adatti alla raccolta di eventuali rifiuti speciali non pericolosi.

#### *Occupazione/Limitazione d'uso di suolo*

##### Stima dell'impatto potenziale

L'area logistica di cantiere dovrà includere gli edifici e i baraccamenti dedicati agli uffici, i magazzini e l'officina. Saranno realizzati i servizi igienici, gli spogliatoi e un locale di medicazione. Dovranno inoltre essere realizzate delle aree dedicate ai depositi di stoccaggio dei materiali, ai container di stoccaggio dei rifiuti, i quali dovranno essere suddivisi in settori distinti per codice CER.

La figura sottostante mostra il layout di cantiere, come riportato negli elaborati progettuali.



Figura 36 – Area di cantiere e suddivisione aree logistiche.

## 8 RUMORE E VIBRAZIONI

Rif.: studio di impatto acustico D\_01\_ES\_21\_ACU\_R00

Lo studio acustico è stato orientato alla verifica delle modalità con cui il clima acustico varia tra la situazione attuale e quella di progetto in virtù della salvaguardia della popolazione dai disturbi legati all'installazione del cantiere.

In particolare sono state previste:

- Un'analisi acustica del territorio in esame a seguito della quale selezionare le azioni di progetto che potrebbero avere rilevanza dal punto di vista acustico sullo scenario considerato;
- L'individuazione dei livelli sonori di riferimento mediante lo studio della Zonizzazione acustica comunale elaborata nel Giugno 2009;
- La predisposizione di un modello di simulazione acustica e taratura del relativo codice di calcolo: il modello di simulazione preso in considerazione è il MITHRA e la taratura è avvenuta tramite ricostruzione dello scenario ante operam.

Lo studio previsionale è stato condotto considerando le ipotesi di attività portuale descritte nel quadro di riferimento progettuale.

Le simulazioni hanno riguardato 4 situazioni caratteristiche:

- Ante operam
- Corso d'opera
- Post operam
- Opzione zero (allo scenario tendenziale 2020)

Le verifiche mediante modello di calcolo hanno riguardato, sia le attività inerenti direttamente il distretto cantieristica, sia le attività indotte, ovvero il traffico veicolare sulla rete stradale interessata.

Dal punto di vista normativo sono stati presi in considerazione i seguenti strumenti:

- il D.P.C.M. 1/3/1991 che definisce i "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" ovvero i limiti di accettabilità di livelli di rumore validi sull'intero territorio nazionale nonché le misure urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e dell'esposizione urbana al rumore.
- Il Piano di Zonizzazione acustica redatto dai Comuni che suddividono i rispettivi territori in zone più o meno "sensibili", cui corrispondono valori di livello di rumore diurni e notturni, definisce i limiti ammissibili in ambiente esterno.
- Il D.P.C.M. 14/11/97 che individua i valori limite di emissione, immissione, attenzione a qualità di cui all'art. 447/95.



- Il D.M.A. 16/3/1998 che definisce i requisiti della strumentazione utilizzata per le misure;
- Il D.M.A. 29/11/2000 il quale stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l'obbligo di individuare le aree in cui si superano i livelli di emissione, determinare il contributo specifico delle infrastrutture a tale superamento, presentare a Comune, Regione o Autorità competente il piano di contenimento del rumore prodotto dalle suddette infrastrutture;
- Il D.P.R. 19/3/2004, n°142 che individua le fasce di pertinenza delle diverse tipologie di strade stabilendo i corrispondenti limiti di immissione (limiti di pressione sonora ammissibili all'interno delle fasce di pertinenza) per strade esistenti e di nuova realizzazione;
- In ambito locale si prendono in considerazione:
- D.G.R. 14/11/2008 N.° 62/9 avente progetto "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale" e disposizioni in materia di acustica ambientale.
- Circolare esplicativa del paragrafo 15 "Classificazione della viabilità stradale e ferroviaria", Parte II dei "Criteri e linee guida sull'inquinamento acustico (art. 4 della legge quadro 26 ottobre 1995, n. 447)" di cui alla deliberazione della Giunta regionale 8 luglio 2005, n. 30/9 e S.M.I.
- Piano di Classificazione Acustica Comunale della città di Cagliari.

### ***8.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento***

I ricettori presenti nelle vicinanze sono costituiti da attività produttive (Gruppo Grendi, Gruppo Remosa e gli uffici del Porto Canale) e dall'insediamento residenziale Villaggio dei Pescatori di Giorgino. I ricettori sensibili sorgono a non meno di 100 m dal confine della pertinenza fondiaria.

La tavola seguente mostra la localizzazione dei ricettori più vicini al fondo destinato a ospitare il nuovo impianto di stoccaggio e rigassificazione. I ricettori sono individuati con le sigle da R1 a R4.



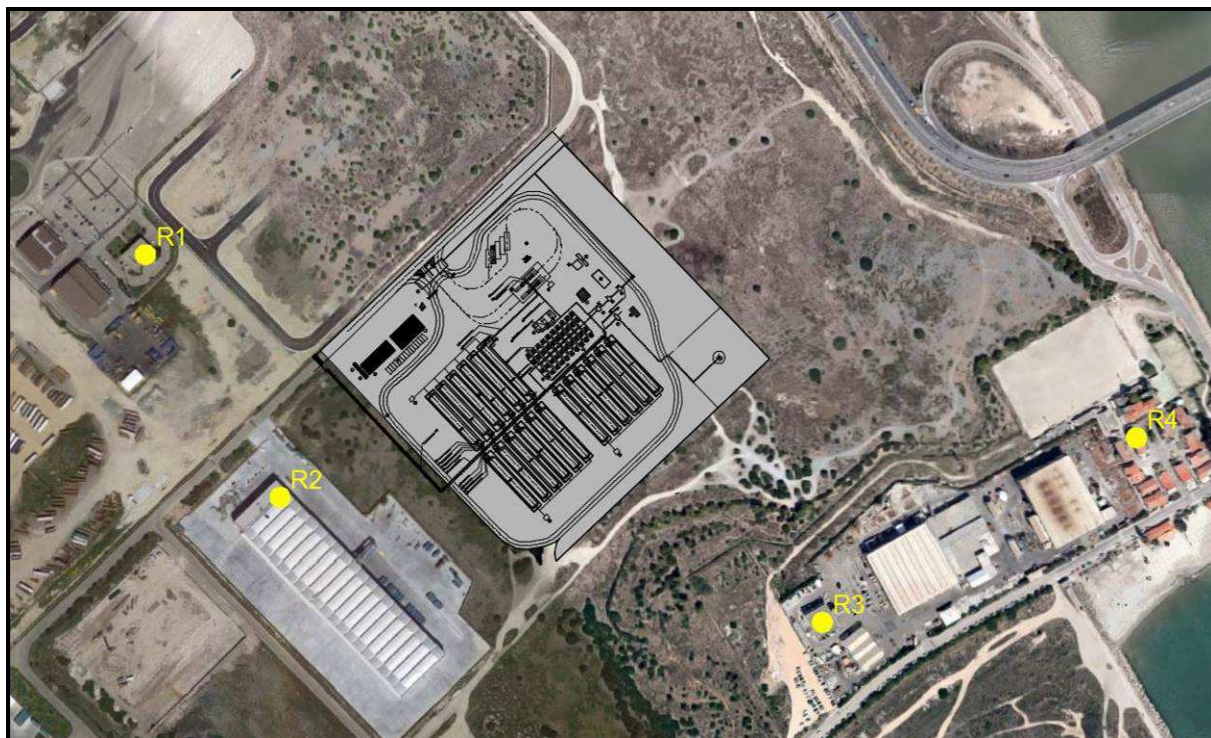


Figura 37 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento.

La rumorosità della zona è imputabile prevalentemente alle attività di carico/scarico, manutenzione e di viabilità interna del Porto stradale; all'interno del Villaggio Pescatori di Giorgino è invece attribuibile all'attività del Gruppo Remosa e alla viabilità della SS195.

Durante la fascia notturna (22,00 – 06,00), se si esclude la Strada Statale SS195, ed eventuali lavorazioni straordinarie delle attività site all'interno del Porto Canale, non sono presenti sorgenti sonore di rilevante entità.

Al fine di verificare l'attuale situazione di rumorosità che caratterizza le zone limitrofe all'area interessata dallo studio, sono state eseguite apposite rilevazioni fonometriche eseguite secondo i criteri e metodi stabiliti dal DM 16/03/98.

La seguente figura riporta la localizzazione dei punti di rilevamento.

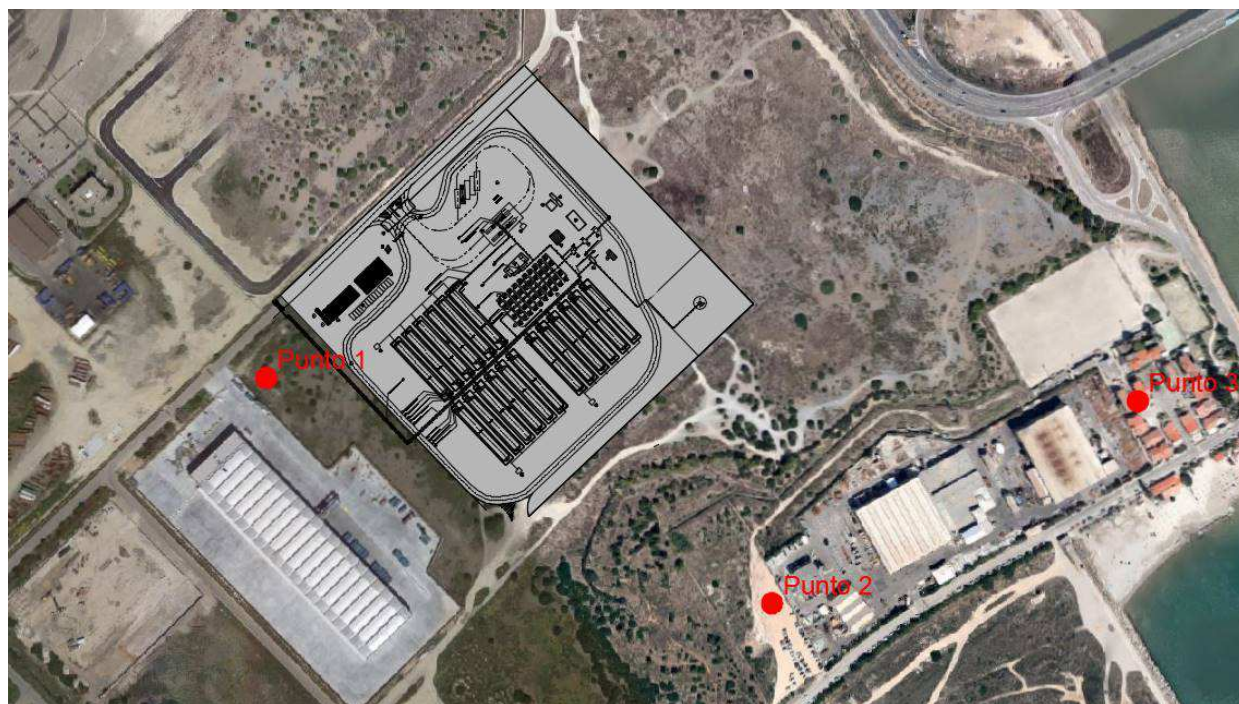


Figura 38 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento.

La seguente Tabella riporta la misura della rumorosità residua ante-operam, rappresentativa del clima acustico preesistente alla realizzazione dell'opera in progetto.

Postazioni	Localizzazione	Classe acustica	Applicabilità valori limite differenziali di immissione	Parametro rilevato	Periodo di misura	Durata della misura	Livello sonoro misurato
Punto 1	In prossimità dell'area del nuovo impianto	III	no	Rumore residuo	diurno	3600 sec	48,2 dB(A)
Punto 1	In prossimità dell'area del nuovo impianto	III	si		notturno	3600 sec	47,0 dB(A)
Punto 2	Parcheggio sterrato Remosa	IV	no		diurno	3600 sec	47,0 dB(A)
Punto 2	Parcheggio sterrato Remosa	IV	si		notturno	3600 sec	43,2 dB(A)
Punto 3	Villaggio Pescatori Giorgino	III	no		diurno	3600 sec	49,0 dB(A)
Punto 3	Villaggio Pescatori Giorgino	III	si		notturno	3600 sec	40,5 dB(A)

Tabella 59 - Localizzazione delle postazioni di rilevamento e misura del rumore residuo ante-operam.

I livelli sonori registrati presso il punto 3 sono tipici di rumorosità residua in zone similari, destinate ad uso prevalentemente residenziale, ed interessate da un modesto flusso veicolare locale. Si fa notare che i ricettori R1, R2, R3 sono uffici, pertanto destinati alla permanenza solamente nelle ore diurne, di conseguenza solamente il ricettore R4 (punto di misura 3) è vincolato al rispetto del criterio differenziale nel periodo notturno.

## 8.2 Componente rumore

### 8.2.1 Aspetti normativi

Le normative generali che disciplinano la materia sono le seguenti:

- Legge 26 Ottobre 1995, n° 447 (Legge Quadro sull'inquinamento acustico): questa legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 1 Marzo 1991 (Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno): questo decreto, per la parte ancora in vigore, indica i limiti massimi di rumore da rispettare in funzione della classificazione in zone del territorio comunale e fornisce indicazioni in merito alla strumentazione fonometrica e alle modalità di misura del rumore;
- D.M. 11 Dicembre 1996 (Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo): questo decreto definisce gli impianti a ciclo produttivo





continuo, classifica gli impianti esistenti e gli impianti nuovi e indica i criteri di applicabilità del criterio differenziale;

- D.P.C.M. 14 Novembre 1997 (Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore): questo decreto contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono tenute a rispettare;
- D.P.C.M. 05 Dicembre 1997 (Determinazione dei requisiti acustici degli edifici): questo decreto disciplina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici, i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, rivolto ai progettisti e costruttori;
- Decreto Ministero Ambiente 16 Marzo 1998 (Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico): questo decreto riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione;
- Deliberazione R.A.S. n° 62/9 del 14/11/2008: "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale".

## 8.2.2 Zonizzazione acustica comunale e limiti acustici di riferimento

L'area dove verrà realizzata la banchina di carico viene classificata in zona di Classe V (aree prevalentemente industriali), l'area dell'impianto di stoccaggio e rigassificazione in classe III (aree di tipo misto) sulla base del piano di Classificazione acustica del territorio comunale. In prossimità dell'area in esame sono presenti un insediamento produttivo classificato in zona di Classe IV e un insediamento residenziale (Villaggio Giorgino) identificato in classe III.

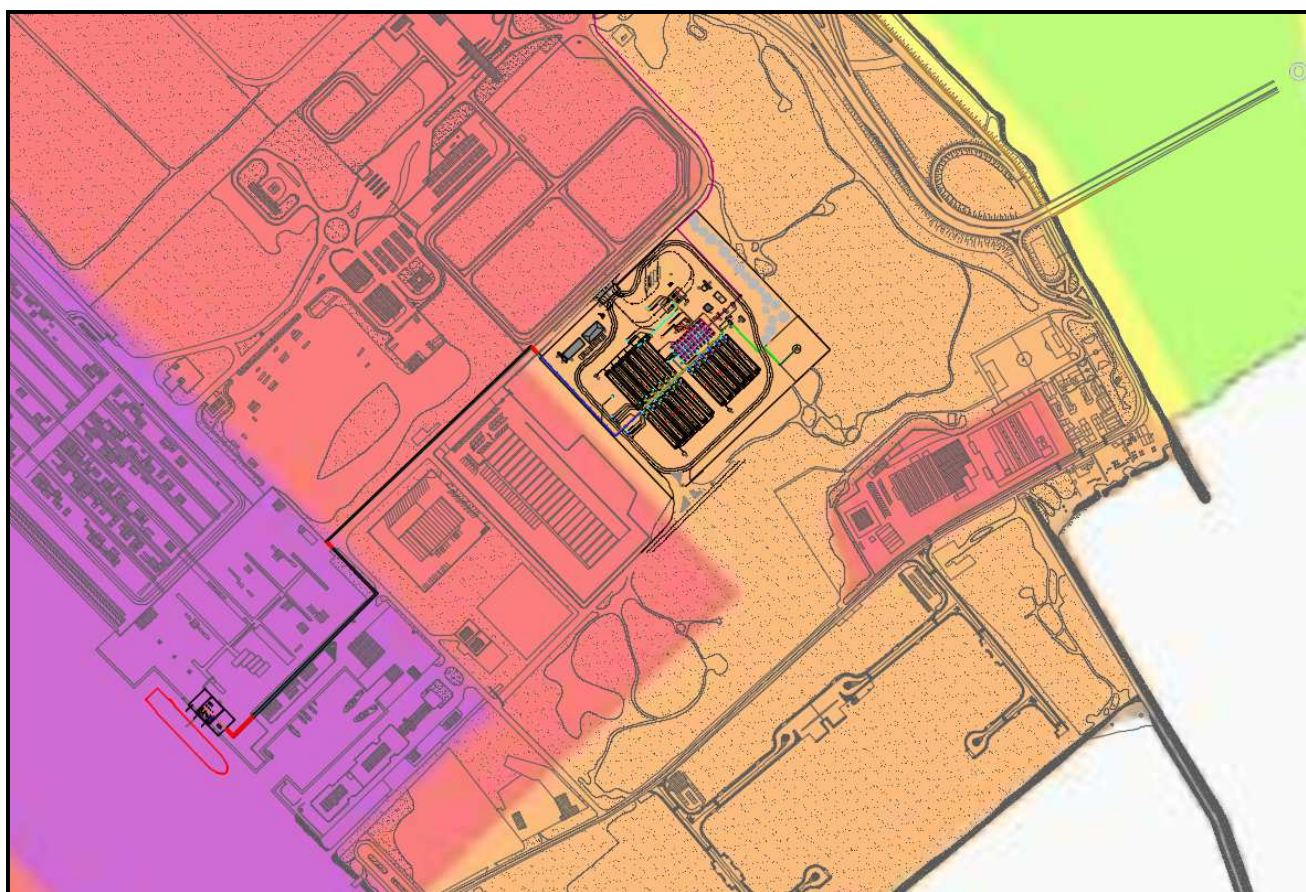


Figura 39 - Comune di Cagliari – piano di classificazione acustica ospitante il futuro insediamento.

### 8.3 Definizione dei limiti di riferimento

Premesso quanto riportato al precedente paragrafo, i limiti acustici di riferimento ai quali l'attività dovrà subordinarsi, ai sensi della Legge quadro 447/95 vengono di seguito assunti:

- I cosiddetti “valori limite di assoluti di immissione”, riferiti all’ambiente esterno in prossimità del ricettore, come specificato dall’Art.2, comma 1, lettera f), comma 2 e comma 3, lettera a) della Legge n.447/95 e dall’Art.3 del DPCM 14.11.1997;:
- I cosiddetti “valori limite differenziali di immissione” specificati dall’Art.2, comma 1, lettera f), comma 2 e comma 3, lettera b) della Legge n.447/95, da applicarsi all’interno dell’ambiente abitativo recettore, come definiti dall’Art.4 del D.P.C.M. 14.11.1997 (il cui superamento deve essere verificato secondo le note stime del “criterio differenziale” già adottate nel D.P.C.M. 01.03.1991), sono fissati in 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno. Secondo lo stesso disposto, qualora il livello del rumore ambientale sia inferiore a 50 dBA di giorno e 40 dBA di notte nelle condizioni di finestre aperte ed inferiore a 35 dBA di giorno e 25 dBA di notte nelle condizioni di finestre chiuse, ... ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile ..., qualsiasi sia il valore differenziale riscontrabile.

Nella tabella seguente sono riportati i limiti acustici per l’ambiente esterno per la classe acustica III, IV e V.

Classe	Art.2 Tabella B Valori limite di emissione (dBA)		Art.3 Tabella C Valori limite assoluti di immissione (dBA)		Art.7 Tabella D Valori di qualità (dBA)		Art.6 (comma 1, lett. A) Valori di attenzione* riferiti 1h (dBA)	
	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno	Diurno	notturno
III	55	45	60	50	57	47	70	50
IV	60	50	65	55	62	52	75	60
V	65	55	70	60	67	67	80	65

Tabella 60 – Limiti acustici validi per l’ambiente esterno – Classe III, IV e V.



#### **8.4 Applicazione del criterio differenziale – impianti a ciclo produttivo continuo**

L'impianto di stoccaggio e degassificazione, oggetto del presente studio, essendo un apparato tecnologico destinato a rimanere costantemente in attivo nell'arco delle 24 ore, è da considerarsi un Impianto a Ciclo Produttivo Continuo.

Il suddetto Impianto è pertanto assoggettato al Decreto del Ministero dell'Ambiente 11 Dicembre 1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo" in attuazione dell'art.15 comma 4 della Legge 447/95.

Tale decreto definisce gli impianti a ciclo produttivo continuo nel modo seguente:

- impianti di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti o alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale;
- impianti il cui esercizio è regolato dai contratti nazionali di lavoro sulle ventiquattro ore per cicli settimanali, fatte salve le esigenze di manutenzione.

La medesima norma del DM 11/12/1996, attraverso le definizioni di cui all'art. 2, distingue gli impianti a ciclo produttivo continuo in "esistenti" e "nuovi":

- sono definiti impianti esistenti quelli già in esercizio o autorizzati prima del 19 marzo 1997 (data di entrata in vigore del decreto stesso) nonché quelli per i quali sia già stata presentata istanza di autorizzazione entro tale data;
- sono definiti impianti nuovi (tutti gli altri) quelli realizzati o autorizzati successivamente al 19 marzo 1997.

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente 11 Dicembre 1996 disciplina le modalità di applicazione del "criterio differenziale" per gli impianti a ciclo produttivo continuo ubicati in zone non esclusivamente industriali e quelli ubicati in zone esclusivamente industriali che dispiegano i propri effetti acustici in zone diverse da quelle esclusivamente industriali. L'impianto in progetto rientra pertanto nel secondo caso (Impianto Nuovo).

Tale D.M. prevede che tutti gli impianti a ciclo produttivo continuo, sia esistenti sia nuovi, siano tenuti a rispettare i limiti di zona fissati a seguito dell'adozione dei provvedimenti Comunali di cui all'art. 6 comma 1 lettera a della Legge 447/95 (zonizzazione acustica), ovvero (ex art 8 del D.P.C.M. 14.11.1997) in mancanza di specifici provvedimenti, i già citati limiti stabiliti dall'art. 6 del D.P.C.M 1 Marzo 1991.

Lo stesso D.M. prevede inoltre che gli *impianti a ciclo produttivo continuo nuovi* (impianti realizzati dopo il 19 Marzo 1997), *il rispetto del criterio differenziale è condizione necessaria per il rilascio della relativa concessione.*

In relazione alla classificazione acustica dell'area ospite ed in considerazione dei criteri normativi suesposti, i limiti di riferimento che l'impianto sarà tenuto a rispettare sono stabiliti secondo i seguenti criteri:

- i valori limite assoluti di immissione del Piano di Classificazione Acustica del Territorio Comunale, stabiliti nell'area ospite (Aree di tipo misto, Classe III) in 60 dB(A) nel periodo diurno e in 50 dB(A) nel periodo notturno;
- in relazione agli effetti acustici eventualmente dispiegati in zone diverse da quelle esclusivamente industriali, dovranno essere rispettati i relativi valori limite assoluti di immissione in tutte le aree circostanti classificate dalla Classe I alla Classe V, qualora interessate dalla rumorosità dell'opera in progetto;
- in relazione agli effetti acustici eventualmente dispiegati in zone diverse da quelle esclusivamente industriali, dovranno essere rispettati i relativi valori limite differenziali di immissione in tutti gli ambienti abitativi insediati nelle aree circostanti, classificate dalla Classe I alla Classe V, qualora interessate dalla rumorosità dell'opera in progetto; tali limiti sono stabiliti in 5 dB durante il periodo di riferimento diurno (06,00 - 22,00) e in 3 dB durante il periodo di riferimento notturno (22,00 - 06,00) dall'art.4, comma 1 del DPCM 14/11/1997.

## **8.5 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione**

Secondo le linee guida regionali, la valutazione di impatto acustico deve essere fondata sui dati dei livelli sonori generati dalla sorgente sonora esaminata nei confronti dei ricettori limitrofi e dell'ambiente esterno circostante. Particolare attenzione deve essere posta alla valutazione dei livelli sonori di emissione e di immissione assoluti, nonché ai livelli differenziali, qualora applicabili, all'interno o in facciata dei ricettori individuati. La valutazione del livello differenziale deve essere effettuata nelle condizioni di potenziale massima criticità.

### **8.5.1 Fase di cantiere**

La rumorosità prodotta durante questa fase di realizzazione sarà quella normalmente riscontrabile nei cantieri edili, quindi dovuta soprattutto all'utilizzo dei mezzi quali autocarri, pale meccaniche, asfaltatrici, rulli, escavatore, piattaforma semovente



su ruote gommate, grader, terna, rullo, compattatore, gru telescopica, tagliapunti, trapani, sega elettrica, martello demolitore, betoniera.

Tutte le macchine e le attrezzature tecnologiche utilizzate dovranno essere conformi ai limiti di emissione sonora previsti dalla normativa europea e dovranno essere accompagnate da apposita certificazione.

Si prevede che le attività operative del cantiere impegneranno una fascia oraria continuativa compresa dalle ore 07:00 fino alle ore alle ore 17:00.

Sarà cura del Responsabile dei lavori richiedere la specifica autorizzazione all'Autorità Comunale per attività rumorose temporanee, come previsto nella Parte V delle citate "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale", approvate con Deliberazione della Giunta Regionale n° 62/9 del 14/11/2008.

La domanda di autorizzazione verrà predisposta in conformità alle disposizioni del regolamento comunale e dovrà essere corredata da una planimetria in scala opportuna, nonché da apposita relazione tecnica a firma di tecnico competente. Gli elaborati tecnici dovranno evidenziare:

- la durata, in termini di numero di ore o di giorni, dell'attività di cui si chiede l'autorizzazione;
- le fasce orarie interessate;
- le relative caratteristiche tecniche dei macchinari e degli impianti rumorosi utilizzati, ivi compresi i livelli sonori emessi;
- la stima dei livelli acustici immessi nell'ambiente abitativo circostante ed esterno;
- la destinazione d'uso delle aree interessate dal superamento dei limiti di rumore consentiti.

Qualora si riscontrassero emissioni superiori a quelle consentite verrà focalizzata l'attenzione sulla opportunità di una oculata programmazione delle fasi maggiormente rumorose in modo tale che queste evitino o limitino al massimo l'eventuale molestia nei confronti degli edifici vicini.

Si procederà inoltre alla richiesta di deroga ai limiti acustici per lo svolgimento di tali limitate operazioni particolari in un ristretto numero di giorni lavorativi.

Per quanto concerne le autorizzazioni in deroga, si rammenta che la suddetta normativa regionale stabilisce che il Comune:

- può autorizzare, se previsto nel proprio regolamento, deroghe temporanee ai limiti di rumorosità definiti dalla legge n. 447/95 e i suoi provvedimenti attuativi,



qualora lo richiedano particolari esigenze locali o ragioni di pubblica utilità. Il provvedimento autorizzatorio del Comune deve comunque prescrivere le misure necessarie a ridurre al minimo le molestie a terzi e i limiti temporali e spaziali di validità della deroga;

- rilascia il provvedimento di autorizzazione con deroga dei limiti, previo parere favorevole dell'Agazia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (A.R.P.A.S.);
- conserva e aggiorna il proprio registro delle deroghe;
- specifica con regolamento le modalità di presentazione delle domande di deroga.

La norma regionale precisa che i limiti della deroga devono sempre essere considerati come limiti di emissione dell'attività nel suo complesso, intesa come sorgente unica.

Tali limiti sono sempre misurati in facciata degli edifici in corrispondenza dei ricettori più disturbati o più vicini. Le misurazioni vanno effettuate conformemente a quanto prescritto nel D.M. 16 marzo 1998 recante "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". Per quanto riguarda gli interventi di urgenza, giova rammentare che questi sono comunque esonerati dalla richiesta di deroga al Comune.

Il traffico indotto durante la fase di cantiere sarà dovuto principalmente all'approvvigionamento dei materiali e dei macchinari e al trasporto del personale di cantiere ed assimilabile a quello durante l'esercizio dell'impianto.

### *Emissioni sonore*

Le sorgenti di rumore saranno costituite dall'insieme delle apparecchiature utilizzate nelle varie fasi di lavorazione. Gli impatti sulla componente rumore risultano determinati dalla rumorosità intrinseca dei macchinari impiegati per lo svolgimento delle attività previste per la realizzazione dell'intervento e dalle attività stesse.

Vengono di seguito elencate le sorgenti rumorose previste nella fase di cantiere.

## Descrizione delle sorgenti sonore:

Escavatore	LW <sub>(dBA)</sub> =	106.0
Autocarro	LW <sub>(dBA)</sub> =	101.0
Autobetoniera	LW <sub>(dBA)</sub> =	97.0
Gru/autogru	LW <sub>(dBA)</sub> =	91.0
Rullo compattante	LW <sub>(dBA)</sub> =	101.0
Miniescavatore	LW <sub>(dBA)</sub> =	96.0
Pala Meccanica	LW <sub>(dBA)</sub> =	101.0
Trivella SpingiTubo	LW <sub>(dBA)</sub> =	108.5
Motosaldatrice	LW <sub>(dBA)</sub> =	96.0
Sondatrivellatrice	LW <sub>(dBA)</sub> =	108.5
Vibroinfissore	LW <sub>(dBA)</sub> =	108.5

Tabella 61 – Tabella descrittiva delle sorgenti sonore in fase di cantiere.

Attraverso il data base dei macchinari indicati nelle schede tecniche sono state associate delle probabili rumorosità generate in fase di esercizio. A questo punto:

- analizzando la tipologia dei mezzi adoperati;
- dalla rumorosità da essi prodotta;
- dagli orari di attività del cantiere;
- dalla durata delle operazioni

È stato ritenuto opportuno, visto il numero consistente di fasi lavorative e di ricettori da indagare, anziché sommare di volta in volta il rumore emesso da un determinato numero di attrezzature in funzione a poca distanza le une dalle altre, quantificare in fase

progettuale preliminare il rumore medio emesso dai mezzi di cantiere in fase di esercizio, utilizzando il Leq medio.

Questo in quanto, nonostante i macchinari che si prevede vengano adoperati anche in contemporanea, siano in grado di generare rumorosità più elevate (vedasi il Leq Teorico) difficilmente si potranno avere, realisticamente, situazioni di propagazione della massima rumorosità di ciascuna singola sorgente in corrispondenza di un ipotetico punto di misura. Questo in quanto le sorgenti (evidentemente) non potrebbero mai occupare contemporaneamente il medesimo punto di operatività.

In presenza di precise indicazioni progettuali in merito alle attività di cantiere e, in particolare, alla tipologia e numero dei macchinari utilizzati e al numero di ore di attività, è possibile valutare il livello di potenza complessivo relativo al periodo di riferimento diurno in cui si svolgeranno tutte le attività.

Il livello di potenza complessivo del cantiere viene riportato nella seguente tabella:

1		Fase di cantiere				
Periodo di riferimento		Diurno		Durata lavorazione (h)	Quota piano lavorazione (m)	Altezza Sorgenti
		(06:00 - 22:00)		8	p.c.m.	1,5 m
ID	Mezzo impiegato	Quantità	potenza sonora dB(A)	ore lavorazione	% attività	
	Escavatore	1	106.0	6.0	75.0 %	
	Autocarro	4	101.0	6.0	75.0 %	
	Autobetoniera	1	97.0	4.0	50.0 %	
	Gru/autogru	2	91.0	6.0	75.0 %	
	Rullo compattante	2	101.0	6.0	75.0 %	
	Miniescavatore	1	96.0	4.0	50.0 %	
	Pala Meccanica	1	101.0	4.0	50.0 %	
	Trivella SpingiTubo	1	108.5	6.0	75.0 %	
	Motosaldatrice	1	96.0	6.0	75.0 %	
	Sondatrivellatrice	1	108.5	4.0	50.0 %	
A.	Potenza sonora massima caratteristica della fase di lavoro				114.5	dB(A)
B.	Potenza sonora generata dalla fase, mediata sulla durata della lavorazione				112.8	dB(A)
C.	Potenza sonora generata dalla fase, incidenza sull'intero periodo di riferimento diurno				109.8	dB(A)

Tabella 62 – Livello di Potenza del cantiere.



Si riporta di seguito la tabella di propagazione sonora del cantiere, assumendo cautelativamente la contemporaneità operativa di tutti i mezzi di cantiere ed ipotizzando che siano ubicati nel baricentro del cantiere.

Punto Rif.	Qualificazione del punto di misura	Distanza dalle sorgenti m	LAeq Sorgenti dB(A)
<b>1</b>	<b>Ricettore</b>	<b>350</b>	<b>46.5</b>
<b>2</b>	<b>Ricettore</b>	<b>240</b>	<b>49.7</b>
<b>3</b>	<b>Ricettore</b>	<b>300</b>	<b>47.8</b>
<b>4</b>	<b>Ricettore</b>	<b>490</b>	<b>43.5</b>

Tabella 63 – Propagazione sonora cantiere.

Dalla tabella si evince che i valori di rumorosità delle attività di cantiere sono inferiori ai limiti di immissione della zona per il periodo diurno. Si evidenzia inoltre che l'area del Porto Canale di Cagliari è a vocazione industriale e pertanto il clima acustico è già, allo stato attuale, caratterizzato da numerose sorgenti sonore.

#### *Interventi di mitigazione del rumore*

Relativamente alla logistica di cantiere, è inoltre possibile, già in questa fase, prevedere azioni atte a limitare, il più possibile alla fonte, il livello di rumorosità dei macchinari impiegati. A tale scopo si riportano le seguenti prescrizioni e attenzioni.

#### *Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazioni*

- utilizzo di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego, se possibile, di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- installazione, se già non previsti e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati.



### *Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature*

- eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione e ingrassaggio;
- sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
- manutenzione delle sedi stradali interne alle aree di cantiere e delle piste esterne al fine di evitare la formazione di buche.

### *Transito dei mezzi pesanti*

- riduzione delle velocità di transito in presenza di residenze nelle immediate vicinanze delle piste di cantiere;
- limitazione dei transiti dei mezzi nelle prime ore della mattina e nelle ore serali.

Oltre alle azioni indicate, valide per l'intero tratto soggetto ad interventi, si ritiene necessario porre particolare attenzione ai tratti di lavorazioni ubicati in corrispondenza delle residenze. Si ritiene opportuno in tali aree, per quanto possibile, limitare le ore di funzionamento dei macchinari più rumorosi, ripartendo eventualmente le attività su di un maggior numero di giorni, evitando le fasce orarie maggiormente sensibili (prime ore della mattina, dalle ore 12.00 alle ore 14.00, ore serali).

Trattandosi di attività in deroga ai limiti acustici stabiliti dalle norme in materia di tutela della popolazione dall'inquinamento acustico, eventuali ulteriori interventi temporanei di bonifica potranno essere adottati, qualora necessari, in relazione alle eventuali disposizioni emanate dalla Pubblica Amministrazione.

## **8.5.2 Fase di esercizio**

L'impatto acustico nel territorio circostante l'insediamento produttivo viene valutato in via previsionale mediante l'effettuazione di simulazioni che consentano di costruire delle curve isofoniche (curve di ugual livello sonoro). Ciò allo scopo di verificare che l'insediamento non arrechi disturbo agli attuali utilizzi del territorio ed in ogni caso di

verificare il rispetto dei limiti di legge.

La stima viene effettuata considerando il contributo acustico specifico di ciascuna macchina in ciascun punto di riferimento preso a campione, rappresentativo degli effetti acustici delle sorgenti sonore specifiche.

L'algoritmo di calcolo utilizzato per la simulazione considera i seguenti elementi:

- emissione caratteristica di ciascuna macchina nelle condizioni di massima potenza;
- distanza reale del ricettore rispetto a ciascuna macchina;
- eventuale presenza di ostacoli nel percorso acustico di ciascuna macchina.

Il calcolo si basa sull'applicazione delle leggi fisiche che disciplinano le grandezze acustiche, i cui effetti sull'ambiente circostante, dovuti alla propagazione, vengono esaminati col supporto di software di elaborazione grafica e matematica (Microsoft Excel).

Per determinare gli effetti acustici sul territorio circostante connessi all'insediamento dell'unità produttiva si è tenuto conto del contributo acustico di ciascuna macchina all'interno del terminal GNL.

Per la previsione degli effetti acustici dell'insediamento produttivo si tiene conto, in prima istanza, dell'attenuazione sonora dovuta alla distanza, variabile che incide marcatamente sul fenomeno della propagazione sonora.

Altri fattori che concorrono all'attenuazione o che possono influenzare la distribuzione spaziale del fenomeno sonoro sono rappresentati dall'attenuazione dovuta alla resistività e al potere fonoassorbente dell'aria, attenuazione dovuta al potere fonoassorbente della pioggia, della neve, della nebbia, al gradiente termico e alla turbolenza atmosferica, che verranno eventualmente considerati qualora si dovesse incorrere all'eventuale superamento dei limiti di legge.

Per gli stessi motivi non si tiene conto, in prima analisi, dell'attenuazione dovuta alla presenza di ostacoli naturali e della vegetazione, data la non uniforme distribuzione delle curve di isolivello della mappa (che in taluni casi possono determinare effetti di "ombra acustica") e della non uniforme conformazione della vegetazione.

Non va trascurato infatti che l'effettiva attenuazione sonora legata a tali variabili non sempre corrisponde alle stime teoriche, poiché l'attenuazione acustica dovuta alle barriere assume minore importanza all'aumentare della distanza della barriera dalla sorgente e di per sé può essere causa di turbolenze aerodinamiche o di riflessioni

sonore che influenzano il livello sonoro, tanto da rendere scarsamente rappresentative le stime previsionali.

La presenza di vegetazione può essere di per sé fonte di rumore (frusciare del manto erboso, generazione di sibili dovuti a turbolenze aerodinamiche), effetti che non vengono assunti dall'elaborazione previsionale.

I margini di incertezza della procedura di calcolo sono correlati, oltre alle variabili sopradescritte (non computabili in modo oggettivo) alla variabilità del potere fonoassorbente del terreno e di eventuali ostacoli, alla variazione del clima che influenza l'attivazione contemporanea di una pluralità di macchinari. Per questo in prima istanza la valutazione considera una poco probabile "situazione peggiore" che tiene conto del funzionamento contemporaneo di tutte le unità esterne ed i possibili effetti acustici in tutte le direzioni.

#### *Emissioni sonore da funzionamento apparecchiature*

I dati di ingresso utilizzati sono stati pertanto i seguenti:

- tempo di riferimento, diurno e notturno;
- rumorosità residua misurata;
- numero e caratteristiche dei macchinari installati nell'ambiente esterno ed all'interno dei locali;
- rumorosità emessa dai macchinari installati LWA ;
- dati meteorologici (Taria = 20 °C; Velocità del vento max 5 m/sec)

I dati di output generati sono stati i seguenti:

- livello di rumore ambientale LA dovuto al contributo di ogni singolo macchinario nel punto considerato, nella condizione di flusso veicolare nullo (condizione peggiore);
  - livello di rumore ambientale LA conseguente al contributo di tutti i macchinari azionati contemporaneamente, nella condizione di flusso veicolare nullo (condizione peggiore).
-

L'esame dei dati acustici ottenuti con l'ausilio delle istruzioni fornite dal costruttore dell'apparecchiatura o assunti per analogia, viene riassunta la pressione acustica di ciascuna sorgente secondo la Tabella n.4 che segue.

Apparecchiatura	Sorgente	N. Totali / N. Esercizi	Regime di funzionamento	Localizzazione [Aperto/chiuso]	Lp a 1 m [dBA]
Pompe di carico GNL alle autocisterne	S1	2/1	Continuo (16 ore al giorno, 6 giorni su 7)	Aperto	80
Pompe GNL serbatoi	S2	18/9	Continuo	Aperto	80
Vaporizzatori ad aria	S3	40/20	Continuo	Aperto	70
Pompe Vasche di Pompaggio	S4	2/1	Continuo	Chiuso (in edificio realizzato in calcestruzzo)	80
Motori a combustione interna per generazione elettrica	S5	3/2	Continuo	Chiuso (in container insonorizzato)	80
Pompe jockey firewater	S6	2/1	Discontinuo	Chiuso (in edificio realizzato in calcestruzzo)	85
Compressori	S7	2/1	Continuo	Chiuso (in edificio realizzato in calcestruzzo)	76

**Tabella 64 – Dati acustici delle sorgenti esaminate.**

### *Sintesi delle elaborazioni*

Si riporta di seguito la planimetria con indicazione delle sorgenti rumorose all'interno del terminal GNL ed i ricettori individuati per lo studio previsionale.

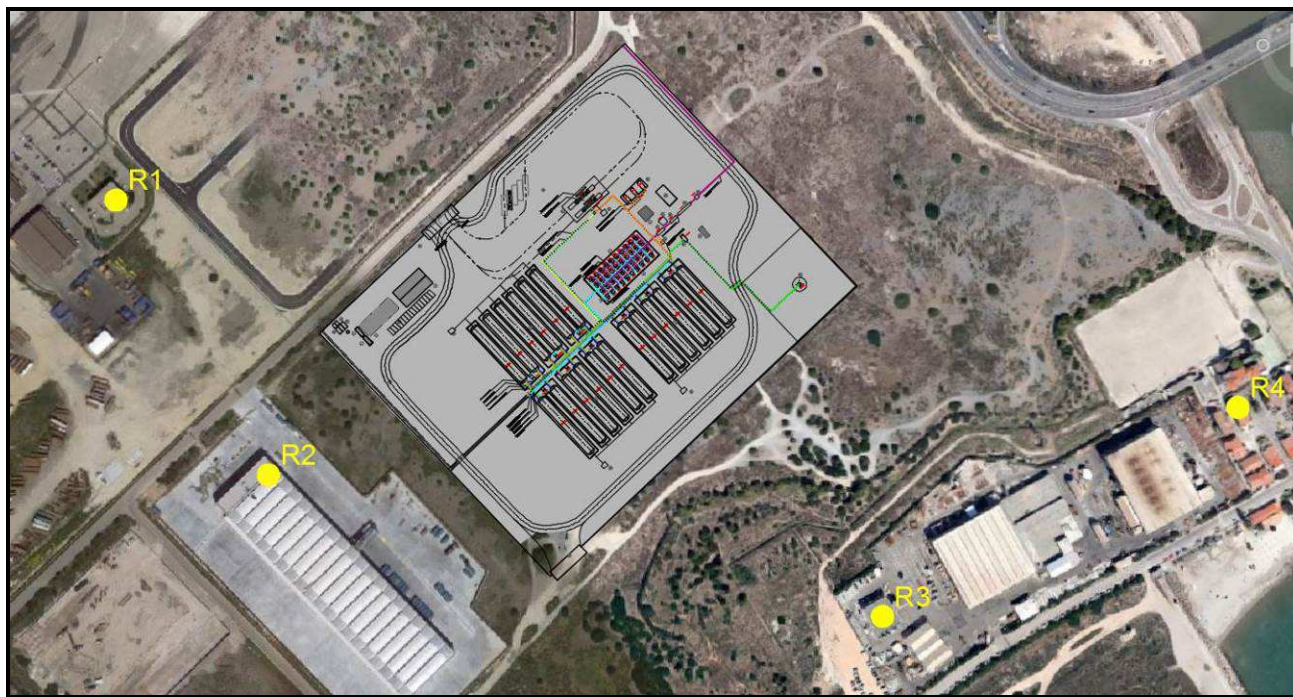


Figura 40 – Localizzazione dei punti ricettori e delle sorgenti.

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati salienti derivanti dalle elaborazioni matematiche. Lo studio previsionale ha riguardato la quota piano campagna (nel quale si è assunta l'altezza del recettore pari a 4 m).

Si rammenta che il livello di 40 dB(A) è livello minimo dell'immissione negli ambienti abitativi, durante il periodo di riferimento notturno, nelle condizioni di rilevamento a finestre aperte, per l'applicabilità del relativo valore limite differenziale di immissione (ex Art.4, comma 2 del DPCM 14/11/1997).

Punto	Distanza minima sorgenti (m)	quota ricezione (m)	Immissione specifica dB(A)	Rispetto limite differenziale dB(A)	Rumore residuo dB(A)	Classe acustica	Valore limite immissione dB(A)	
							06 ÷ 22	22 ÷ 06
1	327	4	39.5	Si	48.2	IV	65	55
2	200		43.0	Si	48.2	IV	65	55
3	280		42.0	Si	47.0	IV	65	55
4	415		38.0	Si	49.0	III	60	50

Tabella 65 - Elaborazione impatto acustico - quota piano campagna periodo diurno



Punto	Distanza minima sorgenti (m)	quota ricezione (m)	Immissione specifica dB(A)	Rispetto limite differenziale dB(A)	Rumore residuo dB(A)	Classe acustica	Valore limite immissione dB(A)	
							06 ÷ 22	22 ÷ 06
1	327	4	39.5	Si	47.0	IV	65	55
2	200		43.0	Si	47.0	IV	65	55
3	280		42.0	Si	43.2	IV	65	55
4	415		38.0	Si	40.5	III	60	50

Tabella 66 - Elaborazione impatto acustico - quota piano campagna periodo notturno

### 8.5.3 Valutazione delle stime previsionali (da Studio di Impatto Acustico)

Le stime conducono a ritenere l'installazione dei nuovi macchinari non realizzerà alcuna immissione di interesse, per gli aspetti stabiliti dalla norma. Infatti le immissioni riconducibili all'attività si prevedono inferiori ai limiti di zona del territorio circostante le pertinenze fondiarie del sito ospite.

I limiti di riferimento assunti, in relazione alle relative zone adiacenti le pertinenze fondiarie, sono stabiliti dai rispettivi Piani di Zonizzazione Acustica del Comune di Cagliari.

Nelle aree contigue alla pertinenza fondiaria dell'azienda, si prevedono pertanto livelli di immissione inferiori ai limiti stabiliti dall'art.3 del DPCM 14/11/1997.

Le stesse immissioni all'interno degli ambienti abitativi presi a riferimento si prevedono inferiori ai limiti di applicabilità dei valori limite differenziali di immissione, stabiliti dall'art. 4, comma 1 del DPCM 14/11/1997 in 50 dB(A) durante il periodo di riferimento diurno (06,00 - 22,00) e in 40 dB(A) durante il periodo di riferimento notturno (22,00 - 06,00). Ai sensi dell'art.4, comma 2 della medesima norma, infatti, l'immissione viene ritenuta trascurabile, a prescindere dal livello differenziale riscontrato.

Tali presupposti si richiamano al fatto che all'interno dell'ambiente abitativo, in condizioni di rilevamento a finestre aperte, il valore dell'immissione giunge ridotto rispetto al livello che si registra all'esterno dell'edificio, ciò a causa dell'effetto fonoisolante dell'apertura lasciata dall'infisso spalancato che è generalmente compresa tra 2 ÷ 4 dB(A).

### 8.5.4 Previsione dei livelli sonori generati dal traffico veicolare

I modelli di previsione del rumore dal traffico permettono di calcolare  $Leq$  in dB(A) partendo dai dati dei flussi veicolari.

Generalmente tutti i metodi considerano le seguenti variabili caratterizzanti:

- Flusso veicolare;
- Tipologia del traffico veicolare;
- Caratteristiche cinematiche del traffico (velocità dei veicoli, accelerazione addizionale);
- Caratteristiche della strada;
- Condizioni meteorologiche.

Il CNR ha elaborato un modello matematico per il calcolo del livello equivalente  $Leq$  attraverso la relazione:

$$Leq = \alpha + 10 \cdot \log_{10}(Q_{VL} + \beta \cdot Q_{VP}) + 10 \cdot \log_{10}(d_0 / d) + \Delta L_v + \Delta L_F + \Delta L_B + \Delta L_G + \Delta L_{VB}$$

Dove:

- $Q_{VL}$  [veicoli/h] è il flusso dei veicoli leggeri comprendenti i veicoli privati, quelli commerciali di peso inferiore a 4,8 t ed i motoveicoli non compresi nella categoria seguente;
- $Q_{VP}$  [veicoli/h] è il flusso di veicoli pesanti comprendenti i veicoli commerciali e da trasporto pubblico di peso superiore a 4,8 t ed i motoveicoli con rumorosità elevata;
- $d_0$  è la distanza di riferimento pari a 2,5 m;
- $\Delta L_v$  [dB(A)] è un parametro correttivo che tiene conto della velocità media del flusso di traffico;

Velocità media del flusso di traffico (km/h)	$\Delta L_v$ [dB(A)]
da 30 a 50	0
60	+ 1,0
70	+ 2,0
80	+ 3,0
100	+ 4,0

- $\Delta L_F$  e  $\Delta L_B$  [dB(A)] sono parametri correttivi per le riflessioni dovute alla parete

retrostante (+2,5 dB(A)) e sul lato opposto (+1,5 dB(A));

- $\Delta L_S$  [dB(A)] è un parametro correttivo che tiene conto del tipo di manto stradale;

<i>Tipo di manto stradale</i>	$\Delta L_S$ [dB(A)]
Asfalto liscio	- 0,5
Asfalto ruvido	- 0,10
Cemento	+ 1,5

- $\Delta L_G$  [dB(A)] è un parametro correttivo che tiene conto della pendenza della strada;

<i>Pendenza</i>	$\Delta L_S$ [dB(A)]
5	0
6	+ 0,6
7	+ 1,2
8	+ 1,8
9	+ 2,4
10	+3,0

- $\Delta L_{VB}$  [dB(A)] è un parametro che si applica nei casi limite di traffico, come presenza di semafori e velocità di flusso assai bassa;

<i>Situazioni di traffico</i>	$\Delta L_{VB}$ [dB(A)]
In prossimità di semafori	+1,0
Velocità del flusso veicolare <30 km/h	- 1,5

$\alpha$  e  $\beta$  sono dei coefficienti che variano da Paese a Paese e dipendono dalle condizioni dei veicoli, nonché dalle abitudini di guida delle persone. Per l'Italia si utilizzano valori pari a  $\alpha=35.3$  e  $\beta=5$ .

Il traffico dei mezzi terrestri durante la fase di esercizio dell'impianto si svilupperà nella strada, sita all'interno del Porto Canale, di collegamento dell'impianto fino alla SS 195, e si suddividerà tra:

- Mezzi leggeri per il trasporto degli addetti al funzionamento dell'impianto (interni e/o esterni);
- Mezzi pesanti per la distribuzione del GNL, approvvigionamento, manutenzione, etc.

I dati di ingresso utilizzati sono stati pertanto i seguenti:

- tempo di riferimento diurno (si considera il traffico legato all'esercizio nelle sole ore diurne dei giorni lavorativi);
- variabili caratterizzanti il rumore stradale;
- dati di traffico veicoli leggeri e pesanti;
- dati meteorologici (Taria = 20 °C; Velocità del vento max 5 m/sec)
- I dati di output generati sono stati i seguenti:
- livello di rumore ambientale LA dovuto al traffico indotto dalla nuova attività.

Per la determinazione del livello di rumore è stato ipotizzato il transito di 20 mezzi leggeri e 10 mezzi pesanti all'ora.

Nella tabella seguente si riporta la stima dei valori di emissione sonora da traffico veicolare a 5 m, 10 m, 20 m. dall'asse stradale e i limiti imposti dal D.P.R. 30 marzo 2004 n°142: Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante da traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n.447.

Strada	Leq a 5m [dB(A)]	Leq a 10m [dB(A)]	Leq a 20m [dB(A)]	Limiti di riferimento D.P.R. 30 marzo 2004 n°142
Strada di collegamento dell'impianto alla SS195.	53.7	50.7	47.7	60.0

Tabella 67 – Valori di emissione traffico veicolare.

La strada di collegamento con la SS195, è inquadrabile secondo la norma D.P.R. 30 marzo 2004 n°142 in strade locali tipo F, per la quali vigono i limiti secondo le Classi di Riferimento della Classificazione Acustica del Comune di Cagliari (Classe III).

Il contributo della rumorosità associata al traffico di mezzi durante la fase di esercizio, ad una distanza di 50 metri, è inferiore ai 50 dB(A) e comunque ai limiti di riferimento. In relazione al traffico veicolare che potrà essere indotto dall'attività sulla SS195, non si ipotizza alcun contributo sostanziale sulla densità del transito veicolare riconducibile alla presenza dell'attività.

## 9 ECOSISTEMI FLORISTICI E FAUNISTICI

L'analisi degli ecosistemi naturali, quali flora e fauna, ha lo scopo di valutarne la sensibilità e la vulnerabilità in relazione alla realizzazione del progetto.

E' necessario dapprima distinguere tra ecosistemi terrestri e marini.

Per quanto riguarda i primi si deve considerare che il sistema lagunare contiguo al Porto Canale è caratterizzato da un buon livello di biodiversità e di conservazione degli habitat, oltre che da una fragilità propria delle zone umide.

L'area oggetto di intervento corrisponde alla perimetrazione del SIC, la quale comprende lo Stagno di Molentargius, le saline e la Laguna di Santa Gilla a cui si possono aggiungere l'area del Porto Canale, le aree in loc. Torr'e Olia, la foce del Rio Santa Lucia e il settore occidentale dell'abitato di Cagliari.

### **9.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento**

La caratterizzazione degli ecosistemi floristici e faunistici ha come obiettivo quello di definire le possibili ripercussioni che l'opera in progetto potrebbe avere su di essi.

Essa è articolata nelle seguenti fasi:

- Identificazione delle interazioni potenziali ascrivibili alla fase di cantiere e di esercizio dell'opera con gli ecosistemi presenti;
- Inquadramento di dettaglio dell'ambiente naturale con la descrizione degli aspetti ecologici e naturalistici nel quale si inseriranno le opere a progetto;
- Sintesi degli elementi di sensibilità della componente;
- Definizione e stima degli impatti potenziali;
- Individuazione delle misure di mitigazione.

Per quanto riguarda le interazioni tra le opere in progetto e gli ecosistemi ambientali, esse devono essere distinte in due principali categorie: quelle connesse alla fase di cantiere e quelle proprie della fase di esercizio dell'opera.

Nel dettaglio in fase di cantiere le interazioni sono rappresentate da:

- Emissioni sonore, polveri e inquinanti prodotte da mezzi e macchinari;
  - Emissione di vibrazioni da mezzi e macchinari;
-

- Emissioni luminose;

In fase di esercizio le interazioni sono rappresentate da:

- Emissioni sonore da macchinari;
- Traffico terrestre e marittimo;
- Emissioni luminose.

In generale sia in fase di cantiere che in fase di esercizio le emissioni luminose non sembrano essere significative in quanto le attività si svolgeranno prevalentemente durante le ore diurne e di conseguenza la luce sarà quella naturale, mentre nell'ipotesi in cui siano previste attività da svolgersi durante le ore notturne, saranno previsti dei sistemi di illuminazione tali da rispettare gli standard di sicurezza e direzionando i fasci luminosi in maniera tale da non interessare le aree circostanti.

### **9.1.1 Ambiente terrestre**

All'interno dell'Ambiente terrestre distinguiamo due ecosistemi tipo:

- Ecosistema della Flora
- Ecosistema della Fauna

#### *Ecosistema della Flora*

Il Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR) è uno strumento quadro di indirizzo, finalizzato alla pianificazione, programmazione e gestione del territorio forestale e agroforestale regionale, il quale persegue obiettivi di tutela dell'ambiente e sviluppo sostenibile dell'economia rurale della Sardegna.

Il Piano forestale ha suddiviso il territorio regionale in 25 distretti, ritagliati sui limiti comunali, e aventi come comune denominatore elementi fisico-strutturali, vegetazionali, naturalistici e storico-culturali del territorio.

Tali distretti, aventi una superficie media di 95.000 ha, accolgono una varietà di ambiti di paesaggio tra loro omogenei. Il presupposto per la definizione dei distretti è l'indivisibilità delle unità fisiografiche, espressione dei caratteri fisici, geomorfologici, pedologico-vegetazionali e paesaggistici. La distinzione delle unità fisiografico-strutturali mira alla descrizione dei paesaggi su cui l'uomo ha prodotto delle modificazioni nel tempo che sono diventati connotati specifici degli stessi, impronta di un patrimonio culturale che deve essere preservato.



Le affinità storico culturali che legano le popolazioni locali tra loro rappresentano un collante per la creazione di sinergie volte al raggiungimento di obiettivi di interesse comune. Di conseguenza la suddivisione del territorio in distretti territoriali corrisponde a una suddivisione di aggregazioni di comunità.

Il distretto che interessa l'area di intervento è il "Distretto 20 – Campidano" che si estende con una forma allungata, in direzione SE-NO all'interno della fossa campidanese e racchiude al suo interno il basso e il medio Campidano.

Nella figura n. 37 si può vedere la suddivisione dell'intero territorio regionale nei distretti:

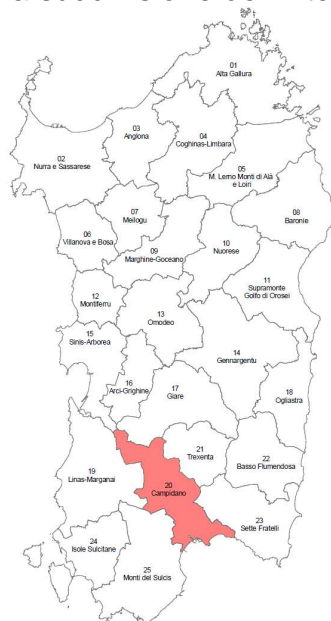


Figura 41 – Suddivisione de territorio regionale in distretti floristici.

Esso è caratterizzato da una morfologia prevalentemente sub-pianeggiante e basso collinare con rilievi che molto raramente superano i 250 m.

Il distretto è di conseguenza ampiamente utilizzato per le colture agrarie estensive e intensive (sia erbacee che legnose) e per attività zootecniche.

La vegetazione forestale è praticamente assente.

Il settore sud-occidentale è caratterizzato dalla presenza di coperture sedimentarie formate da depositi alluvionali del Pleistocene, costituiti da depositi clastici, eterometrici e poligenici.

I suoli di queste aree, pur essendo tutti coltivati, hanno attitudine per le sugherete.

La vegetazione principale è rappresentata dalla serie sarda, termo-mesomediterranea della sughera.

Le fasi evolutive della serie sono rappresentate da formazioni arbustive riconducibili all'associazione *Erico arborae- Arbutetum unedonis* e, per il ripetuto passaggio del



fuoco, da garighe a *Cistus monspeliensis salviifolius*, a cui seguono prati stabili emicriptofitici della classe *Poetea bulbosae* e pratelli terofitici riferibili alla classe *Tuberarietea guttatae*, derivanti dall'ulteriore degradazione delle formazioni erbacee ed erosione dei suoli.

Il settore orientale del Campidano, caratterizzato da ambienti alluvionali con superfici terrazzate, costituiti da conglomerati, arenarie, sabbie carbonatiche e argille, oltre che da paesaggi su marne, marne arenacee e arenarie marnose del Miocene, presentano una notevole attitudine per la serie sarda, calcicola, termo-mesomediterranea della quercia di Virgilio.

Rispetto agli altri querceti caducifogli della Sardegna sono differenziali di questa associazione le specie della classe *Quercetea ilicis*, quali *Rosa sempervirens*, *Asparagus acutifolius*, *Rubia peregrina*, *Smilax aspera*, *Ruscus aculeatus*, *Osyris alba*, *Pistacia lentiscus*, *Lonicera implexa* e *Rhamnus alaternus*.

Gli stadi successionali sono rappresentati da arbusteti riferibili all'ordine *Pistacio lentisci-Rhamnetalia* alaterni, formazioni dell'alleanza *Pruno-Rubion* e prati stabili inquadrabili nell'alleanza del *Thero-Brachypodium ramosi*.

Sono presenti sporadicamente anche le garighe mediterranee calcicole ad ampelodesma, riferibili al *Cisto incani-Ampelodesmetum mauritanici*.

La parte meridionale del Campidano, a sud del Rio Mannu di San Sperate, fino agli stagni di S.Gilla e Molentargius, è caratterizzata dalla potenzialità per la serie sarda basifila, termomediterranea dell'olivastro, tipicamente edafo-xerofila e confinata al piano termomediterraneo.

Nello stadio maturo è costituita da microboschi climatofili ed edafoxerofili a dominanza di *Olea europea* var. *Sylvestris* e *Pistacia lentiscus*, caratterizzati da un conteggio floristico termofilo al quale partecipano *Euphorbia dendroides* e *Asparagus albus*.

Nello strato erbaceo sono frequenti *Arisarum vulgare* e *Umbilicus rupestris*. Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da arbusteti a dominanza di *Pistacia lentiscus* e *Calicotome villosa*, da garighe delle classi *Cisto-Levandulatea* e *Rodmarinetea*, da praterie perenni a *Dactylis glomerata* subsp. *Hispanica* e *Brachypodium retusum* e da formazioni terofitiche a *Stipa capensis*, a *Trifolium scabrum* o a *Sedum caeruleum* (classe *Tuberarieta guttatae*).

Nel settore meridionale costiero (Capo S. Elia e Colli di Cagliari), in ambiente termo-xerofilo caratterizzato da suoli poco evoluti ed abbondanti affioramenti rocciosi, si rinviene la serie sarda, termomediterranea del ginepro turbinato, di cui l'associazione *Oleo-Juniperetum turbinatae* rappresenta la testa della serie.

Si tratta di microboschi o formazioni di macchia, costituite da arbusti prostrati e fortemente modellati dal vento a dominanza di *Juniperus phoenicea* subsp. *Turbinata* e *Olea europaea* var. *sylvestris*. Lo strato arbustivo è caratterizzato da specie spiccatamente termofile, come *Asparagus albus*, *Euphorbia dendroides*, *Pistacia*



*lentiscus* e *Phillyrea angustifolia*. La specie più frequente nello strato erbaceo appare *Brachypodium retusum*.

Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da arbusteti termofili dell'*Asparago albi-Euphorbietum dendroidis* che, localmente possono costituire delle formazioni stabili (stadi durevoli o comunità permanenti), da garighe pioniere e poco esigenti dal punto di vista edafico (*Stachydi glutinosae-Genistetum corsicae* subass. *teucrietosum mari*), da praterie perenni discontinue (*Asphodelo africanae-Brachypodietum retusi*, *Melico ciliatae-Brachypodietum retusi*) e da formazioni terofitiche.

I sistemi dunali litoranei del distretto, riferibili praticamente alla sola spiaggia del Poetto, sono caratterizzati dalla presenza del geosigmeto psammofilo sardo (*Cakiletea*, *Ammophiletea*, *Crucianellion maritima*, *Malcolmietalia*, *Juniperion turbinatae*) di cui l'associazione *Pistacio- Juniperetum macrocarpae* rappresenta la testa della serie (rif. serie n.1). Potenzialmente le cenosi pre-forestali sono edificate da boscaglie a *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, che può differenziare la subassociazione *juniperetosum turbinatae* nei settori retrodunali a sabbie più compatte e suoli relativamente più evoluti, meno esposti all'aerosol marino. La serie presenta una articolazione catenale, con diversi tipi di vegetazione (terofitica alo-nitrofila, geofitica ed emicriptofitica, camefitica, terofitica xerofila, fanerofitica) che tendono a distribuirsi parallelamente alla linea di battigia e corrispondono a diverse situazioni ecologiche in relazione alla distanza dal mare e alla diversa granulometria del substrato.

Attualmente le cenosi forestali più interessanti del distretto si trovano negli ambiti ripariali e planiziali, con riferimento soprattutto al bacino del Flumini Mannu e a quello del Rio Mannu, caratterizzati dalla presenza reale e potenziale del geosigmeto mediterraneo occidentale edafogrofilo e/o planiziale eutrofico (rif. serie n. 26: *Populenion albae*, *Fraxino angustifoliae- Ulmenion minoris*, *Salicion albae*), con mesoboschi edafogrofilo caducifogli costituiti da *Populus alba*, *P. nigra*, *Ulmus minor* ssp. *minor*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* e *Salix* sp. pl. Queste formazioni hanno una struttura generalmente bistratificata, con strato erbaceo variabile in funzione del periodo di allagamento e strato arbustivo spesso assente o costituito da arbusti spinosi. Le condizioni bioclimatiche sono di tipo Mediterraneo pluvistagionale oceanico, con termotipi variabili dal termomediterraneo superiore al mesomediterraneo inferiore. I substrati sono caratterizzati da materiali sedimentari fini, prevalentemente limi e argille parzialmente in sospensione, con acque ricche in carbonati, nitrati e, spesso, in materia organica, con possibili fenomeni di eutrofizzazione. Gli stadi della serie sono disposti in maniera spaziale procedendo in direzione esterna rispetto ai corsi d'acqua. Generalmente si incontrano delle boscaglie costituite da *Salix* sp. pl., *Rubus ulmifolius*, *Tamarix* sp. pl. ed altre fanerofite cespitose quali *Vitex agnus-castus*, *Nerium oleander* o *Sambucus nigra*. Più esternamente sono poi presenti popolamenti elofitici e/o elofitorizofitici inquadrabili nella classe *Phragmito-Magnocaricetea*.

Lungo i corsi d'acqua è possibile osservare anche il geosigmeto mediterraneo, edafogrofilo, subalofilo dei tamerici (rif. serie n. 28: *Tamaricion africanae*) con microboschi parzialmente caducifogli, caratterizzati da uno strato arbustivo denso ed



uno strato erbaceo assai limitato, costituito prevalentemente da specie rizofitiche e giunchiformi. Tali tipologie vegetazionali appaiono dominate da specie del genere *Tamarix*.

Le condizioni bioclimatiche e le caratteristiche delle acque correnti sono assimilabili a quelle del geosigmeto edafoigrofilo precedente. Gli stadi della serie sono disposti in maniera spaziale procedendo in direzione esterna rispetto ai corsi d'acqua. Generalmente si incontrano dei mantelli costituiti da popolamenti elofitici e/o elofitorizofitici inquadrabili nell'ordine *Scirpetalia compacti* (classe *Phragmito-Magnocaricetea*) e nell'ordine *Juncetalia maritimi* (classe *Juncetea maritimi*). Gli aspetti erbacei in contatto con tali tipologie vegetazionali, quando presenti, sono riferibili alla classe *Saginetea maritimae*. Le boscaglie ripariali del geosigmeto sardo-corso, edafoigrofilo, calcifugo e oligotrofico (rif. serie n. 27: *Rubus ulmifolii-Nerion oleandri*, *Nerio oleandri-Salicion purpureae*, *Hyperico hircini-Alnenion glutinosae*), sono raramente ben caratterizzate nel distretto e osservabili solamente nelle zone di transizione verso l'Iglesiente (Rio Leni e Rio Terra Maistus). Il geosigmeto si rinviene in condizioni bioclimatiche di tipo mediterraneo pluvistagionale oceanico, con termotipi variabili dal termomediterraneo superiore al mesomediterraneo inferiore. I substrati sono prevalentemente di tipo siliceo, con alvei ciottolosi, acque oligotrofe prive di carbonati e con scarsa sostanza organica.

Questo geosigmeto è caratterizzato da micro-mesoboschi edafoigrofilo caducifogli, mai in situazioni planiziali. Gli stadi della serie sono disposti in maniera spaziale procedendo in direzione esterna rispetto ai corsi d'acqua. Generalmente si incontrano delle boscaglie costituite da *Salix* sp. pl., *Rubus ulmifolius* ed altre fanerofite cespitose, soprattutto *Nerium oleander*. Infine sono degne di nota le formazioni delle zone umide costiere (stagni di S. Gilla e Molentargius), caratterizzate dalla presenza di comunità vegetali specializzate a crescere su suoli generalmente limoso-argillosi, scarsamente drenanti, allagati per periodi più o meno lunghi da acque salate. E' presente una tipica articolazione catenale del geosigmeto alofilo sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere (rif. serie n. 29) con tipologie vegetazionali disposte secondo gradienti ecologici determinati prevalentemente dai periodi di inondazione e/o sommersione, dalla granulometria del substrato e dalla salinità delle acque (*Ruppiaetea*, *Thero-Suaedetea*, *Saginetea maritimae*, *Salicornietea fruticosae*, *Juncetea maritimi*, *Phragmito-Magnocaricetea*).

<i>Serie di vegetazione</i>	
Serie 1: serie psammofila del ginepro coccolone ( <i>Pistacio-Juniperetum macrocarpae</i> )	X
Serie 3: serie sarda del ginepro turbinato ( <i>Oleo-Juniperetum turbinatae</i> )	X
Serie 10: serie sarda, termomediterranea dell'olivastro ( <i>Asparago albi-Oleetum sylvestris</i> )	§
Serie 19: serie sarda, termo-mesomediterranea della sughera ( <i>Galio scabri-Quercetum suberis</i> )	§
Serie 21: serie sarda, calcicola, termo-mesomediterranea della quercia di Virgilio ( <i>Lonicero implexae-Quercetum virgilianae</i> )	§
Serie 26: geosigmeto edafoigrofilo e planiziale ( <i>Populenion albae, Fraxino angustifoliae-Ulmenion minoris, Salicion albae</i> )	§
Serie 27: geosigmeto sardo-corso edafoigrofilo, calcifugo e oligotrofico ( <i>Nerio oleandri-Salicion purpureae, Rubo ulmifolii-Nerion oleandri, Hyperico hircini-Alnenion glutinosae</i> )	X
Serie 28: geosigmeto mediterraneo, edafoigrofilo, subalofilo dei tamerici ( <i>Tamaricion africanae</i> )	X
Serie 29: geosigmeto alofilo sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere ( <i>Ruppietea, Thero-Suaedetea, Saginetea maritimae, Salicornietea fruticosae, Juncetea maritimi, Phragmito-Magnocaricetea</i> )	§

Tabella 68 - Serie di vegetazione prevalenti e serie minori.

### *Ecosistema della Fauna*

Per la valutazione di questa componente ambientale, si fa riferimento al Piano Venatorio Faunistico della Regione Sardegna, nato dalla necessità sempre più crescente di promuovere un miglioramento in termini di salvaguardia delle componenti faunistiche nell'ambito della pianificazione territoriale. La redazione del Piano Faunistico Venatorio Regionale si inserisce in un quadro normativo di riferimento rappresentato dalla legge regionale in materia faunistico venatoria che a sua volta deriva dal recepimento, a livello locale, dei principi contenuti nelle fonti di disciplina nazionali ed internazionali. Pertanto la redazione del PFVR è stata preceduta dall'analisi delle principali disposizioni vigenti nell'ambito della tutela della natura nel suo insieme e/o della fauna selvatica in particolare.

Altro strumento attuativo di riferimento nella trattazione della componente ambientale in questione è il Progetto Life 96 "Gilla", presentato dai Comuni di Assemini, Cagliari, Capoterra ed Elmas, approvato dall'Unione Europea e successivamente ripreso per la compilazione del Piano di Gestione del pSIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla".

Esso consentirà a seguito della sua adozione definitiva, l'inserimento del sito all'interno della rete ecologica europea "Natura 2000".

Il Progetto Life 96 "Gilla" consiste in programmi di risanamento, recupero, valorizzazione ambientale, gestione integrata e conservazione dell'ecosistema stagnale e della biodiversità del sito, tramite una serie di interventi coordinati, predisposto dai Comuni interessati, di concerto con gli Assessorati Regionali della Difesa dell'Ambiente e della Programmazione e con l'Amministrazione Provinciale di Cagliari.





La segnalazione delle presenze ornitiche (derivanti da censimenti compiuti dalla Regione Sardegna, Assessorato Difesa Ambiente – Comitato Regionale Faunistico) ha permesso di evidenziare le principali aree di interesse relative all'avifauna (nidificante e migratoria).

L'area di Santa Gilla rientra anche tra i siti tutelati ai sensi della "Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici" firmata a Ramsar (Iran) il 2 febbraio 1971 e ratificata con Decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1976 n. 448 (G.U. 6/8/1977, n. 214).

La Laguna di Santa Gilla rappresenta, per estensione e biodiversità, una delle zone umide più importanti d'Europa; ospita infatti un elevato numero di specie di animali rare o minacciate (oltre 70 specie d'uccelli in pericolo, per un numero di individui che supera le 30.000 unità).

Il sito Ramsar "Stagno di Molentargius, coincide con la ZPS "Saline di Molentargius" e rappresenta, di fatto, un ambito nodale dell'intero compendio grazie alla notevole varietà di nicchie ecologiche determinate dalla composizione e struttura della vegetazione che costituiscono elementi di richiamo per l'avifauna.

Un ulteriore regime di tutela a livello regionale, stabilito ai sensi della L.R. 29/07/1998 n. 23, definisce le oasi di protezione faunistica e di cattura, ovvero aree destinate alla conservazione delle specie selvatiche.

Esse favoriscono il rifugio della fauna stanziale, la sosta della fauna migratoria ed il loro irradiazione naturale (Art. 23 della suddetta legge).

La tutela della fauna selvatica è finalizzata al mantenimento della biodiversità, compatibilmente con le esigenze economiche, sociali, culturali, peculiari della Regione e contribuisce, attraverso interventi di gestione e valorizzazione, all'obiettivo generale di uno sviluppo durevole (Art. 3).

All'interno delle oasi, ogni azione rivolta alla fauna selvatica non deve determinare l'uccisione, la cattura o il disturbo delle specie che la compongono.

Secondo la L.R. 23/1998, anche le catture per fini di studio e di ricerca scientifica devono essere autorizzate dall'Assessore regionale della difesa dell'ambiente.

Le due oasi sono contigue e comprendono porzioni del territorio del capoluogo, ma anche quello dei comuni di Assemmini, Capoterra (Santa Gilla e Capoterra), Elmas, Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu Sant'Elena (Molentargius).

Inoltre il sito ricade all'interno degli "Stagni di Cagliari", due aree IBA (Important Bird Areas), di cui un sito è terrestre e l'altro è marino.

La presente analisi ha lo scopo di delineare i principali aspetti dei popolamenti faunistici presenti nell'area vasta, al fine di valutarne il grado di interesse naturalistico e la sensibilità rispetto alle realizzazioni delle opere in progetto.

Particolare attenzione è stata rivolta al popolamento ornitico per il quale nell'area sono state istituite zone umide di interesse internazionale ai sensi della Convenzione Ramsar



e, successivamente, come Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della Direttiva Uccelli (Direttiva 2009/147/CE) e siti IBA (Important Bird Areas).

La trattazione intende fare una stima generale delle risorse faunistiche, riguardo il livello di diversità e lo status di conservazione, con particolare attenzione alle specie di interesse comunitario, ovvero quelle inserite negli Allegati II e IV della Direttiva Habitat e nell'Allegato I della Direttiva Uccelli, e quelle inserite nella Lista Rossa dei Vertebrati Italiani (Bulgarini et al., 1998).

L'analisi è stata realizzata sulla base di osservazioni sul campo, soprattutto per gli uccelli, e attraverso l'esame dei dati bibliografici disponibili, tratti dal Piano di gestione del SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023), del Piano di gestione del SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) e dallo Studio di Incidenza Ambientale redatto per il suddetto SIC ITB040023 da Studio Tecnico Naturalistico (2008, Cagliari).

Sono stati presi in considerazione i seguenti gruppi di animali:

- Macroinvertebrati acquatici
- Osteitti
- Anfibi e Rettili
- Uccelli
- Mammiferi.

Nel SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" è stata riscontrata la presenza di 174 specie di cui 25 inserite nell'Allegato II della Direttiva Habitat (92/43/CEE) e nell'Allegato I della Direttiva Uccelli (Direttiva 2009/147/CE). Dei vertebrati segnalati (123 specie), 31 specie figurano nella Lista rossa nazionale dei vertebrati.

#### Macroinvertebrati acquatici

Questo gruppo è rappresentato prevalentemente da Molluschi e Crostacei. Dei primi si contano 39 specie tra le classi di Bivalvi, Gasteropodi e Cefalopodi delle quali nessuna è inserita nell'Allegato II della Direttiva Habitat.

Alcuni Bivalvi, come la vongola verace (*Venerupis decussata*), la vongola gialla (*Venerupis aurea*), la cozza (*Mytilus galloprovincialis*), il cuore edule o cuore di laguna (*Cerastoderma glaucum*) e i Gasteropodi murice e murice spinoso (*Murex trunculus* e *M. brandaris*), sono di notevole interesse economico.

Per quanto riguarda i Crostacei, anche in questo caso, delle 8 specie rinvenute, nessuna è elencata nell'Allegato II della Direttiva di riferimento.

Gli Echinodermi sono presenti nell'area con 5 specie, anch'esse non citate dalla Direttiva Habitat.

### Osteitti

I pesci ossei sono rappresentati da 32 specie, distribuite tra la zona marina antistante il cordone dunale che separa la laguna dal mare, le acque marine e salmastre della laguna e le foci del Mannu e del Cixerri.

L'area costiera e l'area lagunare rappresentano un continuum ecologico all'interno del quale si sviluppano le attività trofiche e riproduttive di numerose specie quali ad esempio: *lampreda di mare* (*Petromyzon marinus*, ciclostoma appartenente all'infraphylum Agnatha), *latterino* (*Atherina boyeri*), *cheppia* (*Alosa fallax*), muggine bosega (*Chelon labrosus*), *muggine dorato* (*Liza aurata*), *muggine calamita* (*Liza ramada*), *muggine musino* (*Liza saliens*), *cefalo* (*Mugil cephalus*), *anguilla* (*Anguilla anguilla*), *sogliola* (*Solea vulgaris*), *spigola* (*Dicentrarchus labrax*), *orata* (*Sparus aurata*), *mormora* (*Lithognathus mormyrus*), *sparlotta* (*Diplodus annularis*), *triglia di fango e di scoglio* (*Mullus barbatus* e *M. surmuletus*), *gozzo nero e paganello* (*Gobius niger* e *G. paganellus*).

Oltre la lampreda di mare, 2 specie di pesci ossei sono elencati nell'Allegato II della Direttiva Habitat: la cheppia (*Alosa fallax*) ed il nono (*Aphanius fasciatus*), inserite anche nel protocollo sulle Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo (ASPIM della Convenzione di Barcellona) e nella Convenzione di Berna.

### Anfibi e Rettili

L'erpetofauna dello Stagno di Cagliari è rappresentata da 2 specie di anfibi e 10 specie di rettili.

Per quanto riguarda gli anfibi, le due specie segnalate appartengono entrambe all'ordine degli anuri e sono inserite nell'Allegato IV della Direttiva Habitat e nell'Allegato II della Convenzione di Berna: il rospo smeraldino (*Bufo viridis*) e la raganella sarda (*Hyla sarda*). Quest'ultima è un endemismo della Sardegna.

Anche nell'ambito dello stagno di Molentargius, le uniche due specie di anfibi presenti sono la Raganella sarda e il Rospo smeraldino.

A differenza del Rospo smeraldino la Raganella sarda ha una minore diffusione; è infatti presente in pochi luoghi, come la Sardegna, la Corsica e l'Arcipelago Toscano.

Gli elementi distintivi sono il colore verde brillante e le fasce nere che percorrono lateralmente il corpo. Si può vedere la Raganella tirrenica presso pozze d'acqua dolce, tra i canneti, cespugli, arbusti e nelle aree abitate (orti e giardini).



Tra le specie di rettili rilevate, le testuggini *Caretta caretta* e *Emys orbicularis* sono inserite negli allegati II e IV della Direttiva Habitat; nell'allegato IV si trovano anche la *Lucertola campestre* e la *Lucertola tirrenica* (*Podarcis sicula cetti* e *P. tiliguerta*), il *biacco* (*Coluber viridiflavus*) e il *gongilo ocellato* (*Chalcides ocellatus*).

Figurano invece nell'allegato II o III della Convenzione di Berna i due gechi *Emidattilo turco* (*Hemidactylus turcicus*) e *Tarentola mauritanica*, la *luscengola* (*Chalcides chalcides*) e la *biscia viperina* (*Natrix maura*).

L'erpetofauna che più facilmente si può osservare nei sentieri del sito è rappresentata dal *Biacco* (*Coluber viridiflavus*), mentre nei canali d'acqua dolce è presente la *Natrice viperina* (*Natrix maura*).

Più volte è stato avvistato il *Colubro ferro di cavallo* (*Coluber hippocrepis*); questa specie è inserita nell'All. II della Convenzione di Berna, nell'All. IV della Direttiva Habitat e nell'All. I della L.R. 23/98; e inoltre definito nella Lista Rossa dei Vertebrati italiani, come specie "in pericolo in modo critico".

Tra i Sauri è presente il *Geco* (*Tarentola mauritanica*), la *Lucertola tirrenica* (*Podarcis tiliguerta*) e la *Lucertola campestre* (*Podarcis sicula cetti*); in acque dolci si trova anche la *Tartaruga d'acqua* (*Emys orbicularis*).

In tale contesto sono inoltre presenti alcune specie alloctone, tra cui la *Tartaruga dalle orecchie rosse* (*Trachemys scripta elegans*), la cui liberazione indiscriminata negli ambienti naturali sta sconvolgendo gli equilibri degli ecosistemi acquatici a scapito, in particolare, della *tartaruga d'acqua* (*Emys orbicularis*) con la quale entra in competizione.

### Uccelli

L'avifauna rappresenta il gruppo animale più numeroso nell'area di Santa Gilla in quanto la ricchezza e la tipologia degli habitat presenti ne fanno una zona di elezione per gli uccelli.

L'importanza di questa zona umida a tale riguardo è riconosciuta a livello internazionale ai sensi della Direttiva 79/409/CEE e della convenzione di Ramsar.

Sono state considerate, ai fini della redazione della presente analisi, le specie eventualmente, probabilmente o certamente nidificanti nell'area di studio.

Nell'area si contano in totale 65 specie di cui 19 elencate nell'allegato I della Direttiva Uccelli e 23 inserite nella Lista Rossa dei vertebrati italiani (Bulgarini et al., 2006).

Alla precedente check-list devono essere aggiunte 2 specie, la *pernice di mare* (*Glareola pratincola*) e la *nitticora* (*Nycticorax nycticorax*), anch'esse inserite nell'allegato I della Direttiva Uccelli, indicate nel formulario standard della ZPS IT044003 "Stagno di Cagliari", aggiornato a settembre 2010, per le quali la nidificazione è ritenuta "molto rara".

Inoltre, da segnalare il *fenicottero rosso* (*Phoenicopterus ruber*) del quale si rilevano fino a 1000 coppie e la *sterna comune* (*Sterna hirundo*) presente con 100 coppie.



I dati avifaunistici hanno permesso di suddividere l'area di studio in unità ambientali a cui è stato assegnato un diverso livello di interesse avifaunistico e conservazionistico, sulla base di alcuni parametri quali la ricchezza di specie, la presenza di specie di interesse regionale, nazionale ed europeo.

I parametri relativi alle specie di uccelli suddivisi in nidificanti e migratrici/ospiti sono stati successivamente integrati nella graduatoria dell'interesse conservazionistico, che ha individuato le seguenti classi di interesse:

- internazionale (vasche di evaporazione delle saline, area delle foci Mereu, Tramontana, Riu Mannu, Cixerri e Stagno di Capoterra e Foce del Rio Santa Lucia)
- nazionale (Laguna aperta, Canale e vasca di Porto San Pietro, Acquitrini da Donna Laura a Punta Coterusi, Vasche pensili)
- regionale (Laghetti di Assemini e altre zone parastagnali, cordone litoraneo di La Plaia e mare antistante, area del Porto Canale)
- locale (vasche salanti delle Saline e Sa Illetta o San Simone).

Nelle unità di elevato interesse si riscontra una forte concentrazione dell'avifauna migratrice/ospite (Podicipedidae, Ciconiformes, Phoenicopteridae, Anatidae, Accipitriformes, Rallidae, Limicolae, Laridae e Sternidae); in particolare, l'area delle vasche evaporanti nell'ultimo decennio ha ospitato contingenti nidificanti di importanza internazionale di specie di interesse conservazionistico europeo (*Larus genei* e *Gelochelidon nilotica*), contingenti svernanti di interesse nazionale e internazionale di ardeidi, fenicotteri, anatidi e laro-limicoli.

Attualmente il popolamento ornitico nidificante si è modificato rispetto agli anni '80.

Le colonie di *gabbiano roseo* (*Larus genei*), *sterna zampenere* (*Gelochelidon nilotica*) e *fenicottero* (*Phoenicopterusruber*) si sono trasferite nello Stagno di Molentargius, ma lo Stagno di Cagliari continua a rappresentare un sito di alimentazione per il periodo riproduttivo; la *garzetta* (*Egretta garzetta*) e l'*airone guardabuoi* (*Bubulcus ibis*) dal 1994 hanno costituito una colonia (garzaia) nei pressi dell'aeroporto di Elmas.

Da sempre gli uccelli sono stati gli animali più studiati nel contesto che ruota attorno allo stagni di Molentargius.

Dall'analisi delle fonti bibliografiche disponibili e dei numerosi censimenti effettuati nell'area protetta anche su incarico della Regione Sardegna negli anni passati, si ha a disposizione oggi una accurata check list di tutti gli uccelli osservati nel territorio del Molentargius: dal 1850 ad oggi, nell'area del Molentargius sono state censite 230 specie ornitiche, appartenenti a 53 famiglie, di cui 148 specie non-Passeriformes.

Occasionalmente sono state osservate tre specie aliene: il *Fenicottero dei Caraibi* (*Phoenicopterus ruber*), l'*Oca di Magellano* (*Chloephaga picta*) e il *Parrocchetto dal collare* (*Psittacula krameri*).

### Mammiferi

I dati riguardanti questa classe di vertebrati sono stati desunti dall'analisi e dalla ricerca bibliografica (Boitani et al., 2002; Spegnesi et al., 2002; Sara, 1998; Corbet e Ovenden, 1986; Mocchi De Martis e Secci, 1997), data la difficoltà di effettuare osservazioni dirette e la mancanza di tecnologie specifiche, ad esempio per quanto riguarda i Chiroteri.

Nell'area di studio, sono presenti, o presumibilmente presenti, 14 specie di mammiferi delle quali 1 è elencata nell'allegato II della Direttiva Habitat: si tratta del *chiroterio rinolofo maggiore* (*Rhinolophus ferrumequinum*).

Appartenenti ai chiroteri anche altre 3 specie inserite nella Lista Rossa Nazionale: il *pipistrello albolimbato* (*Pipistrellus kuhlii*), il *pipistrello nano* (*Pipistrellus pipistrellus*) e il *vespertilio maggiore* (*Myotis myotis* Borkhausen).

Un'altra specie inserita nella Lista Rossa Nazionale è la *rara lepre sarda* (*Lepus capensis mediterraneus*), un lacomorfo giudicato vulnerabile, ovvero si trova ad un alto livello di estinzione allo stato selvatico nel futuro a medio termine.

Da segnalare diversi endemismi che, insieme a *Lepus capensis mediterraneus*, caratterizzano la mammalofauna dell'area: *Erinaceus europaeus italicus*, *Suncus etruscus pachyurus* e *Crocidura russula ichnusae*.

Tra i carnivori è presente la *volpe sarda* (*Vulpes vulpe ichnusae*), anch'essa endemica, che frequenta tutti i tipi di ambienti e si spinge fino ai dintorni dell'area umida.

Nell'ambito di interesse naturalistico corrispondente al SIC ITB040022 "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" complessivamente nel sito sono presenti 36 specie animali di cui all'articolo 4 della Direttiva 2009/147/CE ed elencati nell'allegato II della Direttiva 92/43/CEE di cui una specie ittica, due di rettili e 33 di uccelli.

Nelle zone più aride del SIC si trova l'habitat ideale del *Coniglio selvatico* (*Oryctolagus cuniculus huxleyi*) e del *Riccio* (*Erinaceus europaeus italicus*).

Recentemente è stata avvistata la *Donnola* (*Mustela nivalis boccamela*).

Tra le specie "aliene" presenti nel parco, è da segnalare la presenza della *Nutria* (*Myocastor coypus*), roditore acquatico importato in Europa dal Sudamerica nei primi decenni del secolo scorso come animale da pelliccia. Il roditore ormai ha invaso le campagne di buona parte della Sardegna, in particolare i corsi d'acqua del Campidano, e risulta così diffuso in certe aree da devastarne le colture.

### 9.1.2 Ecosistemi marini

Per prevedere l'evoluzione territoriale e il potenziale impatto che l'opera in progetto potrebbe avere sull'ambito costiero è di fondamentale importanza lo studio dei caratteri morfologici, biologici e fisico-chimici del sito.

Tali caratteri devono necessariamente essere riferiti all'area vasta che fa da sfondo all'area di studio.

In generale lo stagno di Cagliari, ubicato in un antico fondovalle scavato dal Rio Mannu e dal Rio Cixerri, colmato con depositi fluviali, palustri e marini, è attualmente compreso in un agglomerato urbano e industriale e subisce pertanto notevoli pressioni antropiche. La laguna è caratterizzata inoltre dalla presenza di diversi immissari provenienti dai bacini idrografici del Rio Cixerri, Flumini Mannu e Rio Mannu ed una serie di canali artificiali realizzati per la regimazione delle acque provenienti dai bacini scolanti minori che confluiscono nella laguna. Tutti i canali sono collettati nel canale di guardia, che si sviluppa nel confine orientale e sbocca nel bacino portuale di Cagliari.

### 9.1.3 Aree naturali protette, aree SIC, ZPS e RAMSAR

In particolare le aree di interesse naturalistico che coinvolgono l'ecosistema marino sono:

- l'Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura "Stagno di Santa Gilla e Capoterra";
- la zona Ramsar "Stagno di Santa Gilla" (codice Ramsar: 3IT018);
- il Sito di Interesse Comunitario ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla", designato ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat";
- la Zona di Protezione Speciale ITB044003 "Stagno di Cagliari" designata ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli selvatici";
- l'area IBA (Important Bird Area) "Stagni di Cagliari" (codice n° 188).

L'Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura "Stagno di Santa Gilla e Capoterra", istituita ai sensi della Legge Regionale del 29 luglio 1998, n. 23 recante "*Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna*", contigua all'Oasi "Cagliari - Stagni di Quartu e Molentargius", ha una superficie di circa 6.110,39 ettari.

La superficie dell'area di Santa Gilla denominata "Stagno di Santa Gilla" ai sensi della "Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come





habitat degli uccelli acquatici” firmata a Ramsar (Iran) nel 2 febbraio 1971 e ratificata con Decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1976 n° 448” (G.U. 6/8/1977, n° 214) è di 3.466 ettari: include le caselle salanti delle Saline Contivecchi ma esclude lo Stagno di Capoterra.

La Riserva Naturale Regionale, proposta ai sensi della Legge 31/89 “*Norme per l’istituzione e la gestione dei Parchi, delle Riserve e dei Monumenti naturali nonché delle aree di particolare rilevanza naturalistica ed ambientale*”, ricade negli attuali confini di Cagliari, Assemmini ed Elmas, seguendo i vecchi limiti dello stagno ed escludendo lo stagno di Capoterra, per una superficie totale di 5.674 ettari.

Il Sito di Interesse Comunitario ITB040023 “Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla” è stato designato ai sensi della Direttiva 92/43/CEE “Habitat” ed ha una superficie di 5.982 ettari.

La Zona di Protezione Speciale ITB044003 “Stagno di Cagliari” è stata designata nell’ottobre 1988 ai sensi della Direttiva 79/409/CEE “Uccelli selvatici” ed ha una superficie di 3.559 ettari.

L’inventario delle IBA (acronimo di *Important Bird Areas*, Siti di importanza internazionale per la conservazione dell’avifauna) di BirdLife International fondato su criteri ornitologici quantitativi, è stato riconosciuto dalla Corte di Giustizia Europea come strumento scientifico per l’identificazione dei siti da tutelare come ZPS.

L’area I.B.A. n° 188 comprende lo Stagno di Cagliari e Saline di Santa Gilla, Molentargius, Saline e Stagno di Quartu ed il Monte di Sant’Elia, per una superficie terrestre di 7.651 ettari ed una marina di 1.947 ettari.

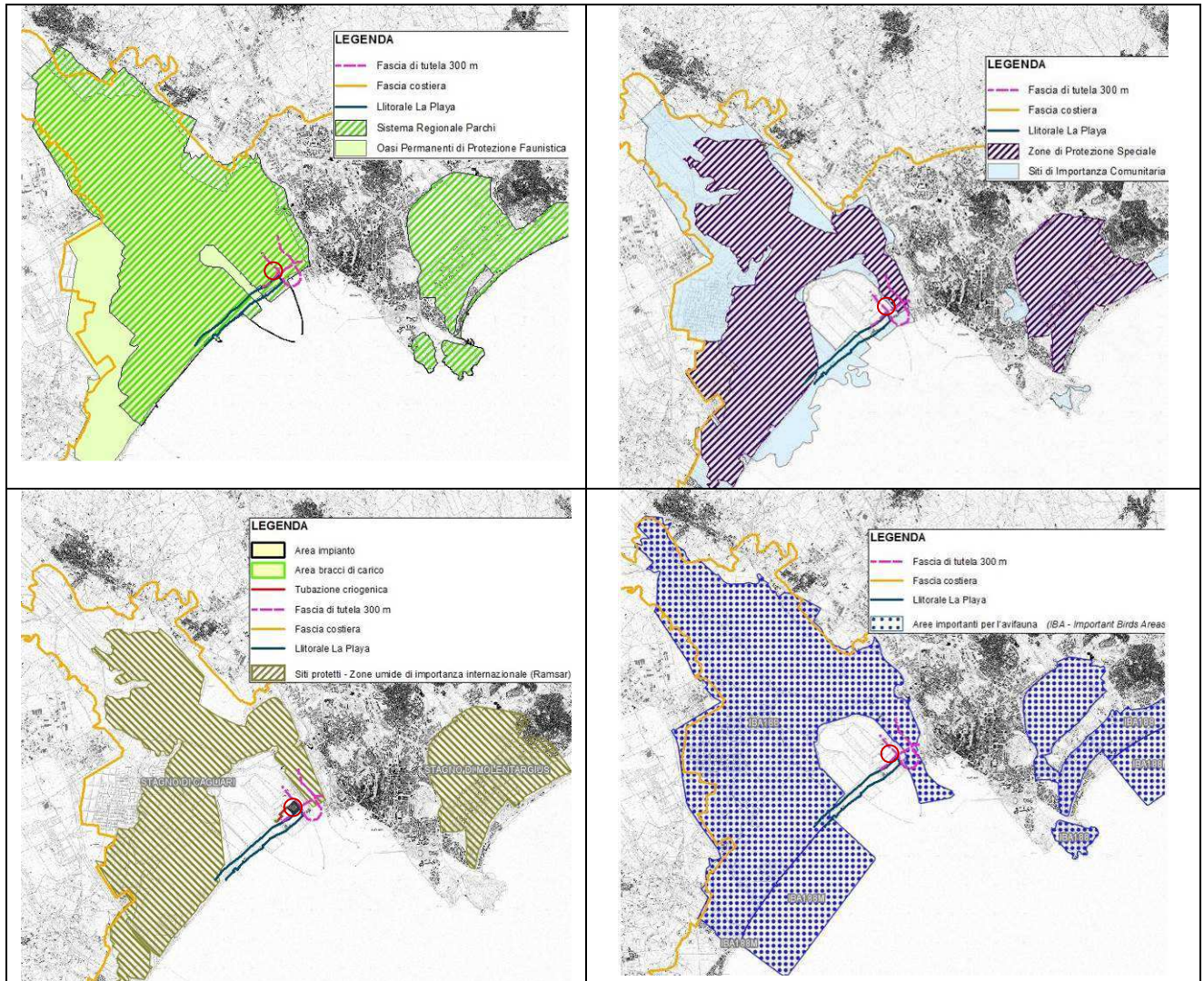


Figura 42 - Indicazione terminal GNL su aree naturali protette.

## 9.2 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione

In seguito alla costruzione del Porto Canale di Cagliari, l'area dello stagno ha subito una profonda trasformazione.

Tuttavia come si può vedere nelle immagini precedenti, l'area dell'impianto ricade generalmente all'esterno delle aree naturali protette e pertanto non va a modificare tali ecosistemi più di quanto non abbiano già fatto le opere esistenti nell'area industriale del Porto Canale.

### 9.2.1 Fase di cantiere

*Disturbi a fauna e vegetazione terrestre a seguito dell'alterazione delle caratteristiche di qualità dell'aria dovuta ad emissioni di inquinanti e di polveri in atmosfera*

Durante la fase di cantiere gli impatti negativi saranno dovuti essenzialmente a:

- emissioni di inquinanti da combustione, dovute ai fumi di scarico delle macchine e dei mezzi terrestri e marittimi usati (autocarri, escavatori, etc.);
- sviluppo di polveri durante le operazioni di scavo e movimento terra.

Le suddette emissioni sono stimate al Capitolo 5 al quale si rimanda.

In particolare, le stime condotte hanno evidenziato valori complessivi tipici di cantieri di media dimensioni, le cui ricadute, in considerazione delle caratteristiche emmissive, saranno concentrate nelle vicinanze del punto di emissione.

Pertanto, per le zone caratterizzate dalla potenziale presenza di habitat e/o specie di valore naturalistico si ritiene che l'impatto potenziale sia di lieve entità, temporaneo e reversibile.

Per quanto attiene alle misure di mitigazione che si possono prevedere per limitare tali emissioni, esse possono essere individuate in:

- umidificazione del terreno nelle aree di cantiere per impedire l'emissione di polvere;
- controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi;
- accurata manutenzione dei mezzi impiegati;
- cura nell'evitare di tenere i mezzi inutilmente accessi.

*Disturbi a specie e habitat a seguito della modifica dello Stato della qualità delle acque*

Durante la fase di cantiere le attività potranno comportare un'alterazione della qualità delle acque marine, ricollegabile principalmente agli scarichi delle acque necessarie per le attività di *commissioning* dei serbatoi GNL.

Gli scarichi connessi alle attività di *commissioning* non causeranno variazioni di rilievo dello stato della qualità dell'acqua: l'impatto ad essi associato sarà trascurabile.

In considerazione di quanto sopra, si può quindi concludere che l'impatto sulle specie e gli habitat marini di rilevanza naturalistica sia di lieve entità, temporaneo e reversibile.

### *Disturbi alla fauna marina e terrestre dovuti ad emissioni sonore*

Durante la fase di cantiere, la produzione di emissioni sonore è imputabile principalmente al funzionamento dei macchinari e dei mezzi terrestri e al traffico veicolare indotto.

Le emissioni sonore legate alla fase di cantiere e di esercizio dell'opera sono trattate in dettaglio nel capitolo 8 a cui si rimanda.

In generale esse saranno comunque limitate nel tempo, pertanto si può dire che gli impatti prodotti sulla fauna presente nelle aree Natura 2000 e nelle IBA più vicine all'area di intervento, saranno di lieve entità, temporanei e reversibili.

In fase di cantiere le misure di mitigazione da prevedersi saranno principalmente di carattere organizzativo.

Per esempio si potranno:

- posizionare le sorgenti di rumore in zona defilata rispetto ai recettori, compatibilmente con le necessità di cantiere;
- controllare le velocità di transito dei mezzi;
- svolgere le attività di costruzione nelle ore diurne;
- assicurare una costante manutenzione dei macchinari e dei mezzi di lavoro.

Non sono invece previste emissioni sonore di tipo impulsivo ad alta energia potenzialmente dannose per la salute dei mammiferi e rettili marini.

### *Danni a vegetazione e disturbi alla fauna terrestre a seguito di interferenza diretta per occupazione di suolo (fase di cantiere e di esercizio)*

Durante la fase di cantiere e di esercizio è prevista principalmente l'occupazione di aree a terra (solo durante le fasi di esercizio si prevede l'occupazione delle aree a mare per il bunkeraggio navale *ship to ship* o *track to ship*).

Di conseguenza, in considerazione della vocazione dell'area, delle attività svolte (portuali ed industriali) e della destinazione d'uso dell'area, è stato valutato un impatto di media entità.

## **9.2.2 Fase di esercizio**

### *Danni alla vegetazione terrestre per emissioni di polveri ed inquinanti e disturbi alla fauna terrestre per emissioni sonore*



Durante la fase di esercizio gli unici disturbi arrecabili alla flora e alla fauna terrestri potrebbero essere ricollegabili a:

- emissioni gassose e sonore dovute all'esercizio dell'opera;
- presenza di uomini e mezzi meccanici;
- traffico di mezzi terrestri e marittimi.

Per quanto concerne il clima acustico, le stime condotte precedentemente al Capitolo 8 hanno evidenziato che la rumorosità generata dall'esercizio dell'opera assume valori ampiamente inferiori alla soglia di 70 dB(A), considerata critica per la fauna, già a circa 100 m dal confine dell'impianto e pertanto, data la distanza dalle aree soggette a tutela, non è prevedibile un'alterazione del clima acustico tale da indurre incidenze sulla fauna presente negli stessi.

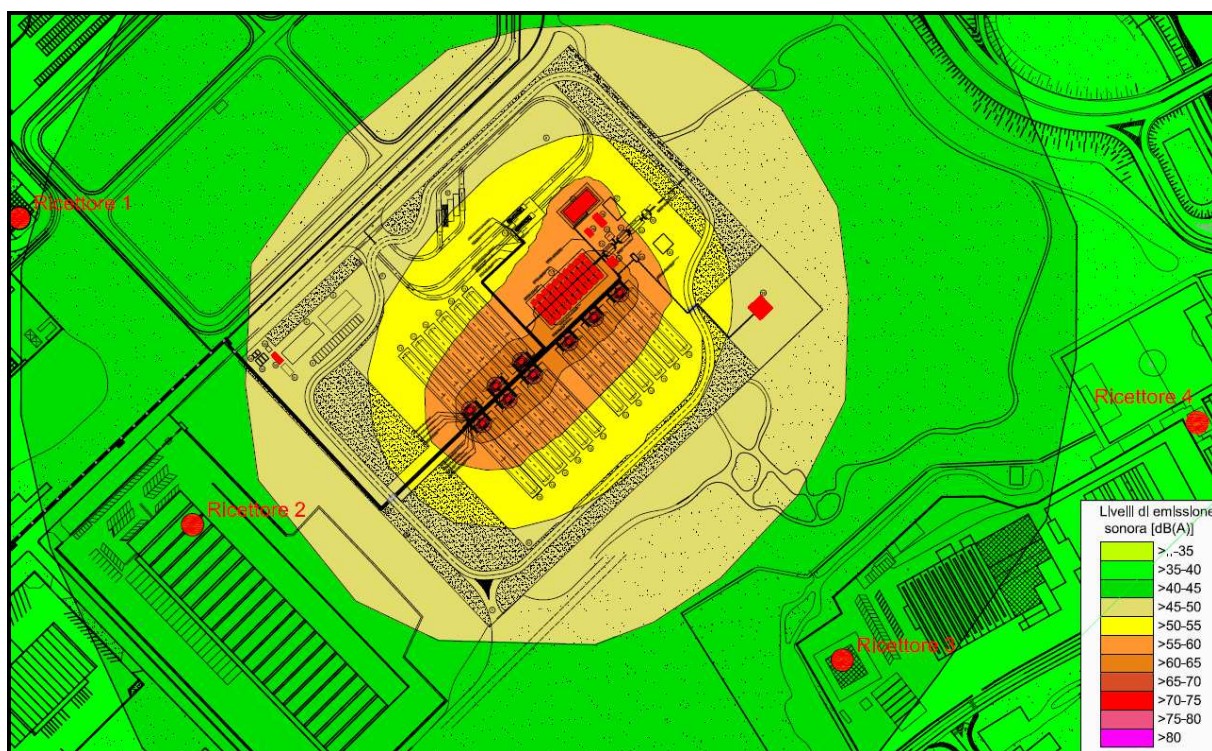


Figura 43 – Livelli di emissione sonora dell'impianto.

In considerazione di ciò si può concludere che il disturbo alle specie presenti sia comunque di lieve entità.

La rumorosità generata dai mezzi di trasporto del GNL (terrestri e marittimi) interessa aree maggiormente antropizzate già utilizzate per fini trasportistici (il canale di accesso

al Porto, le strade esistenti a servizio dell'area portuale e retro portuale), pertanto l'impatto associato al traffico indotto dall'esercizio dell'opera risulta trascurabile.

Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera, le valutazioni condotte al Capitolo 5 dimostrano che:

- le ricadute di inquinanti al suolo associate al traffico marittimo per l'approvvigionamento del GNL al deposito costiero e per il trasporto del GNL verso utenze terze risultano contenute entro i limiti di normativa e, ove applicabili, ai limiti specificatamente previsti per la protezione della vegetazione;
- le emissioni associate al traffico terrestre indotto dall'esercizio del deposito costiero interesseranno aree già antropizzate e utilizzate per fini industriali e, comunque non causeranno modifiche dello stato della qualità dell'aria tali da indurre disturbi significativi alla vegetazione e alla fauna terrestre.

Tenuto conto di quanto sopra si ritiene che l'impatto sulla vegetazione sia di lieve entità. Per la descrizione delle misure di mitigazione si rimanda ai relativi Capitoli 5 e 8 per le emissioni in atmosfera e le emissioni acustiche rispettivamente.

#### *Disturbi a Specie e Habitat Marini durante la Fase di Esercizio*

Durante l'esercizio dell'opera, potenziali disturbi alle specie e habitat marini potranno essere causati dal traffico marittimo per il trasporto del GNL.

Il traffico indotto dall'esercizio sarà, nel caso peggiorativo, pari a circa 24 metaniere/anno da 15,600 m<sup>3</sup> per l'approvvigionamento del GNL al deposito costiero e circa 20 bettoline/anno da 1,000 m<sup>3</sup> per la distribuzione del GNL alle utenze.

Un rimorchiatore affiancherà inoltre ogni metaniera/bettolina durante le operazioni di manovra. L'incremento del traffico navale sarà comunque limitato soprattutto in considerazione degli enormi vantaggi che la realizzazione dell'opera comporterà.

Pertanto in ragione delle precedenti valutazioni e del contesto portuale in cui si applicano si ritiene che i disturbi a specie e habitat marini connessi al traffico indotto dall'esercizio dell'opera siano trascurabili.

## **10 ASPETTI STORICO-PAESAGGISTICI**

La caratterizzazione della componente "paesaggio", sia degli aspetti legati alla sfera storico-culturale, sia di quelli legati alla percezione visiva, ha come obiettivo quello di indagare le interazioni paesaggio-intervento al fine di identificare le azioni di mitigazione atte a ridurre i disturbi eventualmente prodotti dalle opere.





Le interazioni paesaggio-intervento distinte in fase di cantiere e fase di esercizio sono le seguenti:

Fase di Cantiere:

- Movimentazioni terra;
- La presenza del cantiere a terra;
- Emissioni luminose;

Fase di esercizio:

- La presenza degli impianti e delle strutture;
- La presenza delle navi;
- Emissioni luminose.

Come già detto precedentemente le emissioni luminose rappresentano un impatto irrilevante sia in fase di cantiere che in fase di esercizio in quanto le operazioni vengono eseguite prevalentemente di giorno e qualora fossero eseguite di notte saranno presi tutti i provvedimenti per minimizzare il disturbo.

### ***10.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento***

Il Piano Paesaggistico Regionale ha suddiviso la Sardegna in 35 regioni storiche, ovvero parti di territorio omogenee dal punto di vista storico, antropologico, archeologico, sociologico, linguistico e di paesaggio.



Figura 44 - Suddivisione in regioni storiche da PPR

L'area di intervento ricade all'interno della regione storica n. 33 - "Campidano di Cagliari".

### 10.1.1 Inquadramento generale

La regione storica n. 33 - "Campidano di Cagliari" è costituita dall'entroterra dell'ampio Golfo degli Angeli, limite meridionale della grande pianura del Campidano.

Si tratta dell'area con la più ampia concentrazione demografica della Sardegna sviluppata attorno al capoluogo dell'isola.

Il territorio è caratterizzato a Nord dalle coltivazioni di grano, viti e frutteti impostati nella fertile pianura, mentre l'area urbana è circondata dalle suggestive lagune dove nidificano i fenicotteri rosa.

La vocazione turistica dell'area è testimoniata dalla sempre più ampia popolarità che rivestono le spiagge dal Poetto fino a Capo Boi.

Oltre alla valenza turistica, il Porto di Cagliari costituisce un importante risorsa economica.

Le vicende storiche che hanno accomunato l'area hanno lasciato traccia nei numerosi siti archeologici localizzati all'interno della città punico-romano-medievale di Karales e nelle zone limitrofe.

Infine ci sono la basilica di San Saturno, le chiese romaniche, tardogotiche e la cattedrale di Santa Maria.

A questa regione storica appartengono i Comuni di: Cagliari, Maracalagonis, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Monserrato, Selargius, Settimo San Pietro, Soleminis, Elmas e Sinnai.

Tra gli elementi che caratterizzano l'area vi sono: le aree lagunari e le Saline, i centri abitati di epoca medievale, i colli della città di Cagliari e il Porto.

Di seguito si possono vedere alcune tra le più suggestive immagini caratterizzanti il complesso storico:



Figura 45 - Saline di Molentargius (particolare).



Figura 46 - Settimo San Pietro (particolare).



Figura 47 - Piazza di San Bartolomeo a Cagliari.



Figura 48 - Castello di San Michele a Cagliari.

### 10.1.2 Analisi di dettaglio

L'area di intervento ricade nell'ambito di paesaggio n. 1 – "Golfo di Cagliari" dell'Atlante degli ambiti di paesaggio, caratterizzato da un complesso sistema paesistico territoriale unitario in cui si riconoscono almeno tre grandi componenti strettamente interconnesse: il sistema costiero dello stagno di Cagliari-laguna di Santa Gilla, la dorsale dei colli di Cagliari e il compendio umido di Molentargius, delle saline e del cordone sabbioso del Poetto. Queste componenti delineano la matrice funzionale e strutturale dell'ambito.

L'insediamento umano risale al VII secolo a.C., ma la formazione urbana di Karales, innestata sulla sponda orientale della laguna di Santa Gilla, risale al VI secolo a. C.

La città romana invece s'incentrò nell'area retrostante l'odierna darsena.

Tuttavia la configurazione attuale della città di Cagliari, con il quartiere di Castello, le ville sottostanti di Stampace, Lapola e Villanova venne raggiunta nel basso medioevo attraverso la fondazione pisana e la conquista catalana di Castello di Castro (1324).

Gli elementi principali che caratterizzano gli ambiti di paesaggio sono Ambiente, Storia e Inseadimento.

Per quanto riguarda gli elementi ambientali si rilevano:

- La vasta zona umida dello stagno di Cagliari e della Laguna di Santa Gilla, posta nella parte meridionale della piana del Campidano;
- La dorsale strutturale delle colline mioceniche di Cagliari che caratterizzano la matrice geologico-morfologica su cui si sviluppa la città;
- Il complesso territoriale costiero del Poetto e delle zone umide di Molentargius;
- I siti di importanza comunitaria: stagno di Molentargius, Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla, Torre del Poetto, Monte di sant'Elia, Cala Mosca, Cala Fighera.

Gli elementi storici che caratterizzano l'ambito di riferimento sono:

- I sistemi insediativi antichi (la Karales punica sulla sponda orientale di Santa Gilla, la città romana nell'area retrostante l'odierna darsena, la città dell'alto medioevo);
  - L'area del colle di Tuvixeddu-Tuvumannu con la necropoli fenicia;
  - Il sistema urbanistico medievale del centro di Cagliari e dei borghi extra moenia;
  - Il sistema portuale storico, commerciale, militare di Cagliari;
  - Il sistema delle strutture militari del centro medievale di Cagliari e le modernizzazioni successive;
  - I sistemi insediativi medievali di Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius, Monserrato e Pirri;
  - Il sistema insediativo storico dei centri medievali di Sinnai, Settimo San Pietro e Maracalagonis;
  - L'insediamento urbano e rurale di Sestu, San Gemiliano;
  - L'insieme dei presidi religiosi e civili (chiese campestri e ville) del paesaggio agrario del Campidano di Cagliari;
  - Il sistema delle archeologie industriali (sistemi del sale e del vino, con le Saline Molentargius e Contivecchi e le grandi cantine sorte tra l'800 e il '900);
  - L'insieme delle tradizioni della cultura materiale legata alla pesca nella laguna di Santa Gilla e all'antico borgo di pescatori di Giorgino;
-



- Il sistema museale a diversi livelli (comunale, regionale ecc.).

Gli elementi insediativi che caratterizzano l'ambito di riferimento sono:

- Il tessuto insediativo continuo dell'area urbana, costruito attorno al sistema ambientale di Molentargius e delle saline;
- L'insediamento residenziale e i servizi lungo il cordone litorale del Poetto;
- L'ambito dell'espansione residenziale e i servizi lungo il cordone litorale del Poetto;
- L'Ambito dell'espansione residenziale di Pizz'e Serra;
- Il sistema insediativo di connessione tra Cagliari ed il centro urbano di Elmas lungo le rive della Laguna di Santa Gilla;
- I sistemi infrastrutturali delle reti tecnologiche e dei trasporti con il sistema portuale storico, commerciale, turistico, militare, industriale di Cagliari;
- I corridoi infrastrutturali delle SS 130 e 131 con gli insediamenti produttivi e commerciali di Cagliari, Elmas e Sestu;
- L'apparato produttivo e commerciale lungo il corridoio infrastrutturale della SS 554, costituito da aree destinate a strutture di servizio sovralocale, insediamenti produttivi e commerciali;
- L'ambito dei servizi nell'area di Terramaini e gli insediamenti produttivi e commerciali lungo viale Marconi;
- I grandi agglomerati industriali di Macchiareddu (CASIC);
- Gli insediamenti recenti di servizi avanzati a Sa Illetta con le infrastrutture del Porto Canale.



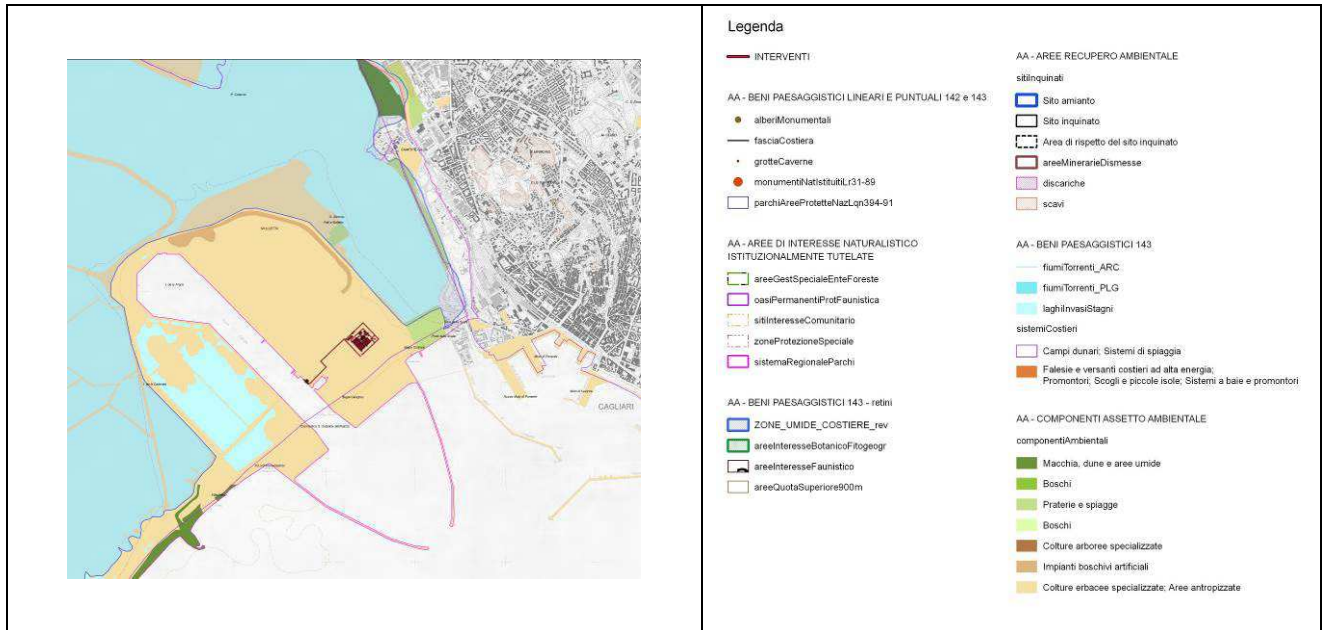


Figura 49 - Assetto ambientale area di intervento.

Dall'inquadramento dell'area di intervento nell'ambito dell'assetto ambientale del Piano Paesaggistico Regionale si vede che il sito ricade tra le "Colture erbacee specializzate e Aree antropizzate"

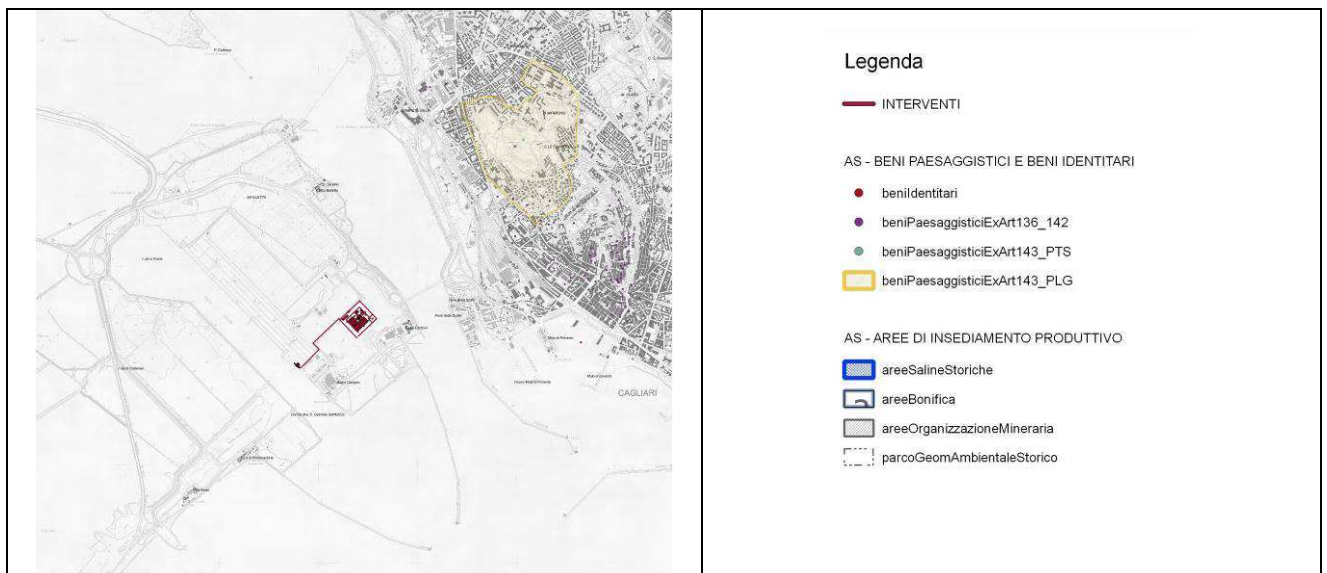


Figura 50 - Assetto storico culturale area di intervento.

Dall'inquadramento dell'area di intervento nell'ambito dell'assetto storico culturale del Piano Paesaggistico Regionale si vede che il sito non è interessato direttamente da nessuno dei beni paesaggistici o delle aree sottoposte a particolari tutele.

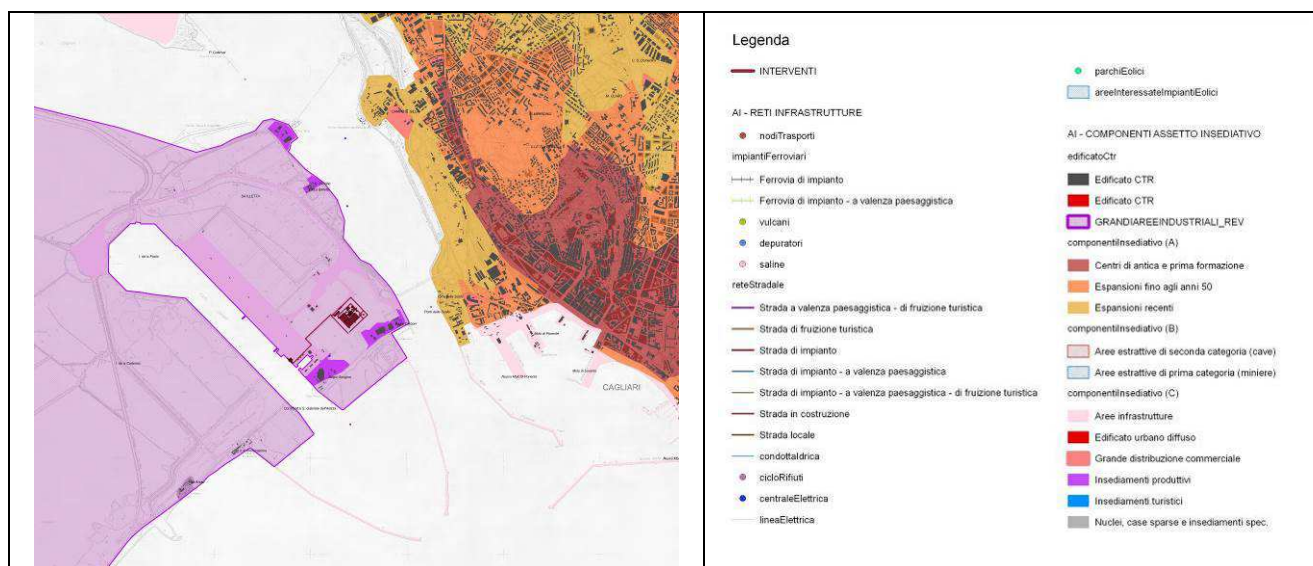


Figura 51 - Assetto insediativo area di intervento.

Dall'inquadramento dell'area di intervento nell'ambito dell'assetto insediativo del Piano Paesaggistico Regionale si vede che il sito ricade in un'area già occupata da "Grandi aree industriali".

## 10.2 Elementi di sensibilità e potenziali ricettori

Riguardo la componente ambientale in oggetto sono stati individuati come potenziali recettori dell'impatto delle opere in progetto gli elementi seguenti:

- Elementi di interesse storico e archeologico;
- I beni paesaggistici;
- Le aree naturali protette;
- I percorsi panoramici.

Nello specifico nell'ambito n. 1 "Golfo di Cagliari" sono emersi i seguenti elementi sensibili:



- Stagno di Cagliari;
- Laguna di Santa Gilla;
- Zone umide di Molentargius;
- Spiaggia e Torre del Poetto;
- Saline di Macchiareddu;
- Monte di Sant'Elia;
- Cala Mosca;
- Cala Fighera;
- Colle di Tuvixeddu-Tuvumannu.

### ***10.3 Individuazione e valutazione e degli impatti potenziali e misure di mitigazione***

L'area interessata dal progetto è quella del Porto Canale appartenente all'Ambito n. 1 "Golfo di Cagliari" che s'inserisce nel contesto dello Stagno di Santa Gilla e del litorale compreso tra la località di Giorgino e il complesso industriale della Saras.

In questa fase si analizzano gli elementi dell'intervento in progetto che possono entrare in conflitto con le componenti ambientali, storico culturali e insediative proprie del contesto in esame.

#### **10.3.1 Fase di cantiere**

##### *Impatto legato alla presenza di segni dell'evoluzione storica del territorio*

L'intervento s'inserisce all'interno di un'area, quella del Porto Canale, in parte già interessata da attività antropiche e produttive e dov' è in previsione lo sviluppo di nuove. Visto che le aree e gli insediamenti storici sono al di fuori dell'area in esame si può dire che l'impatto sui segni dell'evoluzione storica del territorio è pressoché trascurabile.

Gli accorgimenti che si possono attuare al fine di azzerare il pericolo di interferenza con le componenti storico- archeologico sono quello di porre particolare attenzione durante le fasi di scavo e, in caso di rinvenimento di reperti, adottare con la Soprintendenza competente le misure più idonee.

##### *Impatto paesaggistico*

Durante la fase di cantiere gli unici impatti sul paesaggio potrebbero essere legati alla presenza delle strutture del cantiere, alla presenza delle macchine e dei mezzi di lavoro e agli stoccaggi di materiali e ai movimenti terra. Gli impatti generati nell'area portuale e industriale per la realizzazione del terminal GNL saranno di natura temporanea e in aree già caratterizzate in parte da attività antropica, per cui l'impatto sulla componente può ritenersi di lieve entità, temporaneo e reversibile.

Tra le misure di mitigazione adottabili in questo caso vi sono il mantenimento dell'ordine e della pulizia del cantiere e il ripristino dei luoghi a fine lavori.

### **10.3.2 Fase di esercizio**

#### *Impatto percettivo connesso alla presenza di nuove strutture*

In fase di esercizio l'impatto dell'opera è legato essenzialmente alla percezione visiva e in particolare alla presenza delle opere a mare (area di ormeggio e bracci di carico), della nave ormeggiata durante la fase di carico GNL e delle opere a terra (i serbatoi per lo stoccaggio del GNL, gli edifici e la torcia).

Per il resto l'area in esame sarà caratterizzata da ampi spazi di manovra, aree libere e verdi, viabilità e parcheggi.

Di conseguenza, in considerazione del fatto che l'intervento s'inserirà in un contesto industriale già antropizzato, l'impatto specifico dell'intervento è di lieve entità.

## **11 COMPONENTE AGRO-ALIMENTARE, ASPETTI SOCIO-ECONOMICI E INFRASTRUTTURE**

Obiettivo della caratterizzazione della componente agro-alimentare, socio-economica e delle infrastrutture è quello di definire e valutare le modifiche introdotte e le azioni di disturbo esercitate dal progetto in rapporto a:

- aspetti demografici ed insediativi;
- attività produttive e aspetti occupazionali;
- dotazione infrastrutturale;
- turismo;
- componente agro-alimentare;
- agricoltura, pesca e acquacoltura;
- salute pubblica.



Le interazioni tra il progetto e tali componenti, distinte tra fase di cantiere e di esercizio sono le seguenti:

Fase di cantiere:

- perdite di uso del suolo e degli specchi d'acqua;
- disturbi alla viabilità;
- interferenze con il traffico marittimo;
- incremento dell'occupazione conseguente alle opportunità di lavoro connesse alle attività di costruzione;
- incremento di richiesta di servizi per il soddisfacimento delle necessità del personale coinvolto;
- emissioni sonore/vibrazioni e sviluppo di polveri e inquinanti.

Fase di cantiere:

- perdite di uso del suolo e degli specchi d'acqua;
- emissioni in atmosfera e emissioni sonore;
- incremento dell'occupazione;
- interferenze con il traffico marittimo;

## ***11.1 Caratterizzazione ante operam delle componenti ambientali interessate dall'intervento***

### **11.1.1 Descrizione dell'area denominata Porto Canale di Cagliari**

L'area interessata dal progetto è quella del Porto Canale, facente parte dell'Ambito 1 - Golfo di Cagliari, che s'inserisce nel contesto dello Stagno di Santa Gilla e nel litorale compreso tra la località di Giorgino e l'agglomerato industriale della Saras.

Il Porto Canale è l'infrastruttura portuale industriale di Cagliari, costruita negli anni '80 per colmamento dell'area dell'antico quartiere dei pescatori di Giorgino, in gran parte demolito, e di Sa Illetta, l'isolotto situato all'interno dello Stagno di Cagliari.



L'area è caratterizzata dalla vicinanza dell'aeroporto di Elmas e della stazione ferroviaria di Cagliari.

La viabilità principale è rappresentata dalla SS 131 - Carlo Felice e dalla SS 195 - Sulcitana.

Per la pianificazione delle attività di sviluppo si fa riferimento al Piano Regolatore Portuale predisposto dall'Autorità Portuale di Cagliari, il quale, come si può vedere nell'immagine successiva, ha individuato l'area oggetto di intervento come "G2 - Area per funzioni portuali, industriali e servizi logistici".

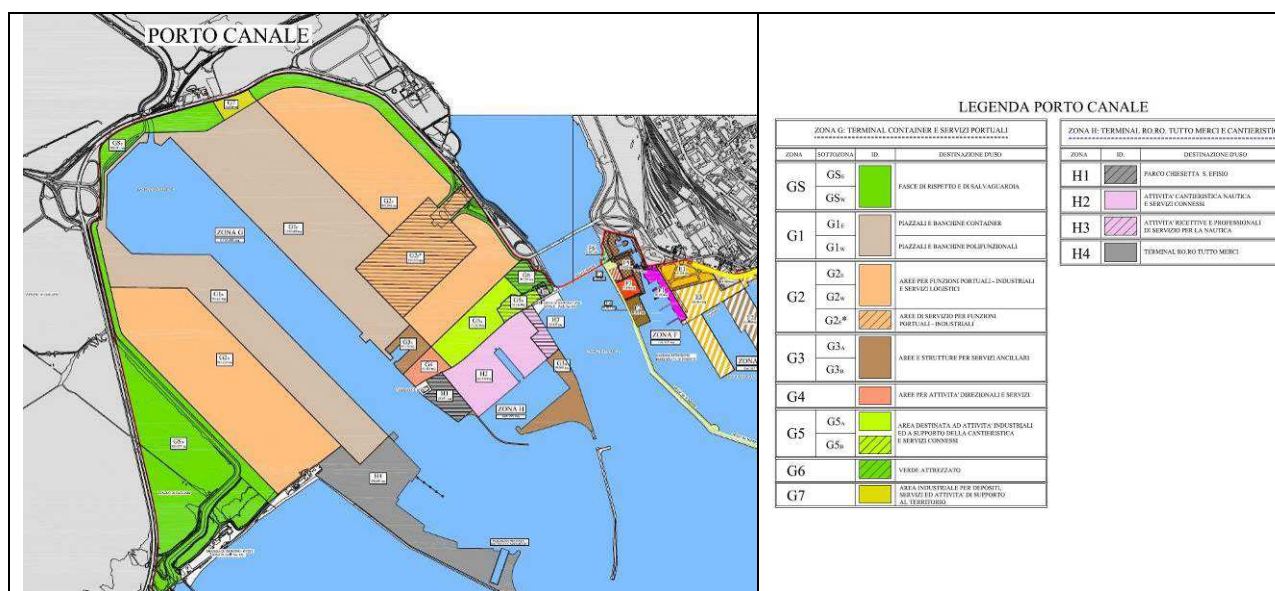


Figura 52 - Piano Regolatore Portuale del Porto Canale di Cagliari.

L'intervento prevede la realizzazione prevalentemente di opere a terra, oltre che dei bracci di carico da realizzarsi sulla banchina esistente dell'avamposto est del Porto Canale di Cagliari.

In generale il porto di Cagliari è posto a servizio di un vasto agglomerato urbano, qual è appunto l'Area Metropolitana di Cagliari con i suoi 370.000 abitanti.

La sua posizione, al centro del Mediterraneo, è da sempre stata strategica per le immense potenzialità ricettive legate ai mercati industriali e a quelli turistici nazionali ed internazionali. Esso è costituito da un'ampia area industriale posta a sud-ovest della città e da un'area commerciale posta immediatamente ai margini della città e ad essa strettamente connessa.

Le due aree sono separate da un canale che funge da collegamento tra il mare e lo stagno di Santa Gilla, collegate fra loro dalla SS 195 Sulcitana.

Il porto commerciale si compone del bacino di Ponente e di Levante.





Nel bacino di Ponente si trova il porto storico che ospita il traffico passeggeri e merci nonché nautica da diporto, cantieristica e naviglio da pesca, uno scalo merci, una servitù militare e il porto turistico di Su Siccu.

Mentre il porto industriale, Porto Canale, situato a sud-ovest del golfo di Cagliari rappresenta una piattaforma logistica in forte ascesa per via delle operazioni di trasbordo, ovvero carico e scarico merci.

### 11.1.2 Aspetti occupazionali e produttivi

Il Porto Canale è attualmente specializzato nella movimentazione di containers gestita da due aziende terminaliste: la CICT (Cagliari International Container Terminal), detentrica di una concessione trentennale e specializzata nel transhipment o trasbordo (carico e scarico merci), e la Feeder and Domestic Service del Gruppo Grendi, specializzata nel cabotaggio nazionale di containers. I volumi movimentati da CICT sono cresciuti notevolmente dal 2003, con tassi anche superiori al 300%. Ma nel 2007 si è verificata una sensibile contrazione dei volumi movimentati, da attribuirsi ad una diminuzione della stessa domanda, determinata dalle politiche aziendali effettuate dall'unico cliente (ed attualmente socio) della CICT, il gruppo Maersk.

Obiettivo per il rilancio dell'economia del terminal è svincolarsi dagli Operatori Internazionali del Traffico (OIT) e non subire più passivamente gli schemi gestionali dei loro traffici "imposti".

Ciò che si vuole evitare è che gli Operatori Internazionali del Traffico, gestori di importanti terminal hub all'ingresso del Mediterraneo, rimettano in discussione il ruolo di alcuni terminal centrali, e quindi anche di Cagliari, attribuendogli soltanto una funzione di supporto ad altri terminal hub.

Pertanto nonostante la Pianificazione strategica non possa incidere sulle decisioni, essa può mettere in evidenza le strategie atte ad accrescerne la competitività sia in ambito nazionale che internazionale. In particolare oltre a completare gli interventi previsti dal Piano Regolatore Portuale, in parte già finanziati, emerge la necessità di avviare attività che gli permettano di:

- organizzarsi quale piattaforma logistica integrata, anche al livello gestionale con altri porti;
- automatizzare la movimentazione delle merci;
- attuare politiche di defiscalizzazione e/o incentivazione per le aziende che operano nella logistica;

L'intervento proposto si inserisce proprio nell'ottica di promuovere lo sviluppo e competitività del Porto Canale nel bacino del Mediterraneo. Attraverso la realizzazione delle suddette opere infatti il Porto Canale potrebbe diventare, senza l'inserimento di ulteriori infrastrutture, un polo per il rifornimento delle navi che utilizzano il GNL come carburante per il trasporto marittimo.

La realizzazione dell'intervento porterebbe un indotto economico notevole, una riduzione dei costi per i trasporti oltre che una fonte occupazionale diretta e indotta di notevole entità.

### 11.1.3 Turismo

Com'è noto a Cagliari il rapporto città-porto raggiunge un livello d'integrazione ottimale nel sotto-ambito turistico, favorito dall'importanza delle strutture urbane, spesso ricche di storia e cultura, e dall'opportunità offerta dal recupero dei porti commerciali che hanno caratterizzato la storia delle città.

Spazi specifici di sovrapposizione porto-città possono essere individuati nei seguenti sotto-ambiti funzionali:

- Passeggeri e crocieristica: Molo Sabauda, Molo Rinascita e Molo Ichnusa;
- Diporto nautico/turistico: Banchina di via Roma, Darsena, Calata Trinitari;
- Peschereccio: Calata Azuni, Su Siccu e Molo Sant'Agostino;
- Sevizi ed uffici portuali: Molo Sanita, Molo Capitaneria;
- Spazi e sevizi collettivi: aree fronte calata via Roma e Darsena;
- Usi urbani di interesse comune tra porto e città: calata fronte Via Roma.

Il porto di Cagliari è sede di un diportismo nautico in fase di sviluppo che rappresenta un polo d'attrazione non solo per l'utenza locale ma anche per quella turistica stagionale, favorita soprattutto dalla presenza dell'aeroporto di Elmas ad appena 7 km di distanza e dalla stazione ferroviaria di Cagliari.

### 11.1.4 Infrastrutture e trasporto

L'infrastruttura portuale tuttavia, immersa nel tessuto urbano, causa sovente problemi all'accesso al porto di Cagliari: l'ingresso principale al porto vecchio, passeggeri e merci Ro-Ro (sul molo Sabauda e Rinascita), avviene lungo la via Riva di Ponente,



intensamente trafficata poiché convoglia i flussi provenienti dalla S.S.195, S.S.130 e S.S.131.

Situazioni di congestione del traffico si verificano spesso durante l'ora di punta.

Di seguito si esaminano le caratteristiche della viabilità extraurbana d'accesso al porto:

- La S.S.195, che collega Cagliari a San Giovanni Suergiu, s'inserisce sul lato occidentale del porto di Cagliari convogliando le utenze provenienti da Capoterra, Pula e Sarroch, ma anche i flussi di lavoratori pendolari, residenti nel capoluogo e impiegati verso le aree industriali di Macchiareddu e Sarroch. Durante il periodo estivo la SS 195 è interessata da frequenti fenomeni di congestione dovuti ai flussi turistici destinati alle località costiere, specie nel tratto costituito da una carreggiata a due corsie complessive bidirezionali.
- La S.S.130, che collega il territorio del Sulcis Iglesiente e parte del Medio Campidano con Cagliari, collega anche fra loro i centri di Decimomannu, Assemmini, Elmas e il suo aeroporto. Tale strada è interessata da intensi fenomeni di congestione in corrispondenza delle intersezioni semaforizzate poste all'ingresso dei comuni sopraccitati.
- La Strada Statale 131 (Carlo Felice) che si configura come l'asse viario di maggiore importanza della rete stradale Sarda, collega i principali centri abitati, porto e aeroporti dell'isola. La S.S.131 s'inserisce sempre sul lato occidentale del porto in maniera quasi diretta per chi vuole raggiungere i servizi portuali senza passare per la rete viaria cittadina.
- La S.S. 125 (orientale sarda), che collega Cagliari con la Provincia dell'Ogliastra, è attualmente oggetto di profonda riqualificazione sia in termini di tracciato che di carreggiata. Questo produrrà, specie nei mesi estivi, un aggravio nelle condizioni di congestione dei flussi veicolari, massimizzati da quelli turistici. Questa viabilità extraurbana converge radialmente all'interno dell'area urbana di Cagliari ed entra nella città attraverso le seguenti vie La Playa e □viale S.Avendrace;
- l'asse mediano che raccoglie il traffico della S.S. 130 e S.S. 131;
- l'asse mediano di scorrimento.

L'accessibilità del nord Sardegna è limitata dalla dotazione infrastrutturale esistente. Ovviamente, essendo l'accessibilità strettamente legata alla dotazione infrastrutturale esistente, i comuni localizzati lungo la rete viaria principale (S.S. 195, S.S. 130, S.S.131) sono anche quelli più accessibili dal porto di Cagliari.

### 11.1.5 Agricoltura

Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura svolto per la Regione Sardegna nel 2010 mostra che le aziende agricole sono 60.385 con una SAU (Superficie Agricola Utilizzata) di 1.153.691 ettari che corrisponde al 78.4% della Superficie Agricola Totale (SAT) Nazionale. Si evidenzia un aumento della superficie agricola, nel periodo 2000 – 2010, di circa 10% (68,3% nel 2000). Se poi si considera l'estensione territoriale regionale il rapporto percentuale della SAU mostra che è aumentata la superficie territoriale destinata ad attività agricole.

Tale incremento però non è omogeneo: mentre è aumentata la superficie dei terreni destinata a prati permanenti e pascoli, si è ridotta quella destinata a seminativi, alla coltivazione del legno e in minima parte anche agli orti familiari.

Inoltre è importante notare che il 58,9% del SAU è concentrato tra Sassari, Nuoro e Cagliari.

In generale nonostante l'aumento della SAU nel 2010 si registra anche una diminuzione delle aziende agricole che passano da 2,4 ml nel 2000 a 1,6 ml nel 2010, ma diventano più estese.

Dal censimento emerge anche un aumento dei terreni in affitto e in uso gratuito. Si rafforza la specializzazione dell'Isola nel comparto ovi-caprino, i cui complessivi 3.245.902 capi, in aumento rispetto ai 3.018.194 del 2000, rappresentano il 43,4% dell'intero patrimonio nazionale (contro il 39% del 2000). Si registra una riduzione del personale impiegato ma un aumento di manodopera extra familiare e soprattutto femminile.

Un altro dato importante è l'aumento del livello di istruzione dei capoazienda, fenomeno che, seppur in misura più contenuta, è confermato anche a livello nazionale.

### 11.1.6 Comparto agroalimentare

Il settore agroalimentare in Sardegna riveste un ruolo fondamentale, in particolare per quanto riguarda la sua componente industriale.

I dati ISTAT (da sito web) hanno registrato nel 2014:

- 259.299 capi bovini di cui 66.000 circa vacche da latte;
- 150.654 capi suini;
- 3.248.619 capi di ovini;

- 208.975 capi di caprini;
- 15.856 capi di equini

Di importanza sostanziale per l'economia dell'isola è la filiera lattiero-casearia; si pensi che il latte raccolto presso le aziende agricole nell'anno 2013 è stato pari 4.742.119 quintali di cui il 44.94% proveniente da vacca e il 52.90% da pecora.

La maggiore concentrazione di allevamenti bovini da latte si registra nel Campidano di Cagliari, nel Campidano di Oristano, nella Nurra di Sassari-Alghero e nella piana di Chilivani-Ozieri.

Riguardo il settore vinicolo i dati ISTAT mostrano per il 2013 una produzione di 68.320 ettolitri di vino di cui quasi il 27.7% D.O.C. e D.O.C.G., il 22% I.G.T. e il 50% vino da tavola.

L'estensione dei vigneti in Sardegna raggiunge i 18.500 ettari di cui la maggioranza sono autoctoni.

I vitigni più caratteristici e diffusi sono:

- Cannonau (tra Nuoro e Oristano)
- Vermentino (provincia di Olbia)
- Carignano (provincia di Carbonia)
- Monica e Nuragus (provincia di Cagliari).

Di fondamentale importanza è anche la produzione di olio d'oliva, di frumento e di riso.

### 11.1.7 Pesca

Anche la pesca riveste un ruolo primario nell'economia dell'isola, anche se il suo segmento più rilevante è costituito dalla piccola pesca (con il 52,81% del pescato totale) sia sotto l'aspetto occupazionale che sociale ed economico. Altro segmento della pesca di fondamentale importanza è rappresentato dalla pesca a strascico (31,15% del pescato totale). Il restante 16.03% è rappresentato dal sistema "a Polivalenti Passivi".

I dati ISTAT per il 2012 (da sito web) mostrano che la produzione ittica sarde si è così ripartita:

- il 67.3% da pesci (5,264 tonnellate) tra cui i pesci spada, le triglie di scoglio, le menole e spicare, i naselli, le triglie di fango e altri pesci ;

- 
- il 27.9% da molluschi (2,180 tonnellate) tra cui polpi, seppie, moscardini muschiati, calamari e moscardini bianchi;
- 
- il 4.8% da crostacei (379 tonnellate) tra cui gamberi rossi, gamberi viola, scampi e aragoste e astici.

Oltre alla pesca in mare riveste particolare importanza per l'economia sarda la pesca in laguna e negli stagni, in cui si possono rinvenire una moltitudine di specie ittiche di notevole pregio, tra cui l'anguilla.

La maggior parte delle zone umide hanno valori di salinità prossimi a quella del mare e in esse si pescano sogliole, orate, mormore, saraghi e triglie.

Frequentemente si pescano tra i molluschi le vongole e le cozze, di cui si è diffuso l'allevamento.

Ha larga diffusione anche la pesca dei crostacei, tra cui granchi.

In totale sono 32 le aree umide in cui si effettua abitualmente la pesca, affidata prevalentemente a cooperative o consorzi di pescatori.

### **11.1.8 Acquacoltura**

Antica come la sua terra è l'attività dell'acquacoltura, la quale ha interessato dapprima le aree lagunari salmastre per poi raggiungere le coste marine, dov'è stata introdotta anche la molluschicoltura e la piscicoltura.

Essa interessa 23 dei 77 stagni esistenti in Sardegna per un totale di 15.000 ha, di cui circa 3.700 concentrati nella costa centro occidentale, dove si trova il più importante, lo Stagno di Cabras (OR) di 2,228 ha. Gli stagni di Callich, Marceddì e Santa Gilla, sono attualmente utilizzati solo per la pesca.

Gli stagni si prestano molto bene anche alla raccolta dei molluschi, in particolare della vongola verace e dell'arsella.

In generale si evidenzia tuttavia un calo della produzione ittica dovuta con tutta probabilità alla crescente intrusione marina e all'aumento dell'inquinamento.

### **11.1.9 Aspetti demografici ed insediativi**

La Regione Sardegna comprendeva all'ultimo bilancio ISTAT 2016 (1° Gennaio 2016) 8 province, e la sua popolazione era così ripartita:



Provincia/Regione	Totale abitanti
Provincia di Sassari	334.103
Provincia di Nuoro	157.078
Provincia di Cagliari	561.289
Provincia di Oristano	161.600
Provincia di Olbia Tempio	160.368
Provincia di Ogliastra	57.318
Provincia di Medio Campidano	99.320
Provincia di Carbonia Iglesias	127.062
<b>Regione Sardegna</b>	<b>1.658.138</b>

Tabella 69 - Popolazione residente in Sardegna suddivisa per provincia al 1° Gennaio 2016.

Gli ultimi bilanci ISTAT al 1° Gennaio 2016 mostrano che la provincia di Cagliari, nella sua vecchia concezione, si estendeva per 4.569 kmq, comprendeva 71 comuni e aveva una popolazione di 561.289 abitanti di cui 273.855 maschi e 287.434 femmine, la quale rappresentava il 33,85% della popolazione totale della Regione. La sua densità abitativa era di circa 122 abitanti per kmq.

Si veda il grafico riportante i trend della popolazione dal 2011 al 2016 nella provincia di Cagliari.

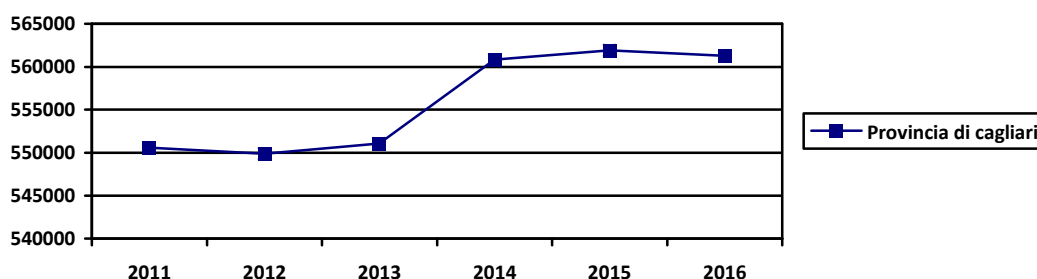


Tabella 70 - Provincia di Cagliari: Trend della popolazione dal 2011 al 2016 (dati ISTAT sito web).

Considerando la popolazione nell'intervallo di età che va dai 15 ai 64 anni (ovvero in età lavorativa) si evidenzia che essa è pari a circa il 67% della popolazione totale.

Infine un'ultima considerazione va fatta riguardo i cittadini stranieri, i quali nel 2016 nella provincia di Cagliari si sono attestati a 15.724 pari a circa il 2,8% del totale della popolazione.

Successivamente la Legge regionale 4 febbraio 2016, n. 2 sul riordino del sistema delle autonomie locali, al titolo III, capo II, ha dettato norme in materia di riordino, organi e funzioni delle province, demandando alla Giunta regionale l'approvazione delle rispettive delibere attuative.

Nella seduta del 20 aprile 2016, con la deliberazione n. 23/5 e relativo allegato, la Giunta regionale ha adottato lo schema di assetto delle nuove province che articola il territorio della Regione nella Città metropolitana di Cagliari e nelle province di Sassari, Nuoro, Oristano e Sud Sardegna, come previsto dall'articolo 25 della Legge regionale n. 2/2016.

Di seguito si mostra la nuova ripartizione:

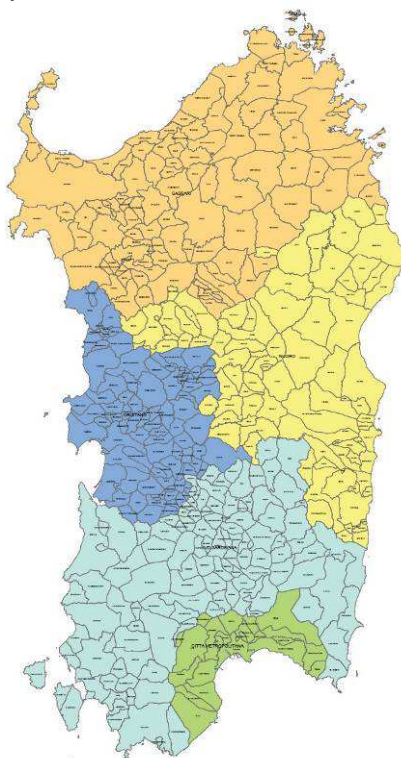


Figura 53 - Suddivisione nuove province Regione Sardegna.

Grazie alla nuova ripartizione la Provincia Metropolitana di Cagliari ha attualmente soli 17 Comuni: Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Elmas, Maracalagonis, Monserrato, Pula, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Sarroch, Selargius, Sestu, Settimo San Pietro, Sinnai, Uta e Villa San Pietro. Essa si estende per una superficie di 1.247,36 kmq e ha una popolazione di 431.657 abitanti con una densità abitativa pari a 346 abitanti per kmq.

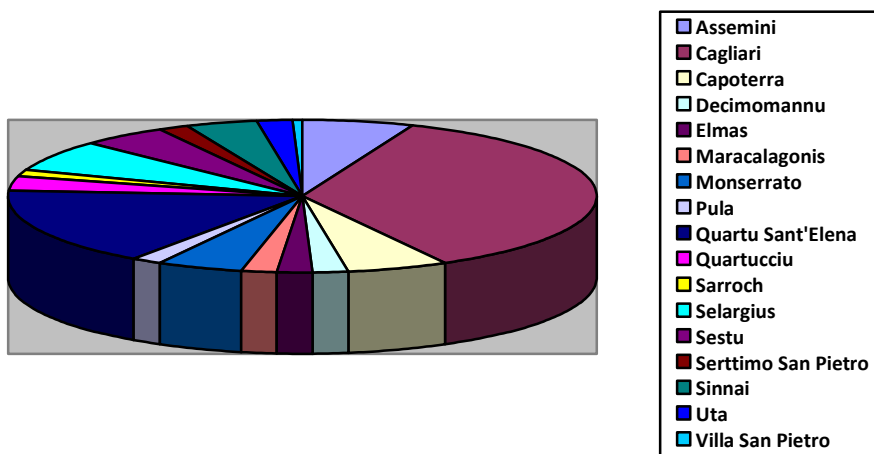


Figura 54 - Ripartizione popolazione tra i comuni facenti parte della nuova Provincia Metropolitana di Cagliari.

#### 11.1.9.1 Comune di Cagliari

Il Comune di Cagliari si estende per circa 84,20 kmq e ha una popolazione di 154.460 abitanti di cui 71.939 maschi e 82.521 femmine, con una densità abitativa pari a 1.834 abitanti per kmq.

Si notino i dati relativi all'ultimo bilancio demografico 2015:

	Maschi	Femmine	Totale
Popolazione al 1° gennaio	71605	82873	154478
Nati	449	427	876
Morti	815	918	1733
Saldo Naturale	-366	-491	-857
Iscritti da altri comuni	1694	1807	3501
Iscritti dall'estero	704	173	877
Altri iscritti	191	111	302
Cancellati per altri comuni	1625	1743	3368
Cancellati per l'estero	167	137	304
Altri cancellati	97	72	169
Saldo Migratorio e per altri motivi	700	139	839
Popolazione residente in famiglia	71462	81868	153330
Popolazione residente in convivenza	477	653	1130
Unità in più/meno dovute a variazioni territoriali	0	0	0
Popolazione al 31 dicembre	71939	82521	154460
Numero di Famiglie	74698		
Numero di Convivenze	99		
Numero medio di componenti per famiglia	2.05		

Tabella 71 - Bilancio demografico anno 2015 e popolazione residente al 31 dicembre – Comune di Cagliari.

### 11.1.10 Salute pubblica

I dati a disposizione relativi all'argomento di cui si tratta sono stati reperiti dalla Relazione annuale 2012 del Servizio Igiene e Sanità Pubblica" della ASL di Cagliari. La registrazione dei decessi e delle cause di morte è affidata ai ReNCaM delle 8 Aziende Sanitarie Locali, istituiti dal DPR 285/1990 e sviluppati autonomamente in tempi e modi diversi:



ASL / Province	Numero decessi Anno 2012 (fonte ISTAT)
ASL 1 Sassari	3288
ASL 2 Olbia	1276
ASL 3 Nuoro	1658
ASL 4 Lanusei	497
ASL 5 Oristano	1664
ASL 6 Sanluri	812
ASL 7 Carbonia	1279
ASL 8 Cagliari	5001
Totale	15.475

Figura 55 - Ripartizione ASL sul territorio regionale.

A novembre 2012 è stata ultimata l'analisi descrittiva della mortalità riferita al periodo 2002-2010 del comune di Sarroch, cui seguirà nel breve periodo quella di tutti i comuni ubicati nel territorio del polo industriale: Assemmini, Villa San Pietro, Capoterra, Pula, Uta, Domus de Maria, e contemporaneamente anche del comune di Teulada e in seguito della città di Cagliari.

Dal documento "Sardegna in cifre 2015" redatto dalla Regione Sardegna il quale utilizza le fonti ISTAT sono stati presi i seguenti dati:

SARDEGNA	ANNO	MALATTIE INFETTIVE	TUBERCOLOSI	AIDS	TUMORI	DIABETE MELLITO	MALATTIE DEL SANGUE, DEGLI ORGANI EMATOPOIETICI, DISTURBI IMMUNITARI	MALATTIE DEL SISTEMA NERVOSO DEGLI ORGANI DEI SENSI	MALATTIE DEL SISTEMA CIRCOLATORIO	MALATTIE ISCHEMICHE DEL CUORE	MALATTIE DELL'APPARATO RESPIRATORIO	MALATTIE DELL'APPARATO DIGERENTE	SUICIDIO AULESIONE
		2008	1,26	0,8	0,2	26,58	2,66	0,42	3,52	29,54	9,46	5,48	3,91
2009	1,3	0,05	0,18	27,4	2,99	0,48	3,7	29,82	9,03	6,04	4,27	1,05	
2010	1,45	0,12	0,23	27,58	2,62	0,34	3,72	28,7	8,88	5,14	4,01	0,89	
2011	1,85	0,1	0,24	28,46	2,71	0,54	3,89	30,77	9,56	5,63	3,98	1	
2012	1,7	0,06	0,18	29,33	2,91	0,62	4,58	31,02	9,28	6,19	3,88	0,98	

Tabella 72 - Tassi di mortalità per causa in Sardegna.

## 11.2 Elementi di sensibilità e potenziali recettori

Dall'analisi dei precedenti paragrafi si possono riassumere gli elementi di interesse della componente caratterizzata ovvero i principali recettori del potenziale impatto delle opere in progetto.

Sommariamente possiamo identificare gli elementi di sensibilità come segue:

- Insediamenti urbani e industriali;
- Infrastrutture di trasporto;
- Aree turistiche;
- Attività produttive agricole;
- Luoghi di pesca.

### **11.3 Individuazione e valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione**

#### **11.3.1 Fase di cantiere**

##### *Limitazione/perdite d'uso del suolo*

L'impatto sulla componente in termini di limitazioni/perdite d'uso del suolo o disturbi/interferenze con gli usi del territorio (uso residenziale, agricolo, produttivo) indotto dalla realizzazione delle opere in progetto è di lieve entità visto che l'area in oggetto è piuttosto limitata e comunque non solo non è attualmente utilizzata per alcuno scopo, ma non è neppure in previsione la sua utilizzazione in futuro.

In particolare il consumo di suolo in fase di cantiere è quello dell'area, attualmente incolta, interessata dalle opere a terra che si stima in 78.000 mq..

In conclusione in considerazione del fatto che oltre ad essere una superficie attualmente incolta, sia nel Piano Regolatore Portuale che nel Piano Urbanistico Comunale, l'area ricade in zona G – Servizi, l'impatto relativamente alla limitazione d'uso del suolo è da ritenersi lieve o nullo.

##### *Limitazione di utilizzo degli specchi d'acqua*

L'impatto sulla componente in termini di limitazioni d'uso degli specchi d'acqua indotto in fase di cantiere dalla realizzazione delle opere in progetto è pressoché inesistente in quanto l'area è limitata e non vi sono significative opere a mare da realizzarsi.

##### *Disturbi alla viabilità terrestre*

Per quanto concerne i possibili disturbi arrecati in fase di cantiere dalla realizzazione dell'opera, essi saranno principalmente dovuti all'incremento di traffico per la presenza dei mezzi di cantiere e per gli spostamenti connessi al trasporto del personale e dei



materiali e poi quelli eventualmente causati da modificazioni nella viabilità temporanee perché connesse alle attività di cantiere.

In generale comunque si assume che venga utilizzata sempre o quasi la viabilità esistente.

In alcune fasi potrà inoltre intensificarsi il transito di mezzi pesanti che trasportano materiale in approvvigionamento o materiale da conferire in discarica.

In conclusione l'impatto prodotto sulla componente viabilità è contenuto e circoscritto nello spazio e nel tempo.

Per minimizzare il disturbo legato al traffico dei mezzi di cantiere si può cercare di ottimizzare gli spostamenti attraverso un razionale piano del traffico.

#### *Interferenza con il traffico marittimo*

Potenziati disturbi alla viabilità portuale potranno essere ottenuti dai traffici marittimi determinati dall'impiego dei mezzi di cantiere.

Il traffico marittimo in fase di cantiere sarà determinato dai soli mezzi utilizzati per la messa in opera dei bracci di carico nell'area di accosto.

Tutto considerato gli impatti in fase di cantiere dovuti alle interferenze con il traffico marittimo sono di lieve entità, temporanei e reversibili.

#### *Impatto sulla salute pubblica connesso al rilascio di inquinanti in atmosfera*

##### Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio (CO), espresso in mg/mc, è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.

Il CO è un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. In atmosfera si può trovare come prodotto dell'ossidazione atmosferica del metano e di altri idrocarburi, come prodotto delle emissioni da oceani, paludi, incendi forestali, acqua piovana e tempeste elettriche.

Tuttavia la maggiore fonte di CO è dovuta al traffico veicolare (circa il 90% delle emissioni totali) e in particolare ai gas di scarico dei moti a benzina.

Il CO viene assorbito dagli alveoli polmonari e crea impedimento al legame dell'ossigeno con il ferro dell'emoglobina.

Legandosi all'atomo bivalente del ferro forma una molecola nota come carbossiemoglobina, la quale in concentrazioni superiori al 2,5%, nell'uomo può provocare alterazioni psicologiche e psicomotorie.

Non sono stati riscontrati effetti particolari nell'uomo per concentrazione di carbossiemoglobina inferiori al 2%; al di sopra del valore di 2.5% si possono avere alterazioni delle funzioni psicologiche e psicomotorie.

La CCTN quindi raccomanda di non superare i 10 ppm di CO per esposizioni di 8 ore e di 7-8 ppm per esposizioni di 24 ore.

## Ossidi di Azoto

Le molecole contenenti ossigeno e azoto sono numerose come si vede nella tabella seguente:

Nome	Formula Chimica
Ossido di diazoto	N <sub>2</sub> O
Ossido di azoto	NO
Triossido di diazoto (Anidride nitrosa)	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Biossido di azoto	NO <sub>2</sub>
Tetrossido di diazoto	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Pentossido di diazoto (Anidride nitrica)	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Tabella 73 - Composti Azoto.

In natura le fonti principali di NO sono i fulmini, gli incendi, le eruzioni vulcaniche e il suolo.

Le attività antropiche note per la produzione di NO sono principalmente legate ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore ed, in misura minore, alle attività industriali.

Il monossido di azoto si forma dalla reazione dell'ossigeno con l'azoto durante i processi di combustione in aria e ad alte temperature.

Il biossido di azoto, che rappresenta uno degli inquinanti atmosferici più pericolosi, si produce a seguito dell'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto.

Esso ha la caratteristica di essere irritante oltre a produrre, a seguito di una serie di reazioni fotochimiche secondarie, in presenza di forte irraggiamento solare, sostanze inquinanti indicate con il termine di "smog fotochimico".

L'effetto peggiore del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un'irritazione del compartimento profondo dell'apparato respiratorio.

L'organizzazione mondiale per la Sanità raccomanda per questo composto una concentrazione limite di 200 µg/m<sup>3</sup> per un'esposizione di un'ora e un limite medio annuo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

## Ossidi di Zolfo

L'anidride solforosa rappresenta un gas molto irritante per gola, occhi e vie respiratorie, oltre a configurarsi come un fattore predisponente all'acuirsi di malattie croniche nei soggetti più esposti quali anziani, in particolare asmatici, e bambini. Esso è altamente idrosolubile, pertanto difficilmente raggiunge i comparti profondi dell'apparato respiratorio, fermandosi in prevalenza nella tratto rinofaringeo.

L'aumento della sua concentrazione in atmosfera è la causa dell'incremento dei ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie e della mortalità generale.

Combinandosi con il vapore acqueo, il biossido di zolfo produce acido solforico, causa della formazione delle cosiddette "piogge acide" con effetti fitotossici sulla vita acquatica oltreché corrosivi sui materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

### Polveri Sospese

Le polveri sospese, note anche come particolato aero disperso, ha origine naturale ma anche antropica.

Tra le polveri di origine naturale vi sono pollini e altri tipi di allergogeni prodotti da alcuni organismi animali (acari, etc.).

Tra le polveri di origine antropica vi sono:

- il particolato da erosione per attrito meccanico (ad esempio i freni dei veicoli) o per effetto delle intemperie su manufatti prodotti dall'uomo;
- il particolato prodotto per ricombinazione o strippaggio nelle reazioni di combustione, costituito da residui carboniosi, a volte contenenti componenti tossici (IPA).

Il particolato di dimensione inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  è indicato come  $\text{PM}_{10}$  e ha la caratteristica di essere inalato direttamente a livello degli alveoli polmonari.

Tra le conseguenze legate alla sua esposizione vi sono:

- l'aggravamento di patologie respiratorie e cardiovascolari;
- le alterazioni del sistema immunitario;
- il danno al tessuto polmonare;
- l'aumento dell'incidenza di patologie tumorali;
- la morte prematura.

Il rischio sanitario legato al particolato dipende da concentrazione, dimensione e composizione delle particelle.

Le più pericolose sono le particelle di dimensioni minori poiché riescono a penetrare più a fondo nel sistema respiratorio e poiché possono contenere sostanze organiche ad elevata tossicità quali gli idrocarburi policiclici aromatici, metalli o amianto e silice.

Per un maggiore dettaglio si rimanda al capitolo dedicato (Cap. 4) da cui si evince che l'impatto prodotto su questa componente in fase di cantiere è ridotto e comunque temporaneo dunque non incidono sulla salute pubblica.

Anche per le misure di mitigazione si rimanda al capitolo 4 del presente documento.

### *Impatto sulla salute pubblica connesso alle emissioni sonore*

Un'altra forma di inquinamento presa in considerazione per la tutela della salute pubblica è costituita dal rumore in grado di produrre, al superamento di certi livelli, forti disagi ma anche danni fisici, quali la perdita di udito, alle persone esposte.

Il rumore può agire in maniera diversa a seconda che sia forte e improvviso piuttosto che continuo nel tempo.

Nel caso di rumore forte e improvviso si possono produrre lesioni alla membrana timpanica; mentre nel caso di rumore continuo possono aversi danni alle strutture nervose dell'orecchio, con compromissione delle capacità di trasmissione degli stimoli nervosi al cervello.

L'Associazione degli Igienisti Americani associa ai diversi livelli di intensità sonora i tempi di esposizione massimo, ovvero quelli oltre i quali potrebbero aversi ripercussioni sull'apparato uditivo umano.

Per esempio un livello di 85 dBA è tollerato per un tempo massimo di 8 ore, 100 dBA per un'ora ecc.

E' da evitarsi in ogni caso l'esposizione a livelli superiori a 115 dBA.

<b>Livello di Disturbo</b>	<b>Livello Sonoro dBA</b>	<b>Sorgente</b>
Soglia Uditiva	0	
Calma	10	
Interferenza sonno e conversazione	20	Camera molto silenziosa Interno abitazione su strada animata (finestre chiuse)
	30	
	40	
	50	
Disturbo sonno e conversazione	60	Interno abitazione su strada animata (finestre aperte)
	70	
Rischio per udito	80	Crocevia con intensa circolazione Camion, autobus, motociclo in accelerazione
	90	
Insopportabile	100	Tessitura
	110	Martello pneumatico
	120	Discoteca, reattori al banco
Soglia del dolore	130	Aereo a reazione al decollo

**Tabella 74 - Livelli sonori.**

Si rimanda al capitolo dedicato (Cap. 7) in cui si affronta la problematica in maniera approfondita.

Si dirà solo che in fase di cantiere si tenderà a programmare le varie attività e a distanziare opportunamente le sorgenti di rumore in maniera tale da minimizzarne l'impatto che comunque, data anche la distanza dai recettori ambientali, non sarà tale da produrre effetti sulla salute umana.



Per quanto riguarda i lavoratori presenti in cantiere, sarà applicata la normativa di riferimento relativa agli ambienti di lavoro.

Anche per le misure di mitigazione si rimanda al capitolo 7.

### *Occupazione*

Quello sull'occupazione è un impatto tutt'altro che negativo. In questo caso infatti la realizzazione delle opere a progetto produrrà un incremento occupazionale diretto, per quanto riguarda il personale impiegato sia in fase di cantiere che in fase di esercizio dell'opera e un incremento occupazionale indiretto dovuto all'innescarsi di nuove collaborazioni e scambi.

In particolare, si ipotizza la presenza di n. 80 addetti durante le attività di realizzazione delle opere

In considerazione di quanto descritto, si stima che l'impatto sull'occupazione in fase di cantiere, sia di segno positivo.

### *Impatto sulla produzione agroalimentare nel territorio*

Il nuovo terminal GNL interesserà un'area incolta, attualmente inutilizzata e inserita in un contesto industriale/portuale, per la quale è previsto uno sviluppo come zona G di Servizi (sia dal PRP che dal PUC). Le aree interessate da produzioni agroalimentari significative sono poste a grande distanza dall'area di progetto. In considerazione di ciò l'opera nel suo complesso non mostra interferenze significative con il patrimonio agroalimentare del territorio di interesse.

Non sono previste neppure interferenze con le attività di pesca e maricoltura considerando la provvisorietà delle attività di cantiere, pertanto in generale l'impatto associato a questa componente è trascurabile.

## **11.3.2 Fase di esercizio**

### *Limitazione/perdite d'uso del suolo*

L'impatto sulla componente in termini di limitazioni/perdite d'uso del suolo o disturbi/interferenze con gli usi del territorio indotto dall'esercizio delle attività che si svolgeranno è di lieve entità visto che l'area in oggetto è piuttosto limitata e comunque non solo non è attualmente utilizzata per alcuno scopo, ma non è neppure in previsione la sua utilizzazione.

Nella seguente tabella sono riportati gli ingombri planimetrici delle principali opere a progetto in fase di esercizio.

Opera	Dimensione Planimetrica [m <sup>2</sup> ]	Utilizzo attuale
Serbatoi	circa 12.940	Area incolta
Pensilina di copertura baie di carico	circa 500	Area incolta
Vaporizzatori	Circa 1.360	Area incolta
Amministrazione, Uffici, Portineria	circa 350	Area incolta
Edificio Magazzino/Officina	circa 450	Area incolta
Area di accosto	circa 5.000	Specchio acqueo

**Tabella 75 - Occupazione planimetrica delle opere in progetto.**

Oltre alle opere principali saranno installate opere minori tra cui pompe, serbatoi, motori, ecc.

Un'area del terminal GNL sarà poi dedicata alla viabilità di servizio e alle operazioni di sosta e manovra delle autocisterne per il trasporto del GNL.

Attraverso un razionale disposizione dei fabbricati, dei serbatoi e degli impianti si può già limitare lo sfruttamento di suolo mitigando l'impatto sulla componente. Lo stesso discorso vale per l'area di accosto delle navi.

In conclusione la sola scelta del luogo in cui disporre il deposito e la banchina, ovvero in un'area inutilizzata e a vocazione portuale/produttiva è già di per se minimizzante nei confronti dell'impatto prodotto dalle opere.

#### *Limitazione di utilizzo degli specchi d'acqua*

Anche in fase di esercizio l'impatto sulla componente in termini di limitazioni d'uso degli specchi d'acqua indotto dalla realizzazione delle opere in progetto è pressoché inesistente in quanto l'area è limitata e non vi sono significative opere a mare da realizzarsi.

#### *Disturbi alla viabilità terrestre*

Anche durante l'esercizio dell'opera potranno esserci dei disturbi alla viabilità terrestre collegati ai traffici stradali indotti.

Tuttavia i mezzi su gomma utilizzeranno, presumibilmente, la viabilità esistente all'interno dell'area industriale/portuale proseguendo su strade statali a circolazione veloce evitando il transito attraverso l'edificato urbano e quindi il suo congestionamento. In generale comunque un aumento del traffico veicolare, specie di mezzi pesanti, è da prendersi in considerazione in fase di esercizio. Esso può essere stimato in 4 autocisterne/ora, ipotizzando i dati di fabbisogno attuale in termini di richiesta delle utenze

L'impatto sul traffico stradale locale sarà pertanto di media entità, lunga durata (circa 25 anni, stima della durata di vita dell'opera), reversibile e circoscritto nell'intorno del terminal GNL.



### *Interferenza con il traffico marittimo*

Per quanto riguarda il traffico marino si prevede in fase di esercizio:

Tipologia		Quantità (mezzi/anno)
Metaniera/Bettolina	Per approvvigionamento GNL (capacità di 15,600 m <sup>3</sup> )	24(1)
	Per distribuzione GNL (capacità 1,000 m <sup>3</sup> )	20(2)
Rimorchiatori		48

Tabella 76 - Traffici navali in fase di esercizio.

Nota:

- (1) Numero medio di arrivi/anno
- (2) Ipotesi per i primi anni di esercizio

Poiché in ragione delle sue caratteristiche il Porto Canale di Cagliari ben si adatta ad accogliere un tale incremento del traffico navale, l'impatto legato all'interferenza con il traffico marittimo può essere considerata di lieve entità, lunga durata e comunque reversibile.

Tra le possibili misure di mitigazione dell'impatto vi è la predisposizione di un adeguato piano del traffico marittimo, definito con le Autorità marittime competenti, al fine di individuare degli opportuni corridoi di transito, degli spazi di manovra e di sicurezza per le metaniere.

La corretta pianificazione e comunicazione degli accessi permetterà infine di ridurre ulteriormente le interferenze con il traffico abituale.

### *Impatto sulla salute pubblica connesso al rilascio di inquinanti in atmosfera*

Anche per quanto riguarda l'impatto sulla salute pubblica dovuta all'emissione di inquinanti in atmosfera si fa riferimento al capito 4 del presente documento, il quale tratta l'argomento con un maggior dettaglio.

Qui si dirà che le emissioni inquinanti più significative durante l'esercizio dell'opera sono quelle prodotte dai motori a combustione interna e quelle cosiddette "fuggitive".

Poi ci sono le emissioni connesse al traffico indotto terrestre e marittimo.

In generale si può affermare che le emissioni prodotte dall'impianto in esercizio non sono tali da produrre un peggioramento dello stato di qualità dell'aria e quindi della salute pubblica con valori sempre inferiori ai limiti di legge.

Anche per le misure di mitigazione si rimanda al capitolo 5 e più espressamente all'elaborato specifico (D\_12\_IA\_09\_EMI\_R00\_ Studio impatto emissioni in atmosfera).

### *Impatto sulla salute pubblica connesso alle emissioni sonore*

Come si può leggere in maniera più approfondita nel capitolo 8, la rumorosità generata dagli impianti del terminal GNL non è tale da provocare un aggravio del clima acustico tale da causare danni alla salute pubblica.

Il traffico terrestre su gomma utilizzerà le infrastrutture esistenti, evitando l'attraversamento del centro abitato.

Il traffico addizionale generato dall'esercizio dell'opera comporterà un incremento della rumorosità ritenuto ad ogni modo accettabile e tale da non causare impatti sulla componente.

In conclusione data l'ubicazione delle opera in relazione a quella dei recettori e in considerazione del fatto che potrà prevedersi il confinamento delle sorgenti di rumore, non si prevedono variazioni del clima acustico tali da generare effetti sulla salute.

Anche per le misure di mitigazione si rimanda al capitolo 7 del presente documento.

#### *Impatto sullo sviluppo socio-economico dell'area*

L'impatto sullo sviluppo socio-economico dell'area, come si è detto per quello sull'occupazione è un impatto positivo.

Il terminal GNL infatti consentirà la stipula di contratti per la fornitura del gas da parte di grandi consumatori regionali oltre a costituire un grosso beneficio per l'intera Regione.

Per quanto riguarda la stipula di contratti per la fornitura del gas da parte di grandi consumatori regionali, essa produrrà un aumento della competitività delle imprese per via dei costi più contenuti, il che consentirà a sua volta lo sviluppo delle aziende locali con ricadute positive sia in termini di lavoro diretto che indiretto.

Inoltre il progetto rappresenta un elemento di primario interesse che potrebbe costituire un volano e traino per altre iniziative simili nel territorio così come, tra l'altro è auspicato negli strumenti di pianificazione energetica nazionali e regionali.

Esso potrà dare nuova linfa all'economia del Porto Canale di Cagliari, utilizzando aree inutilizzate e per la maggior parte infrastrutture già esistenti.

Tali opere sono coerenti con gli obiettivi di sviluppo dell'area previsti sia dal PRP che dal PUC.

#### *Occupazione*

In fase di esercizio si stima la presenza media giornaliera di 10 unità in condizioni di normale funzionamento del deposito costiero. L'esercizio, inoltre, richiederà l'impiego di lavoratori esterni per le seguenti funzioni:

- servizi di pilotaggio e rimorchio delle navi;
- operazioni di manutenzione;
- pulizia dell'area;



- security.

Pertanto l'opera avrà un effetto volano sulla economia locale promuovendo un aumento di competitività delle imprese insediate con conseguenti ricadute positive in termini occupazionali.

#### *Impatto sulla produzione agroalimentare nel territorio*

Quanto si è detto per la fase di cantiere vale anche per la fase di esercizio.

Il nuovo terminal GNL interessando un'area incolta, attualmente inutilizzata e inserita in un contesto industriale/portuale, per la quale è previsto uno sviluppo come zona G di Servizi (sia dal PRP che dal PUC) non pregiudica attività legate al settore agroalimentare.

Le aree interessate da produzioni agroalimentari significative sono poste a grande distanza dall'area di progetto. In considerazione di ciò l'opera nel suo complesso non mostra interferenze significative con il patrimonio agroalimentare del territorio.

Non sono previste neppure interferenze con le attività di pesca e maricoltura se non quelle imputate all'aumento, comunque esiguo, del traffico marittimo.

Pertanto, anche in questo caso, si può dire che l'impatto associato a questa componente sia trascurabile.

## **12 IMPATTI CUMULATIVI**

Per impatto cumulative si intende il risultato della sovrapposizione delle attività derivanti dalle lavorazioni che possono creare, potenzialmente, un impatto significativo.

Il settore in esame è interessato, oltre che dalla progettazione oggetto del presente studio, anche da i seguenti lavori:

- Porto di Cagliari – Realizzazione del Terminal Ro Ro del Porto Canale – I lotto funzionale (attualmente in fase di V.I.A. avviata in data 05.07.2016);
- metanodotto S.G.I. (attualmente in fase di progettazione).

La figura seguente mostra la localizzazione degli interventi previsti insistenti nell'area in esame.

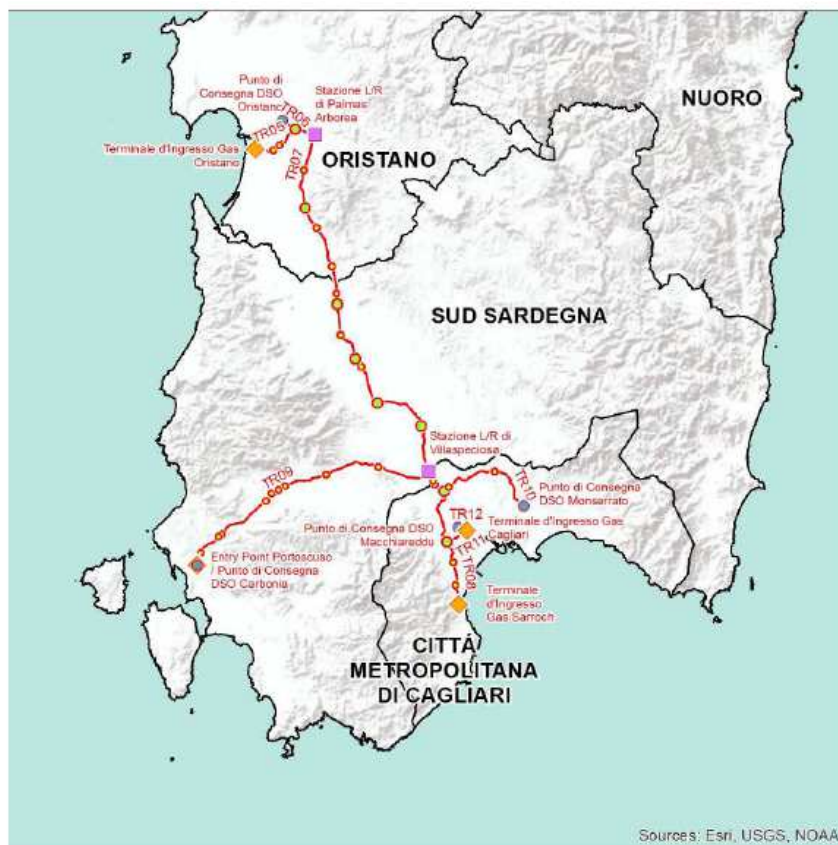


Figura 56 – Inquadramento del progetto S.G.I. (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).

Al fine di ottenere una corretta analisi degli impatti cumulativi si è proceduto alla consultazione della documentazione disponibile costituita da:

- S.I.A. relativo al Terminal Ro.Ro. del Porto Canale – I Lotto funzionale redatto da V.D.P. s.r.l. per l’Autorità Portuale di Cagliari
- S.I.A. relativo al Sistema trasporto gas naturale Sardegna centro-sud, redatto da D’Appolonia per S.G.I.

## 12.1 Descrizione dei progetti considerati

### 12.1.1 Terminal Ro Ro del Porto Canale – I lotto funzionale

L'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.32/78 del 15 settembre 2010.



Figura 57 – Ubicazione dell'area di intervento (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

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, 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.

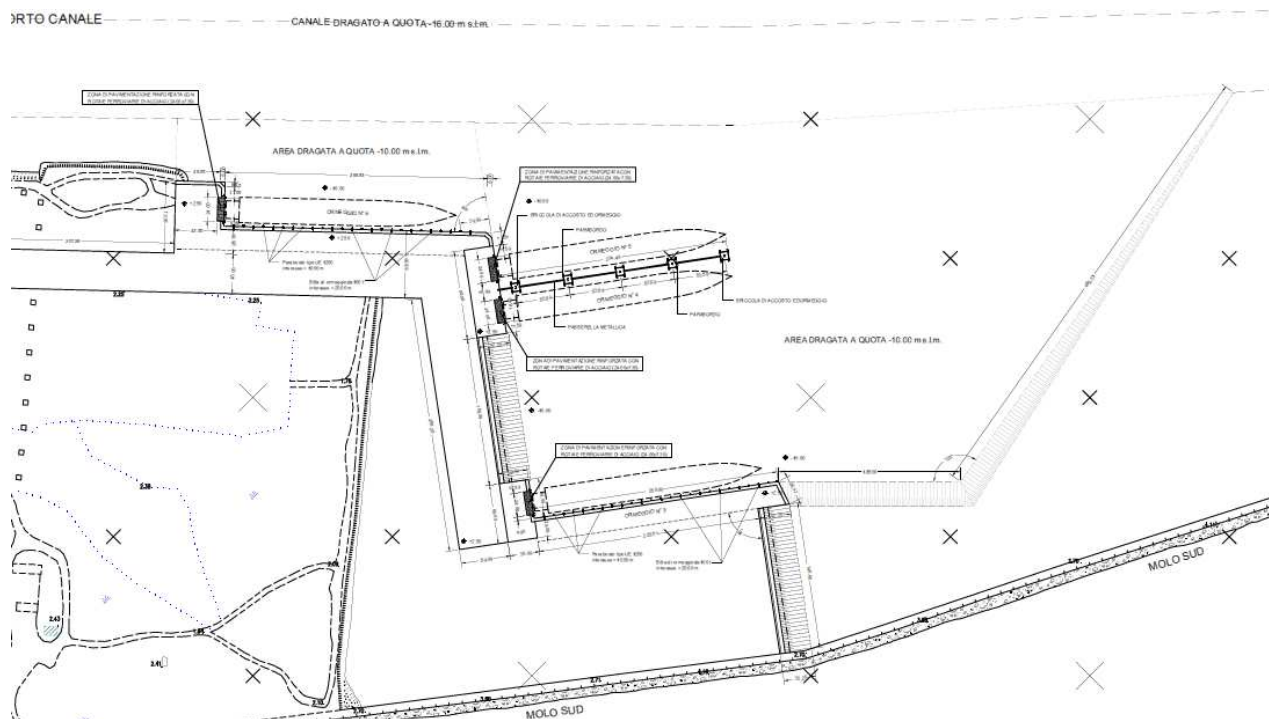


Figura 58 – Layout progettuale del I lotto funzionale del Terminal Ro Ro (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Considerata l'importanza strategica di realizzare nell'immediato i nuovi attracchi Ro-Ro e vista la necessità di reperire ingenti risorse finanziarie per porre in essere quanto è stato proposto, si è convenuto di definire in maniera compiuta un primo stralcio funzionale, che non contrari con i risultati dello studio meteo marino. La cui configurazione scelta non deve essere compromettere la successiva realizzazione delle opere e nel contempo richieda risorse economiche più limitate.

Il primo stralcio funzionale, prevede la realizzazione di quattro attracchi, i relativi piazzali di imbarco, ed un adeguato specchio acqueo per le manovre di accosto e di ormeggio. In particolare il progetto prevede la realizzazione di un attracco lungo il canale e di altri 3 nell'avamposto ovest del porto canale.

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 di circa 150 m della linea di riva e la realizzazione di una banchina parallela al molo guardiano di ponente 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, ha origine una passerella metallica perpendicolare alla banchina stessa, che 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 seconda categoria (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 (superficie circa 44.000 m<sup>2</sup>) 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. dello specchio acqueo prospiciente i nuovi attracchi fino al limite del canale di navigazione già scavato a quota - 16.00 m s.l.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.

Nel seguito vengono illustrate le opere previste in progetto, le fasi esecutive, il decorso dei cedimenti, il piano di monitoraggio, il costo delle opere ed i tempi di realizzazione.

### 12.1.2 Gasdotto S.G.I.

Il nuovo Piano Energetico ed Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (Delibera n. 5/1 del 28/01/2016), anche alla luce dell'effettivo esercizio da parte di SFIRS S.p.A. del diritto di uscita dalla società GALSI S.p.A, ha indicato nel GNL il vettore energetico preferenziale per l'approvvigionamento di metano della regione Sardegna.

Dal documento si evince che: *“Da una prima analisi delle caratteristiche demografiche e socioeconomiche, il territorio regionale può essere suddiviso in tre ambiti (nord, centro e*

sud Sardegna), all'interno dei quali possono essere individuati due potenziali approdi industriali (Sarroch, Porto Torres) per l'installazione dei terminali di rigassificazione in grado di fornire servizi di tipo Small Scale LNG (SSLNG) opportunamente dimensionati, idonei ai sensi della Direttiva 82/501/CEE e della relativa normativa nazionale di recepimento, e sei approdi potenzialmente idonei alla realizzazione di depositi costieri di GNL (Sarroch, Portovesme, Oristano, Porto Torres, Olbia e Arbatax), corrispondenti ai porti industriali della Sardegna”.

Come si rileva poi dal Documento di consultazione per una strategia nazionale sul GNL: “la filiera del GNL come vettore energetico richiede un nuovo livello di logistica, studiata sulle esigenze di distribuzione del prodotto liquefatto, anche integrata con le infrastrutture di approvvigionamento primario (terminali di rigassificazione)”.

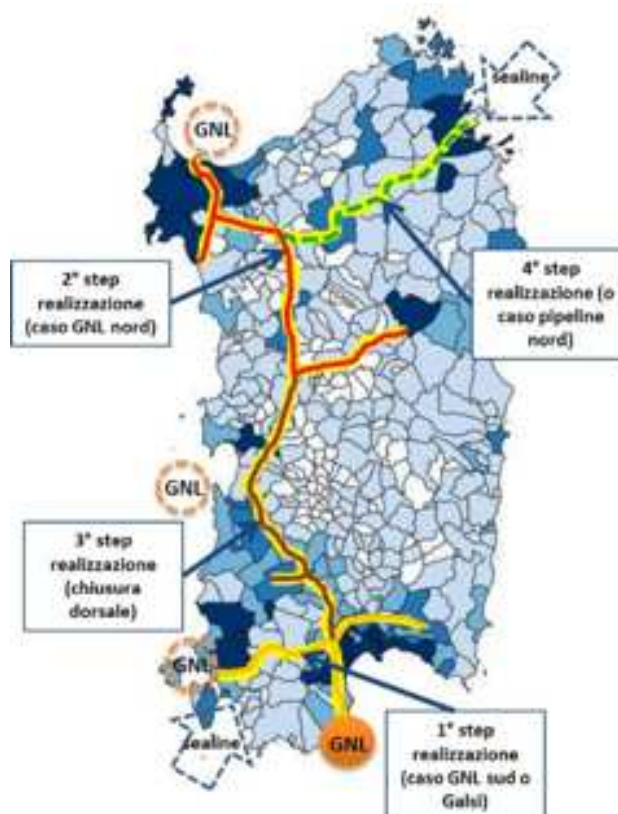


Figura 59 – Ipotesi di realizzazione arterie per la metanizzazione della Sardegna (SGI).

Le opzioni di approvvigionamento tramite rigassificatore di piccola taglia e depositi costieri di GNL sono caratterizzate entrambe dall'utilizzo del Gas Naturale Liquefatto (GNL) che offre diverse opportunità:

- Tempi di implementazione relativamente brevi;



- Competitività tra i fornitori di GNL grazie alla rapida crescita del numero di fornitori;
- Flessibilità e modularità dell'offerta, sia in termini di quantità che in termini di prezzi;
- Possibilità di utilizzo del GNL direttamente nei trasporti terrestri e marittimi;
- Piano strategico nazionale sull'utilizzo del GNL in Italia (in fase di elaborazione).

All'art 6.3 esso riconosce come progetti strategici, ai sensi del D.Lgs 93/2011, gli interventi per la metanizzazione della Sardegna e dispone i) la realizzazione di una dorsale interna per il trasporto gas, che il Governo s'impegna a riconoscere come parte della Rete Nazionale dei Gasdotti, e ii) la realizzazione dei relativi collegamenti ai bacini di distribuzione, alcuni già in esercizio, gli adduttori, che verranno riconosciuti come parte della Rete Regionale dei Gasdotti.

Nel contesto sopra delineato, ed in continuità con i precedenti Piani Decennali, S.G.I. sta perseguendo un piano di sviluppo in 3 fasi della dorsale principale e delle contestuali linee regionali di collegamento, in modo da consentire il più rapido allaccio di quei bacini di consumo già recettivi, che siano aree industriali o reti di distribuzione già sviluppate (e.g. Cagliari, Sulcis, Sassari, ecc.).

Le tre fasi possono essere realizzate in sequenza o in parallelo in relazione agli obiettivi assegnati. Potrà poi essere prevista una 4° fase che colleghi l'area di Olbia soprattutto qualora sia confermato un collegamento via condotta, anche indiretto, con l'Italia continentale.

Il piano completo della metanizzazione della Sardegna, dal punto di vista della rete di trasporto, comprenderà:

- connessione in rete di due diversi Depositi Maggiori di GNL con capacità iniziale di circa 30.000 m<sup>3</sup> e banchine per il carico di GNL su autocisterne;
- circa 400 km di dorsale nazionale DN 400;
- ulteriori 200 km complessivi, in relazione alla penetrazione, per collegamenti regionali principali e secondari (DN 150-300).

Ad oggi S.G.I. ha completato lo studio di fattibilità. Nel periodo 2016-2019 si prevede di terminare l'iter autorizzativo dell'intera opera e la realizzazione e messa in esercizio di un primo tratto di dorsale ed i relativi collegamenti ai bacini di consumo.

La conversione a gas naturale delle fonti fossili attualmente utilizzate consentirà un'elevata riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In base allo scenario di domanda ipotizzato

da S.G.I. si stima di sostituire consumi residenziali e del settore terziario per totali 1.902 GWh, consumi industriali per un totale di circa 2.895 GWh e 1.220 GWh di consumo per la generazione termoelettrica.

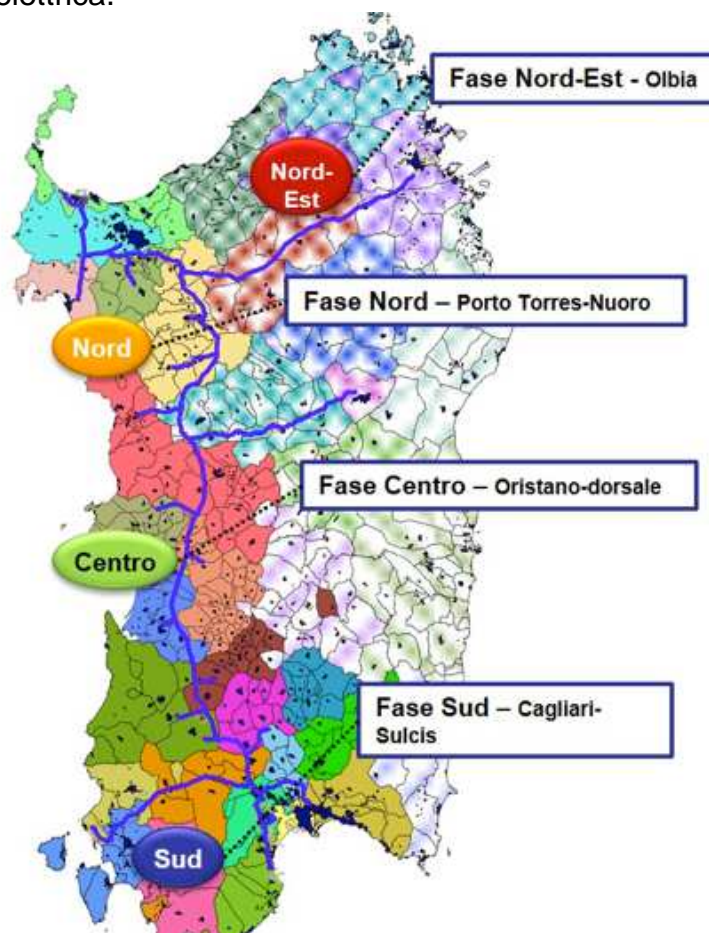


Figura 60 – Suddivisione fasi di realizzazione rete di trasporto regionale per la metanizzazione (SGI).

S.G.I. stima benefici economici quantificabili in circa 280 Mil € annui, dovuti a tale sostituzione ed alla riduzione di CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera. La Tabella D di seguito dettaglia i benefici suindicati. Per effettuare le stime si è fatto riferimento ad un costo delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 5 €/ton.

## 12.2 Emissioni in atmosfera

### 12.2.1 Terminal Ro Ro

#### *Emissioni relative alle attività di dragaggio*

Il dragaggio e l'operazione di scavo eseguita da una imbarcazione (battello-draga) mediante draghe (macchine scavatrici) per asportare sabbia, ghiaia e detriti da un fondo subacqueo, sia in acque marine poco profonde sia in zone di acqua dolce, e rilocarli altrove.

Nel progetto Terminal Ro-Ro le quantità di materiale dragato saranno interamente riutilizzate in loco per fini costruttivi e/o di riempimento.

Nella tabella seguente sono indicati i valori dei fattori di emissione assunti per le singole attività di scavo e carico del materiale.

SCAVO	FATTORE EMISSIONE	NOTE
Fattore di emissione <b>PM10 EPA 30502760</b> Sand Handling, transfer and storage	FE = 0.0004 kg/Mg	Si dovrà stabilire il peso in Mg del materiale trattato per ora di attività
CARICO MATERIALE	FATTORE EMISSIONE	NOTE
Fattore di emissione <b>PM10 EPA 30502031</b> Truck Loading Conveyor	FE = 0.0001 kg/Mg	Si dovrà stabilire il peso in Mg del materiale trattato per ora di attività

Tabella 77 - Fattori di emissioni PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Considerando una produttività oraria in base ai parametri di cantierizzazione adottati pari a 326 Mg/h si è arrivati ad una emissione oraria pari a:

$$E_{\text{dragaggio}} = 163 \text{ g/h}$$

Nel caso di specie il contenuto di umidità del materiale dragato è molto alto rispetto al materiale secco e in via cautelativa è stato pari 2, con un valore di emissione ridotto a:

$$E_{\text{dragaggio, rid.}} = 163 \cdot 0,25 \text{ g/h} = 41 \text{ g/h}$$

*Emissioni attività per la costruzione di moli e banchine*

Un'altra attività suscettibile alla produzione di emissioni di polveri e quella che coinvolge la formazione di moli e banchine, attività che possono essere assimilate in termini emissivi alla formazione e stoccaggio del materiale in cumuli.

Il fattore di emissione è riportato nella tabella seguente e da questo una volta inseriti gli idonei parametri, è stata calcolata l'emissione in g/h:

STOCCAGGIO	FATTORE EMISSIONE	NOTE
<b>Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles</b>	$FE \text{ (kg/Mg)} = k \text{ (0.0016)}$ $(u/2.2)^{1.3} (M/2)^{1.4}$	Si dovrà stabilire i quantitativi in Mg di materiale stoccato, indicando: k, coefficiente che dipende dalle dimensioni del particolato, u velocità del vento (m/s) e M contenuto in percentuale di umidità

Tabella 78 – Fattori di emissione PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

L'emissione oraria calcolata è pari a:

$$E_{\text{moli e banchine}} = 31 \text{ g/h}$$

*Emissioni attività movimento strade non asfaltate*

Un'altra attività suscettibile di produrre emissione di polveri è lo spostamento dei mezzi sulle piste di cantiere non asfaltate e aree di cantiere.

Nel caso di specie sono state considerate le piste di lunghezza massima pari ad 1 km.

Il fattore di emissione è riportato nella tabella seguente.

:



PISTE ASFALTATE	NON	FATTORE EMISSIONE	NOTE
<b>Fattore di emissione PM10 EPA 13.2.2 Unpaved Roads</b>		$FE (kg/km) = k (0.2891) (s/12)^a (W/3)^b$	Si dovrà stabilire i km percorsi per ora di attività e fornire il contenuto di limo del materiale trattato (s), il peso medio del veicolo (W), i coefficienti k, a e b.

Tabella 79 – Fattori di emissione PM10 prodotto durante le attività di costruzione in oggetto (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

L'emissione oraria calcolata è pari a:

$$E_{\text{piste non asfaltate}} = 352 \text{ g/h}$$

#### *Emissioni attività movimento strade asfaltate*

Un'altra emissione di inquinanti dell'aria connessa con le attività di costruzione del Terminal Ro-Ro è quella relativa ai rilasci allo scarico dei mezzi adibiti al trasporto terre. Emissioni che non sono confinate nell'area di cantiere ma che vengono distribuite lungo tutto il percorso di viabilità locale seguito da tali mezzi per raggiungere il punto di carico/scarico e per far ritorno al cantiere.

Le emissioni considerate sono relative agli inquinanti PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> e il relativo tasso emissivo è stato calcolato attraverso la metodologia COPERT IV. Metodologia che si applica ad auto passeggeri, veicoli commerciali leggeri e pesanti, bus, motocicli e ciclomotori, suddivisi per classi di cilindrata, o portata, tipo di alimentazione e normativa di riferimento.

Nello studio del Terminal Ro-Ro si è adottato il fattore di emissione medio per veicoli pesanti calcolato rispetto al parco veicolare caratteristico della provincia di Cagliari stimato allo scenario 2020 per mantenere l'analogia con lo studio trasportistico che ha determinato l'incremento medio dei flussi veicolari nello scenario corso d'opera rispetto ai flussi veicolari nello scenario tendenziale al 2020.

I fattori adottati sono riportati in tabella:

INQUINANTE	FATTORE EMISSIONE (g/Km*veh)
NOx	3,4
PM10	0,21

Tabella 80 - Fattori di emissione allo scarico anno 2020(Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Nel caso dello studio relativo al Terminal Ro-Ro è stato stabilito che i viaggi giorni sono circa 3 di andata e 3 di ritorno. Pertanto è stato assunto che nell'ora si muovono circa 3 camion per chilometro di viabilità ordinaria impegnata dai mezzi d'opera. Sono state stimate le massime ricadute per i due inquinanti analizzati, come riportato nella tabella seguente.

Ricadute Emissioni	Attuale				Cantiere 2020			
	NO2 (µg/mc)		PM10 (µg/mc)		NO2 (µg/mc)		PM10 (µg/mc)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>MassimaMedia 1h</b>	<1	<85			<1	<60		
<b>MassimaMedia24h</b>			<1	<5			<1	<3
<b>MediaAnnuale</b>	<1	<18	<0,5	<3	<1	<12	<0,5	<2

Tabella 81 – Ricadute emissioni ante- e in corso d'opera (da studio di impatto ambientale VPA s.r.l.).

### 12.2.2 Gasdotto SGI

Nel progetto SGI gli ambiti territoriali di riferimento considerati nella descrizione del sistema ambientale sono prevalentemente definiti a scala provinciale e sub-provinciale. Le analisi di dettaglio delle potenziali interazioni fanno invece riferimento ad una scala locale (qualche chilometro), costituita dalle aree limitrofe ai siti di interesse.

Data la tipologia di opera l'analisi della componente è stata condotta a livello generale, mediante un inquadramento delle condizioni meteorologiche del centro-Sud della Sardegna. Inoltre sono stati riportati i dati di qualità dell'aria delle stazioni di misura più prossime al tracciato.

Nella seguente tabella si riportano le centraline ubicate nei territori comunali attraversati dalla rete dei metanodotti del progetto SGI o delle reti gas immediatamente limitrofi, con l'indicazione dei parametro monitorati (ARPA Sardegna, sito web).

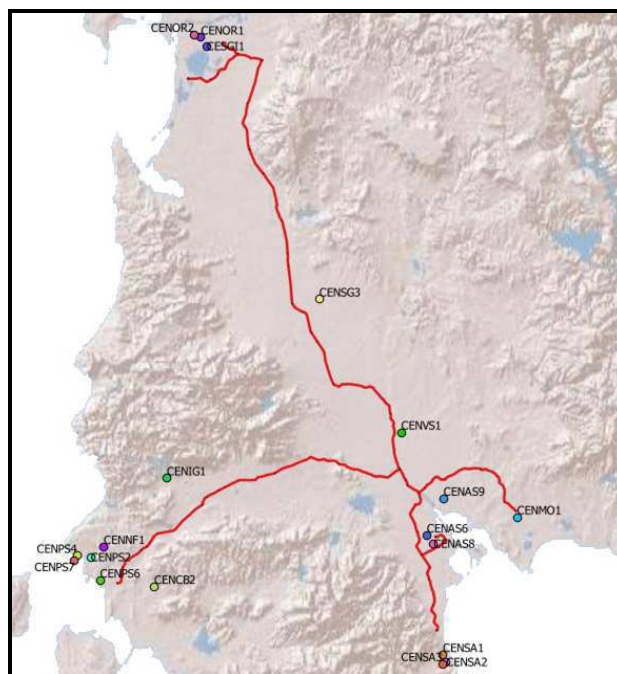


Figura 61 – Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (Sovrapposizione progetto SGI con cartografia ARPAS).

Comune	Nome centralina	Parametri monitorati							
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Benzene	H <sub>2</sub> S
Oristano	CENOR2	X	X	X	X	X		X	
Oristano	CENOR1	X	X		X	X	X		
Santa Giusta	CESGI1	X	X	X		X			
Assemmini	CENAS9	X	X		X	X			
Macchiareddu	CENAS6	X	X			X			
<b>Macchiareddu</b>	<b>CENAS8</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			
Carbonia	CENCB2	X	X		X	X		X	
Iglesias	CENIG1	X	X		X	X			
Gonnesa	CENNF1	X	X			X			
Monserato	CENMO1	X	X	X	X	X	X	X	
Portoscuso	CENPS2	X	X			X			
Portoscuso	CENPS6	X	X			X	X		
Portoscuso	CENPS4	X	X	X		X			
Portoscuso	CENPS7	X	X	X	X	X	X	X	
Sarroch	CENSA1	X	X		X	X			X
Sarroch	CENSA2	X	X	X	X	X	X	X	X
Sarroch	CENSA3	X	X	X	X	X	X	X	X
Villasor	CENVS1	X	X			X			X
San Gavino	CENSG3	X	X			X			

Tabella 82 – Centraline di monitoraggio aria della rete regionale nei comuni interessati dal progetto SGI.

La maggior parte del tracciato ricade in zone rurali, non soggette a monitoraggio in virtù dell'assenza di problematiche di qualità dell'aria. Con riferimento ai valori rilevati dalle suddette stazioni nel seguito si riportano i principali indici statistici relativi ai parametri NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, disponibili per l'anno 2015.

La centralina più vicina al Terminal GNL risulta la CENAS8 presso Macchiareddu.

Valori rilevati 2015 (mq/mc)	Centralina																		Limite Normativa (D.Lgs 155/10) [µg/mc]	
	CENOR2	CENOR1	CESG11	CENAS9	CENAS6	CENAS8	CENCB2	CENIG1	CENN11	CENMO1	CENPS2	CENPS6	CENPS4	CENPS7	CENSA1	CENSA2	CENSA3	CENVS1		CENSG3
Valore Medio Annuo	17	7	13	15	13	12	8	10	4	19	5	4	7	10	6	12	12	8	7	40
Valore Max Orario	142	90	87	153	70	86	73	75	24	117	47	43	57	66	62	77	85	52	100	200 (da non superare più di 18 volte in un anno)
No. Superi Valore Max Orario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 83 – NO<sub>2</sub>. Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016,b (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle concentrazioni di CO (media massima giornaliera su 8 ore) rilevati nell'anno 2015; i valori misurati sono confrontati con i limiti imposti dalla normativa vigente.

Valori rilevati 2015 (mg/mc)	Centralina																		Limite Normativa (D.Lgs 155/10) [mg/m <sup>3</sup> ]	
	CENOR2	CENOR1	CESG11	CENAS9	CENAS6	CENAS8	CENCB2	CENIG1	CENN11	CENMO1	CENPS2	CENPS6	CENPS4	CENPS7	CENSA1	CENSA2	CENSA3	CENVS1		CENSG3
Media Max giornal. su 8 ore	2,1	-	1,3	-	-	0,6	-	-	-	2,3	-	-	0,8	0,7	-	1,6	1,5	-	-	10
No. Superi	0	-	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	-	0	0	-	-	0

Tabella 84 – CO. Valori rilevati e confronto con i limiti normative Arpas 2016,b (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).

Nella tabella seguente sono riportati, per l'anno 2015, i principali indici statistici delle concentrazioni rilevate di Biossido di Zolfo ed il loro confronto con i limiti imposti dalla normativa vigente.

Valori rilevati 2015 [µg/mc]	Centralina																		Limite Normativa (D.Lgs 155/10) [µg/mc]	
	CENOR2	CENOR1	CESG11	CENAS9	CENAS6	CENAS8	CENCB2	CENIG1	CENN11	CENM01	CENPS2	CENPS6	CENPS4	CENPS7	CENSA1	CENSA2	CENSA3	CENVS1		CENSG3
Valore Medio	0,5	0,6	0,5	1	9	14	0,3	2	0,4	0,6	3	2	2	0,6	2	4	2	0,5	1	20
Valore Max Orario	5	4	7	29	283	292	4	10	32	7	167	61	140	91	56	119	253	2	6	350 (da non superare)
No. Superi Valore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	più di 24 volte in un anno)
Valore Max 24 ore	1	2	2	5	100	105	1	5	4	4	46	11	25	18	14	28	26	1	4	125 (da non superare più di 3 volte in un anno)
No. Superiori Valore Max 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabella 85 – SO<sub>2</sub>. Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016b. (Fonte: "S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud" – D'Appolonia-S.G.I.).

Nella tabella seguente sono riportati i principali indici statistici delle concentrazioni di PM10 rilevati nell'anno 2015. I valori misurati sono confrontati con i limiti imposti dalla normativa vigente.

Valori rilevati 2015 [µg/mc]	Centralina																		Limite Normativa (D.Lgs 155/10) [µg/m <sup>3</sup> ]	
	CENOR2	CENOR1	CESGI1	CENAS9	CENAS6	CENAS8	CENCB2	CENIG1	CENNF1	CENMO1	CENPS2	CENPS6	CENPS4	CENPS7	CENSA1	CENSA2	CENSA3	CENV/S1		CENSG3
Valore Medio Annuo	22	24	13	32	26	34	14	17	17	28	36	16	24	24	24	20	20	27	38	40
Valore Max 24 ore	90	60	81	103	176	116	57	52	53	82	90	44	63	77	77	49	53	77	113	50 (da non superare più di 35 volte in un anno)
No. Superi Valore Max 24	5	3	1	41	18	36	1	1	1	31	37	0	2	7	14	0	1	3	67	

Tabella 86 - PM<sub>10</sub>. Valori rilevati e confronto con i limiti normativi Arpas 2016b. (Fonte: "S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud" – D'Appolonia-S.G.I.).

La situazione di inquinamento più critica tra quelle monitorate è relativa al PM<sub>10</sub>. In particolare nel 2015, presso 4 stazioni sono stati rilevati superamenti oltre al limite previsto dalla normativa.

La possibile violazione del limite di legge nelle stazioni CENAS8, CENAS9, CENPS2 e CENSG3, ha imposto una ulteriore verifica sui dati monitorati con l'applicazione di test di incertezza del dato: considerando l'imprecisione delle rilevazioni relativa ai dati registrati nel margine di incertezza strumentale, valutabile normativamente entro il 25%, risulta che per 3 delle 4 centraline non è certificata la violazione del limite per il PM<sub>10</sub> in quanto il riconteggio del numero di superamenti è contenuto entro 35 (rispettivamente 22 superamenti presso CENAS8, 30 superamenti presso CENAS9 e 25 superamenti presso CENPS2).

Nell'analisi di una potenziale e peggiorativa sovrapposizione temporale della fase realizzativa delle tre opere in progetto nell'area del Porto Canale di Cagliari, queste potranno comportare un'alterazione della qualità dell'aria nella zona portuale.

L'eventuale sovrapposizione delle attività di cantiere, ad ogni modo, potrà avere una durata massima stimata in circa 12 mesi. Pertanto, in relazione alla durata della fase di cantiere, alle valutazioni condotte per i singoli progetti ed alla tipologia di area interessata dalle opere (area industriale e portuale), si può ipotizzare che l'impatto sulla componente per tale fase sia non critico.

Si può inoltre ritenere che le emissioni in atmosfera generate durante la fase di esercizio dei progetti considerati, non siano tali da apportare modifiche rispetto allo





stato attuale dell'area già interessata da traffico marittimo e attività di tipo industriale-portuale.

### **12.3 Emissioni sonore**

#### **12.3.1 Terminal Ro Ro**

Nell'ambito dello Studio d'impatto ambientale relativo al Terminal Ro-Ro è stato condotto un monitoraggio acustico finalizzato a delineare lo stato attuale del clima acustico così da poter verificare gli eventuali cambiamenti dello stesso in conseguenza dello spostamento dell'attuale sito.

Sono state individuate 8 postazioni distribuite nei principali punti di esposizione al rumore e distinte in base alla loro funzione nel tessuto urbano, ovvero l'area oggetto di intervento (p.to 1), la viabilità collegata direttamente ad essa (p.to 2), la viabilità statale principale più prossima (p.ti 3, 6), la viabilità secondaria più prossima (p.ti 4, 5), la zona dell'attuale sito funzionale (p.ti 7, 8).

Tutti i punti di misura sono riportati di seguito nello stralcio planimetrico.

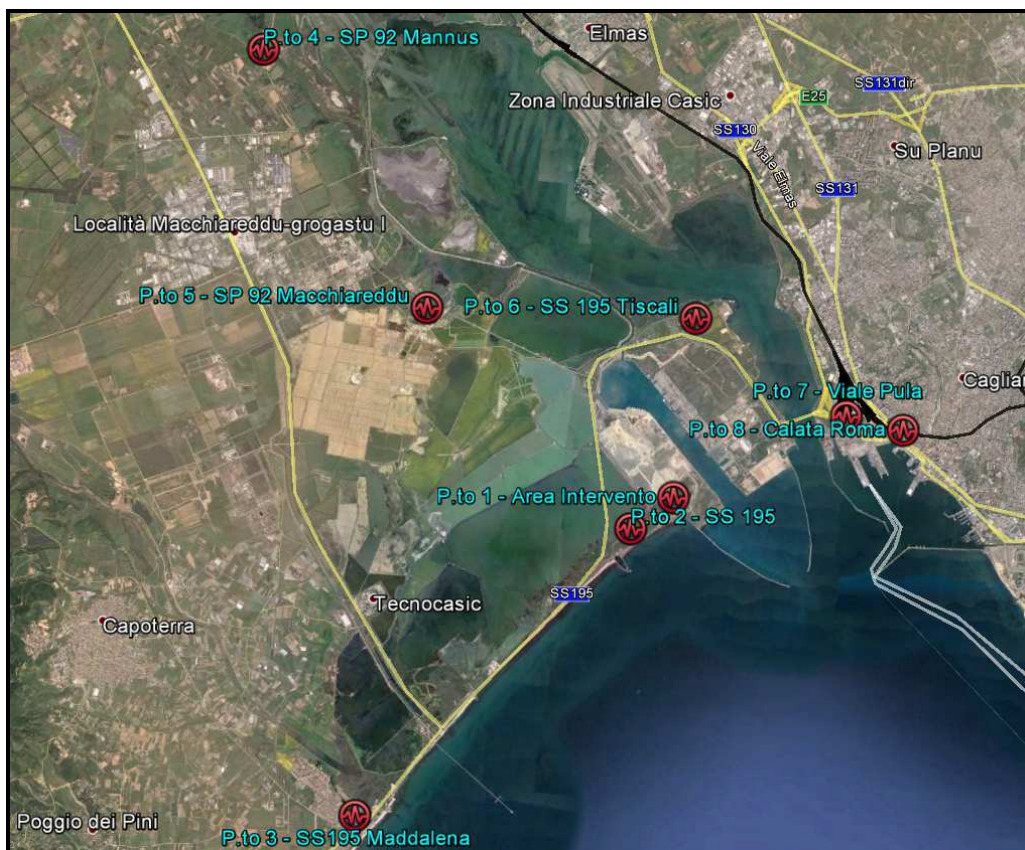


Figura 62 – Stralcio planimetria generale area di indagine e punti di misura (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

I punti di misura sono stati collocati a bordo strada a circa 5 metri dal ciglio della stessa. In tutte le situazioni monitorate il traffico automobilistico è sempre stato la sorgente di rumore, nettamente distinguibile e predominante. Subordinatamente a questa va segnalato il contributo dovuto ai sorvoli aerei diretti verso l'aeroporto di Elmas. I flussi veicolari rilevati contestualmente alle misure fonometriche si sono rivelati per lo più distinti da uno scarso numero di mezzi nelle immediate vicinanze dell'area di progetto e lungo la S.P.92 che collega la S.S.195 alla provinciale pedemontana a nord, mentre si osservano flussi veicolari medi e con velocità di circa 70 km/h lungo la variante della SS195, sia a nord dell'intervento, sia a sud nel comune di Capoterra. Le postazioni 7 ed 8 interne a Cagliari si trovano lungo gli assi viari di penetrazione alla città e sono quindi caratterizzate da intensi flussi veicolari.

Postazione	Fascia oraria	Livelli acustici rilevati [dB(A)]		
		LEQ	L10	L90
1 Area di progetto	09-10	49.5	51.0	49.5
2 SS195 vecchio tracciato	09-10	53.0	56.5	50.0
3 SS195 Loc. Maddalena	10-11	64.0	67.0	54.5
4 SP92 Contrada Mannus	10-11	62.0	64.0	50.0
5 SP92 Macchiareddu	11-12	59.5	62.5	52.5
6 SS195 Tiscali	11-12	68.5	72.0	54.0
7 Viale Pula, Cagliari	12-13	75.5	79.0	57.5
8 Calata Roma, Cagliari	12-13	65.0	67.5	56.0

Tabella 87 – Risultati della campagna di rilievo fonometrico (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

I primi due punti di misura, come detto, rispondono ai limiti normativi di zonizzazione acustica e date le sorgenti acustiche scarsamente rappresentative, non offrono esuberanti dalle soglie della III e IV classe, rispettivamente per il p.to 2 e per il p.to 1.

Fatta eccezione per il p.to 7 di viale Pula, anche per le altre postazioni si osserva un sostanziale rispetto delle soglie normative che però, in questo caso, fanno riferimento a quanto indicato dal DPR 142/2004, rispettivamente di:

- P.ti 3/4/5. Strada tipo CB extraurbana secondaria a carreggiate non separate con valori di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni nella prima fascia di 100 metri per parte dal ciglio.
- P.to 6. Strada tipo CA extraurbana secondaria a carreggiate separate con valori di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni nella prima fascia di 100 metri per parte dal ciglio.
- P.ti 6/7. Strada tipo DB urbana di scorrimento a carreggiate non separate con valori di 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni nella fascia di 100 metri per parte dal ciglio.

Per quanto riguarda la movimentazione dei mezzi pesanti sulla rete viaria, il progetto Terminal Ro-Ro comprende uno studio trasportistico dal quale sono stati tratti i flussi veicolari attuali e previsti.

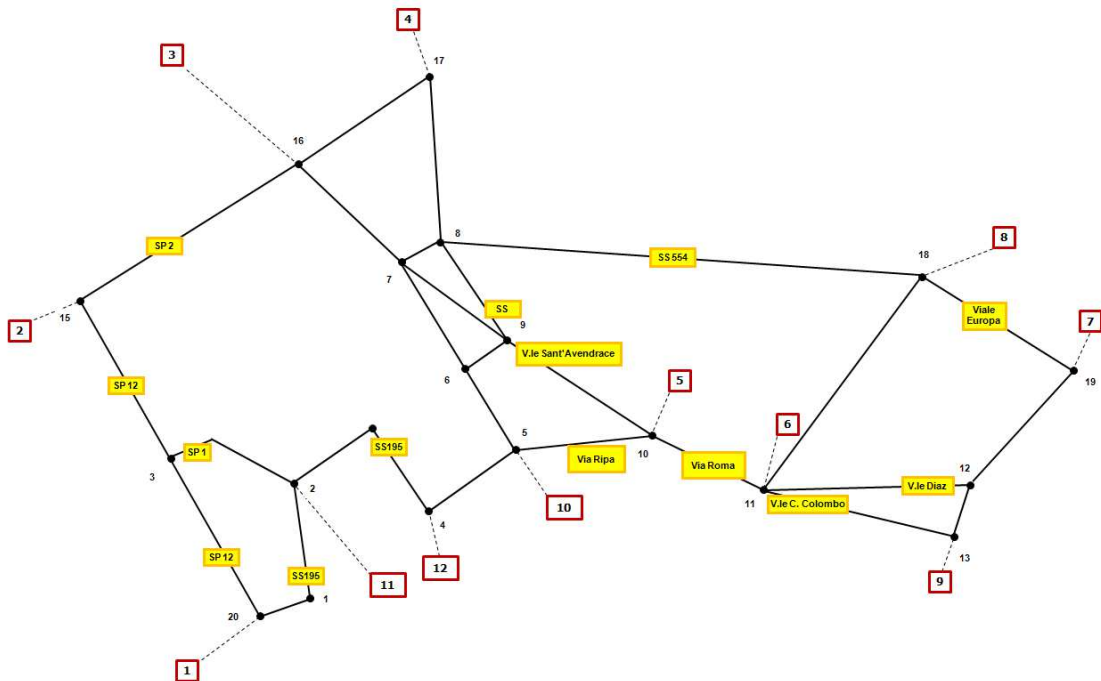


Figura 63 – Stralcio della rete viaria principale potenzialmente interessata dal transito dei mezzi connessi alla attività del Terminal Ro-Ro (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [N° veicoli equivalenti nell'ora di punta]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	2.700	2.976	3.001
2 - 3	600	662	1.096
2 - 4	2.020	2.226	2.352
4 - 5	2.050	2.259	2.573
5 - 6	3.380	3.726	3.744
6 - 7	3.220	3.549	3.567
7 - 8	2.400	2.646	2.665
8 - 9	2.650	2.921	2.921
6 - 9	1.600	1.764	1.764
7 - 9	1.300	1.432	1.432
5 - 10	4.500	4.960	5.091
9 - 10	4.050	4.464	4.464
10 - 11	3.500	3.858	3.923
1 - 20	2.700	2.976	3.001
3 - 20	1.550	1.709	1.709
3 - 15	2.150	2.370	2.804
15 - 16	2.600	2.866	3.300
16 - 17	2.400	2.645	3.069
16 - 7	2.380	2.623	2.623
8 - 17	4.300	4.739	4.667
11 - 12	1.900	2.095	2.095
11 - 13	1.600	1.764	1.748
12 - 13	3.900	4.299	4.299
11 - 18	4.000	4.409	4.429
12 - 19	3.250	3.583	3.583
18 - 19	1.500	1.654	1.654
8 - 18	2.250	2.480	2.480

Tabella 88 – Tabella descrittiva della figura precedente.

Nel seguito si riportano i dati veicolari dedotti dallo studio trasportistico. In essi si evidenzia che i valori si riferiscono al veicolo equivalente, caratterizzato da una pesatura 4 sui veicoli pesanti rispetto ai veicoli leggeri.

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [N° veicoli equivalenti nell'ora di punta]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	2.700	2.976	3.001
2 - 3	600	662	1.096
2 - 4	2.020	2.226	2.352
4 - 5	2.050	2.259	2.573
5 - 6	3.380	3.726	3.744
6 - 7	3.220	3.549	3.567
7 - 8	2.400	2.646	2.665
8 - 9	2.650	2.921	2.921
6 - 9	1.600	1.764	1.764
7 - 9	1.300	1.432	1.432
5 - 10	4.500	4.960	5.091
9 - 10	4.050	4.464	4.464
10 - 11	3.500	3.858	3.923
1 - 20	2.700	2.976	3.001
3 - 20	1.550	1.709	1.709
3 - 15	2.150	2.370	2.804
15 - 16	2.600	2.866	3.300
16 - 17	2.400	2.645	3.069
16 - 7	2.380	2.623	2.623
8 - 17	4.300	4.739	4.667
11 - 12	1.900	2.095	2.095
11 - 13	1.600	1.764	1.748
12 - 13	3.900	4.299	4.299
11 - 18	4.000	4.409	4.429
12 - 19	3.250	3.583	3.583
18 - 19	1.500	1.654	1.654
8 - 18	2.250	2.480	2.480

Tabella 89 – Dati veicolari dedotti dallo studio trasportistico (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).



Di seguito si riportano i valori del flusso veicolare orario per ogni arco stradale distinto in periodo diurno e periodo notturno.

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [N° veicoli/ora totali diurno]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	1.026	1.131	1.141
2 - 3	228	252	417
2 - 4	768	846	894
4 - 5	779	859	978
5 - 6	1.285	1.416	1.423
6 - 7	1.224	1.349	1.356
7 - 8	912	1.006	1.013
8 - 9	1.007	1.110	1.110
6 - 9	608	670	670
7 - 9	494	544	544
5 - 10	1.710	1.885	1.935
9 - 10	1.539	1.697	1.697
10 - 11	1.330	1.466	1.491
1 - 20	1.026	1.131	1.141
3 - 20	589	650	650
3 - 15	817	901	1.066
15 - 16	988	1.089	1.254
16 - 17	912	1.005	1.166
16 - 7	905	997	997
8 - 17	1.634	1.801	1.774
11 - 12	722	796	796
11 - 13	608	670	664
12 - 13	1.482	1.634	1.634
11 - 18	1.520	1.676	1.683
12 - 19	1.235	1.362	1.362
18 - 19	570	629	629
8 - 18	855	943	943

Tabella 90 - Valori del flusso veicolare orario per arco stradale per il periodo diurno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [N° veicoli/ora totali notturno]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	228	251	253
2 - 3	51	56	93
2 - 4	171	188	199
4 - 5	173	191	217
5 - 6	285	315	316
6 - 7	272	300	301
7 - 8	203	223	225
8 - 9	224	247	247
6 - 9	135	149	149
7 - 9	110	121	121
5 - 10	380	419	430
9 - 10	342	377	377
10 - 11	296	326	331
1 - 20	228	251	253
3 - 20	131	144	144
3 - 15	182	200	237
15 - 16	220	242	279
16 - 17	203	223	259
16 - 7	201	222	222
8 - 17	363	400	394
11 - 12	160	177	177
11 - 13	135	149	148
12 - 13	329	363	363
11 - 18	338	372	374
12 - 19	274	303	303
18 - 19	127	140	140
8 - 18	190	209	209

Tabella 91 - Valori del flusso veicolare orario per arco stradale per il periodo notturno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Per quanto riguarda invece l'area direttamente interessata dal terminal Ro-Ro, sulla base delle impostazioni progettuali e del citato studio trasportistico, si è stimata una movimentazione media di 4 navi / giorno.

Per ognuna delle navi è stata quindi stimata una sorgente acustica costituita da un transito nel bacino acqueo dell'area portuale e uno stazionamento che, cautelativamente, si estende alle intere 24 ore.

Le caratteristiche acustiche delle sorgenti navali sono state dedotte da alcune caratterizzazioni emissive effettuate per studi analoghi a quello del Terminal Ro-Ro. Di seguito si riporta una tabella rappresentativa della sintesi dei risultati della campagna fonometrica.

OPERAZIONI DELLE NAVI CARGO									
Evento	Durata operazione	Potenza acustica							
Transito	6 minuti	86,3							
		63hz	125hz	250hz	500hz	1khz	2khz	4khz	8khz
		93,8	90,6	84,6	83,4	80,4	77,5	75,0	73,9
Stazionamento	480 minuti	110,7							
		63hz	125hz	250hz	500hz	1khz	2khz	4khz	8khz
		97,7	103,3	104,1	105,1	106,6	105,0	98,9	93,5

Tabella 92 – Tabella di sintesi dei risultati della campagna fonometrica (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Per quanto riguarda la movimentazione dei mezzi pesanti nei piazzali dell'area è stata considerata una movimentazione di 20 mezzi orari nel periodo diurno e 4 mezzi orari nel periodo notturno.

Per quanto riguarda le movimentazioni sulla rete viaria, si riportano i dati ottenuti dalle simulazioni dei diversi sotto forma di pressioni acustiche emesse per ogni arco della rete viaria considerata alla distanza standard di 25 metri dall'asse della sorgente.

L'elaborazione dei dati inseriti ha permesso di quantificare la sostanziale immutabilità del dato acustico; l'unica e logica eccezione si può ritrovare nella futura viabilità ipotizzata per l'accesso diretto all'area che ad ogni modo verrà a trovarsi distante diverse centinaia di metri dal più vicino insediamento abitativo.

Si sintetizzano di seguito, quindi, i valori di simulazione relativi al periodo diurno e al periodo notturno, nonché una tabella conclusiva delle variazioni dei livelli di rumore tra gli scenari di riferimento che, si ricorda, riguardano:

- Situazione attuale
- Situazione tendenziale (2020 senza intervento di progetto)
- Situazione futura (2020 con intervento di progetto)

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [Emissione acustica veicolare periodo diurno]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	64,7	65,1	65,1
2 - 3	58,1	58,6	60,7
2 - 4	63,4	63,8	64,1
4 - 5	63,5	63,9	64,5
5 - 6	64,8	65,2	65,2
6 - 7	65,6	66,0	66,0
7 - 8	64,3	64,7	64,8
8 - 9	65,3	65,7	65,7
6 - 9	63,1	63,5	63,5
7 - 9	62,2	62,6	62,6
5 - 10	66,6	67,0	67,1
9 - 10	66,1	66,6	66,6
10 - 11	65,5	65,9	66,0
1 - 20	64,7	65,1	65,1
3 - 20	62,3	62,7	62,7
3 - 15	63,7	64,1	64,8
15 - 16	64,5	64,9	65,5
16 - 17	64,2	64,6	65,2
16 - 7	64,3	64,7	64,7
8 - 17	66,8	67,3	67,2
11 - 12	63,8	64,3	64,3
11 - 13	63,1	63,5	63,5
12 - 13	66,4	66,8	66,8
11 - 18	66,4	66,8	66,8
12 - 19	66,2	66,6	66,6
18 - 19	62,3	62,7	62,7
8 - 18	64,0	64,4	64,4

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [Emissione acustica veicolare periodo notturno]		
	ANTE OPERAM (2013)	TENDENZIALE (2020)	POST OPERAM (2020)
1 - 2	58,1	58,6	58,6
2 - 3	51,6	52,0	54,2
2 - 4	56,9	57,3	57,5
4 - 5	56,9	57,4	57,9
5 - 6	58,3	58,7	58,7
6 - 7	59,0	59,5	59,5
7 - 8	57,8	58,2	58,2
8 - 9	58,8	59,2	59,2
6 - 9	56,6	57,0	57,0
7 - 9	55,7	56,1	56,1
5 - 10	60,1	60,5	60,6
9 - 10	59,6	60,0	60,0
10 - 11	59,0	59,4	59,5
1 - 20	58,1	58,6	58,6
3 - 20	55,7	56,1	56,1
3 - 15	57,1	57,6	58,3
15 - 16	58,0	58,4	59,0
16 - 17	57,6	58,0	58,7
16 - 7	57,7	58,2	58,2
8 - 17	60,3	60,7	60,7
11 - 12	57,3	57,7	57,7
11 - 13	56,6	57,0	57,0
12 - 13	59,9	60,3	60,3
11 - 18	59,8	60,3	60,3
12 - 19	59,6	60,1	60,1
18 - 19	55,7	56,2	56,2
8 - 18	57,5	57,9	57,9

Tabella 93 – Valori di simulazione relative ai periodi diurno e notturno (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

NODI (DA - A)	SCENARI DI RIFERIMENTO [Valori differenza tra scenari]		
	P.O. – A.O.	TEN. – A.O.	P.O. – TEN.
1 - 2	0,5	0,4	-
2 - 3	2,6	0,4	2,2
2 - 4	0,7	0,4	0,2
4 - 5	1,0	0,4	0,6
5 - 6	0,4	0,4	-
6 - 7	0,4	0,4	-
7 - 8	0,5	0,4	-
8 - 9	0,4	0,4	-
6 - 9	0,4	0,4	-
7 - 9	0,4	0,4	-
5 - 10	0,5	0,4	0,1
9 - 10	0,4	0,4	-
10 - 11	0,5	0,4	0,1
1 - 20	0,5	0,4	-
3 - 20	0,4	0,4	-
3 - 15	1,2	0,4	0,7
15 - 16	1,0	0,4	0,6
16 - 17	1,1	0,4	0,6
16 - 7	0,4	0,4	-
8 - 17	0,4	0,4	- 0,1
11 - 12	0,4	0,4	-
11 - 13	0,4	0,4	-
12 - 13	0,4	0,4	-
11 - 18	0,4	0,4	-
12 - 19	0,4	0,4	-
18 - 19	0,4	0,4	-
8 - 18	0,4	0,4	-

Tabella 94 – Tabella conclusive delle variazioni dei livelli di rumore tra gli scenari di riferimento (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Per quanto riguarda le attività interne all'area dello studio Terminal Ro-Ro, sono state effettuate le simulazioni acustiche tenendo conto delle sorgenti portuali e delle sorgenti della rete viaria così come di seguito indicate.

#### Periodo diurno

Area portuale:

- 8 transiti di navi cargo (4 in ingresso e 4 in uscita) distribuiti sulle 3 banchine di ormeggio.
- 4 stazionamenti della durata di 480 minuti.



- Movimentazione di 20 mezzi pesanti orari nell'area e sulla viabilità di accesso all'area (ex SS 195).

Area esterna:

- Flusso veicolare su SS 195.
- Flusso veicolare su viabilità locale (villaggio pescatori).

#### Periodo notturno

Area portuale:

- 4 stazionamenti della durata di 480 minuti.
- Movimentazione di 4 mezzi pesanti orari nell'area e sulla viabilità di accesso all'area (ex SS 195).

Area esterna:

- Flusso veicolare su SS 195.
- Flusso veicolare su viabilità locale (villaggio pescatori).

I ricettori che possono considerarsi potenzialmente oggetto di disturbo sono 2:

- la chiesa di S. Efisio, posta a circa 500 metri dall'area a nord-est di essa, al termine della strada per il villaggio dei pescatori;
- il nucleo residenziale posto a circa 800 metri dall'area a sud-ovest di essa, lungo la viabilità di accesso (ex SS 195).

I valori di riferimento acustico riguardano la classe IV per la chiesa di S. Efisio e la classe III per il nucleo residenziale a cui corrispondono rispettivamente 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni e 60 dB(A) diurni e 50 dB(A) notturni.

Su entrambi i ricettori sopra citati si evincono valori di circa 52 decibel diurni e 51 dB(A) notturni per la chiesa di S. Efisio e 46 dB(A) notturni per la residenza.

In tale situazione, quindi, si conferma la compatibilità del progetto sotto il profilo acustico in riferimento al territorio interessato.

---



### 12.3.2 Gasdotto SGI

Il Regolamento Acustico Comunale prevede una specifica sezione normativa per i Cantieri Edili o Stradali. Per tali cantieri il Regolamento indica che le attività interessate da questa regolamentazione comprendono i cantieri stradali o edili eventualmente associati alla realizzazione di opere per le quali è richiesta la Valutazione d'Impatto Acustico Ambientale ai sensi dell'Art.8 della Legge N. 447 del 26 Ottobre 1995.

Ai sensi dell'Art. 6 della Legge n. 447 del 26 ottobre 1995, le attività sopra elencate possono essere svolte richiedendo un'autorizzazione in deroga ai limiti acustici.

La deroga autorizza al superamento temporaneo dei limiti stabiliti dalla zonizzazione acustica nel rispetto di tutte le condizioni stabilite nella stessa per le sorgenti sonore, ma non esime il richiedente dal possesso delle altre autorizzazioni eventualmente necessarie allo svolgimento delle attività.

L'immissione massima autorizzabile in deroga per le attività di cantiere, espressa come livello equivalente ponderato A riferito ad un Tempo di Misura (Tm) 10 minuti, misurata sulla facciata dell'abitazione più esposta (ad 1 m dalla stessa), negli intervalli orari in cui sono consentite le lavorazioni, deve essere compreso entro i 70,0 dB(A).

Dal punto di vista dei cicli di lavorazione, con riferimento alle tempistiche previste per le singole fasi di lavoro, sulla base dell'esperienza relativa a progetti simili è stata stimata la tempistica durante la quale un singolo ricettore potrà essere interferito dalle attività di cantiere. Per avanzamento di circa 1 km di linea:

- apertura della pista: tempo di interferenza inferiore alla settimana;
- sfilamento tubi e saldatura: tempo di interferenza di circa una settimana;
- scavo trincea e posa condotta: tempo di interferenza inferiore alle due settimane;
- collaudi e messa a gas: tempo di interferenza di circa una settimana;
- rinterro e ripristini morfologici: tempo di interferenza inferiore alle due settimane.

Per quanto riguarda la realizzazione di attraversamenti con tecniche trenchless e la realizzazione degli impianti fuori terra, sono previste tempistiche di circa 2-3 mesi per ogni intervento.

La produzione di emissioni sonore in fase di cantiere sarà connessa essenzialmente all'impiego usuale di macchine meccaniche utilizzate per lo scavo della trincea e la realizzazione di attraversamenti, per la saldatura dei tubi e per la costruzione degli impianti di linea.

Nella seguente tabella sono presentate le caratteristiche di potenza e di rumorosità dei macchinari che si prevede di impiegare durante le fasi di cantiere, unitamente al numero di mezzi previsto. Tali dati sono stati ricavati con riferimento sia a quanto indicato nelle tabelle del rumore per l'industria edilizia redatte dall'Istituto Nazionale Svizzero Assicurazione Infortuni (INSAI, 2009), sia a dati tipici per mezzi di cantiere impiegati in analoghe tipologie di opere.

No. Fase	Descrizione Fase	Mezzi Impiegati per	Potenza[kW]	LW [dBA]	No. mezz	
1	Apertura della pista	Pala Gommata	110	105	1	
		Minipala Cingolata	80	96	1	
		Escavatore Cingolato	110	105	1	
		Autocarro	190	101	1	
2	Sfilamento Tubi e Saldatura	Autoqru	200	91	1	
		Pipewelder	50	106	1	
		Motosaldatrice	15	96	1	
		Curvatubi	15	96	1	
		Escavatore Cingolato	110	105	1	
		Sideboom	290	101	6	
		Autoqru	200	91	1	
		Autocarro	190	101	1	
		Pullmino	110	88	1	
		Fuoristrada	110	88	2	
		Pipewelder	50	106	1	
		Motosaldatrice	15	96	1	
		Escavatore Cingolato	110	105	1	
		Trivella spingitubo/ T.O.C.	<i>Sonda trivellatrice o trivella</i>	(1)	106	1
			<i>Generatore (Unità di produzione energia)</i>	1.000	100	1
			<i>Pompe fanghi alta pressione</i>	( 1)	101	2
			<i>Vasca produzione fanghi/vibrovaqli</i>	(1)	101	2
5	Realizzazione impianti (opere civili e meccaniche)	Minipala Cingolata	80	96	1	
		Escavatore Cingolato	110	105	2	
		Autocarro	90	91	1	
		Autocarro	190	101	1	
		Motosaldatrice	15	96	1	
6	Collaudi e messa a gas	Autoqru	200	91	1	
		Gruooo elettroqeno	20	100	1	
		Motocompressore	30	101	1	
7	Rinterro e ripristini morfologici	Pala Gommata	110	105	1	
		Minipala Cingolata	80	96	1	
		Escavatore Cingolato	110	105	2	
		Autocarro	190	101	1	

Tabella 95 – Emissioni sonore, mezzo e machine di cantiere (Fonte: “S.I.A. – Sistema trasporto gas naturale Sardegna – Sezione centro-sud” – D’Appolonia-S.G.I.).



In condizioni di normale esercizio le apparecchiature comporteranno emissioni di rumore estremamente contenute, con livelli di pressione sonora ad 1 m dagli impianti inferiori ai valori limite di applicabilità del criterio differenziale stabiliti dal DPCM del 14 Novembre 1997. Non sono inoltre associati traffici veicolari alla presenza degli impianti di linea.

Nell'analisi di una potenziale e peggiorativa sovrapposizione temporale della fase realizzativa delle tre opere in progetto nell'area del Porto Canale di Cagliari, queste potranno comportare un'alterazione del clima acustico della zona portuale.

L'eventuale sovrapposizione delle attività di cantiere, ad ogni modo, potrà avere una durata massima stimata in circa 12 mesi. Pertanto, in relazione alla durata della fase di cantiere, alle valutazioni condotte per i singoli progetti ed alla tipologia di area interessata dalle opere (area industriale e portuale), si può ipotizzare che l'impatto sulla componente per tale fase sia non critico.

Si può inoltre ritenere che, alla luce della tipologia di area interessata (industriale-portuale), l'impatto cumulativo sulla componente durante la fase di esercizio dei progetti considerati non sia significativo.

## **12.4 Occupazione di suolo**

### **12.4.1 Terminal Ro Ro**

#### *Fase di cantiere*

I possibili impatti determinati dalle interferenze associate alla fase di realizzazione dell'Opera sono stati analizzati attribuendo loro un grado di rilevanza, stimato in base all'ipotesi che essi causino la maggior pressione sull'ambiente in assenza di interventi di mitigazione. In funzione della fase di lavorazione, sono state individuate le categorie di interferenze associate all'alterazione della circolazione idrica sotterranea ed alla contaminazione dei suoli e dei sedimenti marini. La tabella seguente riporta in sintesi la stima dei possibili impatti e il relativo grado di rilevanza.

AZIONE	CATEGORIA DI INTERFERENZA	POSSIBILI IMPATTI	GRADO DI RILEVANZA
Abbassamento fondale a quota di progetto (-10 m)	Alterazione della circolazione idrica sotterranea	Interferenza con la falda sotterranea e intrusione salina	Trascurabile
Riempimento delle casse di colmata esistenti	Alterazione della circolazione idrica sotterranea	Salinizzazione della falda sotterranea	medio
Avanzamento riva per nuovi piazzali e banchine (briccole di accosto, Impianti e arredi, piazzali)	Occupazione di suolo	Alterazione delle condizioni pedologiche	Trascurabile
Adeguamento ex SS 195	Occupazione di suolo	Alterazione dell'assetto pedologico.	Basso
Canale di scolo acque de-watering (deviazione)	Occupazione di suolo	Alterazione dell'assetto pedologico.	Trascurabile

Tabella 96 – Individuazione delle interferenze e dei possibili impatti in fase di cantiere (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

L'attività di dragaggio del fondale al fine di abbassare il livello dello stesso, comporta l'asportazione dei sedimenti limosi e sabbiosi senza determinare interferenze con la roccia in posto e eventuali bacini sottostanti presenti; per tale ragione, l'interazione rispetto a tale contesto, è giudicata trascurabile.

Il fenomeno dell'intrusione salina è sempre presente nelle aree costiere, dove la falda di acqua dolce "galleggia" su quella di acqua salata. L'equilibrio dell'interfaccia del cosiddetto cuneo salino è spesso di tipo instabile, in funzione soprattutto del regime della falda di acqua dolce. L'immissione del materiale di dragaggio nelle casse di colmata (miscuglio di limo, sabbia e acqua, marina), potrebbe determinare ulteriori infiltrazioni in falda di acqua salata alterando la concentrazione di cloruri. Tale impatto si stima medio in funzione della transitorietà della pressione: la quantità di acqua determinante tale permeazione è legata a un'immissione definita e limitata in senso e, quindi, quantitativo.

Il possibile impatto costituito dalle alterazioni pedologiche in fase di cantiere per l'azione di avanzamento della linea di riva, riguarda l'occupazione transitoria di ambito completamente ricadenti all'interno del Porto Canale. Data la natura fortemente antropizzata del contesto e la sua destinazione, non si ritiene che sussistano elementi di criticità.

Gli interventi di adeguamento della SS 195 riguardano una porzione del tracciato e comportano l'asfaltatura del tratto che attualmente risulta dismesso. Tale intervento si inserisce in un contesto modificato e impoverito in termini pedologici, e determina la

sistemazione di una viabilità esistente. In base alla tipologia di intervento si giudica di bassa rilevanza la variazione dell'assetto del suolo relativo alle lavorazioni.

L'intervento relativo alla deviazione del canale di scolo delle acque di de-watering si ipotizza che possa avere un grado di rilevanza trascurabile dato che presenta caratteri di transitorietà e si inserisce in un contesto relativo alle casse di colmata esistenti: la natura dell'intervento, la sua temporaneità e l'oggetto di natura artificiale interessato, non consentono di individuare elementi di interferenza rilevanti.

### *Fase di esercizio*

In seguito all'analisi delle caratteristiche dell'intervento del progetto Terminal Ro-Ro è stato considerato, in fase di realizzazione dello SIA, che le tipologie di interferenze riguardassero la circolazione idrica sotterranea, la qualità dei suoli e dei sedimenti marini e le dinamiche di trasporto solido di questi ultimi. La tabella seguente riporta in sintesi la stima dei possibili impatti ed il relativo grado di rilevanza.

AZIONI	CATEGORIA DI INTERFERENZA	POSSIBILI IMPATTI	GRADO DI RILEVANZA
Riempimento delle casse di colmata esistenti	Apporto materiale	Variazione caratteristiche materiale	Basso

Tabella 97 – Individuazione delle interferenze e della rilevanza dei possibili impatti in fase di esercizio (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Le variazioni delle caratteristiche del materiale costituente le casse di colmata esistenti, è stato considerato basso dato che tali sistemi risultano già in essere e di tipo artificiale. La perturbazione dello stato attuale, consiste nell'apporto di nuovo materiale proveniente dalle attività di dragaggio, ossia un miscuglio di sedimento e acqua marina; tale contributo interviene a livello quantitativo rispetto a quanto presente; a livello qualitativo, in base alle attività di caratterizzazione dei sedimenti in corso di svolgimento, verrà effettuata la bonifica qualora necessario, in modo da non contaminare le casse di colmata nel caso si riscontrasse un inquinamento dei sedimenti dragati.

### **12.4.2 Gasdotto SGI**

La Bretella Cagliari (TR11) ha origine nel Terminale di ingresso di Cagliari, ubicato all'interno dell'area industriale di Macchiareddu, in Comune di Assemini. Il breve tronco di gasdotto con direzione all'incirca SO percorre un'area pianeggiante tra il bordo meridionale dell'area industriale di Macchiareddu e le saline dello Stagno costiero di S.



Gilla. Dopo un triplice attraversamento, nell'ordine, di un fascio tubiero fuori terra appartenente a Syndial/Enichem, della SP n.13 e, infine, di un canale rivestito, la tubatura costeggia un impianto industriale della ditta Heineken, tenendosi sempre a nord del confine di proprietà, fino a porsi in parallelismo con una strada vicinale lungo il cui bordo settentrionale, in località Su Pranu de Assemini, sono installate diverse pale eoliche, e raggiungere il PIDI No. 2 di Macchiareddu. Il tracciato si sviluppa sempre con quote comprese tra circa 20-30 metri sul livello medio del mare.

Anche l'allacciamento Cagliari – Macchiareddu (TR12) ha origine nel Terminale di ingresso di Cagliari, ma il tracciato si indirizza verso NO costeggiando la suddetta provinciale in località Tancamossa per poi riattraversarla e deviare verso SO per raggiungere il punto di consegna del Terminal GNL.

In tutti questi brevi tratti la geologia affiorante è costituita soltanto da due litotipi: i depositi alluvionali terrazzati bna, costituiti da ghiaie con subordinate sabbie, interessano tutto il TR12 e il TR11 fino a poco dopo il triplice attraversamento, oltre il quale affiora la facies ghiaiosa del Subsistema di Portoscuso PVM2a che permane fino al PIDI No. 2.

Ai fini caratterizzare le aree interessate dal metanodotto nella tabella seguente si riportano le categorie di uso suolo presenti lungo il metanodotto dedotte dall'analisi GIS dei dati, dettagliando le informazioni per i diversi tronchi in progetto.



Uso del Suolo Primo Livello	Uso del Suolo Secondo Livello	Tronco TR05	Tronco TR06	Tronco TR07	Tronco TR08	Tronco TR09	Tronco TR10	Tronco TR11	Tronco TR12	TOTALE
1. Superfici Artificiali	1.1 Zone urbanizzate di tipo residenziale	0,0%	0,8%	0,2%	0,4%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%
	1.2 Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	0,5%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	0,2%	0,0%	8,8%	0,2%
	1.3 Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%	0,0%	19,0%	0,6%
	<b>TOTALE: Superfici Artificiali</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,3%</b>	<b>2,9%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,0%</b>	<b>27,8%</b>	<b>1,0%</b>
2. Superfici Agricole Utilizzate	2.1 Seminativi	71,2%	62,6%	82,3%	76,5%	80,9%	72,6%	39,7%	64,0%	77,8%
	2.2 Colture permanenti	0,7%	12,7%	6,0%	9,2%	2,6%	17,5%	0,0%	0,0%	6,3%
	2.3 Prati stabili (foraggiere permanenti)	8,6%	0,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%
2.4 Zone agricole eterogenee		3,3%	16,1%	1,4%	5,1%	3,1%	8,1%	0,0%	0,0%	3,4%
	<b>TOTALE Superfici Agricole utilizzate</b>	<b>83,7%</b>	<b>91,9%</b>	<b>90,2%</b>	<b>90,8%</b>	<b>86,6%</b>	<b>98,2%</b>	<b>39,7%</b>	<b>64,0%</b>	<b>88,3%</b>
3. Territori boscati e ambienti semi-naturali	3.1 Zone boscate	9,5%	0,0%	5,4%	2,3%	7,5%	0,7%	60,3%	8,1%	6,4%
	3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	3,3%	7,3%	3,9%	3,3%	5,9%	0,6%	0,0%	0,0%	3,9%
	3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
	<b>TOTALE Territori boscati e ambienti semi-naturali</b>	<b>12,8%</b>	<b>7,3%</b>	<b>9,3%</b>	<b>6,0%</b>	<b>13,4%</b>	<b>1,3%</b>	<b>60,3%</b>	<b>8,1%</b>	<b>10,4%</b>
4. Zone Umide	4.1 Zone umide interne	3,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
	<b>TOTALE Zone Umide</b>	<b>3,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,3%</b>
5. Corpi Idrici	5.1 Acque continentali	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
	<b>TOTALE Corpi Idrici</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>

Tabella 98 – Categorie di uso del suolo lungo il tracciato del metanodotto SCI. In evidenza il tratto prossimo al Terminal GNL (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – I° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).



Per quanto riguarda i Tronchi 11 e 12 (Bretella Cagliari e Allacciamento Cagliari Macchiareddu) i boschi (categoria 3.1 Zone boscate) sono interessati dal metanodotto rispettivamente per il 60,3% (Tronco TR11) e l'8,3% (Tronco TR12), non rappresentano aree naturali ma sono costituite dalle barriere di eucalipti piantumate intorno all'area industriale di Macchiareddu.

Come evidente anche nelle Tavole le aree intorno a Cagliari, interessate dai Tronchi TR08 (Dorsale Sud) e dal Tronco TR12 (Allacciamento Cagliari Macchiareddu) mostrano una maggiore urbanizzazione del territorio, con rispettivamente circa il 3% e 28% di Superfici Artificiali.

Si prevede che la realizzazione delle tre opere in progetto non possa avere un impatto cumulativo significativo relativamente all'occupazione di suolo.

## **12.5 Produzione di rifiuti**

### **12.5.1 Produzione di rifiuti in fase di cantiere**

Durante le fasi di cantiere, per tutti i progetti in esame, saranno generalmente prodotti rifiuti connessi alla presenza del personale e rifiuti da imballaggi e da elementi di scarto delle lavorazioni.

Questi saranno gestiti in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente, privilegiando, ove possibile, il riutilizzo dei materiali.

Per il progetto del gasdotto SGI le terre e rocce da scavo saranno per quanto possibile riutilizzate nel rinterro dei cavi, compatibilmente con le caratteristiche chimiche e ambientali dei terreni. I quantitativi in eccedenza, saranno conferiti in discarica o a idoneo impianto di trattamento.

Per il progetto del Terminal Ro-Ro i quantitativi di terre e rocce da scavo destinati a discarica non risultano significativi anche alla luce bilancio in negativo dei movimenti terre.

Non si ritiene pertanto che l'impatto cumulativo dovuto a tale incremento sia significativo.

### **12.5.2 Produzione di rifiuti in fase di esercizio**

Per tutti i progetti esaminati, in fase di esercizio, i rifiuti saranno principalmente quelli prodotti dal personale e dalle attività di manutenzione.



Non si ritiene che, sia per quantità che per tipologia, i rifiuti prodotti possano modificare il bilancio a livello provinciale o comunale. L'impatto cumulativo in fase di esercizio delle tre opere in progetto è pertanto ritenuto non significativo.

## 12.6 Paesaggio

### 12.6.1 Terminal Ro Ro

Il progetto comprende opere a terra e a mare da realizzarsi nella colmata ovest del porto canale di Cagliari, con l'avanzamento di circa 150 m dell'attuale linea di riva. Verranno, infatti, realizzati una serie di denti d'attracco destinati alle navi Ro. Ro. Per il traffico merci, mentre la componente mista di tale modo di trasporto, merci e passeggeri, avrà la sua specifica destinazione nei nuovi sporgenti, di prossima realizzazione, nei Moli Sabauda e Rinascita del Porto Vecchio.

Le aree del Porto Canale coprono una superficie complessiva di oltre 500 ettari, di cui la maggior parte attualmente intonsa, sebbene il suolo sia di origine artificiale. Il Porto Canale vero e proprio si estende per oltre 1.600 metri di lunghezza e offre, attualmente, cinque accosti per traffico *transshipment* e Ro-Ro, ai quali si affiancano gli accosti Petrochimici-Petroliiferi che ospitano attracchi per diciassette navi.

Le aree agricole periurbane rilevano spesso situazioni di degrado, accanto alle sporadiche coltivazioni arboree si evidenziano usi impropri legati all'abbandono di rifiuti e all'accantonamento di varie tipologie di materiali. La stessa criticità si evince anche per gli spazi verdi delle periferie urbane, colonizzate da specie erbacee spontanee, che divengono zone di degrado.

La funzione agricola è svolta nel retroterra dove si riconoscono i sistemi agricoli del basso Campidano.

L'area di colmata esistente, adiacente all'area di intervento del Terminal Ro-Ro, attualmente è priva di viabilità interna. La zona di intervento confina con la vecchia statale (ex SS 195) interrotta, ed è raggiungibile o da percorsi interni all'area delle casse di colmata del Porto industriale, o dalla nuova SS. 195, immettendosi poi nel tratto della ex SS 195.

Per quanto riguarda l'accessibilità e le connessioni del nuovo terminal container nell'area del Porto Canale, come definito nel PRP, saranno fondamentali il collegamento stradale interno al Porto Canale, previsto anch'esso dal PRP, e l'efficacia dei collegamenti con la viabilità esterna. I

I punti ed i percorsi panoramici dai quali l'area di intervento è più visibile sono quelli presenti nel quartiere Castello:

- Torre S. Pancrazio
- Belvedere S.Croce
- Duomo
- Torre dell'Elefante
- Bastione S.Remy.

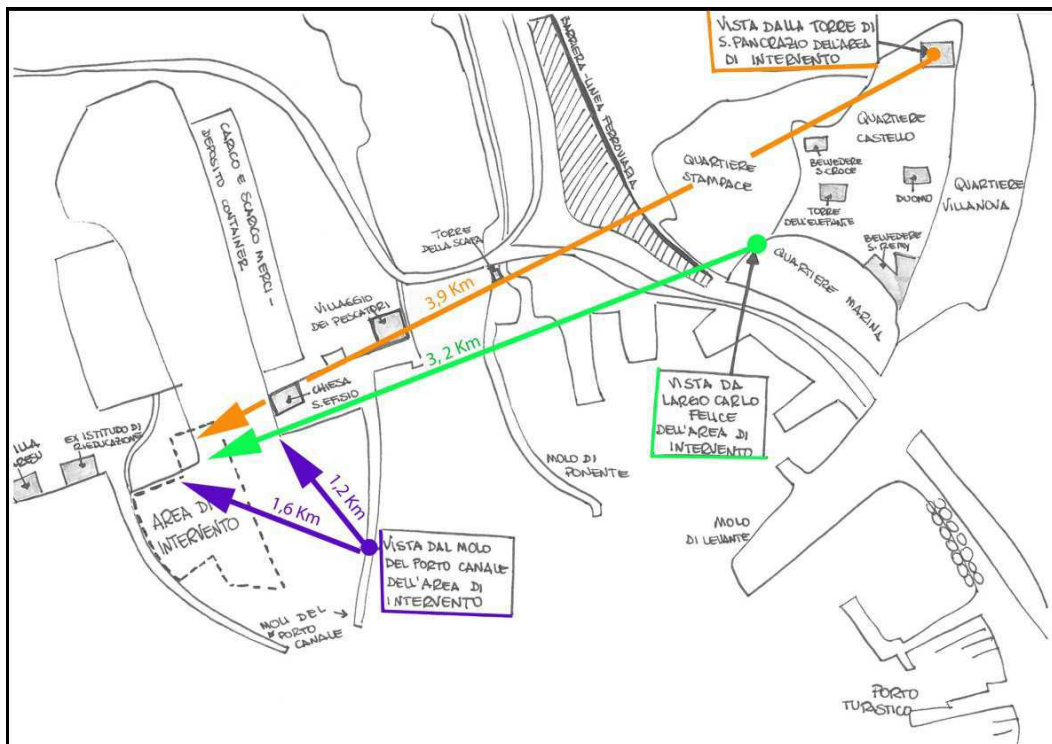


Figura 64 – Sintesi degli ambiti di percezione di interscambiabilità (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).



Figura 65 – Vista dell’area di intervento dalla Torre di San Pancrazio (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).



Figura 66 – Vista dell’area dalla torre dell’elefante (Fonte: S.I.A. – Porto Canale di Cagliari – Terminal Ro-Ro – 1° lotto funzionale VDP s.r.l. - Autorità Portuale).

Le infrastrutture presenti nell’ambito e la localizzazione degli impianti produttivi costituiscono una maglia infrastrutturale che interseca i sistema idrografici di alimentazione delle zone umide costiere sovrapponendosi, con modalità non coerenti, ai processi ambientali. La tendenza alla saldatura dei centri urbani contribuisce a chiudere i residui corridoi ecologici di comunicazione tra le zone umide e i propri bacini di alimentazione, definendo condizioni di "assedio urbano" per gli ecosistemi e gli habitat interclusi. Questi fenomeni stabiliscono condizioni di criticità legate alla perdita dei margini tra la città e le sue matrici ambientali: i riflessi nel paesaggio urbano sono quelli del progressivo degrado delle aree via marginalizzate dall'occupazione urbana dello spazio.

La realizzazione e l’esercizio delle opere proposte determinano modificazioni sullo stato e sui caratteri del contesto in cui si interviene.

In particolare per quanto attiene alle modificazioni della morfologia, è previsto l’avanzamento della linea di riva di circa 150 m, dovuto alla realizzazione di una nuova cassa di colmata, alla realizzazione di 3 banchine con 4 punti di attracco per le navi Ro Ro, i relativi piazzali e arredi. Tale modificazione non altera però lo stato e i caratteri del contesto paesaggistico, in quanto l’intervento comporta una modifica nell’area del Porto

Canale, area quasi completamente artificiale realizzata nel 1977. Inoltre, nella fase di cantierizzazione delle opere sarà presente in mare una draga aspirante per dragare i fondali marini e riempire le casse di colmata esistenti, questa interferirà con il paesaggio solo per un periodo limitato di tempo.

Riguardo le modificazioni dell'assetto percettivo, scenico o panoramico, l'intervento sviluppandosi in piano non crea delle barriere visive dai principali punti panoramici e di inter visibilità.

Ad esempio vista dalla Torre di S.Pancrazio ad una distanza di 3,9 Km l'opera non ostacola la lettura dei principali ambiti di paesaggio e degli elementi di particolare valore naturalistico, paesaggistico e storico-culturale, infatti sono chiaramente percepiti il paesaggio seminaturale delle saline e la spiaggia La Plaja, lo stagno di S.Gilla, il paesaggio antropico della città Capoterra e il paesaggio naturale dei monti di Capoterra.

Le trasformazioni proposte per l'area del Porto Canale hanno il carattere strumentale di spostare il traffico merci dal Porto Vecchio, quindi tale operazione produce effetti positivi per il riassetto dell'intera organizzazione portuale.

Non sono pertanto presenti particolari interferenze anche alla luce del fatto che l'opera va ad inserirsi 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 relativa l'intervento Terminal Ro.Ro. è stata, pertanto, finalizzata alla creazione di una fascia arboreo-arbustiva lungo ambo i lati del tratto della SS 195 oggetto di sistemazione.

## **12.6.2 Gasdotto SGI**

La caratteristica essenziale della Sardegna meridionale è la grande pianura del Campidano, allungata per cento chilometri tra la cupola vulcanica del Montiferru e la collina calcarea di Cagliari.

Si tratta del grande corridoio ambientale (fossa tettonica colmata dalle alluvioni quaternarie) che supporta il paesaggio dell'*openfield* cerealicolo, segnato da un duplice sistema insediativo storico: il grande villaggio accentrato di valle, con vasti territori di





pertinenza, e la rete dei piccoli centri collinari ad est, nella Trexenta e nella Marmilla, che costituiscono la mediazione con i paesaggi della montagna centro orientale.

Considerando che il progetto del gasdotto SGI è composto essenzialmente da condotte interrato e che il progetto del Terminal Ro-Ro è previsto all'interno di aree già ad uso portuale, non si prevede che l'eventuale realizzazione delle tre opere in progetto possa avere un impatto cumulativo significativo da un punto di vista del paesaggio. Non si prevedono impatti cumulativi con le opere previste in progetto dal punto di vista paesaggistico.

## ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione (Rif. Elab. D\_12\_IA\_06\_AMB\_R00), sono:

- Inquadramento generale nel porto di Cagliari
- Matrice causa-condizione-effetto
- Mappa isoconcentrazioni NO<sub>2</sub> – Normale esercizio
- Mappa aree naturali protette, parchi e oasi faunistiche
- Mappa SIC e ZPS
- Mappa IBA e RAMSAR
- Mappa isoconcentrazioni CO – Normale esercizio
- Mappa isoconcentrazioni PM<sub>10</sub> – Normale esercizio
- Mappa isoconcentrazioni SO<sub>2</sub> – Normale esercizio
- Idrografia superficiale
- Piano Paesaggistico Regionale – Assetto Insediativo
- Piano Paesaggistico Regionale – Assetto Storico-Culturale
- Piano Paesaggistico Regionale – Assetto Ambientale
- Stralcio carta geomorfologica
- Stralcio carta geolitologica
- Stralcio carta idrogeologica
- Stralcio carta uso del suolo
- Planimetria emissioni sonore in assenza di rumore residuo
- Carta della vegetazione
- Carta delle componenti insediative ed ambientali
- Fotoinserimenti