



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA
- BANCHINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



Condotte S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



**PIACENTINI
COSTRUZIONI** spa



Cosedil spa

(MANDANTI)

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO

3						
2						
1	070315	PRIMA REVISIONE		F. GIORDANO	F. GIORDANO	F. GIORDANO
0	081114	PRIMA EMISSIONE		F. GIORDANO	F. GIORDANO	F. GIORDANO
REV.	DATA	EMISSIONE		RED.	VER.	APPR.
PROGETTO 1 0 7 3		OPERA G E 0 0	TIPO ELAB. C	N° ELAB. 0 1 5	REV. B	SCALA:

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GENERALE DEL PROGETTO ESECUTIVO

Relazione integrativa - Parte 3

Allegati documentali B

PROGETTAZIONE:

INCO



(MANDATARIA)



SIGMA INGEGNERIA s.r.l.
Via della Libertà, 201/A
90143 PALERMO
Tel. 091/8254742 - Fax 091/307909
C.F. e P.IVA 02639310826
e-mail: sigmaingsrl@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Geom. Venerando Toscano

Indice:

- ALLEGATO 35** Progetto Preliminare di Bonifica della Rada di Augusta inclusa nel sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo – Fase I e II
- ALLEGATO 36** Autorità Portuale di Augusta – Piano Regolatore del Porto di Augusta – Progetto preliminare di bonifica della rada di Augusta FASE I – Marzo 2006 (rif. Icram doc. #Bol-Pr-Si-P.030.03)
- ALLEGATO 37** Protocollo Generale per l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione e di collaudo degli interventi di Bonifica dei siti contaminati da parte dei soggetti obbligati, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'accordo di programma per il sito di interesse nazionale (SIN) "PRIOLO" – Arpa, Ispra e ISS - 2009
- ALLEGATO 38** Matrice di Ottemperanza alle prescrizioni del Decreto V.I.A. N. 244/2007 del progetto posto a base di gara
- ALLEGATO 39** Manuale del Sistema di Gestione integrato Salute, Sicurezza e Ambiente della Società Italiana per Condotte d'acqua S.p.A.
- ALLEGATO 40** Megara Iblea S.c.a.r.l. – Sistema di Gestione, Salute, Sicurezza, Ambiente – Pianificazione e coordinamento – Gestione Emergenze – Cdc 9112
- ALLEGATO 41** Megara Iblea S.c.a.r.l. – Prot. n. 96 del 24/07/2014 – Trasmissione Piano di Gestione Emergenze Sversamenti Accidentali
- ALLEGATO 42** A.R.P.A. Sicilia ST Siracusa – Prot. n. 816 del 09/01/2015 – Validazione dei dati analitici dei sedimenti marini
- ALLEGATO 43** A.R.P.A. Sicilia ST Siracusa – Prot. n. 1849 del 14/01/2015 – Validazione dei dati analitici relativi alle indagini ambientali
- ALLEGATO 44** A.R.P.A. Sicilia ST Siracusa – Prot. n. 3861 del 23/01/2015 – Conferenza dei servizi per chiusura del procedimento
- ALLEGATO 45** Tavolo Tecnico del 11.02.2015 convocato dall'Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità – Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti
- ALLEGATO 46** Megara Iblea S.c.a.r.l. – Prot. n. 26 del 17/02/2015 – Indagini Archeologiche Subacquee – Trasmissione Relazione fine attività
- ALLEGATO 47** Nota prot. n. 401 del 05.03.2015 della Soprintendenza del Mare
- ALLEGATO 48** Relazione sulle attività di monitoraggio biologico ante operam

ALLEGATO 35 Progetto Preliminare di Bonifica della Rada di Augusta inclusa nel sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo – Fase I e II



ICRAM

ISTITUTO CENTRALE PER LA RICERCA
SCIENTIFICA E TECNOLOGICA APPLICATA AL MARE

**PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA
DELLA RADA DI AUGUSTA
INCLUSA NEL SITO DI BONIFICA DI INTERESSE NAZIONALE DI PRIOLO
FASE I E II**

ELABORAZIONE DEFINITIVA

Giugno 2008

BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22



**PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA DELLA RADA DI AUGUSTA
INCLUSA NEL SITO DI BONIFICA DI INTERESSE NAZIONALE
DI PRIOLO – FASE I E II – ELABORAZIONE DEFINITIVA**

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	9
3	INQUADRAMENTO AMBIENTALE	11
3.1	GEOLOGIA DELL'AREA.....	15
3.2	IDROGEOLOGIA DELL'AREA	15
3.3	SEDIMENTOLOGIA DELL'AREA	15
3.4	IDRODINAMICA ED OCEANOGRAFIA DELL'AREA.....	19
3.4.1	<i>Anemometria</i>	<i>19</i>
3.4.2	<i>Variazioni del livello medio del mare</i>	<i>21</i>
3.4.3	<i>Moto ondoso.....</i>	<i>22</i>
3.4.4	<i>Correnti.....</i>	<i>27</i>
3.4.5	<i>Caratteristiche oceanografiche della colonna d'acqua.....</i>	<i>30</i>
3.5	USO DELL'AREA PORTUALE.....	33
4	ATTIVITA' DI CARATTERIZZAZIONE.....	35
4.1	INDAGINI GEOFISICHE	36
4.2	RILIEVI PER L'INDIVIDUAZIONE DI ORDIGNI BELLICI.....	37
4.3	ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEL COMPARTO SEDIMENTI.....	42
4.3.1	<i>Attività relative alla Fase I (doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-03.03).....</i>	<i>42</i>
4.3.2	<i>Attività relative alla Fase II (doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-05.02).....</i>	<i>47</i>
4.3.3	<i>Indagini integrative eseguite da ICRAM: i carotaggi "in continuo".....</i>	<i>51</i>
4.4	ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE SUL COMPARTO BIOTICO	52
5	CRITERI E METODI PER LA VALUTAZIONE E L'ELABORAZIONE DEI RISULTATI	55
5.1	VALORI DI CONCENTRAZIONE DI RIFERIMENTO DELL'AREA	55
5.2	METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI DI CARATTERIZZAZIONE E DI STIMA DEI VOLUMI	60
5.2.1	<i>Determinazione dello spessore della coltre sedimentaria incoerente.....</i>	<i>63</i>
5.2.2	<i>Stima delle concentrazioni (Block kriging)</i>	<i>67</i>
5.2.3	<i>Stima delle frazioni granulometriche (Block Co-kriging).....</i>	<i>67</i>
6	RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE: VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ.....	68
6.1	RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE	68
6.1.1	<i>Rilievo batimetrico.....</i>	<i>68</i>
6.1.2	<i>Stima dello spessore della coltre sedimentaria incoerente</i>	<i>70</i>
6.1.3	<i>Osservazioni sulle caratteristiche morfo-batimetriche della Rada.....</i>	<i>72</i>
6.1.4	<i>Criteri per l'individuazione di aree con caratteristiche omogenee</i>	<i>86</i>
6.2	RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI	91
6.2.1	<i>Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti</i>	<i>92</i>
6.2.2	<i>Risultati delle indagini chimiche effettuate sui sedimenti</i>	<i>95</i>
6.2.3	<i>Risultati delle indagini microbiologiche effettuate sui sedimenti</i>	<i>133</i>



6.2.4	<i>Risultati delle indagini sulle "carote in continuo"</i>	133
6.2.5	<i>Risultati delle indagini ecotossicologiche sui sedimenti</i>	139
6.2.6	<i>Risultati analitici del biota</i>	142
7	ELABORAZIONE DEI RISULTATI AI FINI DELLA BONIFICA: IL CALCOLO DEI VOLUMI DI SEDIMENTO CONTAMINATO	146
7.1	OSSERVAZIONI SULLO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE RICONTRATO	146
7.2	ELABORAZIONE COMPLESSIVA DELLA CONTAMINAZIONE RICONTRATA: IL CALCOLO DEI VOLUMI DI SEDIMENTO CONTAMINATO	148
8	ANALISI DELLE OPZIONI DI GESTIONE ATTUABILI	154
8.1	POSSIBILI SCENARI DI INTERVENTO	163
8.1.1	<i>Ipotesi di intervento</i>	164
8.1.2	<i>Ipotesi di intervento prioritario</i>	169
8.1.3	<i>Bonifica e sviluppo portuale</i>	172
8.1.4	<i>Osservazioni sulla contaminazione residua</i>	174
ALLEGATO 1		
Schema dei costi per l'attuazione dell'ipotesi di bonifica mediante rimozione dei sedimenti delle aree viola e rosse		
APPENDICE A		
Tecnologie applicabili per la bonifica		
APPENDICE B		
Relazione tecnica ICRAM "Attività di caratterizzazione di aree marine contermini i pontili in concessione demaniale a società private per l'esecuzione di attività petrolchimiche all'interno della Rada di Augusta - Sito di Interesse Nazionale di Priolo"		



1 INTRODUZIONE

Il Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera prospiciente il sito di interesse nazionale di Priolo (doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-02.04), redatto da ICRAM nel Novembre 2003 ed approvato senza prescrizioni dalla Conferenza di Servizi decisoria (ex art. 14, comma 2, della legge n. 241/90) del 18 novembre 2003, descrive il piano di caratterizzazione per l'intera area marina perimetrata (Decreto di perimetrazione D.M. 10 gennaio 2000), che si estende dalla Rada di Augusta fino al Porto di Siracusa, con un'estensione verso il largo di circa 3 km e una superficie a mare complessiva di 10.161 ha (Figura 1).

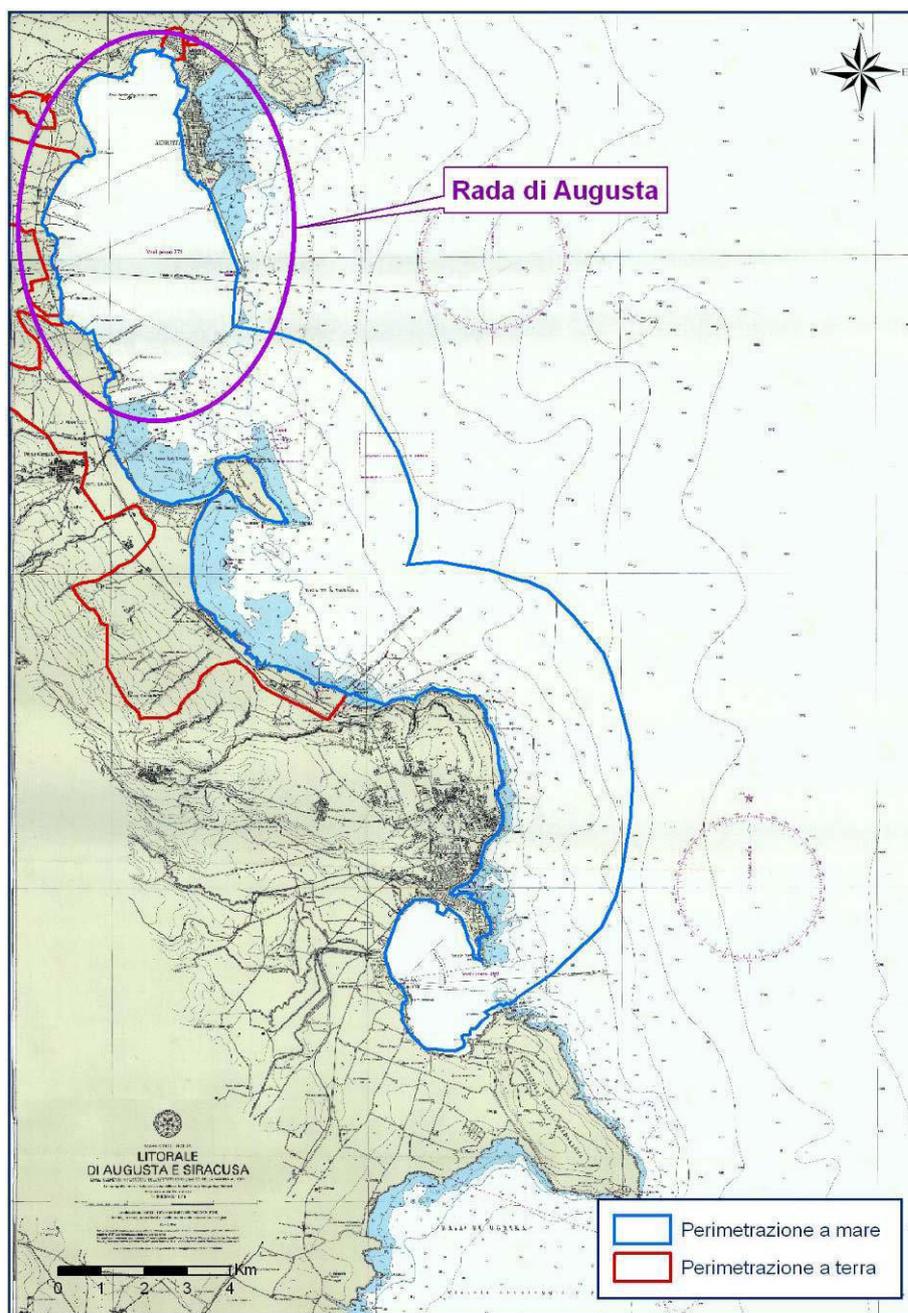


Figura 1: Rada di Augusta nel sito di bonifica di interesse nazionale di Priolo



In considerazione dell'estensione dell'area marina perimetrata all'interno del sito, la cui caratterizzazione richiede un enorme sforzo economico e gestionale, l'intera superficie è stata suddivisa per aree omogenee, per ciascuna delle quali è stata predisposta una specifica strategia di caratterizzazione.

Le aree individuate sono: la Rada di Augusta (Area 1), il tratto costiero del litorale di Priolo che si estende dalla diga foranea della Rada di Augusta fino a Siracusa (Area 2), ed infine il Porto Grande e il Porto Marmoreo di Siracusa (Area 3).

Per tutte le aree individuate, la realizzazione del suddetto piano di caratterizzazione (doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-02.04) prevede due fasi di indagini, una preliminare ed una successiva di approfondimento (fasi I e II).

In particolare, anche per i fondali della Rada di Augusta (Area 1) le attività di caratterizzazione, la cui attuazione è stata affidata dal Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche e la Tutela delle Acque della Regione Siciliana a Sviluppo Italia Aree Produttive (nel seguito: SIAP), hanno previsto due fasi successive di indagine (Figura 2):

- una Fase I, descritta in uno specifico documento "Piano di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta nel sito di interesse nazionale di Priolo" (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-03.03), approvato senza prescrizioni dalla Conferenza di Servizi decisoria del 18 novembre 2003;
- una Fase II, descritta nel "Piano di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta nel sito di interesse nazionale di Priolo - Fase II" (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-05.02), approvato senza prescrizioni dalla Conferenza di Servizi decisoria del 15 dicembre 2005.

Nel dettaglio, la Fase I di caratterizzazione è stata a sua volta eseguita in due stralci successivi:

- I stralcio: caratterizzazione dei sedimenti marini nelle cosiddette "aree prioritarie" e del biota;
- II stralcio: caratterizzazione dei sedimenti marini nell'area marina rimanente, cosiddette "di completamento Fase I".

Infatti, al fine di rendere più rapidi gli interventi di messa in sicurezza nella Rada di Augusta, SIAP aveva individuato (nota prot. n. 546/2004 del 25/08/04), con l'aiuto di ICRAM, due aree potenzialmente più critiche, su cui avviare immediatamente le attività di caratterizzazione previste per la Fase I. Tali aree, definite appunto "aree prioritarie" (Figura 2), consistono in un settore compreso tra la Diga Foranea e il Pontile Esterno e uno più a Nord, compreso tra Punta Cantero e la foce del fiume Marcellino.

I due stralci della Fase I di caratterizzazione sono stati eseguiti rispettivamente nel Febbraio 2005 e Novembre 2005.

I risultati di tali fasi di indagine sono stati trasmessi e resi disponibili da SIAP rispettivamente nel Luglio del 2005 e nel Marzo 2006.

Le attività di caratterizzazione di Fase I sono state eseguite dalla Soc. Coop. Nautilus, limitatamente all'esecuzione dei rilievi batimetrici di dettaglio, del campionamento dei sedimenti e alla caratterizzazione del biota. Le determinazioni analitiche sui sedimenti sono invece state eseguite dal Centro Interuniversitario di Tecnologia e Chimica dell'Ambiente (CITCA).



I risultati del I stralcio della caratterizzazione di Fase I, che di fatto caratterizzano in modo esaustivo le aree prioritarie, hanno evidenziato la presenza nei sedimenti marini di concentrazioni di Mercurio molto elevate e livelli preoccupanti di contaminanti nei tessuti degli organismi marini.

Per tale motivo, non appena ricevuti i risultati del I stralcio di Fase I, ICRAM ha effettuato alcune elaborazioni preliminari, riportate nel documento "Valutazione preliminare dei dati della caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta - aree prioritarie ai fini della messa in sicurezza di emergenza", trasmesso al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con nota prot. n. 6631/05 dell'11 luglio 2005.

Successivamente è stato redatto il documento "Elaborazione e valutazione dei risultati della caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta – Aree prioritarie - ai fini della progettazione degli interventi di messa in sicurezza di emergenza" (rif. doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-01.04), elaborato sulla base dei risultati analitici completi, trasmesso al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con nota prot. n. 7420/05 del 4 agosto 2005.

A conclusione dell'intera Fase I di caratterizzazione, al fine di fornire una prima valutazione della qualità dei fondali della Rada ed una prima stima dei volumi di sedimento da bonificare insieme ad una panoramica dei possibili interventi di bonifica attuabili, è stato predisposto da ICRAM il "Progetto preliminare di bonifica della Rada di Augusta - Fase I - inclusa all'interno della perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Priolo" (rif. doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-02.05), documento trasmesso al Ministero dell'Ambiente per la Tutela del Territorio e del Mare con nota prot. n. 2758/06 del 24 marzo 2006.

I risultati della Fase I di caratterizzazione della Rada di Augusta sono stati utilizzati da ICRAM per aggiornare la strategia originariamente prevista per la fase successiva (Fase II). Tale aggiornamento, come illustrato in Figura 2, ha comportato principalmente un infittimento della caratterizzazione al limite esterno delle aree prioritarie, in cui le concentrazioni dei contaminanti risultavano molto elevate. Tale caratterizzazione, descritta nel documento "Piano di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta nel sito di interesse nazionale di Priolo - Fase II" (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-05.02), è stata eseguita da SIAP nel Giugno-Luglio 2006. I risultati di tale fase d'indagine sono stati trasmessi e resi disponibili da SIAP nell'Aprile 2007.

Le attività di campionamento ed analisi di questa fase sono state eseguite dalla Soc. Coop. SELC.

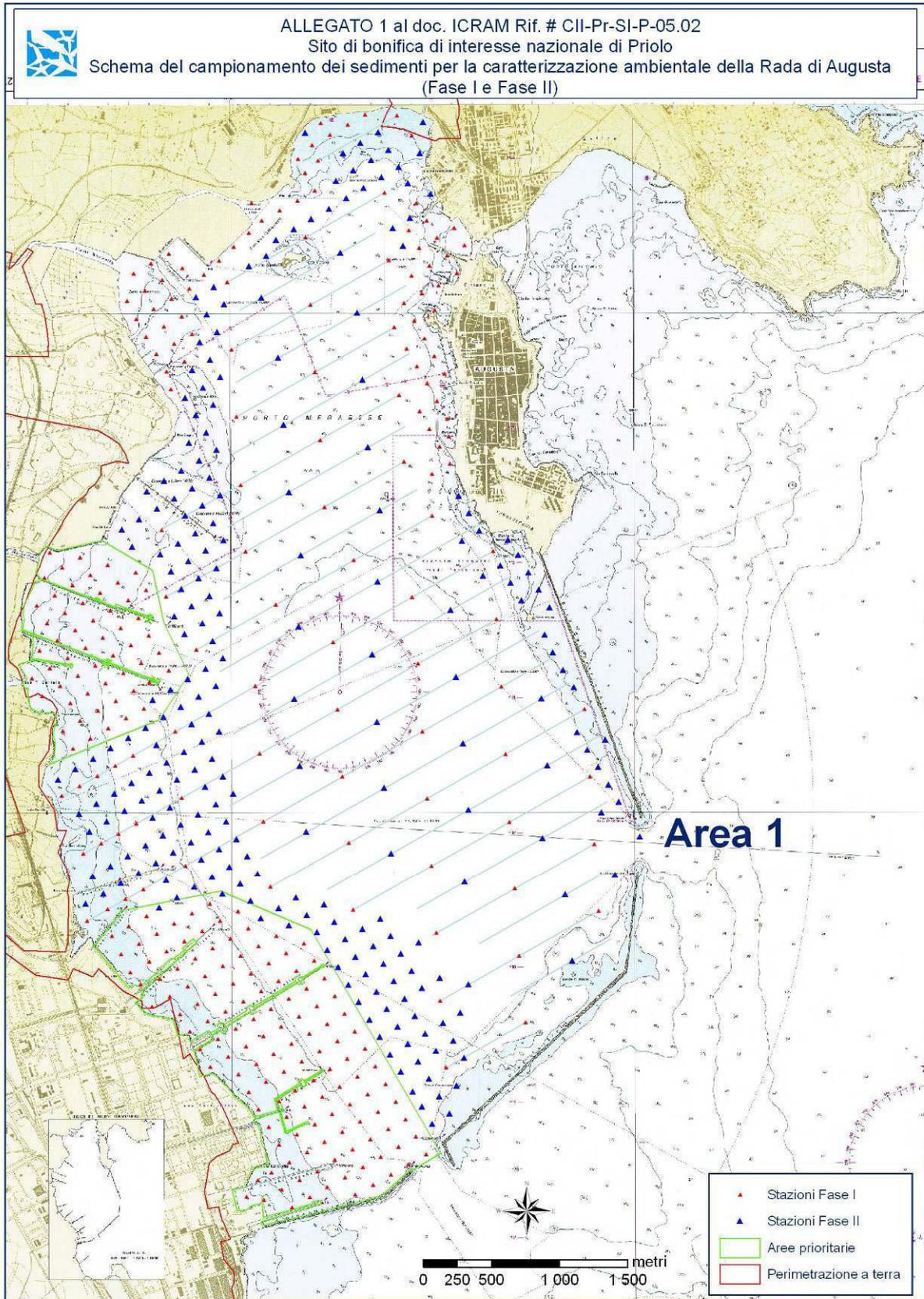


Figura 2: Attività di caratterizzazione previste per i sedimenti della Rada di Augusta



In considerazione della consegna dei risultati inerenti la seconda ed ultima fase di caratterizzazione della Rada di Augusta, il presente documento (doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.20) costituisce l'elaborazione definitiva del Progetto preliminare di bonifica per i fondali della Rada di Augusta e contiene pertanto i risultati emersi nel corso di tutte le fasi di caratterizzazione.

Il presente documento si articola nel seguente modo:

- nel capitolo 2 è sintetizzato il quadro normativo di riferimento;
- nel capitolo 3 è riportato il quadro ambientale della Rada di Augusta;
- successivamente vengono descritte le indagini geofisiche e le attività di campionamento ed analisi dei sedimenti e del biota eseguite in attuazione del piano di caratterizzazione ICRAM relativo alla Fase I (doc. # CII-Pr-SI-P-03.03) e del successivo piano ICRAM relativo alla Fase II (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-SI-P-05.02) (capitolo 4);
- nel capitolo 5 vengono illustrati i metodi utilizzati da ICRAM per la valutazione e l'elaborazione dei risultati;
- viene quindi fornita una valutazione dei risultati delle attività di caratterizzazione e dello stato di qualità complessivo dei fondali della Rada di Augusta, sulla base delle attività di caratterizzazione eseguite nell'area e descritte nel capitolo 4 (capitolo 6);
- successivamente vengono riportati: l'elaborazione complessiva dei dati relativi alle caratteristiche chimico fisiche dei sedimenti dei fondali, il relativo calcolo dei volumi di sedimento da bonificare, le priorità di intervento individuate (capitolo 7);
- viene poi formulata una particolare ipotesi di intervento di bonifica (capitolo 8);
- infine, il capitolo 9 è dedicato alle valutazioni conclusive.

In appendice (Appendice A) viene riportata una panoramica delle tecnologie di bonifica ad oggi esistenti.

In appendice (Appendice B) viene riportata una relazione tecnica ICRAM in cui sono raccolti tutti i risultati delle caratterizzazioni eseguite nelle aree marine contermini i pontili in concessione demaniale a società private per l'esecuzione di attività petrolchimiche all'interno della Rada di Augusta.

Tali risultati, pur non utilizzati nell'elaborazioni di cui al presente Progetto Preliminare di bonifica, confermano per entità ed estensione lo stato di contaminazione riscontrato nel corso delle caratterizzazioni svolte da SIAP per conto del Commissario Delegato per le Bonifiche e la Tutela delle acque della Regione Sicilia.



2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Fin dall'istituzione dei Siti di bonifica di Interesse Nazionale (SIN), la normativa di riferimento per la valutazione dello stato di qualità delle aree marine e lagunari perimetrate al loro interno e per la gestione dei sedimenti contaminati può essere ricondotta ai seguenti documenti:

- D.M. n. 367 del 6 novembre 2003 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio;
- Direttiva Comunitaria 2000/60/CE;
- D.M. 471/99 e, una volta emanato, il D.Lgs. 152/06, specificatamente ai soli fini gestionali.

Il D.M. 367/03 è il Regolamento che definisce per le sostanze pericolose, individuate a livello comunitario, standard di qualità nella matrice acquosa e, per alcune di esse, standard di qualità nei sedimenti delle acque marino-costiere, lagunari e degli stagni costieri. L'accertamento dei superamenti di tali standard nei sedimenti concorre, insieme ad altri fattori, all'individuazione delle misure da intraprendere ai fini della tutela di detti corpi idrici.

In merito alla Direttiva Comunitaria 2000/60/CE (art.4, comma 5) questa prevede che in corpi idrici specifici nei quali, a causa delle ripercussioni dell'attività umana o delle loro condizioni naturali, il conseguimento dell'obiettivo del buono stato chimico ed ecologico non sia fattibile, o sia esageratamente oneroso, è possibile adottare obiettivi ambientali meno rigorosi. I Siti di bonifica di Interesse Nazionale, e la Rada di Augusta nello specifico, possono a pieno titolo essere ricompresi in questa fattispecie.

In considerazione di ciò, ICRAM ha elaborato, secondo criteri riconosciuti ed ampiamente utilizzati in campo internazionale, valori chimici cosiddetti "di intervento", tali da individuare quali aree richiedano interventi di bonifica.

I valori d'intervento per il sito di Priolo sono stati proposti da ICRAM nel in sede di Conferenza di Servizi "istruttoria" del 18 luglio 2005 e sono stati approvati dalla Conferenza dei Servizi decisoria per il sito di Priolo del 14/9/05.

Nel primo progetto preliminare di bonifica (rif. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-02.05) redatto nel marzo 2006, secondo una procedura già adottata negli altri siti di interesse nazionale, per la gestione dei sedimenti contaminati venivano considerati, come concentrazioni massime accettabili per il refluento in cassa di colmata, i valori riportati nella colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 del D.M. 471/99, o meglio il 90% di essi. Questo approccio era stato adottato al fine di garantire un margine di sicurezza per non correre il rischio di dover procedere, una volta completato il refluento in cassa di colmata, a procedure di bonifica. Questa impostazione ha chiaramente condizionato l'entità dei volumi indicati da destinare in discarica e quelli da sottoporre a trattamento per l'idoneità al refluento in cassa di colmata, condizionando di conseguenza anche l'entità dei costi.

Nella redazione del presente progetto preliminare di bonifica, che contiene i risultati di tutte le fasi di caratterizzazione, si è tenuto conto, oltre che della normativa sopra riportata, anche dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 –



Legge finanziaria 2007. Tale comma modifica l'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84, sul "Riordino della legislazione in materia portuale" aggiungendo, dopo il comma 11, i commi 11-*bis* - 11-*sexies*.

Nel dettaglio, il comma 996 prevede che i materiali derivanti dalle attività di dragaggio e di bonifica, se non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, possano essere refluiti all'interno di casse di colmata poste in ambiente costiero che presentano un sistema di impermeabilizzazione naturale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo, in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a: $K \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s e spessore ≥ 1 m. Il medesimo comma stabilisce inoltre che al termine del refluimento debba essere attivata la bonifica dell'area derivante dall'attività di colmata solo se i materiali presentano livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V, del D. Lgs. n. 152 del 2006, in relazione alla destinazione d'uso.

Tale aggiornamento normativo rende necessario utilizzare come riferimento ai fini della gestione dei sedimenti la colonna B della Tab. 1 dell'All. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e non più quindi il 90% di essa, come invece effettuato nel Progetto preliminare di bonifica – Fase I del marzo 2006.

Sempre ai fini della gestione dei sedimenti, dovranno chiaramente essere utilizzati come valori di riferimento quelli che ne determinano la pericolosità (Allegato D, parte quarta del D.Lgs 152/2006).

Evidentemente l'art. 1 comma 996 della Legge n. 296 del 27 dicembre 2006 introduce rilevanti cambiamenti nella gestione dei sedimenti contaminati, ed è per questo motivo che il presente documento contiene ipotesi di gestione sensibilmente differenti rispetto al Progetto preliminare di bonifica – Fase I del marzo 2006.



3 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

La Rada di Augusta ricade all'interno dell'unità fisiografica del Golfo di Augusta, al centro delle coste orientali siciliane, che si estende da Capo Santa Croce a Punta Magnisi, su un tratto di litorale di circa 37 km di lunghezza (Figura 3). La Rada ha un'estensione superficiale di circa 23.5 km² su circa 8 km di lunghezza e 4 km di larghezza, con una profondità media dei fondali di circa 15 m. La piattaforma continentale, in tale area, ha un'ampiezza inferiore ad 1 km (Amore et al., 1992).

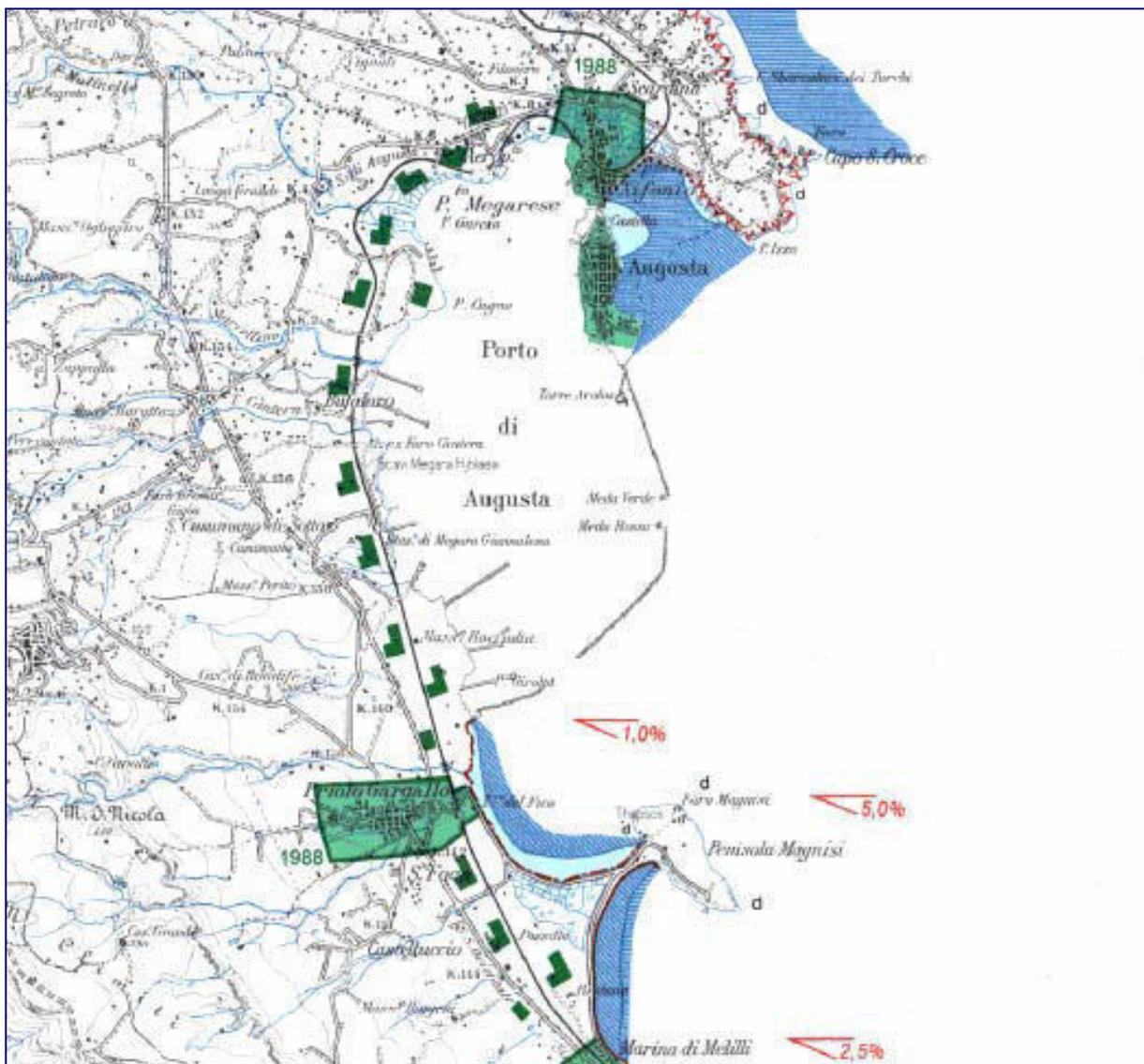


Figura 3: Unità fisiografica di Augusta che si estende da Capo S. Croce a Punta Magnisi (immagine estratta dall'Atlante delle Spiagge Italiane del CNR, 1999).

La Rada di Augusta ha origine dalla chiusura di buona parte dell'insenatura naturale per mezzo di dighe foranee che sono state realizzate lungo il suo lato meridionale ed orientale, a formare un ampio bacino portuale. Tale bacino rimane comunicante con il mare attraverso due imboccature, in corrispondenza delle quali si registra una profondità massima di circa 40 m.



La Rada di Augusta si può pertanto considera suddivisa in tre zone principali:

- Porto Xifonio (area Nord esterna alla rada), compreso fra Punta Izzo e Punta Carcarella, ad Est della città di Augusta;
- Rada o Porto di Augusta (area interna), compreso fra la costa settentrionale e occidentale della Rada e le dighe foranee;
- Seno del Priolo (area Sud esterna alla Rada), compreso tra la diga sud e la penisola di Magnisi.

Si precisa che nel presente documento viene per semplicità definita "Rada di Augusta" la sola rada interna, oggetto delle attività di caratterizzazione descritte nel capitolo 4, compresa tra la costa e le dighe foranee.

A partire dai primi anni '50, nell'area di Priolo, lungo la costa occidentale della Rada di Augusta, sono stati installati diversi stabilimenti industriali per la produzione di sostanze chimiche, petrolchimiche e raffinerie di petrolio. Insieme a questo furono costruite le dighe foranee, formate da tre bracci che, dalla punta della penisola di Augusta, si estendono sino all'altezza dell'insediamento di Priolo, chiudendo una buona parte della Baia (diga foranea settentrionale, centrale e meridionale), e mantenendo il collegamento con l'esterno solo attraverso due imboccature, quella a Est (Bocca Principale o di Levante) e quella a Sud (Bocca di Scirocco).

A causa dell'intensa urbanizzazione e delle numerose attività industriali presenti all'interno del bacino, si è determinato un notevole stato di degrado. Negli anni, le principali criticità emerse nel sito si possono ascrivere ad inquinamento da petrolio, inquinamento termico, eutrofizzazione, contaminazione da metalli pesanti, idrocarburi e solventi clorurati.

Tutte le comunicazioni pervenute agli uffici competenti hanno confermato l'elevato numero di incidenti relativi a sversamenti di prodotti di varia natura (olio combustibile, virgin naphta, petrolio greggio, kerosene, gasolio paraffinico pesante, benzina pesante, gasolio da vuoto, reflui industriali, ecc.) dovuti a perdite da reti tecnologiche, reti fognarie e serbatoi. Conseguentemente, la contaminazione sulla terraferma (suolo e falda) ha inevitabilmente comportato un apporto continuo e prolungato nel tempo di inquinanti verso il mare, sia attraverso la falda, sia attraverso i numerosi scarichi, al quale vanno aggiunti gli eclatanti episodi di inquinamento ed emergenza ambientale relativi alla cattiva gestione dei rifiuti ed allo stoccaggio dei prodotti petroliferi.

In Figura 4 si riportano i maggiori insediamenti industriali e le aree d'interesse che insistono nella Rada di Augusta e che si trovano all'interno del sito di bonifica di Priolo; in Figura 5 vengono invece riportati i diversi scarichi, industriali e civili, che confluiscono nell'area marina oggetto d'indagine.

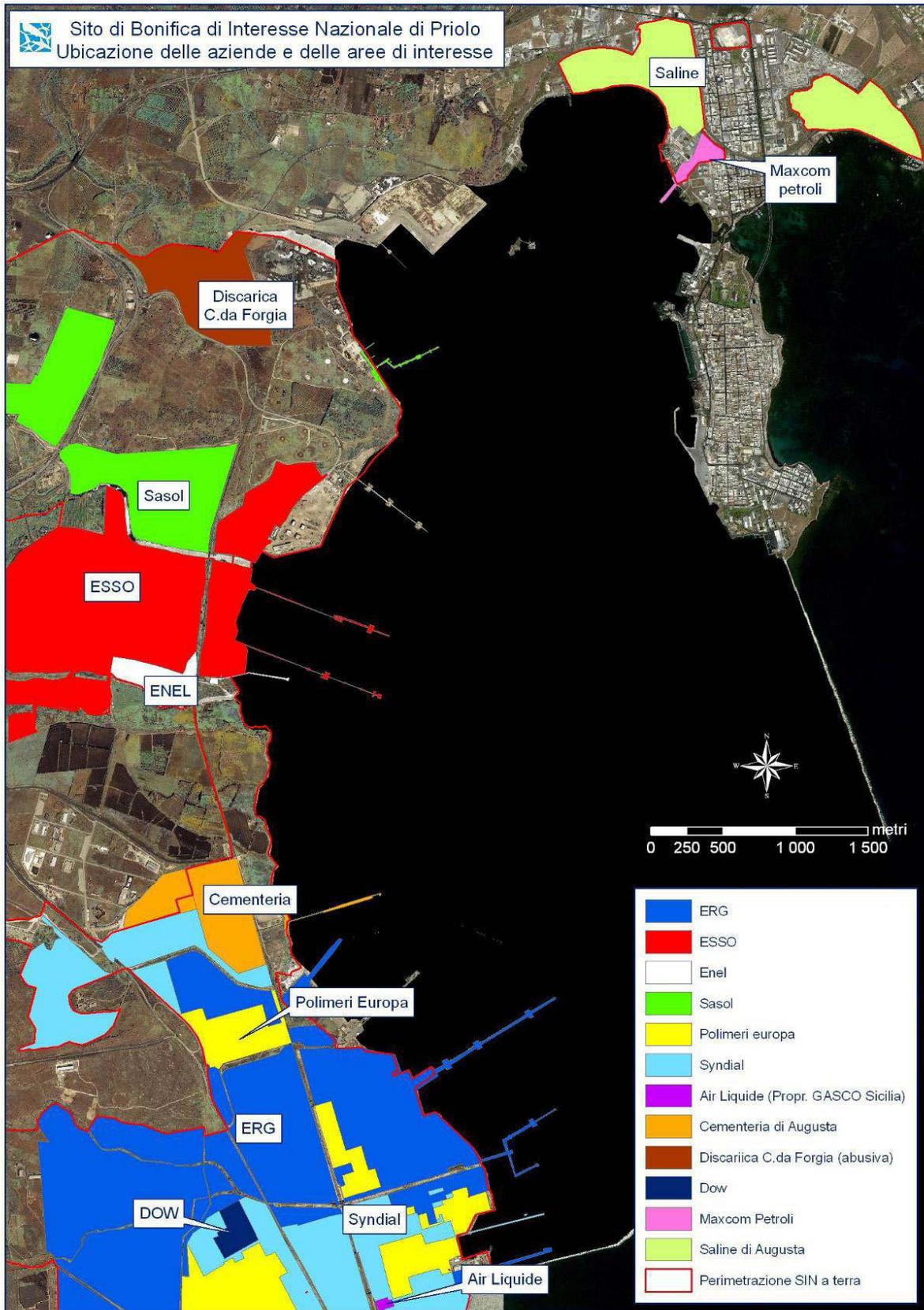


Figura 4: Inquadramento della Rada di Augusta con l'ubicazione di aziende e aree di interesse

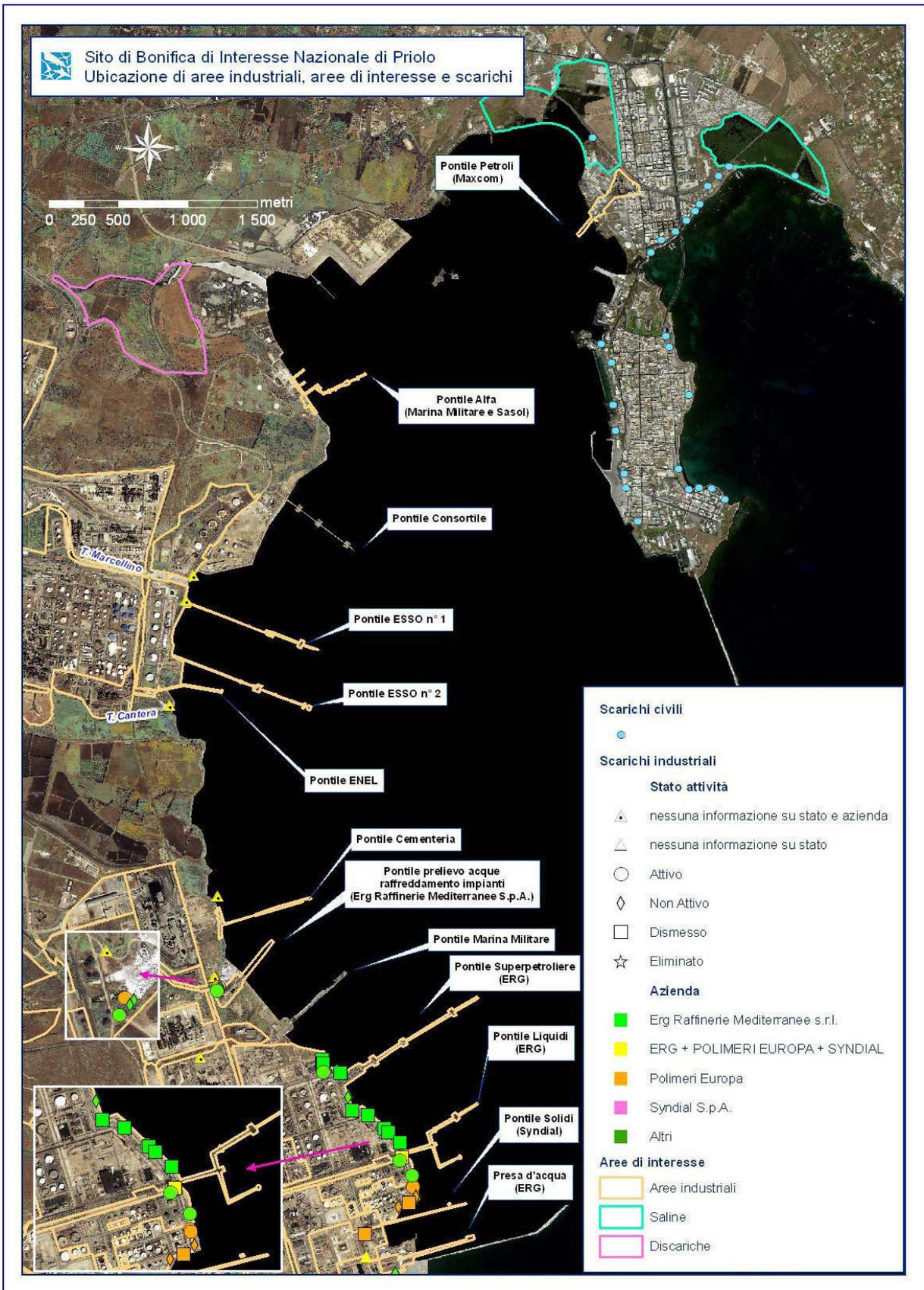


Figura 5: Ubicazione degli scarichi e dei pontili nella Rada di Augusta



3.1 Geologia dell'area

Dal punto di vista geologico il territorio di Augusta è costituito da un substrato carbonatico caratterizzato da intrusioni laviche d'età cretacea sul quale una tettonica d'età quaternaria, di tipo estensionale, ha determinato un *semigraben* che si è successivamente riempito di sedimenti sabbioso-argillosi. Questo tipo di tettonica conferisce al territorio di Augusta una configurazione ad "alto strutturale" con andamento NW-SE (Monte Tauro) in cui affiorano sedimenti carbonatici con intrusioni laviche, separato da una faglia ad alto angolo, non più attiva, dalle zone di bacino, ove si colloca prevalentemente l'abitato di Augusta. Tale bacino è riempito da sedimenti pelitici e sabbioso-calcarenitici d'età quaternaria su cui si sovrappongono diverse unità litologiche terrigene.

Le caratteristiche geologiche dell'area la individuano come parte integrante del cosiddetto "Avampese Ibleo", un'area di altofondo a fisiografia complessa impostata su crosta continentale, in cui si è sviluppata una sedimentazione neritica e pelagica, a tratti condensata (Nigro et al., 2000). Tale dominio rientra in un vasto sistema di piattaforme carbonatiche che si estendeva durante il Mesozoico dall'attuale Tunisia fino alle isole Egadi, ai Monti di Trapani, ai Monti Iblei ed alle isole Maltesi e che, tra i domini marini maghrebidi, rappresentava il settore del margine continentale passivo africano più prossimo alle aree emerse cratoniche.

Gran parte dell'Avampese Ibleo, che verso NW collassa nell'Avanfossa di Gela, è costituito prevalentemente da sequenze carbonatiche di età variabili dal Cretaceo al Quaternario, cui si intercalano orizzonti vulcanoclastici e colate laviche, talora anche di notevole potenza, affioranti soprattutto nell'entroterra occidentale e sud occidentale della Baia di Augusta (Tortoniano - Pliocene medio-superiore).

3.2 Idrogeologia dell'area

Dal punto di vista idrogeologico la fascia marino costiera intorno alla Rada è influenzata da due diversi acquiferi: uno superficiale, impostato in terreni alluvionali di natura argilloso-limoso-sabbiosa, soggiacente 1-3 m dal piano campagna; uno più profondo, confinato entro depositi di natura calcarea e calcarenitica, ad elevata permeabilità per fessurazione.

Lungo la costa occidentale della Rada sfociano diversi corsi d'acqua stagionali, tra cui i fiumi Marcellino e Cantera, che intersecano il massiccio ibleo. La superficie dell'intero bacino idrografico che interessa il tratto di costa è di circa 260 Km² (Ist. Sper. Talass. CNR – Messina, 1995).

I deflussi naturali superficiali hanno carattere torrentizio, con poche e violente piene invernali; attualmente le immissioni idriche naturali dirette in Rada, così come gli apporti solidi al litorale, possono considerarsi molto modeste e discontinue.

3.3 Sedimentologia dell'area

In considerazione del fatto che la dinamica litoranea dipende dalla reciproca interazione tra le correnti marine generate dal moto ondoso incidente con la specifica morfologia emersa e sommersa della fascia costiera, sono stati considerati sia la



morfologia costiera (ovvero la conformazione della costa, alta o bassa, rocciosa o sabbiosa e della spiaggia emersa e sommersa) sia il complesso degli interventi antropici di tipo insediativo, industriale o ai fini di protezione del litorale.

Sulla base di caratteri distintivi di ordine sedimentologico, morfologico ed antropico, si possono riconoscere alcuni tratti specifici (Amore et al., 1992):

Il Porto di Augusta (rada interna), compreso tra il litorale settentrionale ed occidentale della Baia, e chiuso verso il largo e verso Sud da tre dighe foranee, presenta un entroterra caratterizzato da un'elevatissima densità di impianti industriali, aree commerciali e militari che, con la realizzazione di numerosi moli, pontili e aree di colmata, ne hanno profondamente modificato la morfologia e l'idrodinamica costiera; in aggiunta sono da segnalare anche i numerosi interventi lungo le aste fluviali e gli apparati delle foci dei torrenti Marcellino e Cantera, che si sono susseguiti nel tempo.

In generale i sedimenti risultano caratterizzati da sabbie medie e fini nella spiaggia emersa e da sabbie grossolane con ghiaia nel gradino di battigia; i sedimenti dei fondali risultano invece caratterizzati da sabbie limose nella parte settentrionale, passanti verso Sud a limi argillosi. Nella fascia più costiera sud occidentale e intorno alle dighe foranee sono presenti affioramenti rocciosi più o meno evidenti. La circolazione interna, legata ai passaggi del ponte Rivellino (che collega l'isola di Augusta alla terraferma e mette in comunicazione il Porto Megarese con il Porto Xifonio) ed alle imboccature delle dighe foranee a Sud, avviene in senso antiorario.

Oltre alle informazioni ricavate in bibliografia si riportano, inoltre, alcuni elementi relativi alle caratteristiche granulometriche derivanti dallo studio idrodinamico svolto da Thetis SpA, su incarico di SIAP, e riportato nel documento "Attività sperimentali svolte nella Rada di Augusta: presentazione ed interpretazione dei dati raccolti".

Lo studio ha previsto il prelievo di n. 30 campioni di sedimento superficiale su griglia pressoché regolare nel periodo compreso tra ottobre e dicembre 2006, interessando l'intero bacino portuale della Rada di Augusta (Figura 6).

I fondali sono risultati costituiti da sedimenti superficiali molto poco classati, in prevalenza di tipo limoso, e caratterizzati per circa il 60% da granulometria molto fine (Figura 7).

Le determinazioni analitiche eseguite, finalizzate alla comprensione della variabilità spaziale della composizione granulometrica e tessiturale del sedimento superficiale e utilizzate come elemento di ausilio nell'interpretazione dei livelli di energia caratteristici dell'area di studio, hanno messo in evidenza uno scenario definito da scarsissimi livelli di energia.

A questa situazione generalizzata fanno eccezione, coerentemente con un maggiore idrodinamismo, meglio descritto nel seguito (par. 3.4.4), le aree in corrispondenza delle bocche portuali di Levante e di Scirocco, caratterizzate da fondali a granulometria prevalentemente sabbiosa, e i fondali in prossimità della linea di costa Sud-Occidentale e di Torre Avolos.

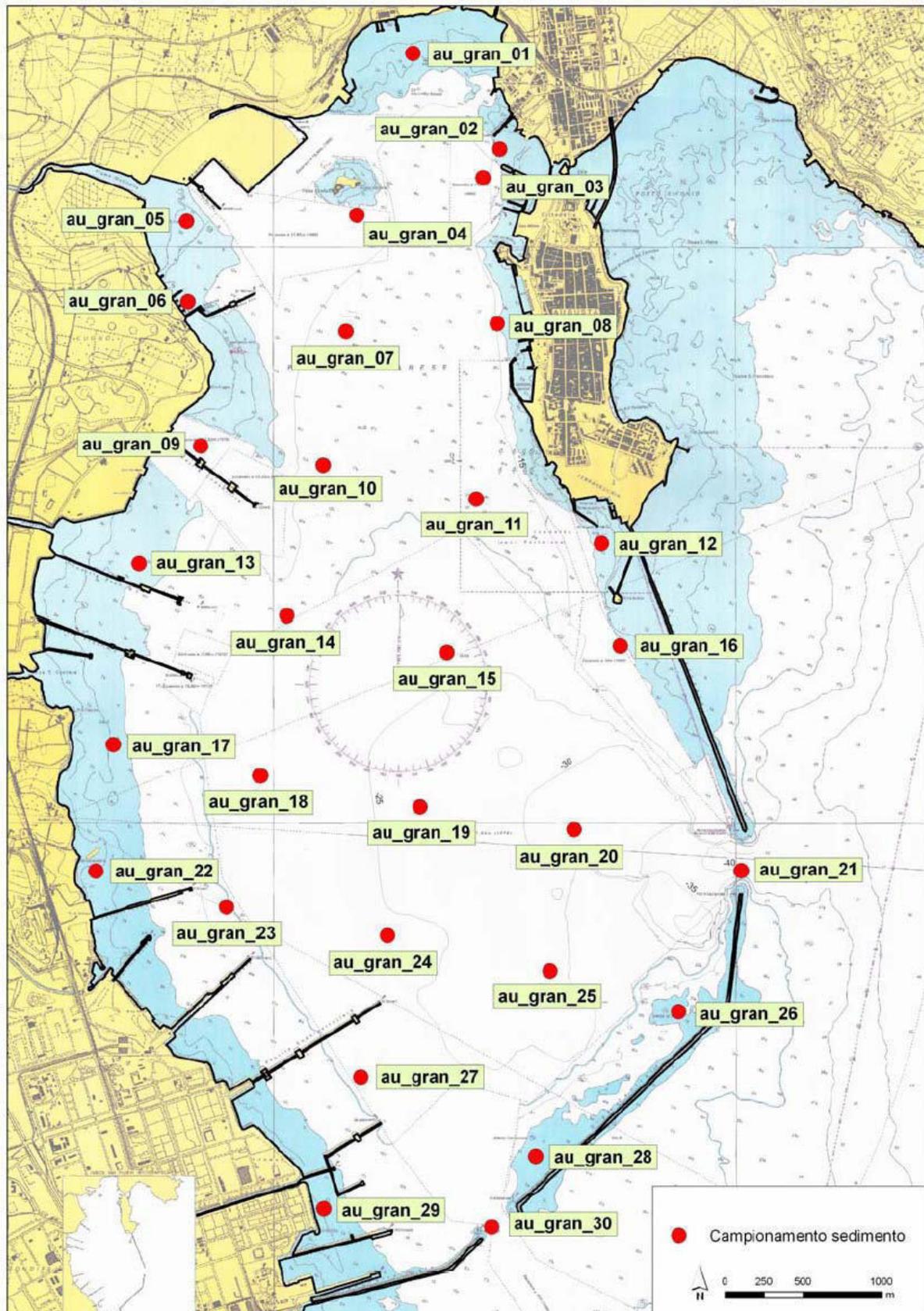


Figura 6: Punti di prelievo dei campioni di sedimento superficiale nella Rada di Augusta nell'ambito dello studio idrodinamico svolto da Thetis S.p.A.

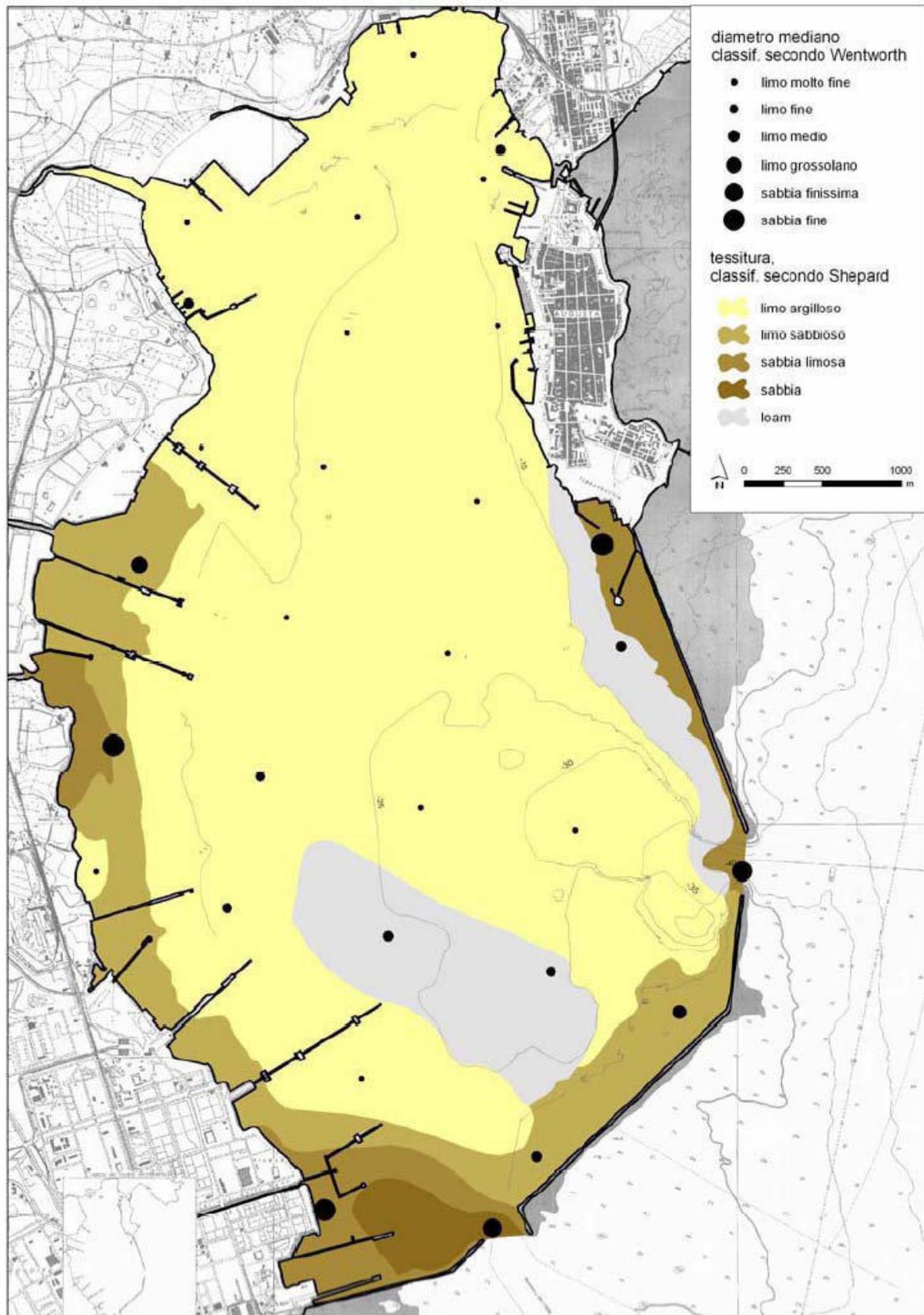


Figura 7: Interpretazione della distribuzione dei sedimenti superficiali (secondo Shepard) secondo lo studio idrodinamico svolto da Thetis S.p.A.



3.4 Idrodinamica ed oceanografia dell'area

Le caratteristiche idrodinamiche di un tratto costiero dipendono dall'esposizione del paraggio ai diversi fattori meteo-marini, quali, il regime anemometrico, il clima ondamentico, le variazioni del livello del mare e le correnti.

Di seguito si riportano brevi considerazioni sull'idrodinamica e la caratterizzazione dei parametri idrologici della colonna d'acqua della Rada di Augusta sulla base degli studi svolti da Thetis SpA "Caratterizzazione preliminare del sito della Rada di Augusta" e "Attività sperimentali svolte nella Rada di Augusta: presentazione ed interpretazione dei dati raccolti", entrambi commissionati da SIAP nell'ambito delle attività relative allo "Studio delle caratteristiche idrodinamiche e sedimentologiche della Rada di Augusta nel Sito di Interesse Nazionale di Priolo". L'analisi delle forzanti meteomarine (vento, maree e correnti) sono, invece, state ricavate da informazioni reperibili in bibliografia e da dati pregressi disponibili, congiuntamente a dati di campo acquisiti con campagne di misura.

3.4.1 Anemometria

Le caratteristiche del clima anemometrico sono state definite previa analisi dei dati di vento rilevati a quota 10 m dal suolo (Tabella 1) dalle stazioni Belvedere di Siracusa e Catania.

Tabella 1: Descrizione e fonte dei dati anemometrici

Dati anemometrici	
Descrizione	Fonte
Stazioni di Catania, Belvedere di Siracusa e Augusta.	
Località e periodo di osservazione: - Catania: 1996 - 2006 - Siracusa: 1995 - 2006	Rete Mareografica Nazionale (RMN) www.idromare.com
- Rada di Augusta: 1989 - 1990	Thetis S.p.A.
Ubicazione delle stazioni: - Catania: N 39°04'41" - E 17°08'09" - Siracusa: N 37° 05'38.4 - E 15°12'30.6 - Rada di Augusta: N 37° 14' - E 15°12'. 2	

La serie elaborata dalla stazione di Belvedere copre un periodo compreso tra il 1 gennaio 1995 e il 21 novembre 2006, con rilevamenti di intensità e direzione del vento acquisiti con cadenza oraria.

L'analisi complessiva dei dati di vento evidenzia:

- un regime molto simile in inverno e in autunno, con una predominanza di brezze tese e venti forti da Maestrale e con burrasche da Levante;
- un'attenuazione dei venti da NW in primavera e in estate, con venti costanti da SE, con periodi di calma più lunghi nel periodo estivo rispetto alle altre stagioni



(0.41%). I venti predominanti nel periodo primavera-estate sono Tramontana (19.15%) e Scirocco (12.5%);

- i venti regnanti sono Tramontana e Maestrale, con una dominanza di venti che non superano mai le caratteristiche di venti forti.

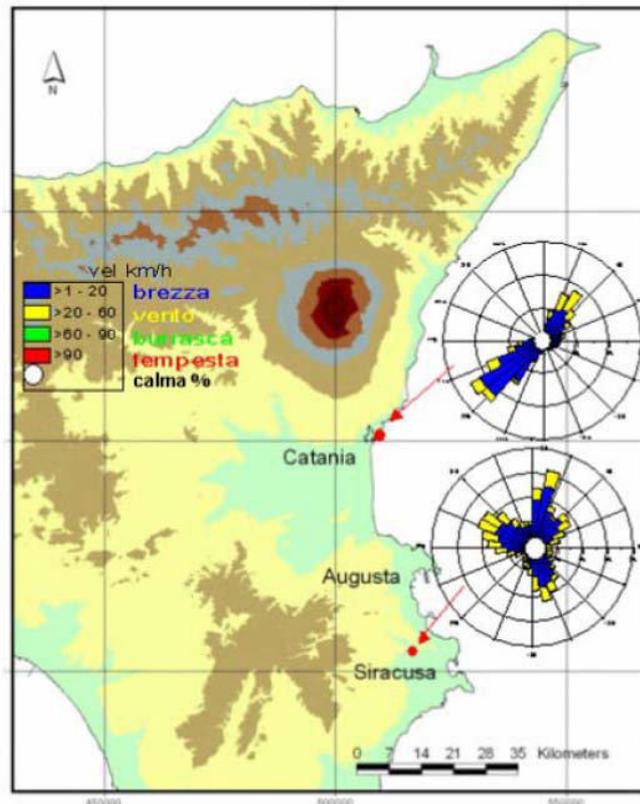


Figura 8: Direzione, intensità e frequenza di provenienza del vento nelle stazioni di Catania e Belvedere di Siracusa (da Thetis S.p.A. "Caratterizzazione preliminare del sito della Rada di Augusta")

La serie elaborata dalla stazione di Catania, i cui dati di vento sono stati acquisiti con cadenza oraria nel periodo compreso tra il 1 gennaio 1996 e il 31 dicembre 2006, evidenzia che:

- i venti regnanti che caratterizzano l'intero sito sono Grecale (frequenza 23.09%) e Libeccio (frequenza 33.09%), entrambi con intensità tale che non superano mai la classe di denominazione "venti forti" (oltre 60 Km/h).
- I venti provenienti da NW e SE sono quasi completamente assenti tranne che nel periodo estivo, quando si nota un lieve aumento dei venti da Scirocco.

Inoltre, per quel che riguarda i venti stagionali si ha:

- in autunno una forte incidenza di brezze tese da SW (frequenza 10.6%) e una incidenza minima di vento da NE (frequenza 4%), mentre nei restanti due quadranti è quasi totalmente assente la presenza di venti, molto probabilmente perché questi ultimi sono schermati dalla presenza dell'Etna;
- in primavera e estate i venti regnanti sono ancora Libeccio e Grecale, ma si presentano periodi maggiori di calma (0.7% rispetto a 0.5%);
- in inverno diminuisce la frequenza del vento da SW, ma aumenta quella del vento da NE. Stessa condizione che si verifica in estate, quando il grecale aumenta



anche di intensità. Inoltre in questa stagione si intensificano le brezze di Scirocco, lievemente presenti anche in inverno.

Dalla Figura 8 si nota come la presenza dell'Etna, nella zona di Catania, schermi quasi totalmente i venti da NW, ben rappresentati invece a Belvedere.

È stata poi stimata l'attenuazione fra vento in quota e vento al suolo, relativi rispettivamente a 100 e 10 m di quota, riferendosi a uno specifico *dataset* relativo ad un anno di misure (1989-1990) disponibile per la zona di Augusta.

È stato rilevato un legame tra le direzioni al suolo e quelle in quota soltanto per venti di intensità superiori a 7 m/s. L'intensità dei venti subisce invece forti attenuazioni al suolo, con attenuazioni di circa il 30% rispetto all'intensità del vento in quota.

3.4.2 Variazioni del livello medio del mare

Di seguito (Tabella 2) sono schematizzati i dati relativi alle variazioni del livello medio del mare indotte sia all'interno che all'esterno della Rada di Augusta.

Tabella 2: Descrizione e fonte dei dati ondametrici

Escursione media del livello del mare	
Descrizione	Fonte
Stazione di Catania, n. 2 Sensori di livello in Rada di Augusta.	
Località e periodo di osservazione:	Rete Mareografica Nazionale (RMN)
- Catania: 2000 - 2004	www.idromare.com
- Rada di Augusta: 60 giorni	Campagne di indagine Thetis S.p.A.
Ubicazione delle stazioni:	
- Catania: N 39° 04' 41" - E 17° 08' 09"	
- Rada di Augusta - Bocca di Levante	
- Rada di Augusta - Pontile Consortile	

Per visualizzare l'effetto della propagazione della marea all'interno della Rada sono state prese in considerazione due delle quattro stazioni interne alla Rada stessa: la stazione in corrispondenza della Bocca di Levante e la stazione in corrispondenza del Pontile Consortile.

Data la morfologia dell'area di studio è stata considerata l'ipotesi di uno sfasamento del segnale di marea della stazione di Catania generata durante la propagazione all'interno della Rada. Per valutare questo fenomeno le misure di livello della suddetta stazione sono state confrontate con i dati rilevati dai 2 sensori di livello in corrispondenza della Bocca di Levante (profondità 40 m) e del Pontile Consortile (profondità 12 m).

Dall'analisi delle coppie sincrone delle misure di livello registrate per tutto il periodo di rilevamento (2 mesi) è stata valutata un'attenuazione media dell'ampiezza di marea dell'ordine del 5%, procedendo dall'imboccatura al Pontile Consortile. Tuttavia, ciò non si verifica se si considerano variazioni del segnale dei livelli superiori a ± 15 cm, quando in condizioni di marea entrante (per livelli di marea superiori a



+15 cm) si associano ampiezze di marea maggiori in corrispondenza della Bocca di Levante, mentre in condizione di marea uscente (per livelli di marea inferiori a -15 cm) si associano ampiezze di marea talvolta maggiori in corrispondenza del Pontile Consortile.

3.4.3 Moto ondoso

Le condizioni dello stato del mare sono state definite previa analisi del clima ondometrico a largo di Catania e attraverso l'utilizzo di n. 4 correntometri/ondametri autoregistranti del tipo ADCP posizionati all'interno della Rada: presso il pontile Consortile, a SW della città di Augusta, nell'area centrale in corrispondenza del varco di Levante ed infine nell'area meridionale in corrispondenza del varco di Scirocco. A seguire si riporta una descrizione sommaria dei dati utilizzati per la caratterizzazione ondometrica del sito (Tabella 3).

Tabella 3: Descrizione e fonte dei dati ondometrici

Dati ondometrici	
Descrizione	Fonte
Stazione di Catania e n. 4 correntometri ADCP nella Rada di Augusta.	
Località e periodo di osservazione:	Rete Mareografica Nazionale (RON) www.idromare.com
- stazione di Catania: Gennaio 1989 - Gennaio 2005	
- Rada di Augusta n. 4 ADCP all'interno della Rada: Ottobre 2006 - Dicembre 2006	Thetis S.p.A.
Ubicazione geografica:	
- Catania: N 37°25.4 - E 15°08.8	
- Rada di Augusta: (varchi di Levante e Scirocco, Pontile Consortile ed a SW della città di Augusta)	
Rappresentazioni grafiche:	
- Clima ventennale	
- Clima stagionale	
- Percentuali di incidenza annuali dal 1 Gennaio 2000 al 1 Gennaio 2005 dei parametri: Hs, θ_m e Tm del moto ondoso	

Per la caratterizzazione del clima ondoso a largo dell'area di interesse è stata utilizzata la serie storica dei dati registrati dal 1989 al 2005 con campionamento triorario dalla boa di Catania (appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale), posta ad una distanza di circa 35 Km dalla Rada di Augusta (Figura 8).

Dalla rappresentazione grafica dello stato del mare, per un periodo di osservazione che va dal 1989 al 2005 (Figura 9), si rileva una direzione prevalente dei treni d'onda dai settori di traversia di NE, E e ESE e che le onde basse e quelle medie e alte (aventi altezza maggiore di 4 m) si distribuiscono in modo uniforme all'interno di questo intervallo. In Figura 10 sono riportate le rappresentazioni stagionali dello stato del mare per il periodo di osservazione tra il 1989 e il 2005.

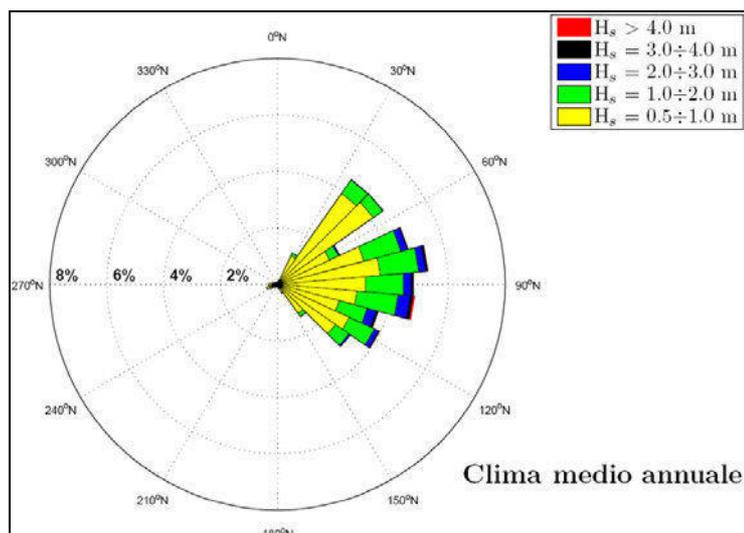


Figura 9: Rappresentazione polare dei dati di altezza e direzione di propagazione delle onde registrate presso la boa di Catania (periodo di osservazione 1989 - 2005).

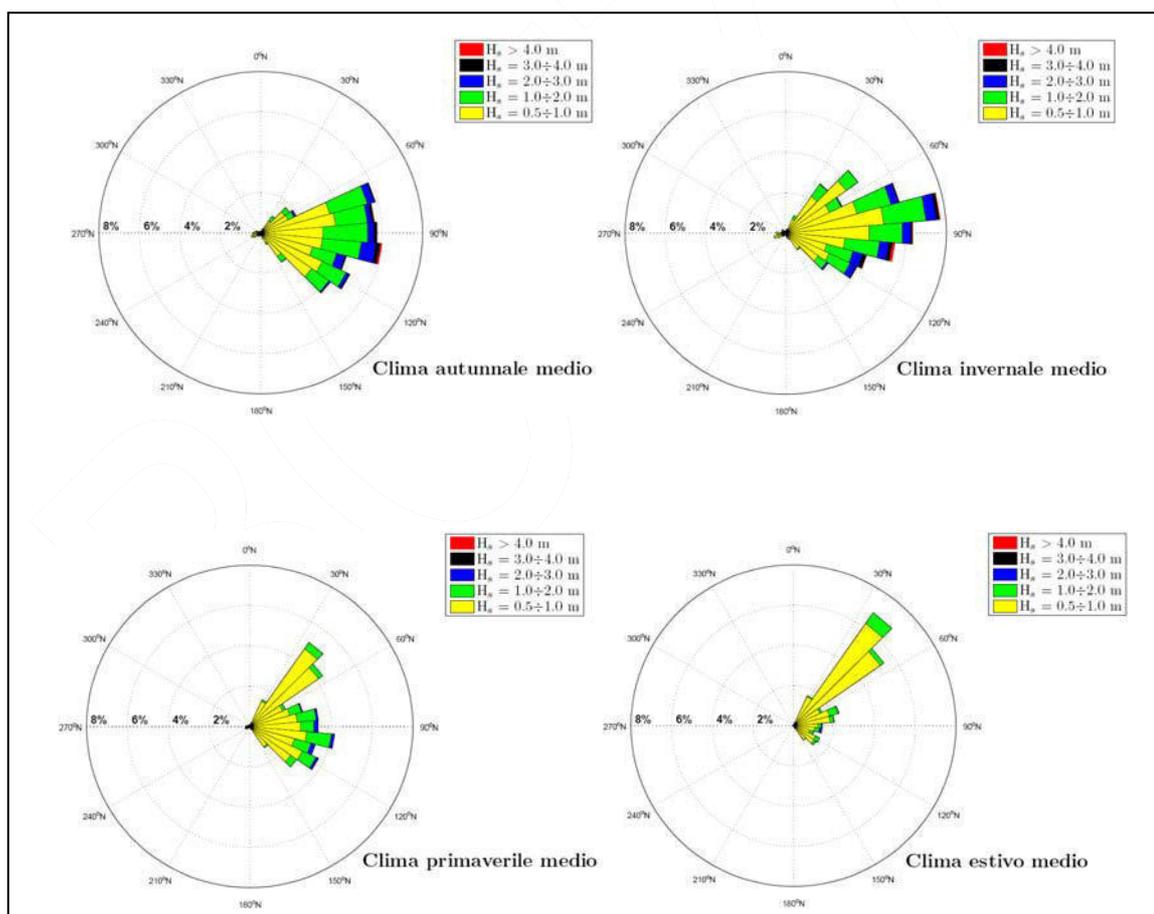


Figura 10: Rappresentazione polare stagionale dei dati di altezza e direzione di propagazione delle onde registrate presso la boa di Catania (periodo di osservazione 1989 - 2005).

In Tabella 4 e Tabella 5, infine, sono riportate le caratteristiche (altezza significativa, direzione media e periodo medio del moto ondoso) e le percentuali di incidenza annuali dal 1 Gennaio 2000 al 1 Gennaio 2005 per la stazione di Catania (esprese in % di giorni dell'anno), che caratterizzano il clima d'onda a largo utilizzato.



Dalla rappresentazione grafica della stato del mare si evidenzia che:

- In inverno la direzione predominante è associata all'intervallo 90°N - 60°N e all'intervallo di 75°N - 125°N. Le onde basse e medie sono principalmente concentrate tra i 90°N e i 60°N, con una frequenza maggiore del 50% circa rispetto all'intervallo di 105°S - 125°N. Le onde alte, invece, sono distribuite all'interno dell'intervallo compreso tra i 60°N ed i 125°N, con una frequenza maggiore degli eventi di maggiori intensità dal settore 105°S - 120°N, dove sono stati registrati i valori massimi di altezze medie delle onde (Hm) comprese tra i 5 e i 6 m.
- In primavera la direzione predominante è quella associata all'intervallo 40°N - 135°N. Si hanno prevalentemente onde basse ($H_m \leq 1$ m), che si distribuiscono in modo uniforme all'interno di questo intervallo, con frequenza di accadimento di circa l'80%, e onde medie ($H_m = 2$ m) che invece sono concentrate all'interno dell'intervallo 40°N - 125°N, con direzione predominante 75°N - 60°N.
- In estate e autunno si hanno prevalentemente onde medio basse, con direzione prevalente associata all'intervallo 60°N - 30°N in estate e 90°N - 120°N in autunno.

Tabella 4: Sull'ordinata l'altezza significativa (Hs) spettrale del moto ondoso, sull'ascissa il parametro periodo (Tm) medio misurata in sec. Rilevamenti su base trioraria

Tabella dei Rilevamenti dal 1 Gennaio 2000 al 1 Gennaio 2005 per la Stazione Catania																												
Rilevamenti: attesi 14616, mancanti -35600 (-71% attesi), Calme totali (<= 0,5 m): 27462 (55% Rilevamenti effettivi)																												
sec/m	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	TOT	
<=9,5																											0	
<=9,0																												0
<=8,5																												0
<=8,0																												0
<=7,5																												0
<=7,0																												0
<=6,5																												0
<=6,0																												0
<=5,5																												0
<=5,0																												0
<=4,5																			1					1				2
<=4,0														2	2	1	2	4	2				2	3				18
<=3,5													2	11	16	10	19	6	6	4	1	1						76
<=3,0										1	16	44	46	38	37	31	23	17	14		1							268
<=2,5										19	76	56	77	86	68	79	27	22	2	2							1	515
<=2,0										78	335	290	280	247	184	143	82	45	14									1698
<=1,5										22	480	1019	879	652	644	450	264	126	70	33	3			1		1	1	4645
<=1,0						10	785	2690	3905	2763	1920	1402	988	500	279	108	54	58	20	17	3	3		1	1	1	15508	
<=0,5				4	1416	6705	6454	4355	2702	1625	1051	698	582	442	323	210	163	143	120	101	63	59	45	35	34	22	27352	
TOT	0	0	0	4	1426	7490	9166	8740	6562	4779	3487	2712	1915	1311	816	547	359	228	157	107	70	64	46	37	35	24	50082	



Tabella 5: in ordinata l'altezza significativa spettrale (H_s) del moto ondoso, in ascissa il parametro Direzione media di provenienza (θ_m) del moto ondoso (misurata in °N). Rilevamenti su base trioraria

Tabella dei Rilevamenti dal 1 Gennaio 2000 al 1 Gennaio 2005 per la Stazione Catania																											
Rilevamenti: attesi 14616, mancanti -35555 (-71% attesi), Calme totali ($\leq 0,25$ m): 6712 (13% Rilevamenti effettivi)																											
°N/m	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	TOT		
$\leq 9,5$																										0	
$\leq 9,0$																										0	
$\leq 8,5$																										0	
$\leq 8,0$																										0	
$\leq 7,5$																										0	
$\leq 7,0$																										0	
$\leq 6,5$																										0	
$\leq 6,0$																										0	
$\leq 5,5$																										0	
$\leq 5,0$																										0	
$\leq 4,5$										2				1	1		1									5	
$\leq 4,0$					3	1	1	2	2	1	2	2	1	1				1						1	1	19	
$\leq 3,5$	1	1		1	5	6	26	28	2	2	2	5	2	3	2			1					1		1	89	
$\leq 3,0$	5	5	6	9	6	10	98	58	10	9	10	5	3	6	7	5	5	2	4	1	4	3	5	5	5	281	
$\leq 2,5$	17	13	19	17	36	33	106	113	27	7	10	19	17	15	11	4	7	3	7	7	12	1	10	10	10	521	
$\leq 2,0$	39	52	70	91	206	136	276	210	89	43	49	52	57	38	29	31	24	25	24	30	26	33	25	45	1700		
$\leq 1,5$	131	138	277	285	332	503	656	397	401	170	111	130	132	103	107	88	78	68	87	84	89	86	103	89	4645		
$\leq 1,0$	378	468	1391	1327	1037	1164	1232	1281	1315	645	395	324	380	404	386	388	408	425	395	377	361	317	323	364	15485		
$\leq 0,5$	467	566	1578	1686	1380	1470	1531	1566	1326	837	585	539	578	572	643	680	759	778	638	575	549	492	443	475	20713		
$\leq 0,25$	157	183	301	474	585	604	595	479	365	266	209	184	162	187	197	214	234	200	204	211	204	203	151	143	6712		
TOT	1195	1426	3642	3890	3590	3927	4521	4134	3537	1982	1373	1260	1332	1330	1383	1410	1517	1502	1359	1285	1245	1136	1061	1133	50170		

Nel documento redatto da Thetis SpA "Caratterizzazione preliminare del sito della Rada di Augusta", inoltre, è riportato uno studio di propagazione del moto ondoso attraverso l'imboccatura principale della diga foranea (lunga 380 m) mediante l'utilizzo di idonei diagrammi di diffrazione (tratti dallo Shore Protection Manual).

Utilizzando come riferimento onde caratterizzate da $H_s=3$ m, $T_p=9.5$ s e direzione di provenienza 90° N (mediamente presente 24 h all'anno) è stato osservato che, una volta entrata nell'imboccatura principale, l'onda si propaga nella stessa direzione di provenienza per circa 2.4 Km, investendo lateralmente un'area di ampiezza massima pari a 500 m, che tende poi a diminuire gradualmente.

Considerando onde provenienti da altre direzioni, è logico supporre che queste si propaghino all'interno della Rada investendo aree di ampiezza inferiore e quindi che lo specchio d'acqua del bacino portuale sia interessato da scarsa agitazione indotta dal moto ondoso. Questo viene confermato da quanto emerge dall'analisi dei dati acquisiti *in situ* dai n. 4 correntometri/ondametri autoregistranti del tipo ADCP posizionati all'interno della rada, come rappresentato in Figura 11.

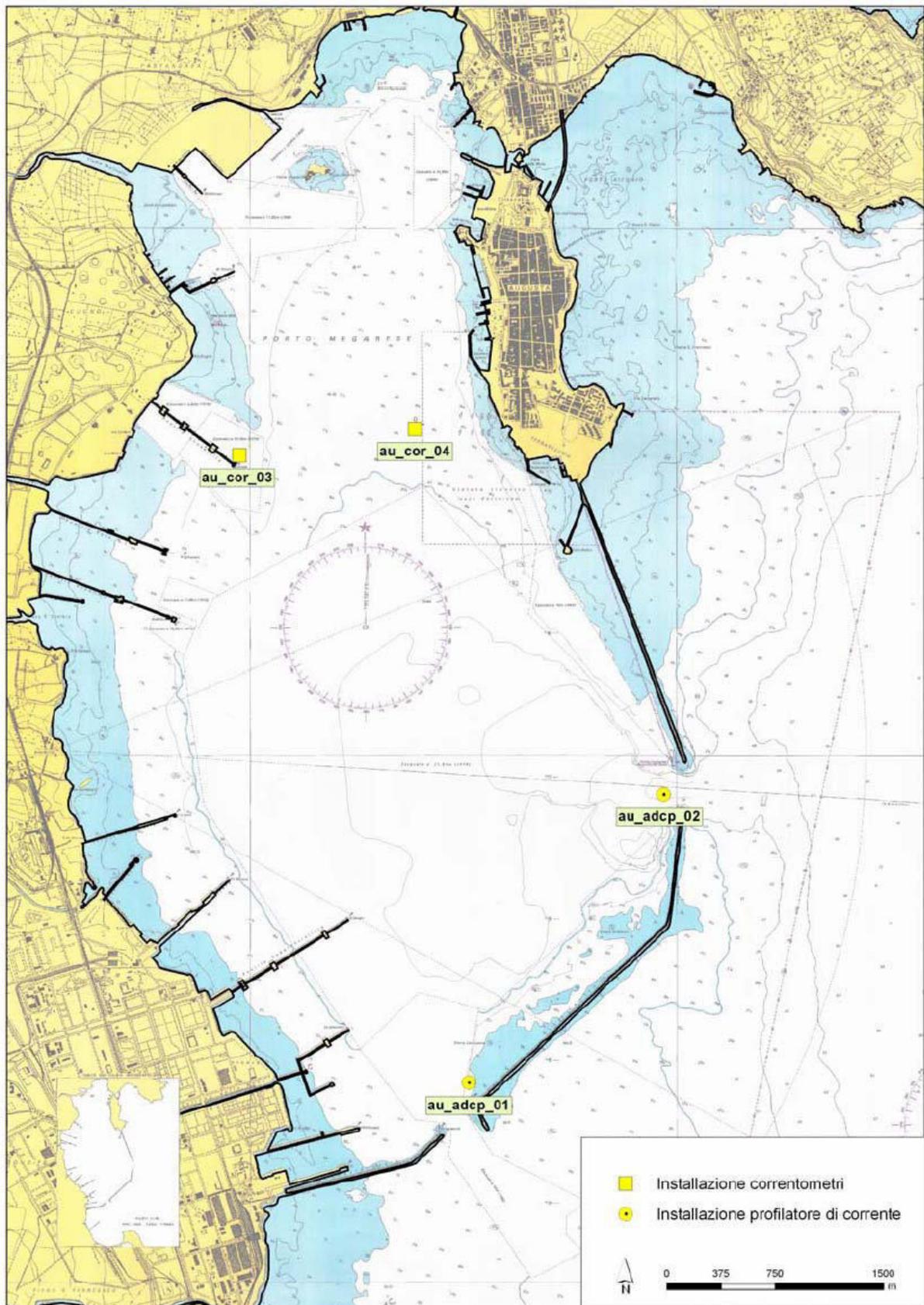


Figura 11: Localizzazione dei punti di installazione delle stazioni autoregistranti in Rada di Augusta. Campagna di indagine Thetis SpA, ottobre-dicembre 2006.



Dall'analisi dei dati acquisiti mediante ADCP è emerso che:

- l'altezza significativa nella stazione alla Bocca di Levante varia tra un minimo di circa 17 cm e un massimo di quasi 2.7 m, registrato in occasione dell'evento di perturbazione meteomarina nel periodo compreso tra il 2 e il 5 novembre 2006. La distribuzione di frequenza delle onde classificate per altezza significativa e per direzione di provenienza di questa stazione mostra la predominanza delle componenti dai settori nord orientali, con le mareggiate più intense provenienti da Grecale;
- l'altezza significativa registrata nella stazione del pontile consortile risulta estremamente ridotta, variando da un minimo di 1 cm fino ad un massimo di 15 cm;
- l'altezza significativa registrata nella stazione sud ovest della città di Augusta risulta estremamente ridotta, variando da un minimo di 1 cm fino ad un massimo di 26 cm;
- l'altezza significativa registrata nella stazione alla Bocca di Scirocco varia, infine, tra un minimo di circa 1 cm e un massimo di 40 cm, con una mediana pari a 3 cm che denota la ridotta entità del fenomeno ondoso in quest'area. La distribuzione di frequenza delle onde classificate per altezza significativa e per direzione di provenienza di questa stazione mostra la predominanza delle componenti dai settori sud-sud orientali.

3.4.4 Correnti

Per la definizione del regime correntometrico all'interno della Rada di Augusta si è fatto riferimento sia a misure correntometriche di campo schematizzate nello studio "Attività sperimentali svolte nella Rada di Augusta: presentazione ed interpretazione dei dati raccolti", sia a quanto riportato nello "Studio delle caratteristiche idrodinamiche e sedimentologiche della Rada di Augusta nel Sito di Interesse Nazionale di Priolo".

Campagne di indagine pregresse

La circolazione all'interno della Rada di Augusta può essere descritta facendo riferimento ad indagini di campo del CNR - Istituto Talassografico di Messina oggi CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, eseguite in due stazioni nei mesi di Luglio e Agosto 1989 e nel Luglio 1991.

In relazione alle misure effettuate la zona interna alla Rada è stata suddivisa in tre aree distinte:

- l'area antistante la Bocca di Levante che si estende verso Nord, comprendendo la barriera artificiale, caratterizzata da flussi di corrente mediamente più intensi, che muovono con direzioni parallele alla barriera e con versi alterni, in funzione delle masse d'acqua in entrata o in uscita dalla Bocca di Levante;
- l'area che comprende la fascia costiera della Rada, in corrispondenza della Bocca meridionale di Scirocco, caratterizzata da flussi di corrente meno intensi che muovono con direzioni parallele alla costa e con versi alterni in funzione delle masse d'acqua in entrata o in uscita dalla Bocca di Scirocco;



- l'area a Nord di Forte Garcia, la parte più settentrionale della Rada, caratterizzata da bassi fondali e basso ricambio idrico. Tale area, infatti, risulta scarsamente interessata dai modesti moti che interessano l'area centrale e meridionale della Rada.

Tale suddivisione evidenzia come l'idrodinamica della Rada di Augusta sia influenzata principalmente dagli scambi, attraverso le bocche di Levante e di Scirocco, tra masse d'acqua interne ed esterne al bacino portuale. Considerata la particolare morfologia dell'area in esame, si può asserire che, in condizioni di mare calmo, tali scambi sono imputabili principalmente alle oscillazioni di marea e, conseguentemente, ricorrono con cadenza regolare e con modalità direttamente correlate con l'entrata/uscita dei flussi di marea e delle relative ampiezze. Gli scenari effettuati con modello di circolazione hanno restituito valori di velocità alle bocche tendenzialmente più intensi per flussi di marea in entrata rispetto ai flussi di marea in uscita.

Più in particolare gli scenari di circolazione all'interno della Rada evidenziano che:

- in condizioni di "marea entrante" (Figura 12 A) la corrente, procedendo dalla Bocca di Levante verso l'interno della Rada, perde velocità fino a raggiungere i 5 cm/s passando dalla Bocca di Levante fino alla diga foranea, risalendo la barriera artificiale fino all'altezza di Forte Garcia con direzione N-NW. Da qui il flusso di corrente ruota in senso antiorario verso la costa occidentale, ridiscendendo solo per effetto della rimanente inerzia con una velocità di circa 2-3 cm/s, dove può essere facilmente contrastata dalla corrente in entrata dalla Bocca di Scirocco. Quest'ultima, a causa dell'interazione con il flusso proveniente dalla Bocca di Levante, in parte prosegue verso NE con movimento antiorario, in parte tende a deviare verso costa con formazione di una seconda cella di circolazione oraria;
- in condizioni di "marea uscente" (Figura 12 B) la corrente in uscita dalle bocche raggiunge velocità pari a 5-6 cm/s, valori vicini alla media della circolazione interna. Anche in questo caso le masse d'acqua procedono parallelamente alla barriere artificiali. Tuttavia, al contrario di quanto accade in condizioni di marea entrante, viene a formarsi una cella di circolazione diretta in senso orario che sembra interessare la parte più centrale del bacino portuale.
- Il flusso in entrata/uscita dal canale Rivellino non sembra interferire con il regime idrodinamico indotto dalla marea in entrata/uscita dalle bocche principali.

In sintesi, all'interno della Rada si possono osservare tre zone a diversa circolazione.

La prima, antistante l'imboccatura principale della diga foranea (Bocca di Levante), si estende verso N, comprendendo la barriera artificiale, ed è caratterizzata da valori medi più alti di intensità di corrente, con direzioni preferenziali parallele alla barriera artificiale e versi alterni in funzione dell'entrata od uscita delle masse d'acqua dalla bocca principale.

La seconda, che comprende la fascia costiera ad W della Rada e che include la piccola imboccatura meridionale, mostra una circolazione nettamente più lenta, anch'essa con direzioni parallele alla costa e versi alterni in funzione dell'entrata od uscita delle masse d'acqua.

Una terza zona, caratterizzata da bassi fondali, ubicata a N di Forte Garcia, risulta decisamente isolata dal resto della Rada e scarsamente interessata da correnti.

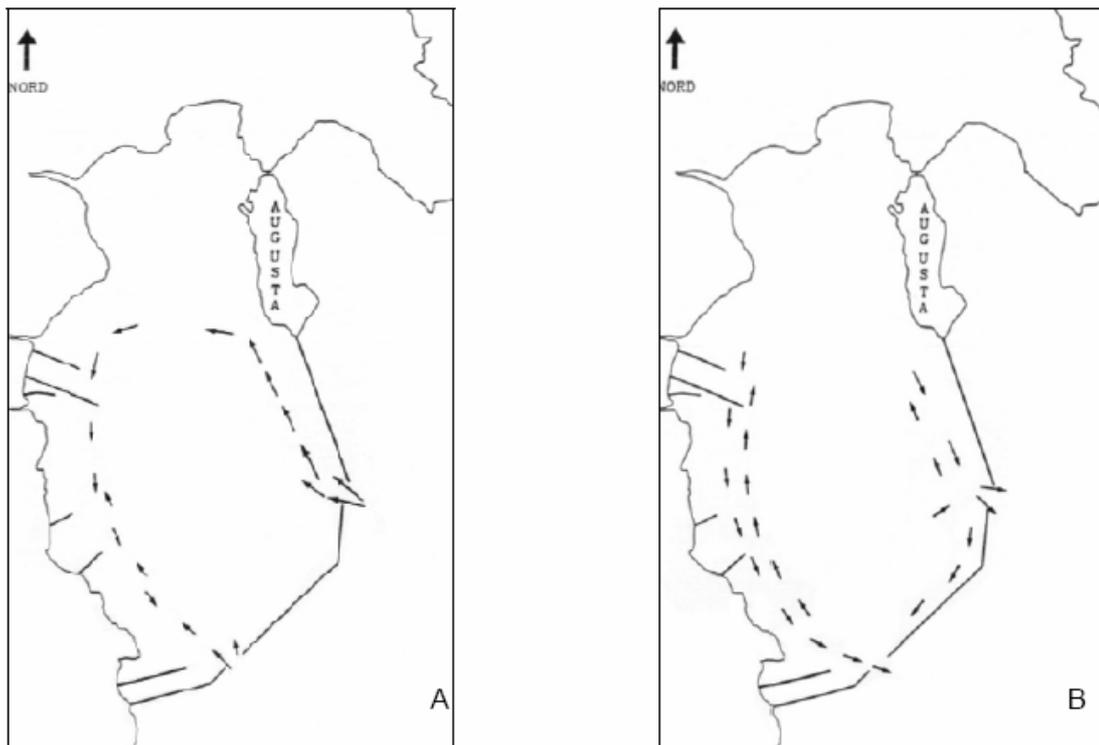


Figura 12: Schema di circolazione nella Rada di Augusta: (A) Modello di circolazione delle acque entranti; (B) Modello di circolazione delle acque uscenti (da Thetis S.p.A. "Caratterizzazione preliminare del sito della Rada di Augusta")

Campagne di indagine "Tethis"

L'intensità e la direzione delle correnti sono state caratterizzate, dal 6 ottobre al 5 dicembre 2006, in corrispondenza dei due varchi di accesso alla Rada, in prossimità della testata del pontile Consortile e a SW della città di Augusta (Figura 11).

La stazione più interna (Au_cor_03) ha misurato la corrente a circa 1.5 m dal fondo, la stazione a sud ovest della città di Augusta (Au_cor_04) ha misurato la corrente a circa 10 m dal fondo mentre i profilatori acustici posizionati in prossimità dei 2 varchi di accesso alla Rada hanno permesso di caratterizzare le correnti lungo tutta la colonna d'acqua.

Le correnti misurate all'interno della Rada hanno velocità estremamente ridotte, dell'ordine di 2-3 cm/s nel caso dei correntometri più interni e poco più elevate presso le entrate Est e Sud della Rada, dove si registrano valori medi pari a 7 e 18 cm/s (rispettivamente al fondo e in superficie) nell'entrata Est e 4 e 8 cm/s (rispettivamente al fondo e in superficie) in quella Sud.

In assenza di vento, le correnti registrate nelle stazioni più interne alla Rada risultano caratterizzate, oltre che da intensità modestissime, anche da elevata dispersione direzionale. Più in particolare l'analisi dei profili di corrente ha evidenziato:

- in prossimità del varco Sud, un costante orientamento in uscita dalla Rada;
- in prossimità del varco Est, caratterizzato da una profondità di circa 40 m, la presenza di strati d'acqua in uscita dalla Rada in prossimità della superficie e del fondo, contrapposti ad un flusso dominante in ingresso alla Rada localizzato tra i 5 e i 30 m di profondità;



- che il settore meridionale della Rada è caratterizzato da una cella di circolazione antioraria, con acqua in ingresso dal varco Est e in uscita dal varco Sud;
- che il settore più settentrionale della rada, corrispondente al cosiddetto "Porto Megarese", risulta caratterizzato da correnti modestissime e di direzione variabile, guidate prevalentemente dai venti locali.

3.4.5 Caratteristiche oceanografiche della colonna d'acqua

Informazioni relative alle caratteristiche della colonna d'acqua sono state dedotte dalla bibliografia esistente e dagli studi eseguiti da Thetis SpA, su commissione di SIAP, nell'ambito delle attività relative allo "Studio delle caratteristiche idrodinamiche e sedimentologiche della Rada di Augusta nel Sito di Interesse Nazionale di Priolo".

Campagne di indagini da bibliografia esistente

Nel seguito si riportano considerazioni effettuate sulla base di indagini pregresse di campo effettuate dal CNR - Istituto Talassografico di Messina oggi CNR - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC), nel corso di un anno di misure (da marzo 1989 a marzo 1990) con frequenza mensile.

L'andamento della temperatura ha evidenziato una variazione stagionale con valori di circa 15°C in primavera, superiori a 28°C in estate e pari a circa 14°C in inverno.

Non sono state rilevate stratificazioni o anomalie particolari. Tuttavia, è stato osservato che, alle bocche, le acque superficiali mostrano temperature più basse di alcuni decimi rispetto a quelle interne alla Rada, fenomeno imputabile allo scambio con il mare aperto. Inoltre, nella parte meridionale della Rada, la presenza di una centrale termoelettrica determina incrementi di temperatura di circa 3°C.

L'andamento della salinità (mediamente compresa tra 37.8 e 38.1 PSU) non ha mostrato una forte variazione alina. Tuttavia, è stato evidenziato un gradiente positivo di salinità procedendo verso l'esterno della Rada, imputabile al passaggio con il mare aperto e dove si risente meno dell'influenza delle acque dolci provenienti dai fiumi Cantera e Marcellino.

Campagne di indagini "Thetis 2006"

Nel seguito si riportano considerazioni effettuate sulla base delle indagini dei parametri idrologici della colonna d'acqua effettuate attraverso l'esecuzione di profili CTD da imbarcazione ed il prelievo di campioni d'acqua per la determinazione della concentrazione di solidi sospesi, in n. 10 punti distribuiti nell'area di studio (Figura 13), sia durante la prima campagna effettuata nell'ottobre 2006, sia durante la seconda campagna, realizzata nel dicembre del medesimo anno.

Unitamente ai rilievi sopra descritti sono state effettuate misure di temperatura, salinità e torbidità nelle 4 stazioni autoregistranti ubicate all'interno della Rada di Augusta, come precedentemente riportato in Figura 13, per l'acquisizione di serie temporali di onde e correnti per la caratterizzazione idrodinamica dell'area.



L'andamento della temperatura nel mese di ottobre ha evidenziato, in genere, variazioni modeste lungo tutta la colonna d'acqua, fatta eccezione per le stazioni più profonde ove è stato rilevato un gradiente termico a partire dai 20 m di profondità, con brusco abbassamento della temperatura dell'acqua, che in pochi metri registra il passaggio da 24°C a 18.4°C. La presenza di questo termoclino fa sì che i dati autunnali risultino più variabili rispetto quelli registrati a dicembre, ove invece è ben evidente l'omogeneizzazione della colonna d'acqua.

I valori di temperatura registrati nel mese di dicembre hanno messo in evidenza un abbassamento di temperatura di circa 6°C rispetto al mese di ottobre, con valori medi di circa 18.3°C, valori minimi di 15.8°C alle maggiori profondità e massimi in superficie con 19°C.

L'andamento della salinità, come la temperatura, ha mostrato una maggiore variabilità dei dati autunnali rispetto quelli registrati a dicembre. Per entrambe le campagne di misura, inoltre, le variazioni di salinità sono state di modesta entità sia lungo l'orizzontale che lungo la verticale, denotando una colonna d'acqua generalmente omogenea.

Nella stagione invernale, e solo nelle stazioni ad elevata profondità, la salinità ha presentato una generale tendenza all'aumento verso il fondo, congiuntamente ad un abbassamento del termoclino, al verificarsi delle prime burrasche.

Più precisamente, in ottobre sono stati registrati valori di salinità compresi tra un minimo di 38.0 PSU ed un massimo di 38.6 PSU, con una media pari a 38.4 PSU, mentre a dicembre sono stati registrati valori di salinità generalmente inferiori, compresi tra un minimo di 37.9 PSU ed un massimo di 38.6 PSU, con una media di circa 38.1 PSU.

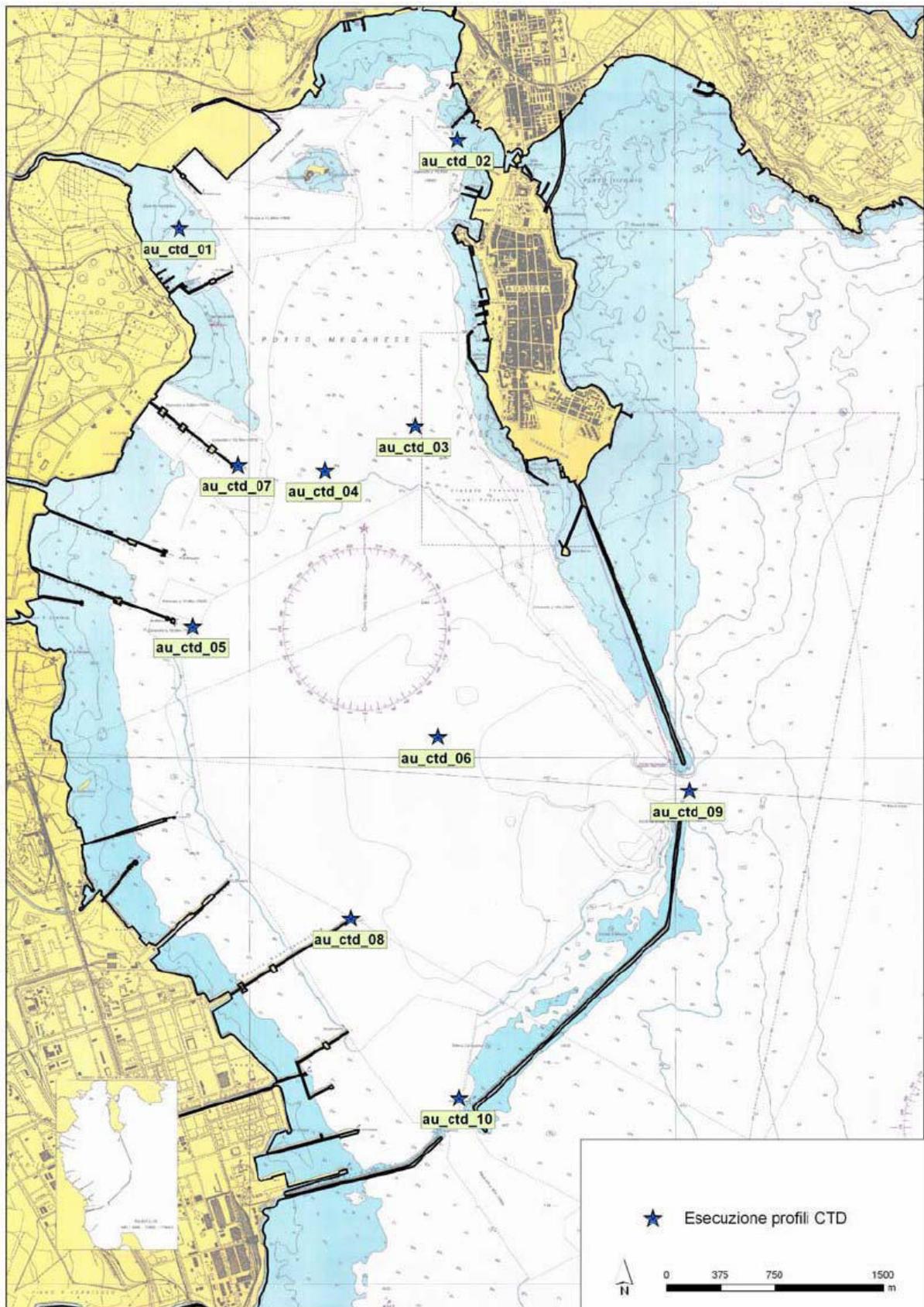


Figura 13: Localizzazione dei profili CTD e prelievo di campioni d'acqua per la caratterizzazione nella Rada di Augusta. Campagna di indagine Thetis S.p.A., ottobre-dicembre 2006



L'andamento della torbidità ha mostrato per la maggior parte dei profili una lieve tendenza ad aumentare gradualmente passando dalla superficie verso il fondo.

Inoltre, è stato rilevato che i valori misurati lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle due bocche di porto sono mediamente più elevati rispetto al resto dell'area indagata.

L'andamento dei solidi sospesi, determinati su campioni superficiali e di fondo, non ha evidenziato sostanziali differenze tra le due campagne. I *range* di variazione hanno valori compresi tra 0.6 e 4.6 mg/l ad ottobre e tra 1.2 e 3.7 mg/l in dicembre.

La variabilità dei parametri salinità e temperatura, sia arealmente che lungo la verticale, non sembra incidere in maniera significativa sui fenomeni di diffusione/dispersione dei solidi sospesi. Tali parametri, infatti, hanno presentato variazioni di modesta entità per entrambe le campagne d'indagine (ottobre e dicembre 2006), denotando una colonna d'acqua pressoché omogenea.

3.5 Uso dell'area portuale

La Rada di Augusta, grazie alla sua posizione strategica all'interno del Mar Mediterraneo e alle caratteristiche morfologiche dei suoi fondali costituisce uno dei porti più importanti per le operazioni di *bunker*, cambio equipaggio, riparazioni e manutenzione navi, diporto e carico/scarico merci di diversa natura per e dalla Sicilia.

In particolare, l'area commerciale, localizzata nel settore Nord Occidentale della Rada, è destinata principalmente ad attività di carico/scarico legate all'imbarco di zolfo in pillole, cemento e merce varia, come marmo e legno, e elementi meccanici. Nel porto commerciale, inoltre, operano le più importanti società di forniture navali della Sicilia.

Sempre all'interno della Rada di Augusta sono presenti diversi insediamenti militari; nel settore Occidentale è presente un pontile in forza alla NATO; in prossimità del centro abitato di Augusta, nel settore Nord della Rada, si attestano i pontili della Marina Militare ed infine, sempre nel settore Nord sono presenti le aree *degaussing* e *deperming*.

Il settore occidentale della Rada è invece contraddistinto da numerosi insediamenti industriali, costituiti prevalentemente da raffinerie, stabilimenti petrolchimici e cementifici, molti dei quali risultano dotati di un proprio pontile per le operazioni di carico e scarico di materie prime da destinare ai cicli produttivi e di prodotti semilavorati e/o lavorati (Figura 4 e Figura 5). Le operazioni presso i pontili generalmente interessano attività di carico e scarico di materiali di varia natura, quali gasolio, olio combustibile denso (ocd), virgin naphta, etilene, benzina verde, bitume, metanolo, petrolio greggio, soda, cemento, etc.

Dalla numerosità degli insediamenti prospicienti la Rada di Augusta e dalla posizione "strategica" degli stessi si evince l'importanza di tale area. Al riguardo, i commi 1003 e 1004 della Legge n. 296 del 27 dicembre 2006 (Legge Finanziaria 2007) individuano lo scalo di Augusta come un porto con la connotazione di hub portuale di



interesse nazionale, destinando tra l'altro un contributo finanziario finalizzato allo sviluppo dell'intermodalità e delle attività di *transshipment*.

Numerose sono, quindi, le attività commerciali e industriali insistenti sulla Rada cui è legato un intenso traffico navale, con navi di elevata stazza (oltre le 55.000 t) e pescaggi superiori ai 12 metri che, peraltro richiedono, al fine di garantire l'effettuazione in sicurezza delle fasi di attracco e allontanamento dai pontili, l'ausilio dei rimorchiatori.

A titolo di esempio, sulla base dei dati trasmessi dall'Ufficio Armamento e Spedizioni della Capitaneria di Porto di Augusta è stato possibile registrare, nel solo mese di maggio 2005, il passaggio di 312 unità navali, attraccanti sia ai pontili che alle aree di ormeggio presenti in Rada, pari ad una media di 10 unità giornaliere.

Successivamente, dal febbraio al luglio 2006, sempre mediante l'ausilio del suddetto Ufficio della Capitaneria di Porto di Augusta, è stato realizzato un monitoraggio relativo ad alcuni accosti dei pontili, del quale si riportano in Tabella 6 i risultati.

Tabella 6. Numero di operazioni di ormeggio/disormeggio mensili relative agli accosti.

Accosto n.	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
6	5	6	2	2	2	3
7	6	8	7	13	12	10
8	10	11	10	13	10	13
9	3	6	4	1	5	9
10	9	19	10	6	15	11
11	6	9	8	6	7	4
17	1	4	7	0	0	3
18	3	2	4	0	0	1
19	8	7	4	1	0	0
20	5	2	8	0	2	5
21	5	5	4	0	3	2
22	5	5	8	0	4	4
23	8	9	5	1	3	5
24	6	4	2	0	0	0
25	8	11	9	1	6	7
26	8	8	9	1	7	8
TOTALE	96	116	101	45	76	85