

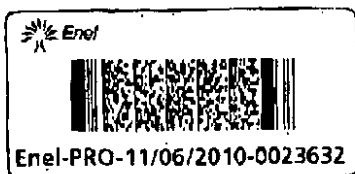


L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE GENERAZIONE ED ENERGY MANAGEMENT  
AREA DI BUSINESS PRODUZIONE TERMoeLETRICA  
UNITÀ DI BUSINESS PORTO CORSINI

48123 Porto Corsini (RA), via Baiona 253  
T +39 0544 223111 F +39 0544 223189

Porto Corsini



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA – 2010 – 0015647 del 18/06/2010

Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare.

DVA - DIV. VI  
Via C. Colombo, 44  
00147 ROMA

ISPRA  
Via Vitaliano Brancati 47  
00144 ROMA  
c.a. ing. Alfredo Pini



**Oggetto:** Valutazione effetti scarico termico sulla Pialassa Baiona  
AIA ex DSA-DEC-2009-0001631 del 12 /11/2009

Con riferimento all'art. 1 c. 3 del decreto in oggetto e al punto 9.4 del Parere Istruttorio allegato allo stesso, Vi comunichiamo che nel periodo 3-14 maggio abbiamo effettuato, come richiesto, l'indagine mirata alla valutazione degli effetti dello scarico termico sulla Pialassa Baiona. L'indagine è stata eseguita da CIRSA (Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali in Ravenna-Università di Bologna) e da CESI. In allegato Vi inviamo una relazione preliminare con i primi risultati che saranno completati a conclusione delle analisi di laboratorio e dell'elaborazione dei dati.

Infine come richiesto dall'art. 1 c. 5 del decreto si allega alla presente l'originale della quietanza del versamento della prescritta tariffa di cui al Decreto Interministeriale 24 Aprile 2008.

Distinti saluti.

Piorgio Tonti  
Il Responsabile

All:c.s.

Id profilo: 5258483





**C.I.R.S.A.**  
**Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali in Ravenna**

**Alma Mater Studiorum - Università di Bologna**

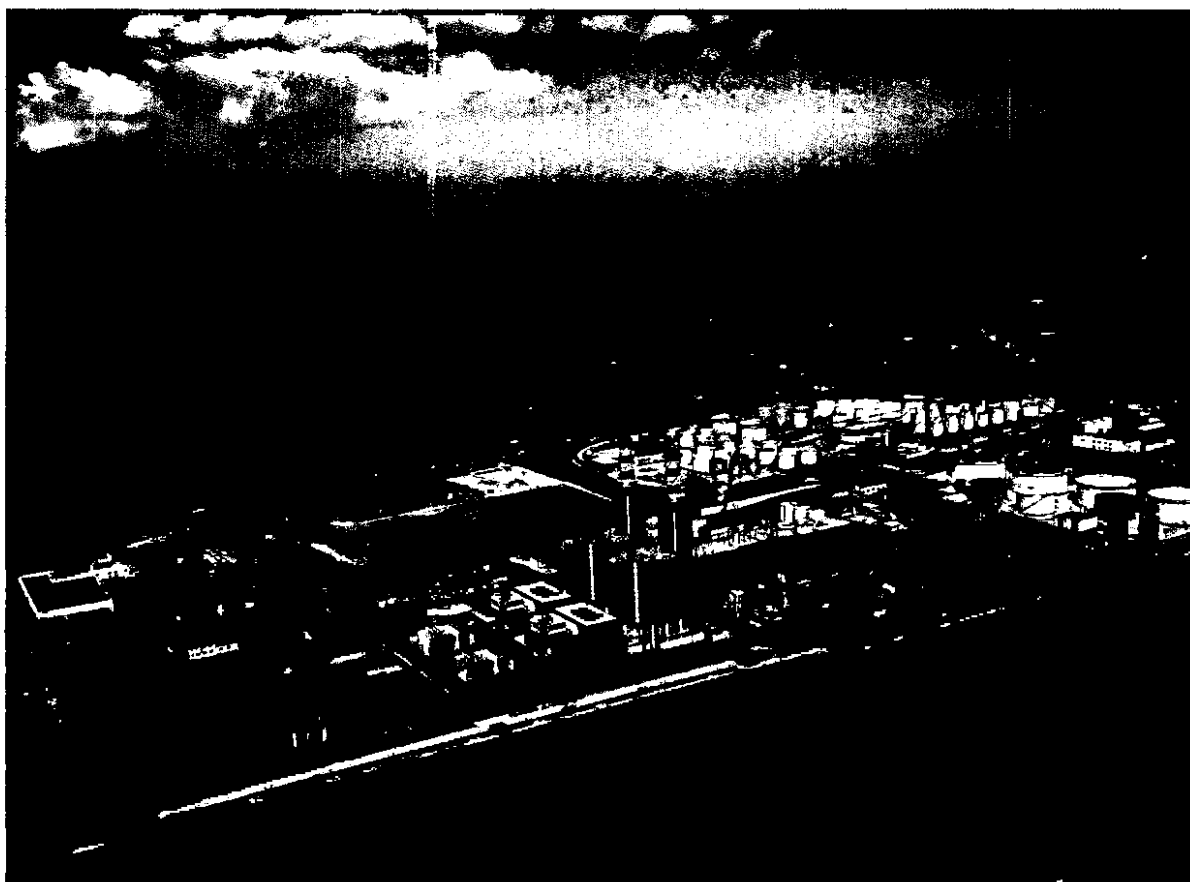


**Divisione Ambiente e Territorio di CESI S.p.A.**

**RELAZIONE PRELIMINARE SULL'INDAGINE CONDOTTA PER LA  
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO DELLA  
CENTRALE ENEL SPA "TEODORA" SULLA PIALASSA BAIONA  
NELL'AMBITO DELLE PRESCRIZIONI AIA**

**ANNO 2010**

PUBBLICATO B0010851 (PAD - 1343844)





*Indice*

<b>1</b>	<b>GRUPPO DI LAVORO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>AREA DI STUDIO .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>SCOPI E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO .....</b>	<b>9</b>
5.1	Pianificazione temporale dell' indagine .....	9
5.2	Impostazione dell'indagine termica .....	10
5.3	Impostazione dell'analisi dei sedimenti e dei popolamenti macrobentonici .....	13
<b>6</b>	<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>19</b>
6.1	Rilievi termici.....	19
6.1.1	Rete termografica .....	19
6.1.2	Sonda multiparametrica CTD.....	20
6.2	Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di sedimento .....	21
6.3	Analisi dei contaminanti nei campioni di sedimento.....	22
6.4	Analisi dei popolamenti macrobentonici.....	24
6.4.1	Distribuzione delle specie e caratterizzazione dei popolamenti .....	24
6.4.2	Diversità specifica .....	24
6.4.3	Analisi univariata e multivariata della varianza .....	25
<b>7</b>	<b>RISULTATI PRELIMINARI .....</b>	<b>27</b>
7.1	Dati al contorno .....	27
7.1.1	Registrazione delle oscillazioni mareali .....	27
7.1.2	Operatività della centrale.....	29
7.2	Rilievi termici.....	29
7.2.1	Rete termografica fissa .....	29
7.2.2	Profili CTD.....	42
<b>8</b>	<b>SINTESI DELL'ATTIVITÀ SVOLTA .....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>45</b>



## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	11/06/2010	B0010851	Prima emissione

## 1 GRUPPO DI LAVORO

All'esecuzione delle attività di campo e di laboratorio, alla definizione del piano di indagine e alla redazione della presente relazione hanno partecipato il Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali di Ravenna (CIRSA) - Università di Bologna e ISMES di CESI SpA. Le persone coinvolte sono di seguito riportate.

CIRSA	Marco Abbiati Simona Bonaiuti Giovanni Fontana Giuseppina Galletta Roberta Guerra Elena Lo Giudice Simone Marchiselli Massimo Ponti
ISMES - CESI	Tommaso Granata Amedeo Bozzani Giacomo Caleffi Patrizio Fontana Fabio Marengoni M.Laura Meloni Sergio Pastori

## 2 PREMESSA

Il Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009 di Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio della centrale di Porto Corsini (Ravenna) prevede, all'Art.1:

*"...il Gestore è tenuto a condurre un'indagine mirata alla valutazione degli effetti dello scarico termico sulla Pialassa Baiona."*

A tale proposito è stata eseguita, nella prima metà di maggio 2010, un'indagine per la valutazione degli effetti dello scarico termico, che prevede l'esecuzione di rilievi di temperatura nella Pialassa Baiona e campionamenti di sedimento per le analisi chimico-fisiche e di popolamenti bentonici, volta alla caratterizzazione dell'area oggetto di studio in condizioni di funzionamento dell'impianto.

In questo rapporto preliminare, che rende conto dello stato di avanzamento delle attività all'11 giugno, sono riportati l'inquadramento dell'area in esame, i principi in base ai quali sono stati impostati il piano di indagine, lo schema di campionamento e una presentazione dei primi dati disponibili.

Vengono descritti inoltre i metodi applicati, l'operatività in campo, le attrezzature e la strumentazione utilizzata.

Per quanto riguarda i risultati dell'indagine effettuata, è da considerare che per la parte analitica e di elaborazione dei dati sono necessari alcuni mesi, e quindi in questa fase sono stati inseriti i dati al momento disponibili.

Infatti la determinazione della composizione dei popolamenti macrobentonici è piuttosto complessa e comporta tempi lunghi, dovuti al trattamento preliminare dei campioni di sedimento in laboratorio per la separazione degli organismi dalla matrice (sorting) e al successivo riconoscimento fino al livello di specie, ove possibile, attraverso l'utilizzo di chiavi tassonomiche e il confronto con la bibliografia di riferimento. I dati ottenuti dalla prima fase di laboratorio devono successivamente essere elaborati per la valutazione della distribuzione delle specie e la caratterizzazione dei popolamenti. L'eventuale discriminazione tra le aree testate, per la verifica della presenza di differenze significative tra l'area influenzata dallo scarico termico e le altre aree della laguna influenzate da altre attività antropiche o non soggette a impatti diretti, richiede inoltre l'analisi statistica dei dati ottenuti che comporta anch'essa un ulteriore periodo di elaborazione.

Infine, l'articolato sviluppo della rete termografica installata, che consiste in 23 stazioni con sensori in doppio a tre profondità, ha generato una mole di dati che necessita di tempi lunghi per l'elaborazione grafica, tabellare e statistica. A tale elaborazione dovrà poi seguire la fase interpretativa per il riconoscimento e la descrizione della complessa dinamica termica delle masse d'acqua coinvolte.

Da quanto sopra la relazione finale, che sarà disponibile nel mese di dicembre, conterrà tutti i dati ottenuti dalla presente indagine e tutte le elaborazioni necessarie per la caratterizzazione dell'area in esame.

### 3 INTRODUZIONE

La centrale Enel Produzione "Teodora" di Porto Corsini (comune di Ravenna) opera prelevando l'acqua di raffreddamento dal canale industriale Candiano e restituisce le portate di scarico nel canale artificiale Magni, a sua volta in comunicazione con la fitta rete di canali artificiali e acquitrini (chiari) che nel complesso costituiscono la laguna costiera denominata Pialassa Baiona, collegata a sua volta al mare aperto attraverso il tratto terminale del canale Candiano e l'area portuale di Porto Corsini.

L'apporto termico causa delle modificazioni dei sistemi ambientali coinvolti. Tali modificazioni possono avere carattere negativo o positivo in relazione all'entità del fenomeno e alla realtà ambientale in cui si va a collocare (Conlan, 1994; Lardicci *et al.*, 1999; Massa *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009a).

Per la corretta valutazione del tipo di alterazione indotta e della sua entità è essenziale impostare un programma di valutazione ambientale rigorosa basato su un disegno sperimentale che permetta di testare specifiche ipotesi relative al tipo, all'intensità ed all'estensione delle possibili alterazioni (Green, 1979; Abbiati, 2003).

I popolamenti naturali della laguna costiera Pialassa Baiona sono caratterizzati da un'elevata eterogeneità spaziale, messa già in evidenza da diversi studi precedenti (Ponti *et al.*, 2002; Ponti *et al.*, 2003a; Ponti *et al.*, 2003b; Ponti e Abbiati, 2004; Ponti *et al.*, 2005; Ponti *et al.*, 2007; Ponti *et al.*, 2008; Abbiati *et al.*, 2010). La distribuzione e struttura dei popolamenti è influenzata dai naturali gradienti terra-mare, tipici di ogni ambiente di transizione, che rappresentano la risultante dell'interazione fra circolazione e ricambio idrico, salinità, ossigenazione, accumulo di sostanza organica nei sedimenti, ecc. Ad essi si sovrappongono gli eventuali fattori di disturbo antropico, nella Pialassa Baiona rappresentati dallo scarico e dall'accumulo di sostanze tossiche nei sedimenti, immissione di acque di superficie e acque di scarico di impianti di trattamento civili e industriali, nonché da effluenti termici, tutti per lo più localizzati nell'area meridionale della laguna. Il bacino è inoltre interessato dagli interventi diretti ed indiretti sulla laguna, generalmente intesi alla conservazione e miglioramento della qualità ambientale (Guerra *et al.*, 2007; Prato *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009b).

Per verificare le ipotesi di studio specifiche nelle indagini ambientali, e in particolare negli studi sull'impatto delle attività antropiche, è essenziale l'impiego di disegni di campionamento corretti e che prevedano un adeguato livello di replicazione, in relazione alla variabilità del sistema indagato. Nella presente indagine viene applicato un disegno di campionamento strutturato in modo da poter



discriminare i possibili effetti dell'attività antropica, con riferimento alla presenza e alla localizzazione dei reflui termici, dai gradienti naturali dalla variabilità a micro-meso scala spaziale ( $10^{0-2}$  m), tipica di questi habitat. Le analisi di correlazione tra la struttura dei popolamenti bentonici e le variabili ambientali misurate permetteranno di valutare l'influenza relativa delle diverse sorgenti di disturbo antropico.

#### 4 AREA DI STUDIO

L'area denominata Pialassa Baiona consiste in una laguna di estensione di circa 1800 ettari, originata a seguito degli interventi da parte dell'uomo per la costruzione del porto canale Candiano. I successivi interventi antropici volti alla conservazione del porto hanno tutelato l'esistenza della laguna stessa fino ai giorni nostri.

La laguna è delimitata a nord dal corso del fiume Lamone, ad ovest dalla pineta San Vitale, a sud dal porto canale di Ravenna ed ad est dall'abitato di Marina di Ravenna.

Il bacino comunica con il mare attraverso il porto-canale Candiano dal quale si dipartono a raggiera i canali artificiali principali e secondari della laguna; questi corsi alimentano aree poco profonde semisommerse denominate "chiar" (Fig. 1).

La profondità raggiunge mediamente il metro nei chiar e varia da 1 metro fino a punte di oltre 6 metri nei canali, le escursioni di marea oscillano da 0.3 a 1 metro di profondità (CIRSA Università di Bologna e Comune di Ravenna, 2003).

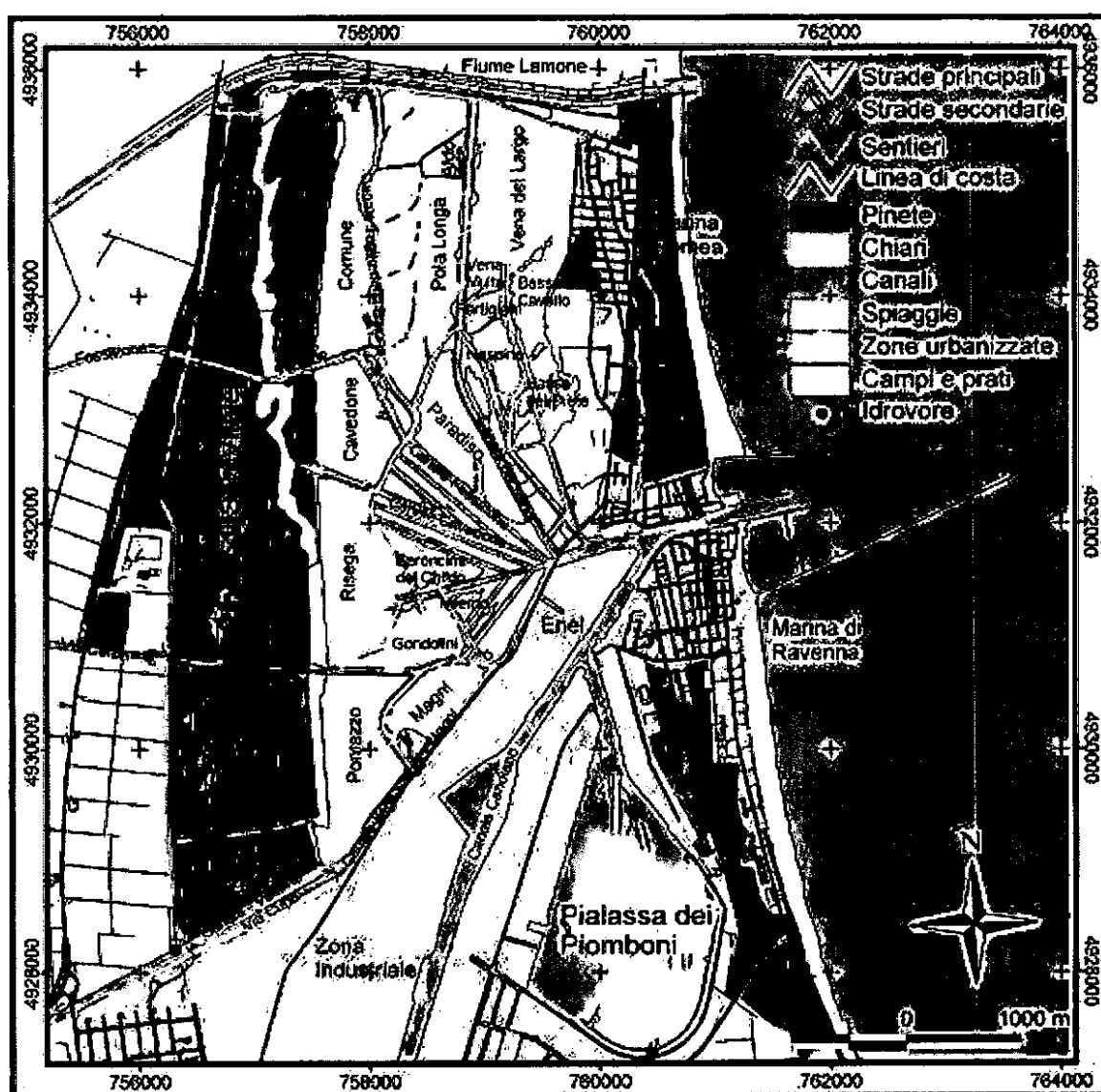


Fig. 1 - Pialassa Baiona (reticolo di coordinate UTM 32 ED50)





Cinque sono i canali che portano acque dolci nella laguna: i canali Baiona e Fossatone che recano le acque del fiume Lamone, e gli scarichi di Via Cupa, Via Cerba e Canala-Valtorto. Questi drenano un bacino idrografico comprendente aree urbane e agricole e quindi incanalano nel bacino le acque di scarico di parte della città di Ravenna e provincia e quelle industriali che, anche se depurate a norma di legge, immettono comunque elevate quantità di nutrienti per un ricettore molto delicato quale è la Pialassa, definita come “area sensibile” dal Testo Unico per la tutela delle acque (D.Lgs 152/06). L’eccesso di nutrienti è responsabile delle fioriture algali tipiche di questo ambiente caratterizzato da un basso ricambio di acqua, che, a sua volta, determina fenomeni di anossia e di crisi distrofiche. Per rimediare a questo problema, il Comune ha recentemente eseguito alcuni interventi per deviare lo scolo del canale Via Cupa direttamente nel porto-canale Candiano che, anche se connesso con la laguna, è soggetto a un ricambio idrico maggiore data la comunicazione diretta con il mare e la maggiore profondità. Inoltre sono state affrontate opere di dragaggio del canale Baccarini allo scopo di aumentarne la profondità e migliorare la circolazione interna della laguna.

A sud della laguna, integrate nel polo industriale, sono presenti due centrali termoelettriche (EniPower ed Enel Produzione) che insistono sul bacino tramite lo scarico delle proprie acque di raffreddamento.

La vicinanza con il polo chimico-industriale ha portato nel passato a fenomeni di contaminazione. Studi sui sedimenti hanno, infatti, rilevato la presenza di metalli pesanti come mercurio (Anconelli *et al.*, 1980; Miserocchi *et al.*, 1993; Ballardini *et al.*, 1994; Fabbri *et al.*, 1998), di idrocarburi policiclici aromatici, IPA, resine e gomme sintetiche (Tartari, 1999; Fabbri *et al.*, 2000; McRae *et al.*, 2000; Fabbri *et al.*, 2003; Foschini, 2002) e di contaminanti organo-clorurati (Matteucci *et al.*, 2001).

La zona è anche oggetto attività di pesca e di raccolta di molluschi e pertanto è sottoposta a controllo da parte degli Enti preposti (CIRSA, 2003).

Il sistema lagunare Pialassa Baiona è altresì storicamente collegato alla realtà portuale che ne ha condizionato nel tempo l’evoluzione. Lo scambio con il mare e la presenza di un importante polo industriale consentono di ipotizzare l’esistenza nel bacino di due principali gradienti, uno naturale ed uno antropico. Il gradiente naturale è rappresentato dalla riduzione della velocità di corrente, dall’aumento del ritardo di marea e dal minore ricambio idrico che si ha spostandosi dalla zona di confluenza dei canali verso il mare alle zone più interne della laguna (Martinelli *et al.*, 2003). L’impatto antropico ha la massima intensità nella zona meridionale della laguna dove si riversano le acque reflue dei depuratori della città di Ravenna e del polo industriale, le acque di scolo delle aree agricole limitrofe e quelle di raffreddamento delle due centrali elettriche e diminuisce spostandosi verso le aree settentrionali del bacino.

In questa indagine, finalizzata alla valutazione degli effetti dell’attività della centrale termoelettrica Enel “Teodora”, tra le diverse tipologie di possibile disturbo d’impatto antropico sono state analizzate l’inquinamento termico e la contaminazione chimica dei sedimenti.



## 5 SCOPI E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO

Il primo scopo della presente indagine è di valutare l'estensione spaziale, verticale e la consistenza temporale della variazione della temperatura dell'acqua della Pialassa Baiona indotta dallo scarico termico della centrale termoelettrica Enel "Teodora".

Il secondo scopo è quello di valutare i possibili effetti delle alterazioni termiche sull'ecosistema, scorporandolo nel modo migliore possibile dagli effetti dei gradienti naturali tipici di tutti gli ambienti acquatici di transizione, e dagli effetti delle altre sorgenti di impatto antropico, come l'eutrofizzazione, le crisi distrofiche, altri scarichi termici e fenomeni di inquinamento chimico, più rilevante in passato, ma di cui vi è ancora una traccia evidente nel comparto sedimentario.

La valutazione dei possibili effetti ecologici in questo studio viene svolta analizzando i popolamenti di macroinvertebrati bentonici, che per le loro caratteristiche risultano particolarmente adatti alla caratterizzazione delle qualità dell'ambiente (Dauer, 1993). Contemporaneamente vengono misurate le concentrazioni dei principali inquinanti presenti nei sedimenti che possono concorrere a determinare lo stato di salute dei popolamenti stessi.

### 5.1 Pianificazione temporale dell' indagine

La Pialassa della Baiona, come è stato già ricordato, analogamente agli altri sistemi di transizione (Basset et al 2006) è caratterizzata da marcate variazioni spazio-temporali delle caratteristiche abiotiche e biotiche. Pertanto, nelle indagini che prevedono una campagna di campionamento, la scelta del periodo in cui questa viene effettuata è estremamente critica ed importante. Il fine del campionamento è quello di fornire una immagine ridotta, ma non alterata, della realtà ambientale. In una indagine puntiforme è importante evitare di effettuare il campionamento in momenti in cui la misurazione degli effetti che si vogliono quantificare possa essere mascherata da eventi temporanei o occasionali che possono agire uniformando i pattern ambientali o alterando la composizione e struttura dei popolamenti. Questo tipo di eventi si presenta in modo ricorrente nelle aree costiere e nelle acque di transizione, pertanto è essenziale disporre di serie storiche di dati che possano servire da guida nella scelta del periodo in cui effettuare il campionamento. Il CIRSA sulla Pialassa Baiona dispone di serie storiche di dati ambientali ed ecologici che, con diversa frequenza, coprono un intervallo temporale di circa 20 anni. Questa base di dati è stata utilizzata per definire il periodo di indagine fra fine aprile e i primi di giugno. Tenendo conto anche delle scadenze indicate nel Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009 il campionamento è stato effettuato nella prima metà del mese di maggio 2010. Tale periodo tardo-primaverile costituisce il momento migliore per valutare lo stato degli ecosistemi marini costieri e di transizione utilizzando i popolamenti di macroinvertebrati bentonici come indicatori di qualità ecologica e le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti per la valutazione delle componenti abiotiche. Questi ambienti, infatti, nell'arco dell'anno sono periodicamente soggetti a crisi distrofiche che si sviluppano prevalentemente nel periodo tardo primaverile - estivo e che possono ridurre la diversità specifica dei popolamenti e l'abbondanza delle specie più sensibili alla riduzione della percentuale di saturazione di ossigeno delle acque (Ponti e Abbiati, 2004). Gli effetti delle crisi anossiche si manifestano già nelle settimane che le precedono e si protraggono per mesi dopo il termine dell'evento acuto, dato che i sistemi bentonici mantengono una memoria degli eventi di stress e di disturbo che li hanno condizionati. In queste condizioni di alterazione non sarebbe possibile valutare correttamente lo stato della qualità ambientale. Il recupero dei popolamenti inizia nel periodo autunnale ed invernale, ma raggiunge il maggiore impulso a seguito degli eventi riproduttivi, che generalmente coincidono con l'inizio della primavera (febbraio-marzo). In questa fase i popolamenti vanno incontro al reclutamento della maggior parte delle specie. Le prime fasi di insediamento e reclutamento degli stadi giovanili sono caratterizzati dall'estrema abbondanza di individui giovanili, che possono raggiungere anche le centinaia o migliaia di individui per campione. Il massiccio reclutamento tende ad omogeneizzare i popolamenti, e inoltre pone dei problemi di analisi dei campioni sia per l'abbondanza delle specie che per le difficoltà che si incontrano nella classificazione a livello di specie. L'intensivo reclutamento primaverile costituisce la base per la formazione del popolamento maturo che sarà costituito dalle poche reclute che sopravvivranno e andranno a formare il popolamento maturo. La



sopravvivenza delle reclute dipenderà dalle condizioni ambientali e le due fasi, di reclutamento massivo e di mortalità selettiva, generano le differenze quali/quantitative che sono all'origine dell'uso dei popolamenti bentonici come indicatori di qualità ecologica. Il periodo ottimale per il campionamento si colloca, pertanto, dopo la prima fase di reclutamento e prima degli eventi distrofici, cioè nella tarda primavera, in cui si verificano le condizioni più idonee per valutare lo stato ecologico degli ambienti di transizione. In particolare, in base ai dati raccolti negli anni passati, nella Pialassa Baiona questo periodo coincide con i mesi di aprile-giugno. Questo è anche il periodo per il quale sono disponibili il maggior numero di dati pregressi (Ponti *et al.*, 2010), utile per valutare le modificazioni dell'ecosistema nel tempo. Maggio è anche il mese che è stato individuato come il periodo ottimale per condurre la valutazione periodica della qualità ambientale, in base alle indicazioni delle Water Framework Directive dell'UE nell'ambito del progetto di ricerca "Elementi biologici per la classificazione dello stato ecologico delle acque di transizione" finalizzato alla messa a punto della strategia nazionale di monitoraggio degli ecosistemi lagunari italiani coordinato da ARPA Emilia-Romagna, cui partecipano il CIRSA dell'Università di Bologna in Ravenna, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Parma, il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara, il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia.

Per quanto riguarda l'analisi dei campioni, i tempi richiesti dalle analisi chimiche dei sedimenti e le elaborazioni statistiche dei dati termici sono di pochi mesi. Più onerosa in termini di tempo è l'analisi della composizione specifica dei popolamenti e della loro abbondanza, in particolare per poter condurre l'analisi a livello di specie: il più accurato livello tassonomico in grado di fornire una più fine analisi di quelle che sono le caratteristiche dei popolamenti, in particolare lavorando su scale spaziali piccole e con eventi di disturbo non acuti ma cronici. Ai tempi di smistamento, classificazione e verifica tassonomica dei campioni di benthos vanno sommati i tempi necessari per le opportune elaborazioni grafiche e le analisi statistiche dei dati.

## 5.2 Impostazione dell'indagine termica

L'attività in oggetto ha previsto l'esecuzione di misure termiche nella Pialassa Baiona per la caratterizzazione dell'area oggetto di studio in condizioni di funzionamento dell'impianto come di seguito descritte.

Per la caratterizzazione termica del corpo idrico in questione sono state eseguite le seguenti attività sperimentali:

- rilievo mediante termografi (misuratori della temperatura dell'acqua a 3 diverse profondità: -0.1 m, -1.5 m rispetto alla superficie e in prossimità del fondo) in 23 stazioni di misura; la durata del rilievo è stata di 10 giorni consecutivi con frequenza di acquisizione pari a 15 minuti; l'ubicazione delle diverse stazioni di monitoraggio è stata definita in base alla necessità di caratterizzare compiutamente l'intero corpo idrico ricettore;
- georeferenziazione assoluta delle stazioni mediante sistema di posizionamento DGPS;
- misura delle oscillazioni mareali della Pialassa Baiona in prossimità dell'opera di restituzione delle acque di raffreddamento durante il periodo del monitoraggio;
- rilievi di temperatura lungo il profilo verticale delle colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD all'interno della Pialassa Baiona per caratterizzare, nel periodo di indagine, la stratificazione termica del corpo idrico, cioè lo spessore dello stato d'acqua superficiale interessato dai fenomeni di riscaldamento, in corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature<sup>1</sup>);
- caratterizzazione delle condizioni al contorno dei rilievi utilizzando il livello di produzione della centrale durante i giorni del monitoraggio;

<sup>1</sup> Condizioni di mareali:

- di sizigia (● o ○): coincidono con luna nuova o luna piena.
- di quadratura (◐ o ◑): coincidono con il primo quarto e l'ultimo quarto di luna, quando cioè la percentuale di superficie illuminata è il 50%

- elaborazione complessiva dei dati dei rilievi.

Nella figura 2 viene riportata la mappa con le indicazioni delle 23 stazioni in cui sono stati posizionati i termografi, mentre in figura 3 vengono riportati le 9 stazioni in cui sono stati effettuati i profili mediante sonda multiparametrica.

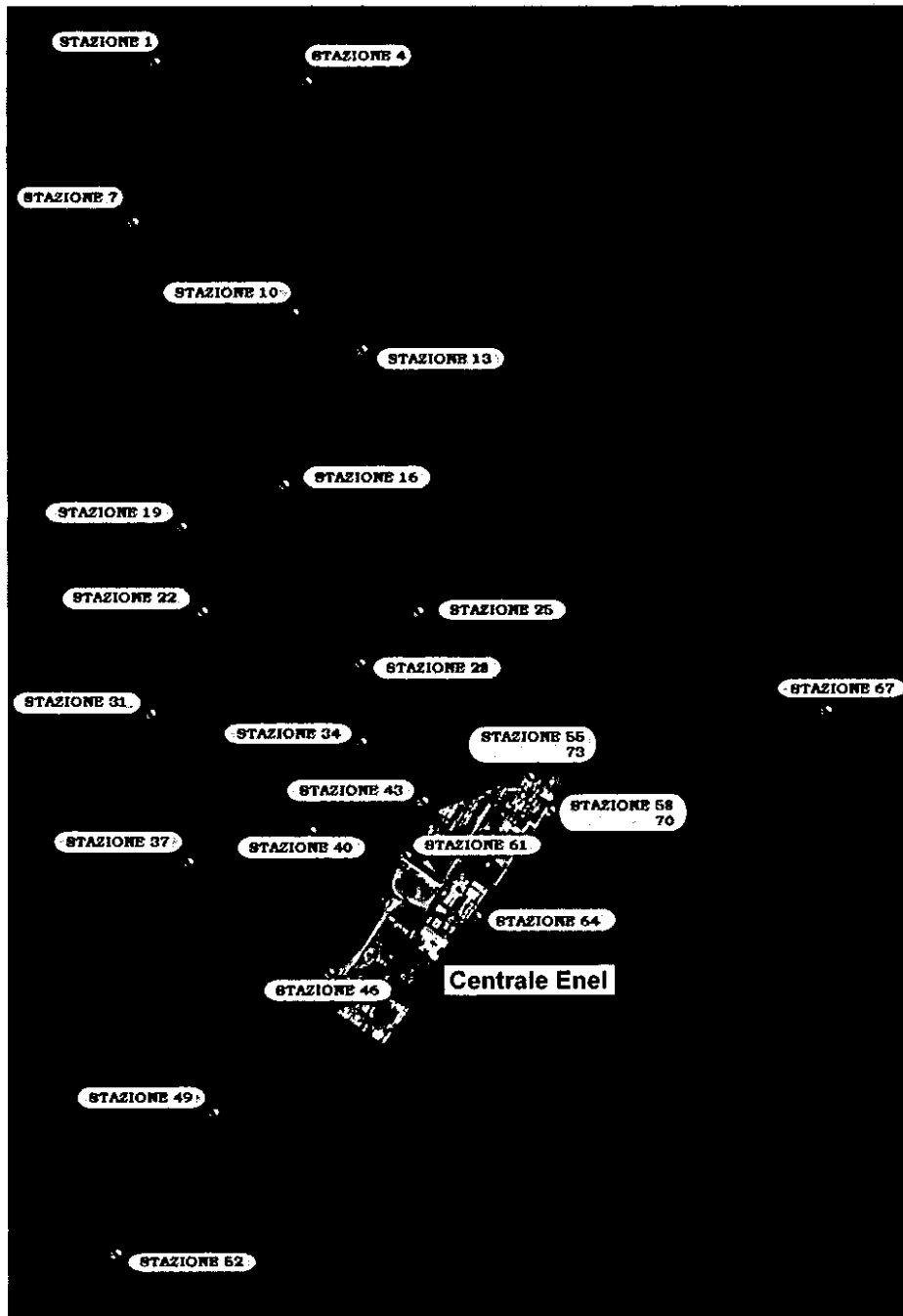


Fig. 2 - Planimetria della Pialassa Baiona con indicata l'ubicazione delle 23 stazioni di misura della temperatura tramite termografi

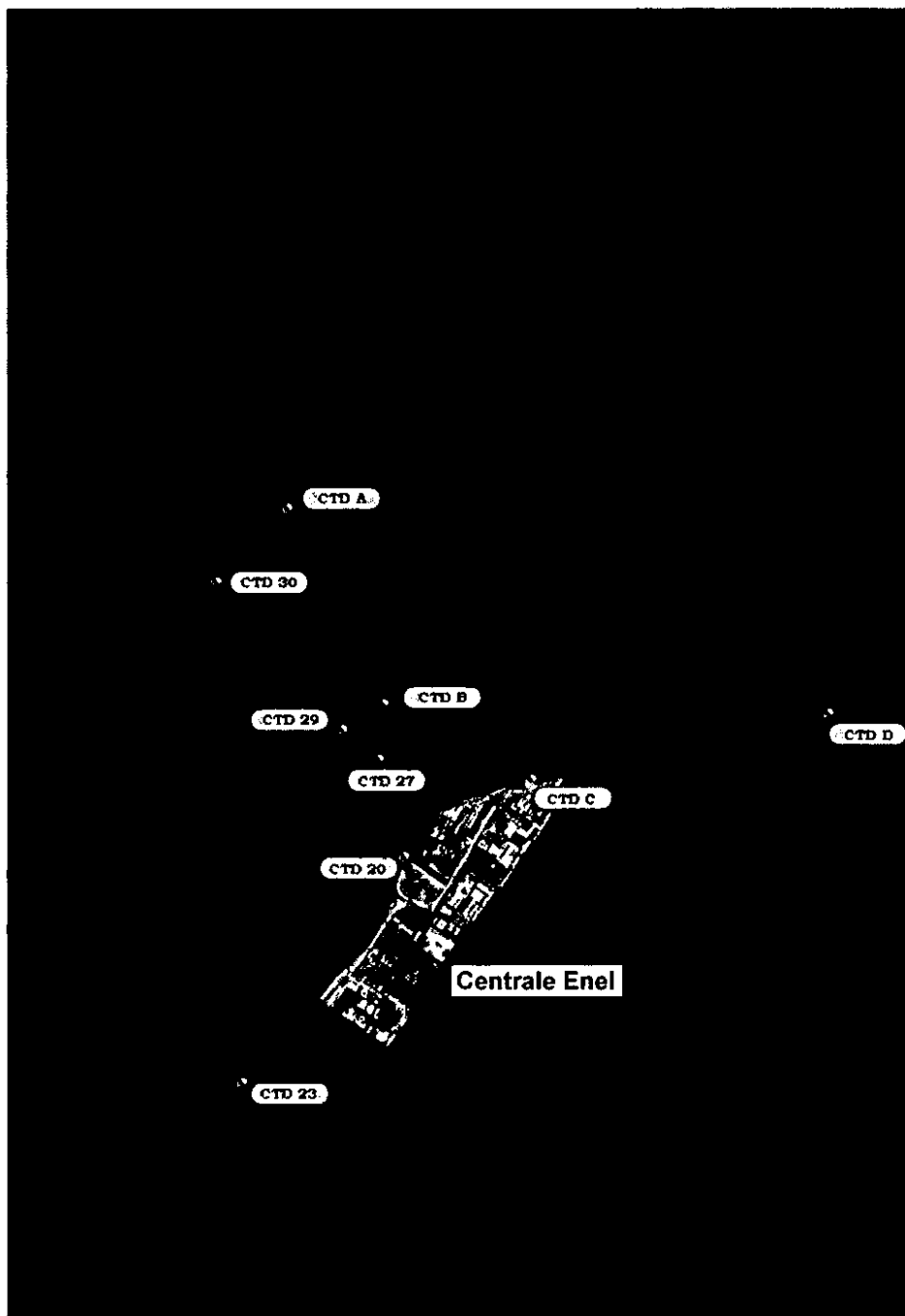


Fig. 3 - Planimetria della Pialassa Baiona con indicata l'ubicazione delle 9 stazioni di misura della temperatura tramite sonda CTD



### 5.3 Impostazione dell'analisi dei sedimenti e dei popolamenti macrobentonici

Per la valutazione della qualità dei sedimenti e dello stato dei popolamenti di invertebrati macrobentonici della Pialassa Baiona, considerando la complessità del bacino e le molteplici fonti di disturbo presenti, è stato utilizzato un disegno di campionamento multifattoriale che utilizza dati quantitativi per confrontare la struttura dei popolamenti in aree esposte alle diverse condizioni ambientali. L'ipotesi che viene saggiata con il disegno sperimentale utilizzato è che la struttura dei popolamenti bentonici nell'area influenzata dallo scarico termico differiscano in modo significativo da quella dei popolamenti presenti in aree della laguna non esposte ad impatti o influenzate da altre fonti di impatto antropico. L'analisi dei popolamenti bentonici viene condotta in termini sia qualitativi sia quantitativi.

Il disegno sperimentale adottato analizza gli effetti del possibile gradiente d'impatto antropico e dei gradienti naturali terra-mare. Questi elementi sono formalizzati nella definizione dei fattori "vicinanza alla sorgente di disturbo", per il quale vengono presi in considerazione due livelli (vicino e lontano), e "vicinanza al mare", con due livelli (vicino e lontano). Questi due fattori sono ortogonali tra loro non solo concettualmente ma, data la morfologia della laguna, anche geograficamente. Sono state quindi definite quattro aree rappresentate da altrettanti tratti di canale secondo le possibili combinazioni tra vicino o lontano dalla zona industriale e vicino o lontano dal mare:

- **Area 1:** parte iniziale, più interna, del canale Magni, che riceve direttamente le acque di scarico dei depuratori della città e delle industrie nonché le acque di raffreddamento della centrale termoelettrica Eni e che è meno influenzata dall'azione del mare;
- **Area 2:** tratto terminale del canale Magni-Staggi, in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e vicino al polo industriale, rappresenta la zona direttamente influenzata dagli effluenti termici della centrale Enel "Teodora" e soggetta ad un forte ricambio con il mare;
- **Area 3:** canale Fossatone, in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e relativamente lontano dalla zona industriale;
- **Area 4:** canale Taglio della Baiona, lontano dal polo industriale e lontano dall'influenza del mare che rappresenta la zona più interna della laguna.

Sono state così individuate zone della laguna maggiormente esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle aree di campionamento 1 e 2, rispetto alle aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le comunità delle aree 2 e 3, prossime al mare, con quelle delle aree 1 e 4 più interne alla laguna. I due fattori, vicinanza al mare e alle fonti di disturbo, potrebbero influenzarsi vicendevolmente determinando una interazione che porterebbe a un differenziamento dei popolamenti più complesso.

Per poter valutare il livello di variabilità a piccola scala spaziale dei popolamenti e delle condizioni ambientali all'interno delle quattro aree precedentemente definite, in ciascuna di esse sono stati individuati in modo casuale tre siti di campionamento e per ciascun sito sono stati raccolti quattro campioni replica (Figura 4). Il numero di siti per area e di repliche è stato determinato in base alla variabilità intrinseca del sistema definita dedotta dai dati storici disponibili e agli scopi dello studio.

Le possibili interazioni tra le diverse aree sono indicate in figura 5.

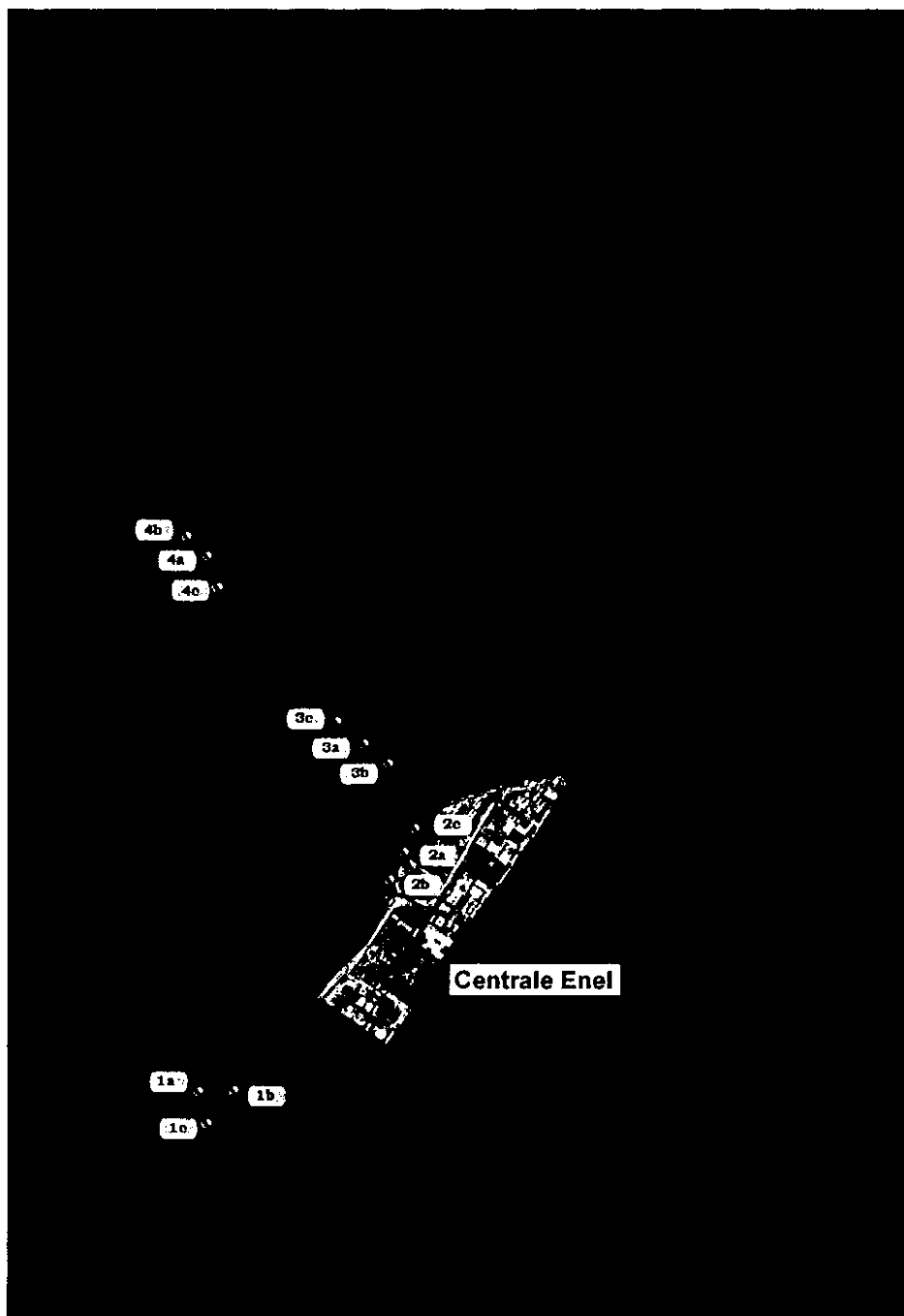


Fig. 4 - Planimetria della Pialassa Baiona con indicate le stazioni di campionamento per l'analisi dei sedimenti e dei popolamenti bentonici

		distanza dal mare	
		vicino	lontano
distanza dalle sorgenti di disturbo	vicino	Area 2 Enel 3 siti 3 repliche	Area 1 Eni 3 siti 3 repliche
	lontano	Area 3 3 siti 3 repliche	Area 4 3 siti 3 repliche

Fig. 5 - Schema del disegno di campionamento adottato e delle possibili combinazioni fra i fattori considerati

Dato che i popolamenti possono essere condizionati da diversi fattori ambientali e antropici, sulla base degli studi precedenti, che mostrano come la zona presenti ancora significative tracce di inquinamento chimico verificatosi nel passato (Trombini *et al.*, 2003; Fabbri e Vassura, 2003), anche se gli scarichi della centrale termica non sono fonte di contaminati si è ritenuto opportuno caratterizzare i sedimenti anche in termini di presenza di alcuni metalli pesanti, di idrocarburi totali (suddivisi in C<12 e C>12), di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e di pesticidi organoclorurati.

La profondità di prelievo dei campioni di sedimento per l'analisi dei popolamenti bentonici e dei contaminanti è stata stabilita tra 0 e 50 cm sotto il livello di riferimento degli scandagli (media dei più bassi livelli minimi di marea, MLLW, *Mean Lower Low Water*). Tale profondità è stata scelta sulla base di rilievi preliminari condotti con sonda CTD nei giorni 16 e 22 marzo, in condizioni di alta e bassa marea (sizigia) e marea intermedia (quadratura).

I profili di temperatura, opportunamente corretti rispetto al livello di riferimento citato, riportati nelle figure 6, 7 e 8, mettono infatti in evidenza come l'influenza del pennacchio termico sia sempre discriminabile solamente entro i 50 cm di profondità della colonna d'acqua nei siti prossimi alle centrali; di conseguenza, solo i popolamenti bentonici presenti a questa profondità potrebbero essere esposti all'impatto termico e non quelli insediati a profondità maggiori.

Si sottolinea inoltre che la profondità indicata viene raggiunta sempre, in tutte le condizioni di marea, in tutti i siti di campionamento.



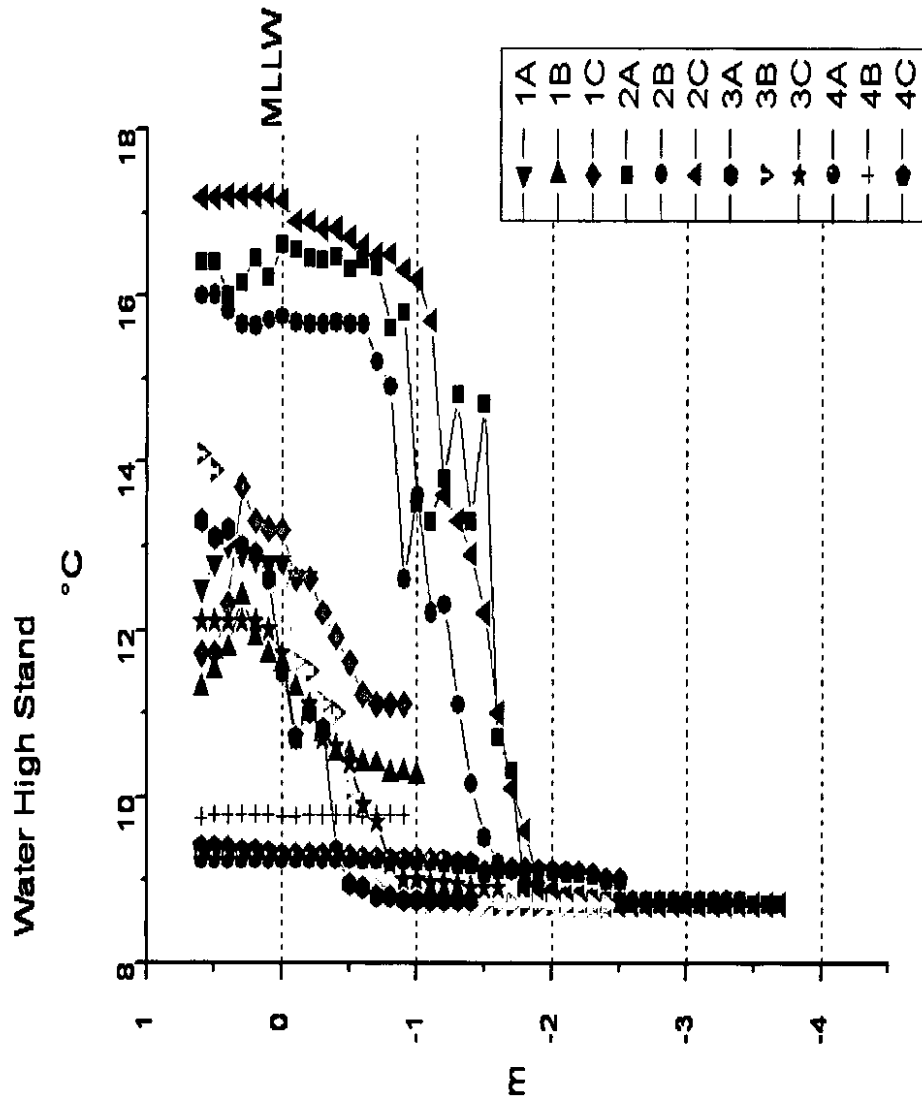


Fig. 6 - Profili di temperatura in condizioni di alta marea (sizigia, 16/03/2010, ore 9:30-12:05)

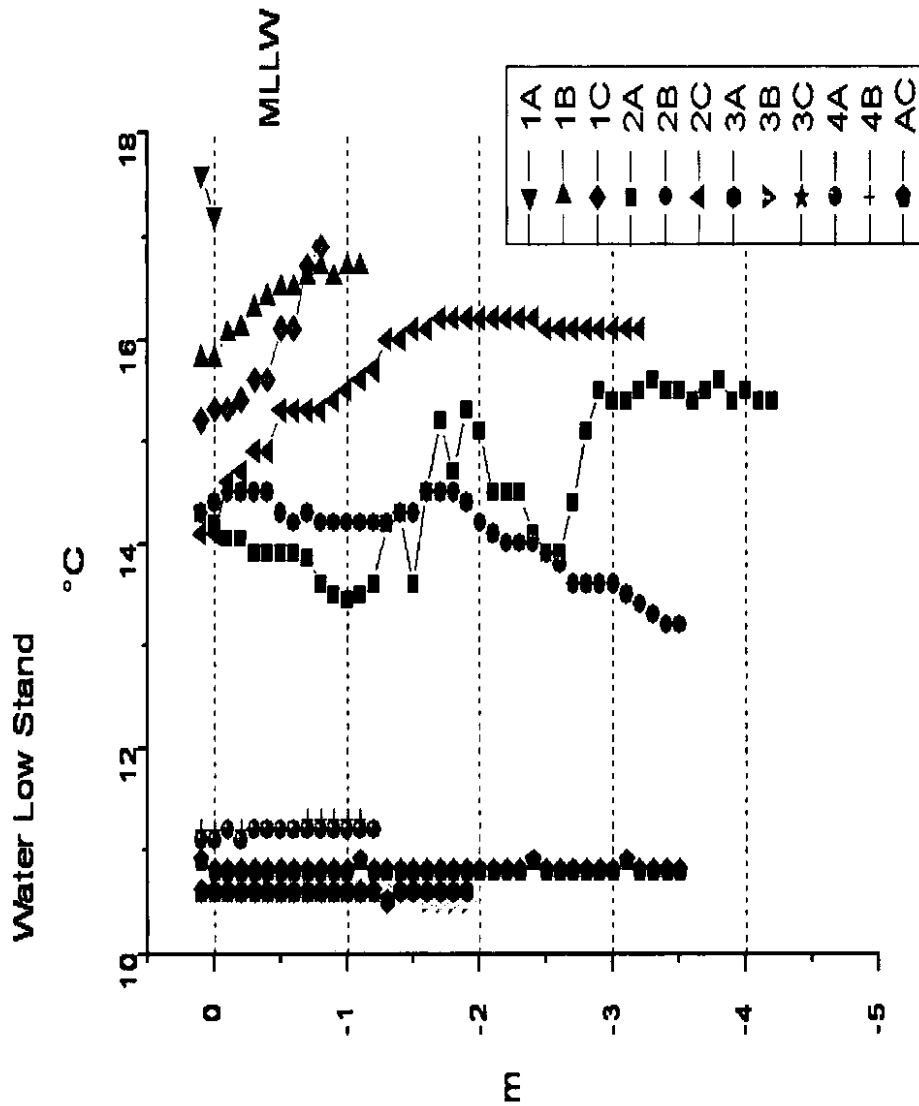


Fig.7 - Profili di temperatura in condizioni di bassa marea (sizigia, 16/03/2010, ore 15:35-17:15)

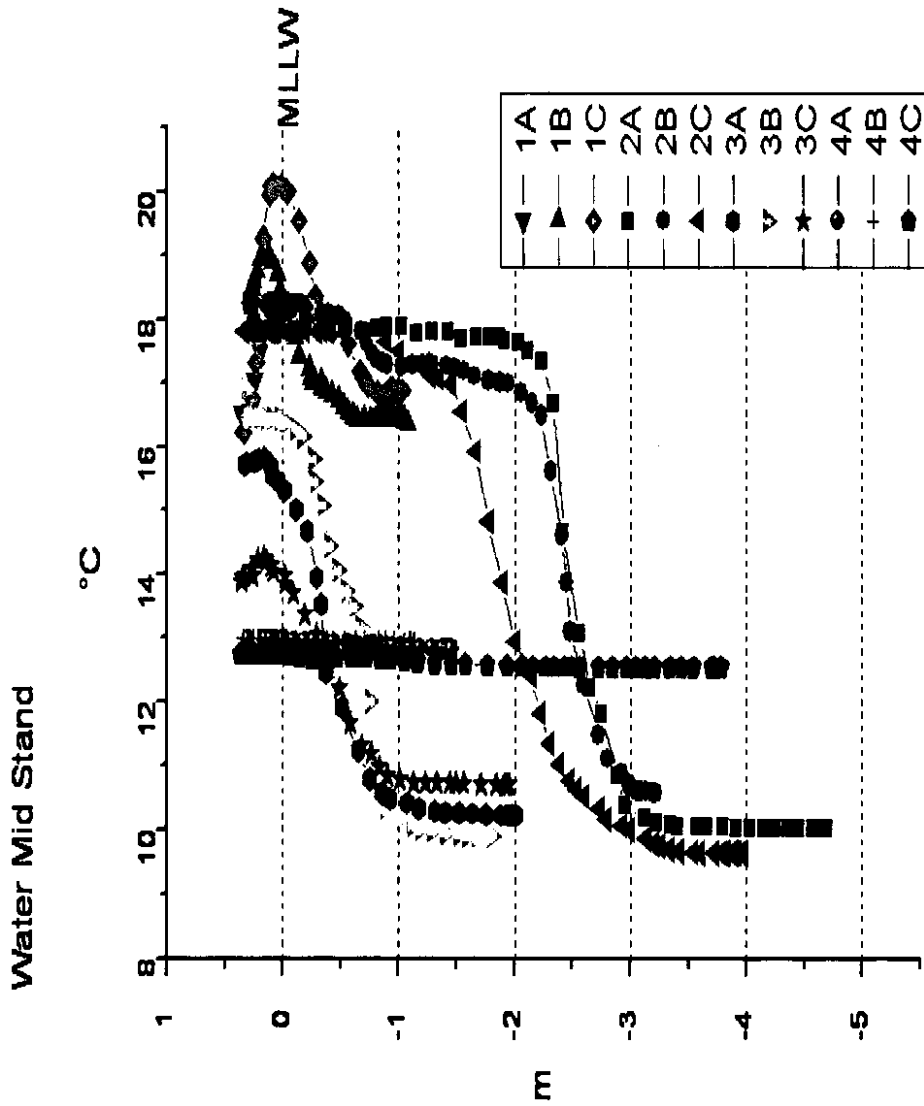


Fig. 8 - Profili di temperatura in condizioni di marea media (quadratura, 22/03/2010, ore 15:45-17:10)

## 6 MATERIALI E METODI

### 6.1 Rilievi termici

Le attività sono state svolte dal 3 al 14 maggio 2010, in concomitanza con un periodo di funzionamento continuo dell'impianto; la durata complessiva della campagna di rilievi è stata pari a 10 giornate consecutive di misura.

Per la caratterizzazione termica delle acque della Pialassa Baiona è stata utilizzata la seguente strumentazione:

#### 6.1.1 Rete termografica

Le registrazioni di temperatura dell'acqua nelle diverse stazioni della Pialassa Baiona e dei canali artificiali a essa collegati sono state effettuate utilizzando termografi galleggianti MTX TAS 1100 con incertezza di misura 0.2 °C, tarati in laboratorio, dotati di sistemi di misura e acquisizione del dato, equipaggiati ciascuno con tre sonde a termistore per il rilievo della temperatura a diverse profondità; i sensori di misura sono stati raddoppiati in ridondanza da altrettanti datalogger HOBO Pro V2.



Fig. 9 - Termografo a 3 punti di misura

L'installazione di ciascuno strumento nella relativa stazione di misura è stata tale da garantire il rilievo della misura di temperatura alla profondità di -0.1 m, -1.5 m rispetto alla superficie e in prossimità del fondo, indipendentemente dall'istante di marea.

Nell'immagine seguente è riportato lo schema di installazione:

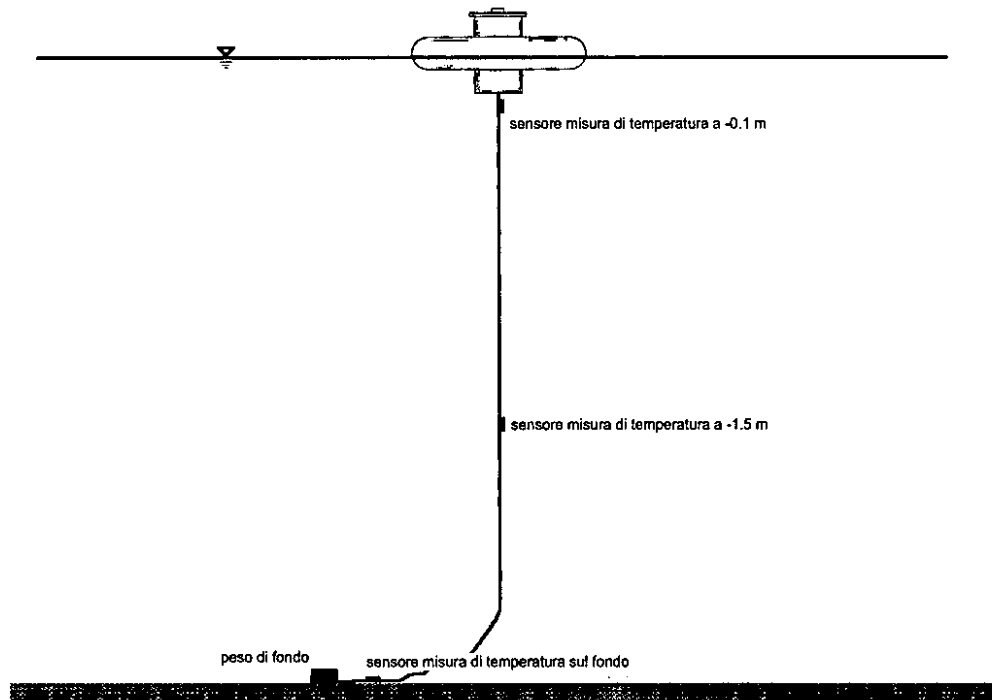


Fig. 10 - Schema di installazione di un termografo a 3 punti di misura

### 6.1.2 Sonda multiparametrica CTD

In corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature) sono stati effettuati rilievi di temperatura lungo la colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD all'interno della Pialassa Baiona per caratterizzare, nel periodo di indagine, la stratificazione termica del corpo idrico.

Per le misurazioni è stata utilizzata una sonda multiparametrica CTD Idromar dotata di certificazione SIT con precisione migliore di  $0.1^{\circ}\text{C}$ , che ha consentito il rilievo contemporaneo di temperatura, conducibilità e profondità di misura.

## 6.2 Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di sedimento

In base al disegno di campionamento elaborato per questa indagine nei tre siti individuati in ognuna delle quattro aree sono stati prelevati quattro campioni di sedimento per l'analisi del popolamento bentonico (tre da analizzare ed uno supplementare di scorta) per un totale di 48 campioni, di cui 36 destinati all'analisi.

Per prelevare i campioni è stato utilizzato un *box-corer* Wildco ®, con apertura di 15 x 15 cm per un'area di presa di 0.0225 m<sup>2</sup> (Figura 11) previa verifica della profondità dell'acqua opportunamente corretta sulla base della previsione astronomica di marea calcolata per Porto Corsini mediante le relative costanti armoniche con il software WXTide32 (Figura 12).

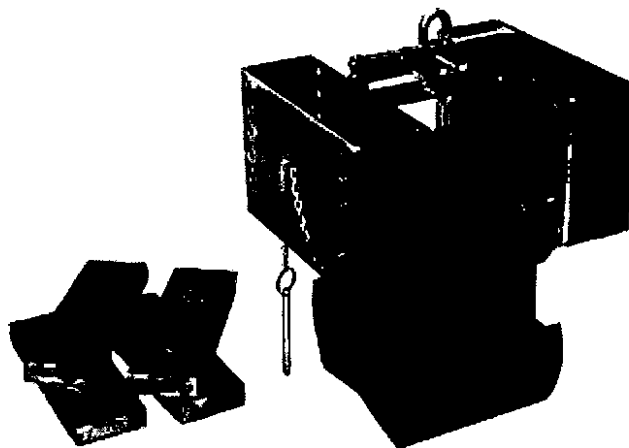


Fig. 11 - *Box corer* utilizzato per il campionamento del macrobenthos

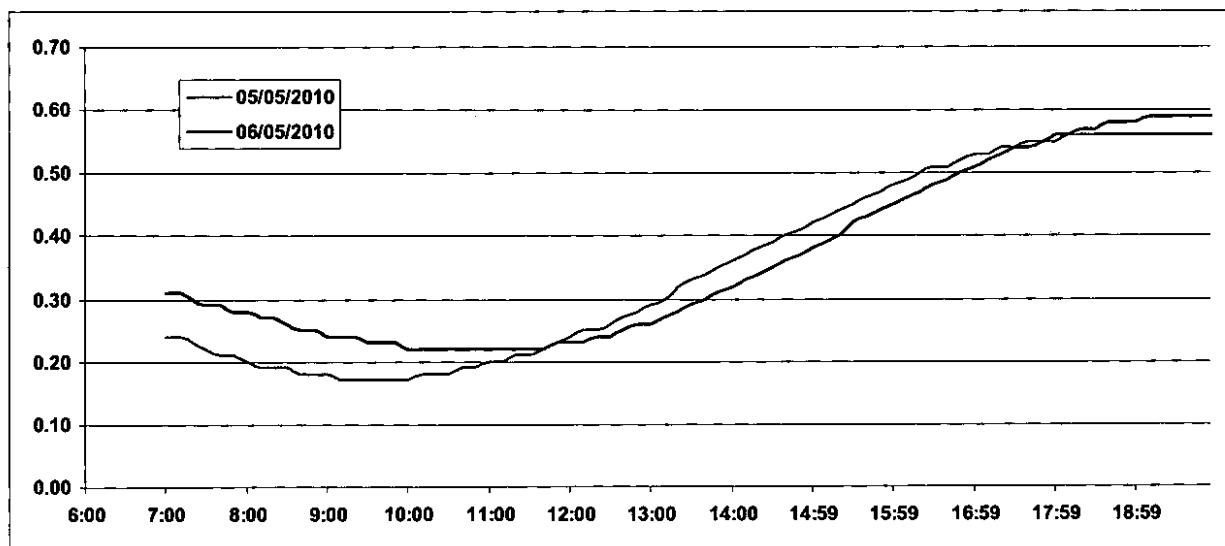


Fig. 12 - Previsione astronomica di marea (profondità in metri sopra il MLLW, ore locali UTC+2)

Ogni campione è stato setacciato *in situ* con un setaccio con apertura di maglia da 500 micron e fissato in formalina al 10% (4% di aldeide formica), tamponata con dolomite, in acqua salmastra filtrata; in



questo modo si impedisce la degradazione *post-mortem* dei tessuti mantenendo inalterata la struttura degli organismi.

In prossimità di ogni campione è stato prelevato del sedimento superficiale, conservato tramite congelamento a -18°C per le successive analisi chimiche.

Sono state inoltre rilevate le posizioni geografiche dei punti di prelievo mediante DGPS. Le coordinate sono state espresse nel sistema UTM32 ED50 in conformità al sistema informativo geografico (GIS) e sono riportate nella tabella seguente.

Il campionamento si è svolto nei giorni 5 e 6 maggio 2010.

#### Coordinate dei siti di campionamento

Sito	GPS FIX	E UTM33T	N UTM33T	E UTM32T	N UTM32T	Data e ora
		WGS84	WGS84	ED50	ED50	
1A	55	280990	4928294	758272	4929930	06-MAY-10 09:44
1B	54	281193	4928328	758472	4929979	06-MAY-10 09:14
1C	56	281002	4928079	758299	4929717	06-MAY-10 10:09
2A	52	282232	4929622	759413	4931346	05-MAY-10 14:31
2B	53	282145	4929469	759338	4931187	06-MAY-10 08:34
2C	49	282309	4929751	759481	4931480	05-MAY-10 13:55
3A	29	282099	4930243	759235	4931956	05-MAY-10 10:40
3B	20	282223	4930115	759368	4931837	05-MAY-10 09:38
3C	30	281986	4930353	759114	4932057	05-MAY-10 11:14
4A	47	281253	4931418	758305	4933066	05-MAY-10 12:12
4B	48	281187	4931557	758229	4933200	05-MAY-10 12:48
4C	38	281363	4931210	758430	4932866	05-MAY-10 11:36

### 6.3 Analisi dei contaminanti nei campioni di sedimento

I campioni di sedimento conservati tramite congelamento saranno utilizzati per condurre l'analisi dei seguenti contaminanti:

- Pesticidi organoclorurati
- Idrocarburi Policiclici aromatici
- Idrocarburi leggeri C<12
- Idrocarburi pesanti C>12
- Metalli

I dettagli sui parametri analizzati per le analisi sono riportati in Tabella 1.



Tabella 1 - Contaminanti da analizzare nei sedimenti

Contaminanti	Unità di Misura
<b>PESTICIDI ORGANOCLORURATI</b>	
ALDRIN GAMMA-ESACLOROESANO (Lindano) EPTACLORO EPOSSIDO DDE DDT DDD ENDRIN DIELDRIN METOXICLORO	mg/kg s.s.
<b>POLICICLICI AROMATICI:</b>	
BENZO(a)ANTRACENE BENZO(a)PIRENE BENZO(b)FLUORANTENE BENZO(k)FLUORANTENE BENZO(g,h,i)PERILENE CRISENE DIBENZO(a) PIRENE DIBENZO(a,h)ANTRACENE INDENO(1,2,3-c,d)PIRENE PIRENE	mg/kg s.s.
<b>IDROCARBURI LEGGERI C&lt;12</b>	mg/kg s.s.
<b>IDROCARBURI PESANTI C&gt;12</b>	mg/kg s.s.
<b>METALLI</b>	mg/kg s.s.



## 6.4 Analisi dei popolamenti macrobentonicici

I campioni di benthos vengono analizzati presso i laboratori del CIRSA tramite l'utilizzo di stereomicroscopi binoculari da dissezione e da istologia per la classificazione degli organismi fino al livello tassonomico più basso possibile, e per il loro conteggio.

### 6.4.1 Distribuzione delle specie e caratterizzazione dei popolamenti

Le matrici quantitative della distribuzione delle specie nei 36 campioni trattati sarà analizzata in base ai fattori che determinano la struttura del disegno di campionamento. Verrà calcolata l'abbondanza media (individui campione<sup>-1</sup>). Dalla matrice saranno poi calcolati gli indici sintetici di diversità specifica. Il popolamento nel suo insieme sarà caratterizzato in termini di similarità reciproca fra le repliche, i siti e le aree, calcolata con l'indice di Bray-Curtis, sui dati trasformati mediante radice quadrata. Verranno poi analizzati con tecniche multivariate (Clarke, 1993; Anderson, 2003a) di ordinamento (grafici PCO) e classificazione (analisi dei *cluster*). Il contributo delle specie alla determinazione delle differenze osservate saranno determinate mediante apposite procedure (Simper e/o DistLM; Clarke, 1993; Anderson, 2003b).

### 6.4.2 Diversità specifica

Le differenze fra le comunità bentoniche possono essere analizzate in termini di numero di specie, ricchezza specifica, e abbondanza, intesa come numero complessivo di individui, o valutando la ripartizione degli individui tra le diverse specie (diversità di Shannon, uniformità, *evenness* o equiripartizione). Queste caratteristiche delle comunità possono essere sintetizzate ed espresse attraverso indici di diversità (Krebs, 1989). In questo studio verranno considerati i seguenti indici:

#### Ricchezza specifica (S)

Rappresentata dal numero di specie complessivamente trovate all'interno del campione.

#### Abbondanza (N)

Numero complessivo di individui all'interno del campione.

#### Diversità di specie o eterogeneità complessiva (H')

Utilizzando l'indice di Shannon, dato dalla formula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

dove S è il numero totale di specie e P la frequenza dell'i-esima specie.

#### Equidistribuzione (J)

Calcolata tramite l'indice di Pielou che tiene conto della ripartizione delle abbondanze degli individui all'interno delle specie presenti nel campione e segue la formula:

$$J = H'/H'_{\text{MAX}} = H'/\log_2 S$$

dove H' è dato dall'indice di Shannon ed S è il numero totale di specie (ricchezza di specie).

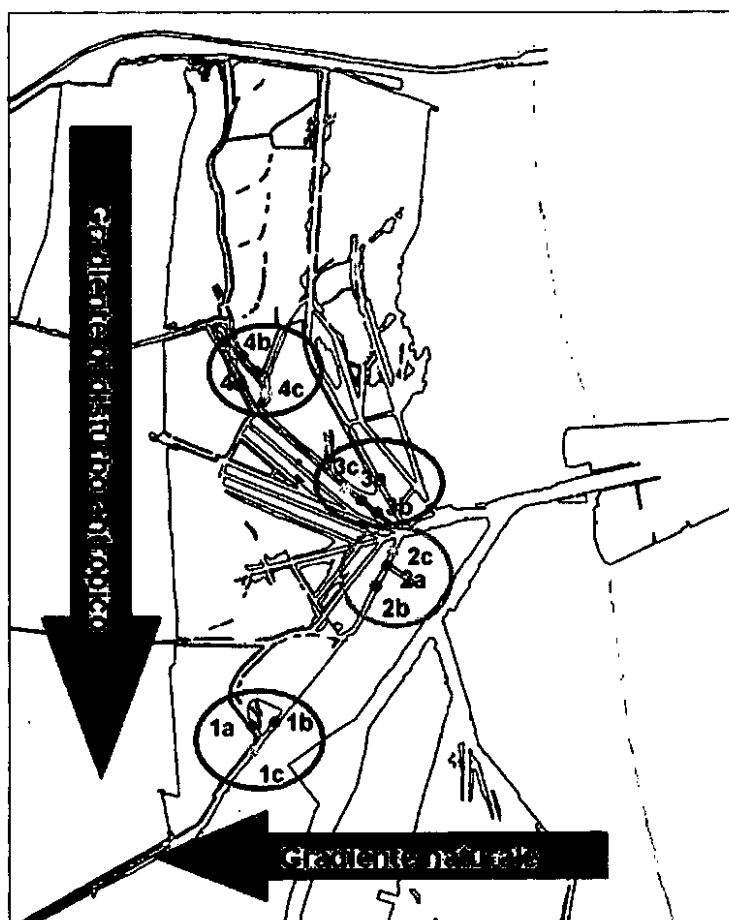
Il valore di ogni indice viene calcolato per ogni replica utilizzando il programma PRIMER 6+, successivamente viene calcolato il valore medio per ogni sito e per ogni area di studio.

**6.4.3 Analisi univariata e multivariata della varianza**

Le differenze tra i valori medi delle variabili biotiche (abbondanze delle singole specie, indici di diversità) e abiotiche misurate, saranno esaminati mediante tecniche di analisi della varianza (ANOVA) a tre fattori. Fattore 1 - distanza dal mare (Dm, 2 livelli fissi); fattore 2 - distanza dalle sorgenti di inquinamento (Di, 2 livelli fissi); fattore 3 - siti all'interno delle aree (Si, 3 livelli, *random* e gerarchizzati nell'interazione dei fattori 'distanza dal mare' e 'distanza dalle sorgenti di inquinamento').

Fattore	Livelli	Tipo												
Dm	2	fisso, ortogonale	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Di	2	fisso, ortogonale	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
Si	3	random, gerarchizzato	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Repliche	3	random	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3

Tale schema rispecchia la collocazione delle aree e dei siti di campionamento come rappresentato nella seguente mappa.





Il modello lineare generale per questa analisi è rappresentato dall'equazione:

$$X = \mu + Dm + Di + Si(Dm \times Di) + Dm \times D + Res$$

dove il valore di abbondanza della specie X in una replica è dato dalla abbondanza media della specie nel popolamento a cui si somma il contributo dovuto ai fattori definiti dal disegno di campionamento e dal residuo determinato dall'errore di campionamento.

L'analisi segue perciò il seguente schema:

Source	DF	F versus
Disturbo (Di)	1	Si (Di X Dm)
Mare-Terra (Dm)	1	Si (Di X Dm)
Di X Dm	1	Si (Di X Dm)
Si (Di X Dm)	8	Res
Res	24	
TOT	35	

dove:

Source rappresenta la sorgente di variabilità,

DF - i gradi di libertà,

F versus - il denominatore per il calcolo della statistica F.

In caso di differenze significative inerenti i fattori principali dell'analisi o della loro interazione, è possibile discriminare le differenze a livello di aree soggette a diverse condizioni, mediante test a posteriori (SNK, Underwood, 1997).

Per l'analisi della varianza (ANOVA) verrà utilizzato il software GMAV5. Saranno analizzate solo le specie più abbondanti e/o che maggiormente contribuiscono a caratterizzare i popolamenti; per ciascuna analisi sarà verificata l'omogeneità della varianza tramite test "C di Cochran" applicando ove necessario le opportune trasformazioni dei dati (Underwood, 1997).

Le differenze tra i popolamenti, in termini di indici di similarità, verranno valutate secondo il medesimo disegno sperimentale mediante analisi multivariata non parametrica della varianza per via permutazionale (PERMANOVA; Anderson, 2001; Anderson e ter Braak, 2003). Anche in questo caso è disponibile un test a posteriori (*pairwise test*) che consente di valutare le differenze tra le singole aree indagate. Le analisi saranno condotte con il software PRIMER 6+.

Le possibili relazioni tra popolamenti di macroinvertebrati bentonici e variabili chimico-fisiche misurate nei sedimenti e nell'acqua saranno analizzate mediante analisi di correlazione univariata e multivariata, e applicando la procedura DistLM (Anderson, 2003b). L'indagine correlativa, sebbene non consenta di stabilire relazioni di causa ed effetto, permette di discriminare l'importanza relativa delle diverse sorgenti di impatto antropico nel determinare le differenze osservate tra i popolamenti tra le aree soggette a differenti condizioni ambientali ed il possibile impatto antropico, presente e passato. Queste analisi saranno condotte con il software STATISTICA e PRIMER 6+.



## 7 RISULTATI PRELIMINARI

In questo rapporto preliminare, che rende conto dello stato di avanzamento delle attività all'11 giugno, sono stati inseriti i dati al momento disponibili. Infatti la determinazione della composizione dei popolamenti macrobentonici è piuttosto complessa e comporta tempi lunghi, dovuti al trattamento preliminare dei campioni di sedimento in laboratorio per la separazione degli organismi dalla matrice (sorting) e al successivo riconoscimento fino al livello di specie, ove possibile, attraverso l'utilizzo di chiavi tassonomiche e il confronto con la bibliografia di riferimento. I dati ottenuti dalla prima fase di laboratorio devono successivamente essere elaborati per la valutazione della distribuzione delle specie e la caratterizzazione dei popolamenti. L'eventuale discriminazione tra le aree testate, per la verifica della presenza di differenze significative tra l'area influenzata dallo scarico termico e le altre aree della laguna influenzate da altre attività antropiche o non soggette a impatti diretti, richiede inoltre l'analisi statistica dei dati ottenuti che comporta anch'essa un ulteriore periodo di elaborazione.

Infine, l'articolato sviluppo della rete termografica installata, che consiste in 23 stazioni con sensori in doppio a tre profondità, ha generato una mole di dati che necessita di tempi lunghi per l'elaborazione grafica, tabellare e statistica. A tale elaborazione dovrà poi seguire la fase interpretativa per il riconoscimento e la descrizione della complessa dinamica termica delle masse d'acqua coinvolte.

Da quanto sopra la relazione finale, che sarà disponibile nel mese di dicembre, conterrà tutti i dati ottenuti dalla presente indagine e tutte le elaborazioni necessarie per la caratterizzazione dell'area in esame.

### 7.1 Dati al contorno

#### 7.1.1 *Registrazione delle oscillazioni mareali*

Le misure, protrattesi per due settimane, sono state svolte in condizioni di marea in quadratura (caratterizzata da moderate escursioni di livello) nella prima settimana, e di marea sizigiale (caratterizzata quindi dalle massime escursioni di livello) nella seconda settimana<sup>2</sup>.

Per tenere conto della componente oscillatoria del pelo libero e verificarne gli effetti e la mutua interazione con la dispersione del pennacchio termico si è provveduto a posizionare un mareografo registratore di livello in corrispondenza del viadotto della via Baiona, nel punto in cui esso scavalca il canale di scarico delle acque di raffreddamento di centrale, come indicato in figura 13.

Lo strumento utilizzato è stato il mareografo SLR (incertezza di misura: 1 cm), calato in acqua alle ore 15.20 del 3 maggio e posizionato a 1.25 metri di profondità. Lo strumento è poi stato salpato alle 12.20 del 14 maggio.

<sup>2</sup> Si veda la prima nota a piè di pagina

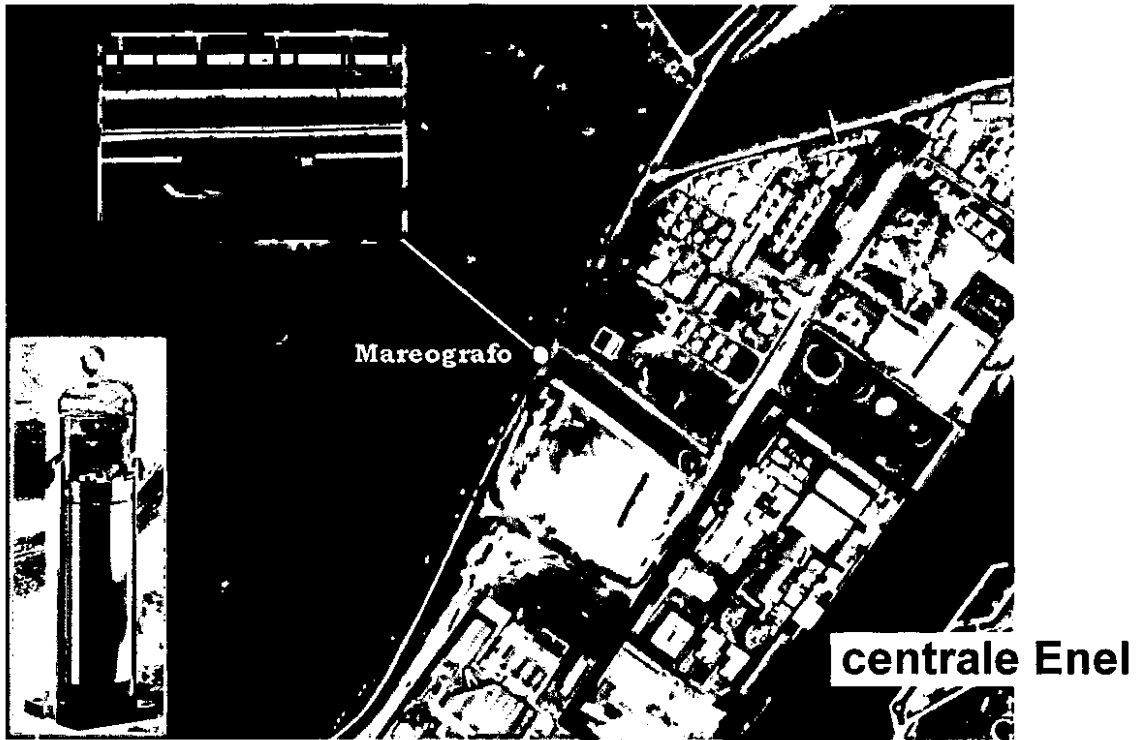


Fig. 13 - Ubicazione dello strumento di registrazione del livello mareale

In figura 14 è riportato l'andamento del livello registrato dal mareografo, corretto e riportato in quote assolute IGM (metri s.l.m.m.)

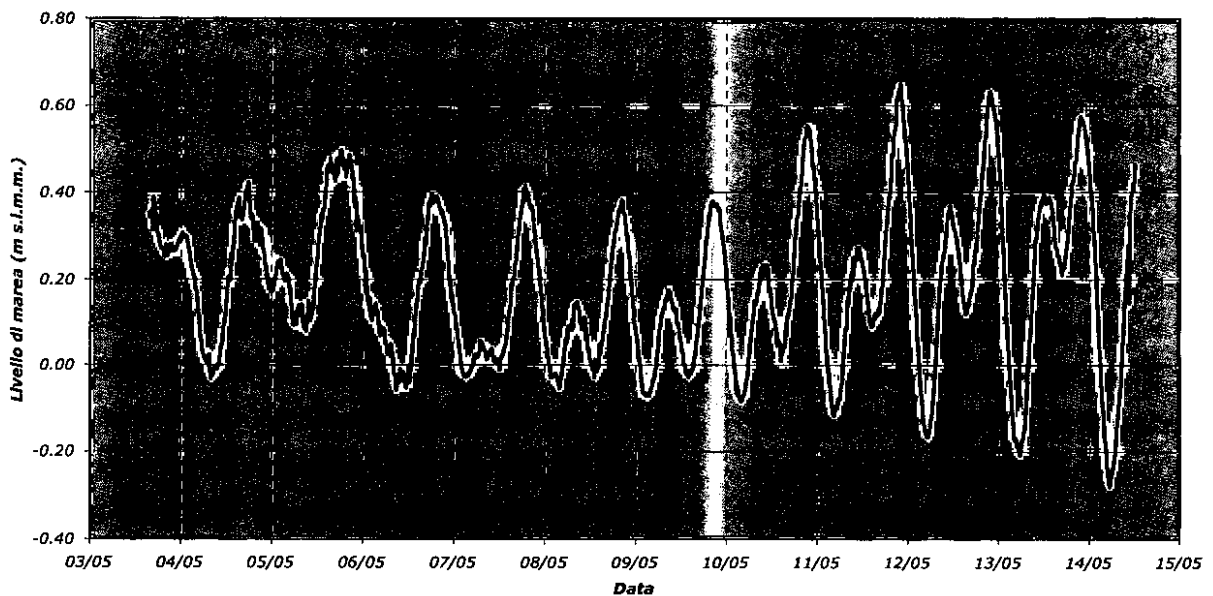


Fig. 14 - Livello mareale nel periodo di indagine

### 7.1.2 Operatività della centrale

Altro parametro essenziale per la comprensione del fenomeno di dispersione termica in laguna è la conoscenza dell'andamento del livello produttivo della centrale termoelettrica "Teodora" (direttamente correlato al quantitativo di calore scaricato) nei giorni durante i quali è stato svolto il rilievo. Tale andamento è stato fornito dagli operatori di centrale e viene riportato in figura 15.

#### Livello produttivo centrale Teodora

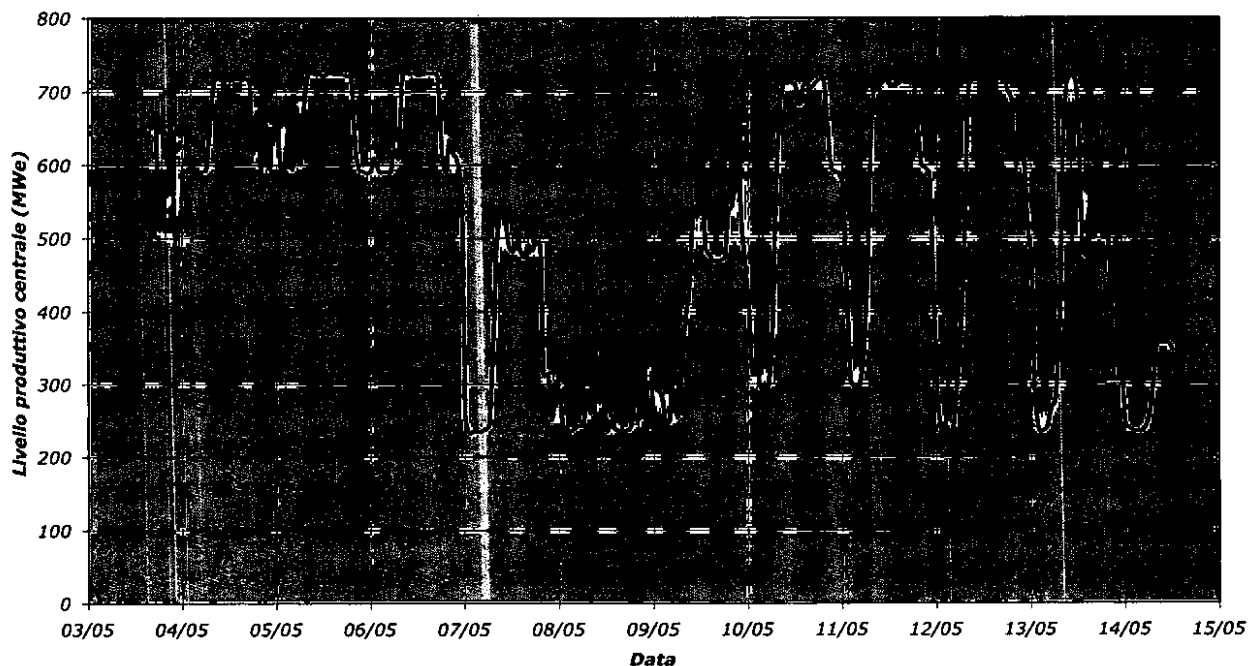


Fig. 15 - Livello produttivo della Centrale Teodora nel periodo di indagine

## 7.2 Rilievi termici

### 7.2.1 Rete termografica fissa

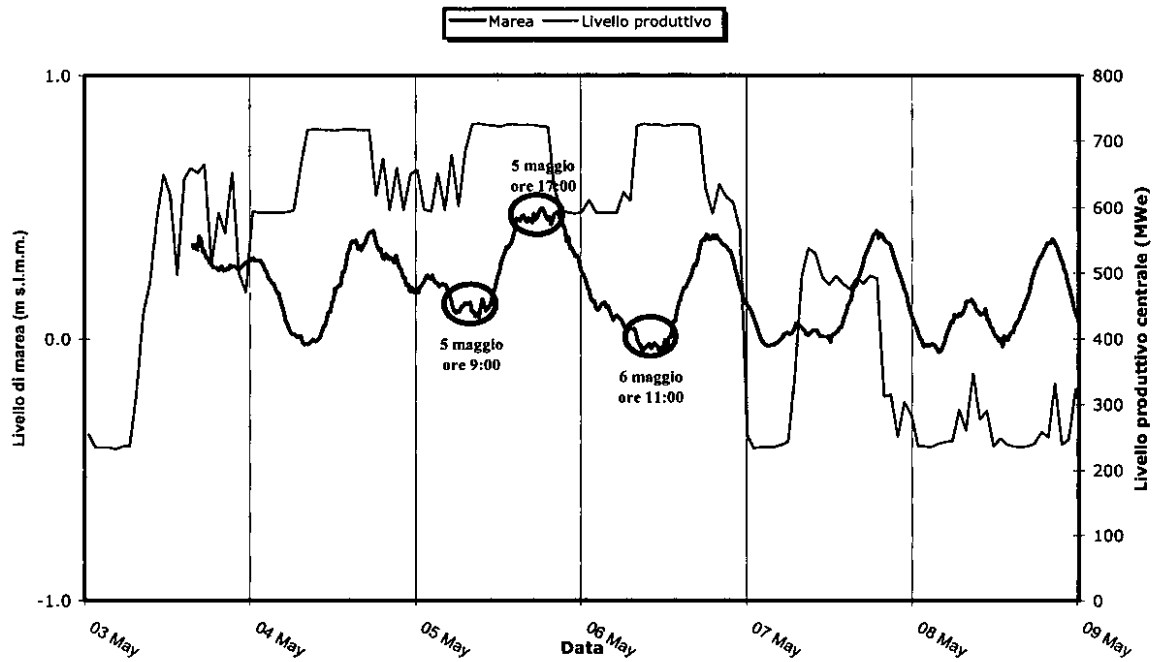
Nei dieci giorni di funzionamento la rete termografica installata ha acquisito più di 75000 letture di temperatura dell'acqua, tramite le quali è stato possibile costruire mappe termiche che forniscono una valida chiave di lettura per la comprensione del fenomeno di dispersione termica nella Pialassa Baiona.

Allo stato di avanzamento attuale, tale mappatura (che riproduce un'immagine dell'assetto termico lagunare in un dato istante temporale) viene presentata in corrispondenza di cinque istanti ritenuti significativi per la comprensione del fenomeno, identificati combinando le informazioni di livello mareale e livello produttivo della Centrale presentate ai paragrafi precedenti.

Tali istanti vengono evidenziati nei grafici riportati nella figura 16.



**Marea e livello produttivo - Prima settimana**



**Marea e livello produttivo - Seconda settimana**

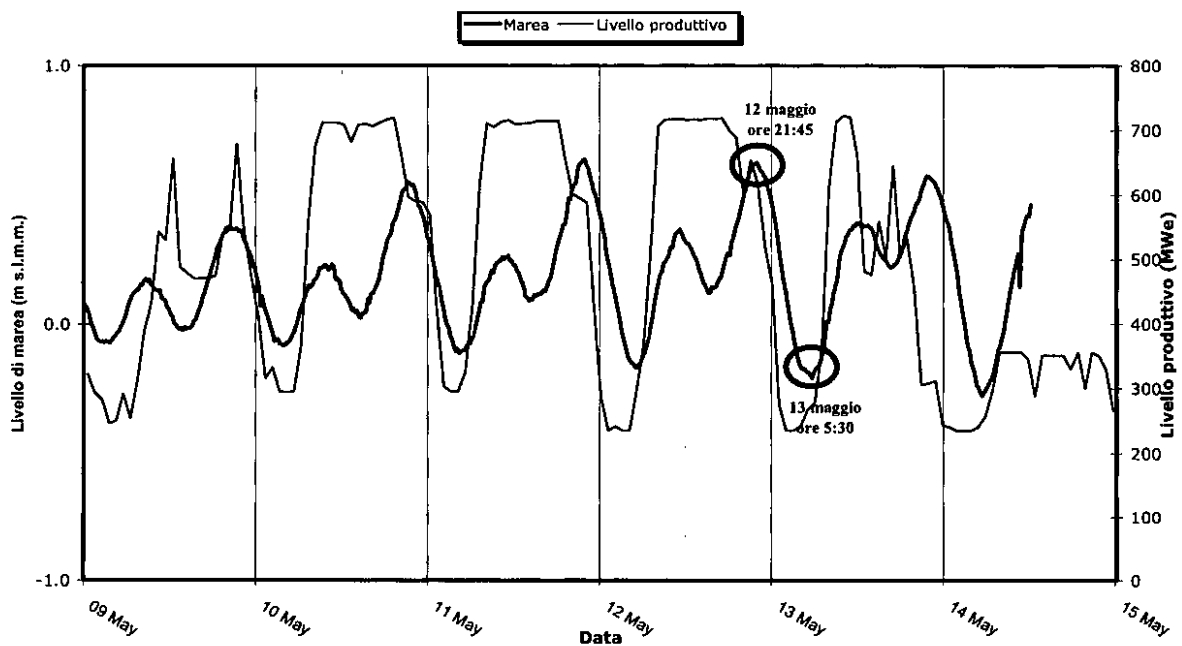


Fig. 16 - Individuazione di 5 significativi istanti di monitoraggio



Le mappe termiche sono state ottenute sovrapponendo una retinatura delle terre emerse della Pialassa a un dominio rettangolare di interpolazione impostato con l'ausilio del software Surfer 8; all'interno di tale dominio georeferenziato sono state posizionate le 23 stazioni di misura con le proprie coordinate Gauss Boaga WGS84, associate al valore di temperatura letto dal sensore (elaborazione effettuata per il sensore di superficie e per il sensore intermedio). I dati puntuali sono stati interpolati con il metodo di Kriging a variogramma lineare, ridistribuiti su una griglia a maglia quadrata con passo 5 metri e visualizzati tramite aree isoterme di colore variabile (da più scuro per le aree fredde a più chiaro per le calde).

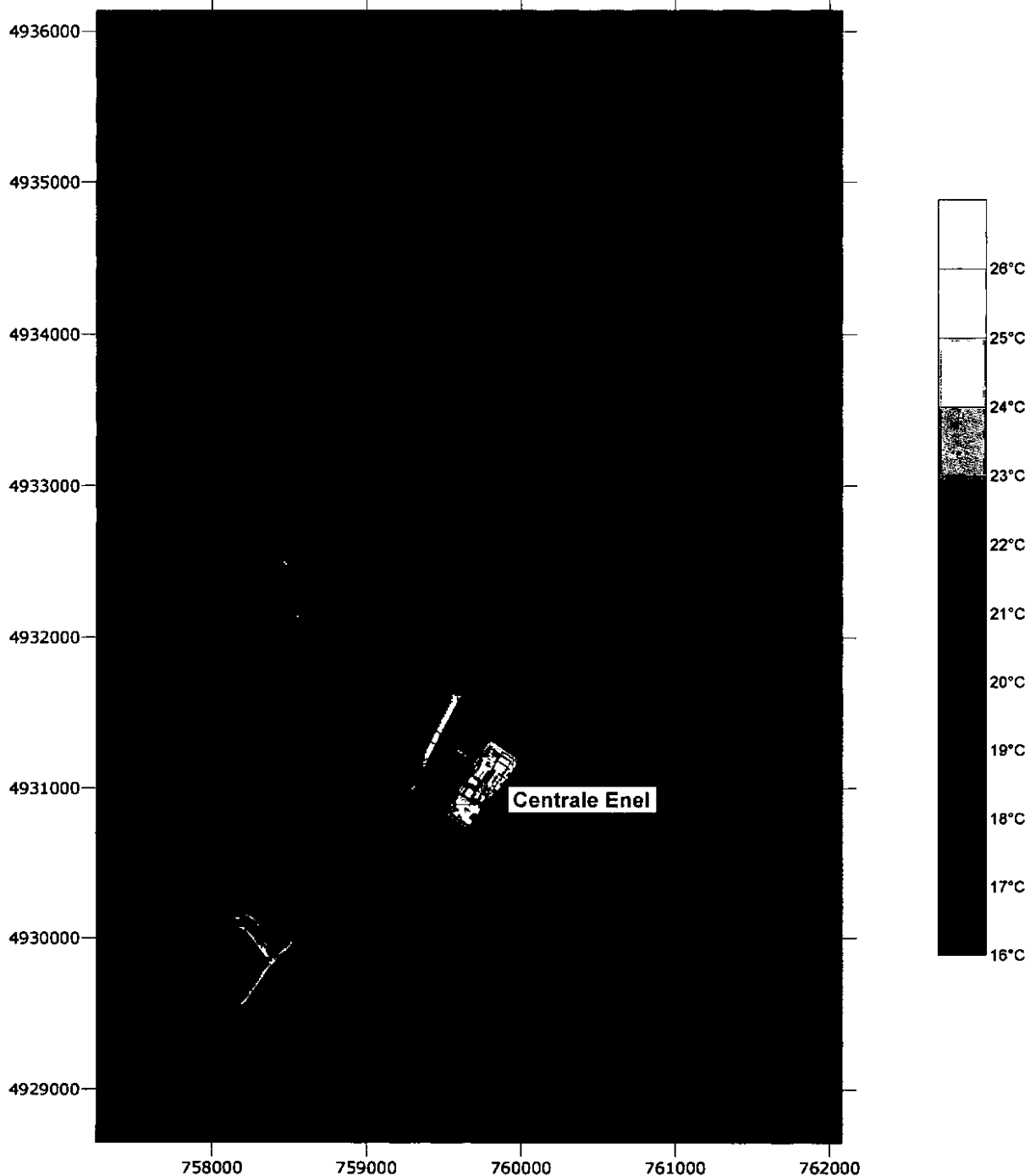
Nelle pagine seguenti è riportata la mappatura delle temperature assolute registrate dai sensori di superficie e intermedi per i cinque istanti di marea sopra citati e di seguito riassunti:

- 5/5/10 ore 9:00 - stanca di marea di quadratura
- 5/5/10 ore 17:00 - massimo di marea di quadratura
- 6/5/10 ore 11:00 - minimo di marea di quadratura
- 12/5/10 ore 21:45 - massimo di marea di sizigia
- 13/5/10 ore 5:30 - minimo di marea di sizigia



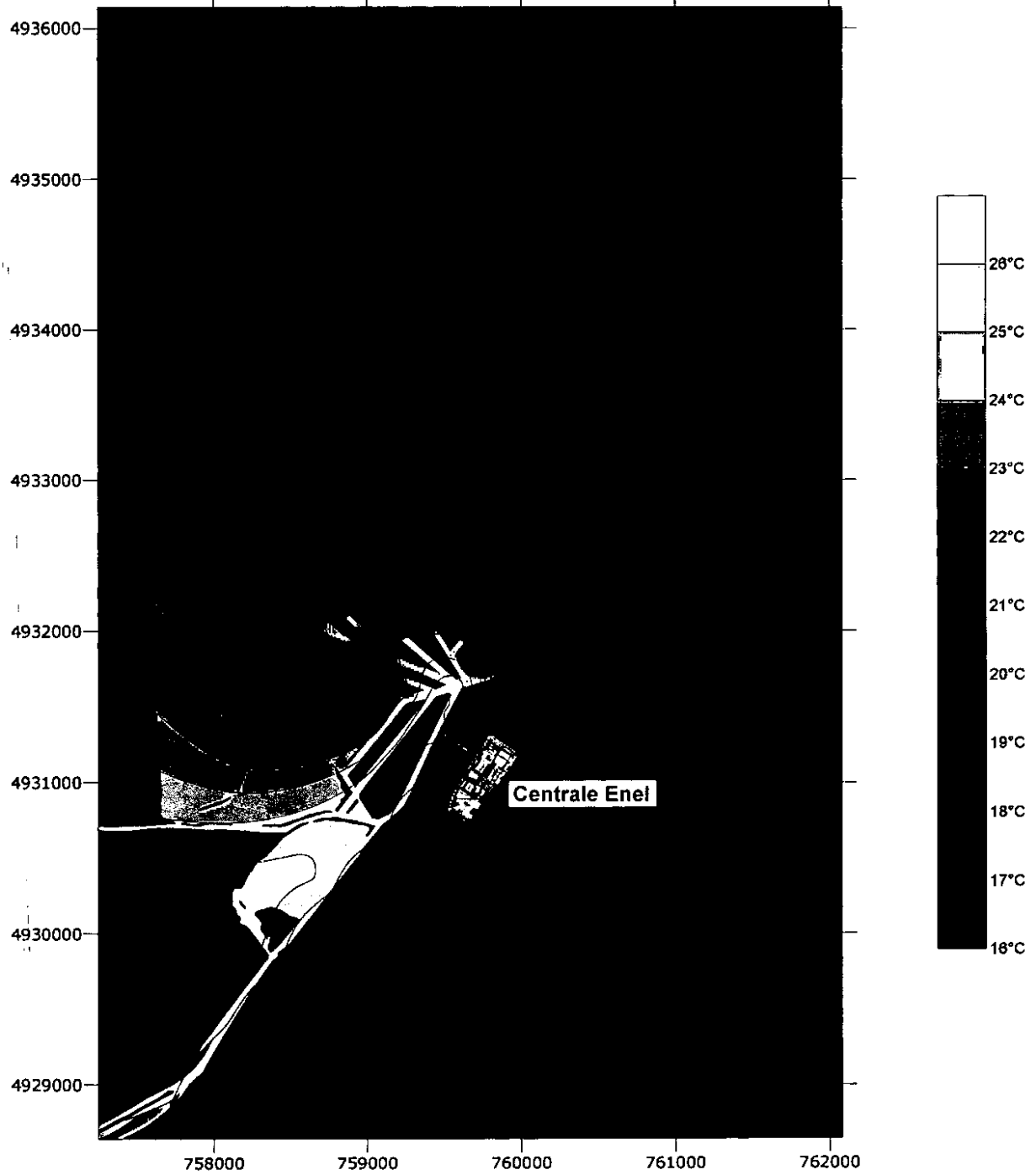


Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 9:00 - quadratura - stanca di marea (sonda superficiale)



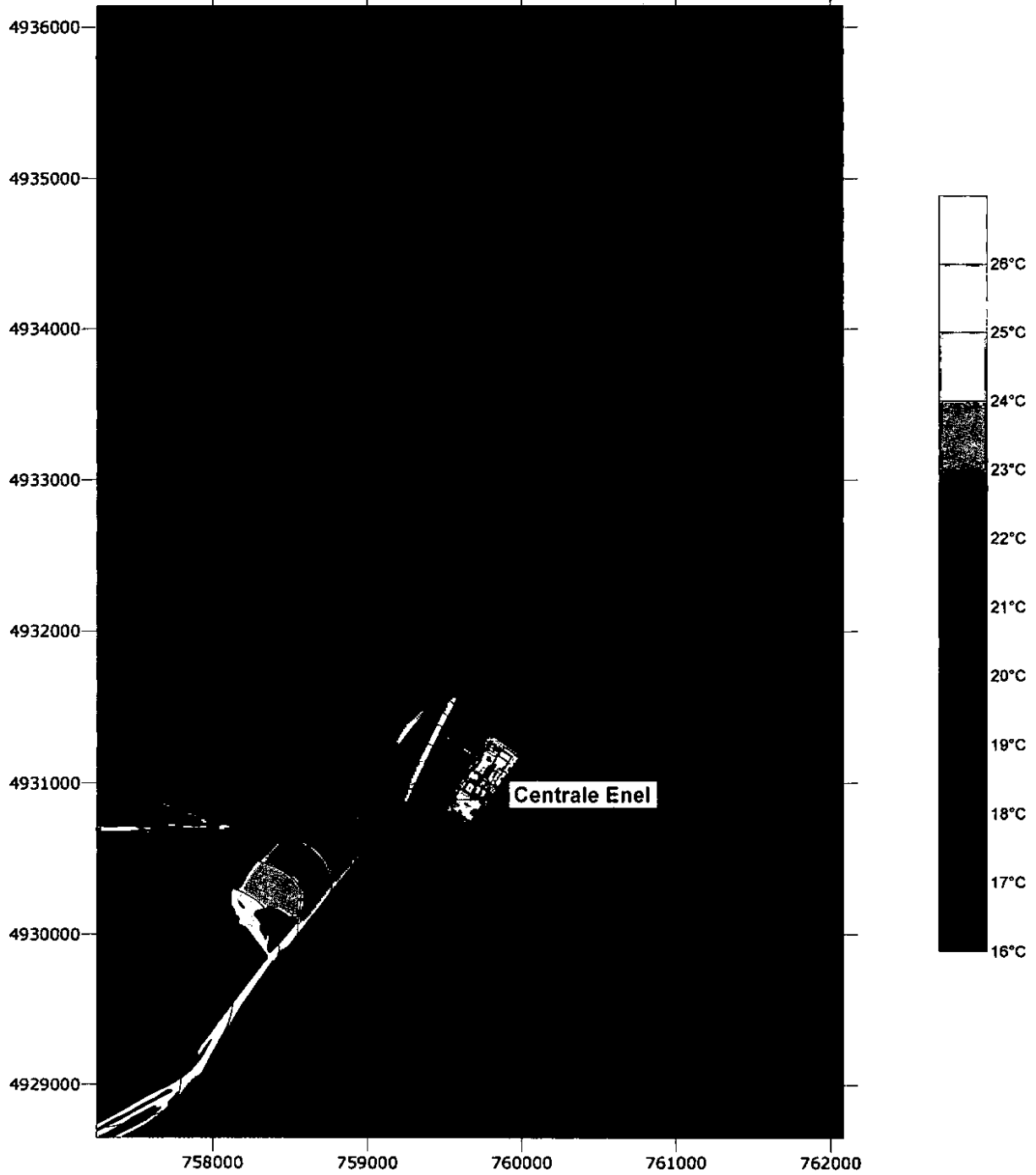


Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 17:00 - quadratura - massimo di marea (sonda superficiale)



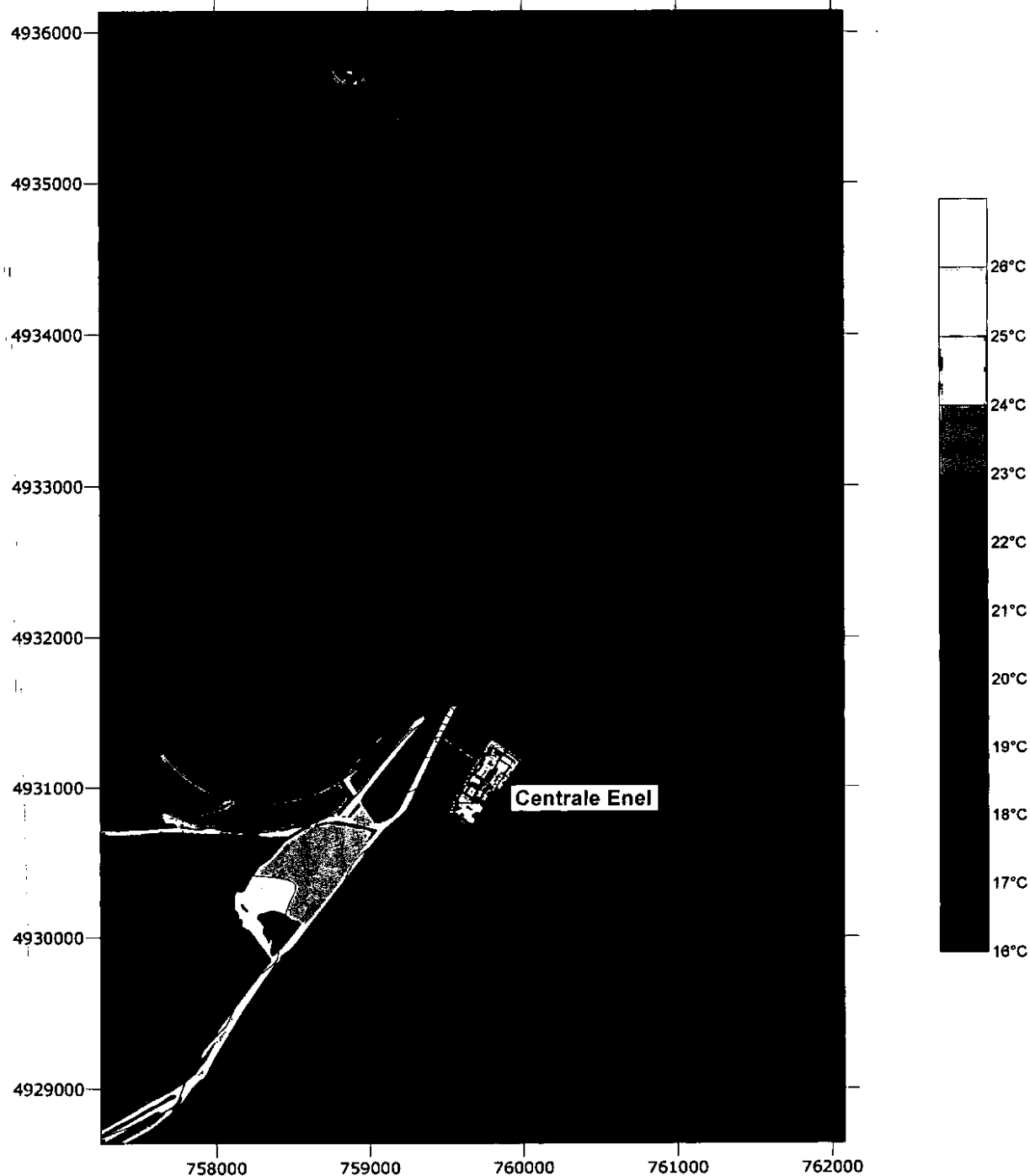


Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 11:00 - quadratura - minimo di marea (sonda superficiale)



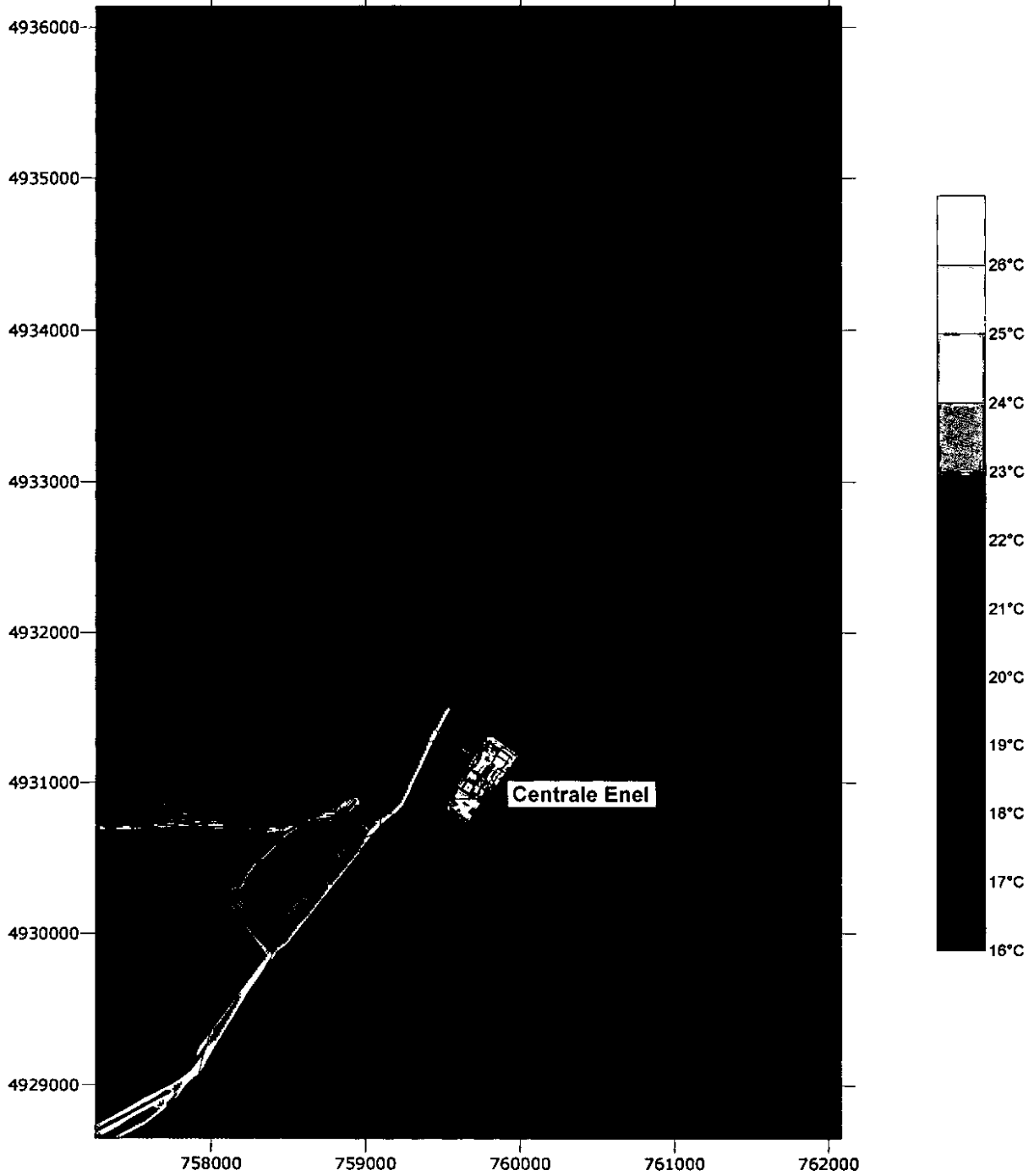


Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 21:45 - sizigia - massimo di marea (sonda superficiale)



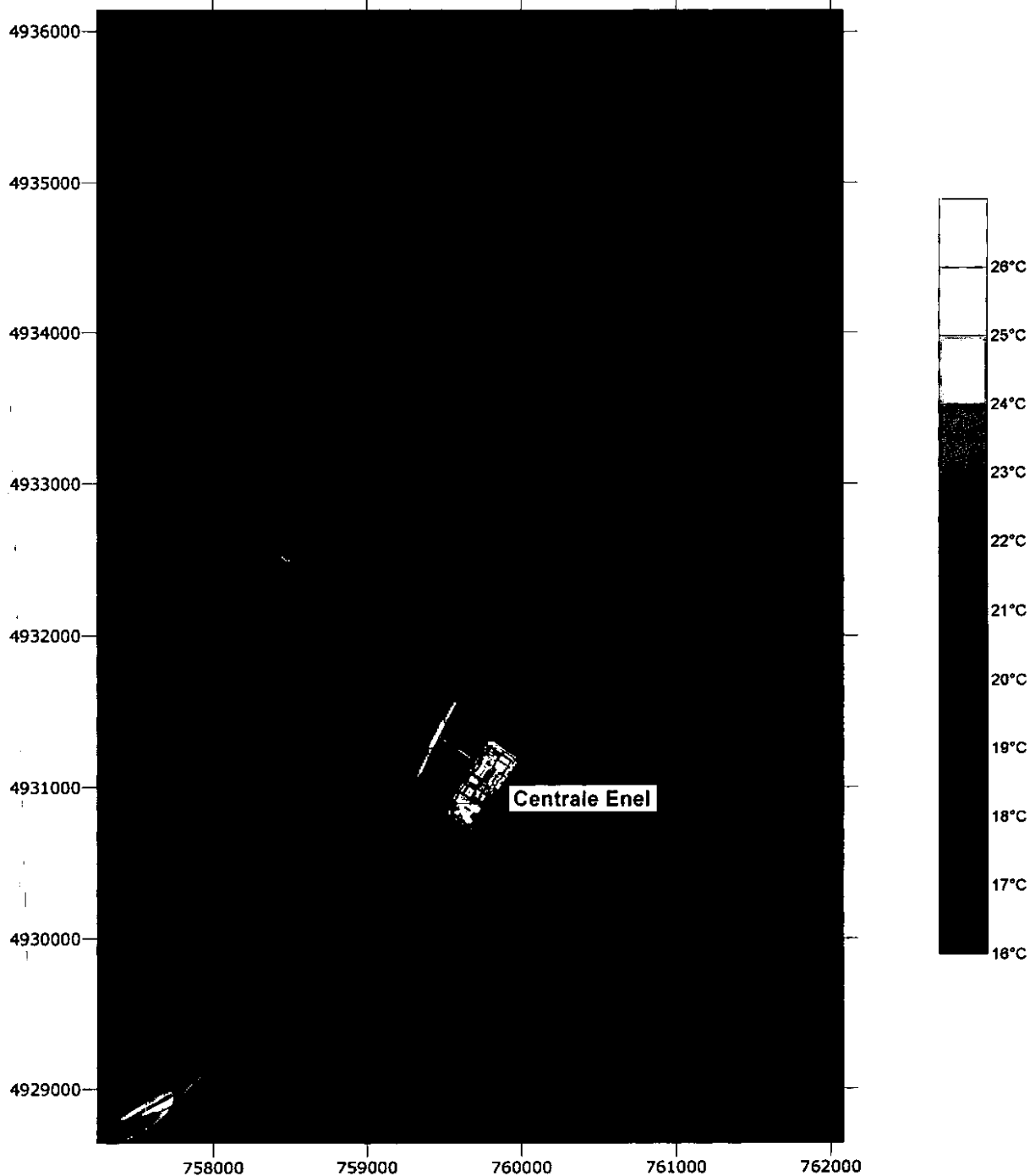


Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 5:30 - sizigia - minimo di marea (sonda superficiale)



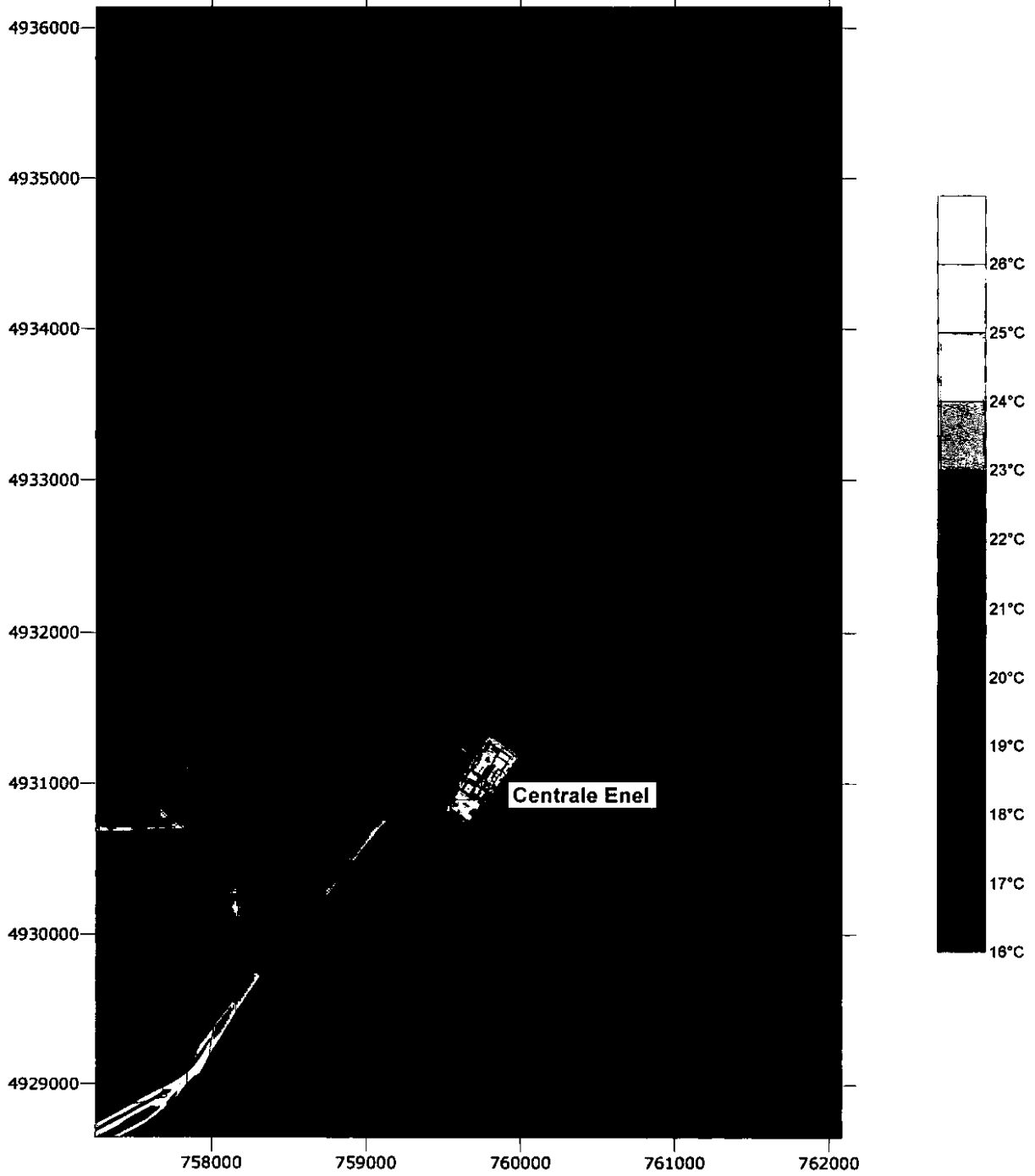


Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 9:00 - quadratura - stanca di marea (sonda intermedia)



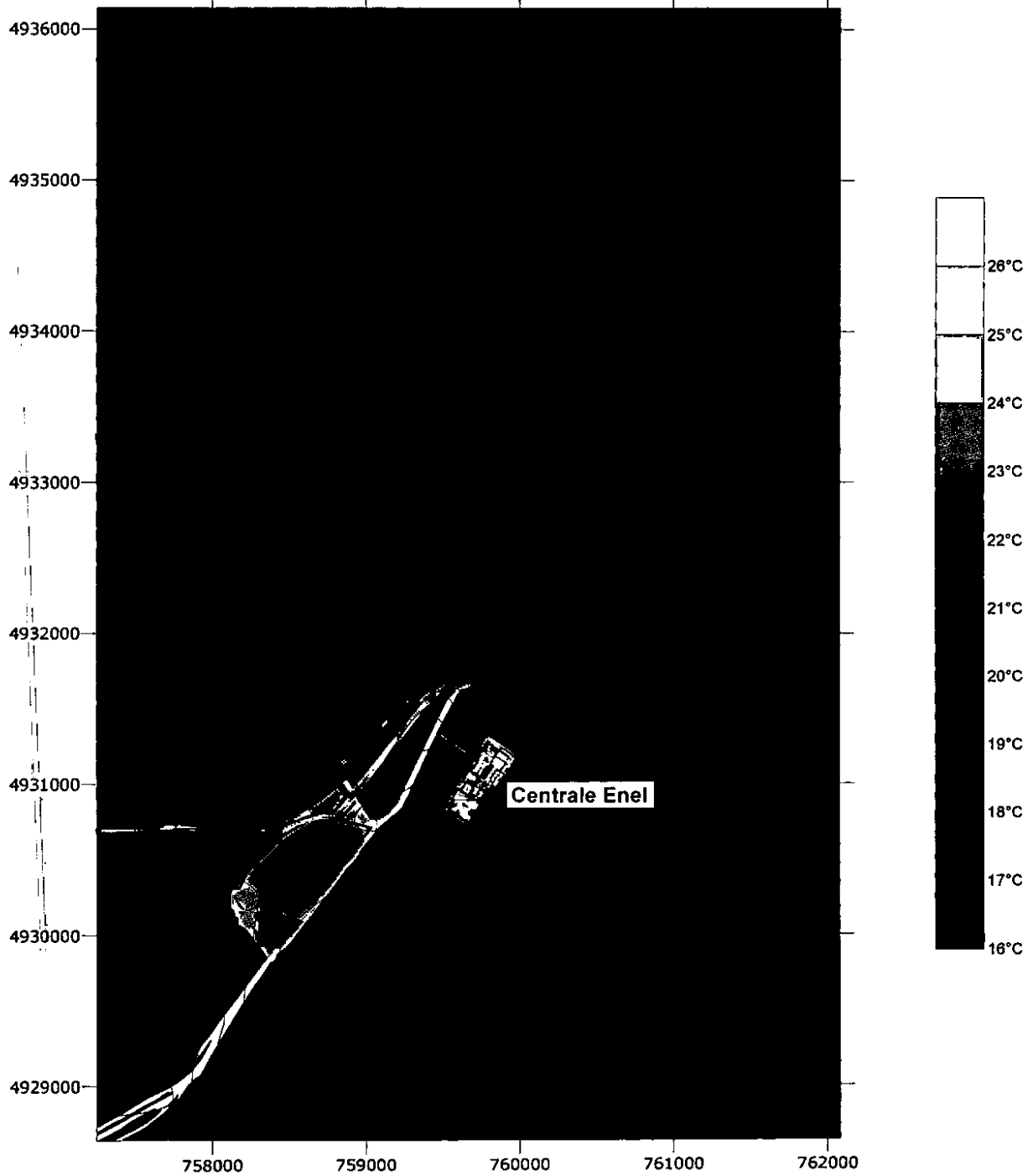


Porto Corsini - 5 maggio 2010 ore 17:00 - quadratura - massimo di marea (sonda Intermedia)





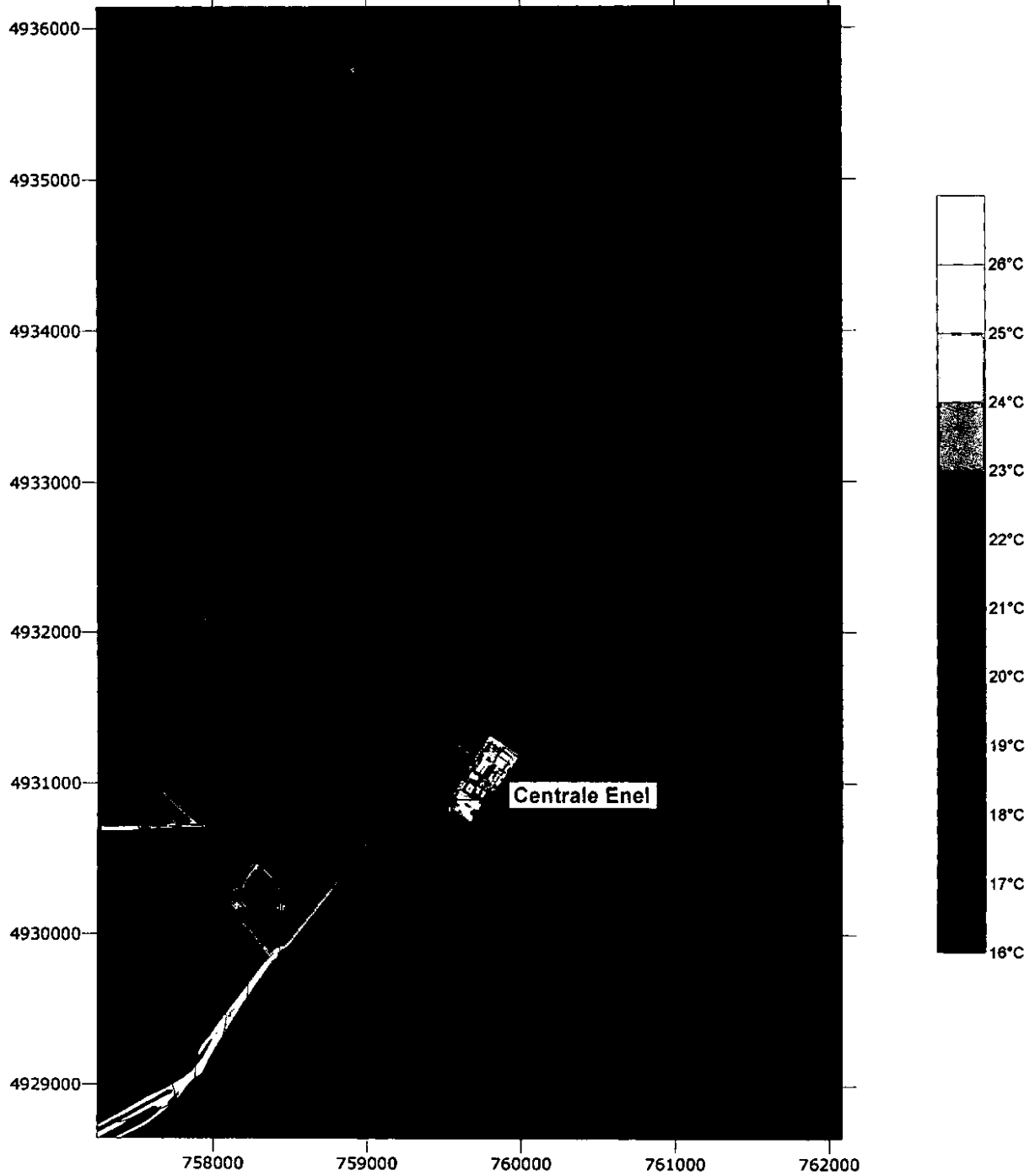
Porto Corsini - 6 maggio 2010 ore 11:00 - quadratura - minimo di marea (sonda intermedia)





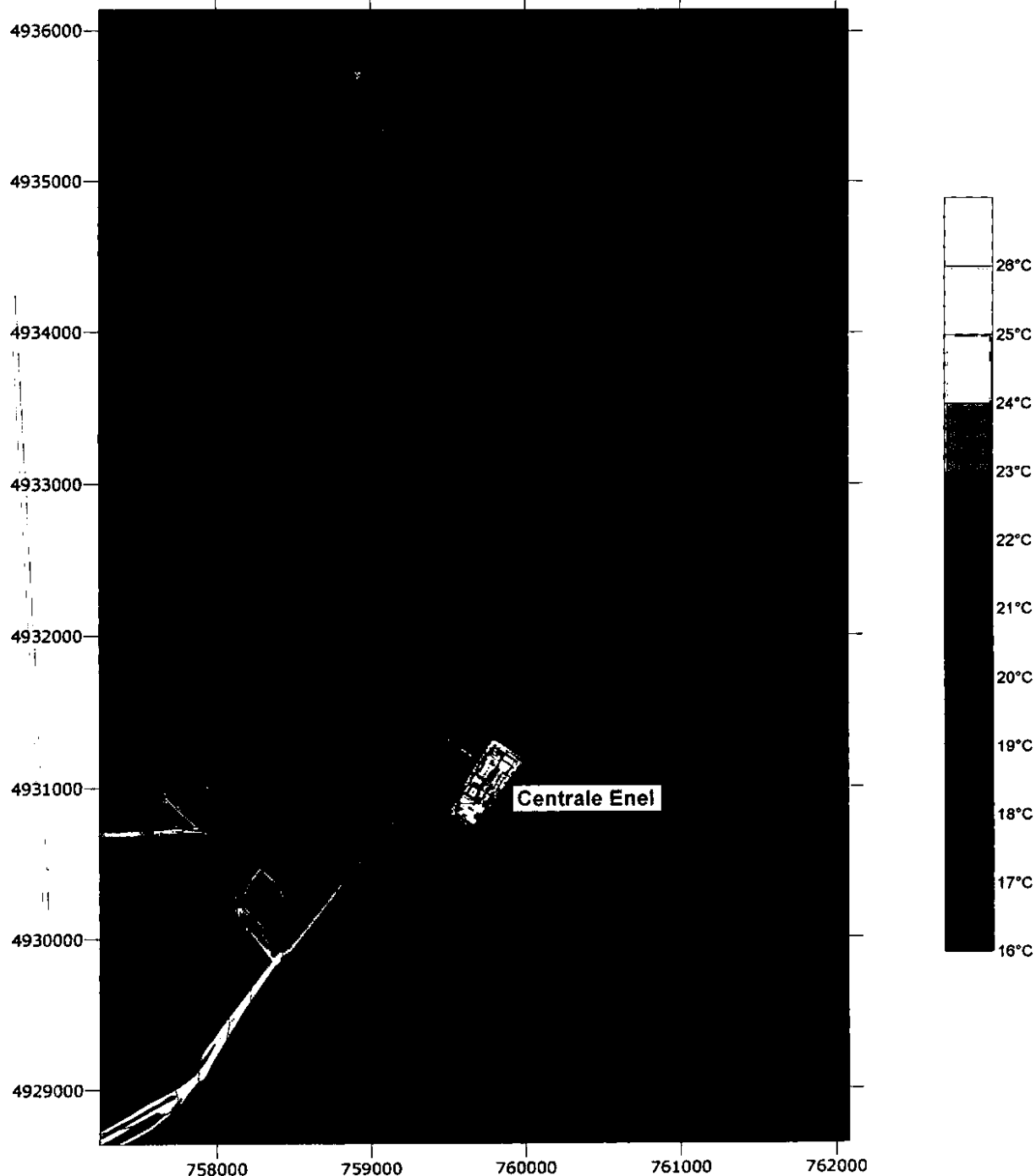


Porto Corsini - 12 maggio 2010 ore 21:45 - sizigia - massimo di marea (sonda intermedia)





Porto Corsini - 13 maggio 2010 ore 5:30 - sizigia - minimo di marea (sonda intermedia)





### 7.2.2 Profili CTD

Parallelamente all'acquisizione in continuo di temperatura tramite rete fissa di termografi sono stati misurati i profili CTD (conducibilità, temperatura, profondità) due volte al giorno nelle 9 stazioni indicate al paragrafo 5.2 e rappresentate in figura 3.

Nella tabella seguente sono riportati, per ogni giorno di rilievo, gli istanti di acquisizione di ciascun profilo.

	Staz. A	Staz. B	Staz. C	Staz. D	Staz. 20	Staz. 23	Staz. 27	Staz. 29	Staz. 30
04 maggio	10:10	10:30	11:20	11:30	11:00	11:10	10:35	10:50	10:45
	18:30	18:40	17:30	18:00	17:20	17:05	18:15	18:20	18:30
05 maggio	09:30	10:40	10:15	10:30	09:50	09:55	09:45	09:40	09:35
	16:35	17:35	17:15	17:25	17:00	17:05	16:50	16:50	16:45
06 maggio	11:15	12:20	11:50	12:10	11:30	11:35	11:25	11:25	11:20
	16:50	17:45	17:20	17:30	17:05	17:15	17:00	17:00	16:55
07 maggio	09:35	11:00	10:25	10:40	09:50	10:00	09:50	09:45	09:40
10 maggio	15:30	17:50	17:20	17:30	16:50	17:05	16:30	16:20	16:00
	09:25	10:30	09:55	10:00	09:40	09:45	09:35	09:30	09:30
11 maggio	16:40	17:40	17:20	17:30	17:00	17:10	16:55	16:50	16:45
	09:30	10:40	10:20	10:30	10:05	10:15	10:00	09:55	09:45
12 maggio	17:00	18:00	17:45	17:55	17:20	17:30	17:15	17:10	17:05
	10:50	12:00	11:40	11:45	11:25	11:30	11:20	11:05	10:55
13 maggio	16:20	17:30	17:05	17:20	16:45	16:55	16:40	16:35	16:30

Allo stato di avanzamento attuale, sono stati elaborati i grafici dei profili in corrispondenza di solo un istante temporale (5 maggio pomeriggio) che veniva a coincidere con uno di quelli in cui erano state realizzate le mappature termiche di cui al paragrafo precedente.

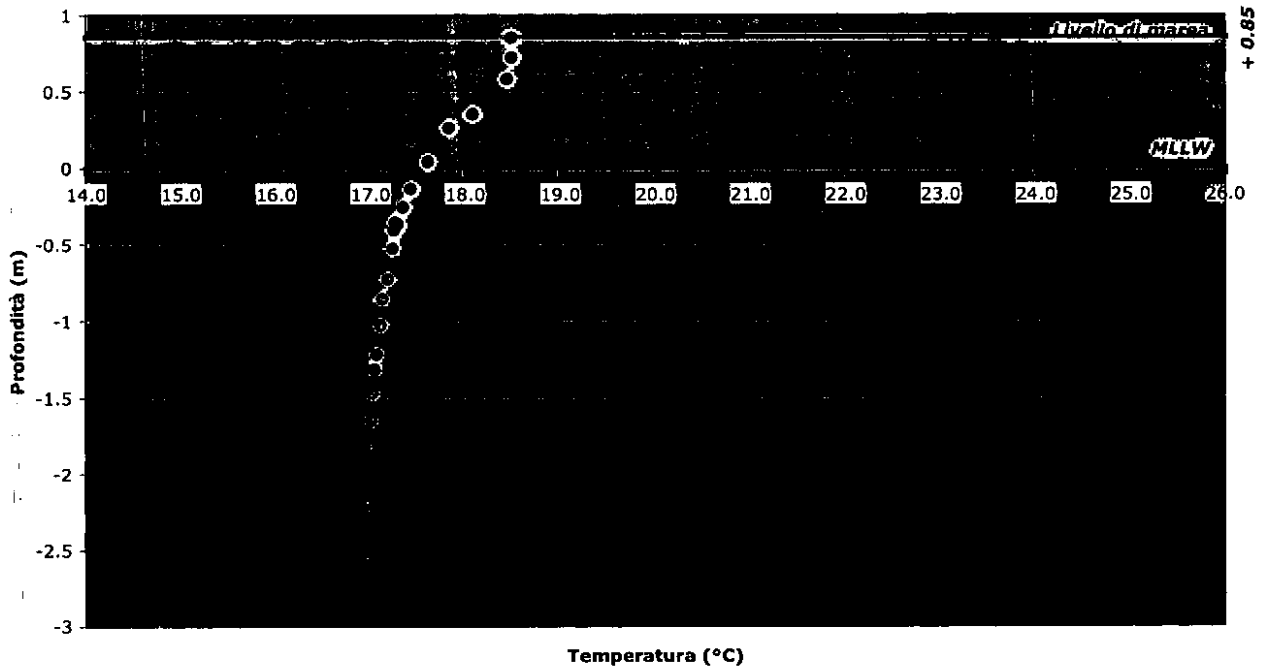
Nel tracciare tali grafici si è provveduto a riscalarle le profondità assumendo come livello zero il livello di riferimento degli scandagli (media dei più bassi livelli minimi di marea, MLLW, *Mean Lower Low Water*), calcolato correggendo lo zero IGM (a cui sono riferite le letture di marea) con la costante  $Z_0$  riportata in carta nautica per la zona di Porto Corsini, pari a 0.40 m.

Nella figura 17 si riportano due esempi di grafici dei profili acquisiti.

Nella relazione finale verranno riportati i rimanenti grafici, attualmente in fase di elaborazione.



**Stazione 30 - 05 maggio ore 16.40**



**Stazione 30 - 05 maggio ore 16.40**

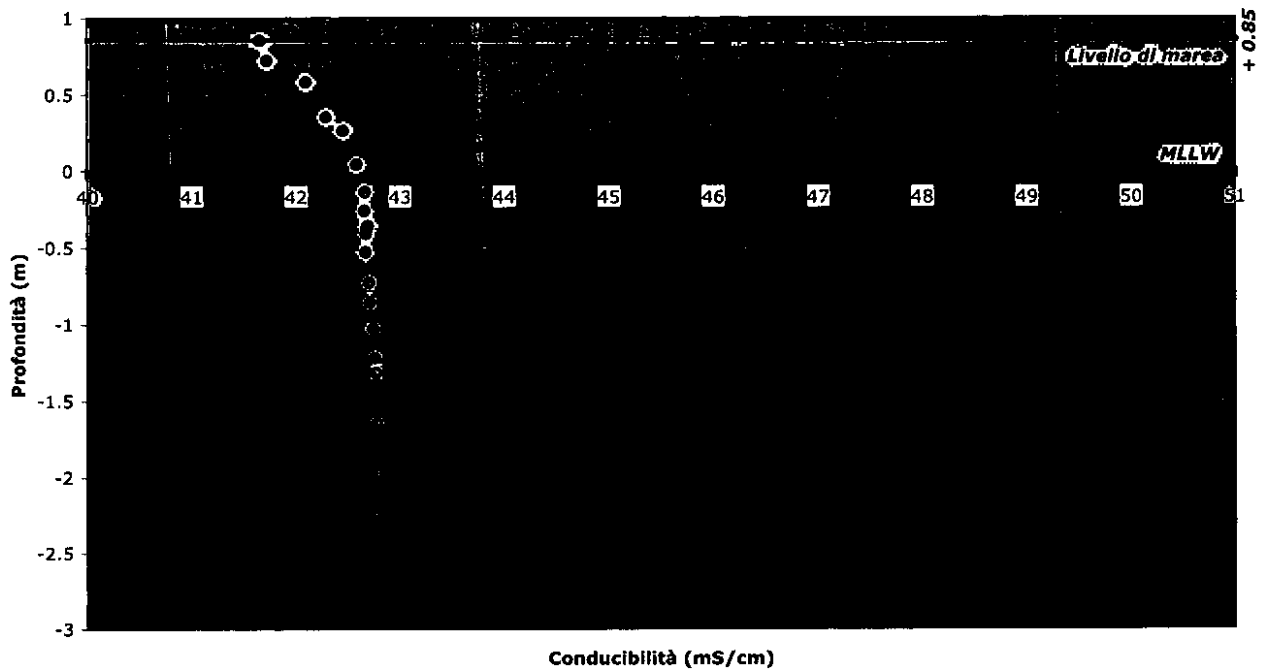


Fig. 17 - Profili di temperatura e conducibilità; stazione 30; pomeriggio del 5 maggio



## 8 SINTESI DELL'ATTIVITÀ SVOLTA

Nel presente rapporto sono riportati i primi risultati dell'indagine condotta nella prima metà di maggio 2010 per la valutazione degli effetti dello scarico termico nella Pialassa Baiona, in ottemperanza alle prescrizioni del Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009 di Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio della centrale di Porto Corsini (Ravenna).

Tale indagine ha previsto l'esecuzione, in condizioni di funzionamento dell'impianto, di rilievi termici e di campionamenti di sedimento per le analisi chimico-fisiche e dei popolamenti bentonici volti alla valutazione degli effetti dello scarico termico sulla Pialassa Baiona.

Durante i rilievi sono state acquisite più di 75.000 letture di temperatura dell'acqua, mediante la rete termografica installata, che hanno consentito di costruire mappe termiche, valida chiave di lettura per la comprensione del fenomeno di dispersione termica nella Pialassa Baiona. In questa fase di avanzamento delle analisi sono stati presentati alcuni esempi di elaborazioni tabellari e grafiche dalle quali emerge chiaramente la complessità dell'area oggetto di studio. La Pialassa della Baiona è caratterizzata da una articolata morfologia e da un tortuoso sistema di circolazione delle acque fra chiari e canali. Il ricambio idrico è guidato dai cicli di marea e dalle precipitazioni atmosferiche; rilevanti, inoltre, sono gli apporti delle diverse tipologie di scarichi (termici, industriali, civili, ...) che insistono sul bacino.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei sedimenti, durante la campagna di indagine sono stati prelevati campioni di sedimento per l'analisi delle granulometrie, della sostanza organica, dei popolamenti bentonici e dei contaminanti. I campioni sono attualmente in fase di trattamento e analisi. Si rimanda alla relazione finale per la presentazione dei risultati inerenti i parametri chimici e la descrizione dei popolamenti macrobentonici.

La relazione finale, che sarà disponibile nel mese di dicembre, conterrà tutti i dati ottenuti dalla presente indagine e tutte le elaborazioni necessarie per la caratterizzazione degli effetti dello scarico termico nella Pialassa della Baiona.

## 9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Abbiati 2003. Problematiche ambientali delle lagune costiere. In. Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 9-15.

Abbiati M., Mistri M., Bartoli M., Ceccherelli V.U., Colangelo M.A., Ferrari C.R., Giordani G., Munari C., Nizzoli D., Ponti M., Rossi R., Viaroli P., 2010. Tradeoff between conservation and exploitation of the transitional water ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Chem Ecol* 26: 105-119

Anconelli M.T., Baldrati C., Vandini W. (1980). Studio composito sull'inquinamento da mercurio ed altri oligoelementi delle valli ravennati (Pialasse). *Acqua Aria* 10: 1323-1331.

Anderson M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.

Anderson M.J. (2003a). PCO: a FORTRAN computer program for principal coordinate analysis. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland. Available at: [www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm](http://www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm).

Anderson M.J. (2003b). DISTLM forward: a FORTRAN computer program to calculate a distance-based multivariate analysis for a linear model using forward selection. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland. Available at: [www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm](http://www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm).

Anderson M.J., ter Braak C.J.F. (2003). Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 73(2): 85-113.

Ballardini D., Setti R., Minghetti A., Amadori A., Pezzi A. (1994). Indagine sui sedimenti. In. Soprani S., Ricci C. (Eds.). *Analisi dello stato ambientale e sanitario nelle valli ravennati*. La Pialassa Baiona. Azienda U.S.L., Dipartimento dei Servizi di Prevenzione, Ravenna: 325-354.

Basset, A.; Sabetta, L.; Fonnesu, A., Mouillot D., Do Chi T., Viaroli P., Giordani G., Reizopoulou S., Abbiati M., Carrada G.C. (2006). Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 441-455.

CIRSA Università di Bologna, Comune di Ravenna, Eds. (2003). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*, Imola (BO), Editrice La Mandragora.

Clarke K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

Conlan K.E. (1994). Amphipod crustaceans and environmental disturbance - a Review. *Journal of Natural History* 28(3): 519-554.

Dauer D.M. (1993). Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin* 26(5): 249-257.

Fabbri D., Felisatti O., Lombardo M., Trombini C., Vassura I. (1998). The Lagoon of Ravenna (Italy): characterisation of mercury-contaminated sediments. *Science of the Total Environment* 213: 121-128.

Fabbri D., Tartari D., Trombini C. (2000). Analysis of poly(vinyl chloride) and other polymers in sediments and suspended matter of a coastal lagoon by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 413: 3-11.

Fabbri D., Vassura I. (2003). Analisi delle fonti degli idrocarburi policiclici aromatici nei sedimenti. In. Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 187-198.

Fabbri D., Vassura I., Sun C.-G., Snape C.E., McRae C., Fallick A.E. (2003). Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in a coastal lagoon by molecular and isotopic characterisation. *Marine Chemistry* 84(1-2): 123-135.



Foschini F. (2002). Analisi di idrocarburi policiclici aromatici pirogenici in ambienti lagunari. Tesi di Laurea quinquennale in Scienze Ambientali a.a. 2000-2001, Università di Bologna.

Green R.H., Ed. (1979). Sampling design and statistical methods for environmental biologists, Chichester, England, Wiley Interscience.

Guerra R., Pasteris A., Ponti M. (2009). Impacts of maintenance channel dredging in a northern Adriatic coastal lagoon. I: Effects on sediment properties, contamination and toxicity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85: 134-142.

Guerra R., Pasteris A., Ponti M., Fabbri D., Bruzzi L. (2007). Impact of dredging in a shallow coastal lagoon: Microtox (R) Basic Solid-Phase Test, trace metals and Corophium bioassay. *Environment International* 33(4): 469-473.

Krebs C.J., Ed. (1989). *Ecological methodology*, New York, Harper Collins Publisher.

Lardicci C., Rossi F., Maltagliati F. (1999). Detection of thermal pollution: Variability of benthic communities at two different spatial scales in an area influenced by a coastal power station. *Marine Pollution Bulletin* 38(4): 296-303.

Martinelli L., Zanuttigh B., Lamberti A. (2003). Idrodinamica del sistema delle "Pialasse" ravennati. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 87-96.

Massa S.I., Arnaud-Haond S., Pearson G.A., Serrao E.A. (2009). Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass *Zostera noltii* (Hornemann) in southern Europe (Ria Formosa, Portugal). *Hydrobiologia* 619: 195-201.

Matteucci G., Rossini P., Arcangeli A., De Falco G., Fonti P., Guerzoni S. (2001). Organic pollution in a Ramsar site (Pialassa Baiona, northern Adriatic Sea). *Annali di Chimica* 91: 445-457.

McRae C., Snape C.E., Sun C.-G., Fabbri D., Tartari D., Trombini C., Fallick A.E. (2000). Use of compound-specific stable isotope analysis to source anthropogenic natural gas-derived polycyclic aromatic hydrocarbons in a lagoon sediment. *Environmental Science and Technology* 34(22): 4684-4686.

Miserocchi S., Langone L., Guerzoni S. (1993). The fate of Hg contaminated sediment of the Ravenna lagoon (Italy), final burial or potential remobilization. *Water Science and Technology* 28(8-9): 349-358.

Ponti M., Abbiati M. (2004). Quality assessment of transitional waters using a benthic biotic index: the case study of the Pialassa Baiona (Northern Adriatic Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14(S1): S31-S41.

Ponti M., Bonati A., Abbiati M. (2003a). Dinamica dei popolamenti zoobentonici in relazione alla qualità ambientale. In: Bologna C.U.d., Ravenna C.d. (Eds.). *La Pialassa della Baiona. Qualità dell'ambiente e attività di ricerca*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 199-221.

Ponti M., Casselli C., Abbiati M. (2003b). Application of the Biotic Coefficient to the environmental quality assessment of the coastal lagoon Pialassa Baiona (Ravenna, Italy). *Proceedings of the International Conference on Southern European Coastal Lagoons: The Influence of River Basin-Coastal Zone interactions*. Murray C.N., Zaldivar J.M., Giordani G., Viaroli P. Ispra (VA) Italy, Joint Research Centre, European Commission. Special Publication No.I.03.136: 127.

Ponti M., Casselli C., Abbiati M. (2010). Anthropogenic disturbance and spatial heterogeneity of macrobenthic invertebrate assemblages in coastal lagoons: the study case of Pialassa Baiona (northern Adriatic Sea). *Helgoland Marine Research*.

Ponti M., Castellini A., Ragazzoni A., Devenuto L., Ceccherelli V.U., Abbiati M. (2009a). Stock assessment, recruitment and harvesting of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) in a small northern Adriatic lagoon: an economic and biological approach. *Science and management of estuaries and coasts: a tale of two hemispheres*. Abstract of the ECSA 44th International conference. *ECSA Bulletin* No 53. UK, Estuarine & Coastal Science Association: 19-20.



Ponti M., Della Casa C., Bacchiocchi F., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2002). Analisi delle comunità bentoniche della laguna costiera "Pialassa Baiona" (Ravenna). Riassunti del 33° Congresso SIBM. Genova, Società Italiana di Biologia Marina: 70.

Ponti M., Della Casa C., Bacchiocchi F., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2005). Distribuzione spaziale e variazioni stagionali dei popolamenti macrobentonici nella laguna costiera "Pialassa Baiona" (Ravenna). *Biologia Marina Mediterranea* 12(1): 312-316.

Ponti M., Pasteris A., Guerra R., Abbiati M. (2009b). Impacts of maintenance channel dredging in a northern Adriatic coastal lagoon. II: Effects on macrobenthic assemblages in channels and ponds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85: 143-150.

Ponti M., Pinna M., Basset A., Moncheva S., Trayanova A., Georgescu L., Beqiraj S., Orfanidis S., Abbiati M. (2008). Quality assessment of Mediterranean and Black Sea transitional waters: comparing responses of benthic biotic indices. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 18(S1): S62-S75.

Ponti M., Pinna M., Trayanova A., Basset A., Abbiati M. (2007). Taxonomic benthic biotic indices in transitional waters: study cases from northern Adriatic and Black Sea. *Transitional Waters Bulletin* 1(3): 29-32.

Prato E., Scardicchio C., Biandolino F. (2008). Effects of temperature on the acute toxicity of cadmium to *Corophium insidiosum*. *Environmental Monitoring and Assessment* 136(1): 161-166.

Tartari D. (1999). Studio sull'inquinamento da idrocarburi policiclici aromatici e polimeri vinilici nella pialassa Baiona. Tesi di Laurea quinquennale in Scienze Ambientali a.a. 1998-1999, Università di Bologna.

Trombini C., Fabbri D., Lombardo M., Vassura I., Zavoli E., Horvat M. (2003). Mercury and methylmercury contamination in surficial sediments and clams of a coastal lagoon (Pialassa Baiona, Ravenna, Italy). *Continental Shelf Research* 23(17-19): 1821-1831.

Underwood A.J. (1997). *Experiments in ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.



€ sul C/C n. 1/871012

di Euro 3500,00

IMPORTO IN LETTERE TREMILA CINQUECENTO, 00

INTESTATO A TELEONERA DELLO STATO ROMA

CAUSALE

PAGAMENTO TARIFFA PER PRESENTAZIONE DOCUMENTI RICHIESTA  
PEL AIA-JBPC DEC. 2008-0001631 DEL 12/4/09  
ATA P.TO 3. E 5

67/094 06 23-04-10 #1

0082 €\*3.500,00\*

VCY 0375 €\*1,10\*

Pagato da SAT/VE C/C 000000871012 P 0054

ESEGUITO DA EVEL PRODUZIONE SPA JB PORTO CERCHI BOLO DELL'UFFICIO POSTALE

VIA -PIAZZA BALONA N°253

CAP 48123 LOCALITÀ PORTO CERCHI