



Inoltre come richiesto dall'art. 1 c. 5 del decreto si allega alla presente copia della quietanza del versamento della prescritta tariffa di cui al Decreto Interministeriale 24 Aprile 2008 in quanto l'originale è già stato trasmesso all'AC con lettera Enel-PRO-20/11/2012-0054111.

Distinti saluti.

**Piergiorgio Tonti**  
IL RESPONSABILE

Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 82/2005. La riproduzione dello stesso su supporto analogico è effettuata da Enel Servizi e costituisce una copia integra e fedele dell'originale informatico, disponibile a richiesta presso l'Unità emittente.

Allegati: Rapporto n. B2034799  
Attestazione di versamento

Copia a:PRO/SAM/AMB Ambiente

# CESI



ISMES



RAPPORTO

USO RISERVATO APPROVATO B2034799



## C.I.R.S.A.

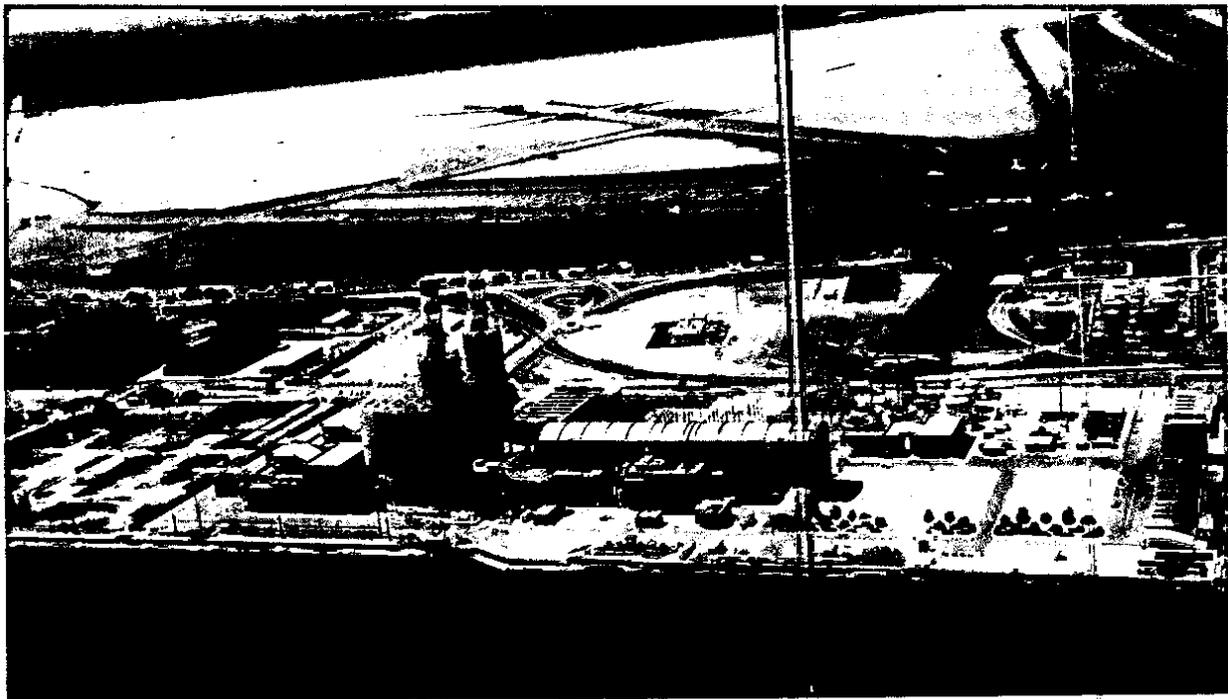
Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali  
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna - Campus di Ravenna

# CESI

Engineering & Environment- ISMES Division  
Environmental Studies & Monitoring

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO DELLA CENTRALE ENEL  
"TEODORA" SULLA PIALASSA BAIONA

ANNO 2012



PAD B2034799 (1734047) - USO RISERVATO

Mod. RAPP v. 7

CESI S.p.A.  
Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato  
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150  
P.I. IT00793580150  
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2012 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/76



## RAPPORTO

USO RISERVATO APPROVATO B2034799

**Cliente** Enel Produzione SpA

**Oggetto** Valutazione degli effetti dello scarico termico della Centrale Enel "Teodora" sulla Pialassa Baiona – ANNO 2012

**Ordine** CESI: ACCORDO QUADRO MULTISOCIETARIO N. 07/11/2011-0240585 (EP 8400051749) – Attingimento N. 4000298434 del 16/7/2012  
CIRSA: CONTRATTO DI APPALTO DI SERVIZI N 1400051974

**Note** Rev. 0 AG11ESS208 – Lettera n. B2037080

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di Enel, CESI e CIRSA.

**N. pagine** 76                      **N. pagine fuori testo** 87

**Data** 27/11/2012

**Elaborato** M. Abbiati, T. Granata, M.L. Meloni, M. Ponti

**Verificato** Maurizio Sala

**Approvato** Stefano Filippini

## Sommario

<b>1</b>	<b>SINTESI GENERALE.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>AREA DI STUDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>SCOPI E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO.....</b>	<b>14</b>
5.1	Pianificazione temporale dell'indagine .....	14
5.2	Impostazione dell'indagine termica.....	15
5.3	Impostazione dell'analisi dei popolamenti macrobentonici .....	22
5.4	Valutazione della persistenza dei contaminanti nei sedimenti .....	25
<b>6</b>	<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>26</b>
6.1	Rilievi termici.....	26
6.2	Rete termografica .....	26
6.2.1	Sonda multiparametrica CTD .....	27
6.3	Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di fondale .....	27
6.4	Analisi dei popolamenti macrobentonici.....	29
6.4.1	Distribuzione delle specie e caratterizzazione dei popolamenti .....	29
6.4.2	Diversità specifica .....	30
6.4.3	Analisi univariata e multivariata della varianza .....	30
<b>7</b>	<b>RISULTATI.....</b>	<b>33</b>
7.1	Dati al contorno.....	33
7.1.1	Registrazione delle oscillazioni mareali .....	33
7.1.2	Operatività della centrale.....	34
7.2	Rilievi termici.....	35
7.2.1	Rete termografica fissa.....	35
7.3	Valutazione della persistenza e stabilità temporale dei contaminanti nei sedimenti.....	46
7.4	Analisi dei popolamenti bentonici.....	47
7.5	Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla distribuzione dei singoli taxa .....	50
7.6	Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla diversità in specie .....	63
7.6.1	Ricchezza specifica.....	63
7.6.2	Equidistribuzione.....	64
7.6.3	Diversità specifica .....	65
7.7	Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla struttura di comunità .....	66
7.8	Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei popolamenti bentonici .....	68
<b>8</b>	<b>COMPARAZIONE DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI 2010 E 2012.....</b>	<b>70</b>
8.1	Rilievi termici.....	70
8.2	Popolamenti bentonici .....	72

APPENDICE 1:	Monografie stazioni di registrazione	pp. 26
APPENDICE 2:	2 A Mappe di temperatura superficiali	pp. 21
	2 B Mappe di temperatura intermedie	pp. 21
APPENDICE 3:	Profili CTD	pp. 19

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	27/11/2012	B2034799	Prima emissione

## GRUPPO DI LAVORO

All'esecuzione delle attività di campo e di laboratorio 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 Maria Giulia Caccia Marina Colombo Concetta Lanzafame Rossella Perlini Massimo Ponti Carolina Vincenzi
ISMES - CESI	Matteo Bartolini Amedeo Bozzani Tommaso Granata Patrizio Fontana Fabio Marengoni M.Laura Meloni Albino Moretti

## 1 SINTESI GENERALE

Nel presente rapporto sono riportati i risultati dello studio finalizzato alla valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale termoelettrica della Società Enel Produzione SpA sita in Porto Corsini (Ravenna) sull'ecosistema della Pialassa Baiona, in ottemperanza alle prescrizioni del Decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12 novembre 2009.

Lo studio segue l'impostazione data all'indagine condotta nell'anno 2010 (Rapporto CIRSA/CESI B0010853 "Valutazione degli effetti dello scarico termico della Centrale Enel Teodora sulla Pialassa Baiona – ANNO 2010", di seguito indicato come CIRSA/CESI 2010), aggiornato ed attualizzato sulla base dei risultati ottenuti dalle attività precedentemente svolte.

In particolare, riguardo la contaminazione dei sedimenti, nella zona più meridionale della Pialassa Baiona si ha la presenza di contaminanti che si sono accumulati nei decenni passati (Fabbri *et al.*, 1998; Guerra *et al.*, 2002; Trombini *et al.*, 2003; Fabbri e Vassura, 2003). Secondo quanto emerso nei precedenti studi (Ponti *et al.*, 2010) e nella precedente indagine per la valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale Enel "Teodora" sulla Pialassa Baiona (CIRSA/CESI 2010), la contaminazione storica ha un ruolo importante nel determinare la qualità dell'ambiente lagunare nel suo insieme, che si riflette nella distribuzione dei popolamenti bentonici. La Centrale Teodora non contribuisce al rilascio di contaminanti ed il livello di contaminazione, che trova origini passate, per sua natura non è soggetto a elevate dinamiche temporali. Il confronto condotto in questa sede fra i dati di contaminazione raccolti nella precedente indagine (CIRSA/CESI 2010) e quelli rilevati in un'analoga campagna condotta nel 2004 (Ponti *et al.*, 2010) ha permesso di confermare la persistenza e la limitata variabilità temporale del livello di contaminazione dei sedimenti della Pialassa Baiona.

L'indagine condotta nel 2012 ha visto l'esecuzione di due principali tipologie di attività:

rilevi termici, in condizioni di elevato livello produttivo, per la valutazione dell'estensione spaziale, orizzontale e verticale, e della consistenza temporale degli andamenti della temperatura dell'acqua della Pialassa Baiona al fine di individuare le alterazioni dovute allo scarico termico della centrale termoelettrica Enel rispetto agli andamenti naturali e alle alterazioni indotte dalle altre attività industriali e produttive che insistono sull'area meridionale della laguna;

campionamento dei sedimenti per le analisi della struttura dei popolamenti bentonici e delle covariate abiotiche. Esso è stato finalizzato alla valutazione dei possibili effetti indotti dallo scarico della centrale Enel sull'ecosistema, mediante la quantificazione della composizione e della struttura dei popolamenti bentonici, che riflettono le caratteristiche attuali del sistema e costituiscono anche la memoria storica degli eventi che hanno influenzato nel tempo le caratteristiche ecologiche del bacino. A tal fine è stato impostato un disegno di campionamento che ha permesso di incorporare gli eventuali effetti della centrale Enel dagli effetti dei gradienti naturali, tipici di tutti gli ambienti acquatici di transizione, e dagli effetti delle molteplici sorgenti d'impatto antropico (come l'arricchimento di nutrienti, gli scarichi industriali, l'inquinamento chimico e gli altri scarichi termici).

Lo studio termo-idrologico per la caratterizzazione dell'andamento della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento dell'impianto di produzione termoelettrica di Porto Corsini è stato effettuato sulla Pialassa Baiona e sulla rete di canali ad essa collegati. Operativamente è stata realizzata una rete termografica costituita da 25 stazioni di misura opportunamente distribuite nell'area di studio, ciascuna costituita da tre sensori posizionati rispettivamente a -0.1 m e -1.5 m rispetto alla superficie ed in prossimità del fondo; i sensori hanno operato in continuo per 11 giorni. Nello stesso periodo, inoltre, sono stati condotti dei rilievi di temperatura lungo il profilo verticale della colonna d'acqua tramite sonda multiparametrica CTD per caratterizzare la stratificazione termica del corpo idrico, cioè lo spessore dello strato d'acqua superficiale interessato dai fenomeni di riscaldamento, in corrispondenza di caratteristici istanti di marea (massimi e minimi sizigiali e quadrature).

L'analisi termografica ha permesso di generare le mappe di distribuzione termica e di tracciare il quadro generale del corpo idrico, in cui si rileva un apporto di acque calde derivante dal Canale Magni che raccoglie gli scarichi dell'area chimico-industriale. In questo quadro di alterazione la perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento della centrale Enel è circoscritta alle zone più prossime al punto di scarico e quindi non determina variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona. Le rappresentazioni bidimensionali del campo termico dell'area in esame consentono di evidenziare un quadro ben delineato: l'impatto termico della centrale si esaurisce nella zona meridionale della Pialassa, in particolare lungo il Canale Magni (interessato anche da reflui termici di diversa provenienza, come si può rilevare dalle alterazioni nella distribuzione delle temperature). L'effetto dello scarico viene mitigato dall'azione di rimescolamento dovuta alle correnti mareali. L'ingresso di acque marine fa sì che le più basse temperature medie si rilevano nella zona centrale della Pialassa. Si nota infine la tendenza al naturale riscaldamento della zona settentrionale del bacino dovuto alla presenza di chiari che risentono fortemente dell'effetto dell'irraggiamento solare.

L'analisi complessiva dei dati delle misure di temperatura effettuate nel 2010 e nel 2012 ha permesso di tracciare il quadro generale del corpo idrico in questione che non risente della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento se non nelle zone più prossime al punto di scarico e che non manifesta variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona.

La valutazione della qualità dei sedimenti e dello stato dei popolamenti degli invertebrati macrobentonici della Pialassa Baiona, considerando la complessità del bacino e le molteplici fonti di disturbo presenti, è stata condotta utilizzando un disegno di campionamento multifattoriale misto che permette di analizzare e discriminare i possibili effetti del gradiente naturale terra-mare, tipico degli ambienti costieri di transizione, dal gradiente d'impatto antropico dovuto a diverse sorgenti di disturbo localizzate lungo il lato meridionale della laguna, o dall'effetto combinato di questi due gradienti. I gradienti terra-mare e di disturbo antropico sono geograficamente ortogonali tra loro e la loro combinazione consente di identificare 4 aree:

- Area 1 (lontana dal mare e influenzata dagli scarichi industriali): si colloca nella parte più interna del canale Magni e riceve direttamente le acque di scarico provenienti dall'area industriale ma è meno interessata dagli scambi con il mare determinati dai cicli di marea;
- Area 2 (vicina al mare e influenzata dallo scarico termico della centrale Enel) si colloca nel 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 dallo scarico termico della centrale Enel ed è soggetta ad un forte ricambio con il mare;

- Area 3 (vicina al mare e poco interessata dagli scarichi industriali): si colloca nel canale Fossatone in prossimità del punto di confluenza dei canali verso il mare e relativamente lontano dalla zona industriale;
- Area 4 (lontana dal mare e lontana dagli scarichi industriali): si colloca nel canale Taglio della Baiona lontano dal polo industriale e poco influenzata dagli scambi con il mare, rappresenta l'area di studio più interna alla laguna.

Sono state così individuate zone della laguna più esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle Aree 1 e 2, contrapposte alle Aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le zone più prossime al mare, rappresentate dalle Aree 2 e 3, contrapposte alle Aree 1 e 4, più interne alla laguna. I due fattori, vicinanza al mare e alle fonti di disturbo, potrebbero influenzarsi vicendevolmente determinando degli effetti più complessi. Un eventuale effetto dello scarico termico della centrale Enel sarebbe evidenziato da un'alterazione delle variabili misurate nell'Area 2, la più prossima allo scarico della centrale, in contrasto con gli andamenti associati ai due principali gradienti analizzati.

Per 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. Per ogni sito sono stati analizzati tre campioni-replica.

L'analisi della struttura delle comunità bentoniche della laguna Pialassa Baiona nel loro insieme, come emerge dalle analisi multivariate, indica un effetto principale del gradiente naturale terra-mare. Si osserva, infatti, come i popolamenti dei Siti delle Aree più vicine al mare (l'Area 2 e l'Area 3) siano ravvicinati e differenziati da quelli dei siti delle Aree interne (Area 3 e Area 4). Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti et al., 2010; CIRSA/CESI 2010) sia con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006). Nella zona più interna della laguna si osserva, invece, un chiaro effetto del disturbo antropico generato dalla presenza del polo chimico-industriale. Questo si riflette nel marcato differenziamento osservabile fra i popolamenti dei Siti dell'Area 1, esposta da sempre alle molteplici fonti di inquinamento, rispetto ai popolamenti dei Siti dell'Area 4, che si collocano in posizione centrale e possono essere considerati rappresentativi dell'ambiente di transizione indagato, vicina a quelli delle Area 1 e 2, più vivificate dal mare. L'Area 1, influenzata dagli impatti antropici, si contrappone alle Aree 2, 3 e 4 che, pur nella loro eterogeneità, rappresentano il popolamento della Pialassa Baiona. Si conferma, altresì, la validità della scelta dell'Area 4 come sito di controllo per la valutazione dell'impatto antropico sulla laguna.

La distribuzione delle specie più abbondanti che compongono il popolamento (e.g. *Capitella capitata*, *Chironomus salinarius*, *Ventrosia vetrosa*) contrappone le stazioni interne ed esterne della laguna, confermando l'importanza del quadro emerso dall'analisi multivariata. Al ruolo chiave svolto dal gradiente terra mare spesso si sovrappone anche un'elevata eterogeneità spaziale su piccola scala, dovuta alle differenze di abbondanza che si osservano fra i Siti di campionamento. Non si evidenziano, pertanto, peculiarità nella struttura dei popolamenti dell'Area 2, che potrebbero essere messe in relazione specificamente con la presenza dello scarico termico della centrale Enel.

In sintesi, alla luce dei dati raccolti in questo studio, si può affermare che il principale elemento strutturante gli ecosistemi bentonici e la qualità ambientale della Pialassa Baiona sia il gradiente terra-mare che mette a contrasto le zone interna (aree 1 e 4) con la zona vicina al mare (Aree 2 e 3). Emerge molto chiaramente anche il differenziamento delle comunità d'invertebrati macrobentonici dell'Area 1, la cui composizione e l'abbondanza risente della storia del bacino, dell'accumulo di contaminanti nei sedimenti avvenuto nel tempo e della presenza di reflui provenienti dalla zona chimico-industriale. Nell'Area 2 (zona meridionale esterna) non emerge una alterazione della struttura dei popolamenti, che avrebbe potuto rappresentare uno specifico effetto aggiuntivo di disturbo imputabile univocamente alla presenza dello scarico termico della centrale Enel. Viceversa, l'Area 2 si caratterizza per una struttura dei popolamenti molto simile a quelli dell'Area 3 e dell'Area 4. Aree che meno risentono delle perturbazioni di origine antropica. I popolamenti dell'Area 3 sembrano essere influenzati principalmente dell'apporto vivificante (*sensu* Guélorget e Perthuisot, 1992) delle maree; mentre l'Area 4 presenta un popolamento più tipico degli ambienti salmastri.

La consistenza nelle metodiche applicate nelle due campagne d'indagine condotte nell'anno 2010 e nell'anno 2012, ossia l'utilizzo dello stesso disegno sperimentale e delle stesse procedure di analisi dei campioni, ha permesso un confronto formale dei risultati ottenuti. Nel complesso si osserva una dinamica coerente fra le due indagini, con uno spostamento verso l'alto delle quattro aree indagate nel quadrante definito dai primi due assi dell'Analisi delle Coordinate Principali (PCO). In entrambi gli studi si è evidenziata il netto differenziamento dell'Area 1, dovuto all'elevato livello di alterazione ecologica che la caratterizza e che si manifesta con una riduzione della ricchezza in specie. Nell'anno 2012, rispetto al 2010, si osserva la sovrapposizione nella struttura dei popolamenti tra le Aree 2 e 3, che risentono maggiormente dell'effetto vivificante degli apporti marini dovuti alle correnti di marea. Anche l'Area 4, che in entrambe le indagini si colloca in una posizione intermedia fra la stazione maggiormente alterata (Area 1) e quelle più esterne (Aree 2 e 3), nel 2012 converge verso queste ultime evidenziando una migliore condizione complessiva della qualità ecologica del bacino.

Pertanto, lo studio nel suo insieme evidenzia come la perturbazione termica interessi prevalentemente la zona meridionale del bacino identificabile nel canale Magni, già impattata da molteplici sorgenti di disturbo antropico, senza estendersi all'insieme del bacino della Pialassa Baiona, concentrandosi nelle zone più prossime allo scarico. Anche lo studio dei popolamenti, in accordo con i dati termici, evidenzia la presenza d'impatti nella zona meridionale della Pialassa e l'assenza di evidenti alterazioni attribuibili specificatamente allo scarico termico della centrale Enel.

## 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..... Tale indagine dovrà essere condotta ogni due anni....."*

A tale proposito, quindi, dopo lo studio condotto nel 2010, le attività sono state ripetute nel mese di maggio 2012, apportando alcune variazioni al piano di monitoraggio sulla base dei risultati ottenuti con le precedenti indagini.

La attività hanno previsto l'esecuzione di rilievi di temperatura nella Pialassa Baiona e campionamenti di sedimento per la valutazione dei popolamenti bentonici presenti, volti alla caratterizzazione dell'area oggetto di studio in condizioni di funzionamento dell'impianto.

In questo rapporto 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 la presentazione dei risultati ottenuti.

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

### 3 INTRODUZIONE

La centrale Enel 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 potrebbe causare delle modificazioni dei sistemi ambientali coinvolti. Tali modificazioni possono variare in intensità e direzione 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 rigoroso 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 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., che sono spesso sintetizzati con termini come vivificazione o il suo opposto – confinamento. 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).

Nelle indagini ambientali la verifica di specifiche ipotesi di studio specifiche, in particolare gli studi sull'impatto delle attività antropiche, impone l'impiego di disegni di campionamento 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 dello scarico termico della

centrale Enel e delle altre possibili sorgenti di disturbo, dai gradienti naturali dalla variabilità a micro scala spaziale (1 m - 1 km), 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 (Figura 1). 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 e a est dall'abitato di Porto Corsini e Marina Romea.

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

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 (CIRSA Università di Bologna e Comune di Ravenna, 2003).

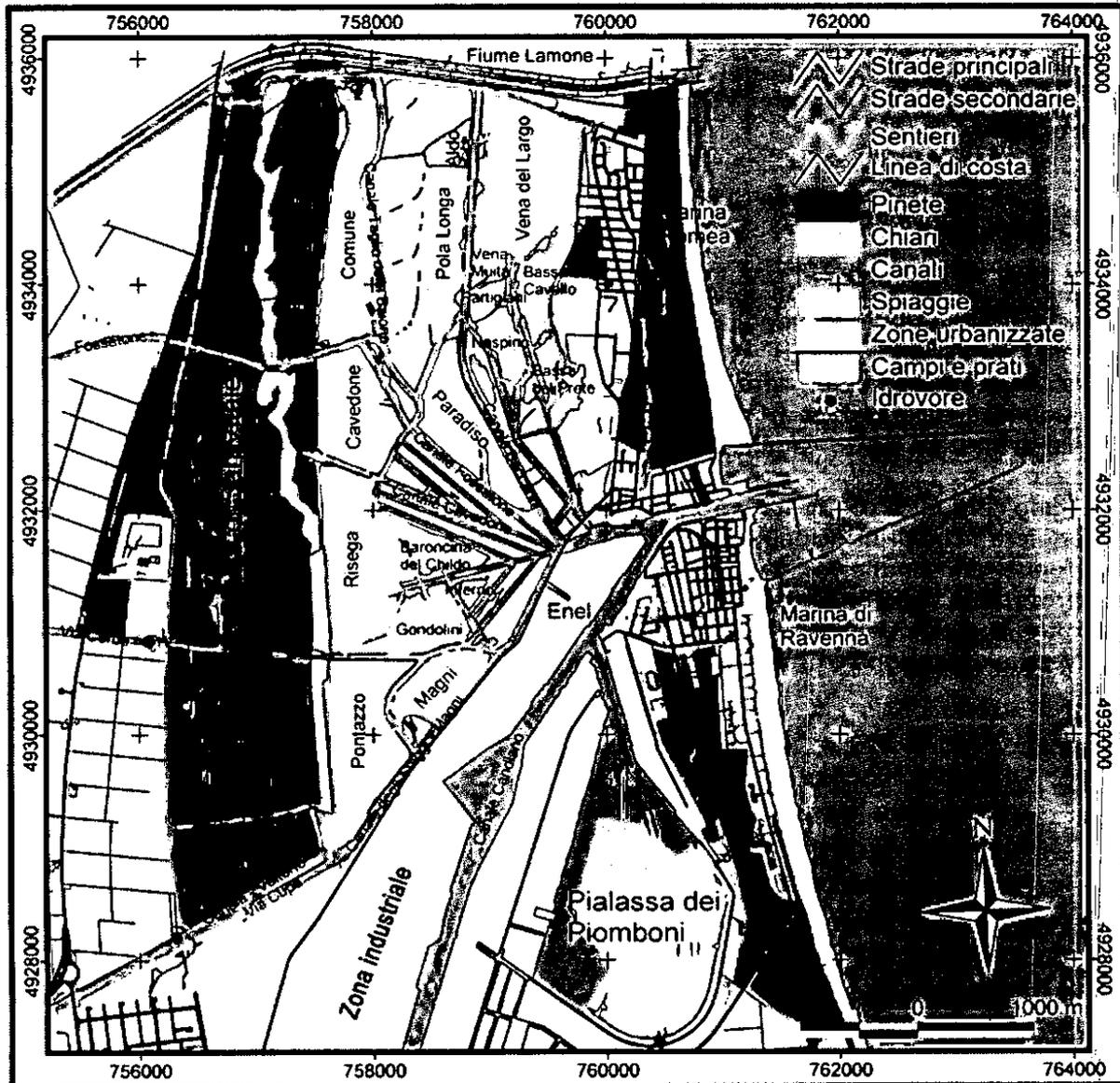


Figura 1: Pialassa Baiona (reticolo di coordinate UTM 32 ED50).

Cinque sono i canali che portano acque dolci nella laguna: i canali Baiona e Fossatone, 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 Baccharini allo scopo di aumentarne la profondità e migliorare la circolazione interna della laguna.

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; Ponti et al., 2010; CIRSA/CESI 2010), 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 di 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 chimico-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 chimico-industriale, le acque di scolo delle aree agricole limitrofe e quelle di raffreddamento degli insediamenti produttivi e diminuisce spostandosi verso le aree settentrionali del bacino.

## 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.

Il secondo scopo è di valutare i possibili effetti delle alterazioni termiche sull'ecosistema, scorporandoli 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), ed in linea con le recenti direttive Europee in materia di valutazione della qualità degli ambienti acquatici (Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EC).

### 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.

Il campionamento è stato effettuato nella prima metà del mese di maggio 2012 come nella campagna di monitoraggio effettuata nel 2010 (CIRSA/CESI 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 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 precedono l'evento acuto e si protraggono per mesi dopo il suo termine, 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 d'insediamento e reclutamento degli stadi giovanili sono caratterizzate dall'estrema abbondanza di individui giovanili, che possono raggiungere anche le centinaia o migliaia di esemplari per campione. Il massiccio reclutamento tende ad omogeneizzare i popolamenti, e inoltre pone dei problemi di analisi dei campioni sia per l'abbondanza di individui 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 alla fase di reclutamento 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, quando 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 – Campus di 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.

## 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 nelle condizioni di funzionamento dell'impianto.

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 25 stazioni di misura; la durata del rilievo è stata di 11 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 della 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 strato

- 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;
  - elaborazione complessiva dei dati dei rilievi.

Nella figura 2 viene riportata la mappa con le indicazioni delle 25 stazioni in cui sono stati posizionati i termografi.

Ciascuna stazione ha mantenuto il nome assegnato nella campagna del 2010 con l'aggiunta di due stazioni, 2 e 62, la prima nella parte Nord della Pialassa e la seconda all'inizio del canale di scarico della centrale.

Tali stazioni sono state introdotte per migliorare la caratterizzazione della zona Nord della Pialassa, contraddistinta da bassi fondali, e della temperatura delle acque di raffreddamento della Centrale.

---

<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%
-

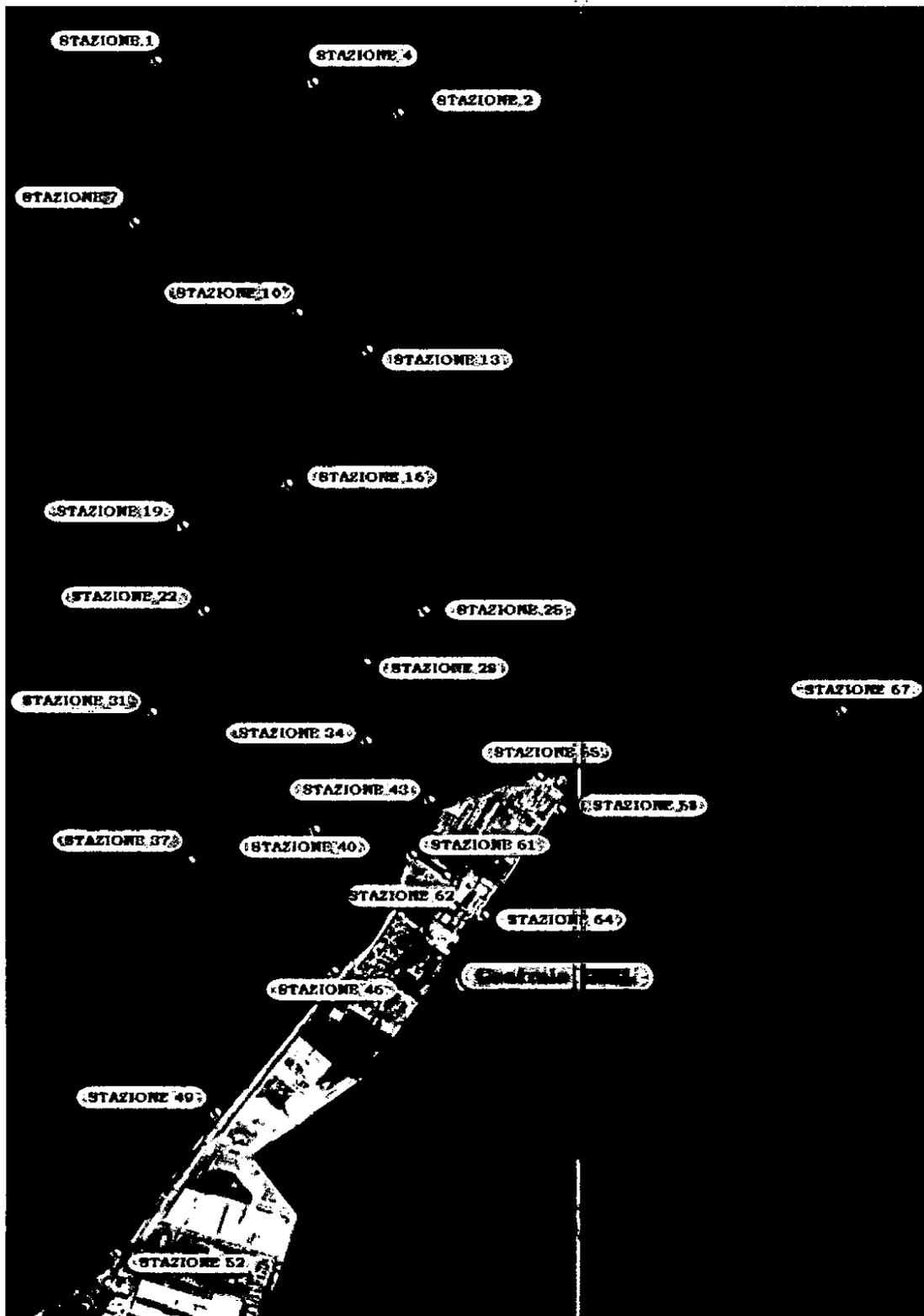


Figura 2: Planimetria della Piazza Baiona con indicata l'ubicazione delle 25 stazioni di misura della temperatura tramite termografi.

**Tabella 1: Identificazione stazioni di misura.**

<b>Nome stazione</b>	<b>Descrizione stazione</b>
<b>STAZIONE 1</b>	Pialassa Baiona – Stazione Nord-Occidentale
<b>STAZIONE 2</b>	Pialassa Baiona – Stazione Nord-Orientale
<b>STAZIONE 4</b>	Canale artificiale Baccharini – Stazione settentrionale
<b>STAZIONE 7</b>	Pialassa Baiona – Stazione occidentale
<b>STAZIONE 10</b>	Canale artificiale Baccharini – Stazione intermedia settentrionale
<b>STAZIONE 13</b>	Pialassa Baiona – Stazione Orientale
<b>STAZIONE 16</b>	Canale artificiale Baccharini – Stazione intermedia meridionale
<b>STAZIONE 19</b>	Pialassa Baiona – Stazione sud-occidentale
<b>STAZIONE 22</b>	Canale artificiale Fossatone – Stazione settentrionale
<b>STAZIONE 25</b>	Pialassa Baiona – Attracco isola Spinaroni
<b>STAZIONE 28</b>	Canale artificiale Baccharini – Diramazione canale della Rotta
<b>STAZIONE 31</b>	Canale artificiale Cavedone – Stazione occidentale
<b>STAZIONE 34</b>	Canale artificiale Fossatone – Stazione meridionale
<b>STAZIONE 37</b>	Pialassa della Risega
<b>STAZIONE 40</b>	Canale artificiale Baiona – Stazione occidentale
<b>STAZIONE 43</b>	Canale artificiale Baiona – Diramazione canale Fossatone
<b>STAZIONE 46</b>	Canale artificiale Magni – Stazione intermedia
<b>STAZIONE 49</b>	Canale artificiale Magni – Stazione al capanno Garibaldi
<b>STAZIONE 52</b>	Canale degli staggi
<b>STAZIONE 55</b>	Porto canale di Ravenna – Attracco navi gasiere
<b>STAZIONE 58</b>	Canale Candiano – Stazione settentrionale
<b>STAZIONE 61</b>	Canale artificiale Magni – Opera di scarico della Centrale
<b>STAZIONE 62</b>	Inizio canale di scarico della Centrale
<b>STAZIONE 64</b>	Canale Candiano – Opera di presa della Centrale
<b>STAZIONE 67</b>	Marina di Ravenna – Estremità del molo del porto canale

In Appendice 1 vengono riportate le monografie dedicate a ciascuna stazione di misura comprendenti il grafico della registrazione termica, un inquadramento fotografico e uno grafico.

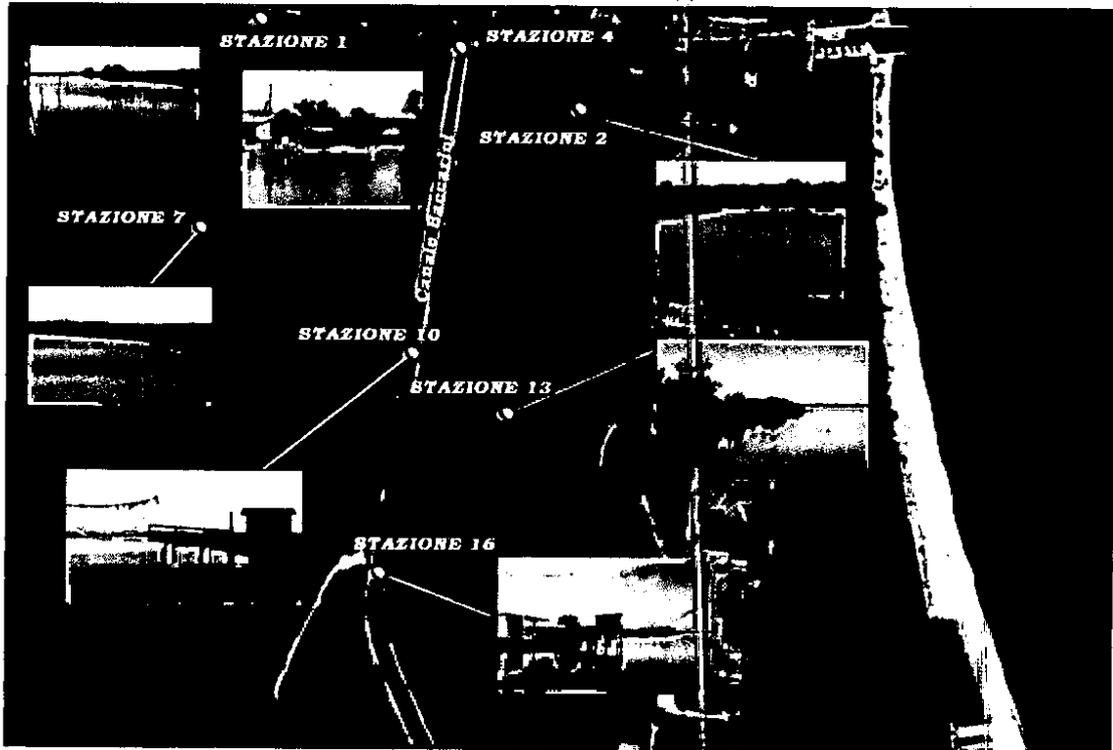


Figura 3: Schema della rete termografica installata - Particolare zona Nord.

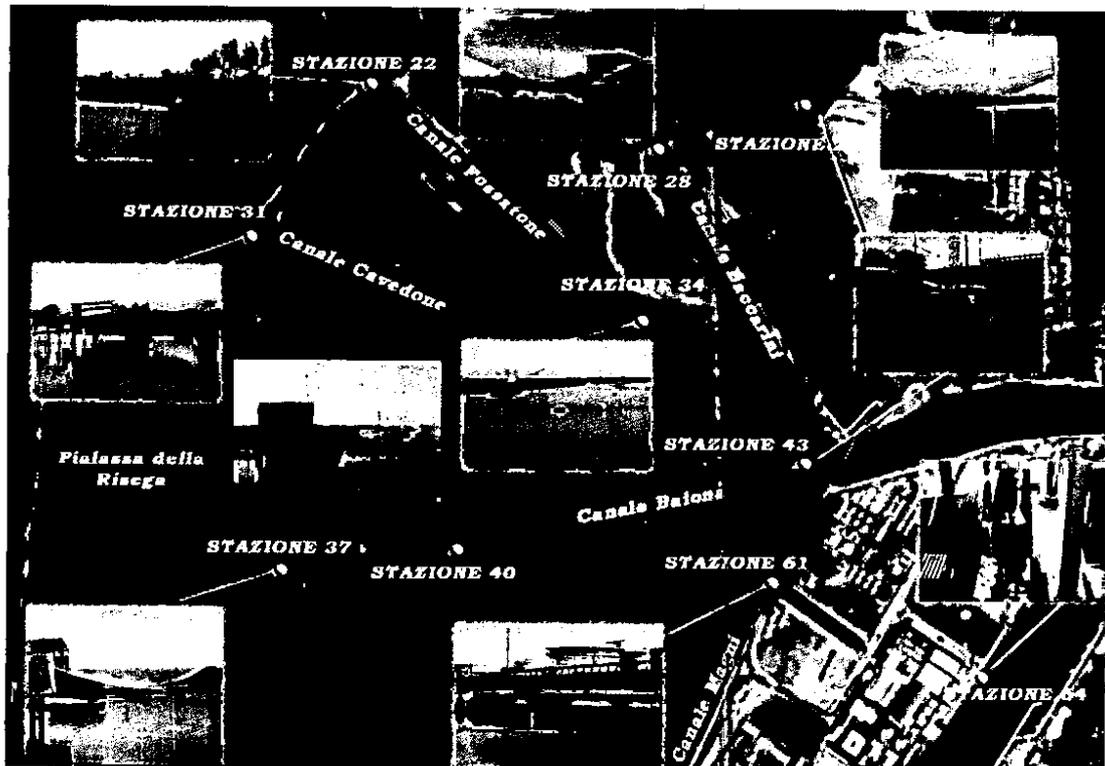


Figura 4: Schema della rete termografica installata - Particolare zona centrale

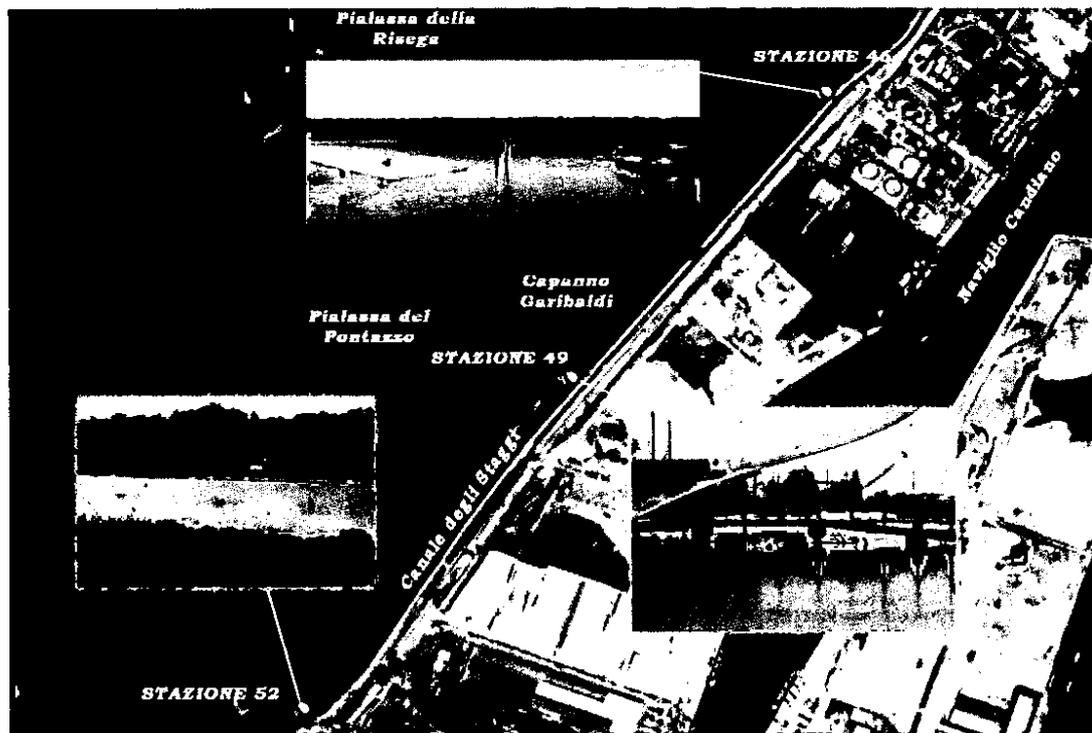


Figura 5: Schema della rete termografica installata - Particolare zona Sud.

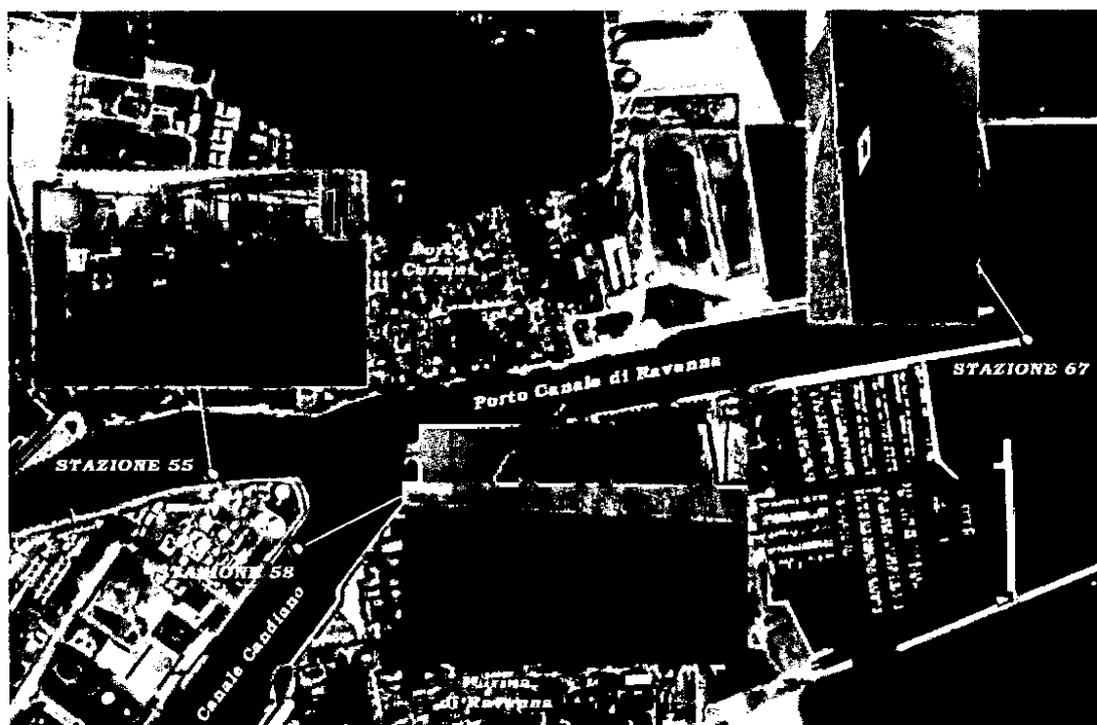


Figura 6: Schema della rete termografica installata - Particolare zona molo.

In figura 7 vengono illustrate le 9 stazioni in cui sono stati effettuati i profili mediante sonda multiparametrica.

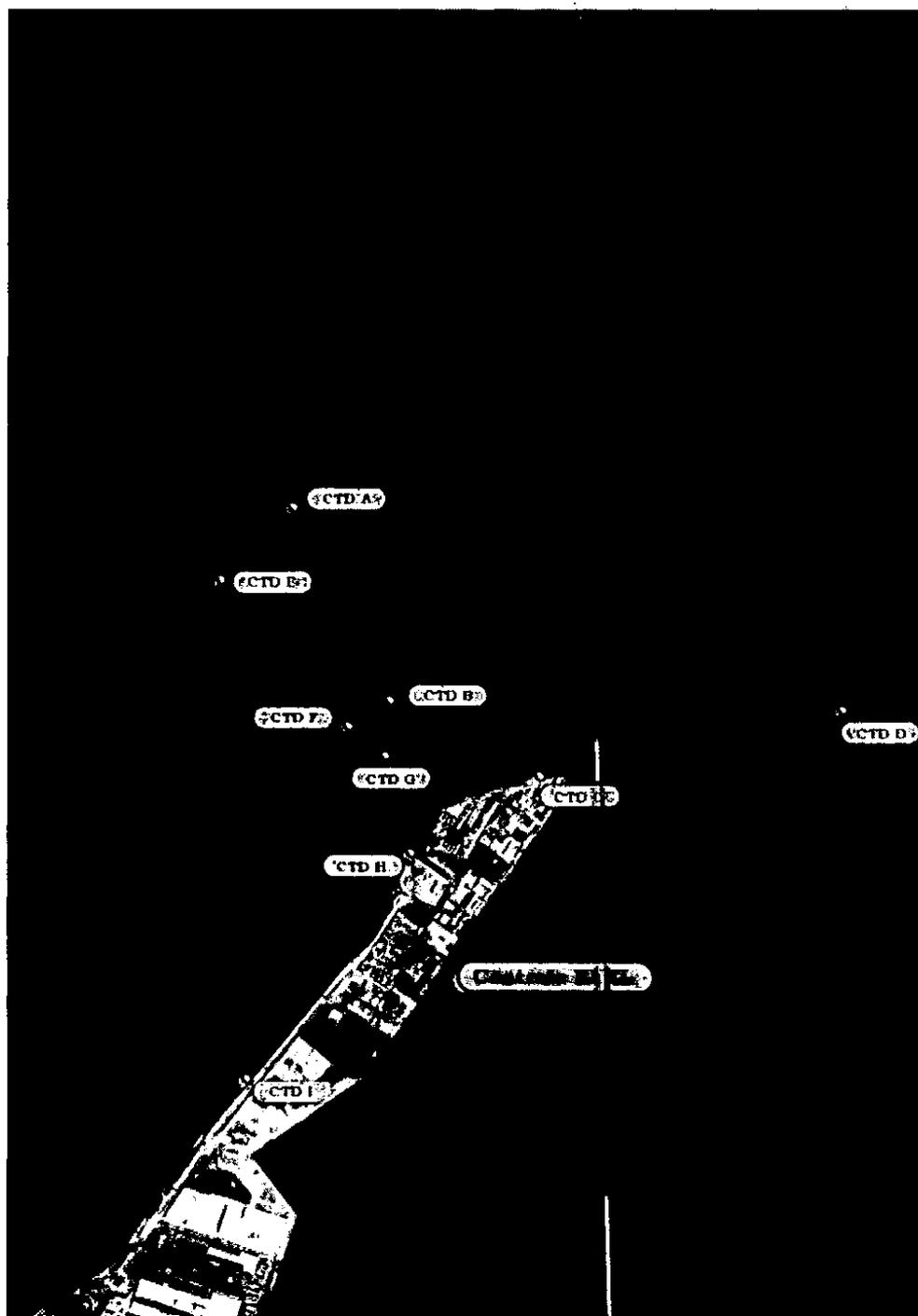


Figura 7: Planimetria della Pialassa Baiona con indicata l'ubicazione delle 9 stazioni di misura della temperatura tramite sonda CTD.

### 5.3 Impostazione dell'analisi dei popolamenti macrobentonici

Per la valutazione dello stato dei popolamenti d'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 misto ortogonale-gerarchizzato 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 differisca 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 qualitativi e quantitativi.

Il disegno sperimentale adottato analizza gli effetti del possibile gradiente d'impatto antropico e dei gradienti naturali terra-mare.

Nell'ambiente acquatico lagunare, il gradiente naturale terra-mare deriva dagli apporti di acque dolci provenienti dall'entroterra e dal ciclico scambio mareale di acque marine attraverso il canale portuale. Questo gradiente naturale, e la circolazione interna di acque prevalentemente dovuta ai flussi di marea, fa sì che in prossimità del canale portuale si abbia un maggiore ricambio e ossigenazione delle acque associati ad elevate variazioni di salinità. Nelle zone più interne il ridotto idrodinamismo determina la deposizione di sedimenti più fini e ricchi di sostanza organica.

Il gradiente d'impatto antropico è determinato dalla presenza lungo la costa meridionale della laguna dell'area portuale e industriale di Ravenna, e dall'insistenza nella stessa zona degli scarichi di reflui passati e presenti (CIRSA, 2003). L'apporto di contaminanti e nutrienti, presente dagli anni '50, è andato riducendosi nel tempo a seguito della più stringente normativa in materia ambientale. Si osserva comunque un accumulo di questi contaminanti nei sedimenti, con concentrazioni maggiori nella zona interna e meridionale della laguna. Nonostante la riduzione dei carichi inquinanti e l'aumento di efficienza degli impianti di trattamento dei reflui, nel rispetto delle vigenti norme, nell'area meridionale della laguna persistono ancora oggi numerosi scarichi, anche termici, che determinano il gradiente di crescente disturbo antropico delle acque e dei sedimenti da nord verso sud.

Nel disegno sperimentale di questa indagine, al fine di poter discriminare quali siano le caratteristiche ambientali che controllano la strutturazione dei popolamenti bentonici ed analizzare nello specifico il ruolo degli scarichi termici della centrale Enel, sono stati definiti due fattori che riflettono i due gradienti principali. Il fattore "distanza dalla sorgente di disturbo" (Di), per il quale vengono presi in considerazione due livelli (vicino e lontano), e "distanza dal mare" (Dm), con due livelli (vicino e lontano). Questi due fattori sono ortogonali tra loro non solo concettualmente ma, data la morfologia della laguna, anche geograficamente.

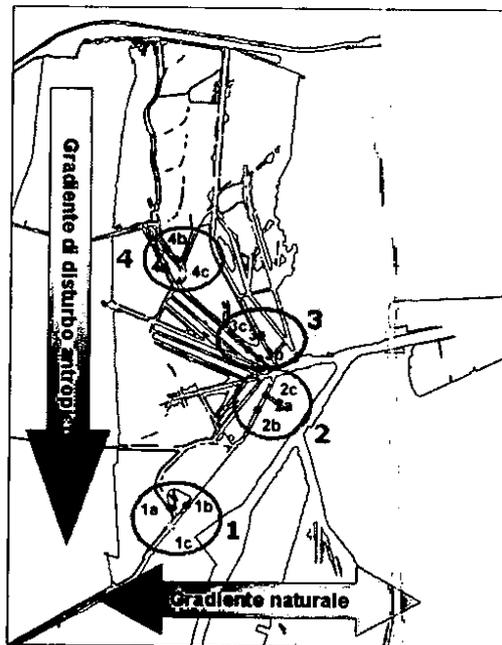


Figura 8: Principali gradienti ambientali della Pialassa Baiona.

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 (figura 8):

- Area 1: parte più interna del canale Magni, che riceve direttamente le acque di scarico e di raffreddamento dell'area industriale, meno interessata dagli scambi con il mare determinati dai cicli di marea;
- 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 dallo scarico termico della centrale Enel 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 poco influenzata dagli scambi con il mare; rappresenta l'area di studio più interna alla laguna.

Sono state così individuate zone della laguna maggiormente esposte al disturbo antropico, rappresentate dalle Aree 1 e 2, rispetto alle Aree 3 e 4 collocate più a nord, mentre il gradiente naturale terra-mare viene analizzato confrontando le zone più prossime al mare, rappresentate dalle Aree 2 e 3, 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 un differenziamento dei popolamenti più complesso dovuto all'interazione fra i due gradienti.

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 (Si) e per ciascun sito sono stati raccolti quattro campioni replica, tre da utilizzare per lo studio ed

uno di riserva (Figura 9). Il numero di Siti per Area e di repliche è stato determinato in base alla variabilità intrinseca del sistema dedotta dai dati storici disponibili e agli scopi dello studio. Le possibili interazioni tra le diverse aree sono indicate in figura 10.

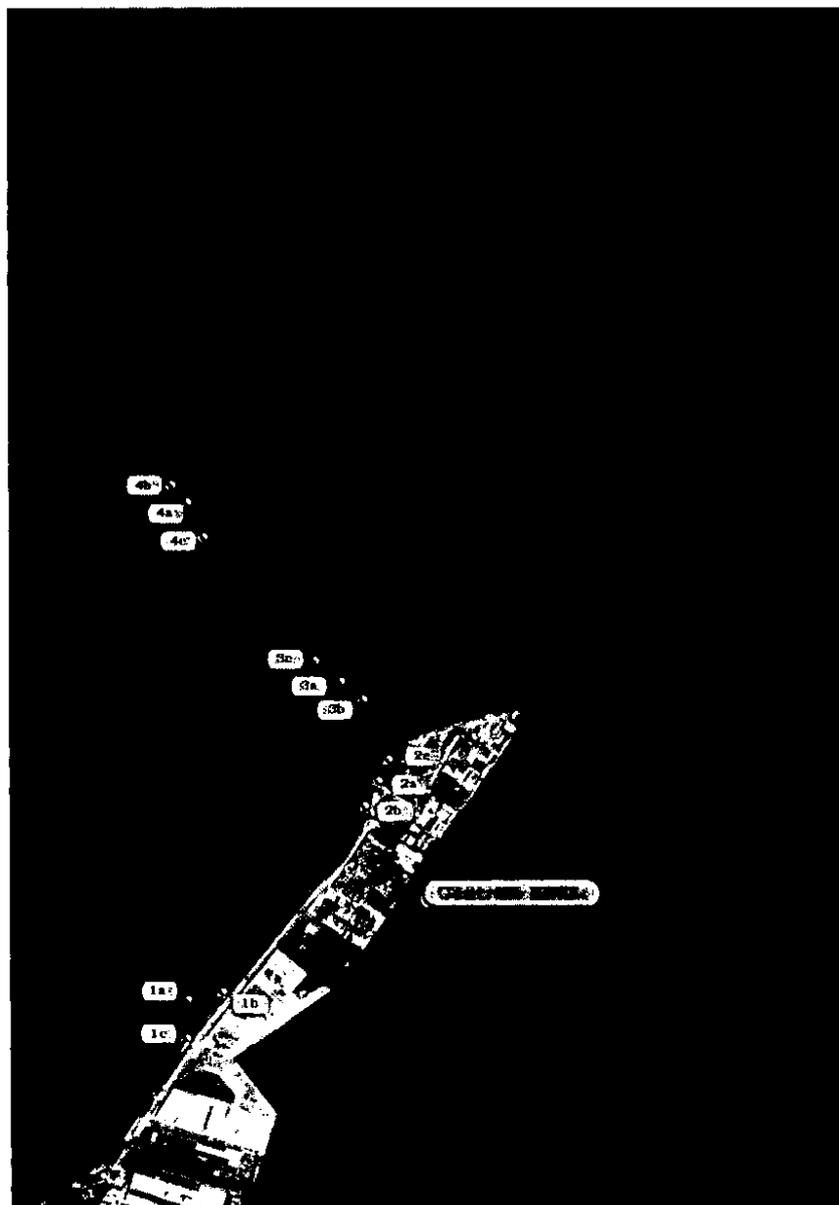


Figura 9: Planimetria della Piasa Baiona con indicate le stazioni di campionamento per l'analisi dei popolamenti bentonici.

		distanza dal mare	
		vicino	lontano
distanza dalle sorgenti di disturbo	vicino	<b>Area 2</b> Enel 3 siti 3 repliche	<b>Area 1</b> Area Industriale 3 siti 3 repliche
	lontano	<b>Area 3</b> 3 siti 3 repliche	<b>Area 4</b> 3 siti 3 repliche

Figura 10: Schema del disegno di campionamento adottato e delle possibili combinazioni fra i fattori considerati.

La profondità di prelievo dei campioni di sedimento per l'analisi dei popolamenti bentonici 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 nel corso del monitoraggio eseguito nel 2010 sulla base di rilievi preliminari condotti nei siti di campionamento nelle aree di studio con sonda CTD, in condizioni di alta e bassa marea (sizigia) e marea intermedia (quadratura).

I profili di temperatura avevano a suo tempo evidenziato come l'influenza del pennacchio termico sia discriminabile sicuramente entro i 50 cm di profondità della colonna d'acqua nei siti prossimi alle aree 1 e 2; 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.

## 5.4 Valutazione della persistenza dei contaminanti nei sedimenti

I sedimenti della Pialassa Baiona sono caratterizzati dalla presenza di contaminanti che si sono accumulati negli anni passati e soprattutto nella zona più meridionale (Fabbri *et al.*, 1998; Guerra *et al.*, 2002; Trombini *et al.*, 2003; Fabbri e Vassura, 2003). Secondo quanto emerso nei precedenti studi (Ponti *et al.*, 2010) e nella precedente valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale Enel "Teodora" sulla Pialassa Baiona (CIRSA/CESI 2010), questi contaminanti hanno un ruolo importante nel determinare la qualità dell'ambiente lagunare nel suo insieme e nel condizionare la distribuzione dei popolamenti bentonici. Questa contaminazione, che trova origini passate, sembra mantenersi nel tempo. Per verificare la persistenza e la stabilità temporale è stato condotto un confronto tra i dati raccolti nella precedente valutazione (CIRSA/CESI 2010), con i dati raccolti in una campagna d'indagini analoga condotta nel 2004.

## 6 MATERIALI E METODI

### 6.1 Rilievi termici

Le attività sono state svolte dal 2 al 14 maggio 2012, con diversi livelli produttivi dell'impianto; la durata complessiva della campagna di rilievi è stata pari a 11 giornate consecutive di misura.

Per la caratterizzazione termica delle acque della Pialassa Baiona è stata utilizzata la strumentazione di seguito descritta.

### 6.2 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 HOBO Pro V2 con incertezza di misura 0.2 °C, tarati in laboratorio, dotati di sistemi di misura e acquisizione del dato.



Figura 11: datalogger HOBO Pro V2.

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.

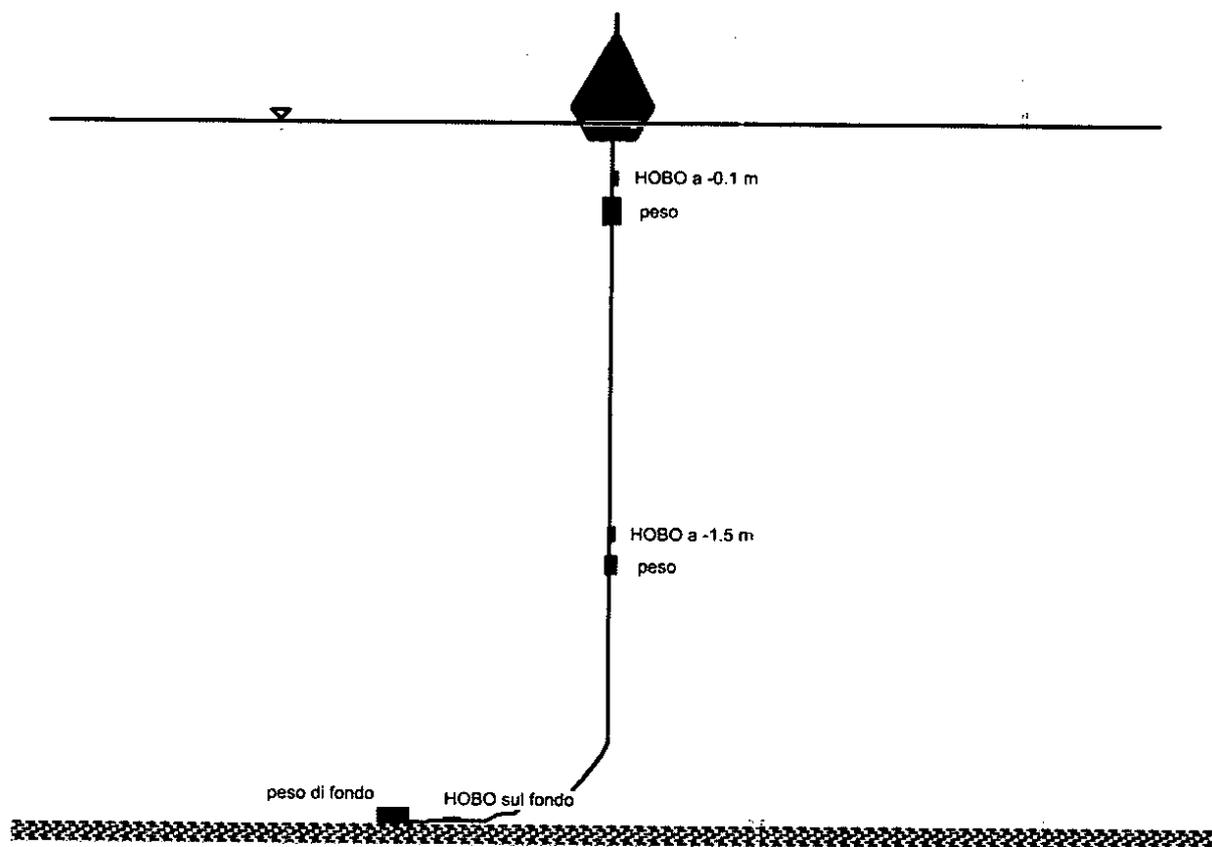


Figura 12: Schema di installazione della catena di datalogger HOBO.

### 6.2.1 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°C, che ha consentito il rilievo contemporaneo di temperatura, conducibilità e profondità di misura.

### 6.3 Prelievo e trattamento preliminare dei campioni di fondale

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.

La profondità di prelievo dei campioni di sedimento per l'analisi dei popolamenti bentonici 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 nel corso del monitoraggio eseguito nel 2010 (CIRSA/CESI 2010) sulla base di rilievi preliminari condotti nei siti di campionamento nelle aree di studio con sonda CTD, in condizioni di alta e bassa marea (sizigia) e marea intermedia (quadratura).

I profili di temperatura avevano a suo tempo evidenziato come l'influenza del pennacchio termico sia discriminabile sicuramente entro i 50 cm di profondità della colonna d'acqua nei siti prossimi alle Aree 1 e 2; 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.

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 13) 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 14).

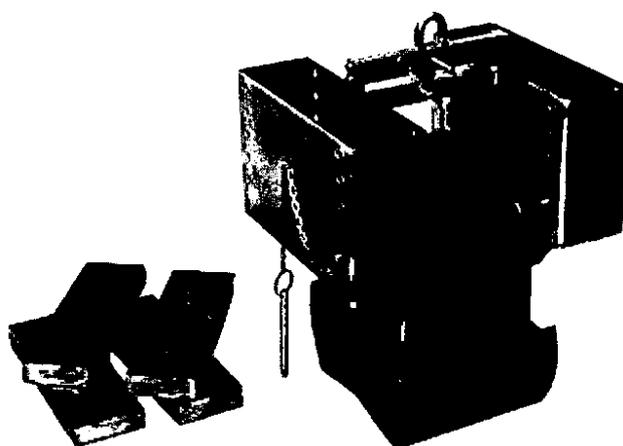


Figura 13: Box corer utilizzato per il campionamento del macrobenthos.

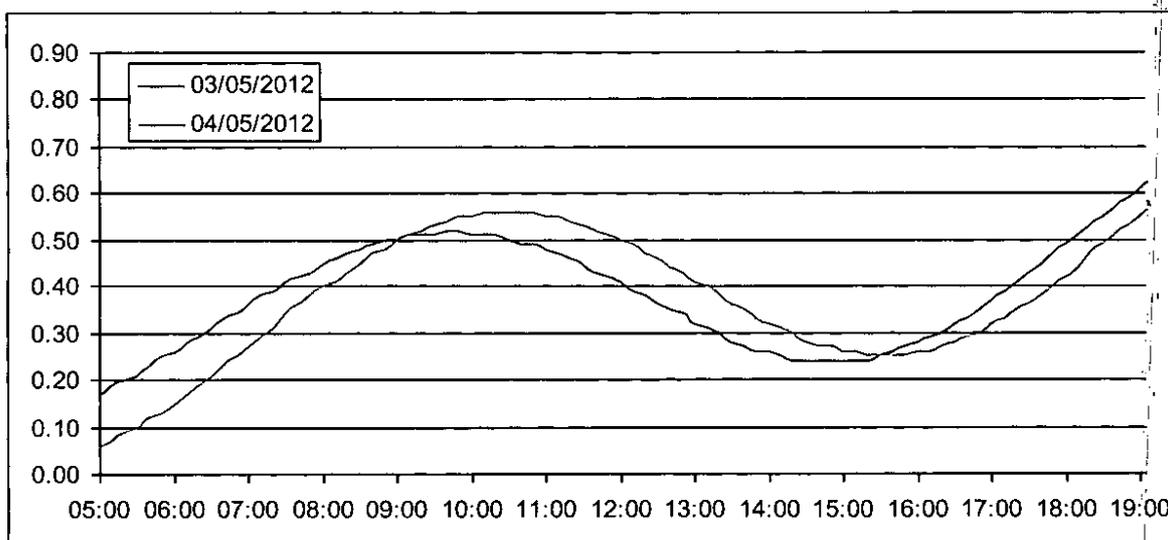


Figura 14: Previsione astronomica di marea (profondità in metri sopra il MLLW, ore locali UTC+2).

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.

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 2. Il campionamento si è svolto nei giorni 3 e 4 maggio 2012.

**Tabella 2: Coordinate dei Siti di campionamento dei popolamenti macrobentonici.**

Sito	E UTM33T	N UTM33T	E UTM32T	N UTM32T
	WGS84	WGS84	ED50	ED50
1A	280990	4928294	758272	4929930
1B	281193	4928328	758472	4929979
1C	281002	4928079	758299	4929717
2A	282232	4929622	759413	4931346
2B	282145	4929469	759338	4931187
2C	282309	4929751	759481	4931480
3A	282099	4930243	759235	4931956
3B	282223	4930115	759368	4931837
3C	281986	4930353	759114	4932057
4A	281253	4931418	758305	4933066
4B	281187	4931557	758229	4933200
4C	281363	4931210	758430	4932866

## 6.4 Analisi dei popolamenti macrobentonici

I campioni di benthos sono stati 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

La distribuzione delle specie più abbondanti e le caratteristiche dei popolamenti di invertebrati macrobentonici sono state analizzate secondo le metodologie e gli approcci statistici più moderni ed efficaci tra quelli disponibili (Underwood, 1997; Clarke, 1993; Anderson, 2001; Gray & Elliot 2009).

I dati di abbondanza (individui campione<sup>-1</sup>) delle specie nei 36 campioni trattati sono stati analizzati in base ai fattori che determinano la struttura del disegno di campionamento. Dai dati sono stati poi calcolati gli indici sintetici di diversità specifica. Il popolamento nel suo insieme è stato 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. Inoltre sono stati analizzati con tecniche multivariate di ordinamento (grafici PCO, Pricipal Coordinate Analysis; Clarke, 1993; Anderson, 2003a). Il contributo delle specie alla

determinazione delle differenze osservate sono stati determinati mediante apposite procedure (DistLM; 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, *evenness* o equidistribuzione). Queste caratteristiche delle comunità possono essere sintetizzate ed espresse attraverso indici di diversità (Krebs, 1989). In questo studio sono stati considerati i seguenti indici:

##### **Ricchezza specifica (S)**

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

##### **Abbondanza (N)**

Numero complessivo di individui all'interno del campione.

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

L'*eterogeneità complessiva* tiene conto sia del numero di specie sia della ripartizione degli individui fra le specie. Viene calcolata 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)**

L'*equidistribuzione* (*evenness*) è una misura di come siano ripartite gli individui fra le specie all'interno di una replica rispetto al valore massimo atteso che si otterrebbe se la ripartizione fosse uniforme. Nei campioni si osservano specie rare, rappresentate da pochi individui, e specie abbondanti, rappresentate da molti individui (elevate densità). La massima equidistribuzione si ha quando tutte le specie presentano la stessa percentuale di individui, non si hanno cioè specie rare o abbondanti.

L'*equidistribuzione* è stata calcolata tramite l'indice di Pielou secondo 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) misurate sono state esaminate mediante tecniche di analisi della varianza basata su permutazioni (PERMANOVA) 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').

In tutti i test è stato applicato il criterio di significatività del 5% di probabilità ( $\alpha = 0,05$ ) in cui si accettano come significativi i test statistici in cui si ha meno del 5% di probabilità che le differenze osservate non siano dovute ai fattori considerati nell'analisi ma al caso.

La seguente tabella riporta lo schema di combinazioni di fattori presenti nel disegno di campionamento.

Fattore	Numero Livelli	Tipo di fattore	Combinazione di livelli											
			1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
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	casuale gerarchizzato	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Repliche	3	casuale	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc

Tale schema rispecchia la collocazione delle aree e dei siti di campionamento come rappresentato in figura 8.

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

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

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

L'analisi prende in considerazione le seguenti fonti di variabilità dei popolamenti:

**Tabella 3: Fonti di variabilità (Source), gradi di libertà (DF) e denominatore della statistica F (F versus) in relazione al disegno sperimentale adottato.**

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 (*pair-wise test*).

Per l'analisi della varianza (PERMANOVA) è stato utilizzato il software PRIMER 6+. Sono state analizzate solo le specie più abbondanti e/o che maggiormente contribuiscono a caratterizzare i popolamenti.

Le differenze tra i popolamenti, in termini di indici di similarità, sono state 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 sono state condotte con il software PRIMER 6+.

## 7 RISULTATI

Vengono di seguito riportati tutti i risultati ottenuti dall'indagine condotta sulla Pialassa Baiona.

### 7.1 Dati al contorno

#### 7.1.1 Registrazione delle oscillazioni mareali

Le misure, protrattesi per 11 giorni, sono state svolte in condizioni di marea sizigiale (caratterizzata quindi dalle massime escursioni di livello) nella prima settimana e di marea in quadratura (caratterizzata da moderate 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 15.

Lo strumento utilizzato è stato il mareografo SLR (incertezza di misura: 1 cm), calato in acqua alle ore 15.44 del 2 maggio e posizionato a 1.25 metri di profondità. Lo strumento è poi stato salpato alle 15.44 del 14 maggio.

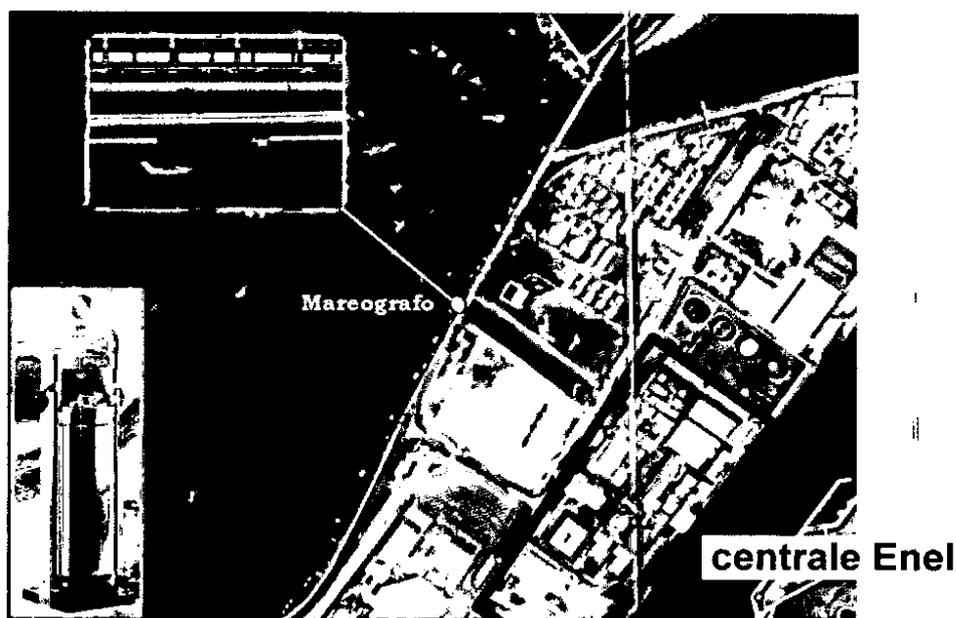


Figura 15: Ubicazione dello strumento di registrazione del livello mareale.

In figura 16 è riportato l'andamento del livello registrato dal mareografo, corretto e riportato in quote assolute IGM (metri s.l.m.m.).

<sup>2</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%

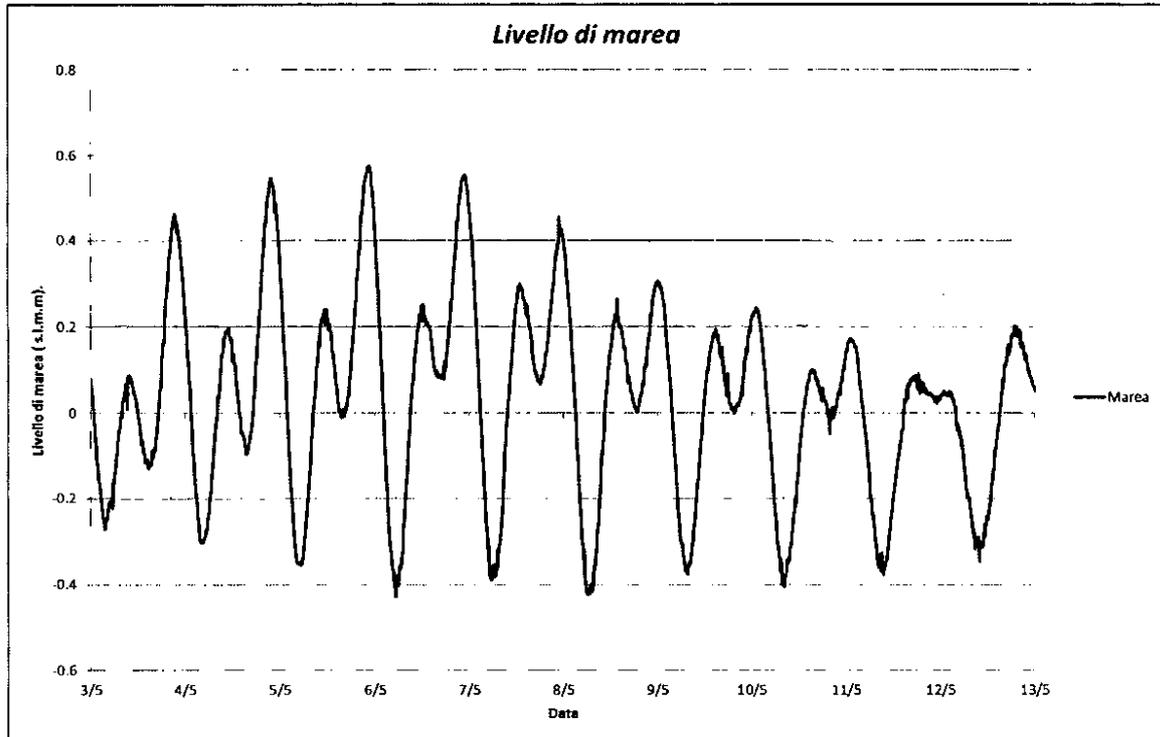


Figura 16: Livello mareale nel periodo di indagine

### 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 Enel (direttamente correlato al quantitativo di calore scaricato).

Nei giorni durante i quali è stato effettuato il rilievo è stato tenuto un livello produttivo elevato (figura 17).

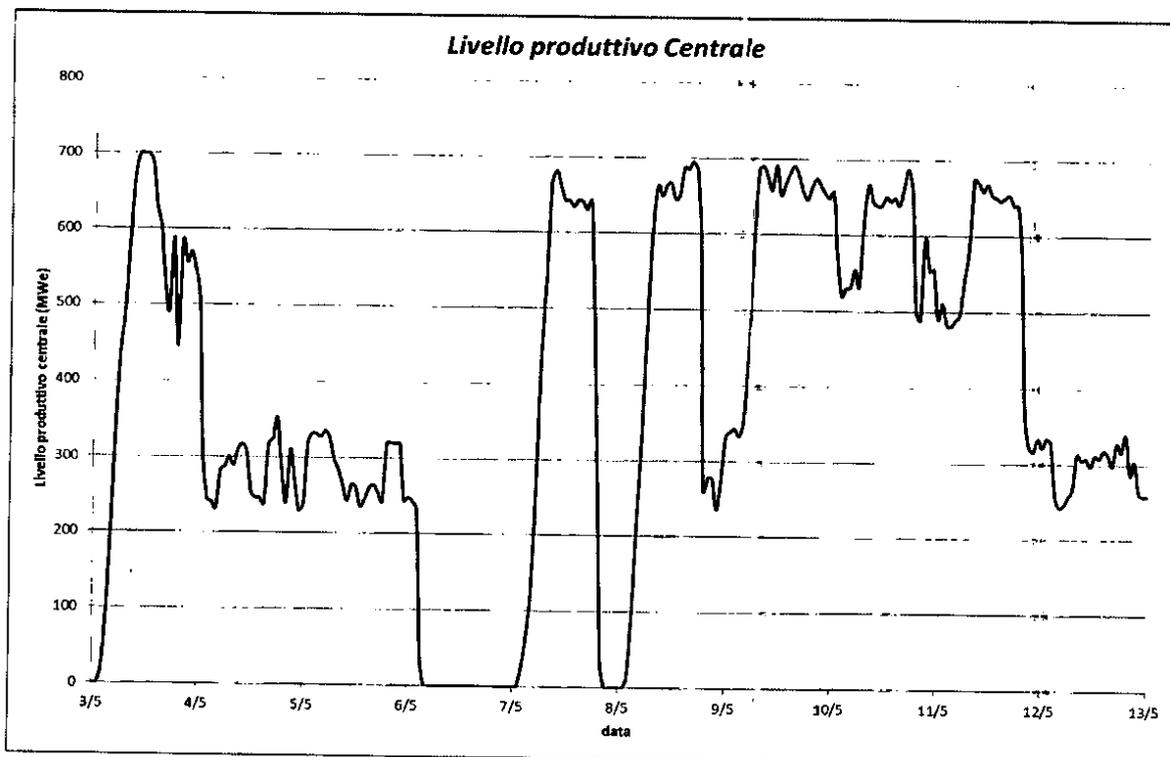


Figura 17: Livello produttivo della Centrale Enel nel periodo di indagine

## 7.2 Rilievi termici

### 7.2.1 Rete termografica fissa

Negli undici giorni di funzionamento la rete termografica installata ha acquisito più di 80000 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.

Tale mappatura (che riproduce un'immagine dell'assetto termico lagunare in un dato istante temporale) viene presentata in corrispondenza di 20 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 nelle figura 18 e 19, e brevemente descritti in seguito.

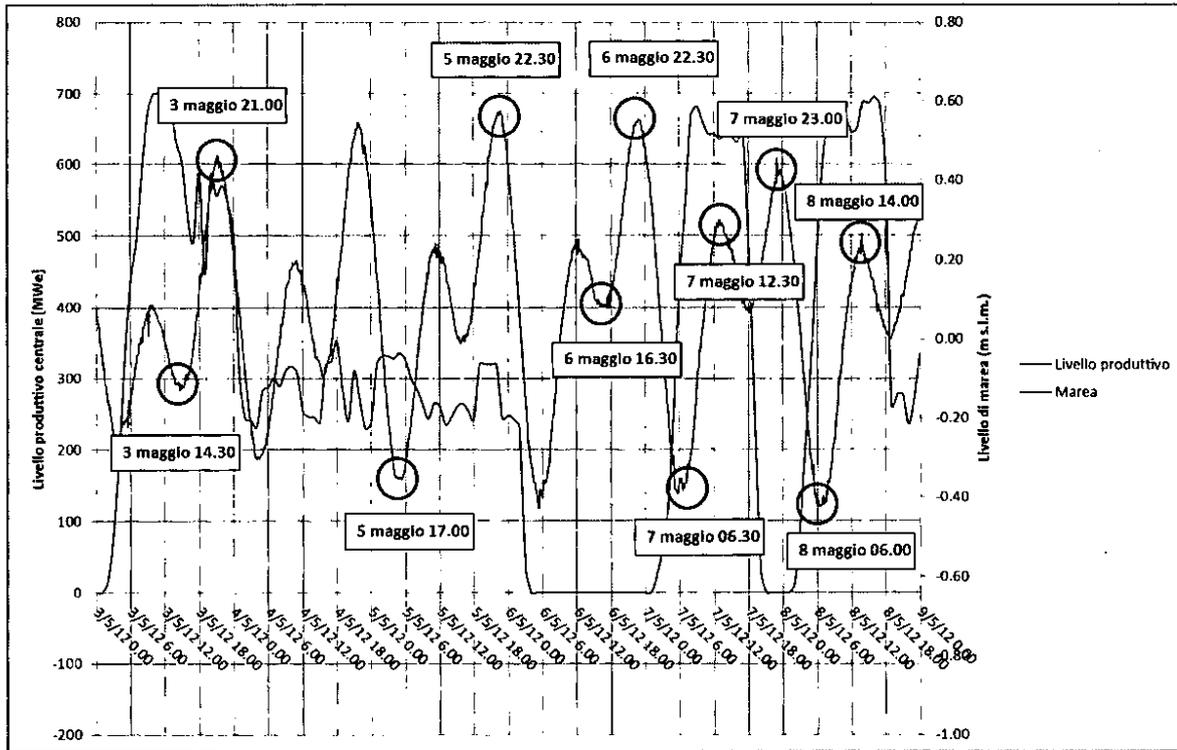


Figura 18: Individuazione degli istanti significativi di monitoraggio - prima settimana

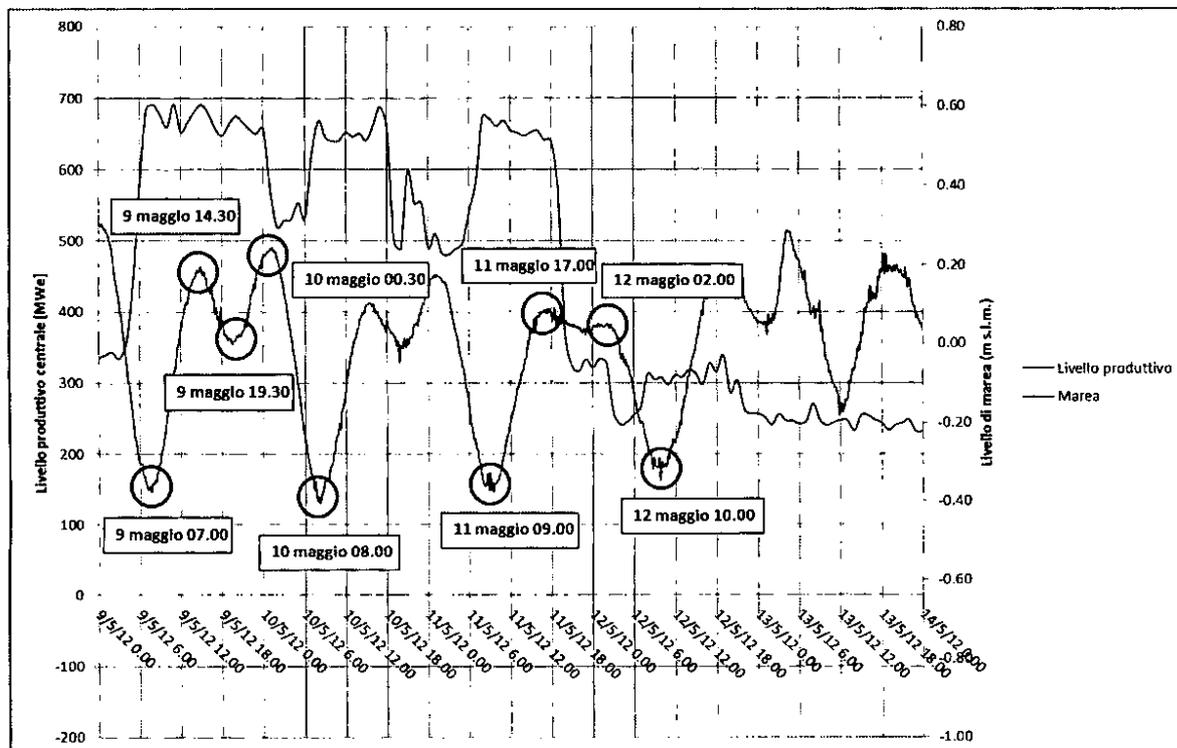


Figura 19: Individuazione degli istanti significativi di monitoraggio - seconda settimana

## DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI ISTANTI MAREALI ILLUSTRATI

<b>3 maggio 14.30</b>	Stanca di bassa marea con alto livello produttivo
<b>3 maggio 21.00</b>	Alta marea con alto livello produttivo
<b>5 maggio 17.00</b> <b>5 maggio 22.30</b>	Confronto tra due istanti di bassa e alta marea con livello produttivo medio
<b>6 maggio 16.30</b>	Bassa marea con livello produttivo nullo
<b>6 maggio 22.30</b>	Alta marea con livello produttivo nullo
<b>7 maggio 06.30</b>	Bassa marea con livello produttivo crescente
<b>7 maggio 12.30</b>	Alta marea con alto livello produttivo
<b>7 maggio 23.00</b>	Alta marea con livello produttivo nullo
<b>8 maggio 06.00</b>	Minimo di marea con alto livello produttivo
<b>8 maggio 14.00</b>	Alta marea con alto livello produttivo
<b>9 maggio 07.00</b>	Bassa marea con alto livello produttivo
<b>9 maggio 14.30</b> <b>9 maggio 19.30</b> <b>10 maggio 00.30</b>	Oscillazioni di alta e bassa marea con alto livello produttivo
<b>10 maggio 08.00</b>	Bassa marea con alto livello produttivo
<b>11 maggio 09.00</b>	Stanca di bassa marea con alto livello produttivo
<b>11 maggio 17.00</b> <b>12 maggio 02.00</b>	Confronto tra due istanti con stesso livello mareale e repentina diminuzione del livello produttivo
<b>12 maggio 10.00</b>	Stanca di bassa marea con medio livello produttivo

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 10; all'interno di tale dominio georeferenziato sono state posizionate le 25 stazioni di misura con le proprie coordinate UTM 32 ED50, 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).

Tale mappatura delle temperature assolute registrate dai sensori di superficie e intermedi viene riportata in Appendice 2.

### 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 7.

**Tabella 4: Istanti di acquisizione dei profili CTD.**

	<b>Staz. A</b>	<b>Staz. B</b>	<b>Staz. C</b>	<b>Staz. D</b>	<b>Staz. E</b>	<b>Staz. F</b>	<b>Staz. G</b>	<b>Staz. H</b>	<b>Staz. I</b>
03 maggio	10:50	10:45	11:50	<del>XXXX</del>	11:35	11:43	11:52	13:00	12:48
08 maggio	13:48	13:55	15:10	15:21	14:14	14:09	14:03	14:31	14:46
	18:36	18:40	18:01	18:12	18:31	18:27	18:24	17:56	17:42
09 maggio	10:03	10:08	09:10	08:50	09:57	09:51	09:47	09:19	09:32
	17:04	17:09	16:46	16:36	16:58	16:53	16:51	15:19	15:11
10 maggio	08:20	08:15	09:39	09:30	08:25	08:30	08:34	08:41	08:55
	17:05	17:11	15:31	15:50	16:25	16:15	16:11	15:23	15:04
11 maggio	10:12	10:18	09:19	08:58	10:04	09:56	09:53	09:27	09:41
	15:17	15:23	14:27	14:20	15:13	15:09	15:07	14:53	14:59

I grafici dei profili CTD acquisiti vengono riportati in Appendice 3.

Nel tracciare i 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.

Dal momento che il tempo necessario per l'acquisizione dei nove profili si è sempre mantenuto attorno ai 90-120 minuti e che in tale intervallo le variazioni di marea sono state modeste (una decina di cm al massimo) si è scelto di adottare un unico valore di correzione dello zero IGM per ciascuna acquisizione, ottenuto come media delle letture effettuate dal mareografo nell'intervallo di tempo di lavoro.

Nella tabella 4 sono riportate le correzioni ottenute applicando tale criterio.

**Tabella 5: Correzioni MLLW.**

<b>DATA</b>	<b>Inizio acquisizione</b>	<b>Media livello marea [m.s.l.m.m.]</b>	<b>Correzione MLLW [m]</b>
03 maggio	10.45	-0.005	0.395
08 maggio	13.48	0.218	0.618
	17.42	0.018	0.418
09 maggio	8.50	-0.237	0.163
	15.11	0.131	0.531
10 maggio	8.15	-0.359	0.041
	15.04	0.079	0.479
11 maggio	8.58	-0.332	0.068
	14.20	-0.001	0.399

Data l'impossibilità di effettuare posizionamento e stazionamento su coordinate sempre uguali e costanti, dall'analisi dei profili è stato estratto un campione di profondità

massime rilevate, la cui media permette di ricostruire le quote batimetriche (in m s.l.m.m.) su cui si assestavano i punti indagati con ragionevole attendevolezza.

Tabella 6: Profondità nei punti di indagine CTD.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
03-mag	1.90	1.90	9.70		1.80	1.90	5.60	2.90	1.50
08-mag	2.40	2.40	7.70	3.80	1.60	2.20	1.80	4.00	1.40
	2.60	2.20	9.20	9.00	2.20	2.60	1.80	4.40	1.20
09-mag	2.70	2.20	7.00	9.30	0.90	1.50	2.40	3.50	1.30
	2.70	1.00	7.30	4.70	1.10	2.10	1.90	3.30	0.90
10-mag	2.80	2.00	7.40	9.60	1.60	1.80	1.80	4.20	1.40
	3.00	1.10	8.10	8.70	1.60	2.50	1.90	4.30	1.30
11-mag	2.50	1.10	9.50	9.40	2.50	1.70	1.90	3.70	1.30
	2.80	1.40	7.80	9.00	1.60	2.60	2.00	4.20	1.20
Prof max	3.00	2.40	9.70	9.60	2.50	2.60	5.60	4.40	1.50
Prof min	1.90	1.00	7.00	3.80	0.90	1.50	1.80	2.90	0.90
Prof media	2.60	1.70	8.19	7.94	1.66	2.10	2.34	3.83	1.28
Varianza	0.10	0.30	1.03	5.31	0.24	0.16	1.53	0.27	0.03

L'analisi dei profili termici registrati nei dintorni dello scarico permette di osservare che complessivamente il fenomeno di rimescolamento delle masse idriche tende a prevalere su quello di mantenimento della stratificazione.

In figura 20 è riprodotta la direttrice lungo la quale la perturbazione termica si riduce allontanandosi dalla centrale, verificato attraverso la serie di profili registrati tra le ore 15:19 e le 16:58 del giorno 9 maggio nei punti H, G, F e E (figura 21).

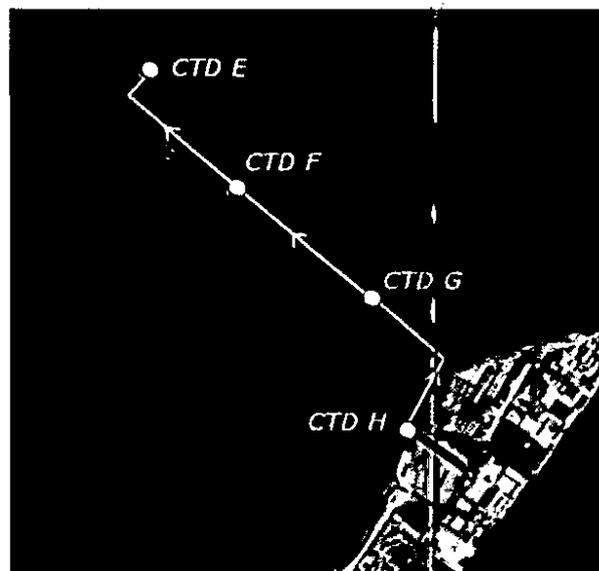


Figura 20: Stazioni CTD analizzate per verificare l'influenza del pennacchio termico.

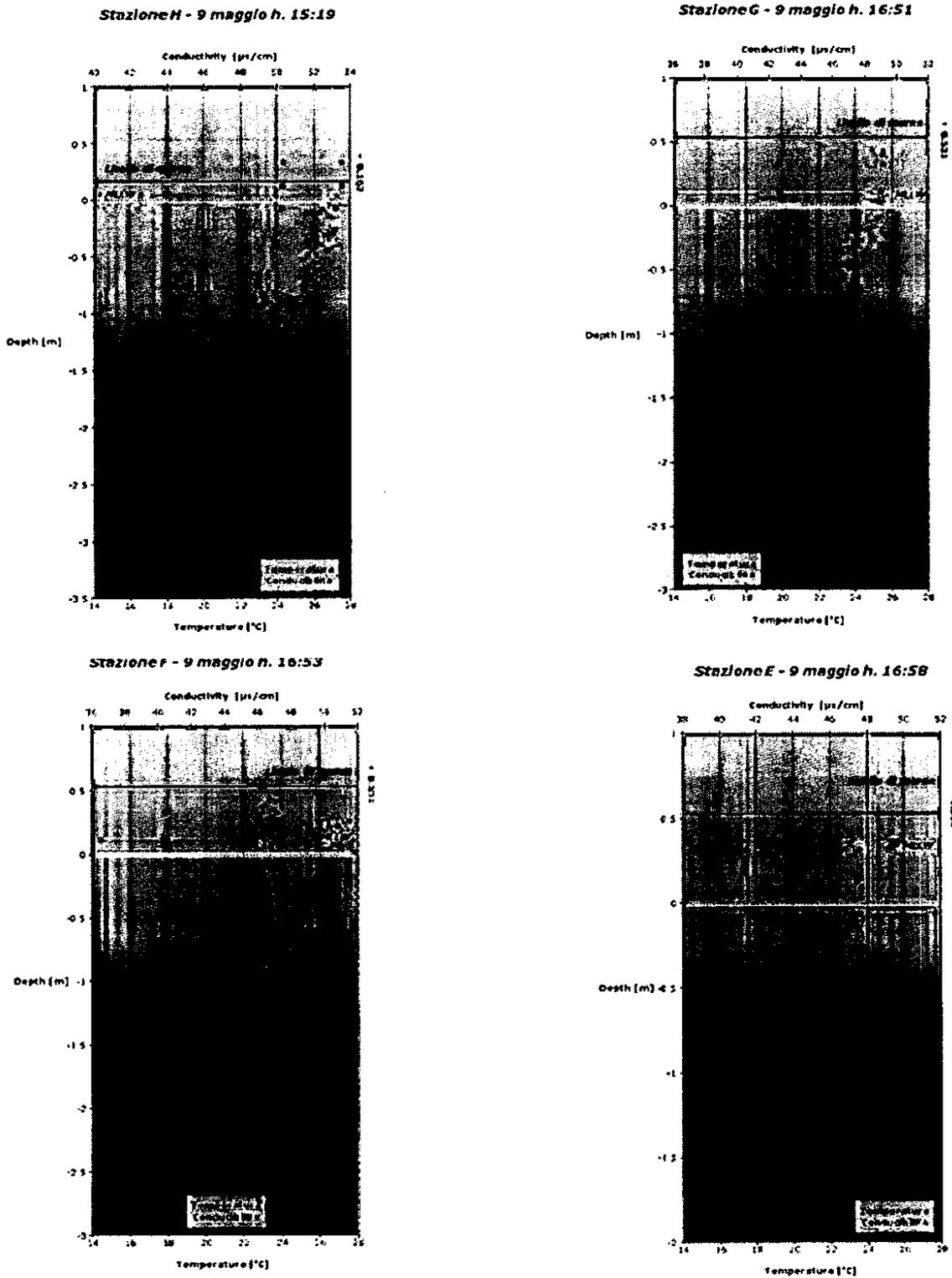


Figura 21: Assottigliamento del pennacchio termico.

Come si evince dalla figura 21 il riscaldamento della colonna d'acqua dovuto allo scarico della centrale è evidente nella stazione H, posta all'uscita dello scarico nel canale Magni, fino ad una profondità di circa 2.5-3 metri. Il pennacchio è ancora presente nella stazione G seppur in maniera molto attenuata (fino ad una profondità di circa 1 metro), mentre non interessa le stazioni F e E.

### **7.2.3 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei dati termici**

Il monitoraggio termo-idrologico effettuato sulla Pialassa Baiona e sulla rete di canali a essa collegati per caratterizzare l'andamento della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento dell'impianto di produzione termoelettrica di Porto Corsini ha reso possibile una valutazione dell'entità dell'impatto sull'ecosistema.

La campagna di rilievi è stata eseguita in concomitanza con andamenti mareali di quadratura (escursioni di livello contenute e stanche di marea) e di sizigia (massime escursioni di livello), coprendo quindi la gamma più vasta e ricorrente possibile di stati di marea; un'analisi di questo tipo assume carattere fondamentale per la Pialassa Baiona, la cui idrodinamicità interna è stata sviluppata e progettata nei secoli proprio con la concezione che fossero l'innalzamento e l'abbassamento di marea a regolare i flussi nei canali artificiali e, di conseguenza, il ricambio idrico nei chiari.

L'analisi delle mappe di distribuzione termica ha permesso di tracciare il quadro generale di un corpo idrico che non risente della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento se non nelle zone più prossime al punto di scarico e che, quindi, non manifesta variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona.

L'analisi delle stesse mappe suggerisce di poter suddividere la Pialassa in tre zone, come presentato in figura 22.



Figura 22: Suddivisione in fasce termiche della Piasa Baiona

Nella zona A, che si estende a nord e a ovest, i termografi hanno registrato temperature mediamente più elevate di quelle marine (prese come riferimento di una situazione termica "naturale"); tale condizione si verifica per motivi non correlabili alla presenza della Centrale Enel, ma per il naturale e fisiologico riscaldamento delle masse d'acqua meno soggette a ricambio e delle vaste estensioni dei chiari, che svolgono la funzione di "polmone" termico, immagazzinando calore per irraggiamento solare e generando, per inerzia, un proprio ciclo termico giornaliero. Questa tendenza già delineata nell'analisi del 2010 è stata rafforzata dai dati ricavati dalla nuova stazione (stazione 2, Piasa nord-orientale) utilizzata nell'analisi 2012 che ha confermato questa dinamica di riscaldamento dell'area.

La zona B, centrale, può essere considerata la zona di transizione tra la zona A e la zona C; qui i termografi hanno registrato temperature analoghe a quelle della stazione 67, posta sul molo di Marina di Ravenna. Le stazioni 25, 28 e 34 hanno infatti mostrato in superficie uno scarto termico rispetto alla stazione 67 non superiore a 0.6°C, mentre alla quota intermedia non superiore a 1.2°C.

In tale zona si può rilevare, dunque, che sia massimo l'effetto di ingresso di acqua fredda dal porto canale Candiano e di ricambio dell'acqua tale per cui si ha lo smorzamento quasi totale del pennacchio termico proveniente dalla centrale.

Infine la zona C, a sud, è quella che risente maggiormente del riscaldamento da fonti antropiche, e quella nella quale arrivano a svilupparsi quasi per intero gli scarichi termici provenienti dalla centrale Enel e dagli altri impianti industriali posti più a sud lungo il Canale Magni.

Poiché non sono disponibili dati riguardanti gli scarichi termici che confluiscono nel canale Magni, nell'area sud-ovest della Pialassa, come nel 2010 sono state posizionate due stazioni, la 49 e la 52, che hanno consentito di valutare l'andamento termico del canale durante il rilievo senza poterne però stimare la portata.

Tale scenario complessivo trova ulteriore conferma nell'analisi delle quattro mappe presentate alle pagine seguenti (Figura 23 e 24), ove si è scelto di rappresentare l'andamento dei valori medi delle differenze di lettura tra sensori mediante un grafico "a bolle": ciascuna bolla è posizionata nello spazio su mappa in corrispondenza di una stazione termografica e il suo raggio risulta direttamente proporzionale alla media delle differenze di lettura tra la stazione stessa e una stazione di riferimento; il valore in °C dello scarto viene riportato nell'etichetta associata a ciascuna bolla.

Il colore blu della bolla indica uno scarto positivo rispetto alla stazione di riferimento mentre il colore bianco uno scarto negativo.

Analogamente allo studio del 2010 sono state assunte come stazioni di riferimento la 67 e la 4, posizionate rispettivamente all'estremità del porto canale e nella zona più settentrionale (e quindi più distante dallo scarico termico della centrale) della Pialassa.

## Sensori superficiali

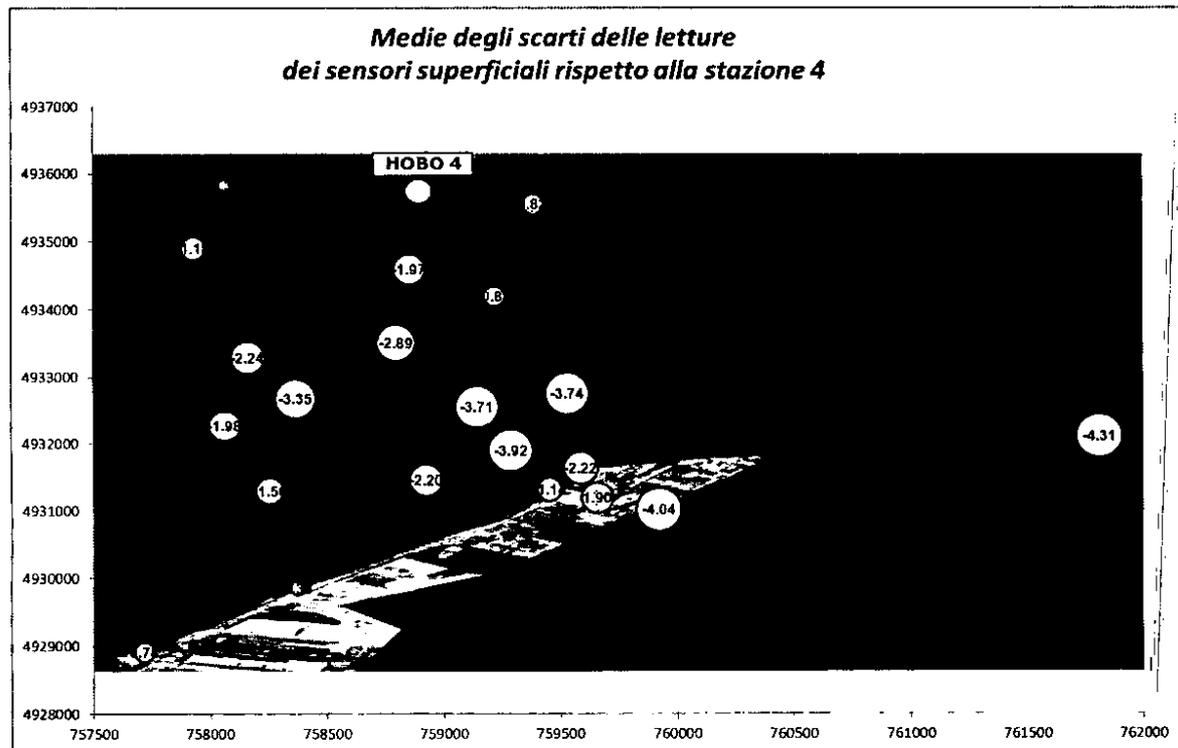
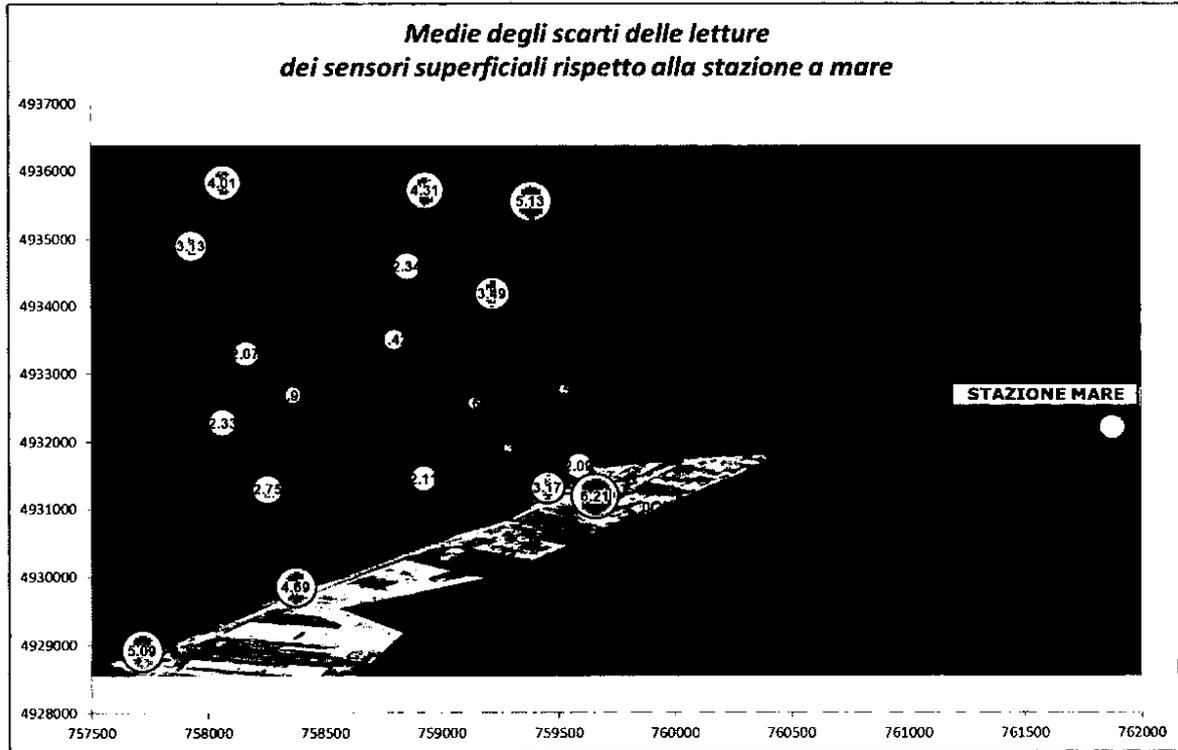


Figura 23: Medie degli scarti delle letture dei sensori superficiali

**Sensori intermedi**

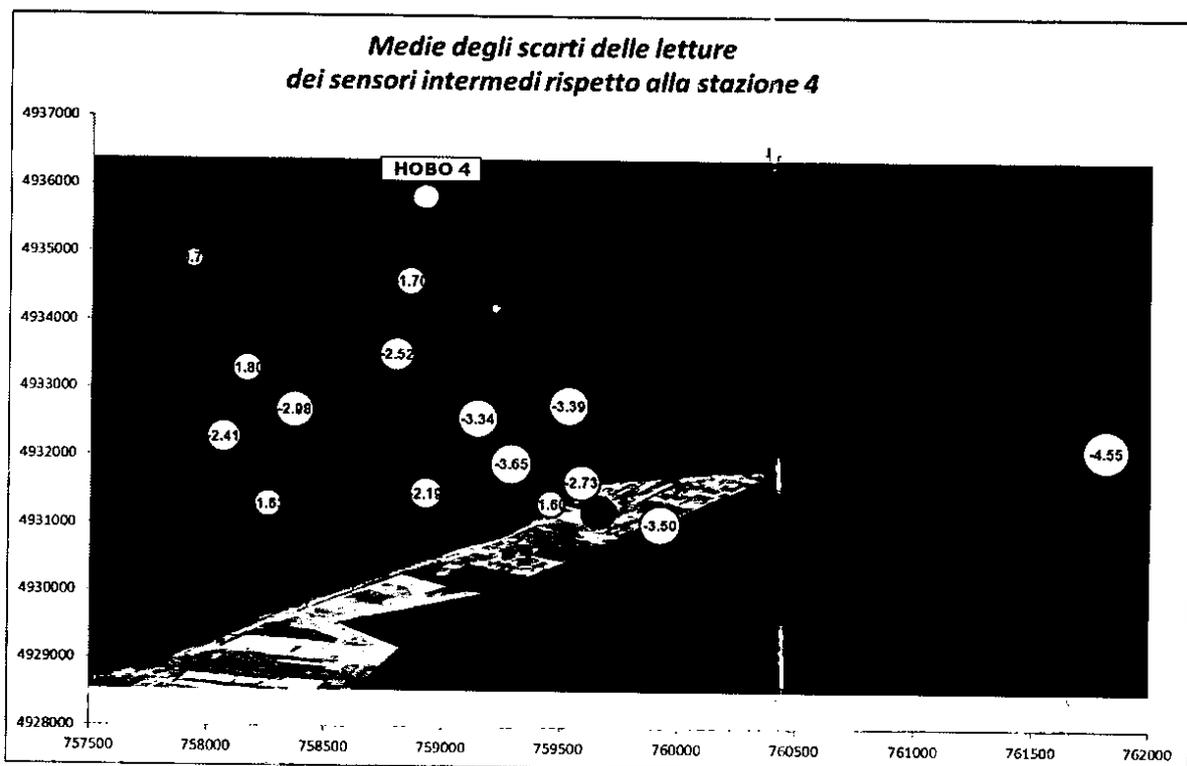
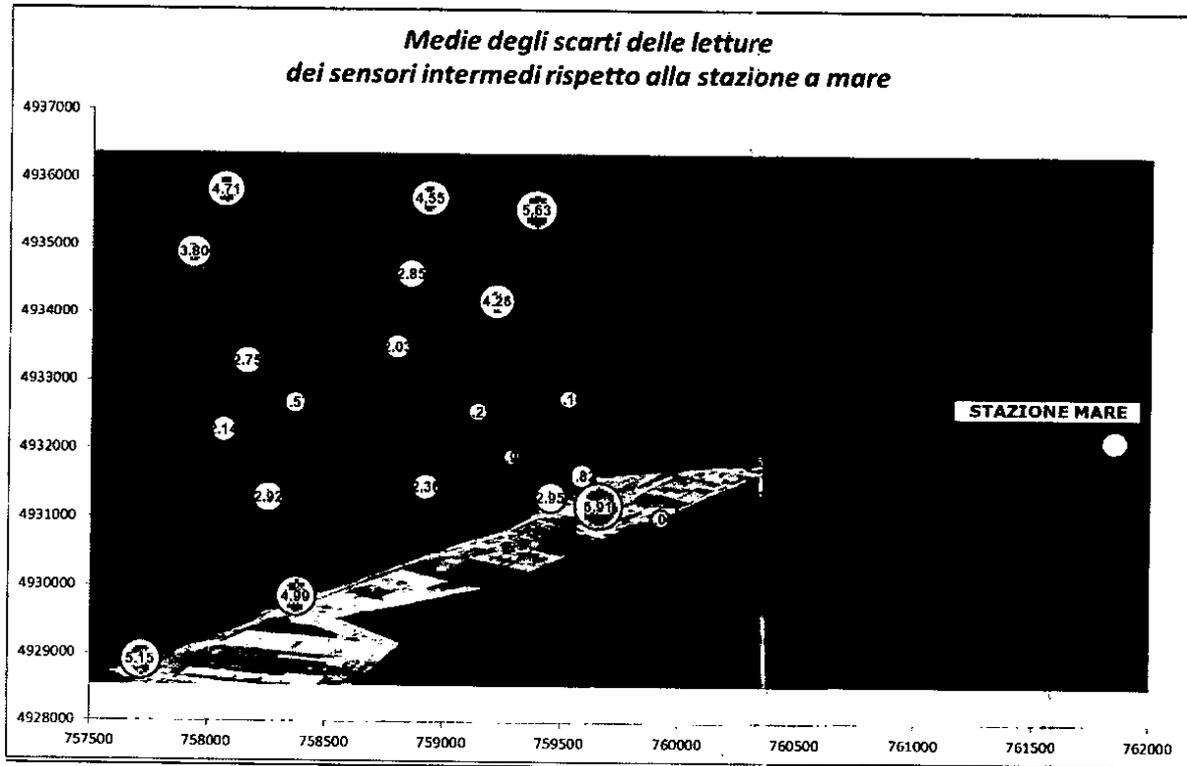


Figura 24: Medie degli scarti delle letture dei sensori intermedi

I grafici a bolle confermano quanto detto in precedenza: l'impatto termico della centrale Enel si esaurisce nella zona meridionale della Pialassa, in particolare lungo il Canale Magni (comunque interessato, come già detto, anche da reflui termici di diversa provenienza) e viene quasi completamente mitigato dall'azione delle correnti mareali in ingresso da mare, che determinano le più basse temperature medie proprio nella fascia centrale della Pialassa, confermando quanto riscontrato nel 2010.

Infine, si nota ancora la tendenza al naturale riscaldamento dell'area settentrionale indagata, comunque indipendente dalla vicenda termica allo scarico della Centrale.

### 7.3 Valutazione della persistenza e stabilità temporale dei contaminanti nei sedimenti

Nei sedimenti della Pialassa Baiona tra il 2004 e il 2010 non si osservano variazioni statisticamente significative dei valori medi di concentrazione di quasi tutti i metalli pesanti, ad esempio zinco (Zn) e mercurio (Hg), e degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), ad esempio il Pirene. Si evidenzia, invece, nell'anno 2010 un'elevata variabilità dei valori (indicata dalle barre dell'errore standard), in particolare per zinco e mercurio. Per l'arsenico e il cadmio si osservano significative diminuzioni della concentrazione (Figura 25 e Figura 26).

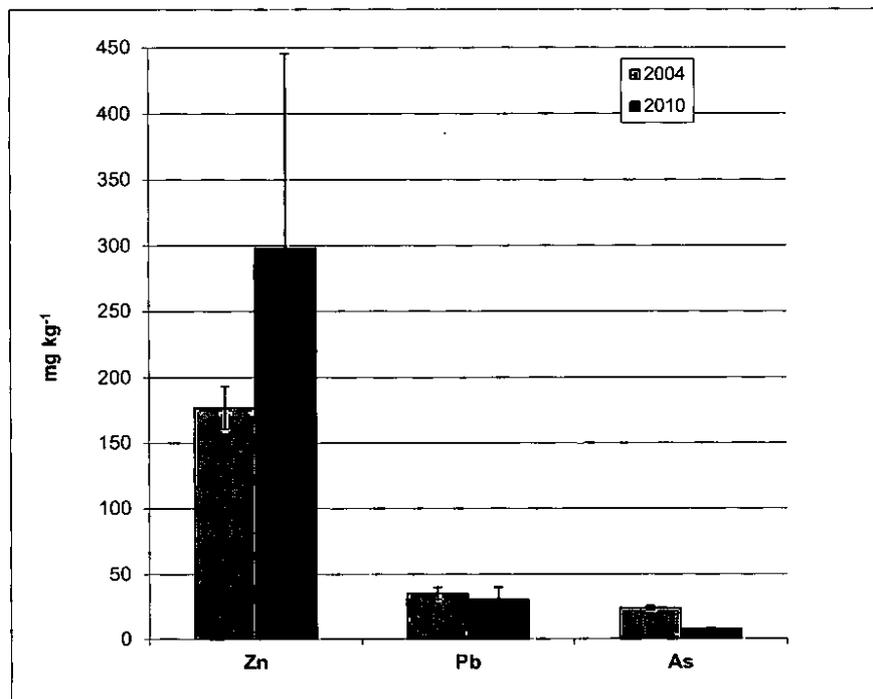


Figura 25: Concentrazione medie di metalli pesanti nei sedimenti della Pialassa Baiona ( $\pm$  e.s.).

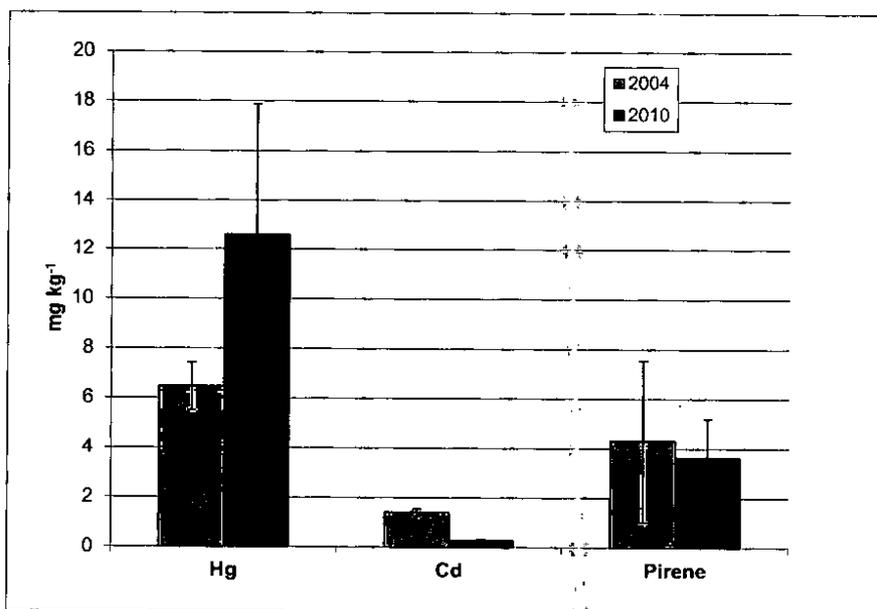


Figura 26: Concentrazione medie di metalli pesanti e pirene nei sedimenti della Pialassa Baiona ( $\pm$  e.s.).

La contaminazione del mercurio dovrebbe essere cessata a metà degli anni '70. Nonostante questo, i valori odierni sono ancora elevati e non accennano a diminuire significativamente nell'intervallo di tempo preso in considerazione in questo confronto. Questo sostanzialmente porta a ritenere che il livello di contaminazione non presenti una importante dinamica nel tempo, soprattutto per quei contaminanti che per la loro natura chimica sono maggiormente legati al sedimento.

Visti i risultati del confronto che confermano uno stato pressoché costante del livello di inquinamento, oltretutto di origine passate, nel corso del 2012 non sono state svolte ulteriori analisi chimiche sui sedimenti.

#### 7.4 Analisi dei popolamenti bentonici

Complessivamente, nei campioni sono stati rivenuti ed identificati 19'483 individui. La fauna bentonica è risultata composta da 74 taxa comprendenti cnidari (1), nemertini (1), platelminti (1), molluschi gasteropodi (4) e bivalvi (11), anellidi policheti (33) e clitellati (1), artropodi crostacei (20) ed insetti (1) ed echinodermi ofiuroidi (1) (Tabella 7). Nell'insieme dei campioni la specie più abbondante è il polichete *Capitella capitata*, seguito dai crostacei anfipodi *Monocorophium insidiosum*, *Microdeutopus gryllotalpa*, dagli oligocheti (clitellati) della famiglia Tubificidae, dal gammaride *Gammarus aequicauda*, e dal bivalve *Venerupis philippinarum* (Figura 27).

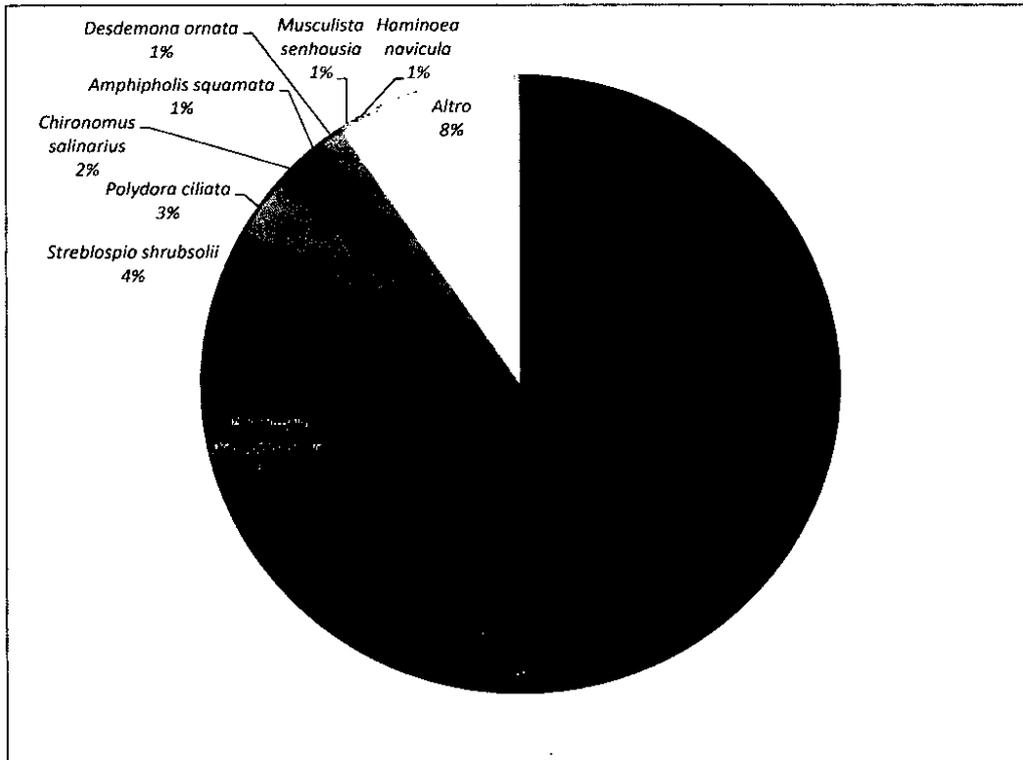


Figura 27: Abbondanza relativa dei principali taxa rinvenuti.

Tabella 7 - Taxa rinvenuti.

Phylum	Class	Family	Taxon	
Cnidaria	Anthozoa		Actinaria	
Nemertea			Nemertea	
Platyhelminthes	Turbellaria		Turbellaria	
Mollusca	Gastropoda	Haminoeidae	<i>Haminoea navicula</i>	
		Hydrobiidae	<i>Ventrosia ventrosa</i>	
		Nassariidae	<i>Cyclope neritea</i>	
			<i>Nassarius reticulatus</i>	
		Bivalvia	Arcidae	<i>Anadara inaequalis</i>
			Mytilidae	<i>Musculista senhousia</i>
				<i>Mytilus galloprovincialis</i>
			Semelidae	<i>Abra nitida</i>
				<i>Abra segmentum</i>
			Lasaeidae	<i>Mysella bidentata</i>
			Cardiidae	<i>Cerastoderma glaucum</i>
			Veneridae	<i>Venerupis philippinarum</i>
			Pharidae	<i>Phaxas adriaticus</i>
			Corbulidae	<i>Corbula gibba</i>
			Hiatellidae	<i>Hiatella arctica</i>
Annelida	Polychaeta	Hesionidae	<i>Ophiodromus agilis</i>	
			<i>Ophiodromus flexuosus</i>	
		Syllidae	<i>Trypanosyllis zebra</i>	
		Nereididae	<i>Neanthes cfr. succinea</i>	
			<i>Hediste diversicolor</i>	
	Nereididae	Nereididae		

Phylum	Class	Family	Taxon
		Nephtyidae	<i>Nephtys hombergii</i>
		Phyllodocidae	<i>Eteone longa</i> <i>Phyllodoce mucosa</i>
		Glyceridae	Glycera sp.
		Eunicidae	<i>Marphysa sanguinea</i>
		Lumbrineridae	<i>Lumbrineris tetraura</i>
		Onuphidae	Onuphidae
		Eunicidae	Lysidice sp.
		Paraonidae	<i>Cirrophorus furcatus</i>
		Oweniidae	<i>Myriochele heeri</i>
		Spionidae	<i>Polydora ciliata</i> <i>Prionospio cirrifera</i> <i>Prionospio malmgreni</i> <i>Pygospio elegans</i> <i>Streblospio shrubsolii</i> <i>Malacoceros cfr. fuliginosus</i>
		Cirratulidae	<i>Cirriformia tentaculata</i>
		Capitellidae	<i>Capitella capitata</i> <i>Heteromastus filiformis</i>
		Sabellidae	<i>Desdemona ornata</i> <i>Owenia fusiformis</i>
		Sabellariidae	Sabellidae <i>Sabellaria alcocki</i>
		Serpulidae	<i>Hydroides dianthus</i> <i>Pomatoceros lamarckii</i>
		Terebellidae	<i>Amphitrite sp.</i>
		Tubificidae	Tubificidae
		Isopoda	Isopoda
		Idoteidae	<i>Idotea balthica</i>
		Anthuridae	<i>Cyathura carinata</i>
		Sphaeromatidae	<i>Lekanesphaera hookeri</i> <i>Paracerceis sculpta</i>
		Amphipoda	Amphipoda
		Ampeliscidae	Ampelisca sp.
		Aoridae	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>
		Corophiidae	<i>Monocorophium insidiosum</i> <i>Monocorophium acherusicum</i>
		Gammaridae	<i>Gammarus aequicauda</i>
		Melitidae	<i>Melita palmata</i>
		Ischyroceridae	<i>Erichthonius punctatus</i>
		Caprellidae	<i>Pseudolirius kroyerii</i> <i>Caprella liparotensis</i>
		Nebaliidae	Nebalia sp.
		Grapsidae	<i>Brachynotus gemmellari</i>
		Portunidae	<i>Carcinus mediterraneus</i>
		Diogenidae	<i>Diogenes pugilator</i>
		Upogebiidae	<i>Upogebia pusilla</i>
		Chironomidae	<i>Chironomus salinarius</i>
Echinodermata	Insecta Ophiuroidea	Amphiuridae	<i>Amphipholis squamata</i>

## 7.5 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla distribuzione dei singoli taxa

La distribuzione delle specie più abbondanti che compongono i popolamenti di macroinvertebrati bentonici della laguna Pialassa Baiona è stata analizzata in relazione ai due principali gradienti ecologici presenti, quello naturale legato agli scambi con il mare e agli apporti di acque dolci dall'entroterra, e quello di disturbo antropico che contrappone la parte settentrionale poco urbanizzata con la parte meridionale dove sono presenti il porto ed il polo chimico-industriale di Ravenna (Figura 28). L'analisi è stata condotta includendo nell'indagine la grande variabilità naturale a piccola scala spaziale che caratterizza tutti gli ambienti marini costieri di transizione come lagune ed estuari. A questo scopo all'interno di ciascuna Area sono stati individuati 3 Siti distanti tra loro alcune decine di metri e sono state prelevati 3 campioni replica per sito. Applicando questo disegno sperimentale, eventuali alterazioni quantitative delle specie riconducibili alla presenza dello scarico termico della centrale Enel, localizzati in prossimità dell'Area 2, verrebbero evidenziate dalla significatività del fattore di interazione tra i due gradienti e dalla evidenza grafica di una alterazione dei pattern di abbondanza in corrispondenza dell'Area 2. L'assenza di un'interazione significativa tra i due gradienti indicherebbe l'assenza di una alterazione dell'abbondanza della specie attribuibile in modo specifico alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

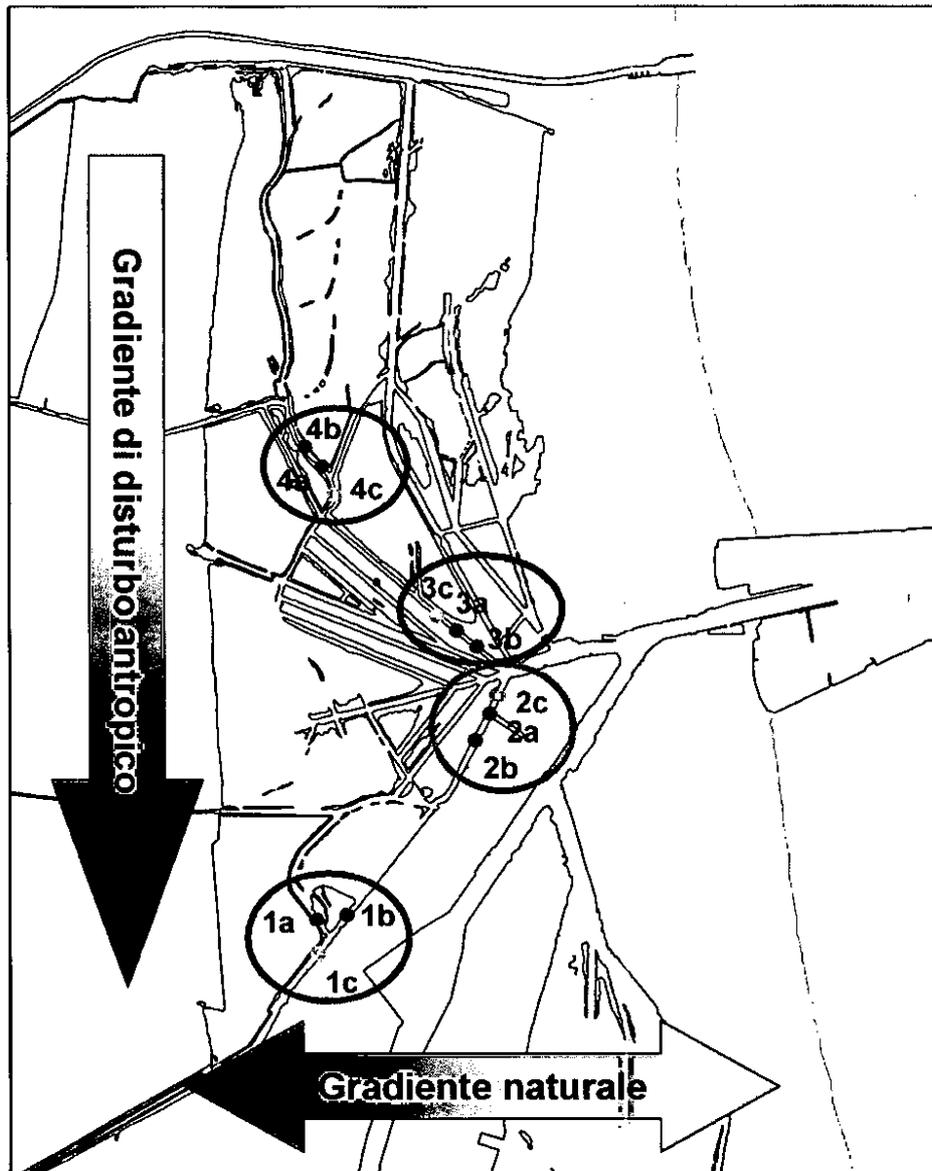


Figura 28 - Localizzazione delle aree e dei siti di campionamento in relazione ai due principali gradienti ambientali che caratterizzano la Piasa Balona.

## *Capitella capitata* (Fabricius, 1780)

Il polichete *Capitella capitata* è una specie eurialina (Pechenik *et al.*, 2000) tollerante all'arricchimento organico dei sedimenti e alle condizioni distrofiche, per questo ampiamente distribuita in diversi ambienti marini costieri (Mendez *et al.*, 1997; Gamenick *et al.*, 1998; Linton e Taghon, 2000; Ponti e Abbiati, 2004). I risultati del presente studio indicano un'abbondanza significativamente maggiore nelle aree più prossime al mare, infatti, *C. capitata* risulta significativamente più abbondante nelle Aree 2 e 3 rispetto alle Aree 1 e 4 (Figura 29). L'assenza di differenze significative tra l'Area 2 e 3 indica che la sua distribuzione non è influenzata specificamente dalla presenza dello scarico termico della centrale Enel (Tabella 8).

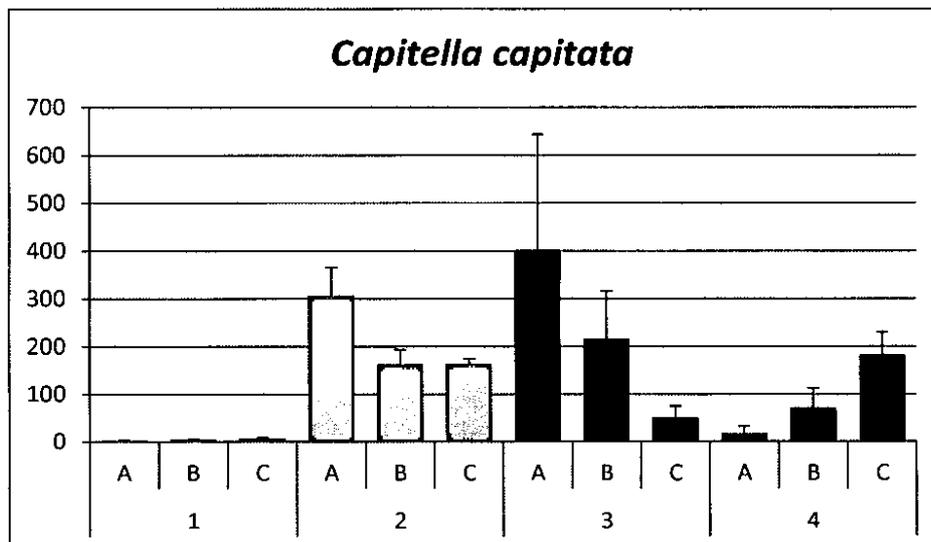


Figura 29 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Capitella capitata* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 8 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	21316	21316	0.63055	0.4639	8816
Dm	1	259080	259080	7.6639	<b>0.0227</b>	8740
DixDm	1	12619	12619	0.37328	0.6112	8675
Si(DixDm)	8	270440	33805	1.7411	0.0943	9949
Res	24	465990	19416			
Total	35	1029400				

## *Monocorophium insidiosum* (Crawford, 1937)

*Monocorophium insidiosum* è un piccolo anfipode tipico delle lagune salmastre (Kevrekidis, 2004) e con una buona tolleranza all'arricchimento in sostanza organica dei sedimenti (Pearson e Rosenberg, 1978). Come la maggior parte degli anfipodi è una specie sensibile a diversi fattori di disturbo di origine antropica e per questo viene utilizzato come specie indicatrice in saggi ecotossicologici (Prato *et al.*, 2006; Guerra *et al.*, 2007; Prato *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2009; Ponti *et al.*, 2009b).



La sua distribuzione nella laguna Pialassa Baiona è stata messa in relazione con l'idrodinamismo e il ricambio di acque marine (Ponti *et al.*, 2010), inoltre la sua abbondanza risulta essere influenzata dai fenomeni di anossia estivi (Ponti e Abbiati, 2004).

I risultati del presente studio non consentono di evidenziare andamenti di abbondanza riguardo ai fattori analizzati (Figura 30). La variazione di abbondanza della specie non può essere messa in relazione né con la distanza dalle sorgenti d'impatto antropico, né con la presenza dello scarico termico della centrale Enel (Tabella 9).

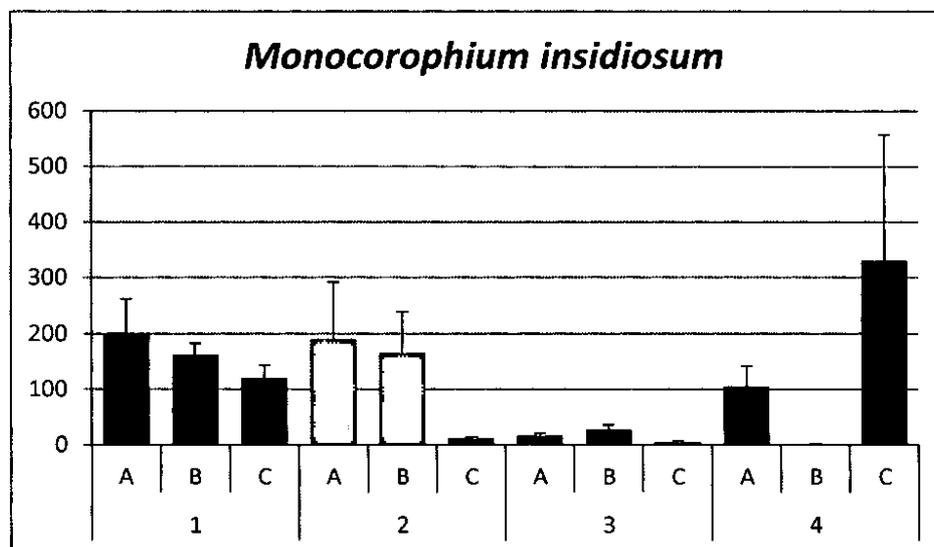


Figura 30 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Monocorophium insidiosum* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 9 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	33733	33733	1.1328	0.3182	8832
Dm	1	63672	63672	2.1383	0.1917	8722
DixDm	1	18587	18587	0.6242	0.4692	8763
Si(DixDm)	8	238220	29778	1.6212	0.1348	9931
Res	24	440820	18367			
Total	35	795030				

## Tubificidae

Gli anellidi oligocheti della famiglia Tubificidae sono una componente abituale e caratteristica dei sedimenti delle acque lagunari costiere ricche di sostanza organica (Rossi e Underwood, 2002).

La loro presenza nella laguna Pialassa Baiona, risulta praticamente ubiquitaria ma con un'elevata eterogeneità a piccola scala spaziale (Ponti *et al.*, 2010). I risultati del presente studio non consentono di evidenziare andamenti di abbondanza riguardo ai fattori analizzati (Figura 31). La loro distribuzione non può essere messa in relazione né con la distanza dalle sorgenti d'impatto antropico, né con la distanza dal mare (Tabella 10).

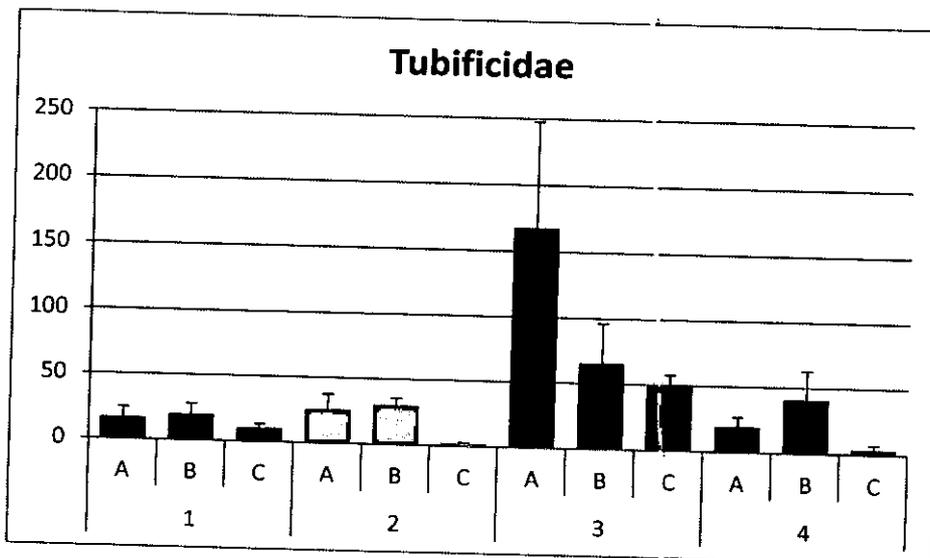
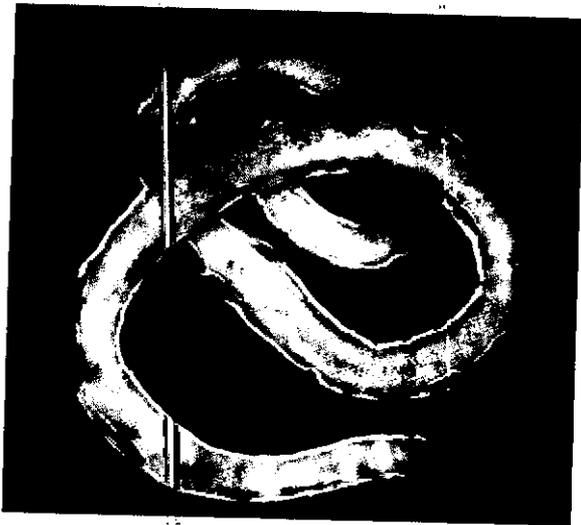


Figura 31 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di oligocheti tubificidi nei diversi siti di campionamento.

Tabella 10 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	14843	14843	4.2016	0.0562	8763
Dm	1	13110	13110	3.7111	0.0732	8854
DixDm	1	10781	10781	3.0518	0.0953	8808
Si(DixDm)	8	28262	3533	1.6940	0.0778	9927
Res	24	50049	2085			
Total	35	117050				

### *Ventrosia ventrosa* (Montagu, 1803)

Il genere *Ventrosia* (= *Hydrobia*) comprende specie ad elevata eurialinità, tipiche delle lagune salmastre, ed *V. ventrosa* risulta essere la specie più diffusa in Mediterraneo (Torelli, 1982). Questa specie ha un reclutamento pressoché continuo, quindi la sua abbondanza può variare durante tutto l'anno (Drake e Arias, 1995b). Nella Pialassa Baiona questa specie mostra un'abbondanza maggiore nelle zone a ridotta profondità dei chiari, rispetto ai canali (Ponti *et al.*, 2010). Il presente studio, condotto unicamente nei canali, evidenzia l'elevata eterogeneità a piccola scala spaziale ed una maggiore abbondanza della specie nelle zone più interne della laguna, cioè distanti dal mare e meno profonde (Figura 32).



Questa distribuzione non è riconducibile alla presenza di sorgenti di disturbo antropico (Tabella 11).

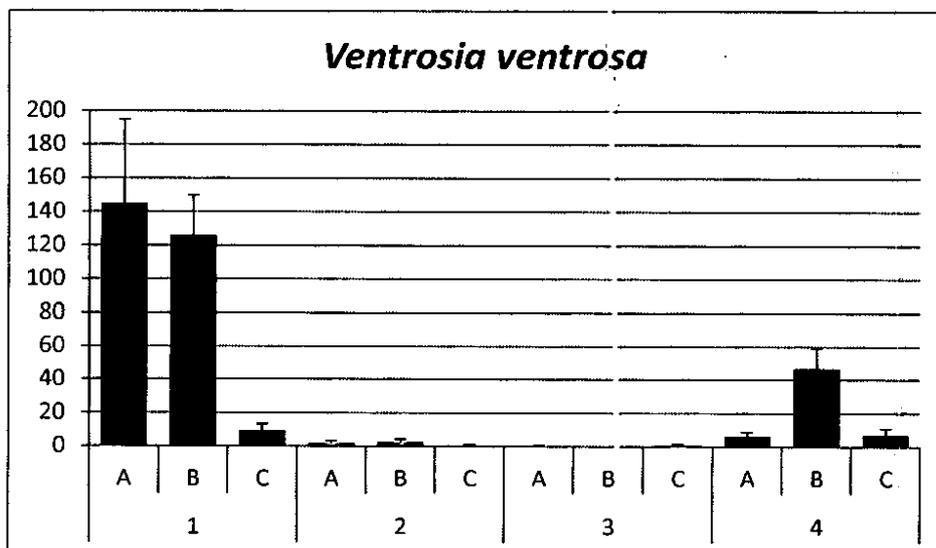


Figura 32 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Ventrosia ventrosa* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 11 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	12507	12507	2.8218	0.1348	8817
Dm	1	27833	27833	6.2799	<b>0.0416</b>	8174
DixDm	1	11628	11628	2.6236	0.1525	8723
Si(DixDm)	8	35457	4432	5.3364	<b>0.0004</b>	9946
Res	24	19933	831			
Total	35	107360				

### *Chironomus salinarius* Kieffer, 1915

Le larve del dittero *Chironomus salinarius* sono comuni nelle lagune salmastre costiere (Arias e Drake, 1994). Il ciclo riproduttivo di questo insetto, infatti, prevede una fase acquatica di durata variabile seconda delle condizioni climatiche. Nel periodo estivo possono verificarsi 5-7 cicli vitali completi (Drake e Arias, 1995a; Ponti *et al.*, 2007). La presenza di emoglobina oltre a conferire la tipica colorazione rossa, consente a queste larve di sopravvivere anche in condizioni di scarsa ossigenazione dei fondali (Rossaro, 1982).



I risultati del presente studio evidenziano l'elevata eterogeneità a piccola e media scala spaziale (Figura 33), già nota in questo habitat (Ponti *et al.*, 2010). Nonostante questa elevata eterogeneità, i test rilevano un effetto significativo della distanza dal mare, con

abbondanze mediamente maggiori nelle zone più interne della laguna, indipendentemente dalla vicinanza alla zona portuale. Si sottolinea comunque che, data l'ampia tolleranza di queste larve e l'effimerità dovuta al ciclo biologico questa specie è normalmente esclusa nella valutazione della qualità ambientale di acque costiere (Borja e Muxika, 2005).

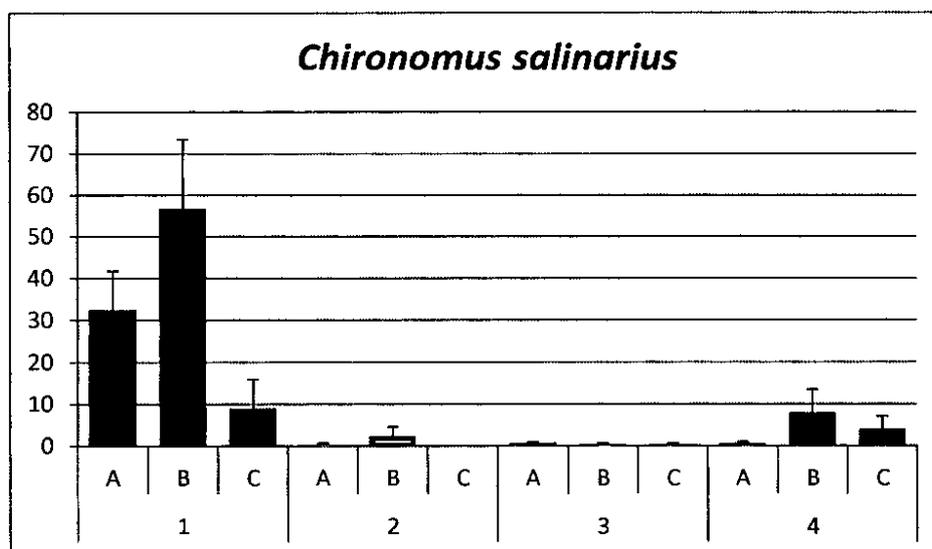


Figura 33 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Chironomus salinarius* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 12 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	1878	1878	4.2929	0.0624	7899
Dm	1	2844	2844	6.5028	<b>0.0255</b>	7872
DixDm	1	1764	1764	4.0328	0.0658	7843
Si(DixDm)	8	3499	437	3.7342	<b>0.0042</b>	9946
Res	24	2811	117			
Total	35	12797				

## *Streblospio shrubsolii* (Buchanan, 1890)

Si tratta di un polichete della famiglia degli spionidi, comuni ed abbondanti negli ambienti lagunari del Mediterraneo (Sardá e Martín, 1993; Lardicci *et al.*, 1997). I risultati del presente studio sottolineano l'elevata eterogeneità a piccola e media scala spaziale (Figura 34), già osservata in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010).

Anche in questo caso, la distribuzione della specie non è riconducibile all'effetto delle sorgenti di disturbo antropico (Tabella 13).

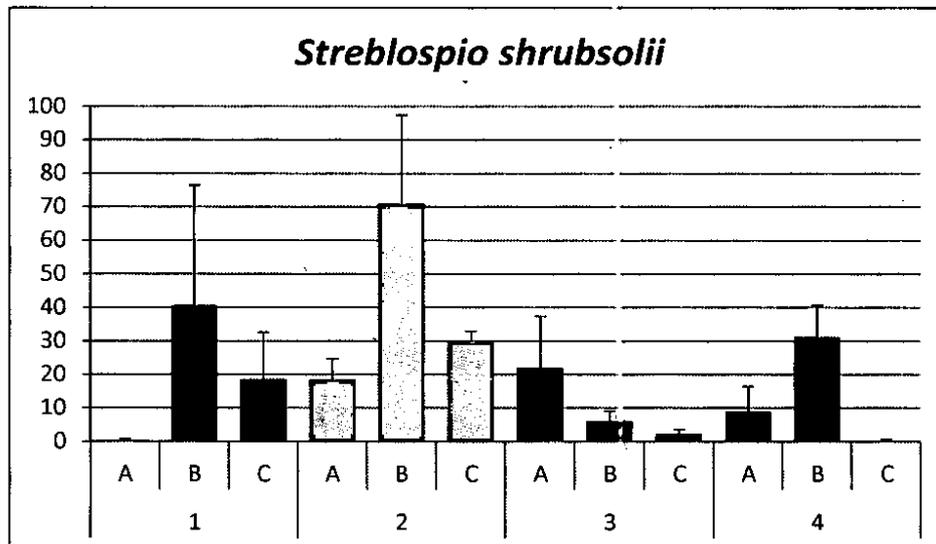
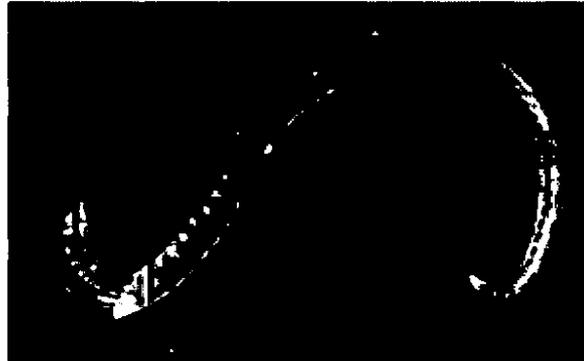


Figura 34 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Streblospio shrubsolii* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 13 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	2934	2934	2.5552	0.1655	8683
Dm	1	617	617	0.53706	0.4857	8827
DixDm	1	1237	1237	1.077	0.3373	8790
Si(DixDm)	8	9186	1148	1.7548	0.1196	9941
Res	24	15705	654			
Total	35	29678				

## *Microdeutopus gryllotalpa* A. Costa, 1853

Anfipode comune negli ambienti lagunari mediterranei (Procaccini e Scipione, 1992) sensibile alle condizioni distrofiche estive (Ponti e Abbiati, 2004). Questa specie mostra generalmente una distribuzione di abbondanza eterogenea a piccola e media scala spaziale (Ponti *et al.*, 2010), i risultati del presente studio confermano questa eterogeneità con differenze significative tra i Siti all'interno delle Aree (Figura 35). Anche in questo caso, la distribuzione della specie non è riconducibile alla presenza di sorgenti di disturbo antropico (Tabella 14).

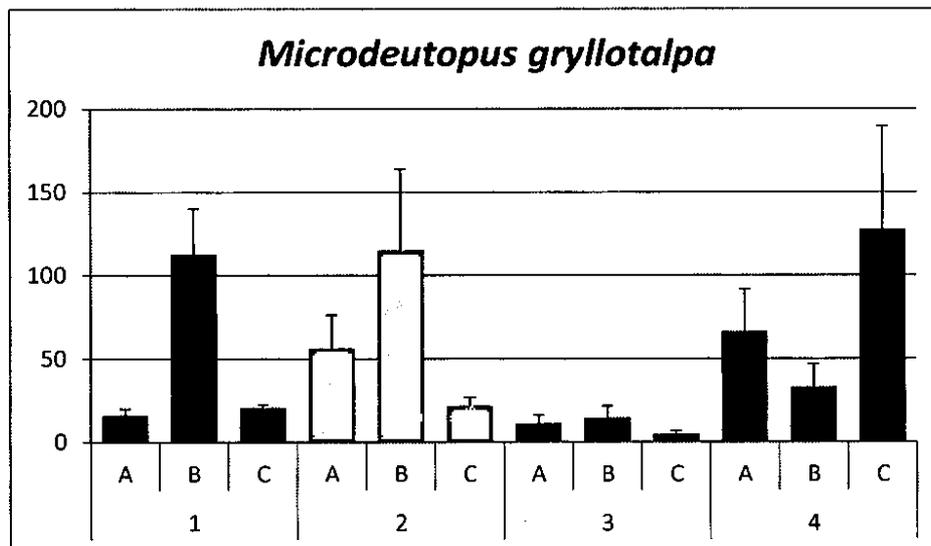


Figura 35 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Microdeutopus gryllotalpa* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 14 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	1792	1792	0.31845	0.6059	8884
Dm	1	5878	5878	1.0445	0.3155	8775
DixDm	1	14560	14560	2.5874	0.1571	8464
Si(DixDm)	8	45020	5628	2.6708	<b>0.0308</b>	9950
Res	24	50569	2107			
Total	35	117820				

## *Polydora ciliata* (Johnston, 1838)

Polichete della famiglia degli spionidi presente in molti ambienti marini costieri di diversa natura e ben adattato alle condizioni lagunari ed estuarine. Per questa specie i risultati del presente studio evidenziano una minore eterogeneità a piccola scala spaziale rispetto a quanto registrato in precedenti studi (Figura 36), già osservata in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010). Le analisi evidenziano un'interazione significativa tra i due gradienti analizzati (Tabella 15). I *pair-wise* test confermano una maggiore abbondanza nell'Area 2 sia rispetto all'Area 3, quindi a parità di distanza dal mare, sia rispetto all'Area 1, quindi a parità di vicinanza alle sorgenti di disturbo. Questa specie sembra pertanto essere favorita dalle condizioni presenti nell'Area 2

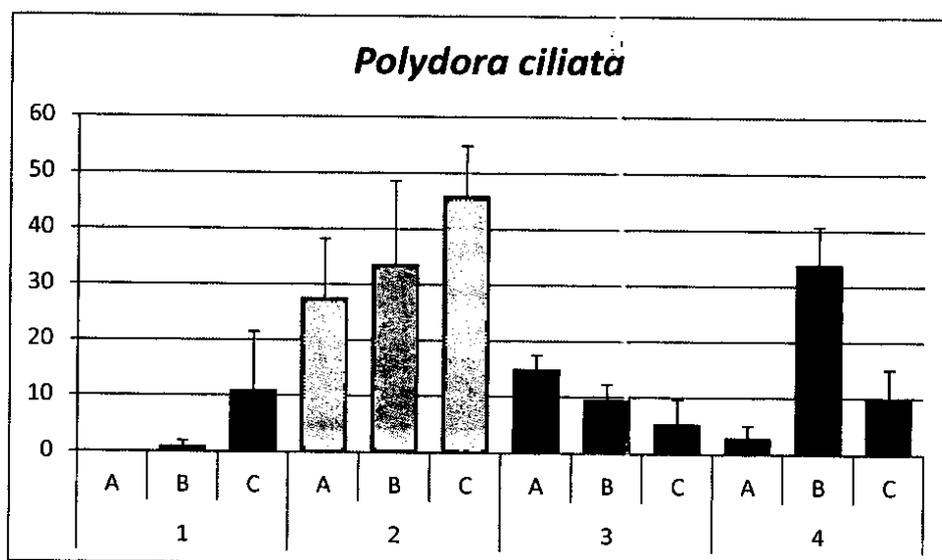
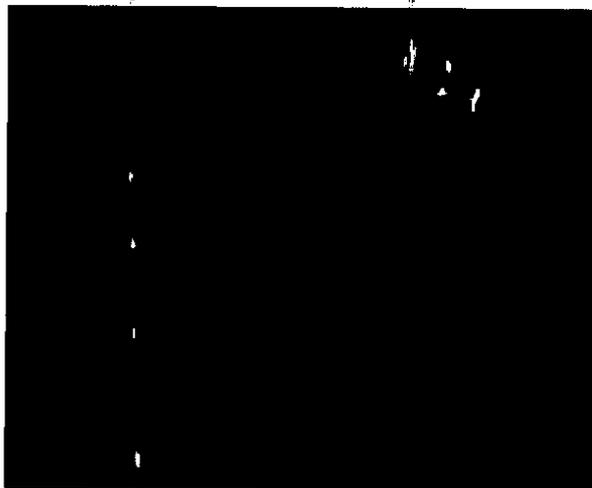


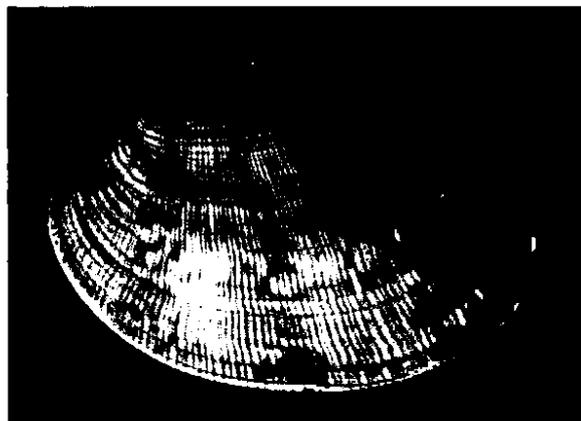
Figura 36 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Polydora ciliata* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 15 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	448	448	1.4494	0.2637	8654
Dm	1	1534	1534	4.9627	0.0616	8723
DixDm	1	3155	3155	10.206	<b>0.0119</b>	8819
Si(DixDm)	8	2473	309	1.9509	0.0986	9924
Res	24	3803	158			
Total	35	11412				

## *Venerupis philippinarum* (Adams & Reeve, 1850)

La vongola filippina è una specie d'interesse commerciale e soggetta a raccolta professionale all'interno della laguna Pialassa Baiona. Negli ultimi anni il suo stock si è fortemente ridotto rendendone lo sfruttamento non redditizio o comunque marginale nell'economia dei pescatori locali (Ponti *et al.*, 2003; Ponti *et al.*, 2009a). La sua distribuzione a piccoli banchi è evidenziata dall'eterogeneità a piccola scala spaziale (differenze tra Siti all'interno delle Aree; Figura 37).



La sua distribuzione non può essere messa in relazione alla distanza dal mare o dalle diverse sorgenti di disturbo antropico.

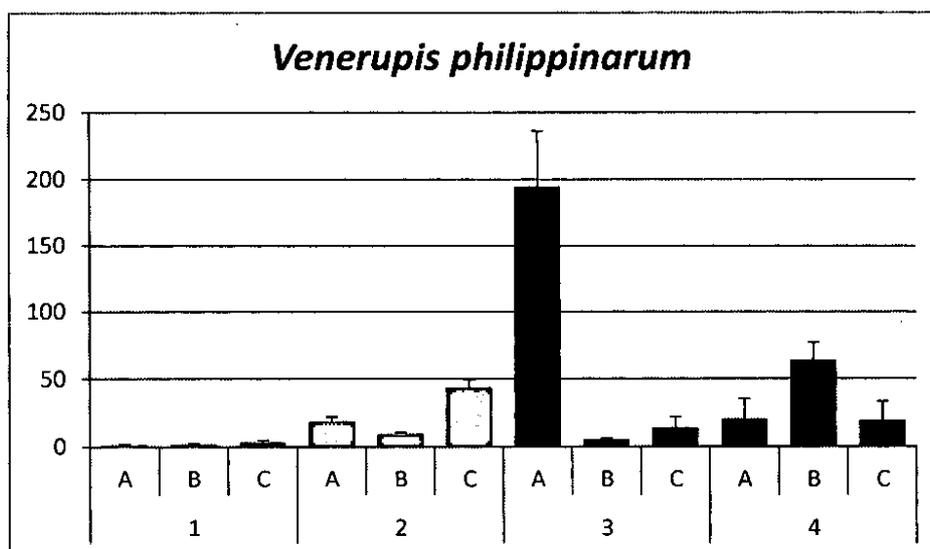


Figura 37 - Abbondanza media (ind./campione + e.s.) di *Ruditapes philippinarum* nei diversi siti di campionamento.

Tabella 16 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	14440	14440	1.555	0.2654	8854
Dm	1	7715	7715	0.831	0.4655	8760
DixDm	1	477	477	0.051	0.8934	8648
Si(DixDm)	8	74274	9284	15.148	<b>0.0001</b>	9951
Res	24	14710	613			
Total	35	111610				

## 7.6 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla diversità in specie

### 7.6.1 Ricchezza specifica

La ricchezza specifica media dei (5) popolamenti di invertebrati bentonici per sito di studio (Figura 38) varia da un minimo di  $13,0 \pm 1,7$  ad un massimo di  $26,0 \pm 5,6$  specie/campione ( $\pm$  e.s.). L'analisi dei dati mostra una interazione significativa tra i due fattori principali, distanza dal mare e dal disturbo (Tabella 17). I *pair-wise* test indicano un valore significativamente più basso nell'Area 1 rispetto sia all'Area 4, cioè a parità di distanza dal mare, sia rispetto all'Area 2, cioè a parità di distanza dalle sorgenti di impatto antropico. In pratica si rileva una ricchezza specifica mediamente più bassa nell'area più interna della laguna e più prossima alle sorgenti di disturbo. Non essendoci una differenza significativa tra l'Area 2 e l'Area 3, non può essere evidenziato alcun effetto riconducibile allo scarico termico della centrale Enel presente in Area 2.

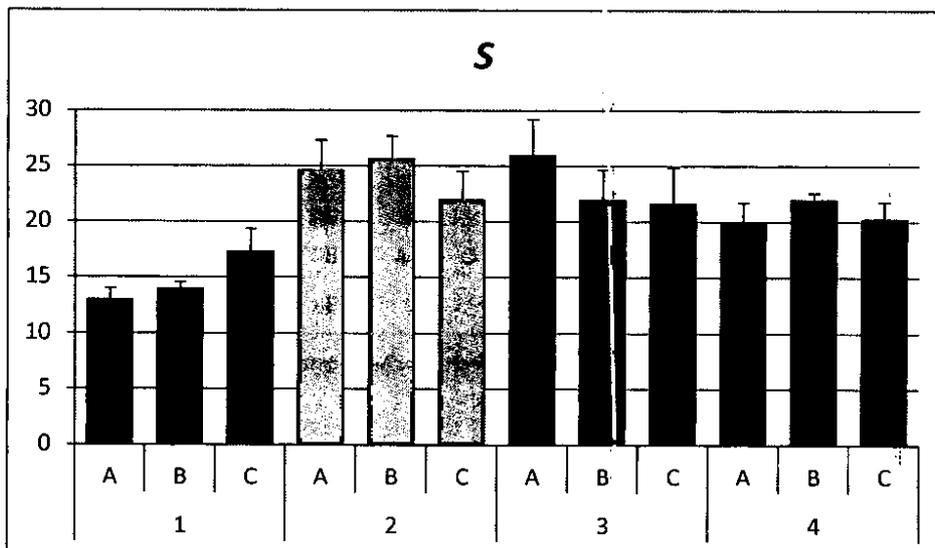


Figura 38 - Ricchezza specifica media (numero di specie/campione + e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 17 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	58.78	58.78	4.991	0.0575	7436
Dm	1	312.11	312.11	26.500	0.0025	7216
DixDm	1	106.78	106.78	9.066	<b>0.0260</b>	7822
Si(DixDm)	8	94.22	11.78	0.843	0.5826	9942
Res	24	335.33	13.97			
Total	35	907.22				

## 7.6.2 Equidistribuzione

L'equidistribuzione media dei popolamenti bentonici, calcolata mediante l'indice di Pielou ( $J'$ ), varia tra i Siti all'interno delle Aree, e non sembra essere condizionata dalla distanza dal mare e dalla distanza dalle diverse sorgenti di disturbo (Figura 39). L'assenza di un'interazione significativa fra i due fattori principali dell'analisi porta ad escludere un possibile effetto locale della presenza dello scarico termico della centrale Enel nell'Area 2 nel condizionare l'equidistribuzione dei popolamenti (Tabella 18).

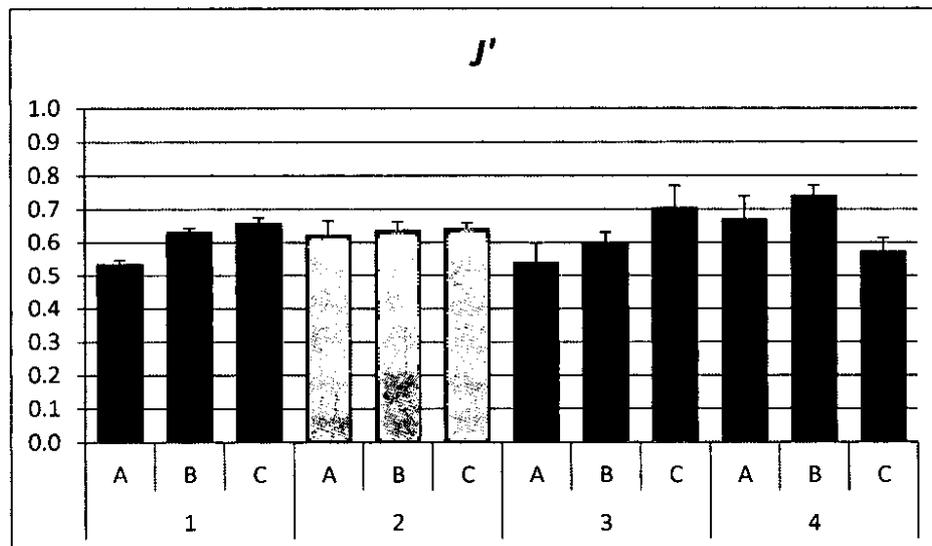


Figura 39 - Equidistribuzione media (+ e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 18 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	0.0026	0.0026	0.1910	0.6720	8818
Dm	1	0.0011	0.0011	0.0796	0.7785	8771
DixDm	1	0.0122	0.0122	0.8923	0.3578	8718
Si(DixDm)	8	0.1095	0.0137	2.9499	<b>0.0169</b>	9935
Res	24	0.1113	0.0046			
Total	35	0.2367				

### 7.6.3 Diversità specifica

La diversità specifica complessiva dei popolamenti bentonici, espressa mediante l'indice di Shannon ( $H'$ ), nei diversi Siti indagati assume valori medi compresi tra  $2,0 \pm 0,2$  e  $3,3 \pm 0,3$  (Figura 40). L'analisi dei dati indica una significativa eterogeneità tra Siti all'interno delle Aree (Tabella 19). Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010) sia, almeno parzialmente, con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006).

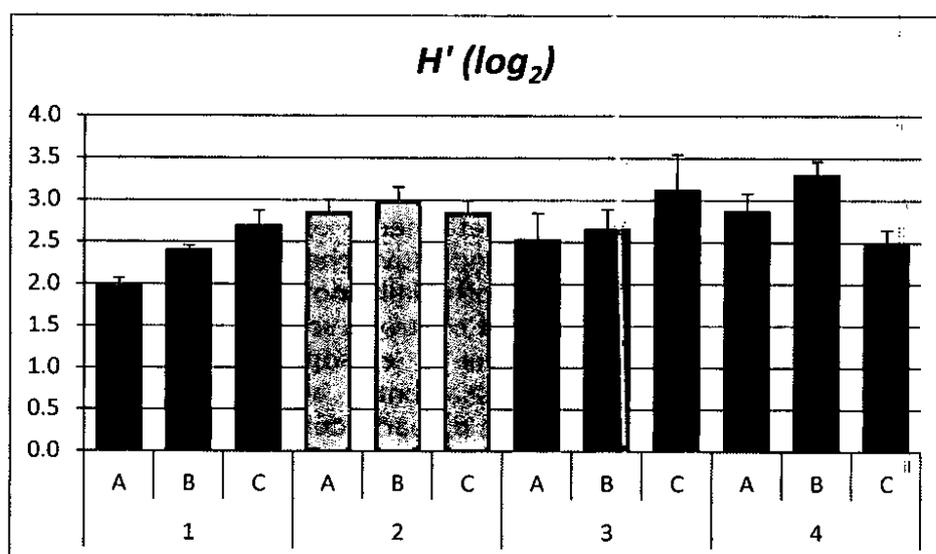


Figura 40 - Diversità specifica media (ind./campione + e.s.) nei diversi siti di campionamento.

Tabella 19 - Risultati dell'analisi della varianza (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	0.3730	0.3730	1.2360	0.2990	8777
Dm	1	0.4030	0.4030	1.3356	0.2818	8820
DixDm	1	0.9594	0.9594	3.1792	0.1173	8834
Si(DixDm)	8	2.4141	0.3018	2.3181	<b>0.0480</b>	9953
Res	24	3.1243	0.1302			
Total	35	7.2738				

## 7.7 Analisi dei possibili effetti dello scarico termico sulla struttura di comunità

L'analisi della struttura delle comunità permette di valutare se i fattori inclusi nell'analisi, oltre ad influenzare le singole specie o gli indici sintetici come esposto in precedenza, sono causa di alterazioni della composizione quali-quantitativa del popolamento plurispecifico considerato nel suo insieme. Un quadro della similarità reciproca tra i popolamenti rinvenuti in tutti i campioni di ciascun sito nell'ambito delle diverse aree analizzate è riportato graficamente in Figura 41. Il grafico di ordinamento bidimensionale spiega il 46,6% della variabilità complessiva del sistema (Asse PCO1+Asse PCO2), permette di evidenziare un chiaro differenziamento dei popolamenti presenti nelle quattro diverse Aree. Tale differenziamento rispecchia chiaramente l'influenza del gradiente naturale, rappresentato dalla distanza dal mare, con i popolamenti delle aree 2 e 3 prossime al mare disposti entrambi sulla destra del grafico.

L'analisi di struttura di comunità conferma l'elevata variabilità dei popolamenti a piccola scala spaziale e rileva un'interazione significativa tra i due fattori principali dell'analisi. (Tabella 20). Nel piano definito dai primi due assi della Principal COordinate analysis (Figura 41) si osserva come l'Area 1 sia nettamente contrapposta a tutte le altre aree indagate, a conferma delle differenze significative che presentano i suoi popolamenti, che sono determinate dalle alterazioni indotte dalle molteplici fonti di disturbo antropico cui è esposta. L'Area 4, che rappresenta il controllo specifico per l'Area 1, si colloca in posizione centrale spostata verso le Aree 3 e, soprattutto, 2. Le Aree 2 e 3 si contrappongono, pur nel loro differenziamento, all'Area 1, in quanto esposte prevalentemente all'effetto di vivificazione da parte del mare, piuttosto che all'azione di disturbo antropico.

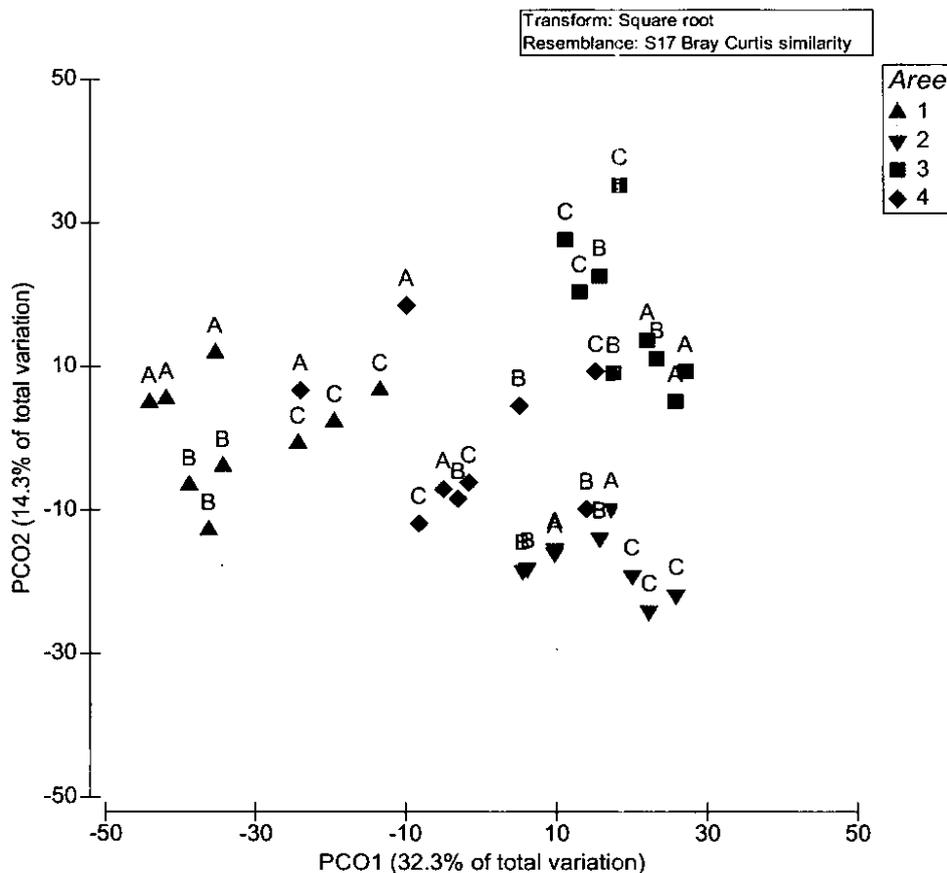


Figura 41 - Grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche tra i popolamenti rinvenuti in tutti i campioni di ciascun sito (indicato dalle lettere) delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori).

Tabella 20 - Risultati dell'analisi della varianza multivariata (PERMANOVA), eventuali risultati significativi ( $p < 0.05$ ) sono evidenziati in grassetto (per le abbreviazioni vedi Tabella 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Di	1	6361	6361	3.4465	0.0035	8885
Dm	1	11202	11202	6.0695	0.0029	8919
DixDm	1	5020	5020	2.7197	<b>0.0136</b>	8869
Si(DixDm)	8	14764	1846	2.7209	<b>0.0001</b>	9844
Res	24	16279	678			
Total	35	53625				

Il contributo dei diversi taxa al differenziamento dei popolamenti bentonici osservati è rappresentato graficamente in Figura 42. I vettori di correlazione indicano che l'abbondanza di molte specie aumenta in direzione del mare (verso destra) oppure andando verso la zona meridionale della laguna (verso il basso). Nell'Area 1, caratterizzata come già visto da una minore diversità specifica, le sole specie caratterizzanti sono il piccolo gasteropode *Ventrosia ventrosa* e le larve del dittero *Chironomus salinarius*.

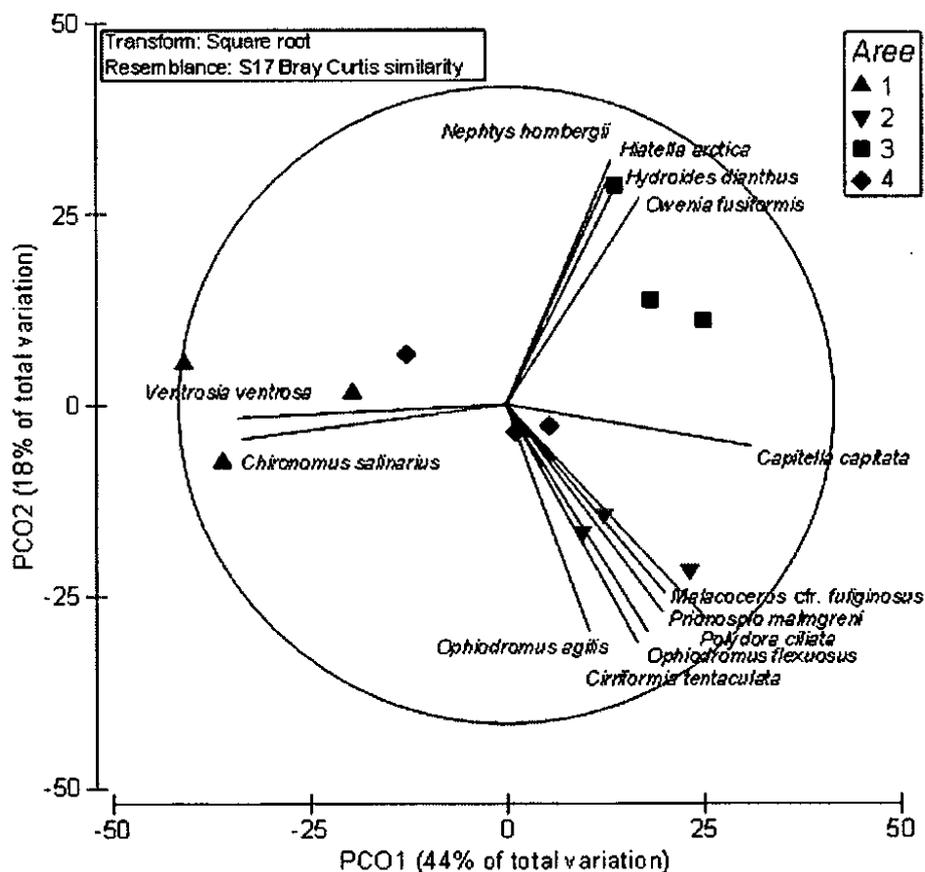


Figura 42 - Vettori di abbondanza dei principali taxa in relazione al grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche medie (centroidi) tra i popolamenti bentonici rinvenuti in ciascun sito delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori).

## 7.8 Considerazioni generali derivanti dall'analisi dei popolamenti bentonici

L'analisi della distribuzione delle specie più abbondanti che compongono i popolamenti di macroinvertebrati bentonici della laguna Pialassa Baiona indica un effetto principale del gradiente naturale terra-mare, tipico degli ambienti costieri di transizione. Questo risultato è in accordo sia con gli studi precedenti condotti in questa laguna (Ponti *et al.*, 2010) sia con gli andamenti generali che si osservano negli ambienti costieri di transizione (e.g. Lardicci *et al.*, 1993; Barnes, 1994; Attrill, 2002; Attrill e Rundle, 2002; Rossi *et al.*, 2006). L'abbondanza di alcune specie, pur con un'elevata eterogeneità a piccola scala spaziale, risulta anche condizionata dal gradiente di disturbo antropico che caratterizza, andando da nord a sud, questa laguna. Nessuno di questi andamenti però può essere specificatamente messo in relazione con la presenza dello scarico termico della centrale Enel.

Il differenziamento della composizione delle comunità bentoniche rispecchia l'effetto principale del gradiente naturale terra-mare e, in misura minore, quello del gradiente di disturbo antropico. Anche in questo caso il differenziamento osservato non può essere specificatamente messo in relazione alla presenza dello scarico termico della centrale Enel.

In sintesi alla luce dei dati raccolti, si può affermare che il principale elemento strutturante gli ecosistemi bentonici e la qualità ambientale della Pialassa Baiona sia il gradiente terra-mare che mette a contrasto la zona interna (aree 1 e 4) con la zona vicina al mare (Aree 2 e 3). Emerge molto chiaramente anche il differenziamento delle comunità di invertebrati macrobentonici dell'Area 1, la cui composizione e l'abbondanza risentono della storia del bacino, dell'accumulo di contaminanti nei sedimenti avvenuto nel tempo e della presenza di reflui provenienti dalla zona chimico-industriale. Nell'Area 2 (zona meridionale esterna) non emerge una alterazione della struttura dei popolamenti, che avrebbe potuto rappresentare uno specifico effetto aggiuntivo di disturbo imputabile univocamente alla presenza dello scarico termico della centrale Enel. I popolamenti delle aree 2 e 3 sembrano essere influenzati dell'apporto vivificante (*sensu* Guélorget e Perthuisot, 1992) delle maree; mentre l'Area 4 presenta un popolamento più tipico degli ambienti salmastri.

## 8 COMPARAZIONE DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI 2010 E 2012

### 8.1 Rilievi termici

Le campagne di monitoraggio termico in Pialassa Baiona del maggio 2010 e del maggio 2012 sono state eseguite facendo riferimento al medesimo disegno di campionamento e con la medesima strumentazione in modo tale da poter successivamente confrontare i risultati.

La campagna di monitoraggio 2010 si è svolta dal 3 al 14 maggio garantendo 10 giornate consecutive di misura durante le quali hanno funzionato 23 termografi per la registrazione continua della temperatura dell'acqua a tre profondità in ciascuna stazione di monitoraggio. Nei giorni nei quali sono state effettuate le misure la centrale Enel ha variato il suo livello produttivo raggiungendo il valore massimo di 726 MW<sub>e</sub>. La temperatura media dell'acqua di mare (assunta quale riferimento indisturbato dei rilievi) è stata pari a 16.2 °C in superficie e a 15.3 °C a 1.5 m di profondità.

Analogamente, la campagna di monitoraggio 2012 si è svolta dal 2 al 14 maggio garantendo 11 giornate consecutive di misura durante le quali hanno funzionato 25 termografi per la registrazione continua della temperatura dell'acqua a tre profondità in ciascuna stazione di monitoraggio. Nei giorni nei quali sono state effettuate le misure la centrale Enel ha variato il suo livello produttivo raggiungendo il valore massimo di 699 MW<sub>e</sub>. La temperatura media dell'acqua di mare (assunta quale riferimento indisturbato dei rilievi) è stata pari a 16.7 °C in superficie e a 16.5 °C a 1.5 m di profondità.

L'analisi delle mappe con le distribuzioni di temperatura del 2010 ha portato a suddividere la Pialassa Baiona in tre zone, confermate dall'analisi effettuata nel 2012 e illustrata nella figura seguente.

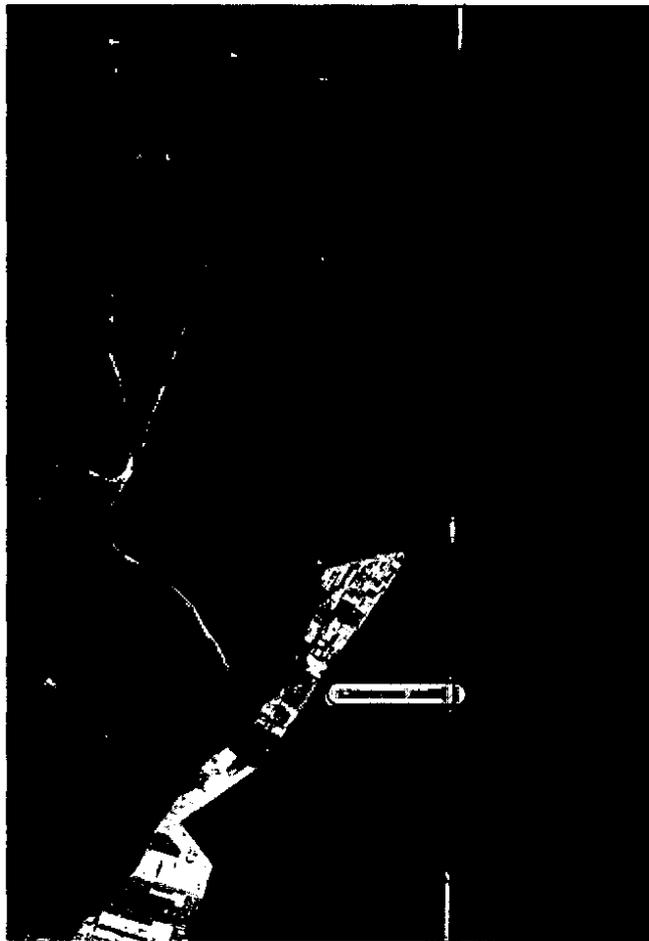


Figura 43: Suddivisione in fasce termiche della Piasassa Baiona

Nella zona A, che si estende a nord e a ovest, i termografi hanno registrato temperature mediamente più elevate di quelle marine (prese come riferimento di una situazione termica "naturale"); tale condizione si verifica per motivi non correlabili alla presenza della Centrale Enel, ma per il naturale e fisiologico riscaldamento delle masse d'acqua meno soggette a ricambio e delle vaste estensioni dei chiari, che svolgono la funzione di "polmone" termico, immagazzinando calore per irraggiamento solare e generando, per inerzia, un proprio ciclo termico giornaliero.

La zona B, centrale, può essere considerata la zona di transizione tra la zona A e la zona C; qui i termografi hanno registrato temperature analoghe a quelle della stazione posta sul molo di Marina di Ravenna. In tale zona si può rilevare, dunque, che sia massimo l'effetto di ingresso di acqua fredda dal porto canale Candiano e di ricambio dell'acqua tale per cui si ha lo smorzamento quasi totale del pennacchio termico proveniente dalla centrale.

Infine la zona C, a sud, è quella che risente maggiormente del riscaldamento da fonti antropiche ed è quella nella quale arrivano a svilupparsi quasi per intero gli scarichi termici provenienti dalla centrale Enel e dagli altri impianti industriali posti più a sud lungo il Canale Magni.

L'analisi termografica delle due campagne ha permesso di generare le mappe di distribuzione termica e di tracciare il quadro generale del corpo idrico, in cui si rileva un apporto di acque calde derivante dal Canale Magni che raccoglie gli scarichi dell'area industriale. In questo quadro di alterazione la perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento della centrale Enel è circoscritta alle zone più prossime al punto di scarico e quindi non determina variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona. Le rappresentazioni bidimensionali del campo termico dell'area in esame consentono di evidenziare un quadro ben delineato: l'impatto termico della centrale si esaurisce nella zona meridionale della Pialassa, in particolare lungo il Canale Magni (interessato anche da reflui termici di diversa provenienza, come si può rilevare dalle alterazioni nella distribuzione delle temperature). L'effetto dello scarico viene mitigato dall'azione di rimescolamento dovuta alle correnti mareali in ingresso da mare.

In sostanza l'analisi complessiva dei dati delle misure di temperatura effettuate nel 2010 e nel 2012 ha permesso di tracciare il quadro generale del corpo idrico evidenziando che non risente della perturbazione termica indotta dallo scarico delle acque di raffreddamento se non nelle zone più prossime al punto di scarico e che non manifesta variazioni apprezzabili nella restante parte della Pialassa Baiona.

## 8.2 Popolamenti bentonici

Per confrontare la struttura delle comunità bentoniche presenti nel corso di questa e della precedente indagine di valutazione degli effetti dello scarico termico della centrale Enel "Teodora" sulla Pialassa Baiona (CIRSA/CESI 2010) è stata svolta un'analisi di ordinamento bidimensionale che presenta un quadro complessivo della similarità reciproca tra i popolamenti rinvenuti in tutti i campioni di ciascun sito nell'ambito delle diverse aree analizzate nei due anni. Il grafico di ordinamento (Figura 44) spiega il 66,6% della variabilità complessiva del sistema (Asse PCO1+Asse PCO2), permette di evidenziare un chiaro differenziamento dei popolamenti presenti nelle quattro diverse aree. Anche in questo caso tale differenziamento rispecchia chiaramente l'influenza del gradiente naturale, rappresentato dalla distanza dal mare, con i popolamenti delle Aree 2 e 3 prossime al mare disposti entrambi sulla destra del grafico. Si può inoltre constatare che, rispetto al 2010, attualmente i popolamenti dell'Area 2 e dell'Area 3, di controllo, tendono a convergere e sovrapporsi. Anche i popolamenti di Area 4 tendono a convergere verso quelli di Area 2 e 3, mentre quelli di Area 1 si mantengono ben distinti dagli altri.

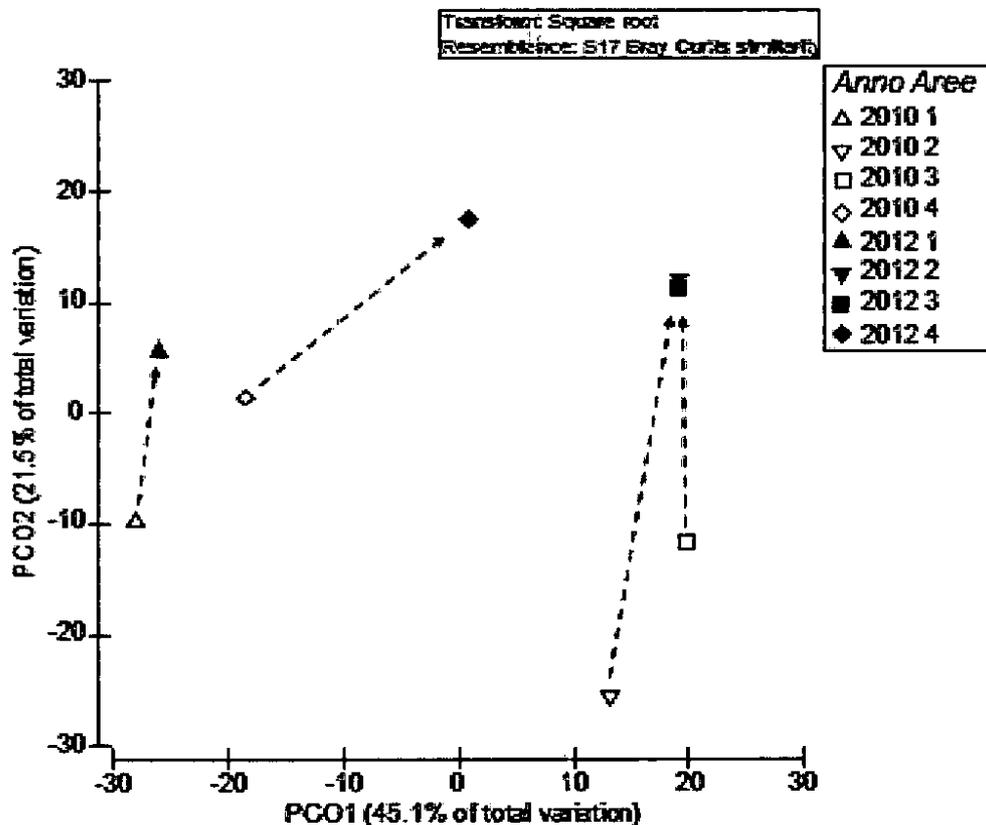


Figura 44 - Grafico di ordinamento (PCO) rappresentante le similarità reciproche medie (centroidi) tra i popolamenti rinvenuti in ciascun sito delle diverse aree di studio (indicate da simboli e colori) nella precedente indagine svolta nel 2010 (simboli vuoti) e nel presente studio (2012, simboli pieni).

Tutto questo sostanzialmente indica una chiara distinzione dei popolamenti di Area 1, caratterizzata da una maggiore distanza dal mare, minor ricambio d'acqua, una maggiore influenza della passata contaminazione dei sedimenti e ancora oggi esposta alle principali fonti di inquinamenti civili e industriali. I popolamenti bentonici di Area 2, su cui insiste la centrale Enel, e di Area 3 di controllo confermano la loro similitudine probabilmente attribuibile alla comune influenza del maggiore rinnovo di acque marine.

### Riferimenti bibliografici

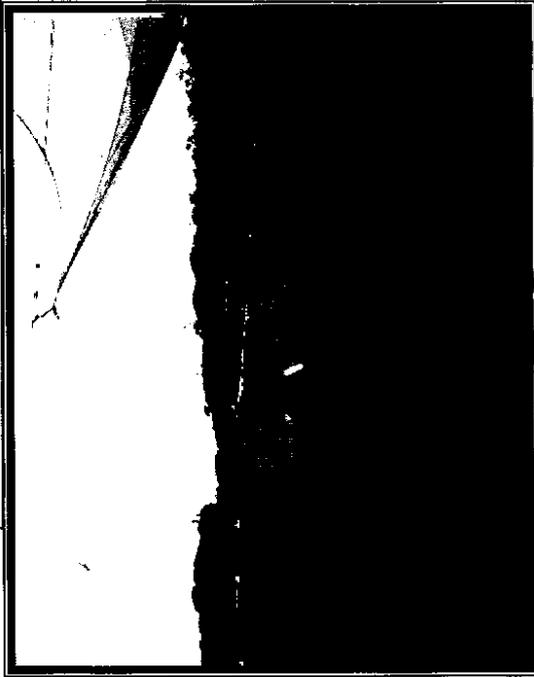
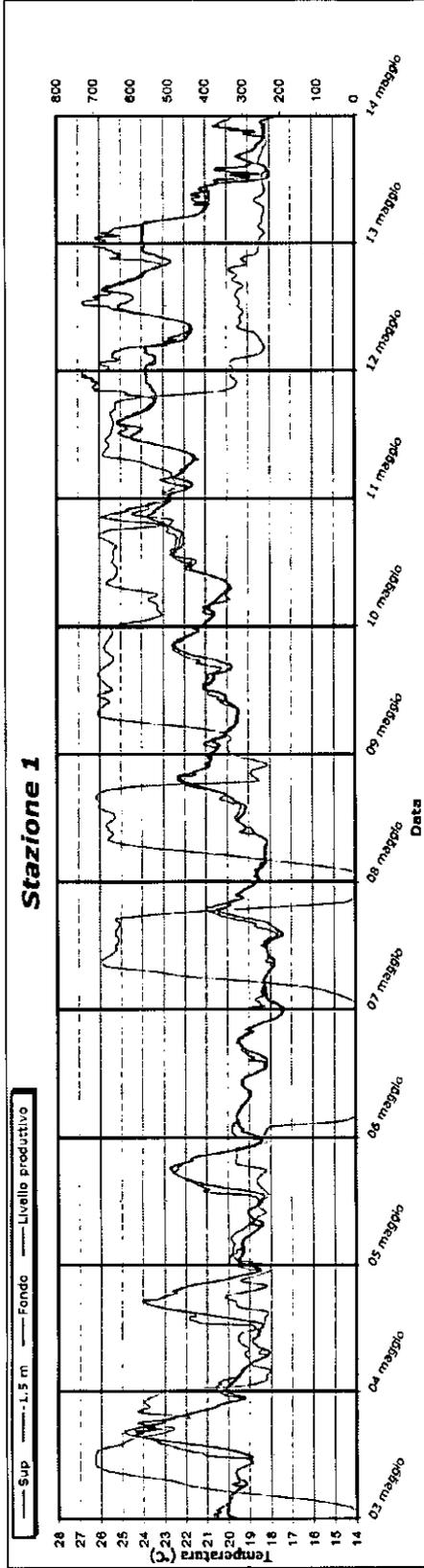
- Anderson MJ (2003a) PCO: a FORTRAN computer program for principal coordinate analysis. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland. Available at: [www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm](http://www.stat.auckland.ac.nz/~mja/programs.htm)
- Anderson MJ (2003b) DISTLM forward: a FORTRAN 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)
- Arias A.M., Drake P. (1994). Structure and production of the benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon in the Bay of Cádiz. *Marine Ecology Progress Series* 115: 151-167.
- Attrill M.J. (2002). A testable linear model for diversity trends in estuaries. *Journal of Animal Ecology* 71(2): 262-269.
- Attrill M.J., Rundle S.D. (2002). Ecotone or ecocline: ecological boundaries in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55(6): 929-936.
- Barnes R.S.K. (1994). A critical appraisal of the application of Guélorget and Perthuisot's concepts of the paralic ecosystem and confinement to macrotidal Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 38(1): 41-48.
- Borja A., Muxika H. (2005). Guidelines for the use of AMBI (Azti's Marine Biotic Index) in the assessment of the Benthic Ecological Quality. *Marine Pollution Bulletin* 50(7): 787-789.
- Drake P., Arias A.M. (1995a). Distribution and production of *Chironomus salinarus* (Diptera: Chironomidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cádiz. *Hydrobiologia* 299: 195-206.
- Drake P., Arias A.M. (1995b). Distribution and production of three *Hydrobia* species (Gastropoda: Hydrobiidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cádiz, Spain. *Journal of Molluscan Studies* 61: 185-196.
- 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.
- Gamenick I., Abbiati M., Giere O. (1998). Field distribution and sulphide tolerance of *Capitella capitata* (Annelida: Polychaeta) around shallow water hydrothermal vents off Milos (Aegean Sea). A new sibling species? *Marine Biology* 130(3): 447-453.
- Guélorget O., Perthuisot J.P. (1992). Paralic ecosystem. Biological organisation and functioning. *Vie et Milieu* 42: 215-251.
- 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.
- Guerra R., Righi S., Bruzzi L. (2002). Accumulation of radionuclides and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Pialassa Baiona (Italy). Proceedings of the International Conference on Radioactivity in the Environment, Principality of Monaco, 1-5 September 2002.

- Kevrekidis T. (2004). Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea : Amphipoda) at low salinities in Monolimni lagoon (Evros Delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia* 522(1-3): 117-132.
- Lardicci C., Abbiati M., Crema R., Morri C., Bianchi C.N., Castelli A. (1993). The distribution of polychaetes along an environmental gradient, an example from the Orbetello lagoon, Italy. *Marine Ecology - Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli I* 14: 35-52.
- Lardicci C., Ceccherelli G., Rossi F. (1997). *Streblospio shrubsolii* (Polychaeta: Spionidae): temporal fluctuations in size and reproductive activity. *Cahiers de Biologie Marine* 38: 207-214.
- Linton D.L., Taghon G.L. (2000). Feeding, growth, and fecundity of *Capitella* sp. I in relation to sediment organic concentration. *Marine Ecology Progress Series* 205: 229-240.
- Mendez N., Romero J., Flos J. (1997). Population dynamics and production of the polychaete *Capitella capitata* in the littoral zone of Barcelona (Spain, NW Mediterranean). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 218(2): 263-284.
- Pearson T.H., Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 16: 229-311.
- Pechenik J.A., Berard R., Kerr L. (2000). Effects of reduced salinity on survival, growth, reproductive success, and energetics of the euryhaline polychaete *Capitella* sp. I. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 254: 19-35.
- 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., 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* accepted.
- 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 44<sup>th</sup> International conference. ECSA Buletin No 53. UK, Estuarine & Coastal Science Association: 19-20.*
- Ponti M., Colangelo M.A., Ceccherelli V.U. (2007). Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblages in a coastal lagoon exploited for extensive aquaculture: Valle Smarlacca (northern Adriatic Sea): Biodiversity and Ecosystem Functioning in Coastal and Transitional Waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75(1-2): 79-89.
- Ponti M., Gamba E., Ceccherelli V.U. (2003). Distribuzione della vongola filippina (*Tapes philippinarum*) e stima della consistenza dello stock commercialmente sfruttabile. 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): 223-237.
- 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.

- Prato E., Di Leo A., Biandolino F., Cardellicchio N. (2006). Sediment toxicity tests using two species of marine amphipods: *Gammarus aequicauda* and *Corophium insidiosum*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 76(4): 629-636.
- 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.
- Procaccini G., Scipione M.B. (1992). Observations on the spatiotemporal distribution of crustacean amphipods in the Fusaro coastal lagoon (central Tyrrhenian Sea, Italy) and some notes on their presence in Mediterranean lagoons. *Marine Ecology* 13(3): 203-224.
- Rossaro B., Ed. (1982). Chironomidi, 2 (Diptera Chironomidae: Orthoclaadiinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Rossi F., Castelli A., Lardicci C. (2006). Distribution of macrobenthic assemblages along a marine gradient in Mediterranean eutrophic coastal lagoons. *Marine Ecology-an Evolutionary Perspective* 27(1): 66-75.
- Rossi F., Underwood A.J. (2002). Small-scale disturbance and increased nutrients as influences on intertidal macrobenthic assemblages: experimental burial of wrack in different intertidal environments. *Marine Ecology Progress Series* 241: 29-39.
- Sardá R., Martin D. (1993). Population of *Streblospio* (Polychaeta: Spionidae) in temperate zones: demography and production. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73: 769-784.
- Torelli A., Ed. (1982). Gasteropodi conchigliati. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- 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.

## **APPENDICE 1 - Monografie stazioni di registrazione**

### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 1 (Pialassa Baiona - Stazione nord-occidentale)



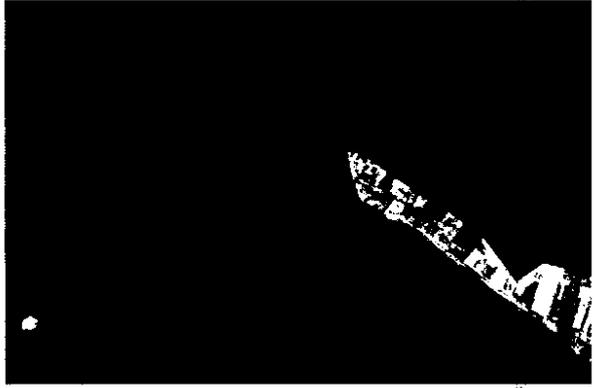
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 757977 m

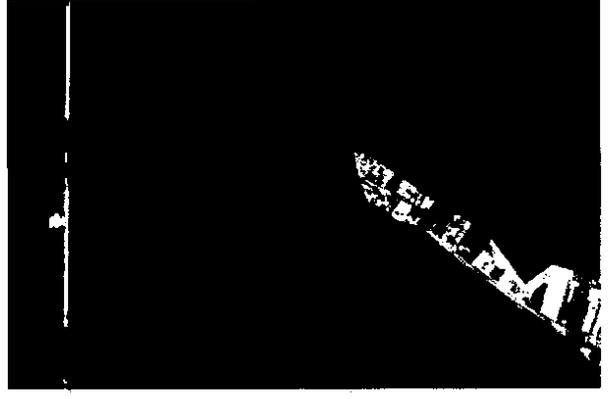
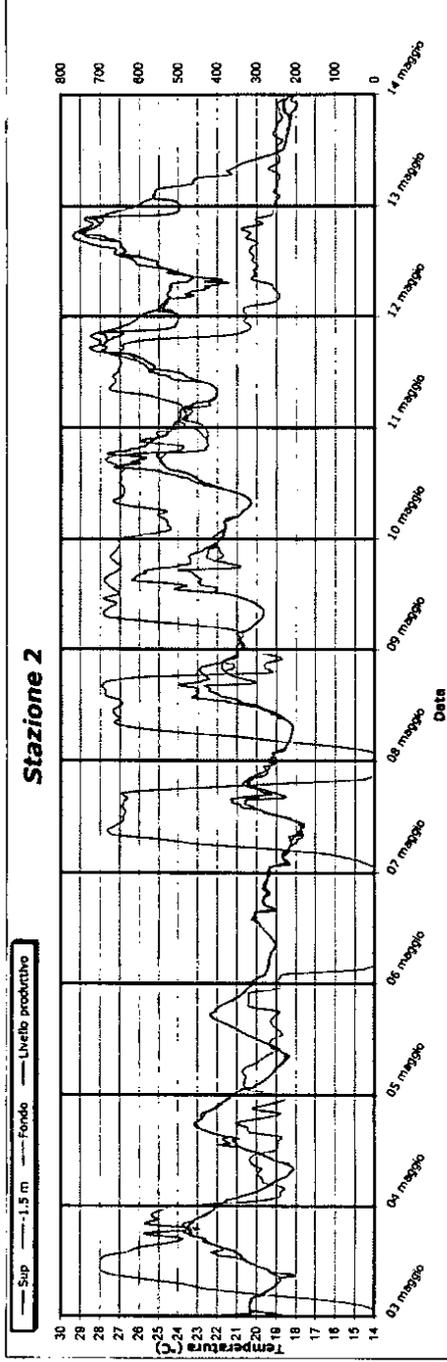
Northing: 4935650 m

Note

Nessuna



## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 2 (Pialassa Baiona - Stazione nord-orientale)



Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

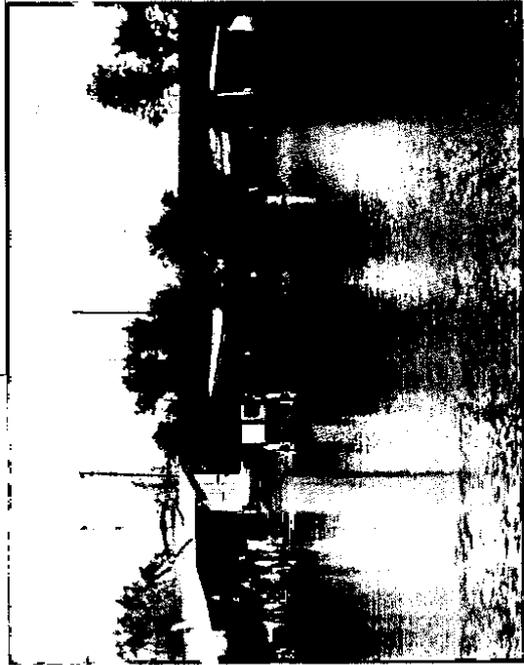
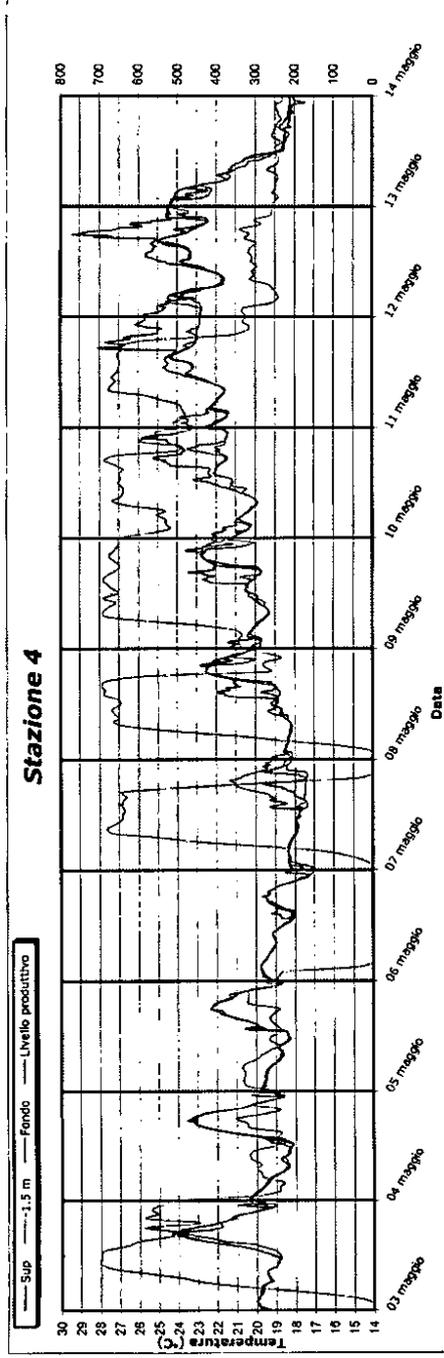
Easting: 759350 m

Northing: 4935556 m

Note

Nessuna

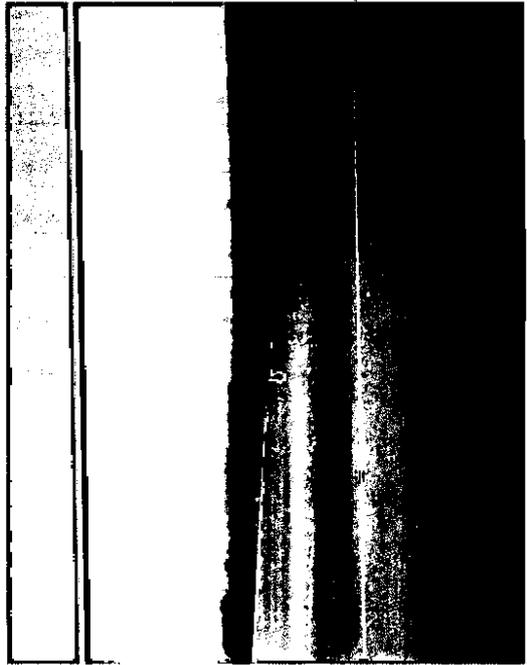
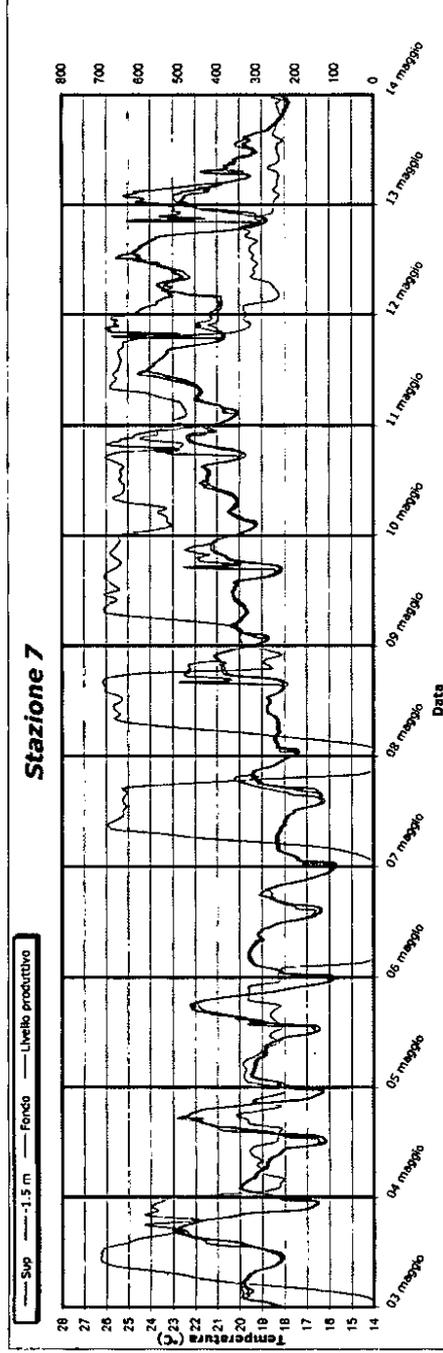
**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 4**  
*(Canale artificiale Baccarini - Stazione settentrionale)*



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**  
 Easting: 758899 m  
 Northing: 4935539 m

**Note**  
 Nessuna

## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 7 (Pialassa Baiona - Stazione occidentale)



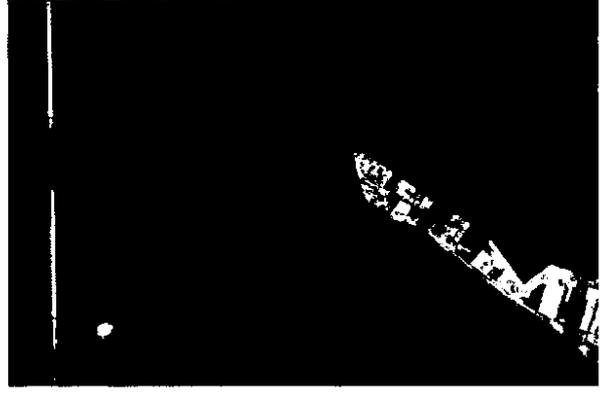
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 757877 m

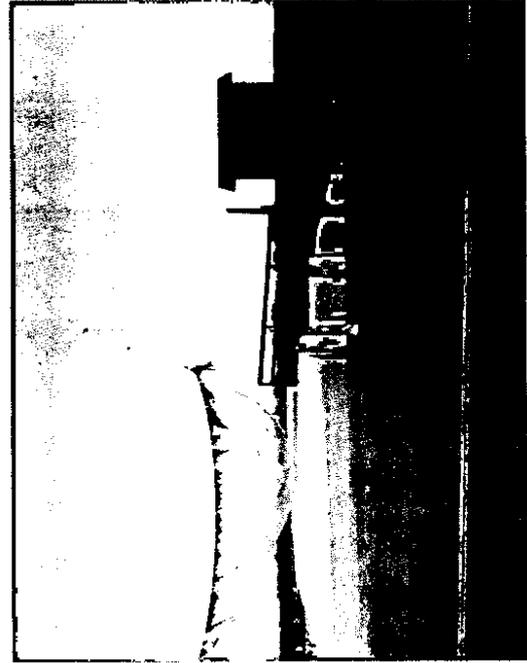
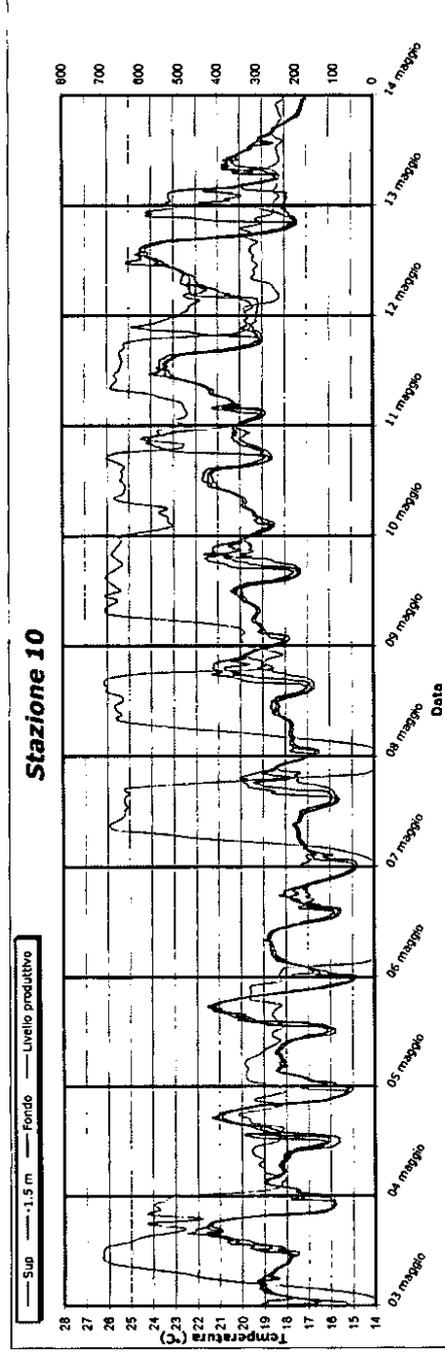
Northing: 4934654 m

Note

Nessuna



**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 10**  
*(Canale artificiale Baccharini - Stazione intermedia settentrionale)*



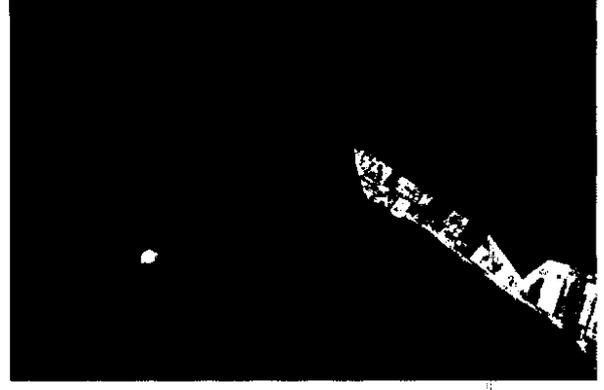
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 758802 m

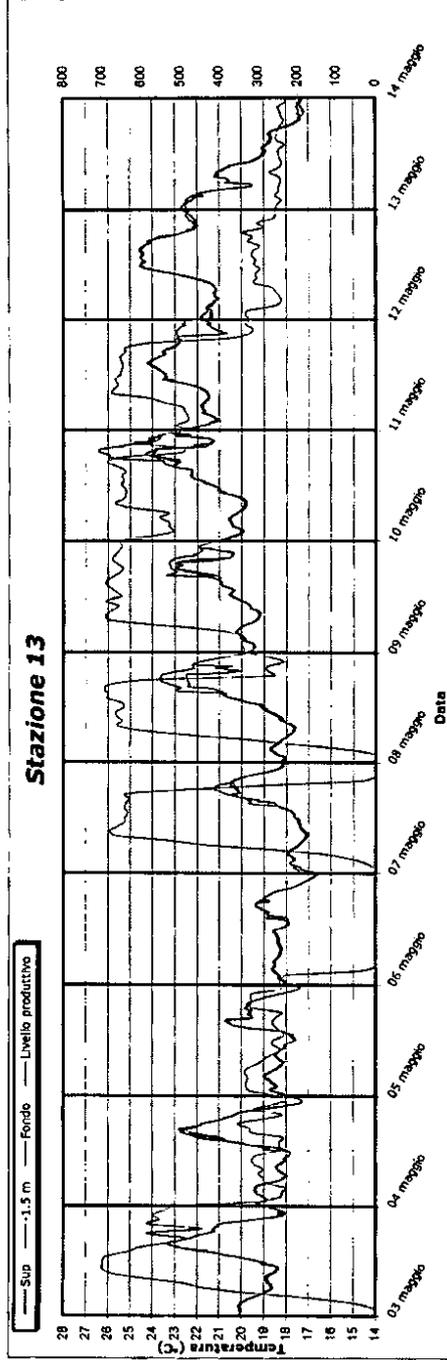
Northing: 4934594 m

Note

Nessuna



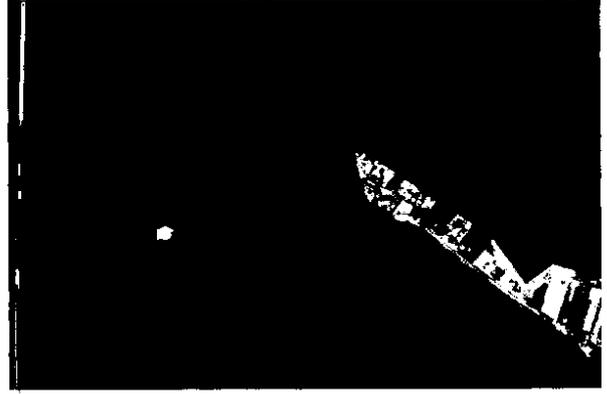
### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 13 (Pialassa Baiona - Stazione orientale)



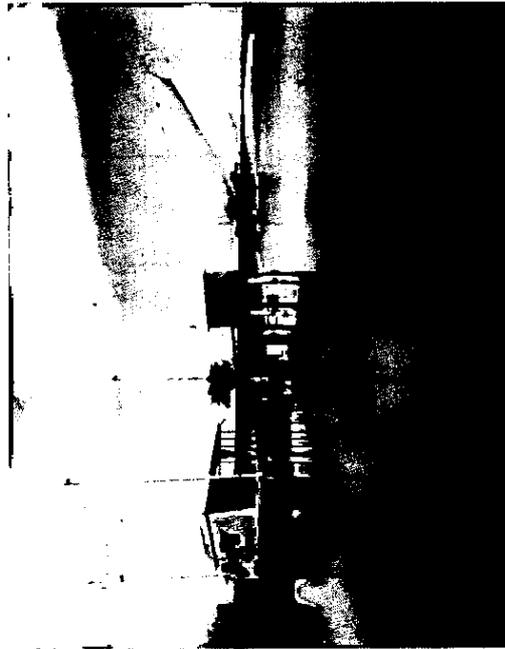
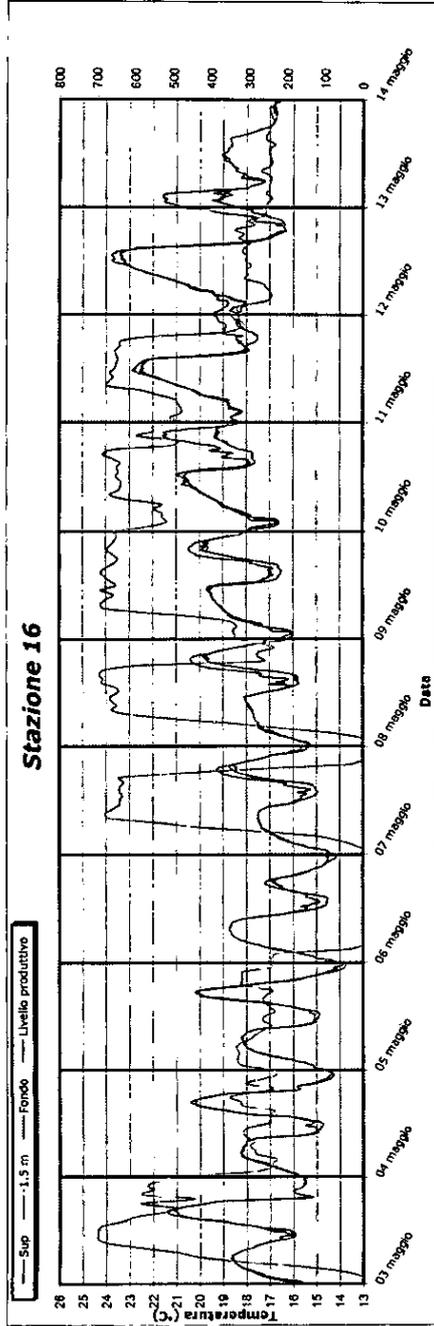
**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

Easting: 759145 m  
Northing: 4933915 m

**Note**  
Nessuna



**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 16**  
*(Canale artificiale Baccarini - Stazione intermedia meridionale)*



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

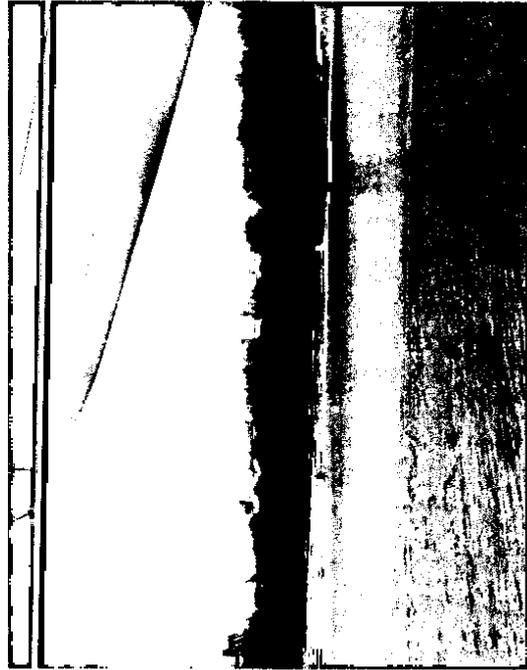
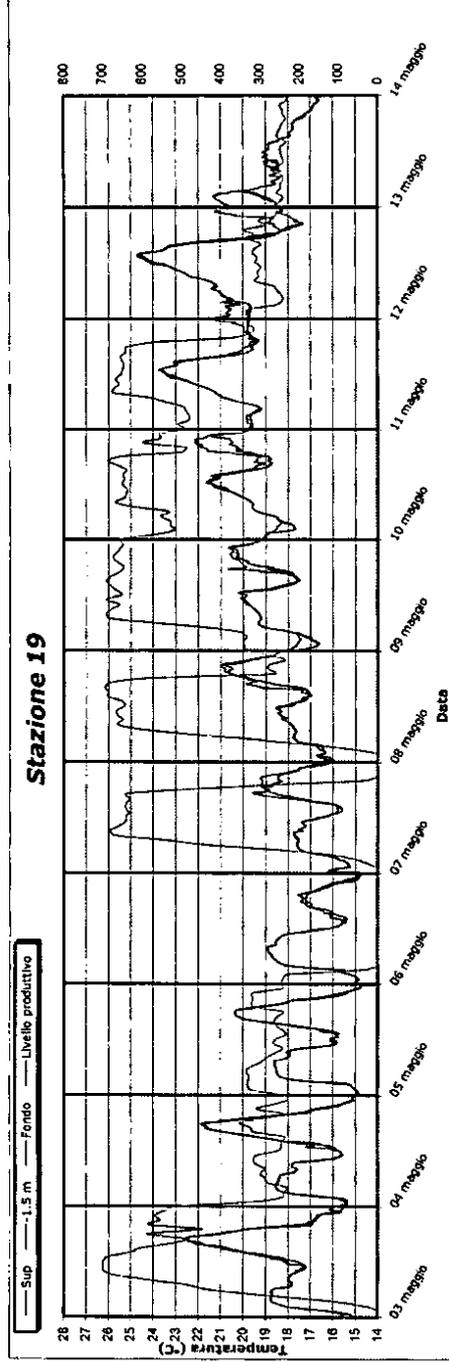
Easting: 758724 m

Northing: 4933362 m

**Note**

Nessuna

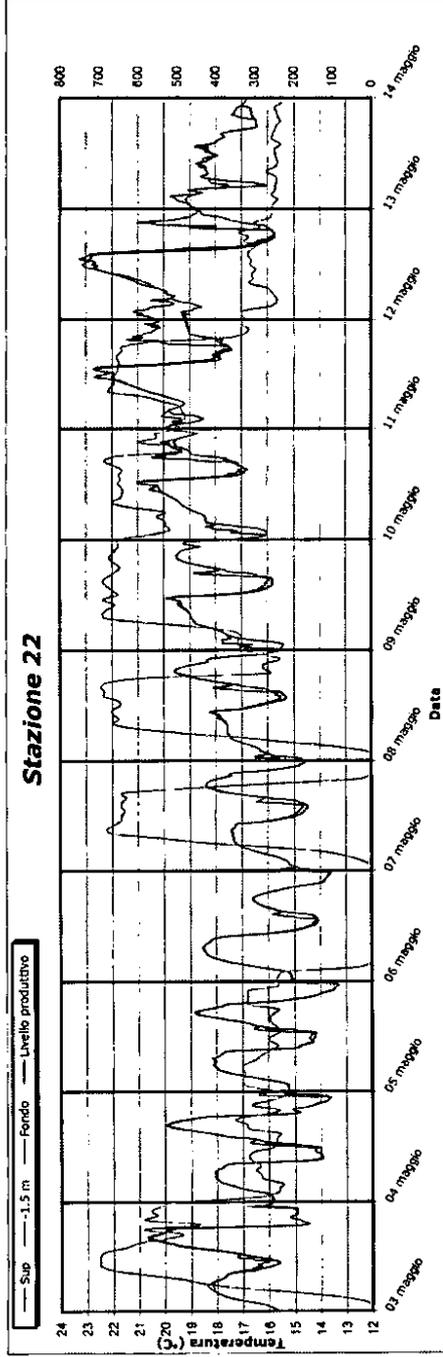
## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 19 (Pialassa Baiona - Stazione sud-occidentale)



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**  
Easting: 758070 m  
Northing: 4933192 m

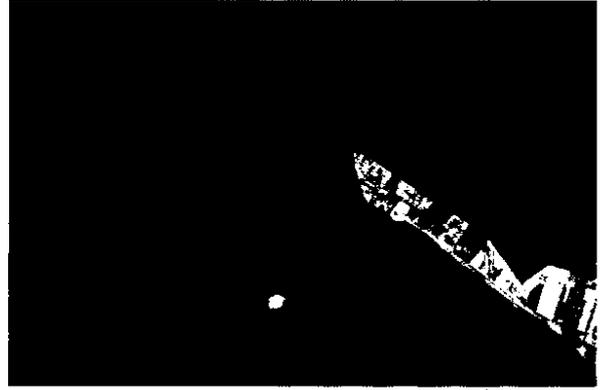
**Note**  
Nessuna

### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 22 (Canale artificiale Fossatone - Stazione settentrionale)

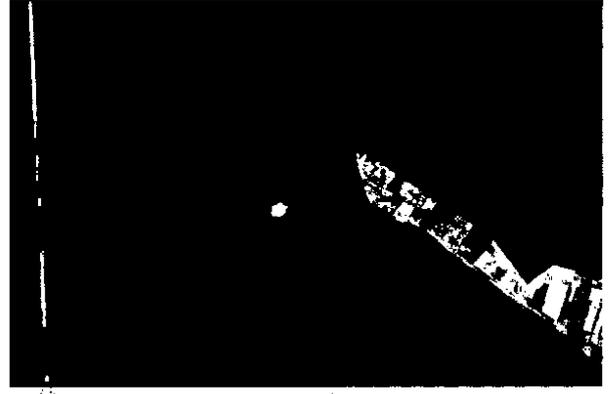
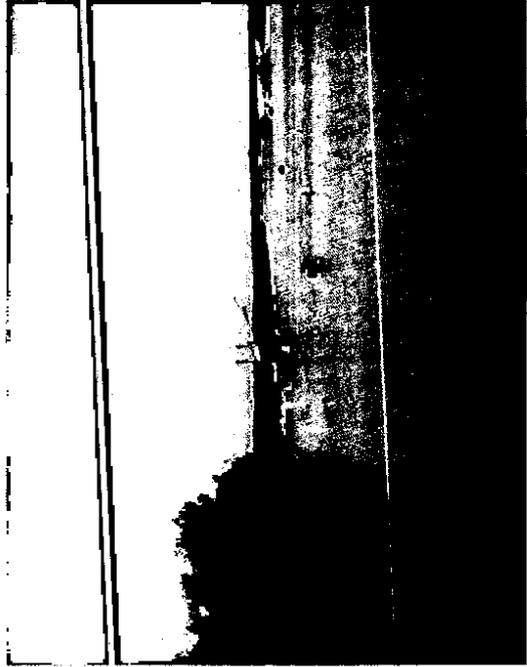
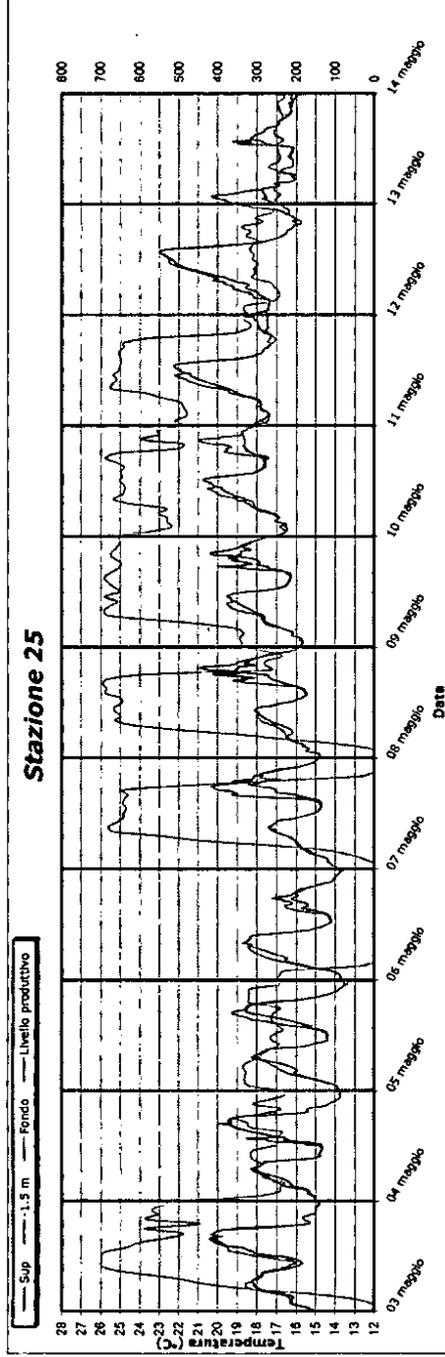


**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**  
Easting: 758294 m  
Northing: 4932526 m

**Note**  
Nessuna



## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 25 (Pialassa Baiona - Attracco Isola Spinaroni)



Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

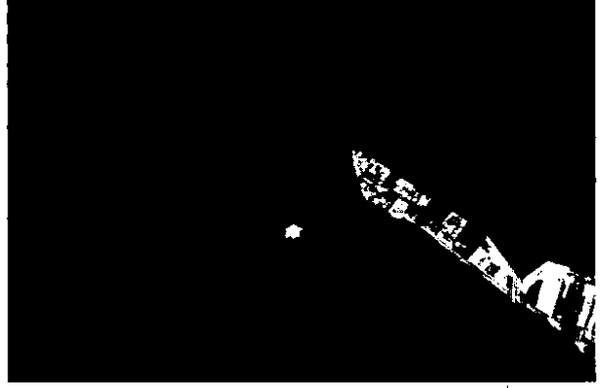
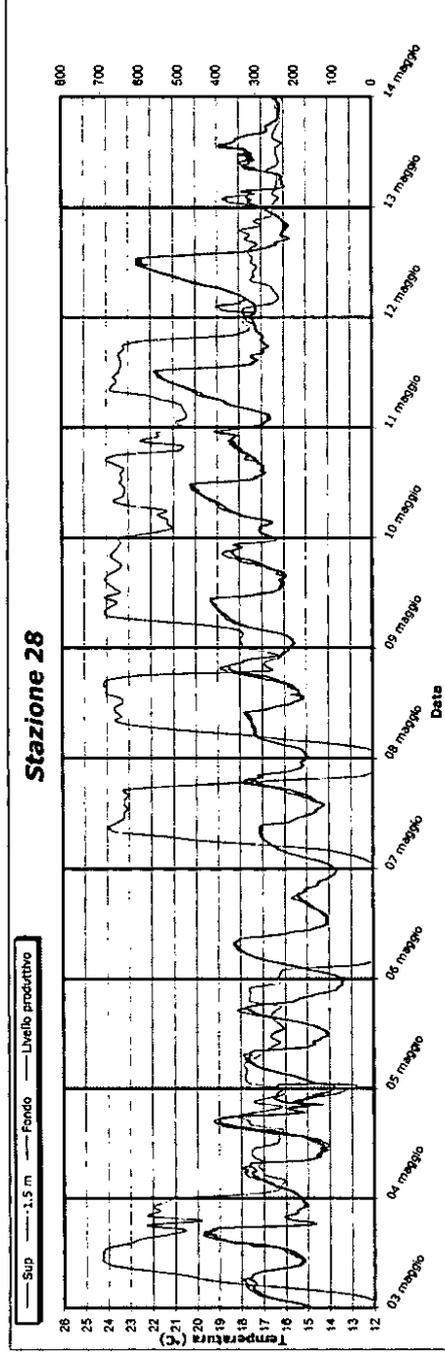
Easting: 759497 m

Northing: 4932544 m

Note

Nessuna

### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 28 (Canale artificiale Baccharini - Diramazione Canale della Rotta)



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

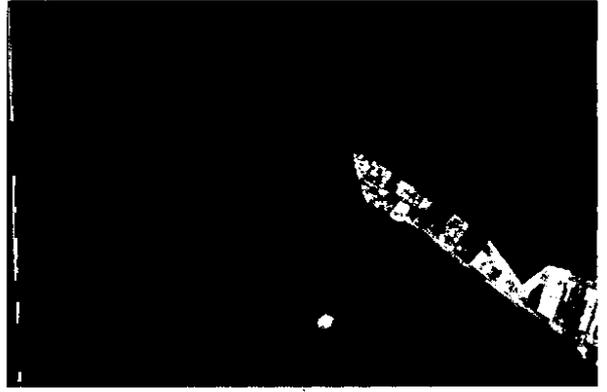
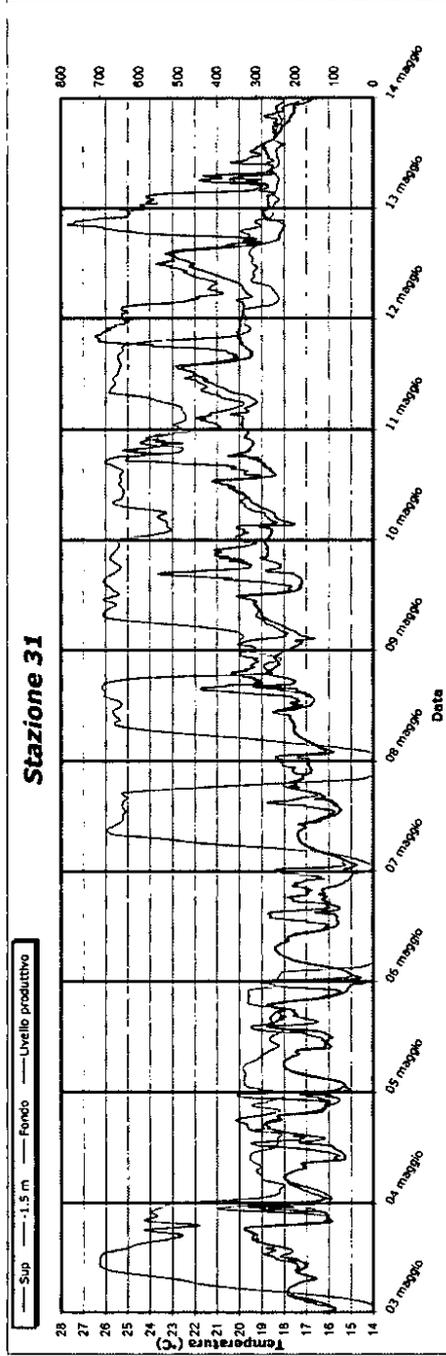
Easting: 759079 m

Northing: 4932375 m

Note

Nessuna

## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 31 (Canale artificiale Cavedone - Stazione occidentale)

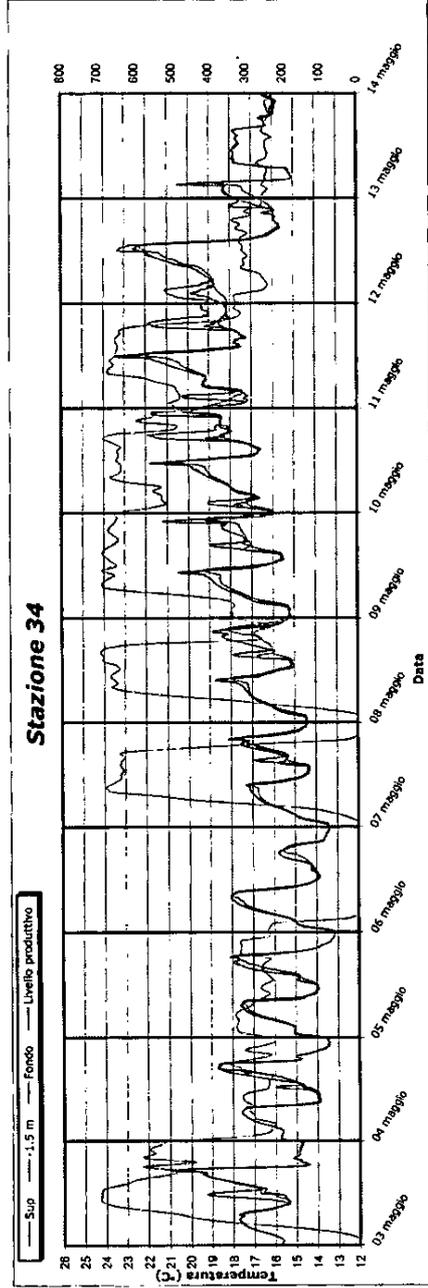


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 757977 m  
Northing: 4931960 m

Note  
Nessuna

### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 34 (Canale artificiale Fossatone - Stazione meridionale)

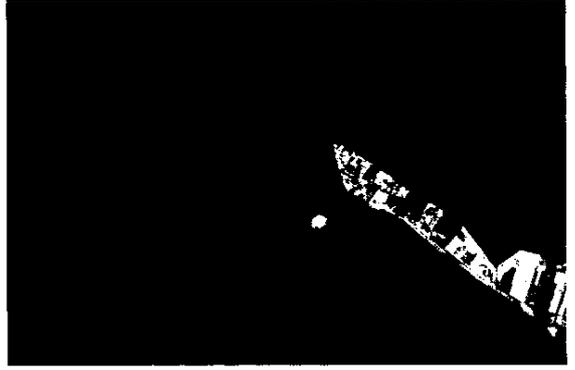


**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

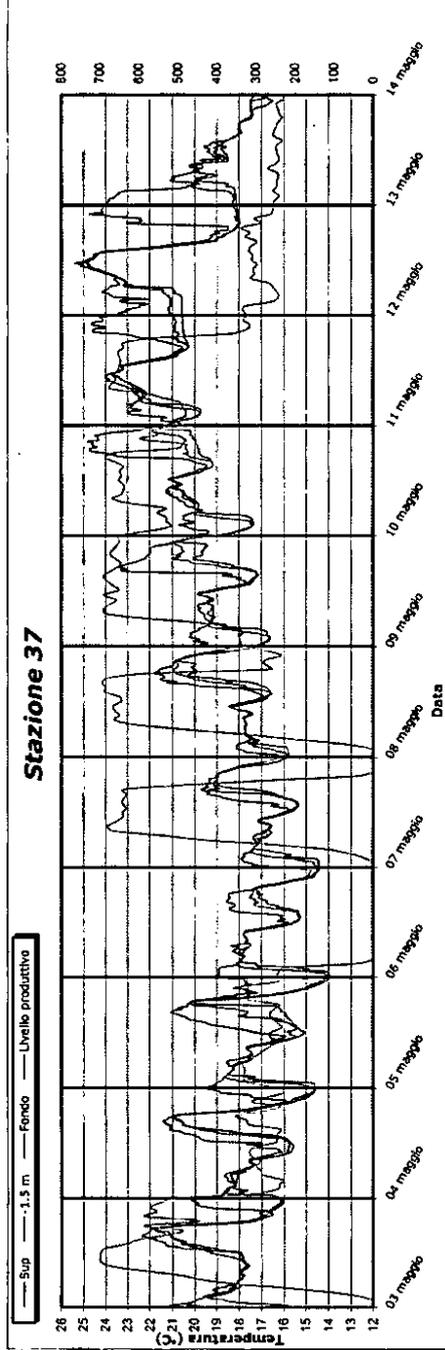
Easting: 759174 m

Northing: 4931775 m

Note  
Nessuna



## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 37 (Pialassa della Risega)



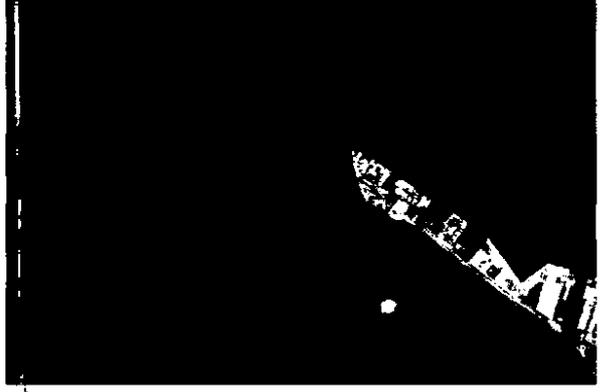
Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

Easting: 758207 m

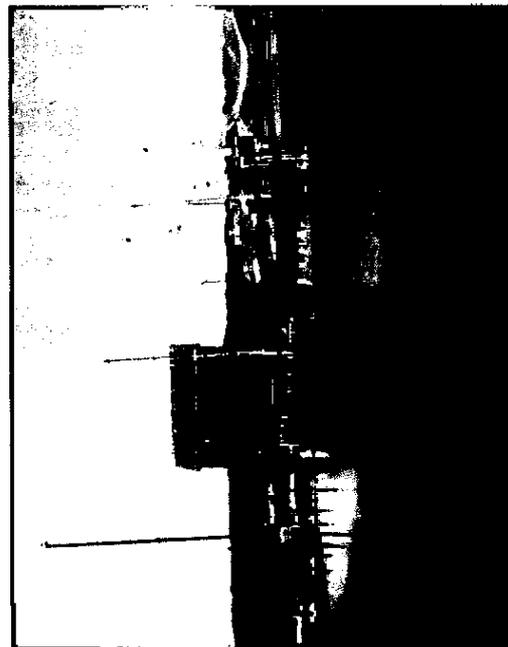
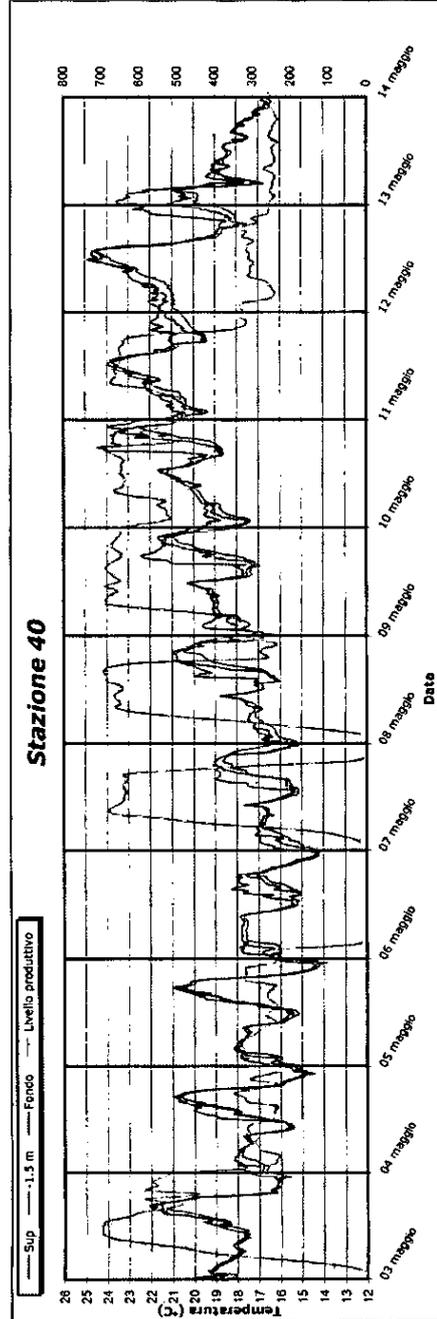
Northing: 4931104 m

Note

Nessuna



### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 40 (Canale artificiale Baiona - Stazione occidentale)

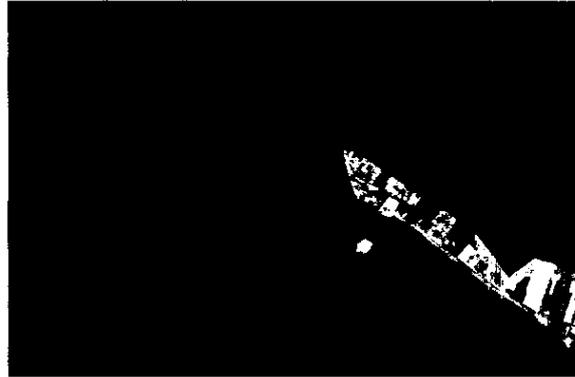


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

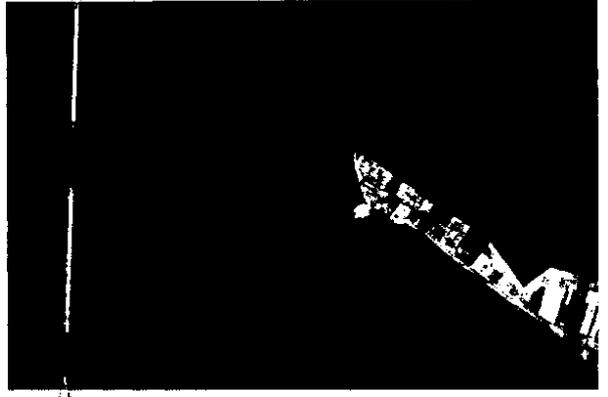
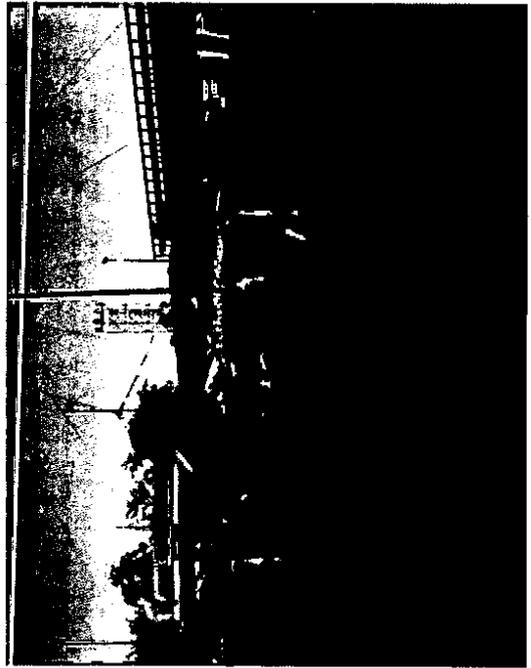
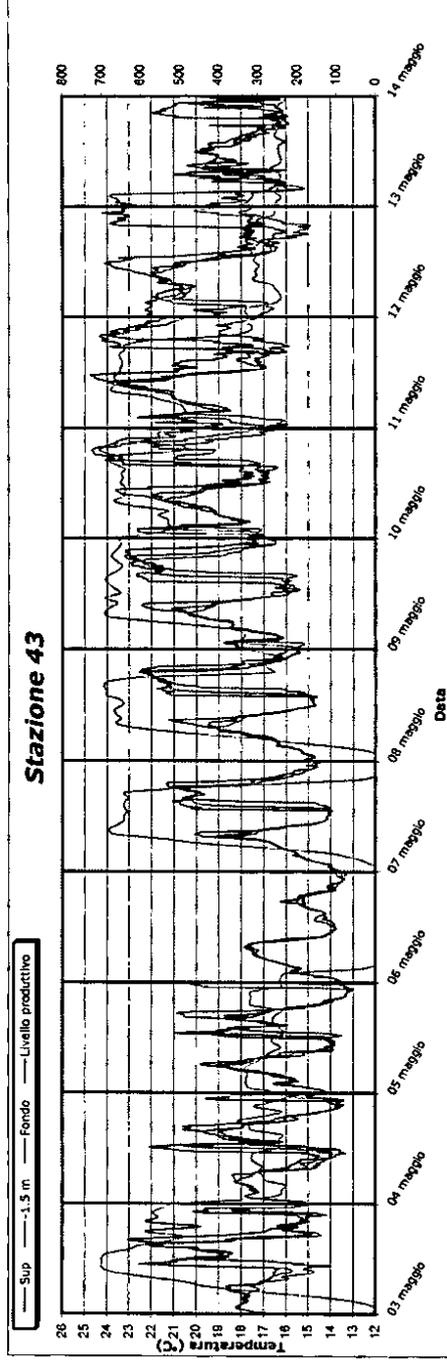
Easting: 758953 m  
Northing: 4931301 m

Note

Nessuna



### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 43 (Canale artificiale Baiona - Diramazione Canale Fossatone)



Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

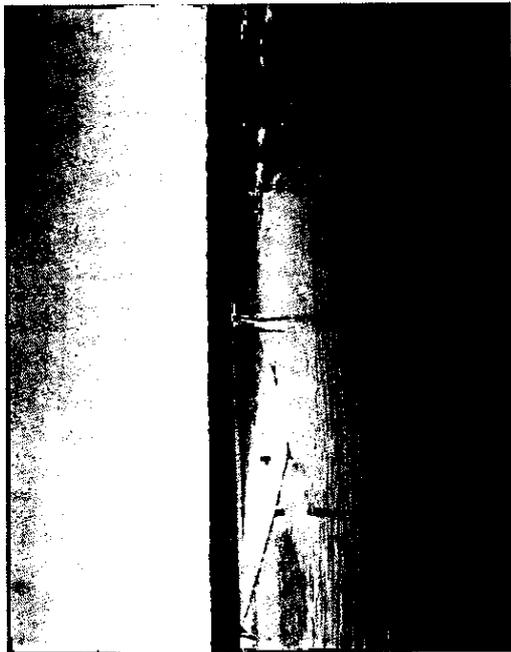
Easting: 759537 m

Northing: 4931503 m

Note

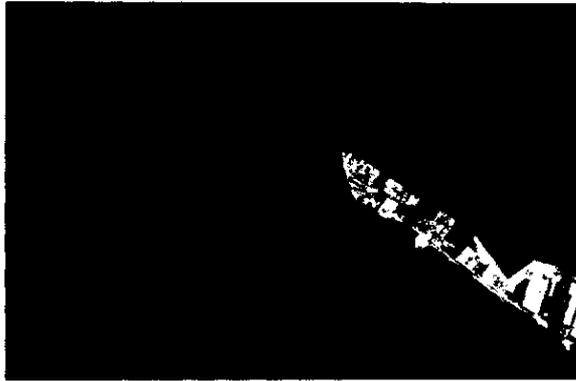
Nessuna

**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 46**  
*(Canale artificiale Magni - Stazione intermedia)*

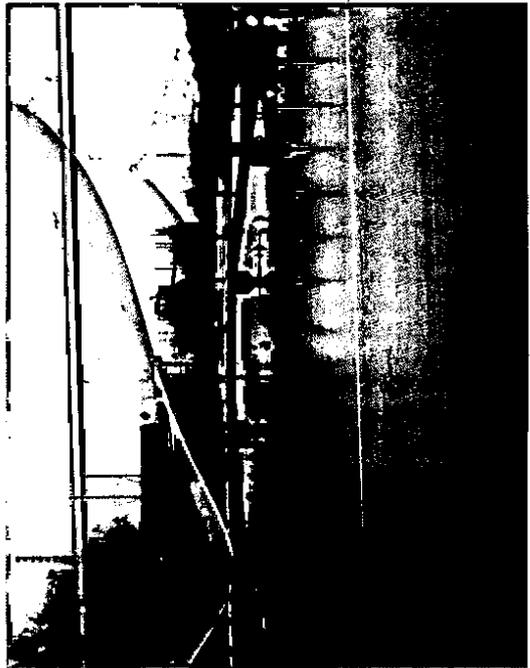
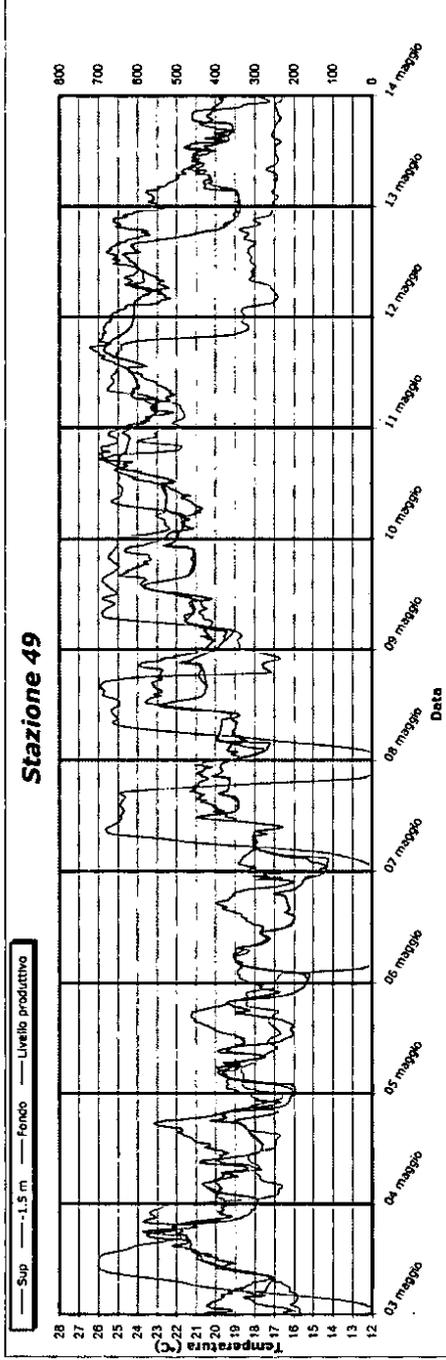


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32  
Easting: 758958 m  
Northing: 4930499 m

Note  
La stazione è andata persa a causa dell'intervento di ignoti.



### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 49 (Canale artificiale Magni - Stazione al Capanno Garibaldi)



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

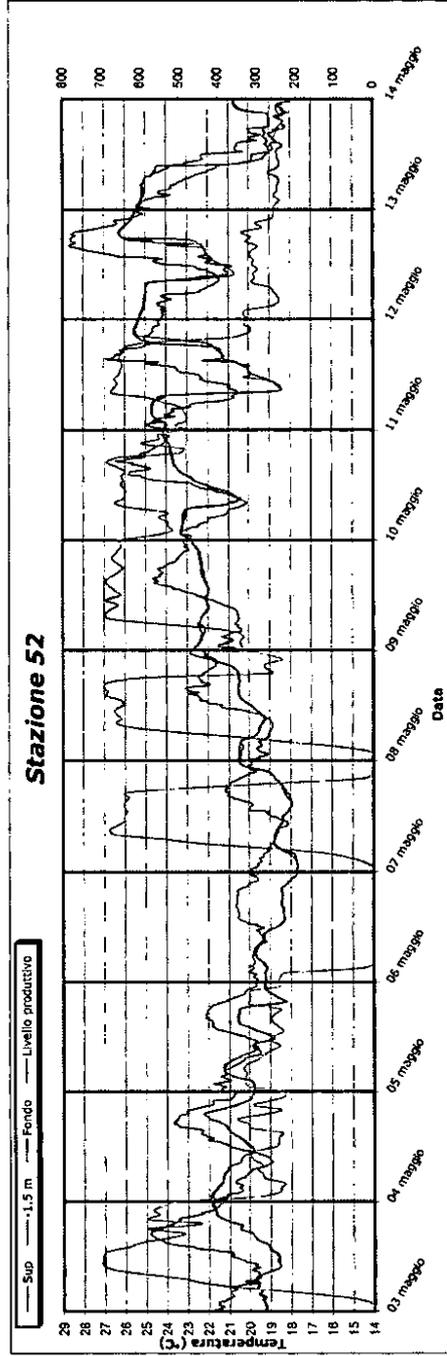
Easting: 758353 m

Northing: 4929691 m

Note

Nessuna

## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 52 (Canale degli Staggi)

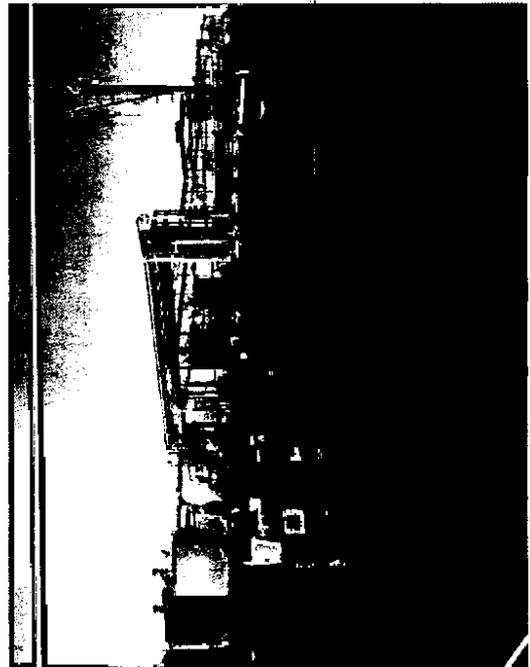
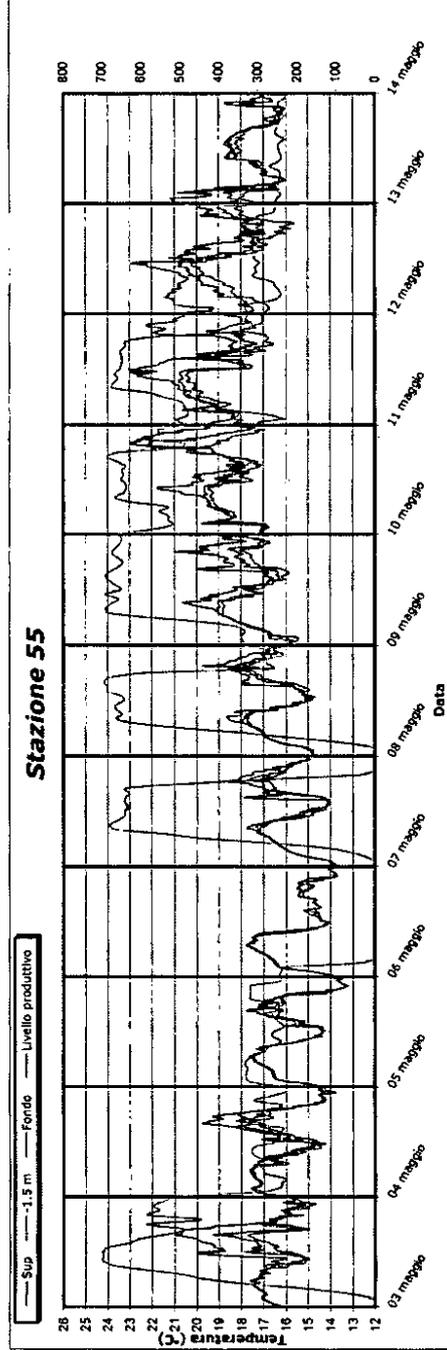


**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**  
Easting: 757652 m  
Northing: 4928743 m

**Note**  
Nessuna



## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 55 (Porto Canale di Ravenna - Attracco navi gasiere)

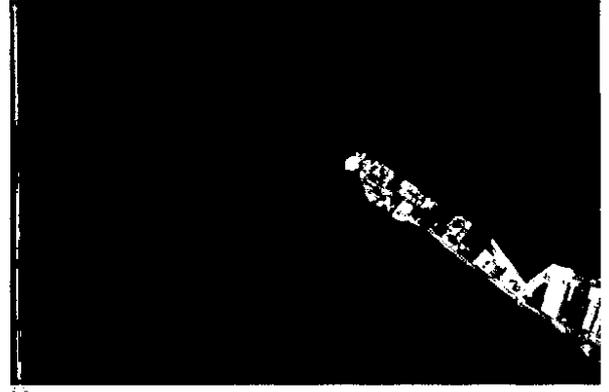


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

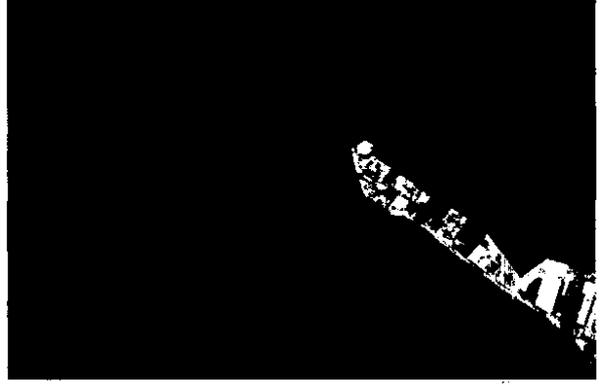
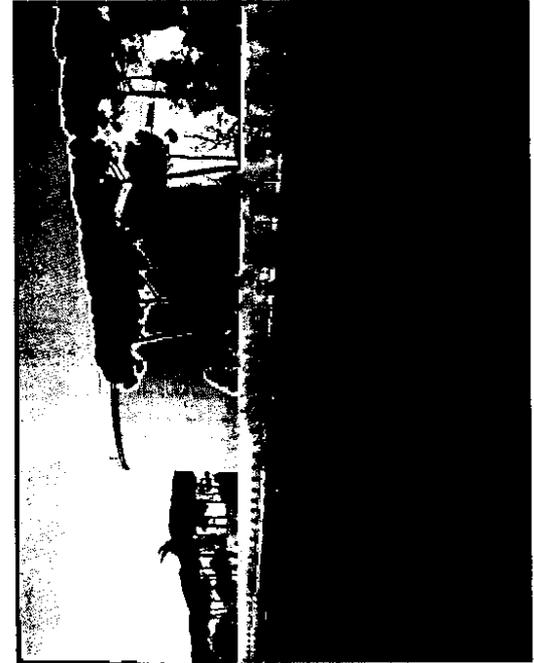
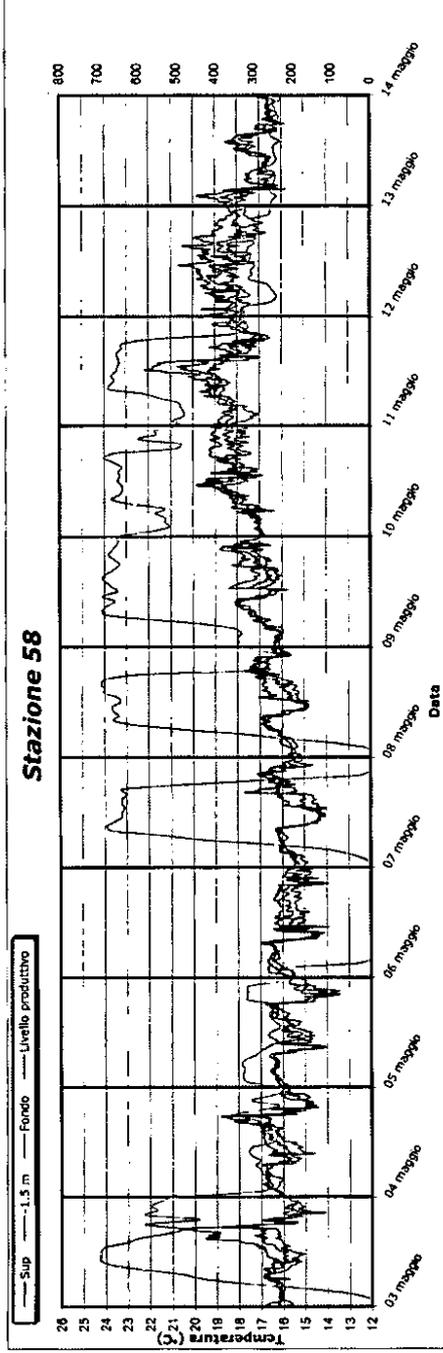
Easting: 760120 m

Northing: 4931598 m

Note  
Nessuna



### Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 58 (Naviglio Candiano - Stazione settentrionale)



Coordinate WGS84 UTM Fuso 32

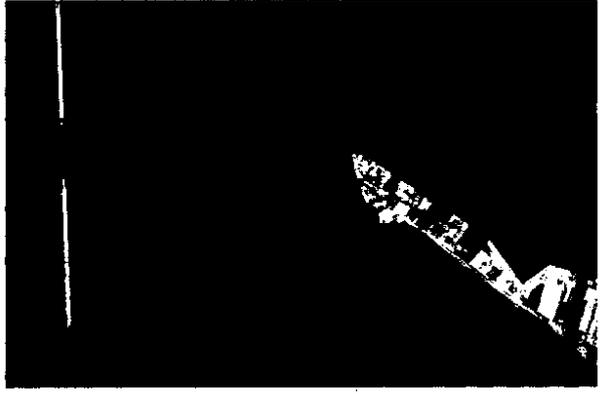
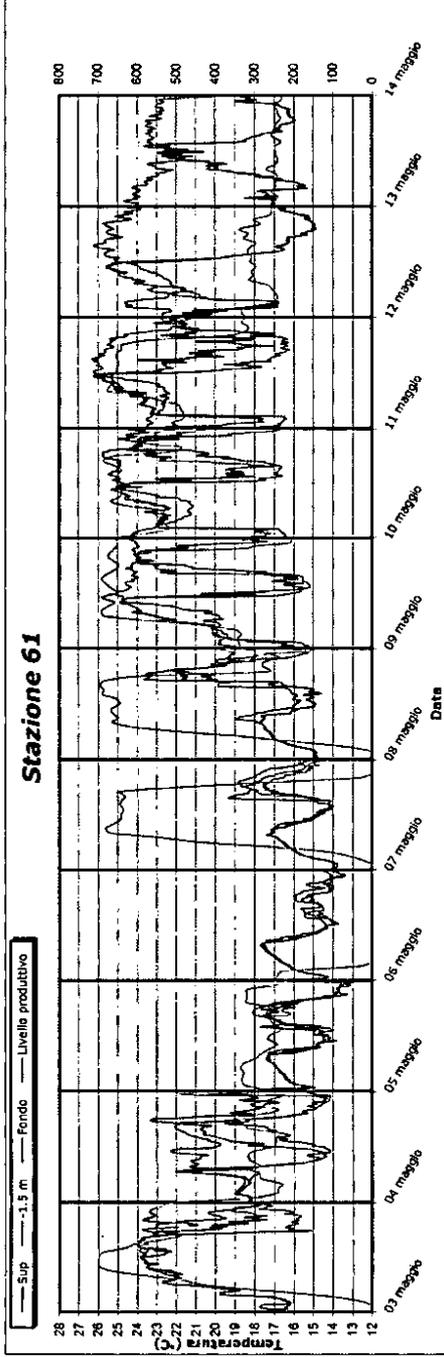
Easting: 760229 m

Northing: 4931425 m

Note

Nessuna

**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 61**  
*(Canale artificiale Magni - Opera di scarico della Centrale)*



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

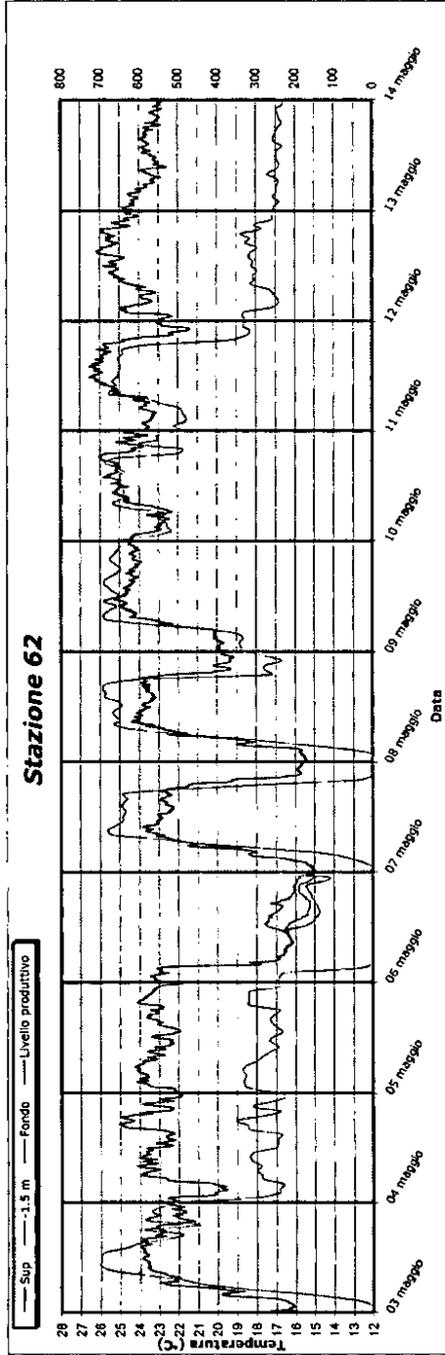
Easting: 759404 m

Northing: 4931158 m

Note

Nessuna

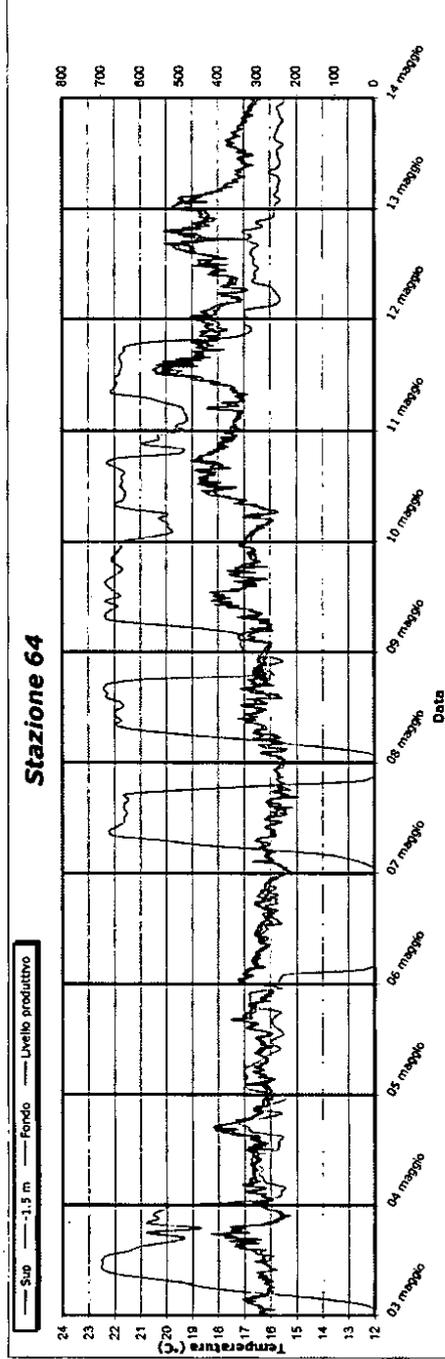
**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 62**  
*(Inizio canale di scarico della centrale)*



**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**  
 Easting: 759664 m  
 Northing: 4931195 m

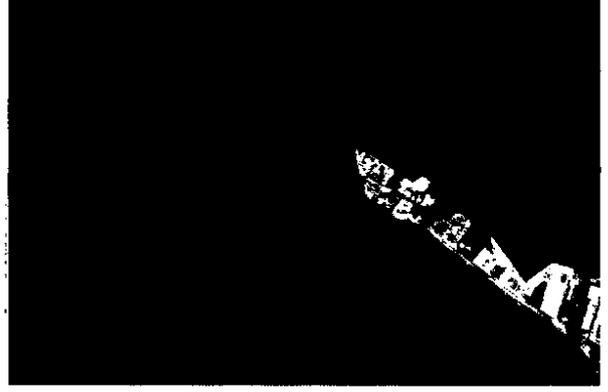
**Note**  
 Nessuna

## Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012 Registrazioni di temperatura della stazione termografica 64 (Naviglio Candiano - Opera di presa della Centrale)

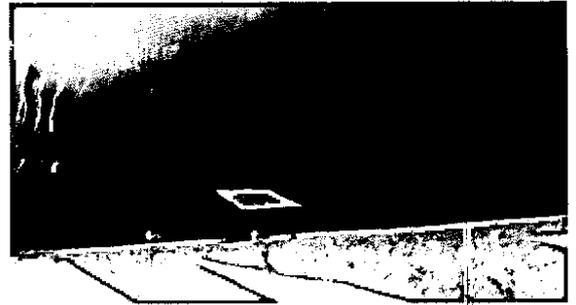
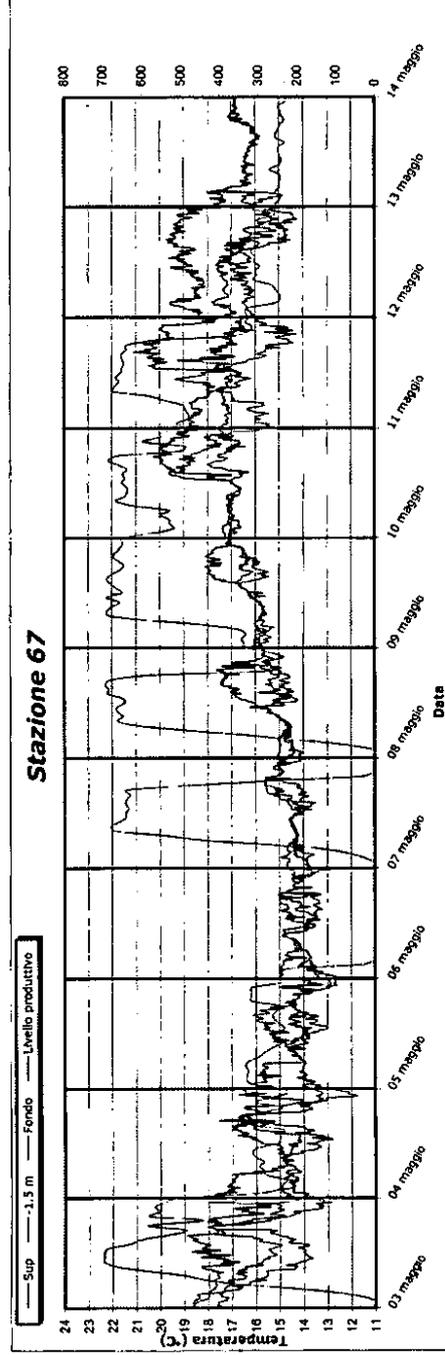


Coordinate WGS84 UTM Fuso 32  
Easting: 759922 m  
Northing: 4931022 m

Note  
Nessuna



**Porto Corsini (RA) 3 - 13 maggio 2012**  
**Registrazioni di temperatura della stazione termografica 67**  
*(Marina di Ravenna - Estremità del molo del porto canale)*



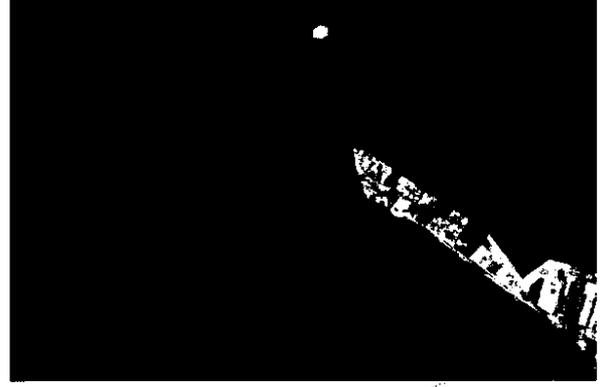
**Coordinate WGS84 UTM Fuso 32**

Easting: 761813 m

Northing: 4932125 m

Note

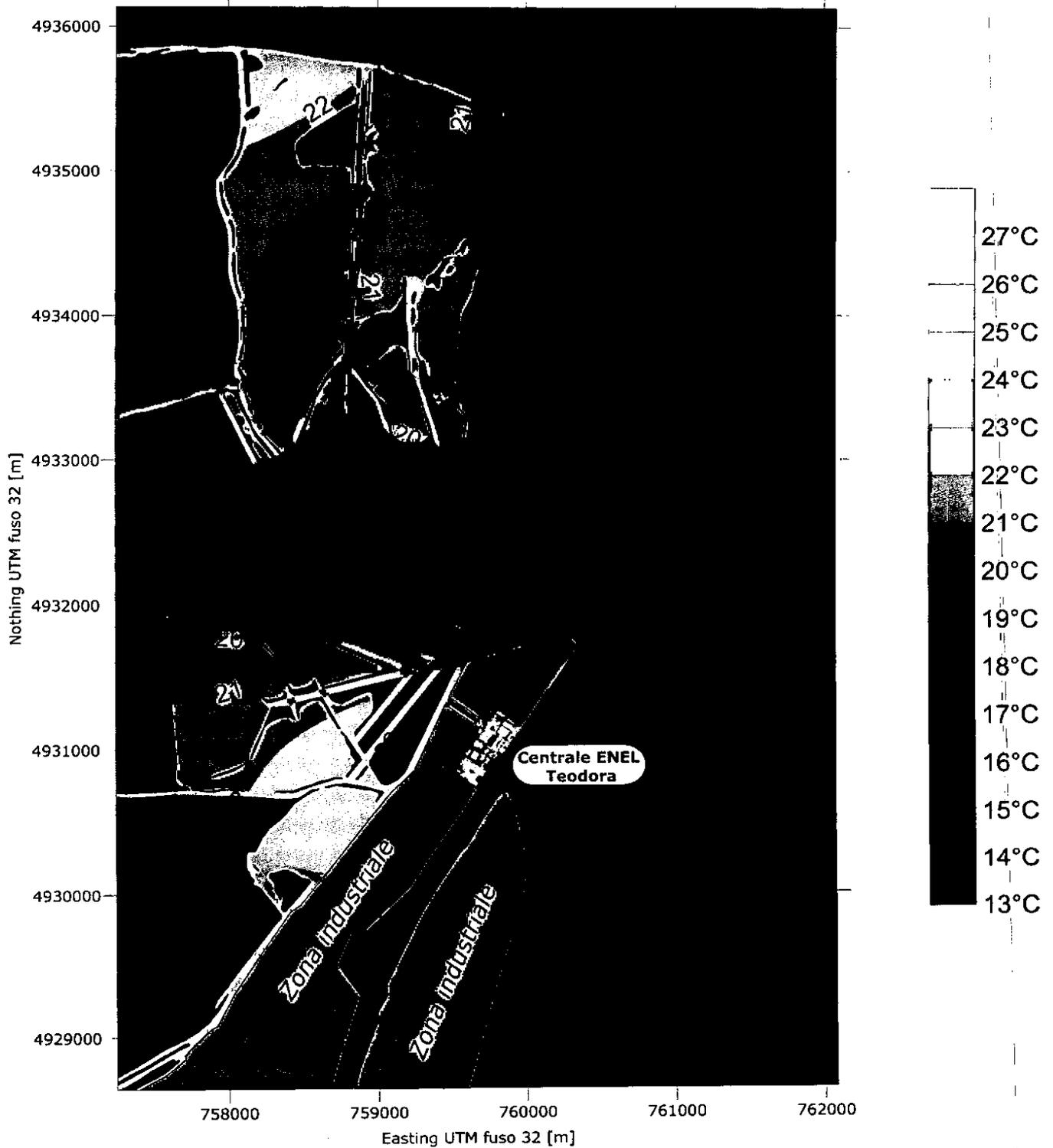
Nessuna



## APPENDICE 2A – Mappe di temperatura (sonda superficiale)

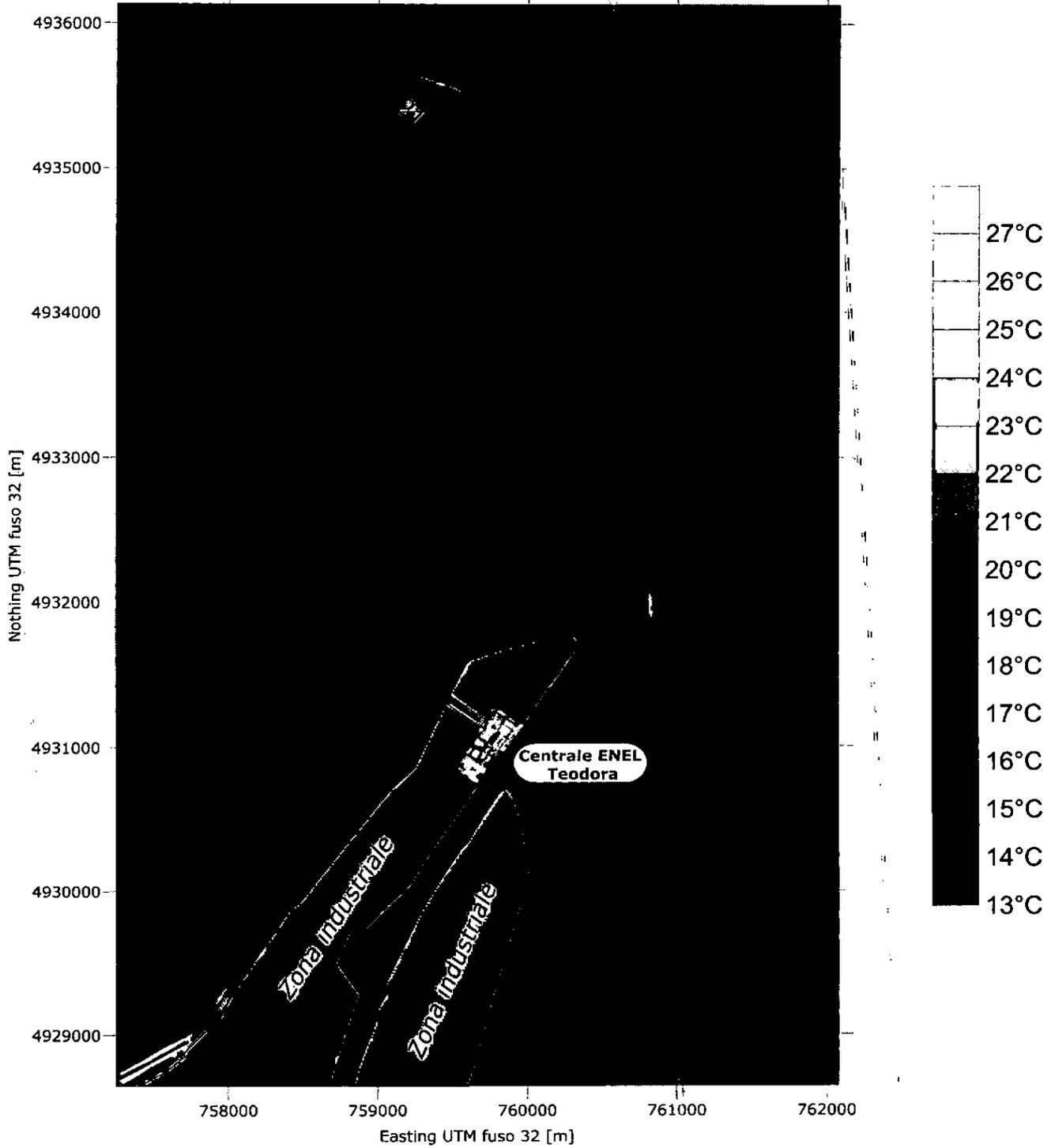
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 3 maggio ore 14.30 - sizigia - stanca di bassa marea con alto livello produttivo



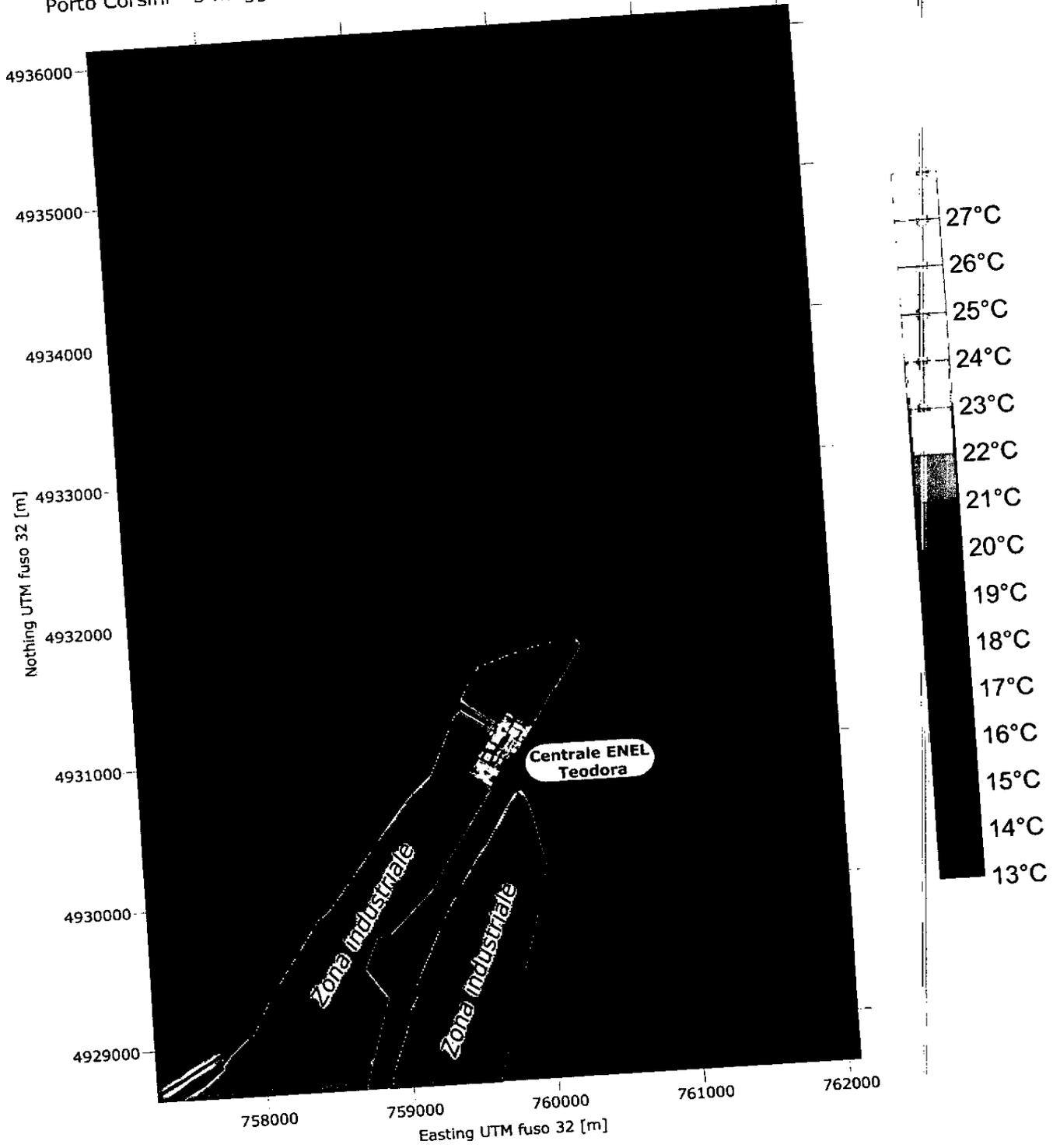
### Sonda superficiale

Porto Corsini - 3 maggio ore 21.00 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



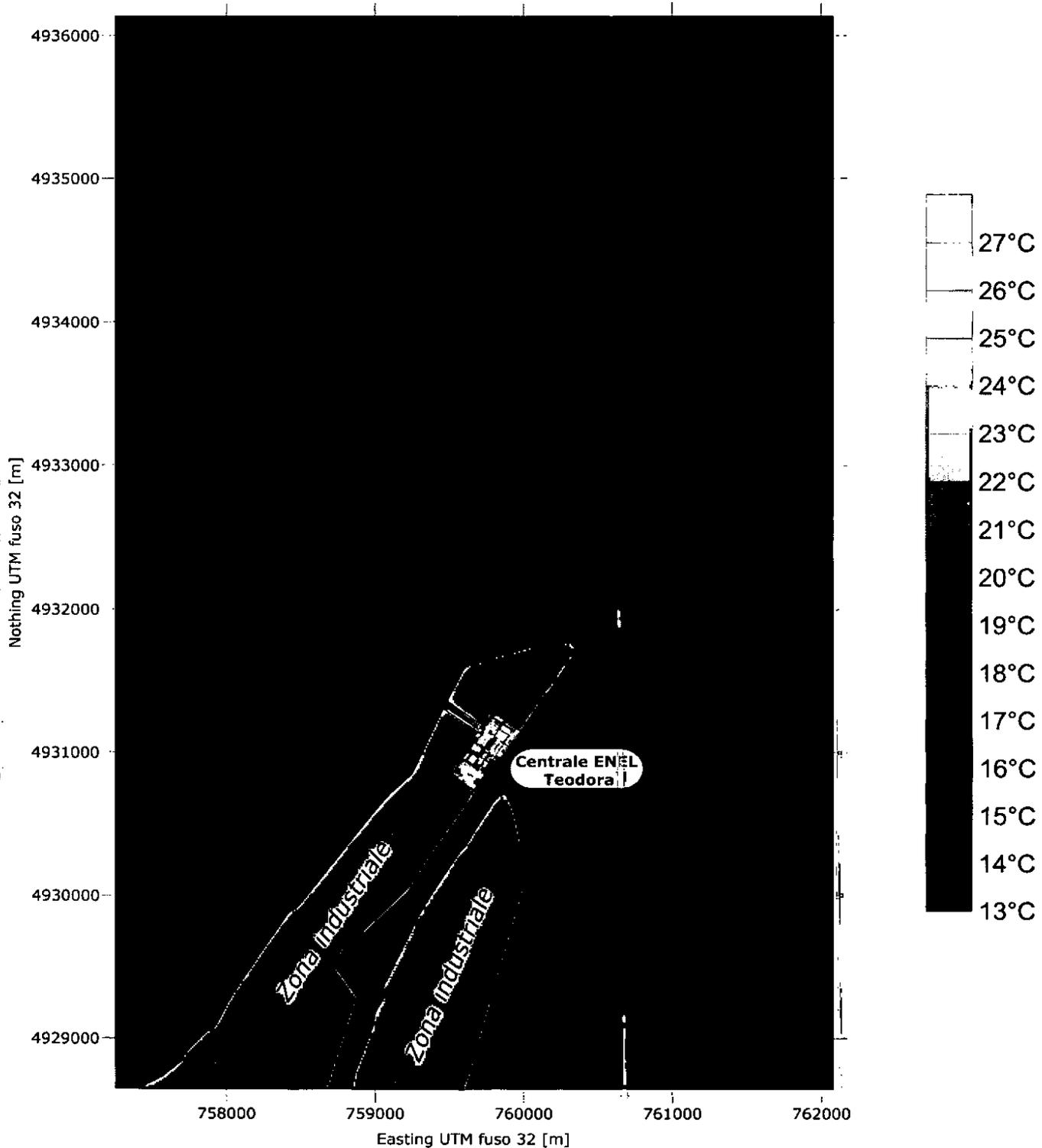
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 5 maggio ore 17.00 - sizigia - bassa marea con medio livello produttivo



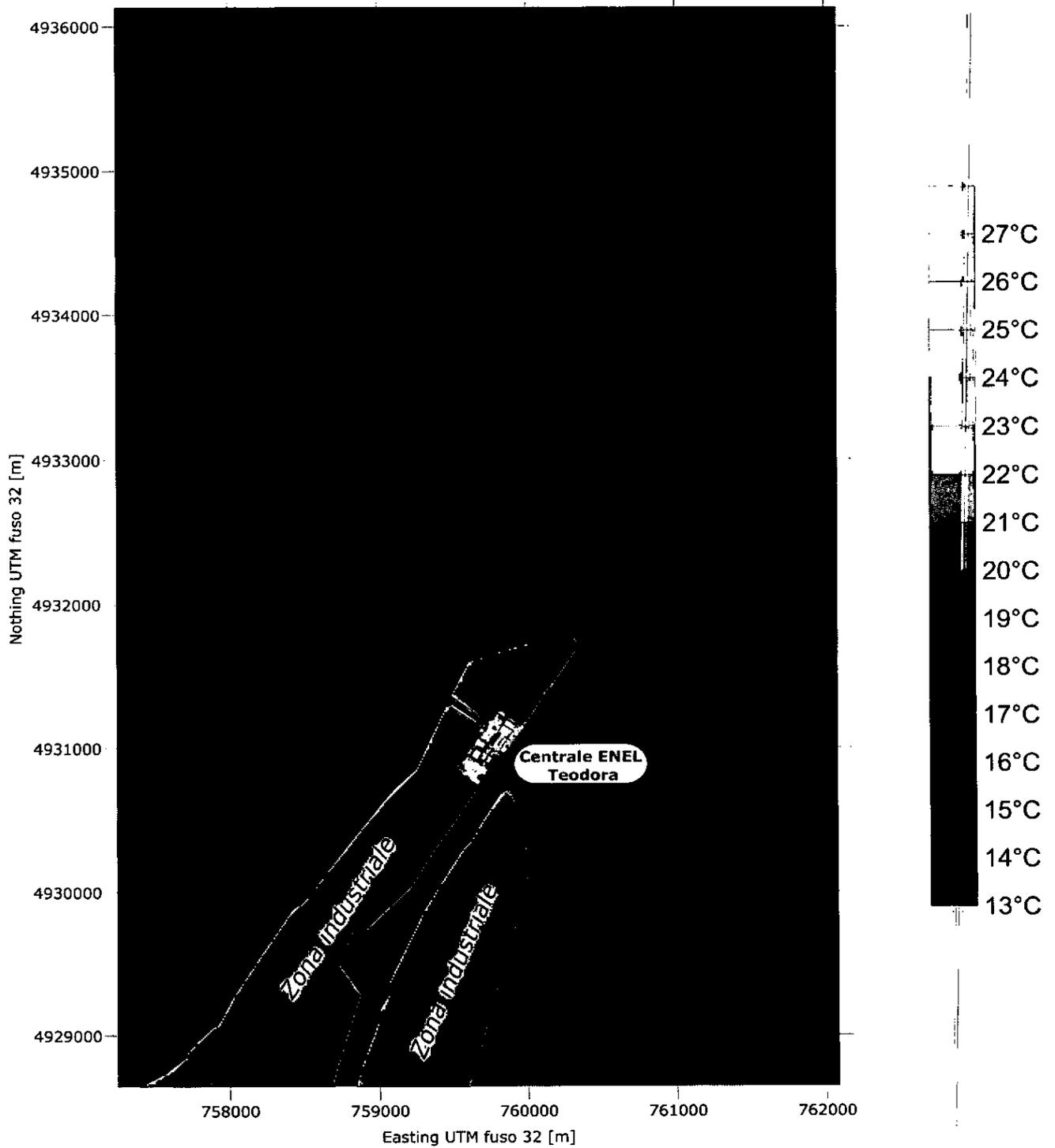
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 5 maggio ore 22.30 - sizigia - alta marea con medio livello produttivo



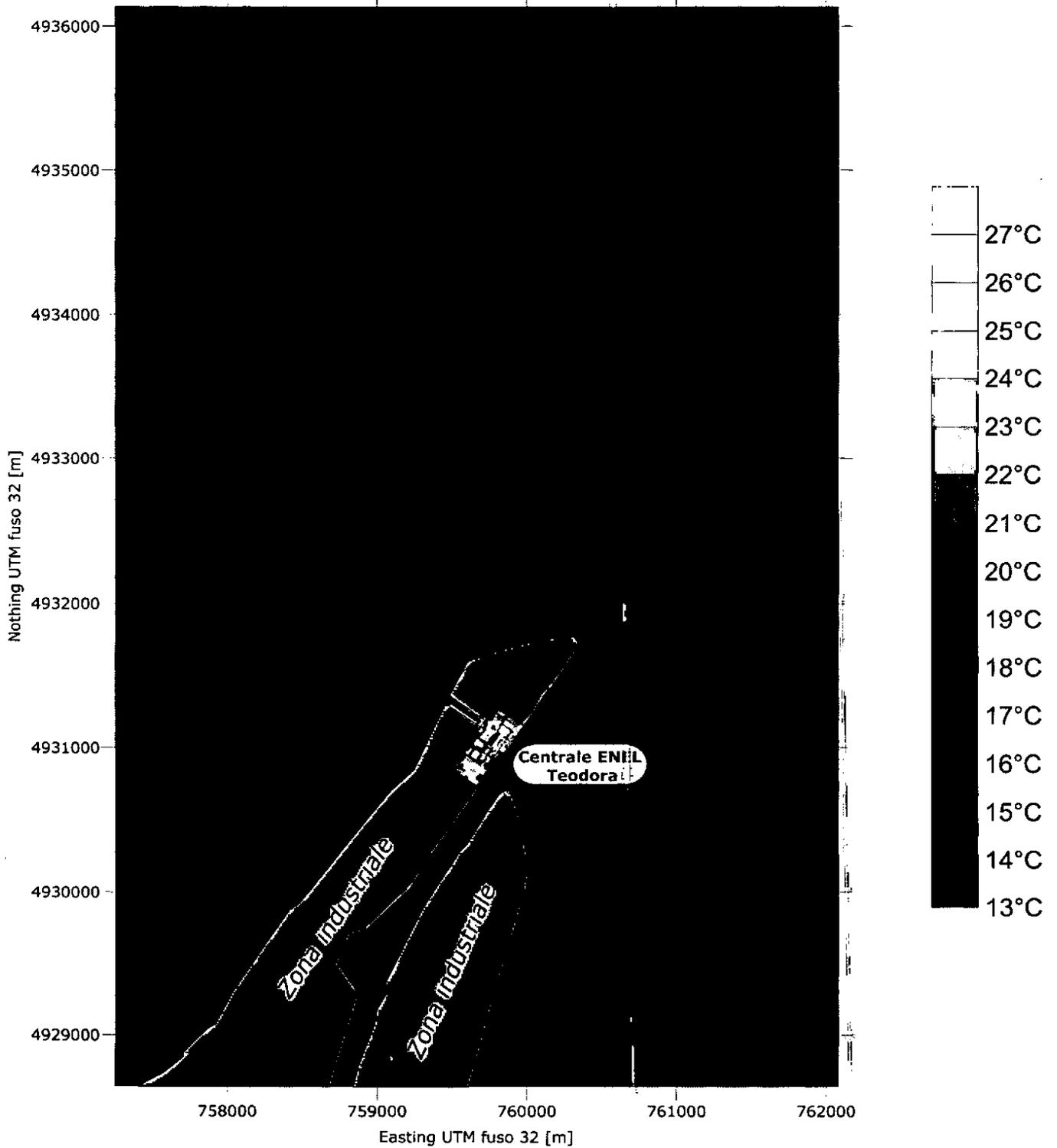
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 6 maggio ore 16.30 - sizigia - bassa marea con livello produttivo nullo



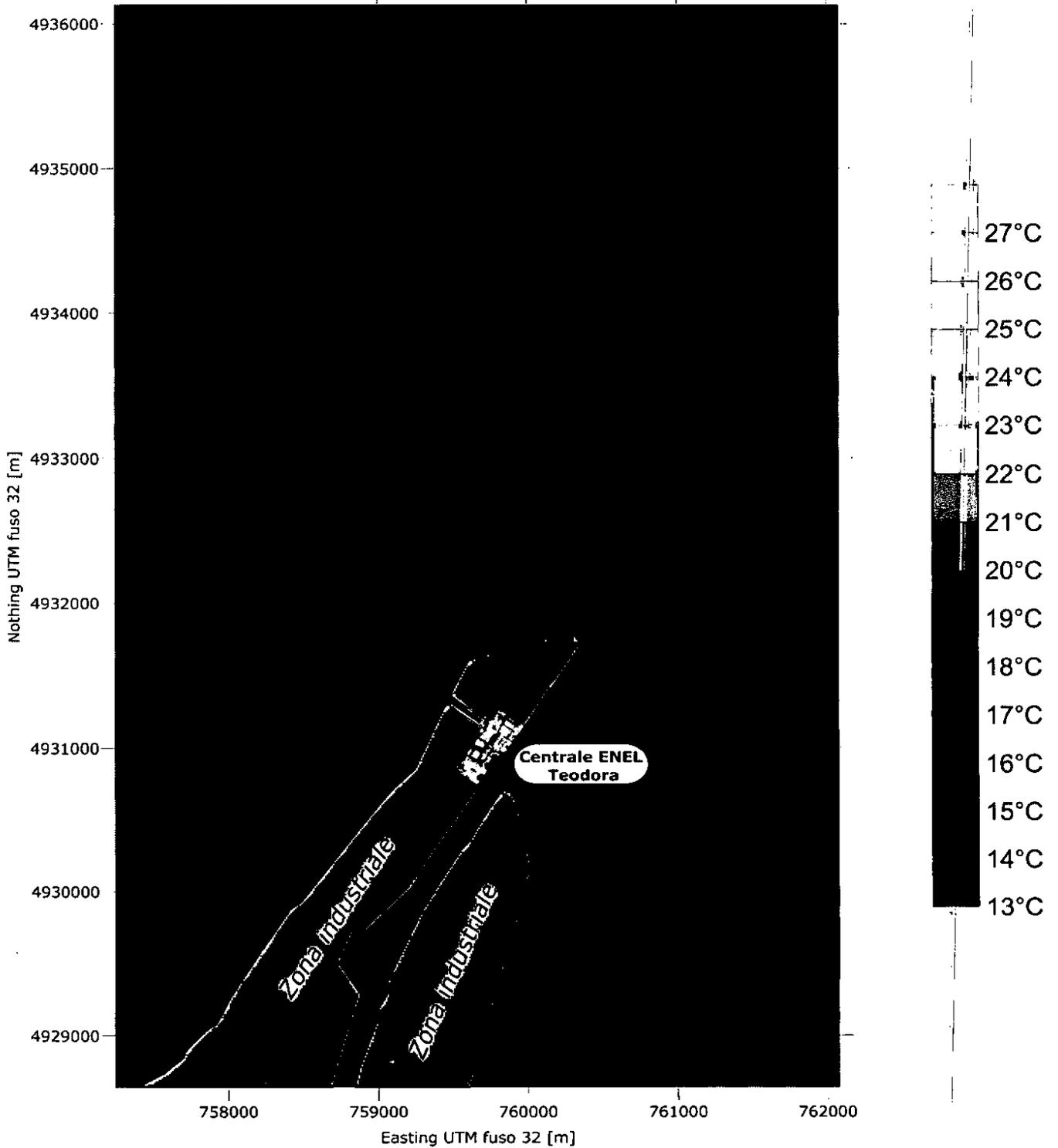
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 6 maggio ore 22.30 - sizigia - alta marea con livello produttivo nullo



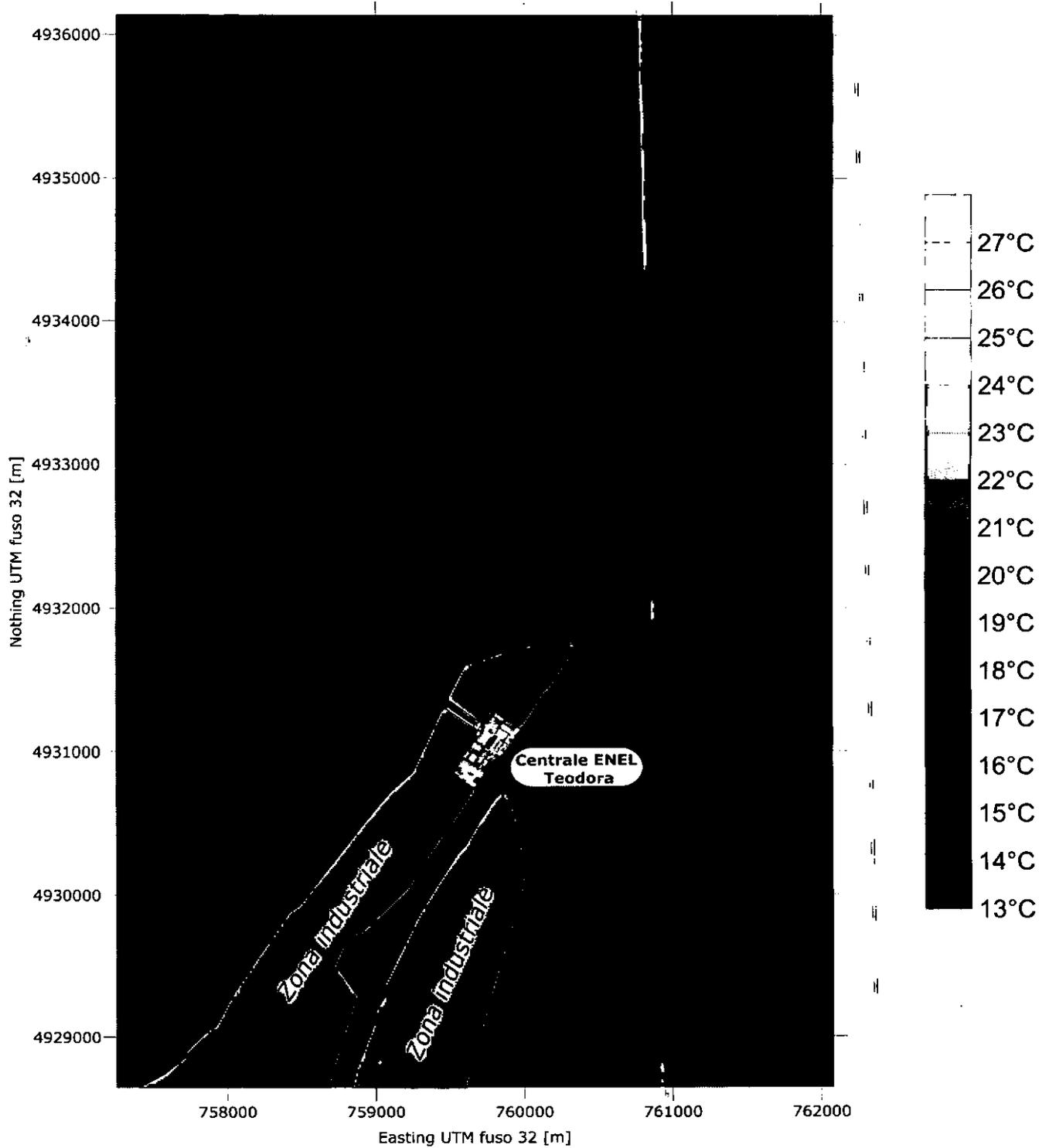
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 7 maggio ore 06.30 - sizigia - bassa marea con livello produttivo crescente



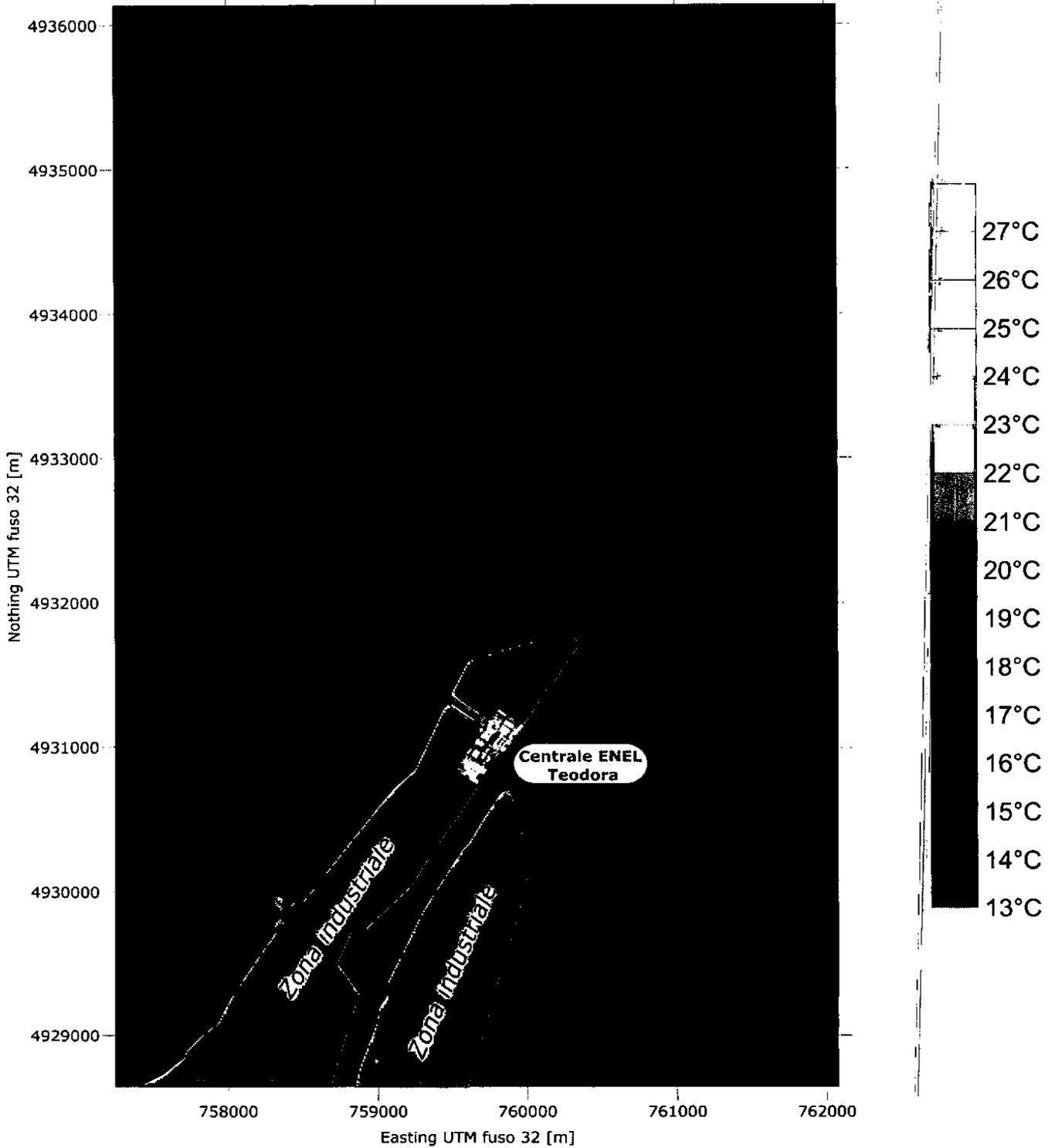
### Sonda superficiale

Porto Corsini - 7 maggio ore 12.30 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



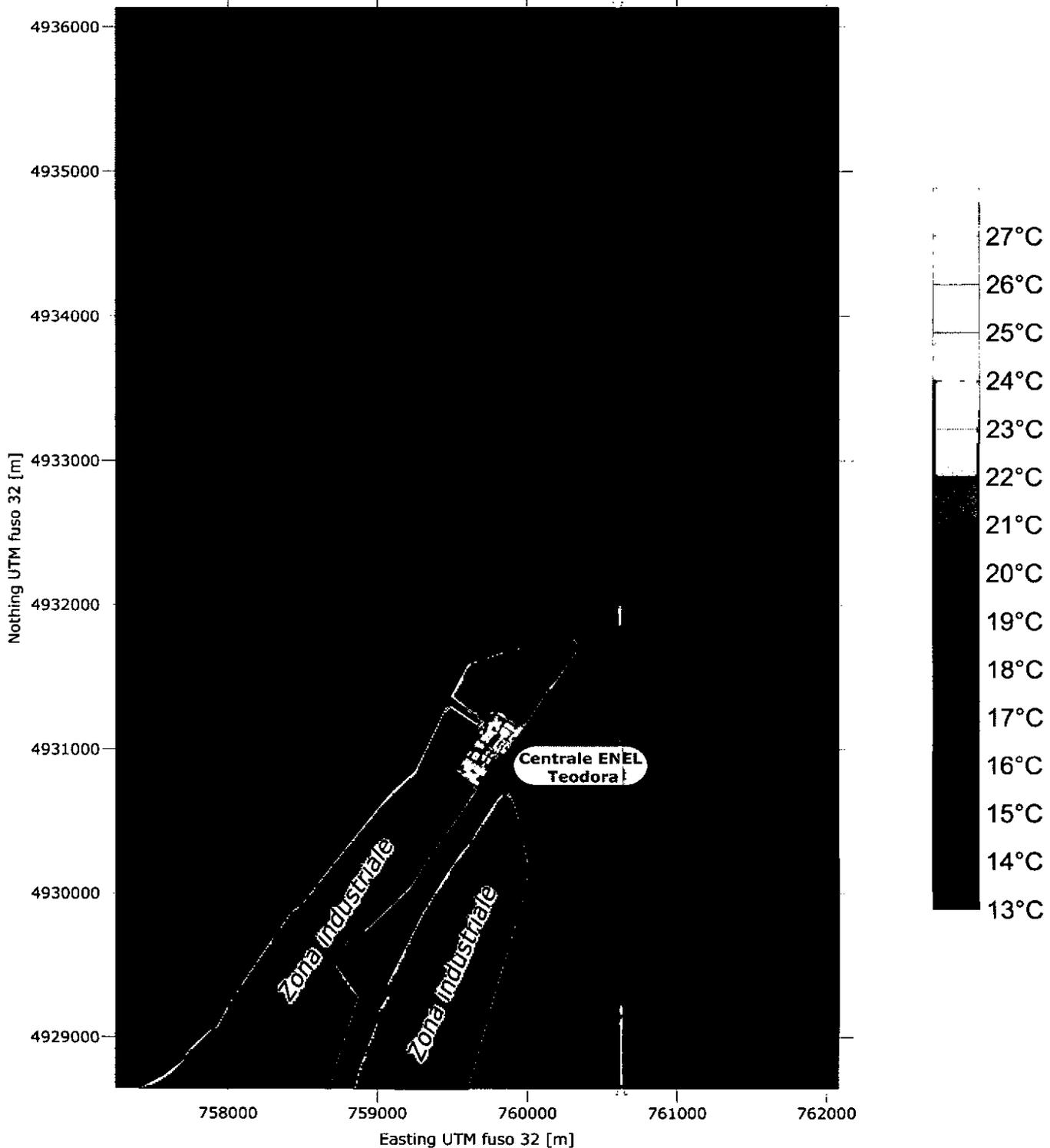
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 7 maggio ore 23.00 - sizigia - alta marea con livello produttivo nullo



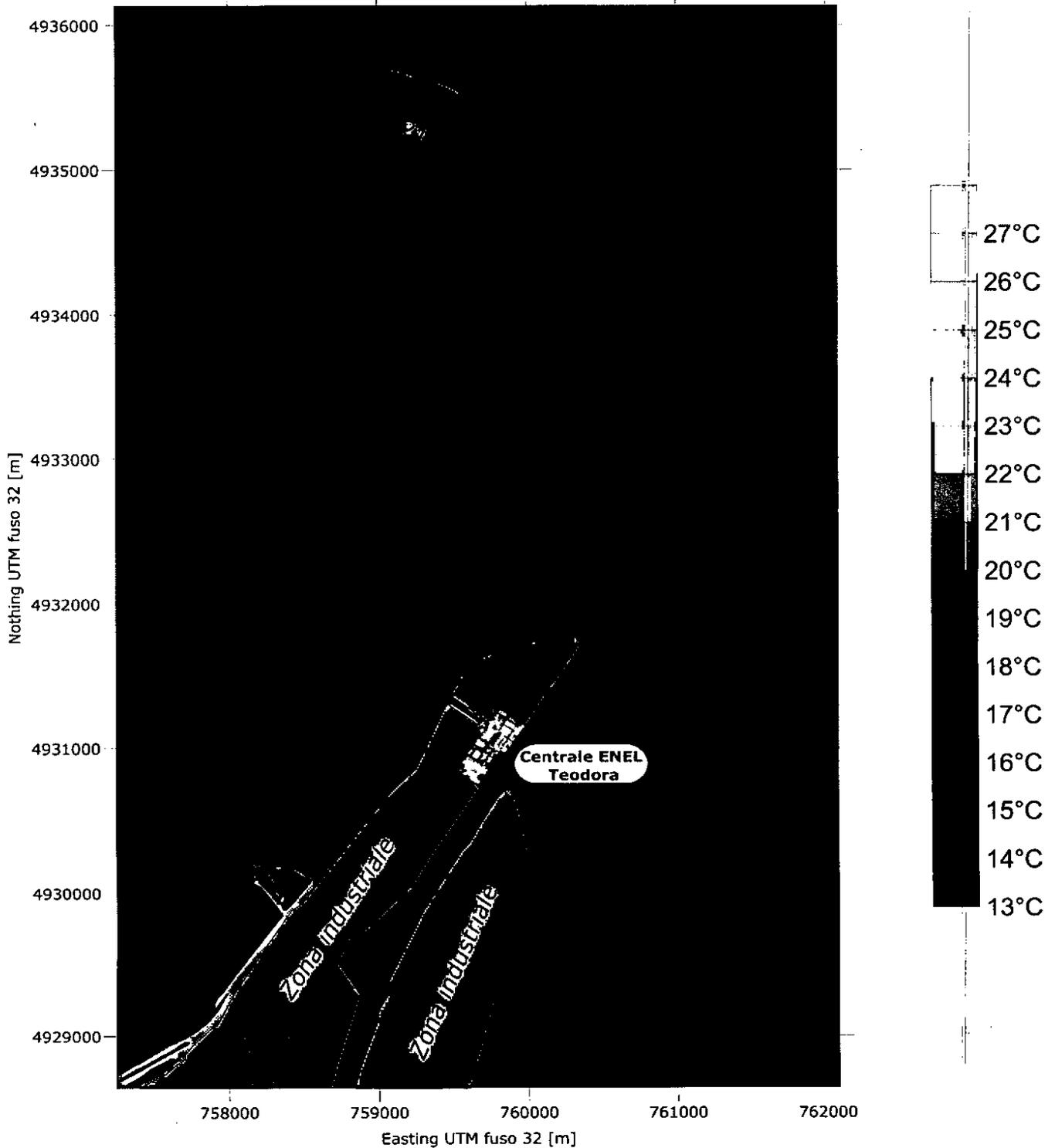
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 8 maggio ore 06.00 - sizigia - minimo di marea con alto livello produttivo



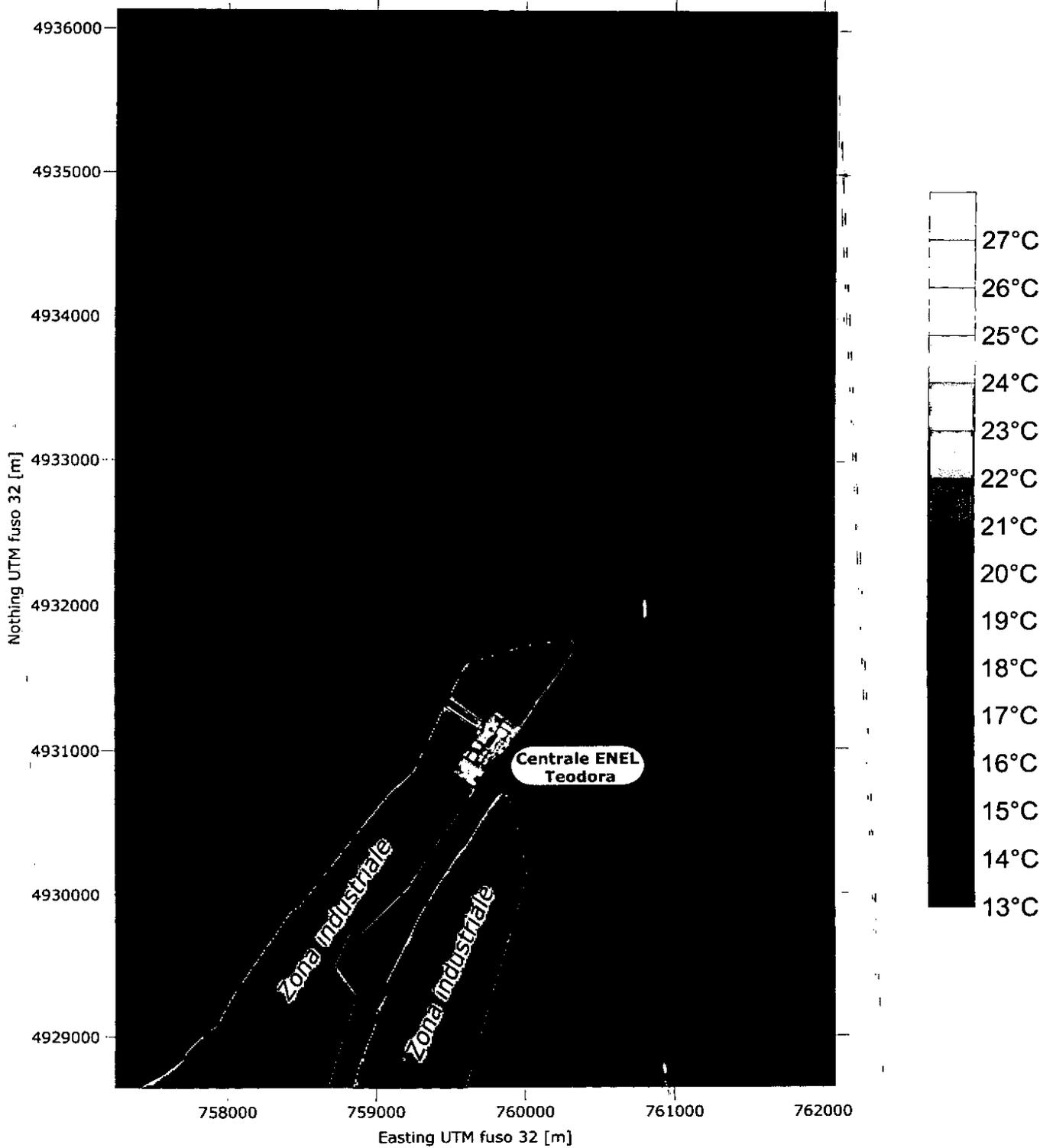
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 8 maggio ore 14.00 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



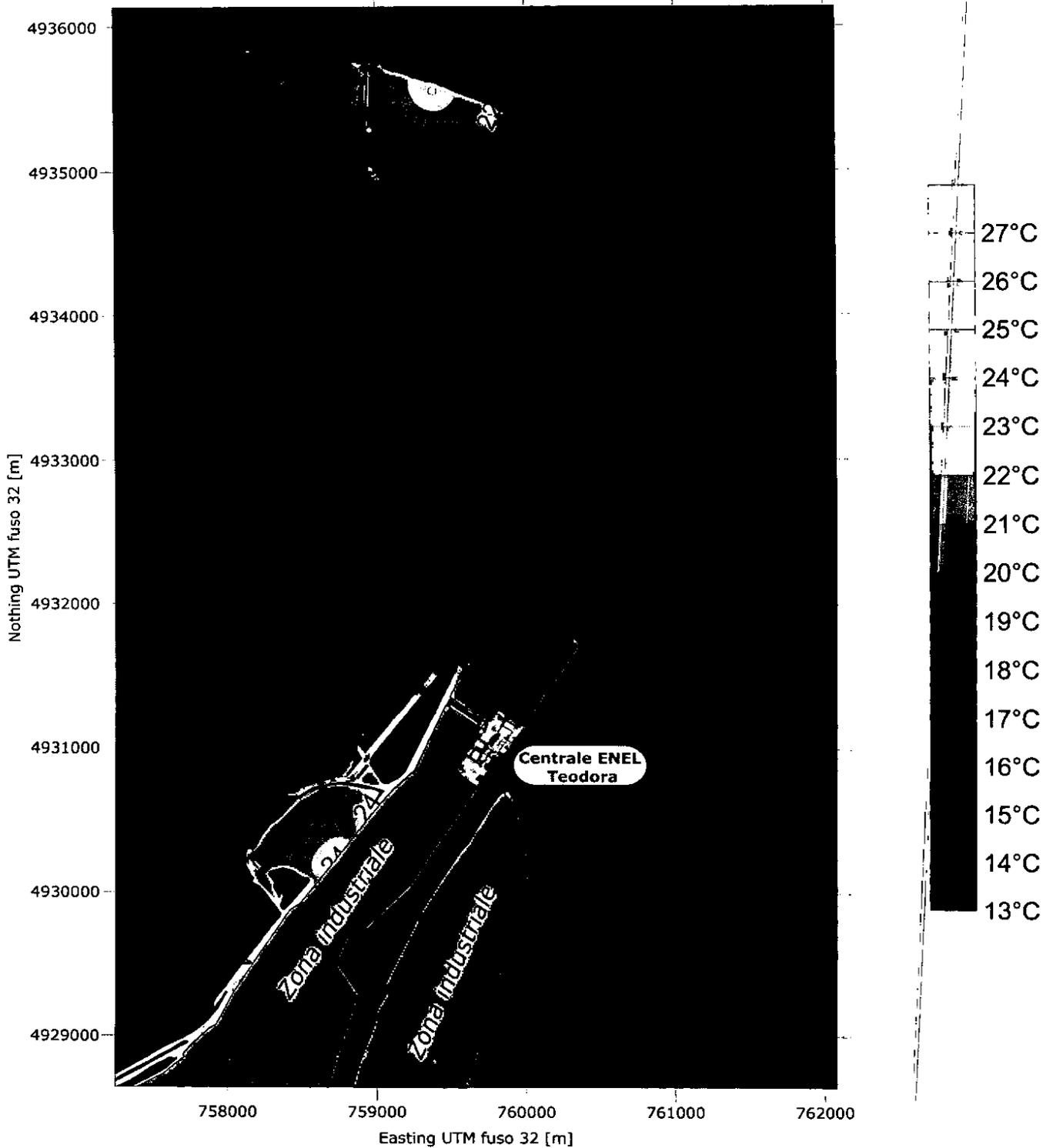
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 9 maggio ore 07.00 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



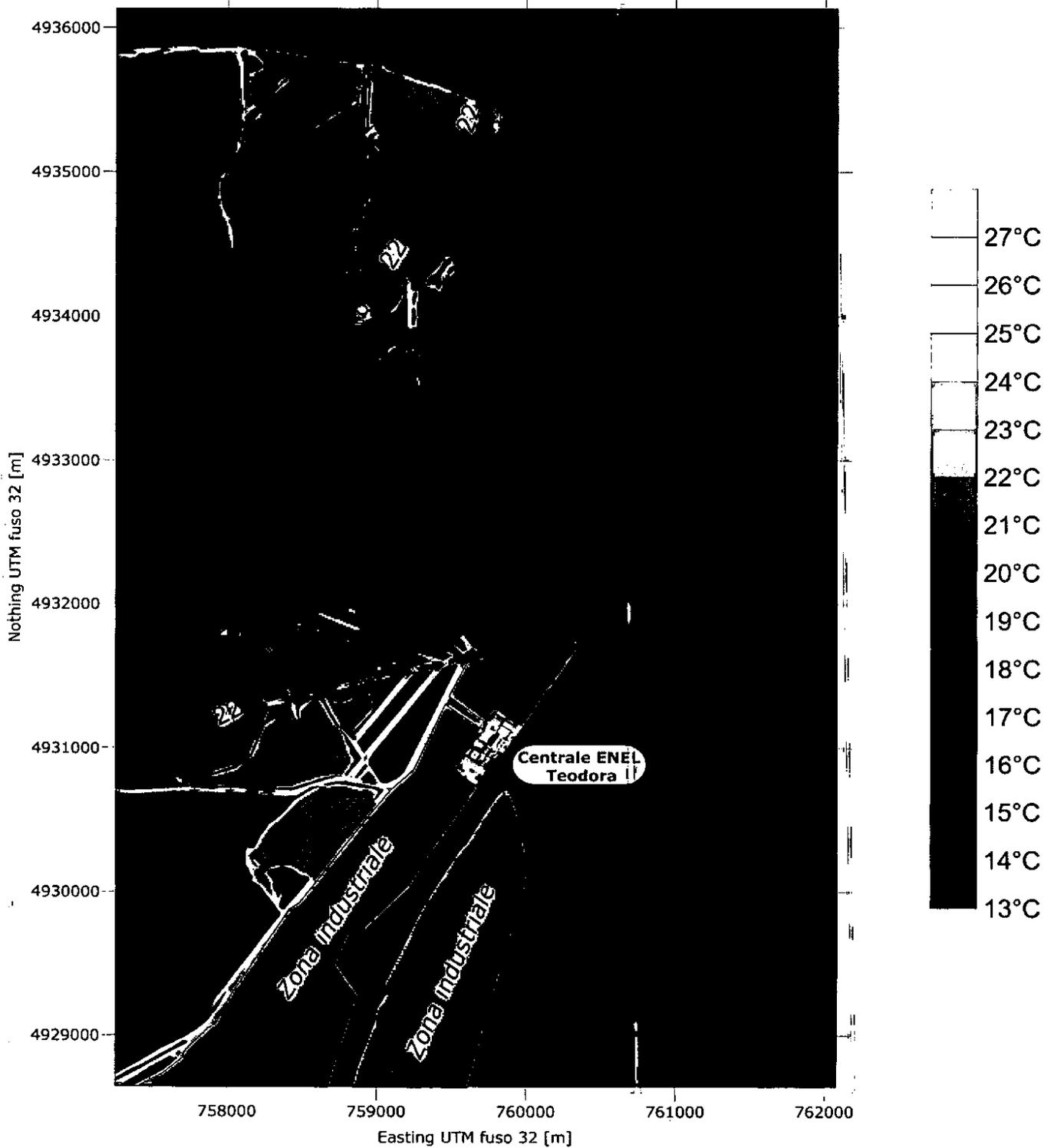
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 9 maggio ore 14.30 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



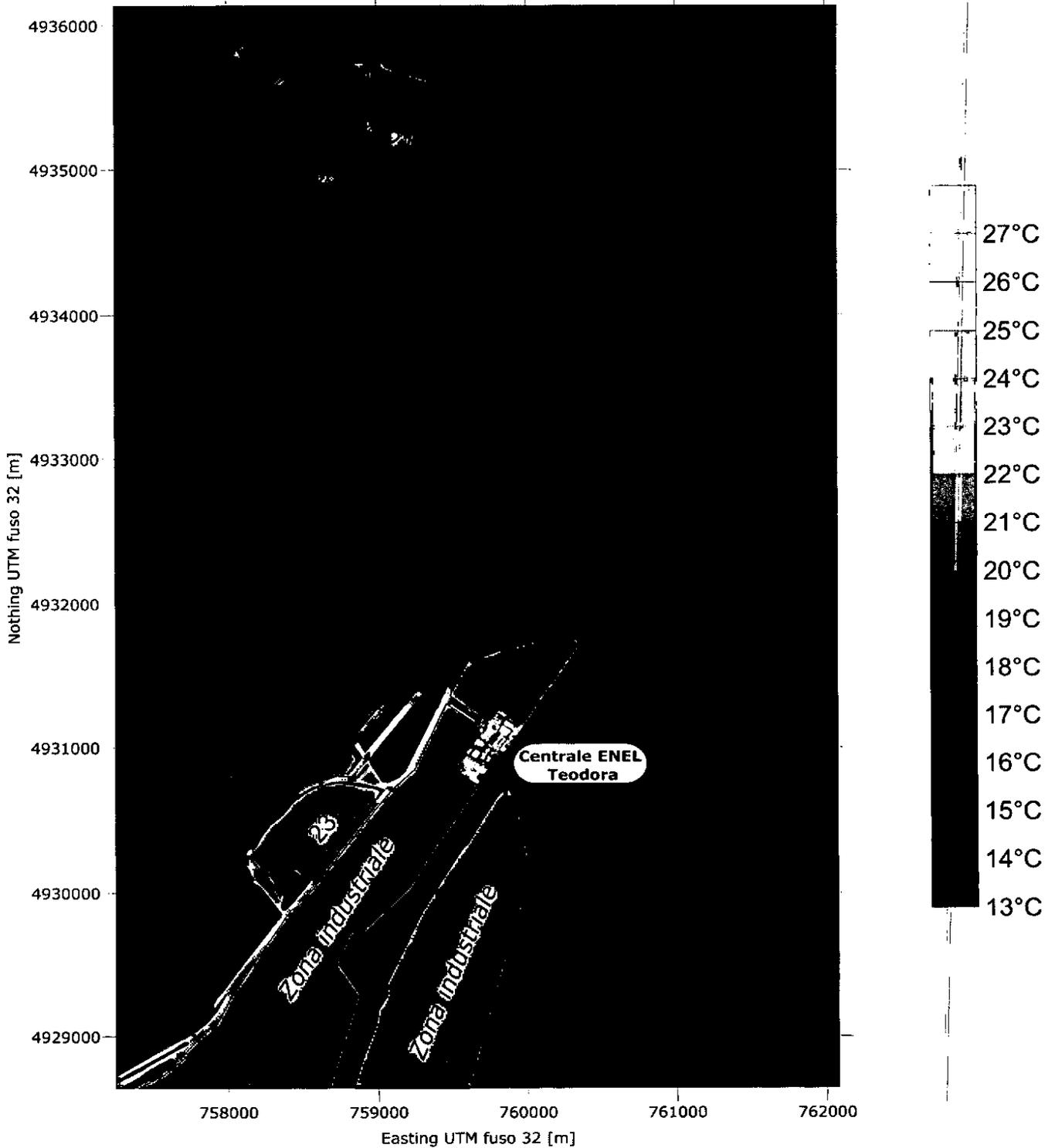
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 9 maggio ore 19.30 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



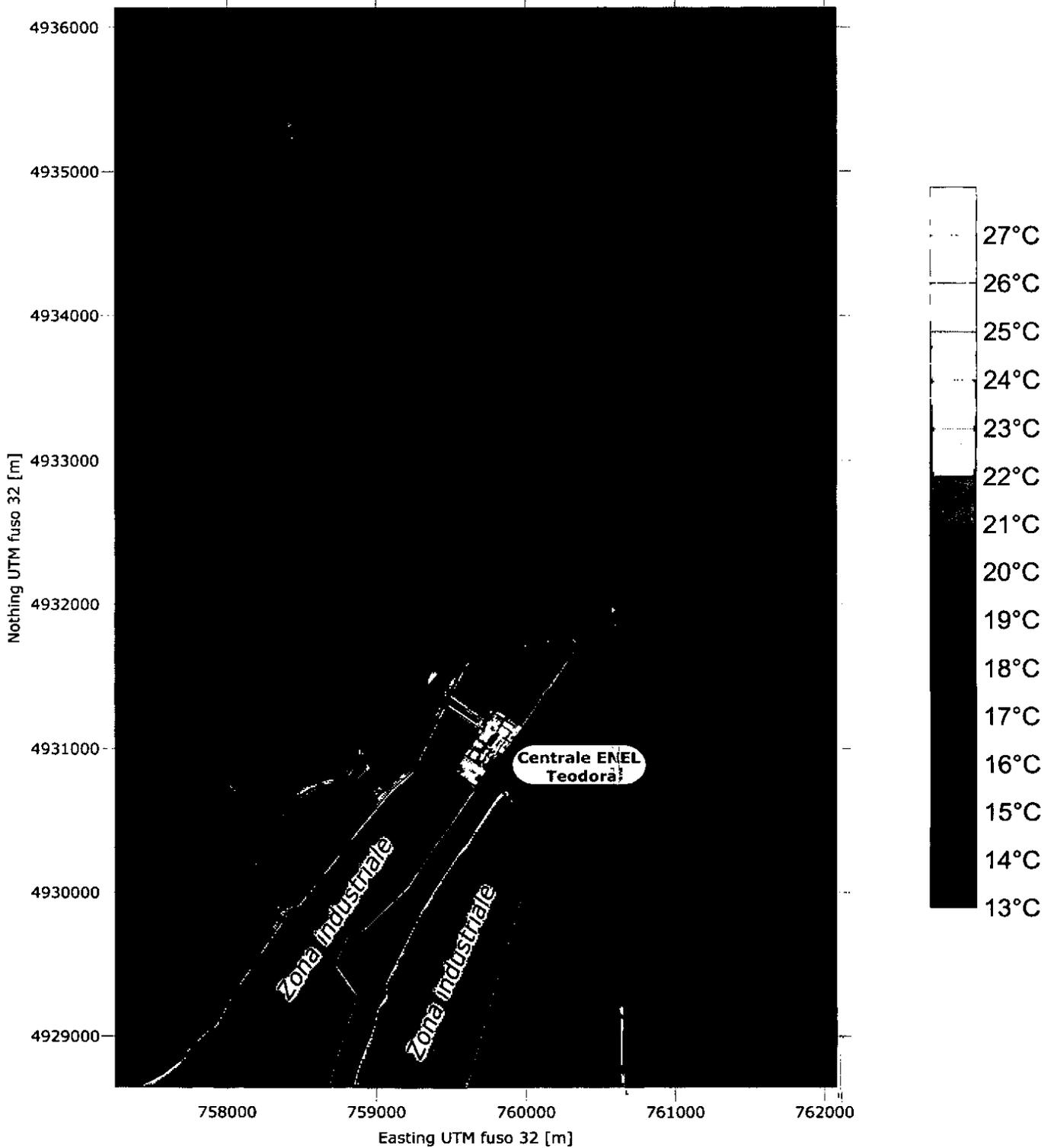
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 10 maggio ore 00.30 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



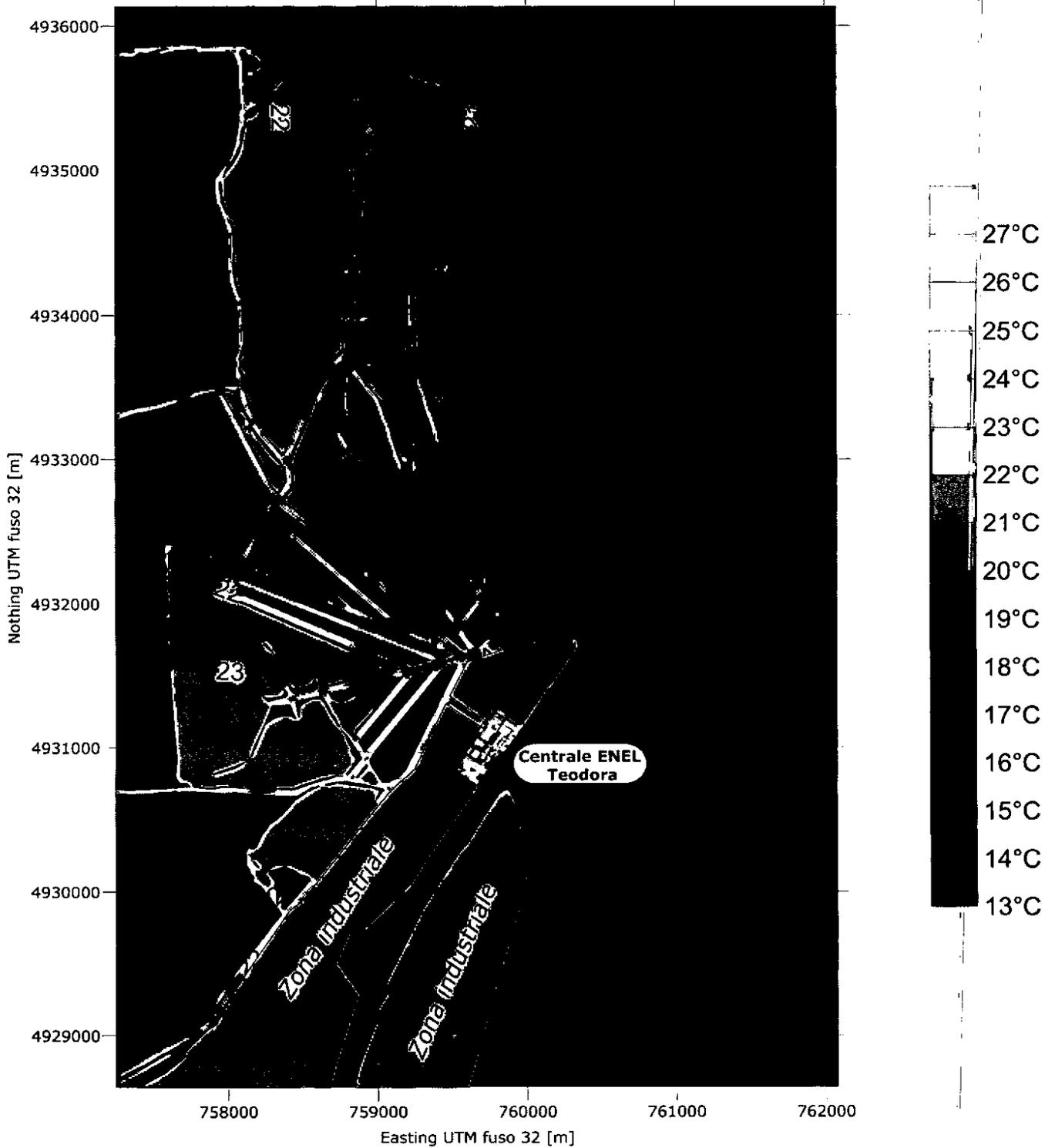
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 10 maggio ore 08.00 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



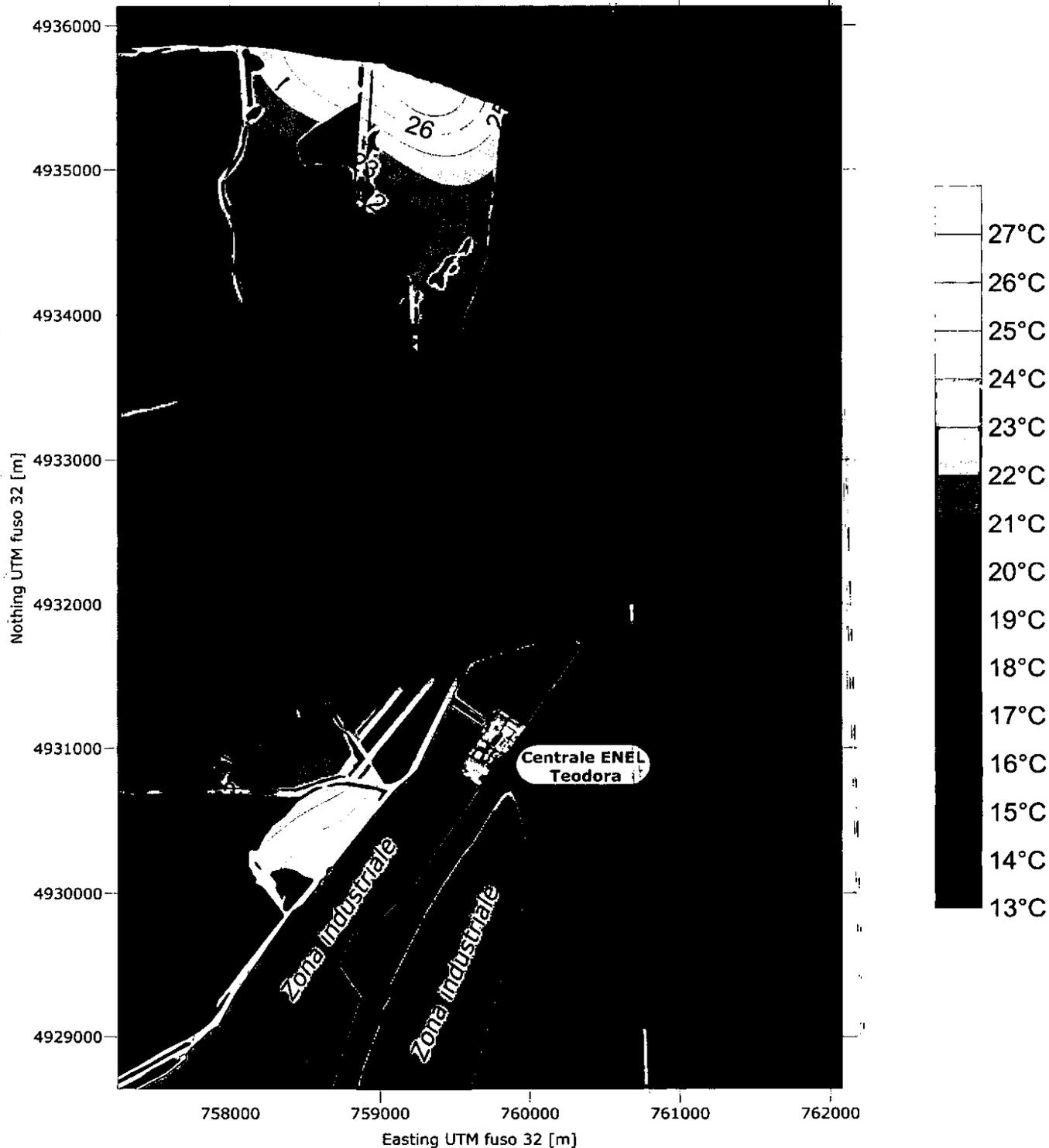
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 11 maggio ore 09.00 - quadratura - stanca di bassa marea con alto livello produttivo



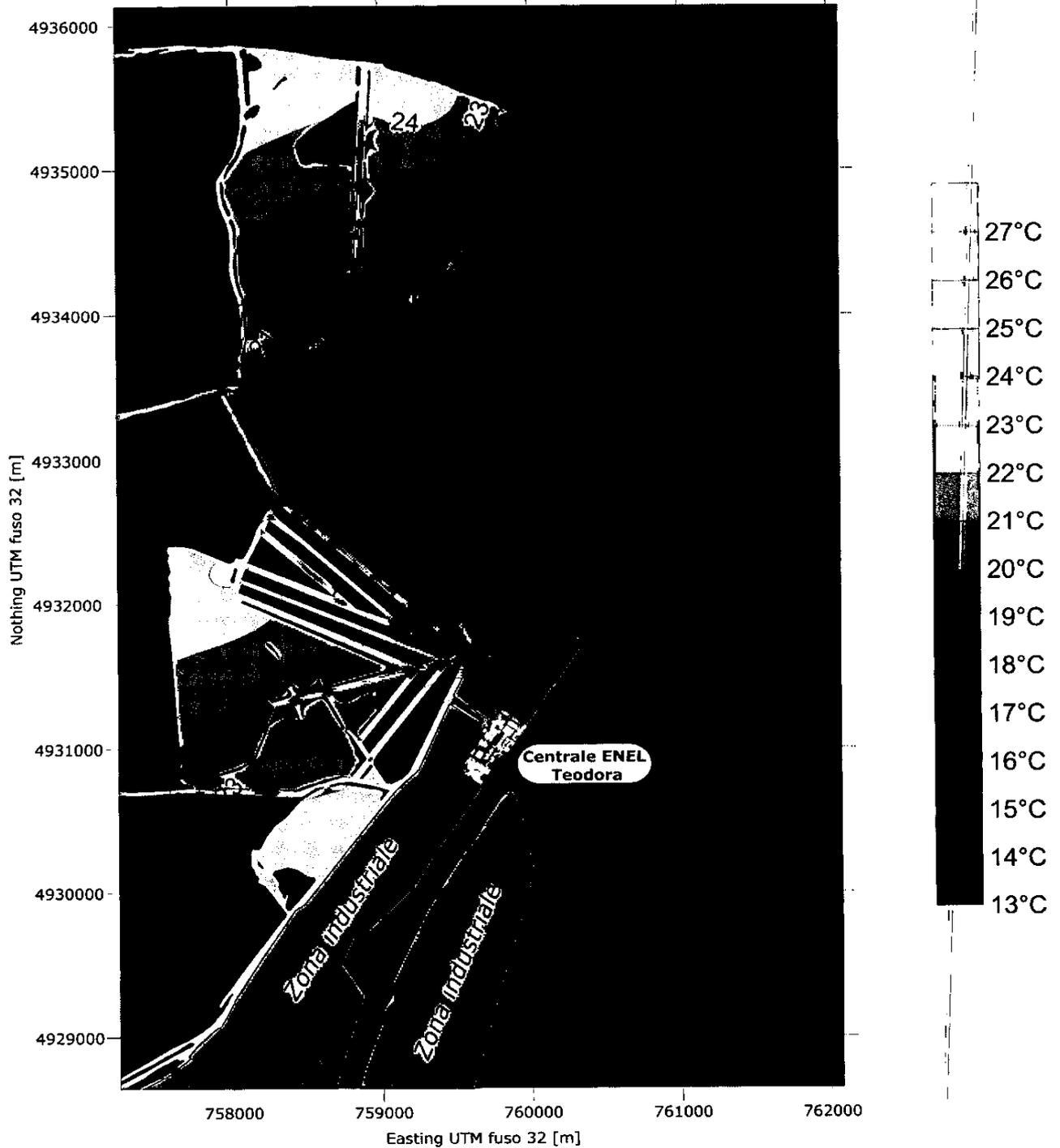
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 11 maggio ore 17.00 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



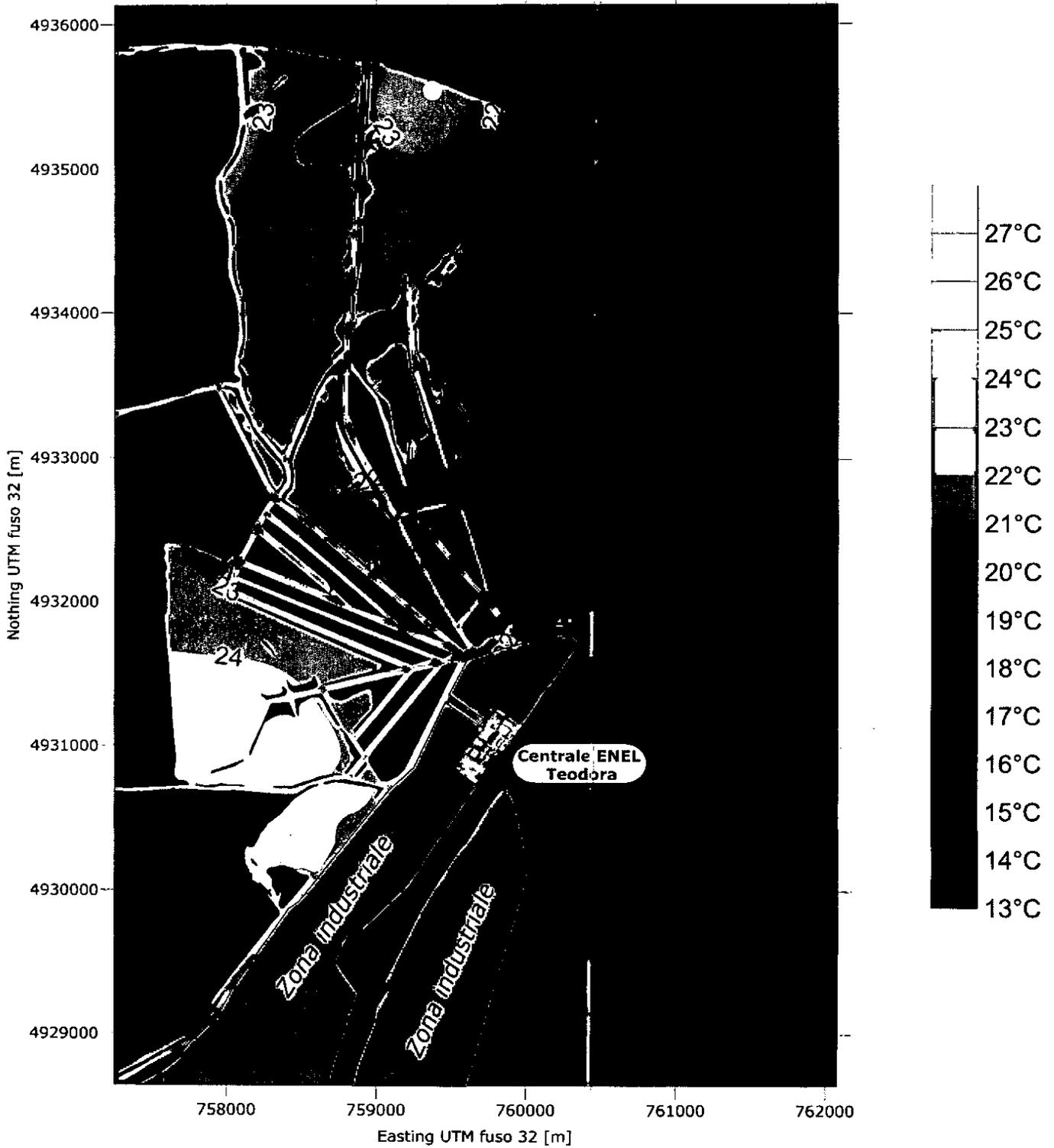
## Sonda superficiale

Porto Corsini - 12 maggio ore 02.00 - quadratura - alta marea con medio livello produttivo



## Sonda superficiale

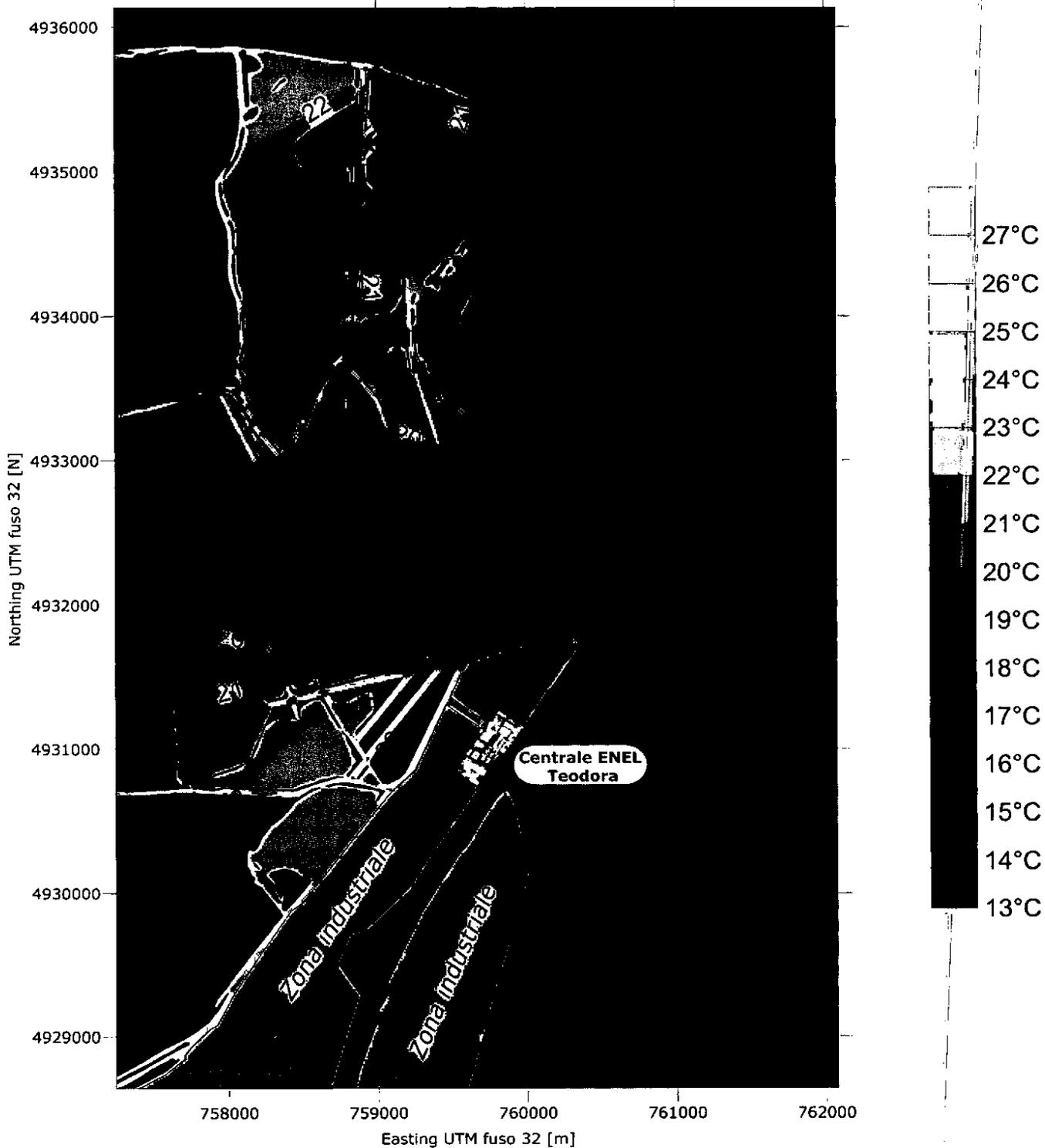
Porto Corsini - 12 maggio ore 10.00 - quadratura - stanca di bassa marea con medio livello produttivo



## APPENDICE 2B – Mappe di temperatura (sonda intermedia)

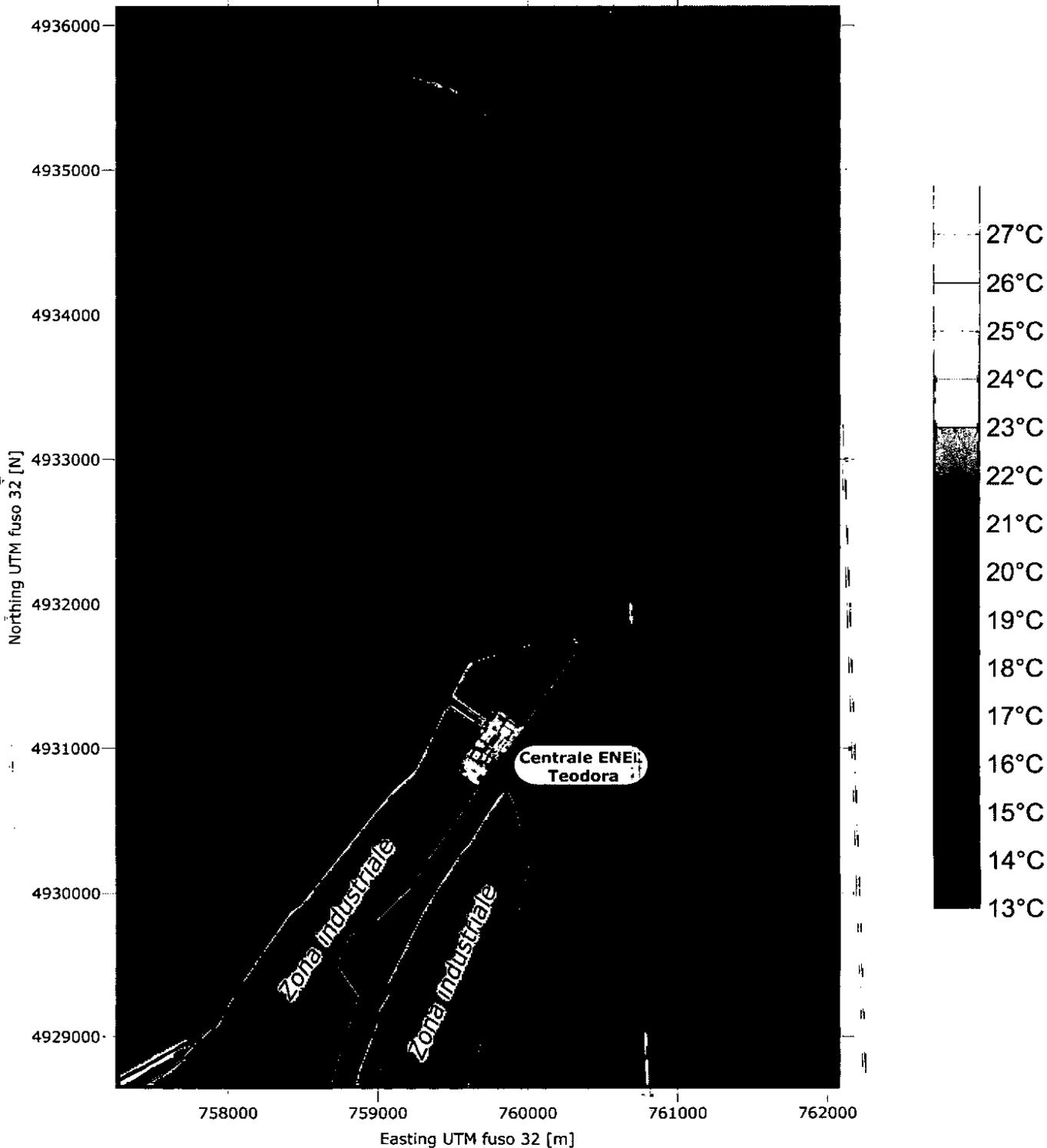
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 3 maggio ore 14.30 - sizigia - stanca di bassa marea con alto livello produttivo



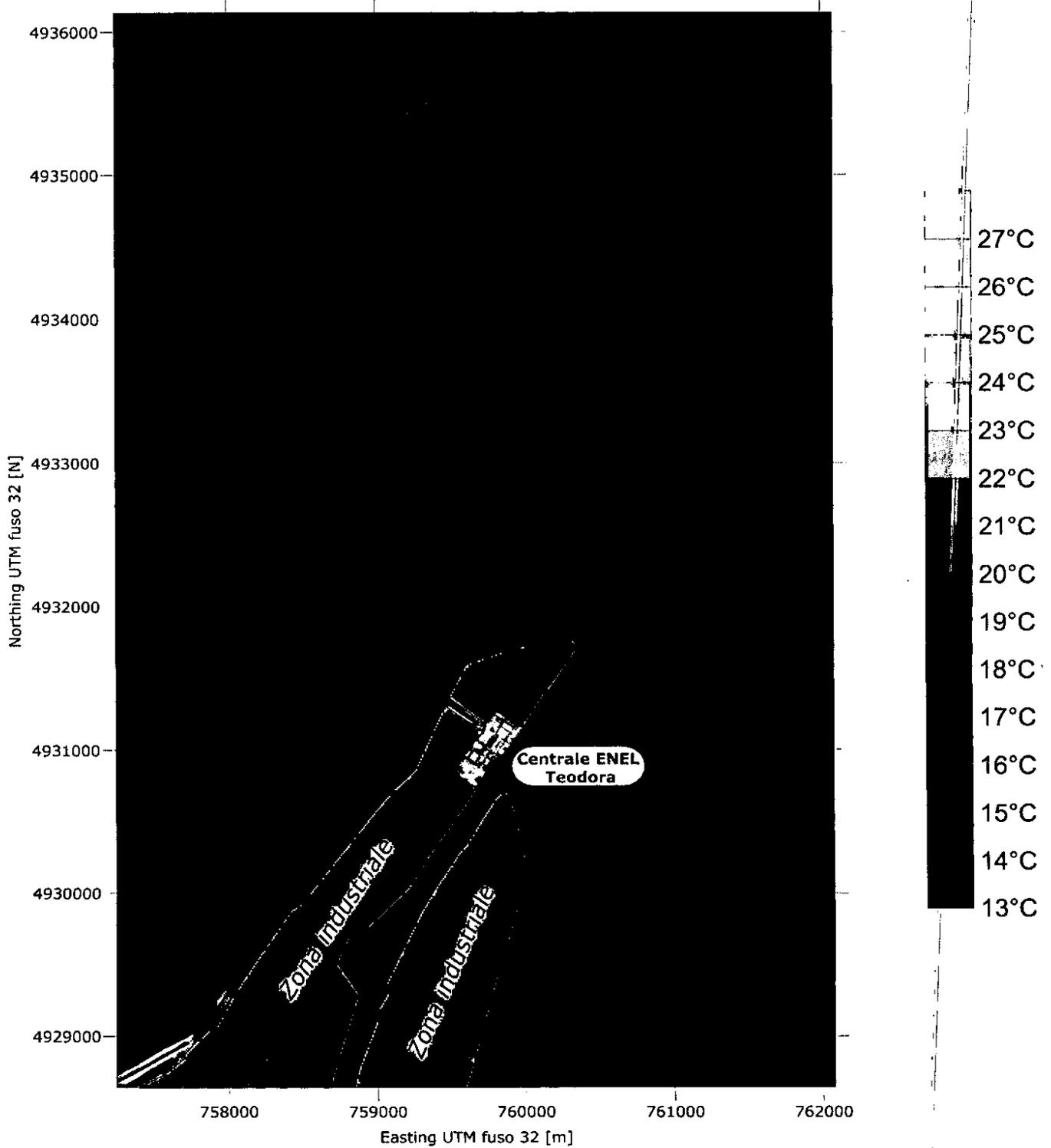
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 3 maggio ore 21.00 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



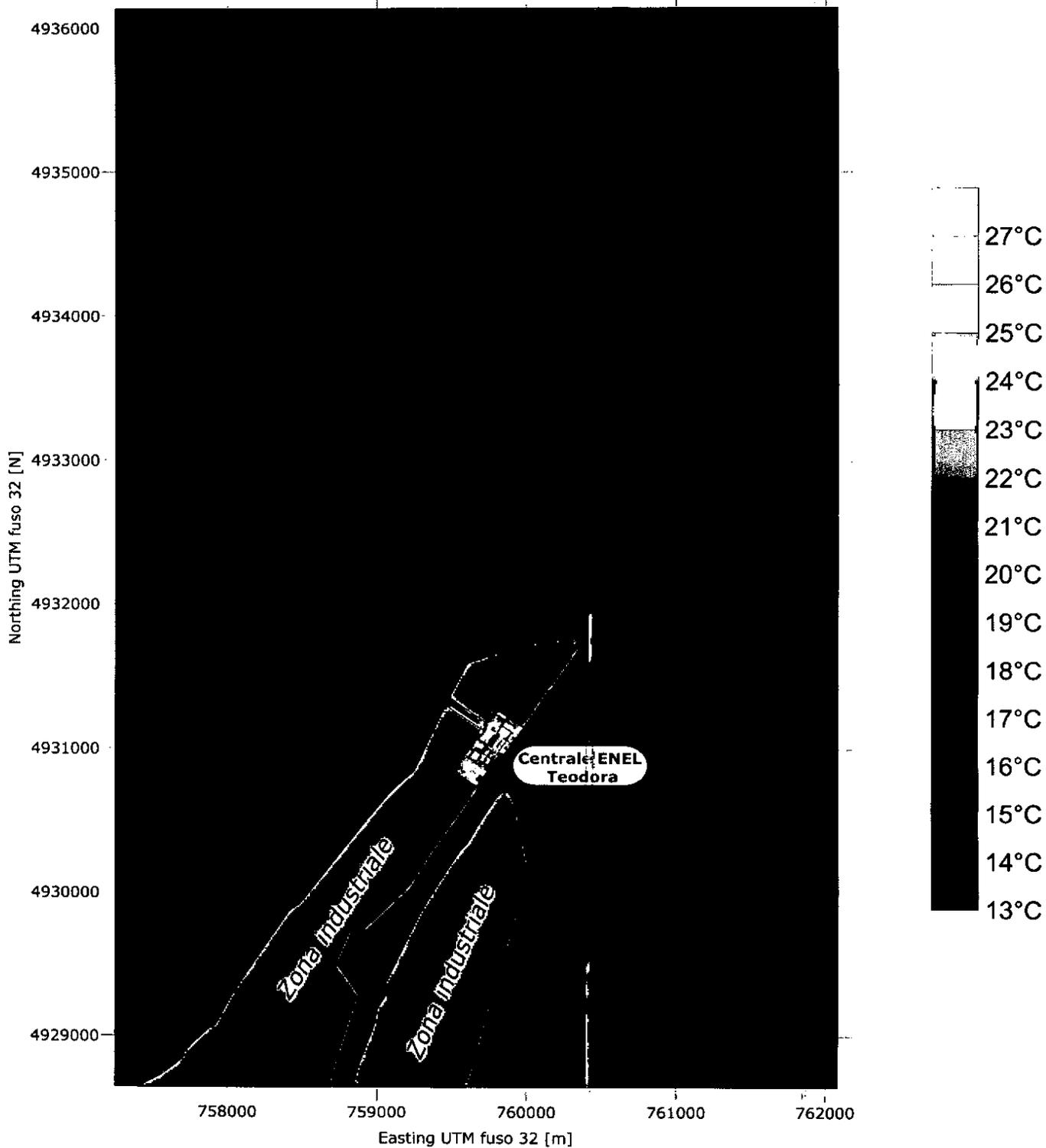
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 5 maggio ore 17.00 - sizigia - bassa marea con medio livello produttivo



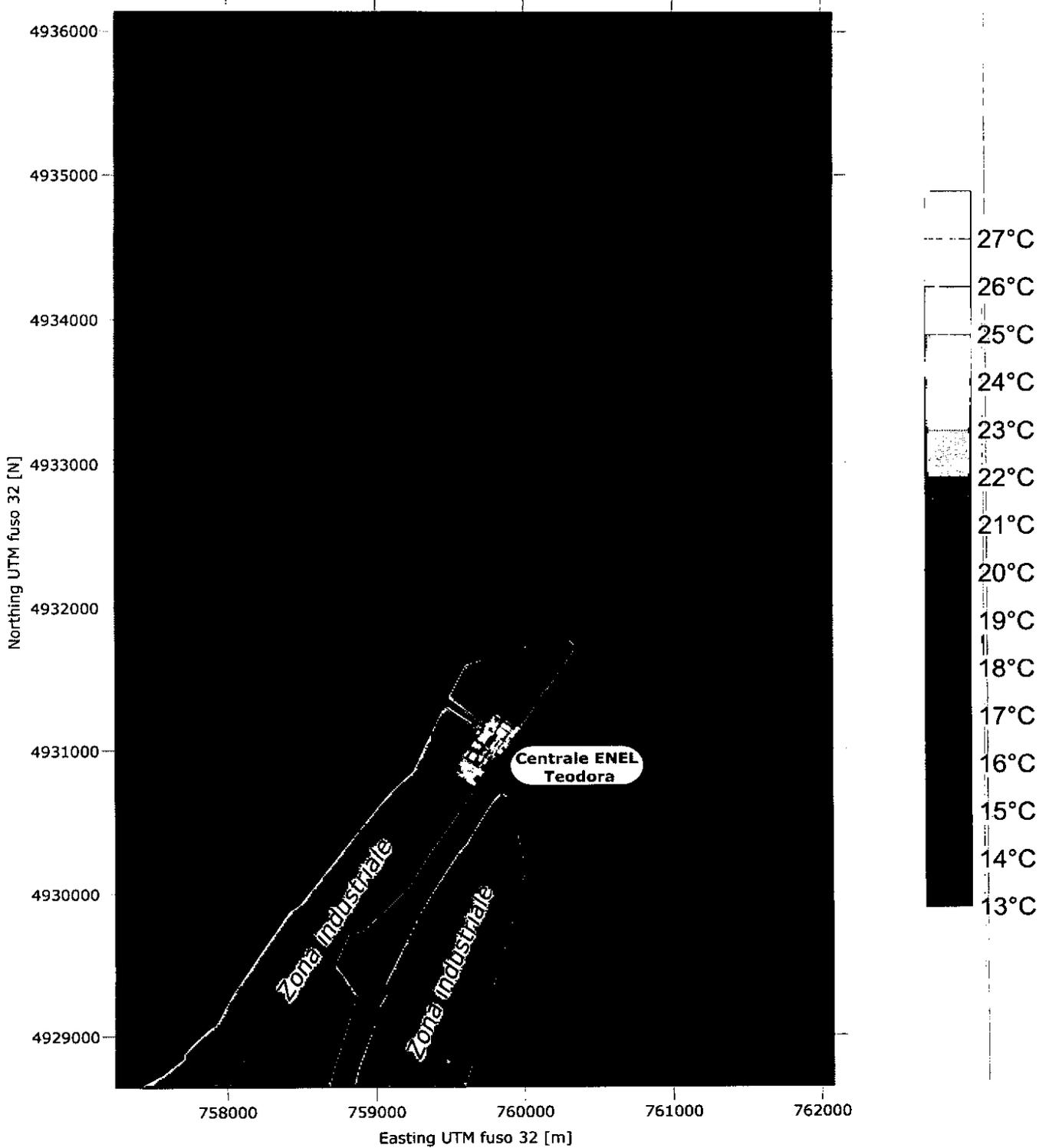
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 5 maggio ore 22.30 - sizigia - alta marea con medio livello produttivo



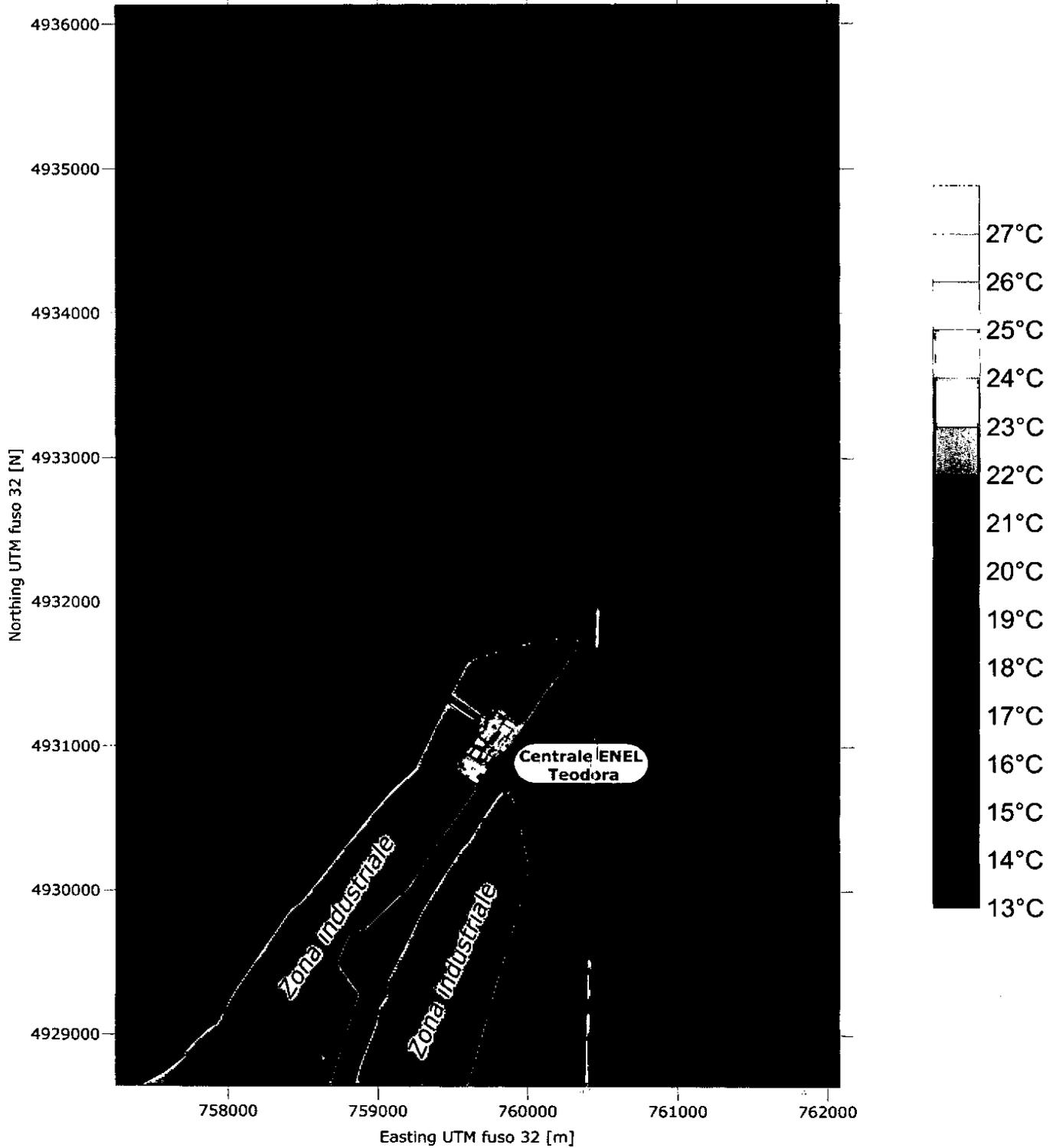
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 6 maggio ore 16.30 - sizigia - bassa marea con livello produttivo nullo



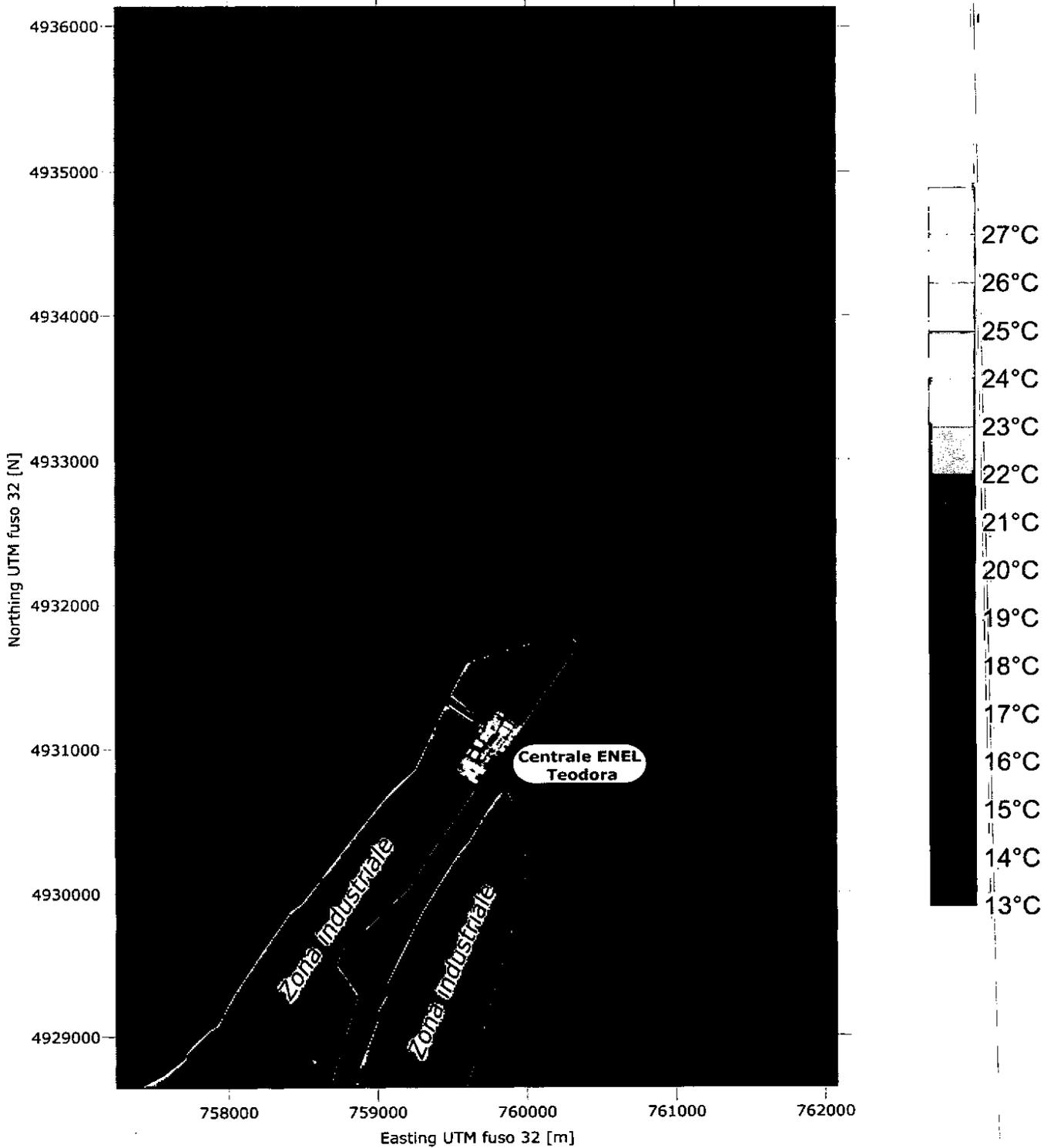
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 6 maggio ore 22.30 - sizigia - alta marea con livello produttivo nullo



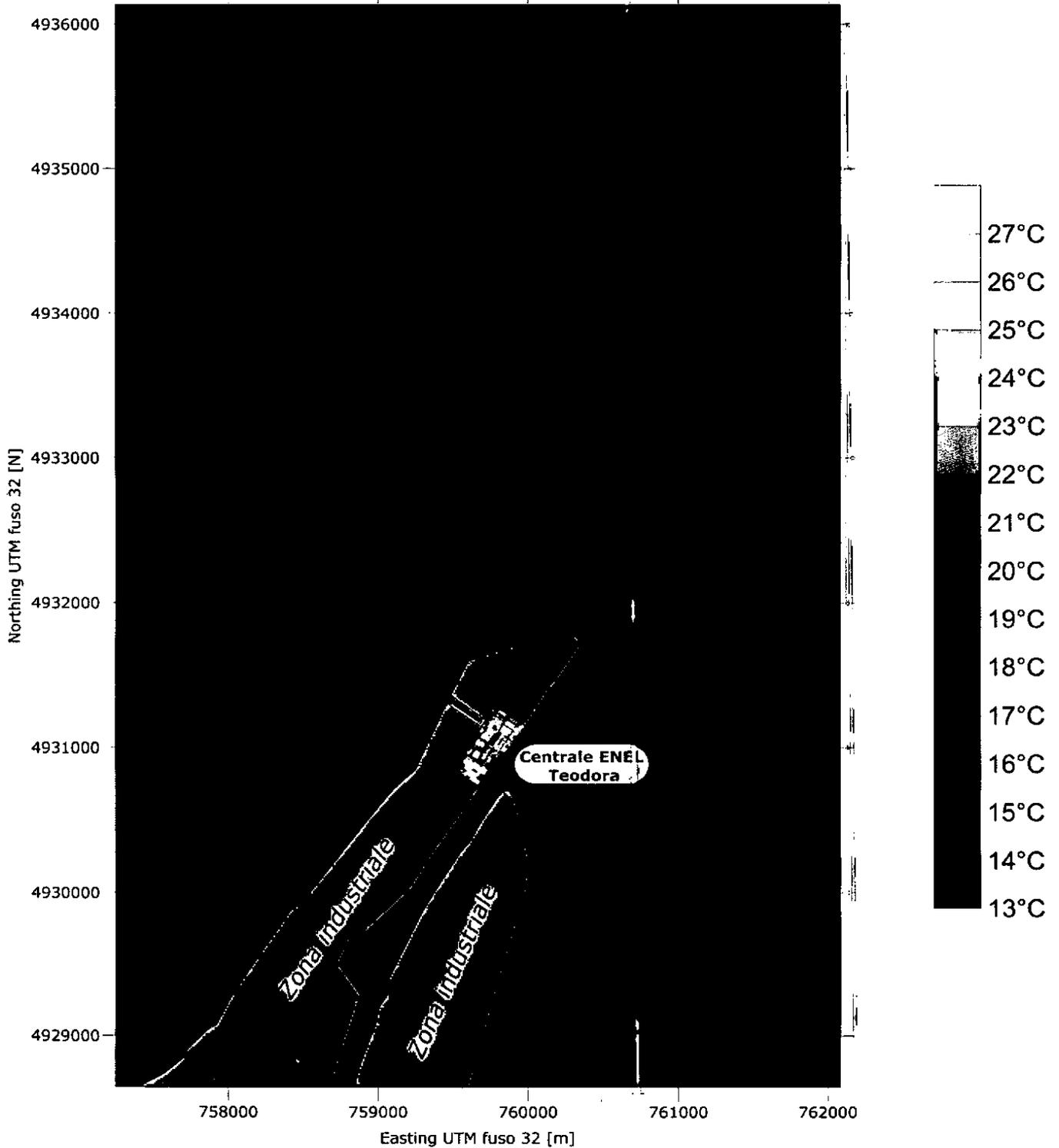
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 7 maggio ore 06.30 - sizigia - bassa marea con livello produttivo crescente



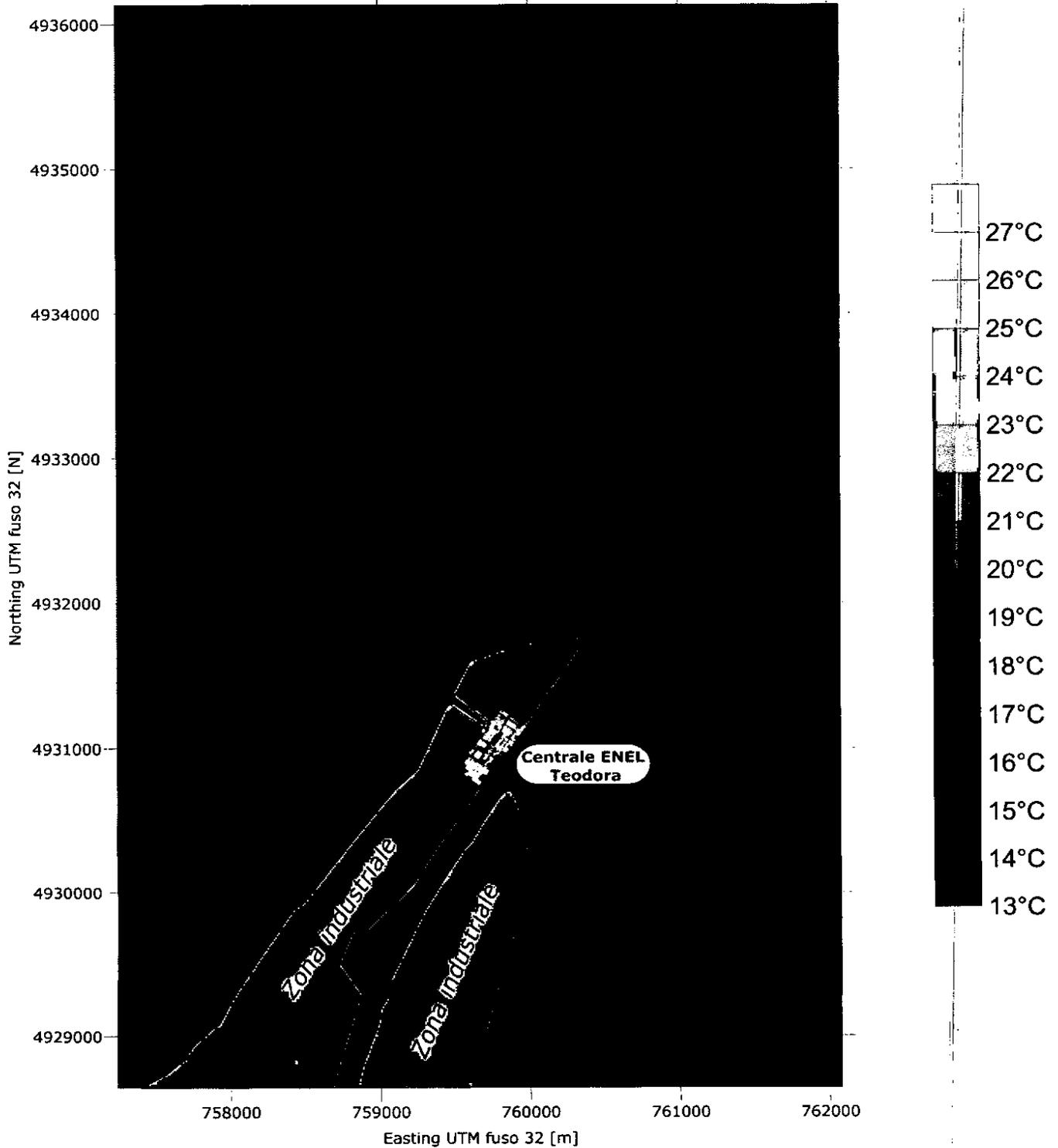
### Sonda intermedia

Porto Corsini - 7 maggio ore 12.30 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



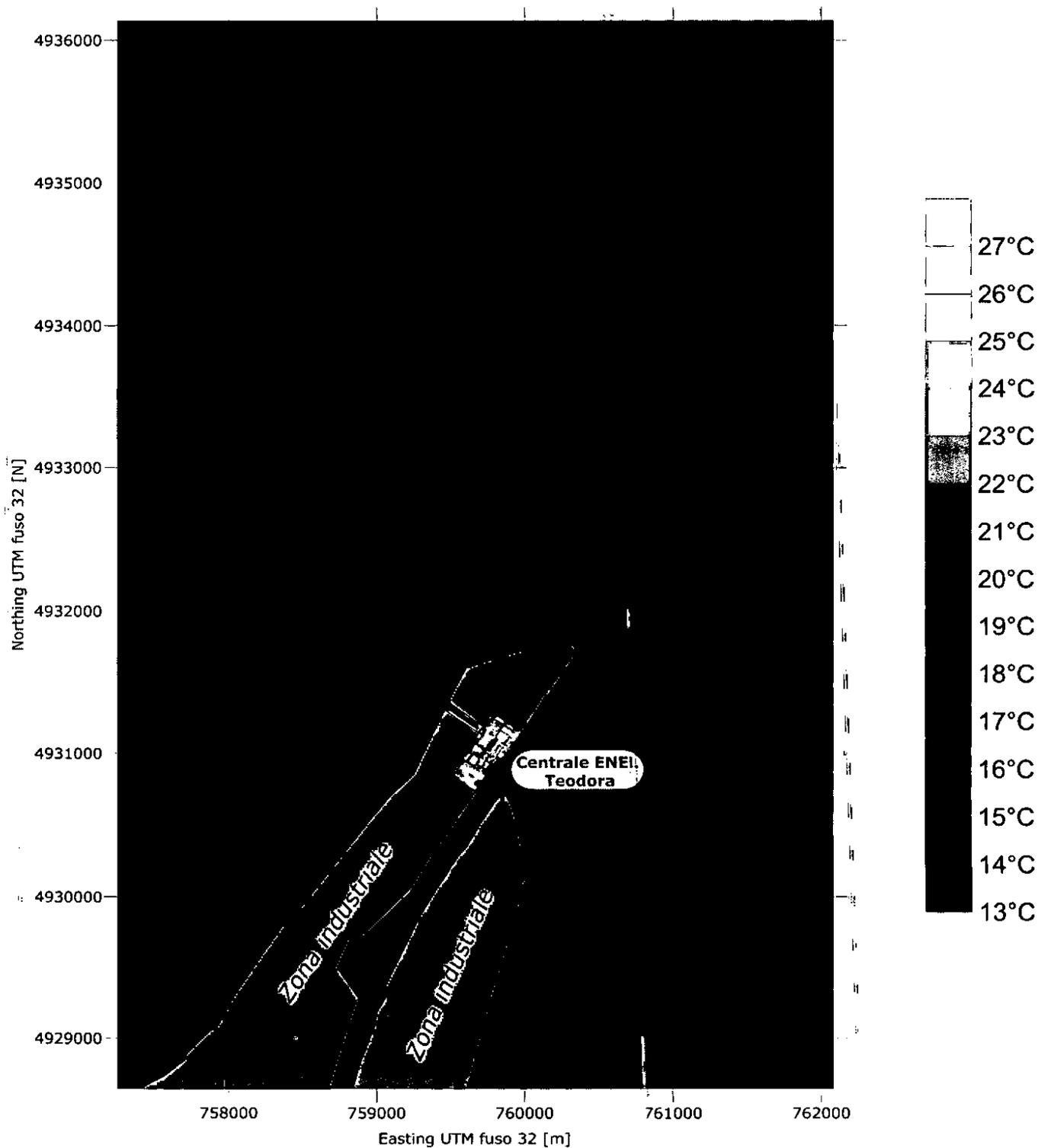
### Sonda intermedia

Porto Corsini - 7 maggio ore 23.00 - sizigia - alta marea con livello produttivo nullo



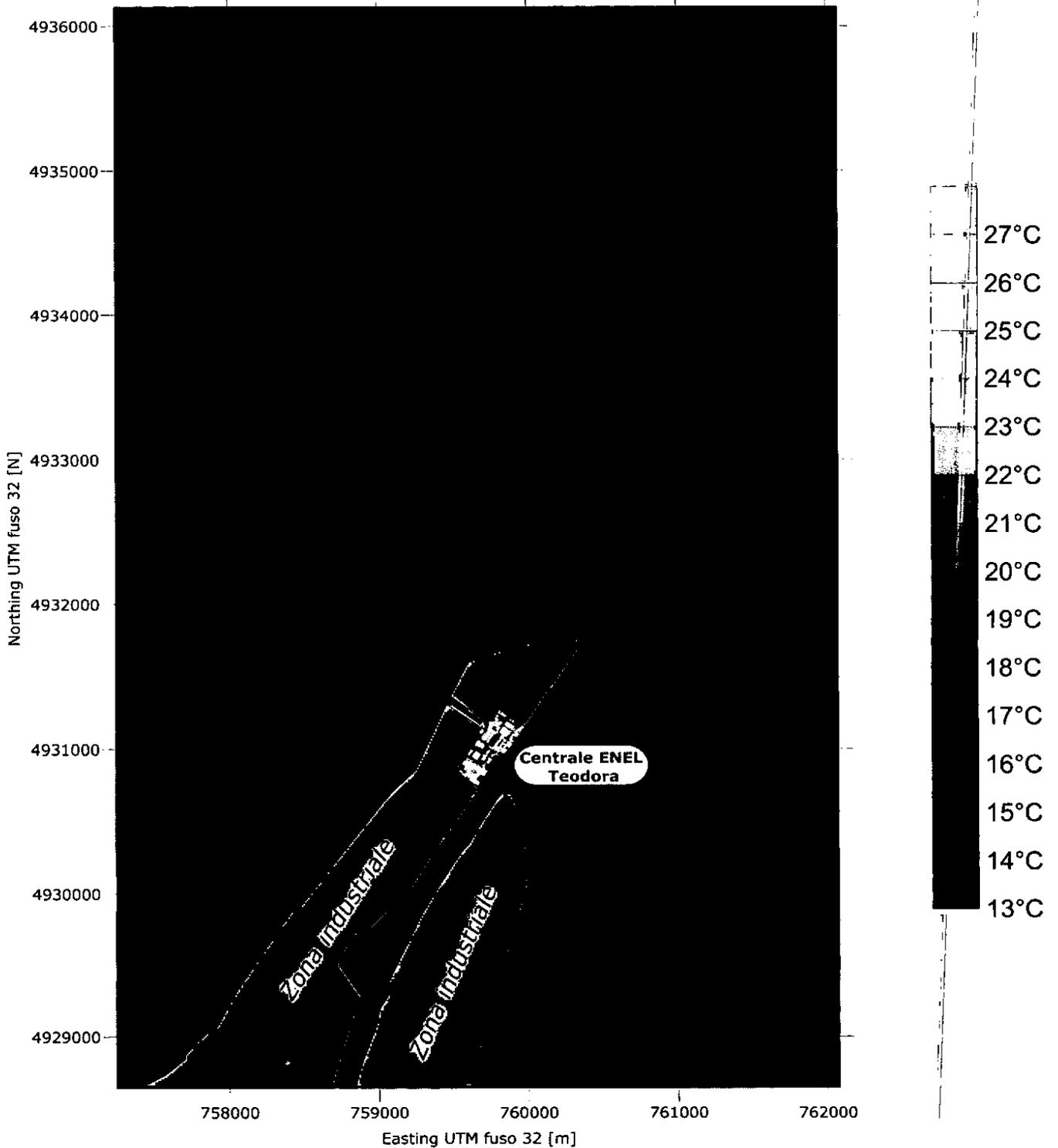
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 8 maggio ore 06.00 - sizigia - minimo di marea con alto livello produttivo



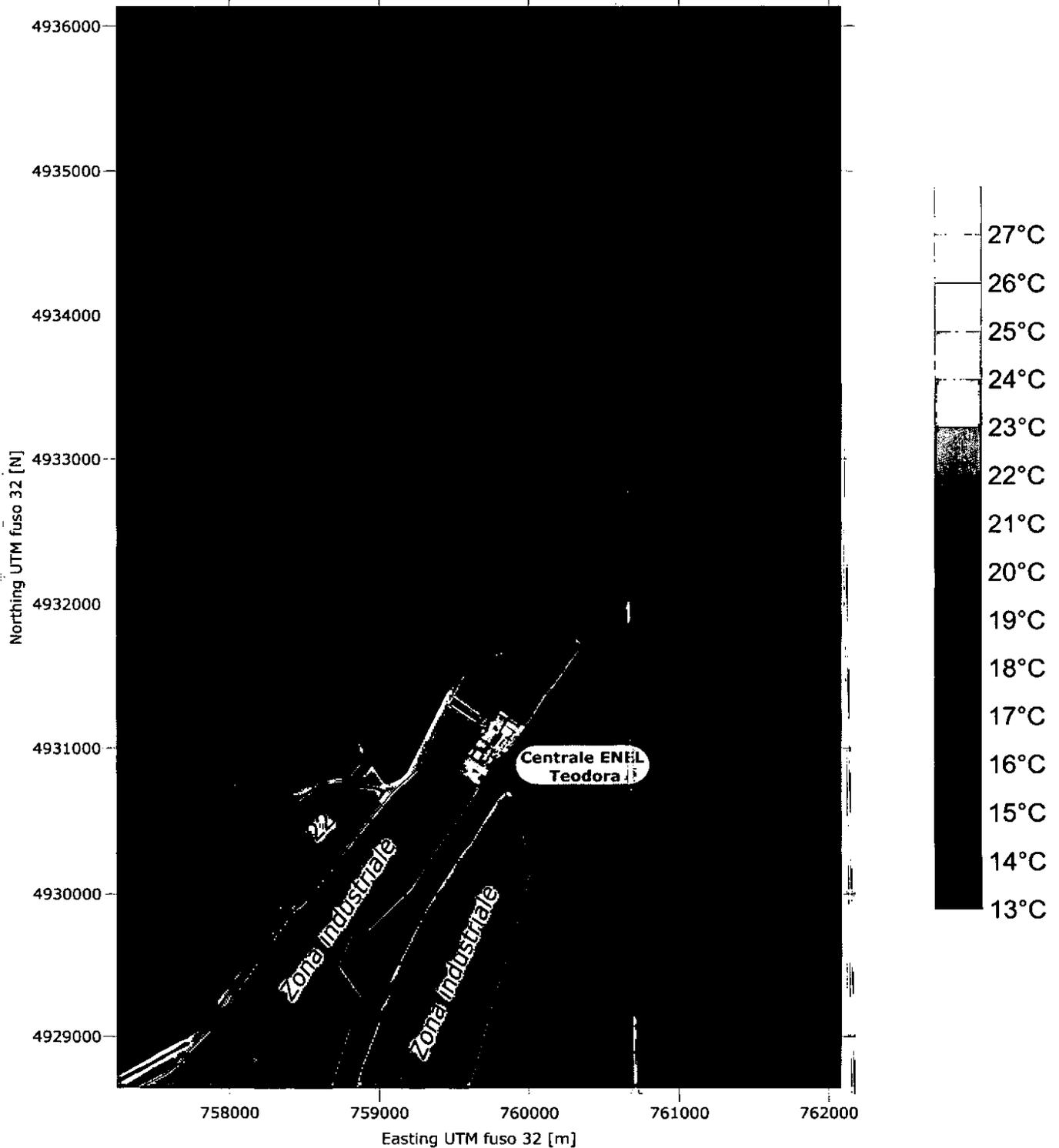
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 8 maggio ore 14.00 - sizigia - alta marea con alto livello produttivo



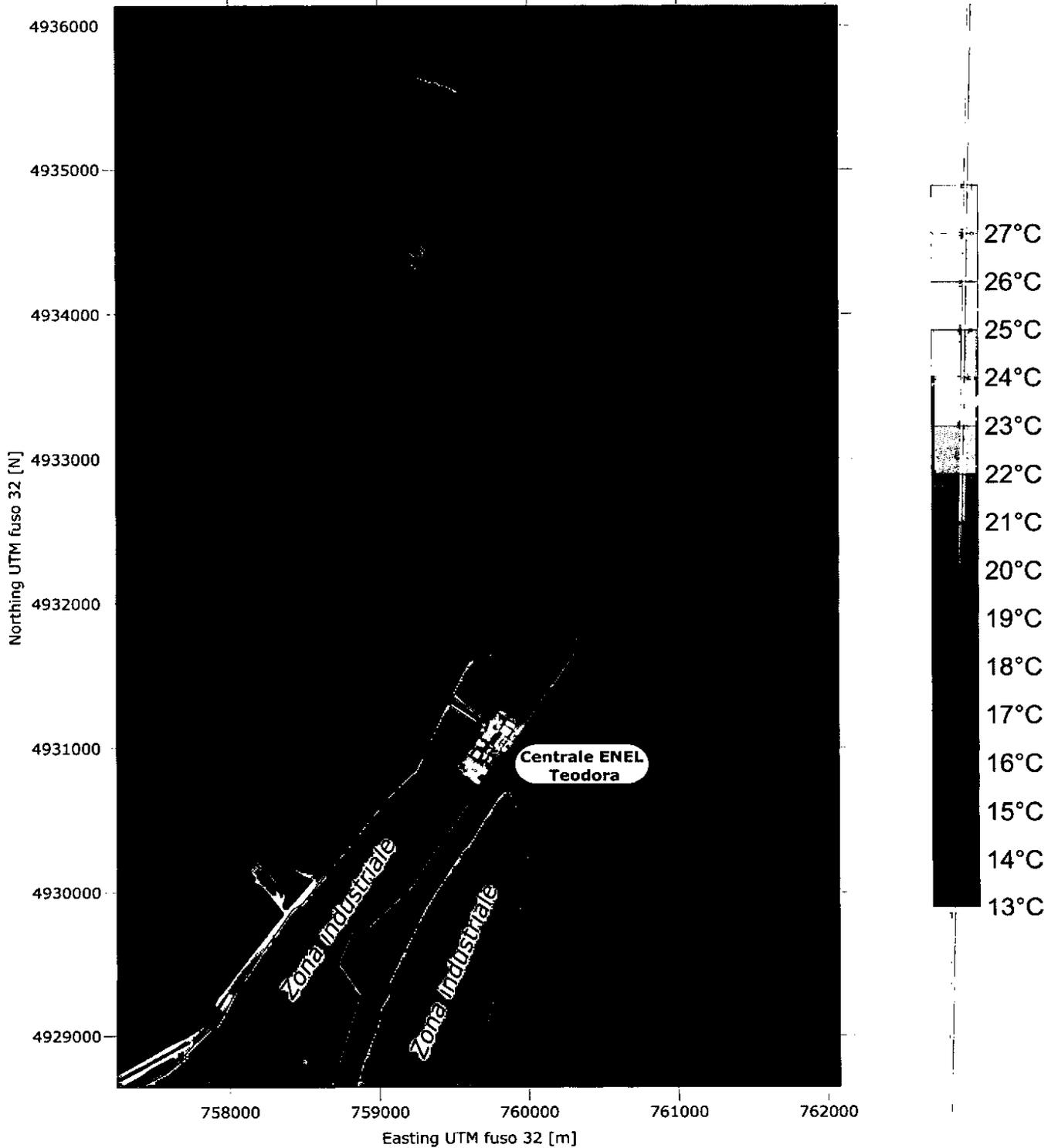
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 9 maggio ore 07.00 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



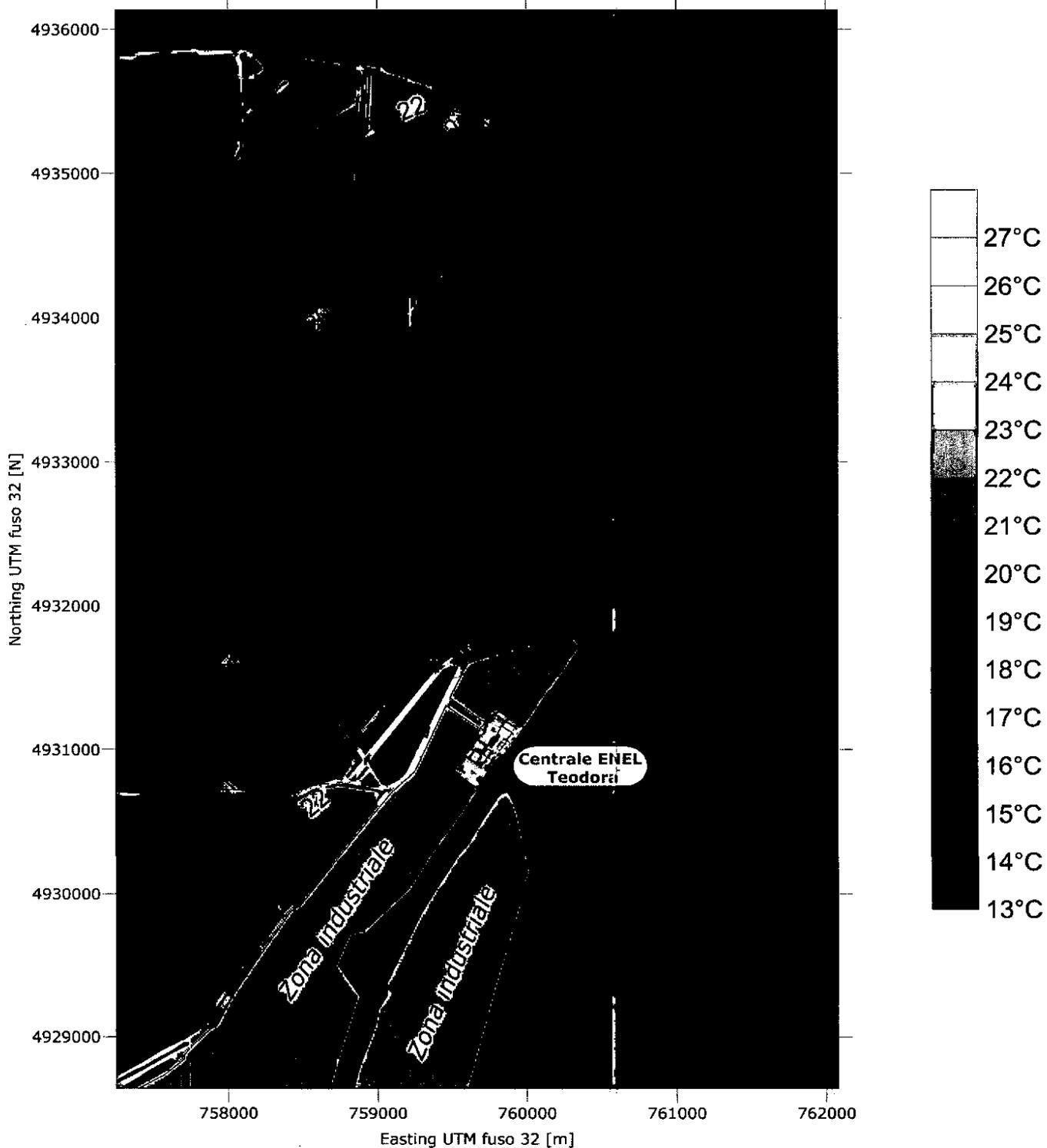
### Sonda intermedia

Porto Corsini - 9 maggio ore 14.30 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



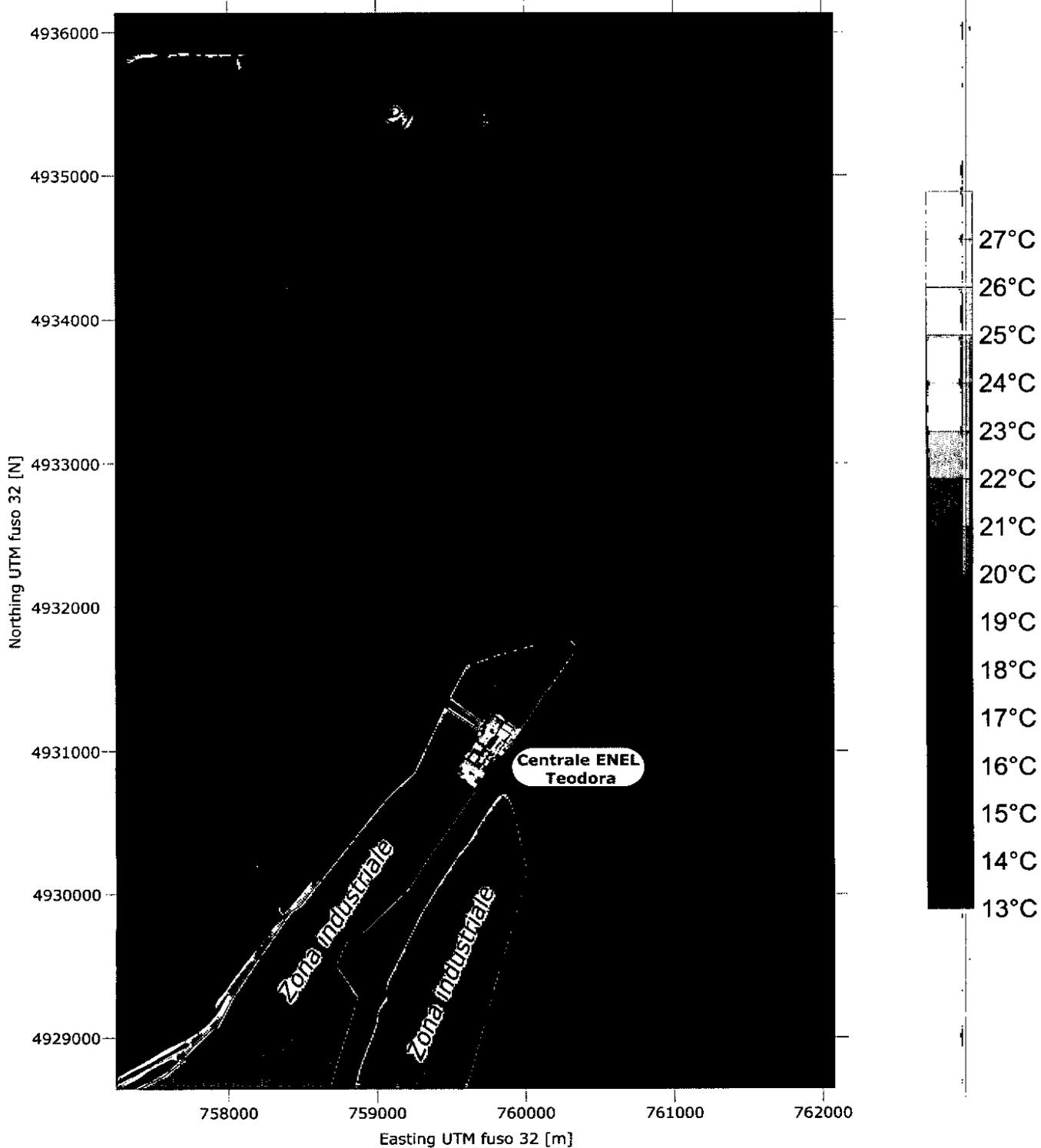
### Sonda intermedia

Porto Corsini - 9 maggio ore 19.30 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



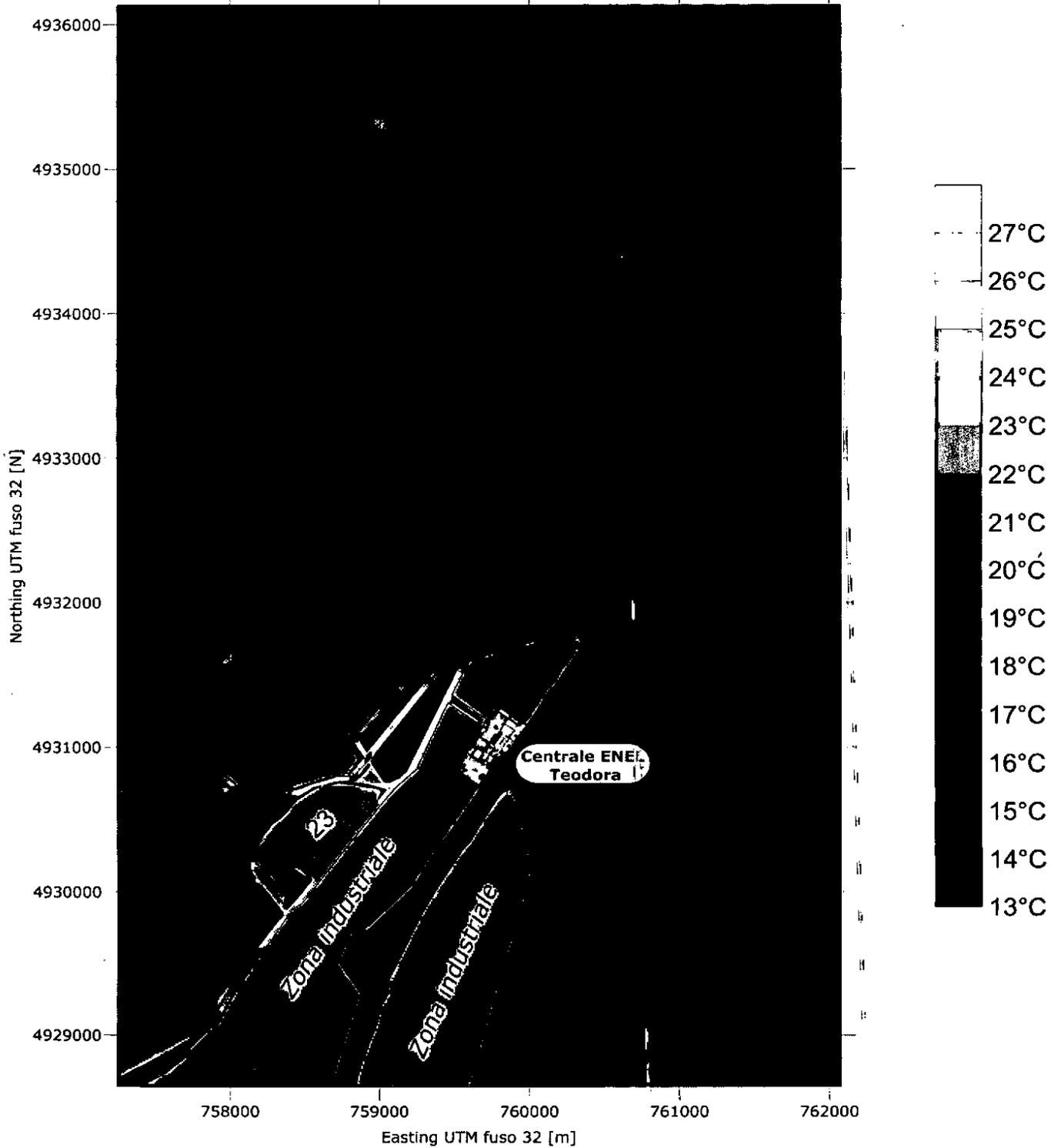
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 10 maggio ore 00.30 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



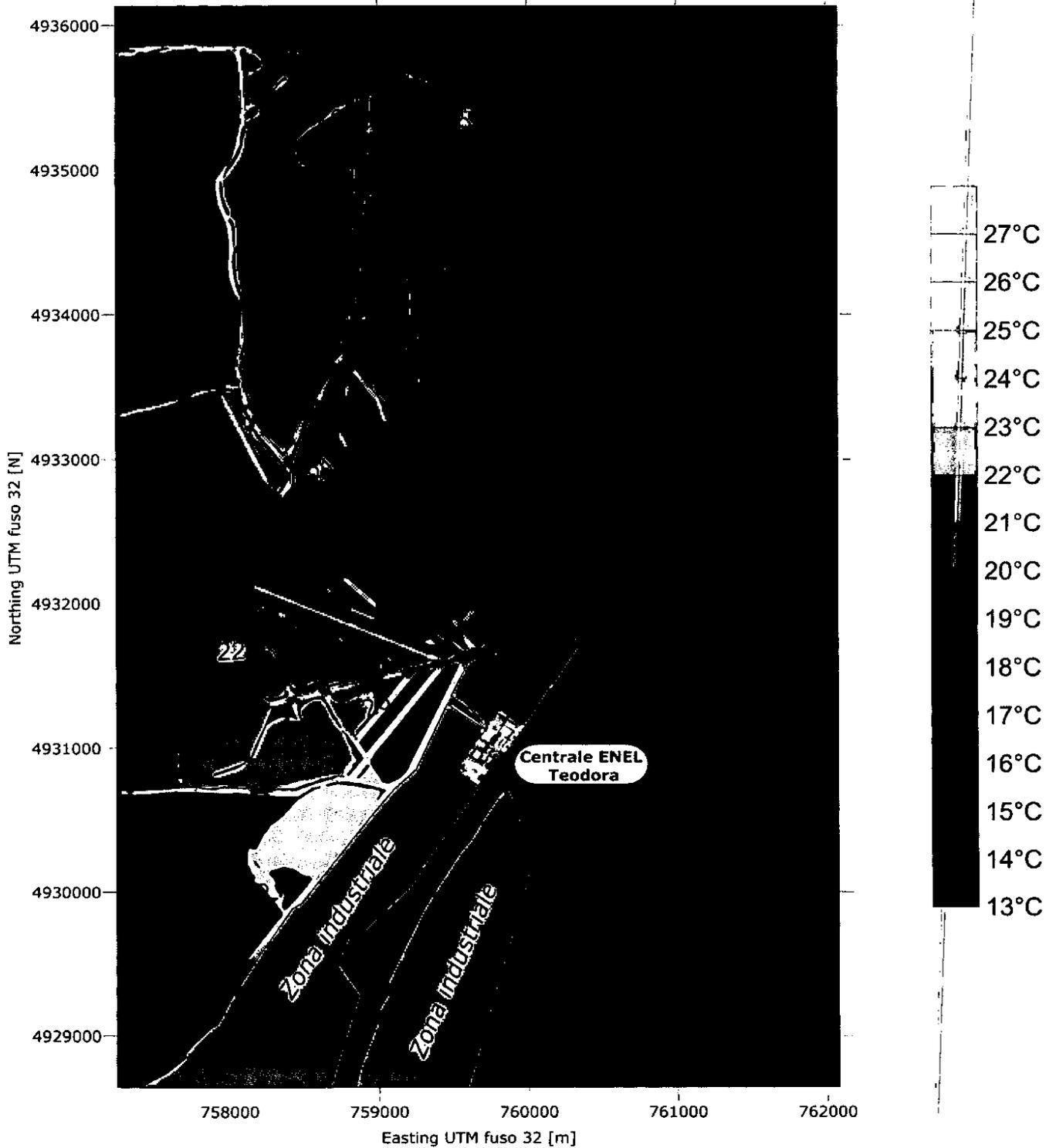
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 10 maggio ore 08.00 - quadratura - bassa marea con alto livello produttivo



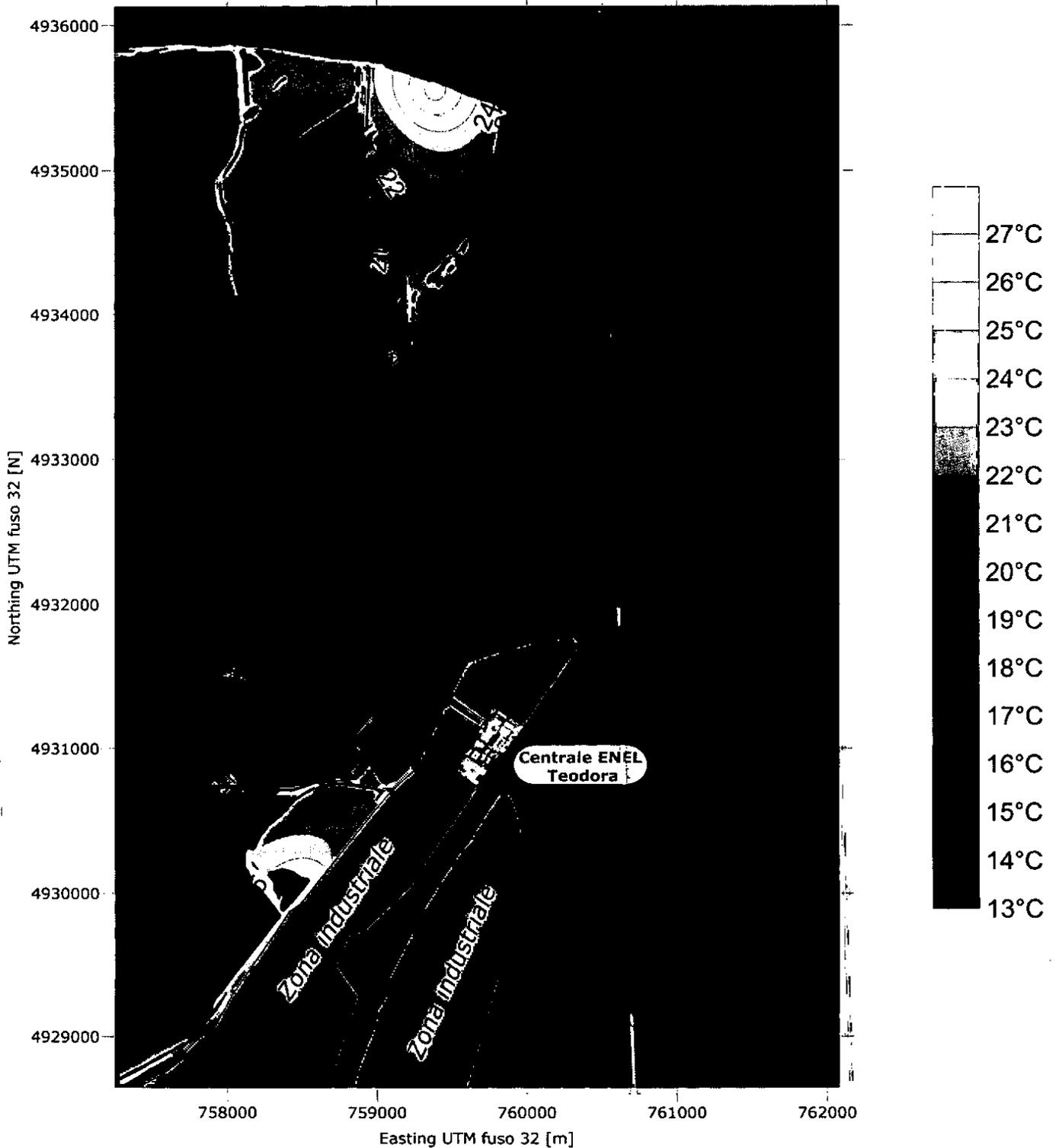
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 11 maggio ore 09.00 - quadratura - stanca di bassa marea con alto livello produttivo



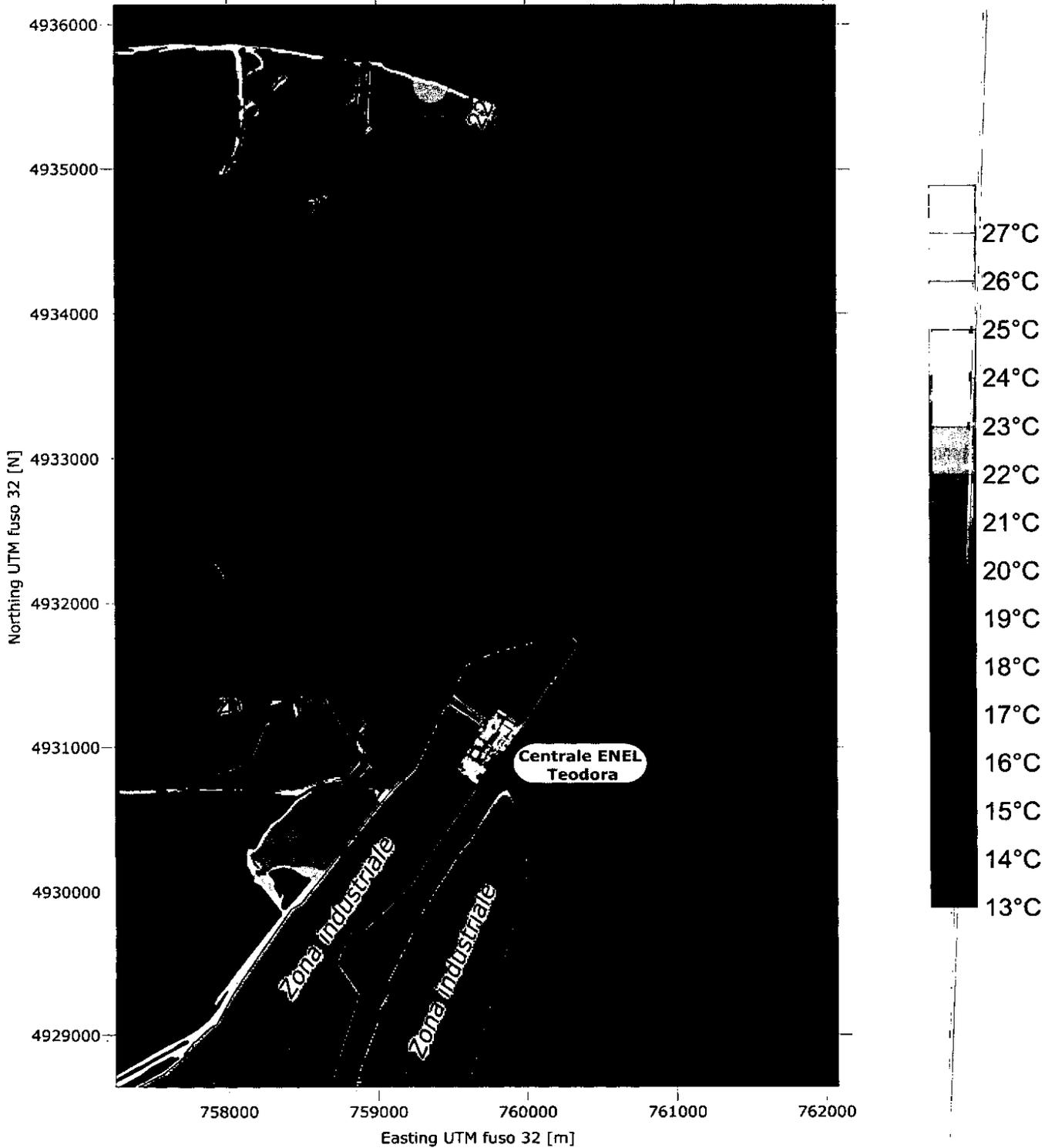
## Sonda intermedia

Porto Corsini - 11 maggio ore 17.00 - quadratura - alta marea con alto livello produttivo



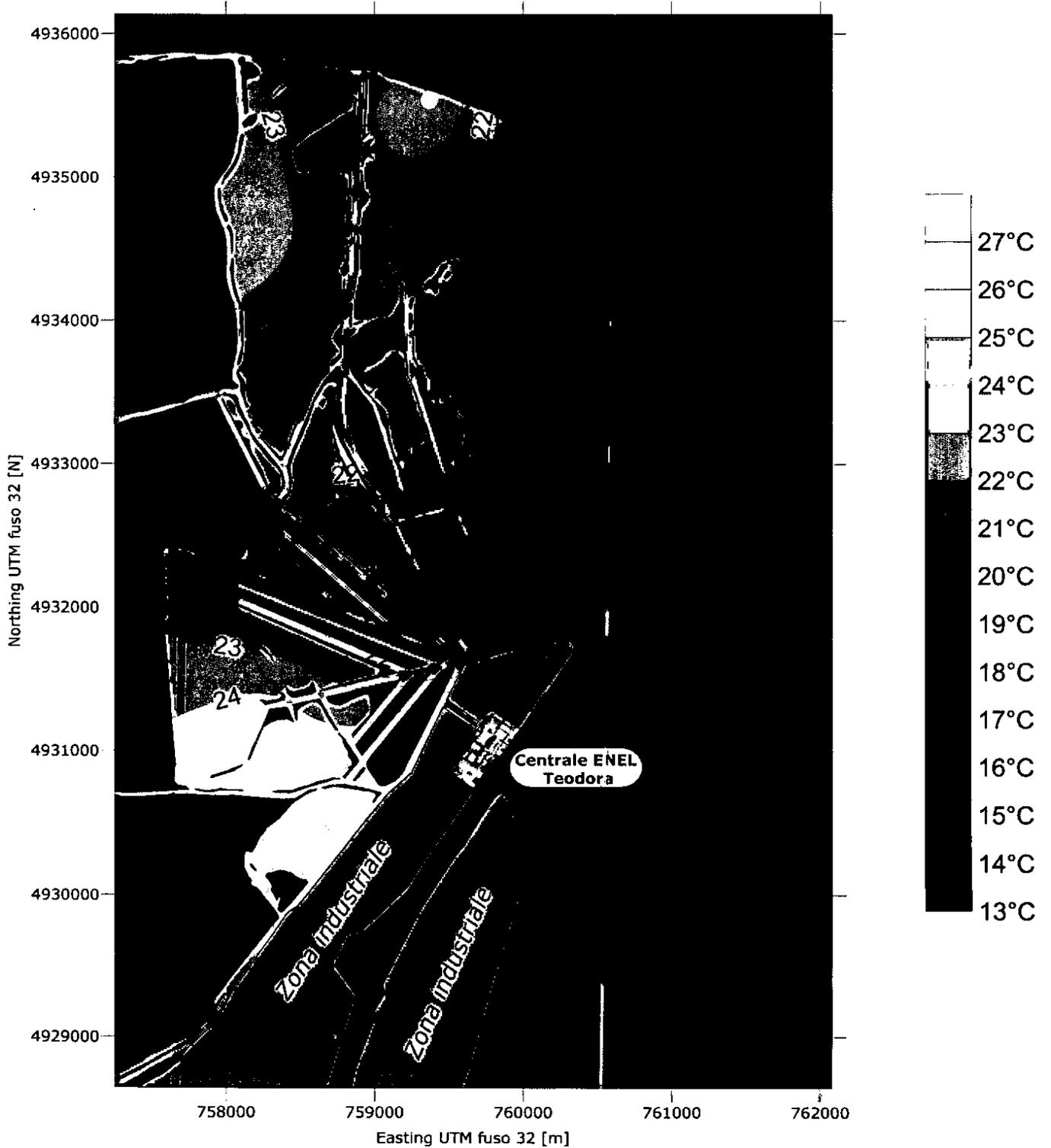
### Sonda intermedia

Porto Corsini - 12 maggio ore 02.00 - quadratura - alta marea con medio livello produttivo

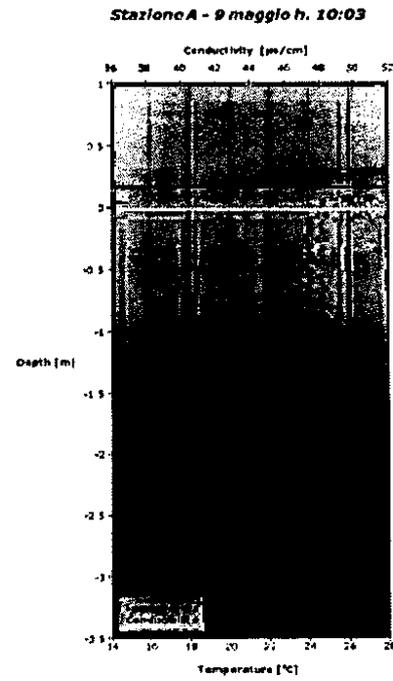
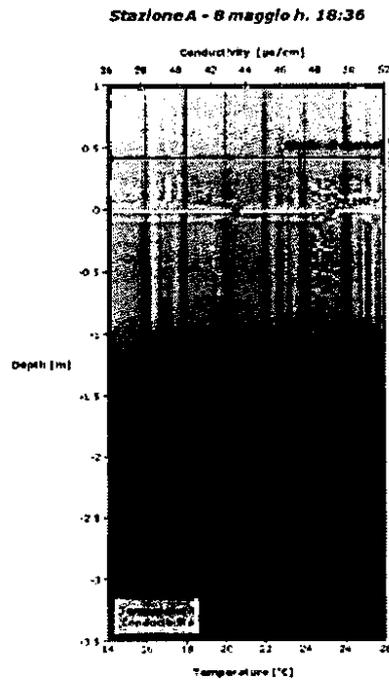
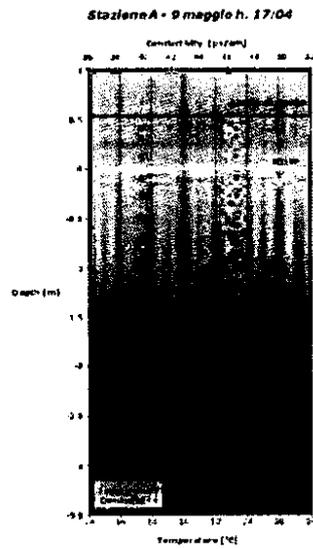
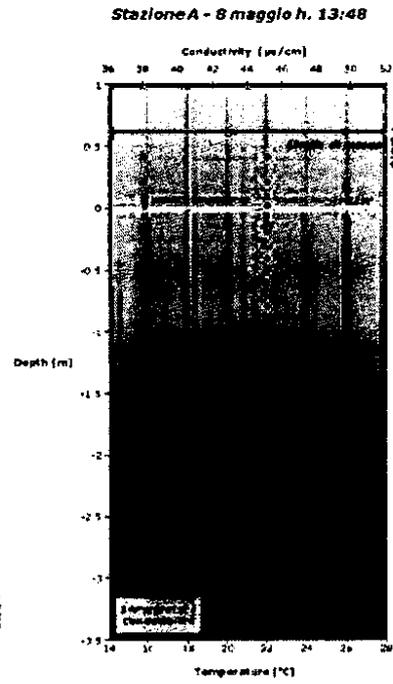
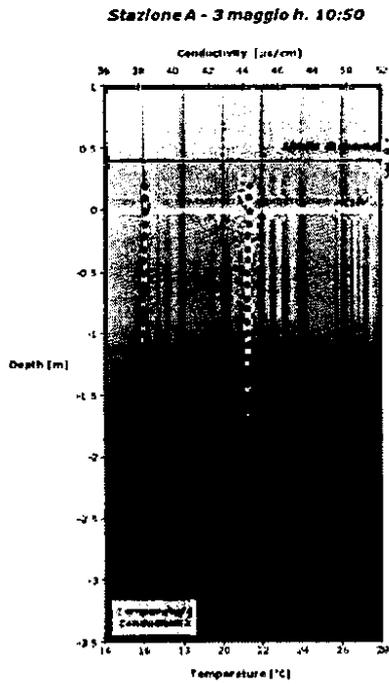


### Sonda intermedia

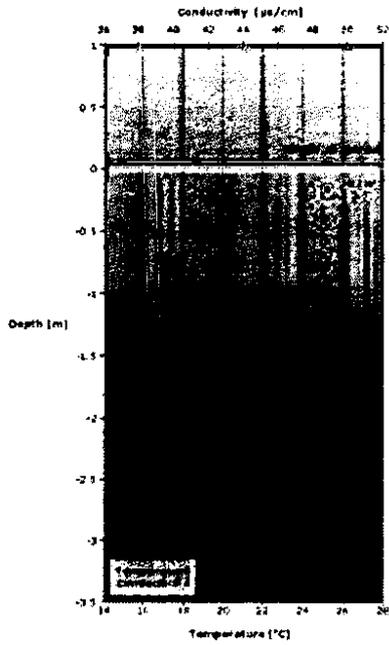
Porto Corsini - 12 maggio ore 10.00 - quadratura - stanca di bassa marea con medio livello produttivo



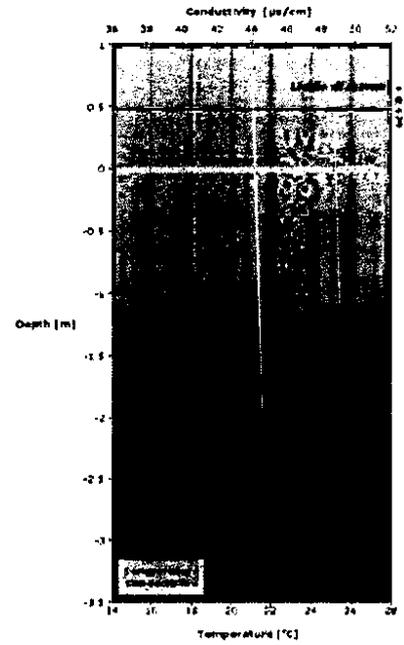
## APPENDICE 3 – Profili CTD



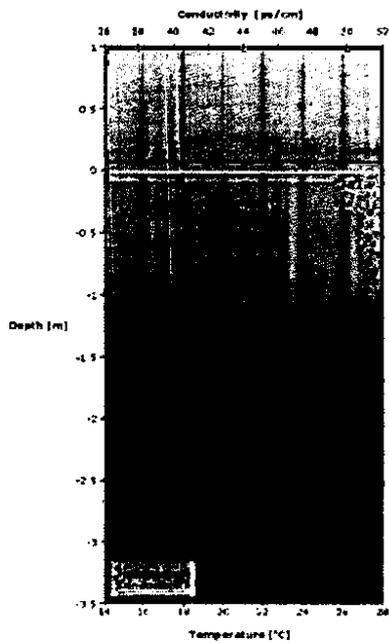
Stazione A - 10 maggio h. 08:20



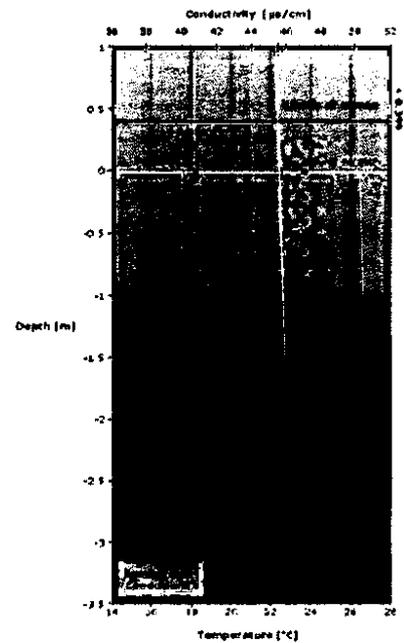
Stazione A - 10 maggio h. 17:05



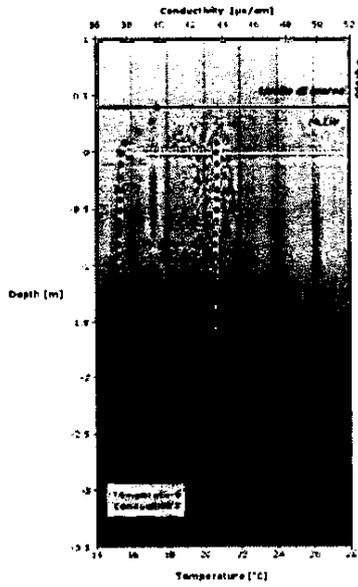
Stazione A - 11 maggio h. 10:12



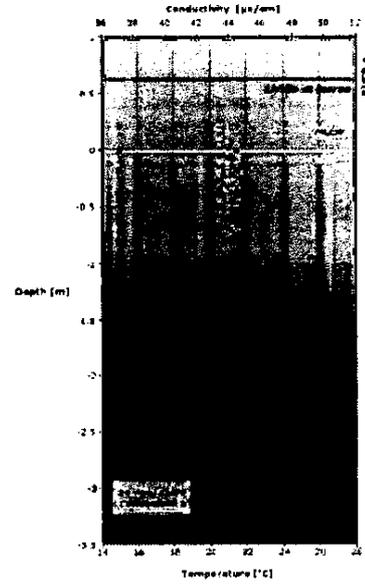
Stazione A - 11 maggio h. 15:17



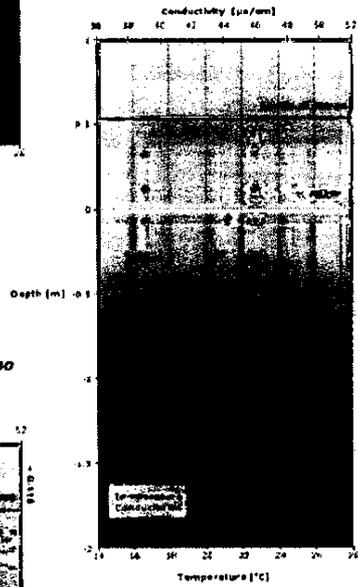
Stazione B - 3 maggio h. 10:45



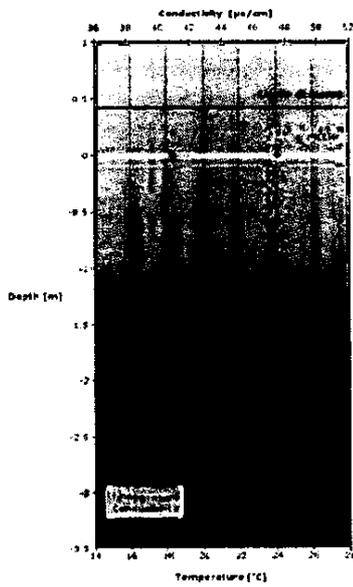
Stazione B - 8 maggio h. 13:55



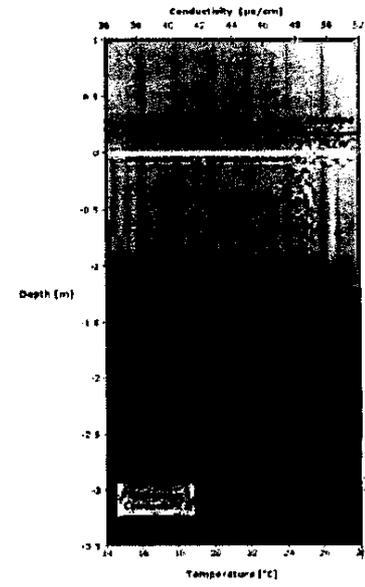
Stazione B - 9 maggio h. 17:09



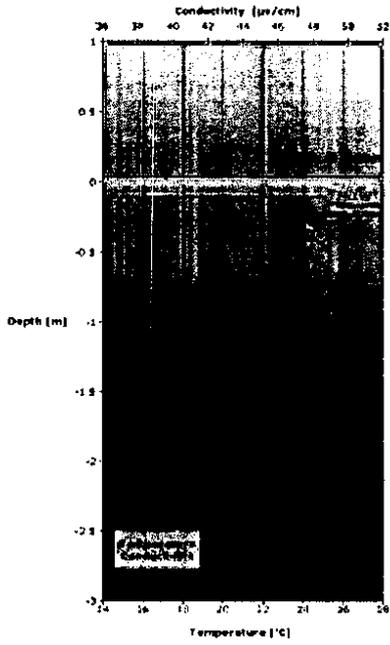
Stazione B - 8 maggio h. 10:40



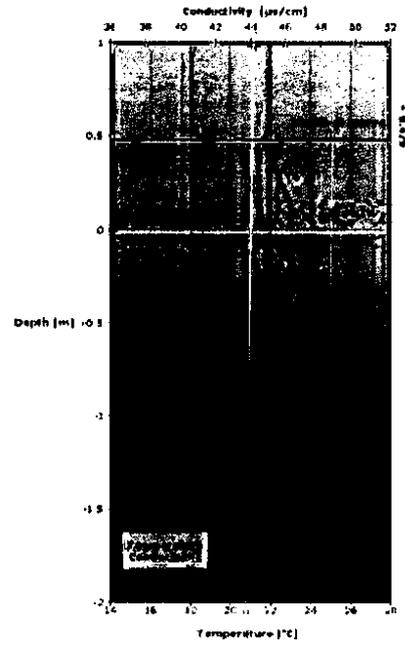
Stazione B - 9 maggio h. 10:08



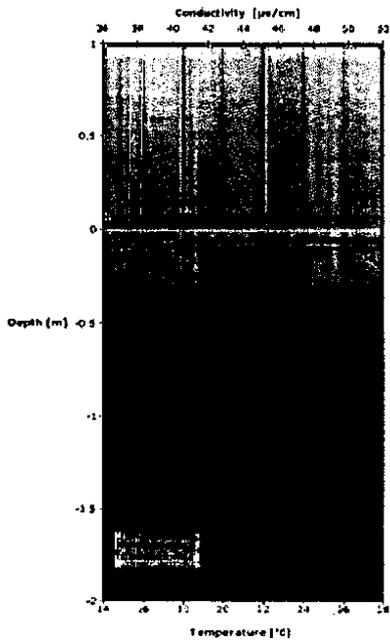
Stazione 8 - 10 maggio h. 08:15



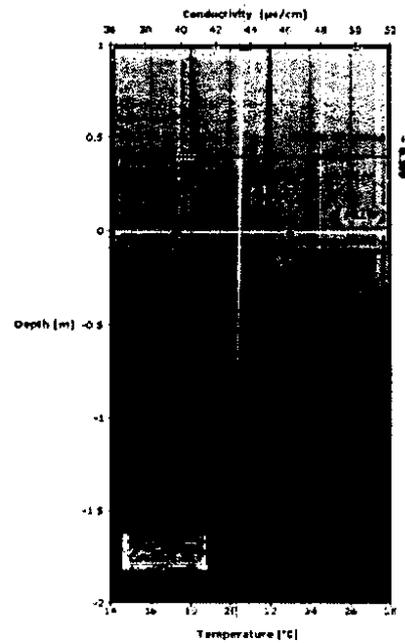
Stazione 8 - 10 maggio h. 17:11



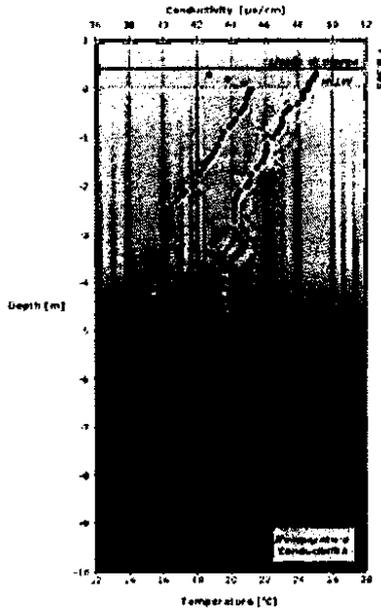
Stazione 8 - 11 maggio h. 10:18



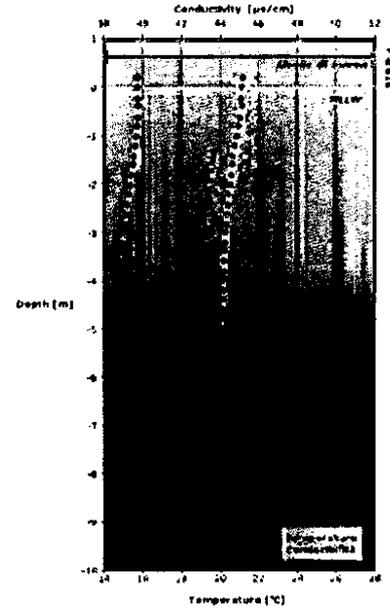
Stazione 8 - 11 maggio h. 15:23



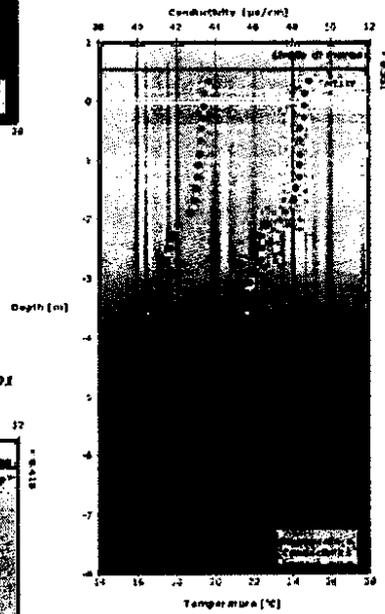
Stazione C - 3 maggio h. 11:50



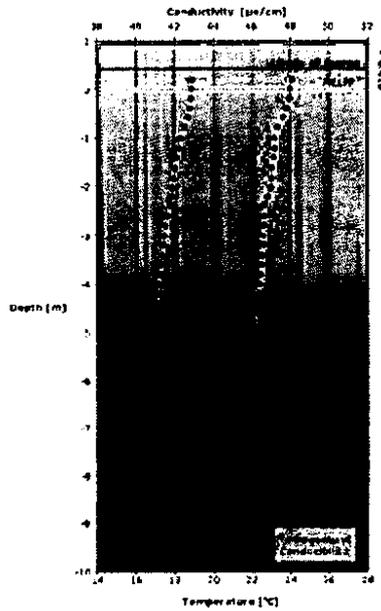
Stazione C - 8 maggio h. 15:10



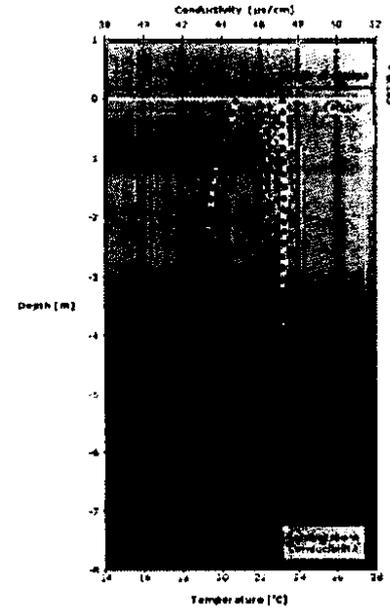
Stazione C - 9 maggio h. 16:46



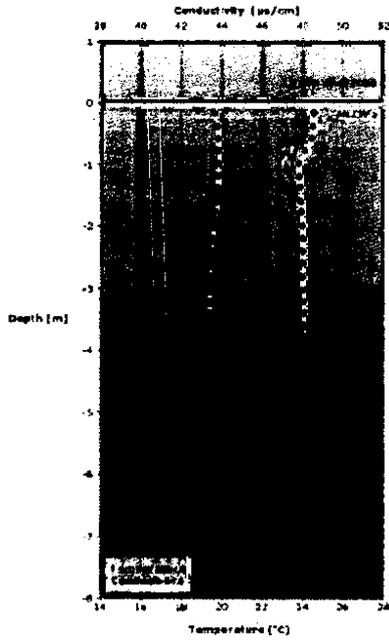
Stazione C - 8 maggio h. 18:01



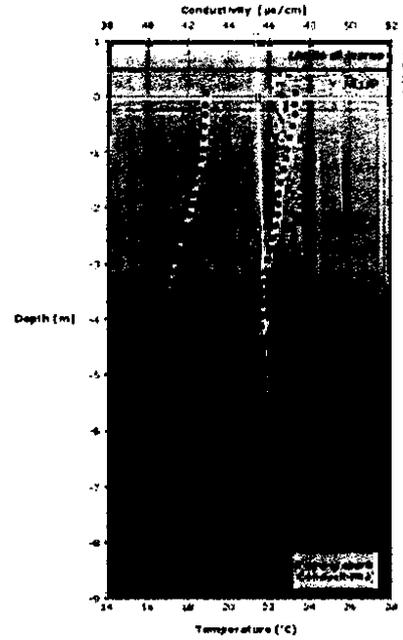
Stazione C - 9 maggio h. 09:10



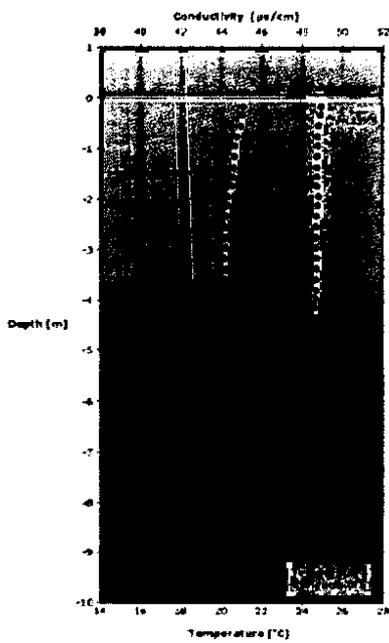
Stazione C - 10 maggio h. 09:39



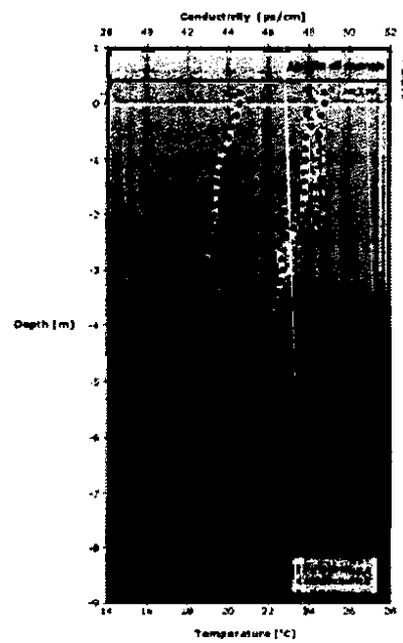
Stazione C - 10 maggio h. 15:31



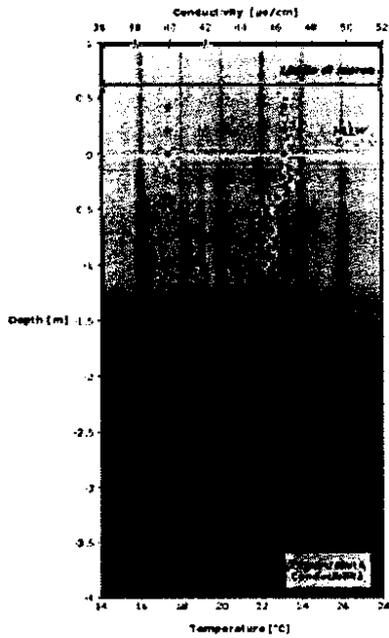
Stazione C - 11 maggio h. 09:19



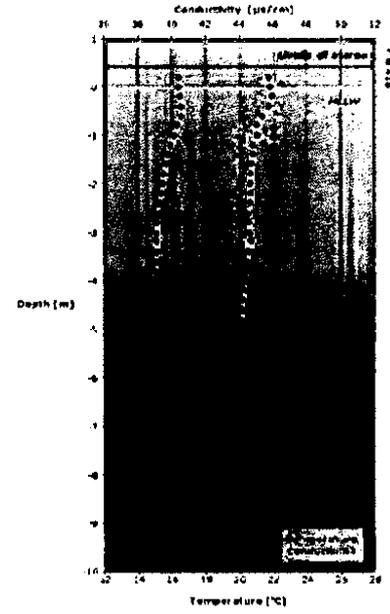
Stazione C - 11 maggio h. 14:27



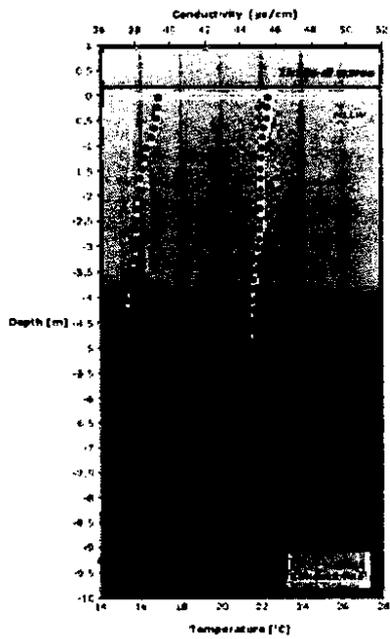
Stazione D - 8 maggio h. 15:21



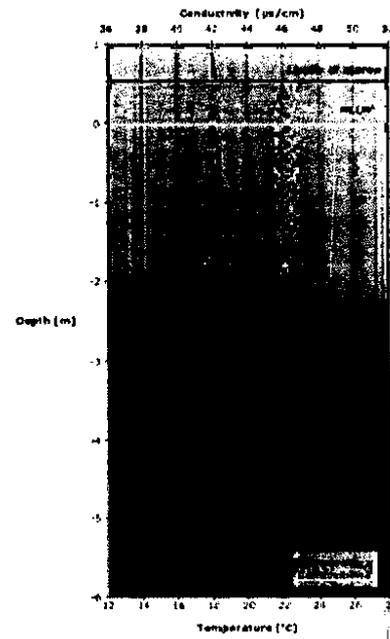
Stazione D - 8 maggio h. 18:12



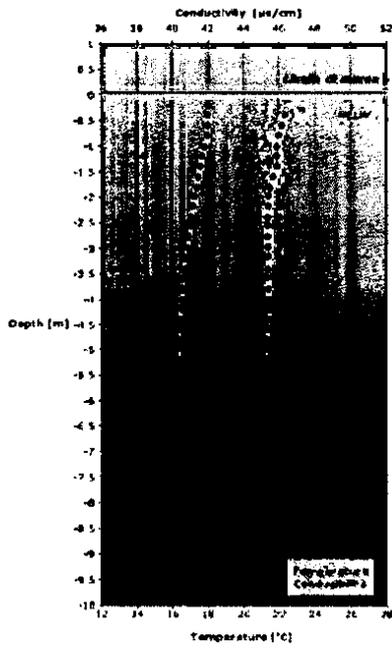
Stazione D - 9 maggio h. 08:50



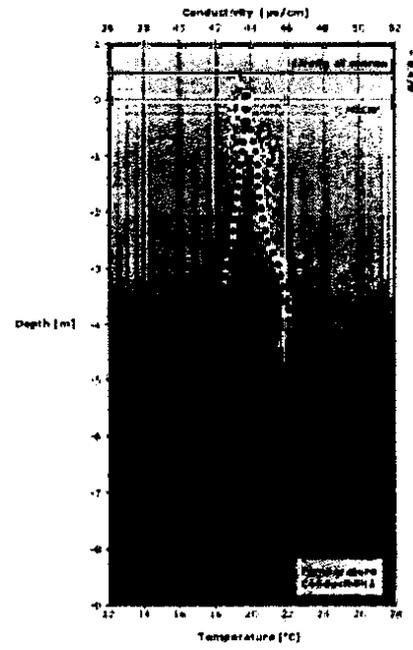
Stazione D - 9 maggio h. 16:36



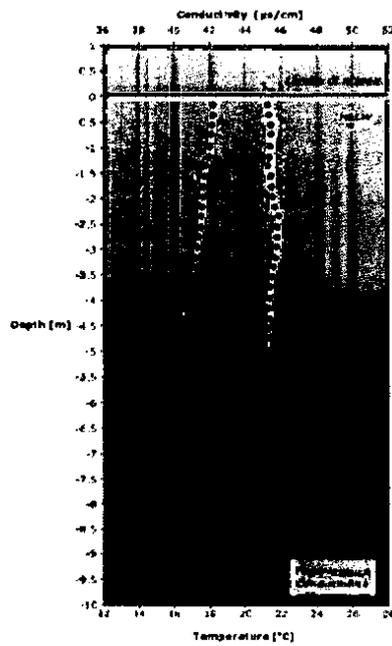
Stazione D - 10 maggio h. 09:30



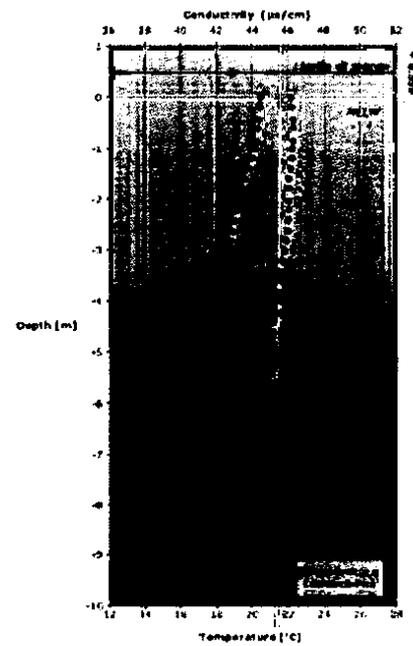
Stazione D - 10 maggio h. 15:50



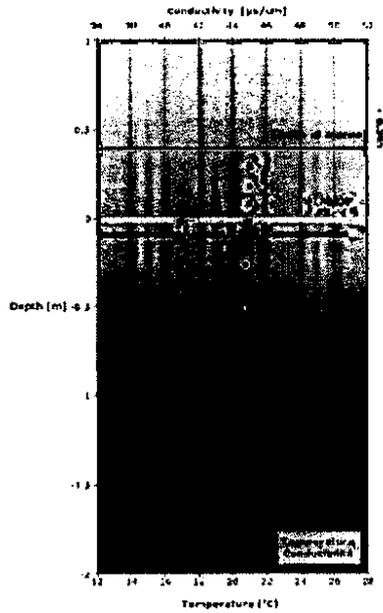
Stazione D - 11 maggio h. 08:58



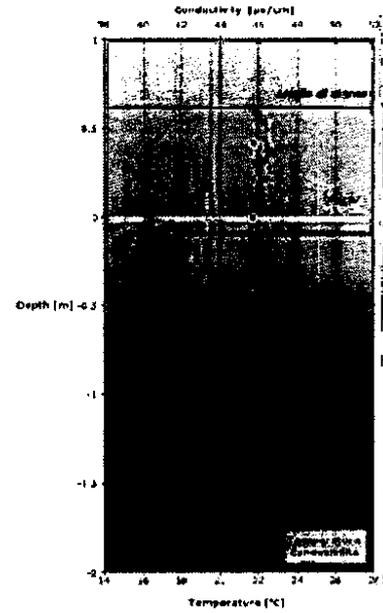
Stazione D - 11 maggio h. 14:20



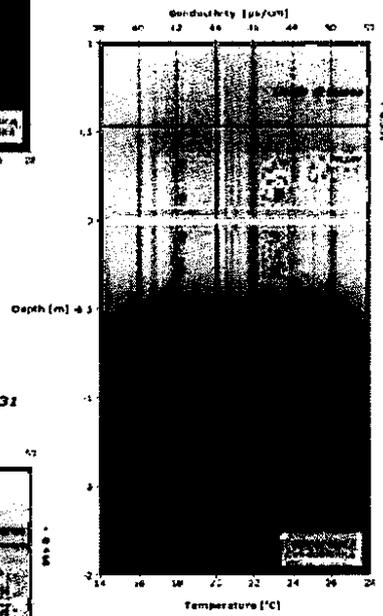
Stazione E - 3 maggio h. 11:35



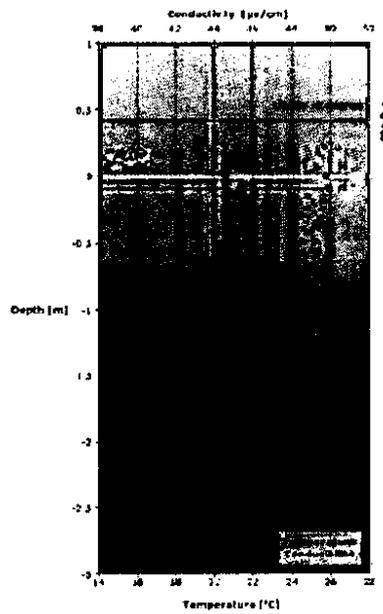
Stazione E - 8 maggio h. 14:14



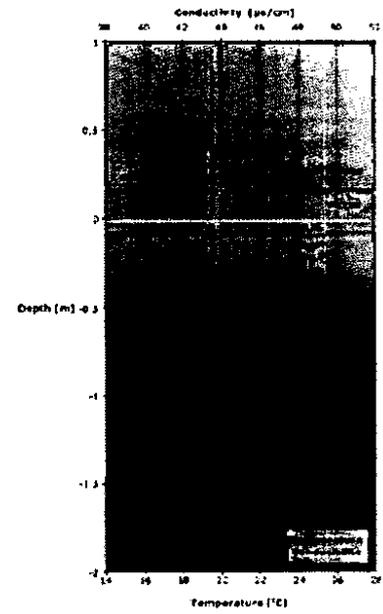
Stazione E - 9 maggio h. 10:58



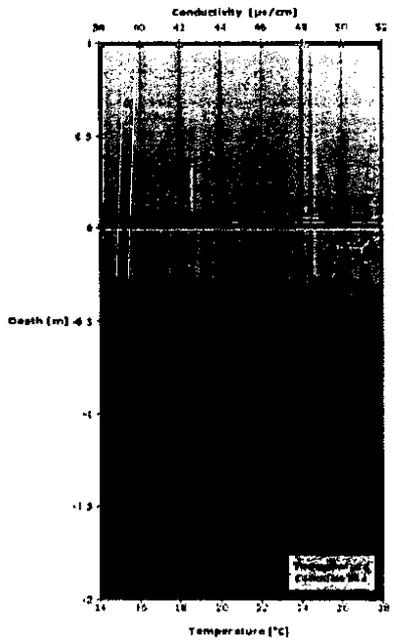
Stazione E - 8 maggio h. 18:31



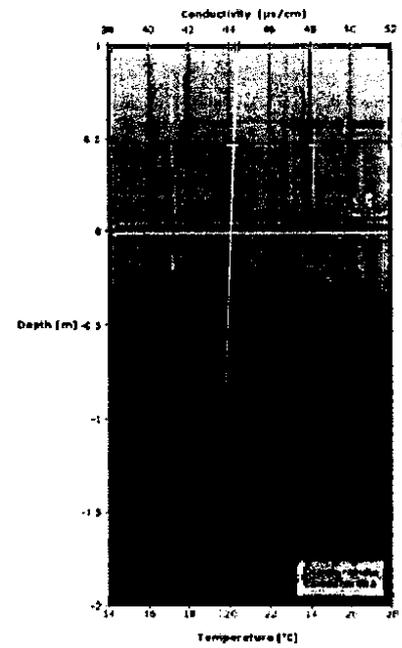
Stazione E - 9 maggio h. 09:57



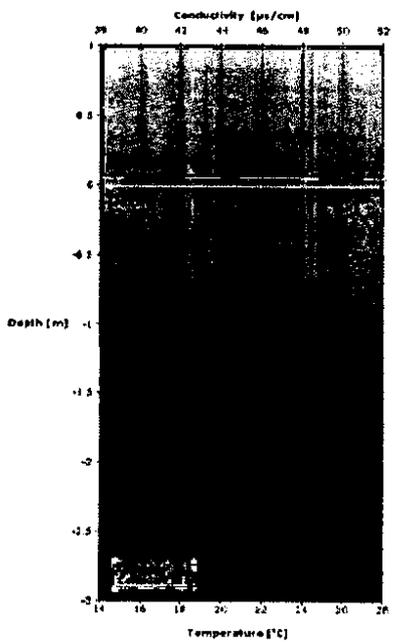
Stazione E - 10 maggio h. 08:25



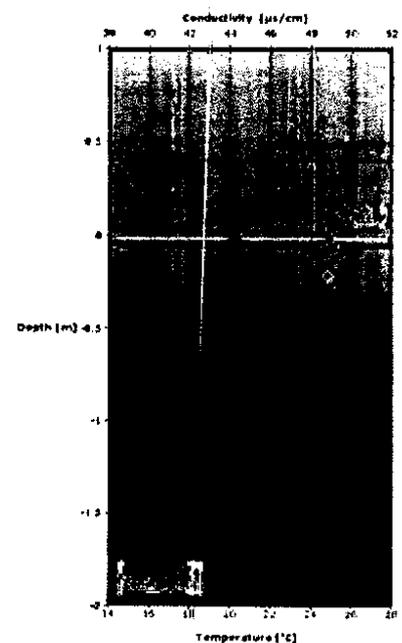
Stazione E - 10 maggio h. 16:25



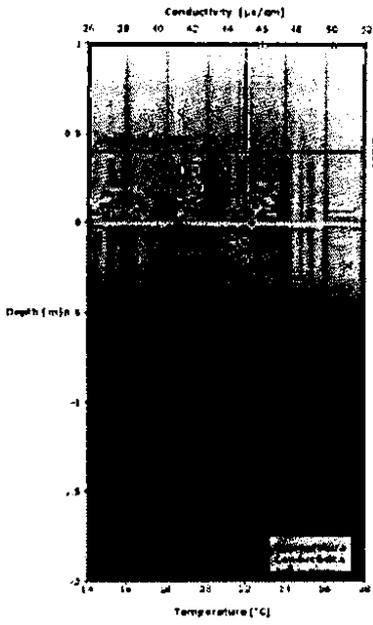
Stazione E - 11 maggio h. 10:04



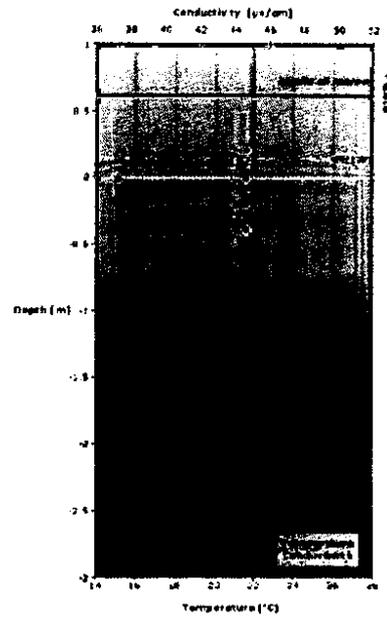
Stazione E - 11 maggio h. 15:13



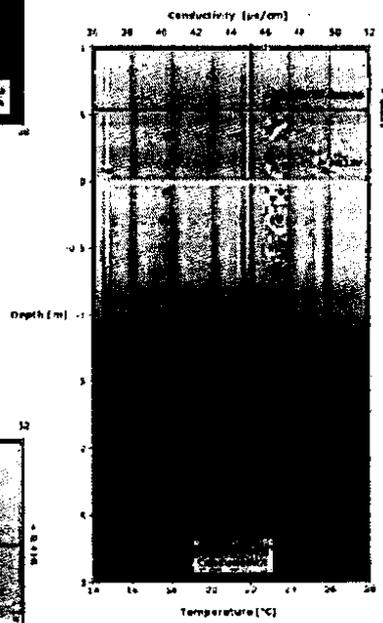
Stazione F - 3 maggio h. 11:43



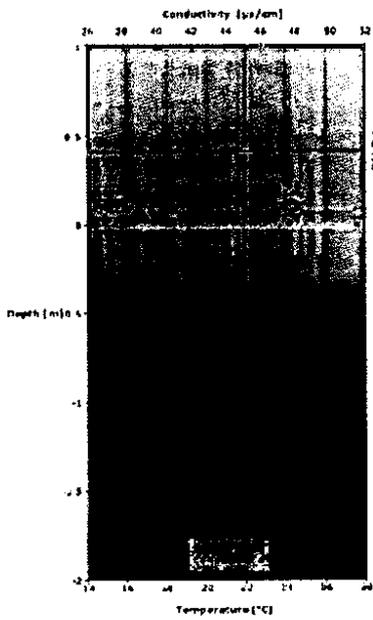
Stazione F - 8 maggio h. 14:09



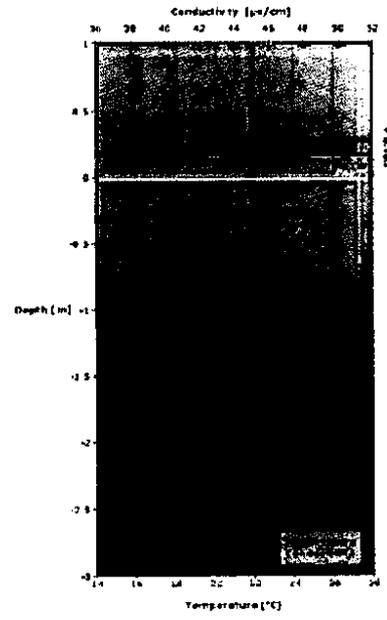
Stazione F - 9 maggio h. 16:53



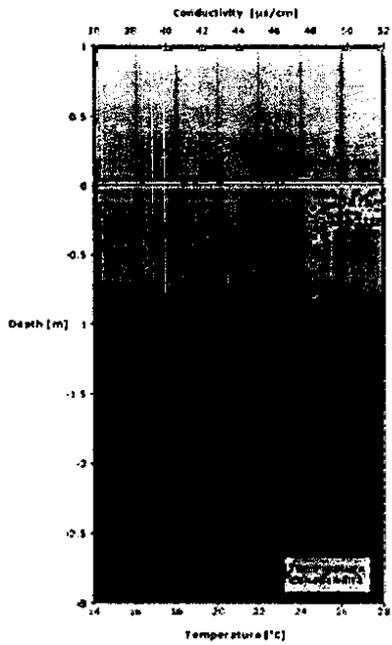
Stazione F - 8 maggio h. 18:27



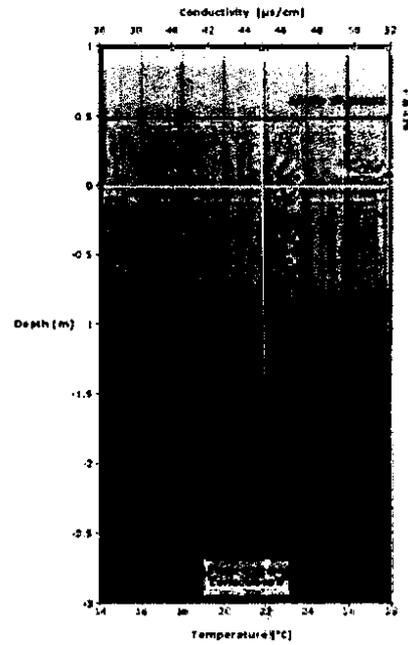
Stazione F - 9 maggio h. 09:51



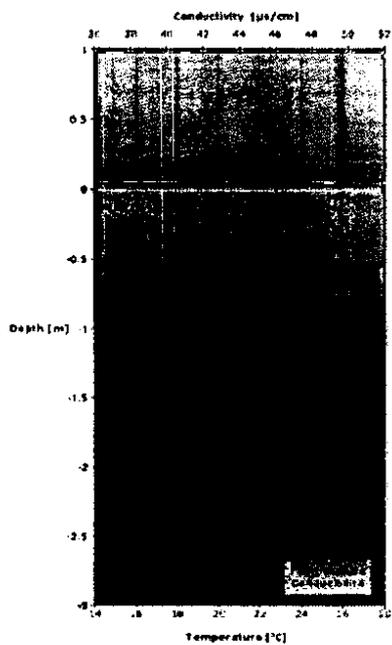
Stazione F - 10 maggio h. 08:30



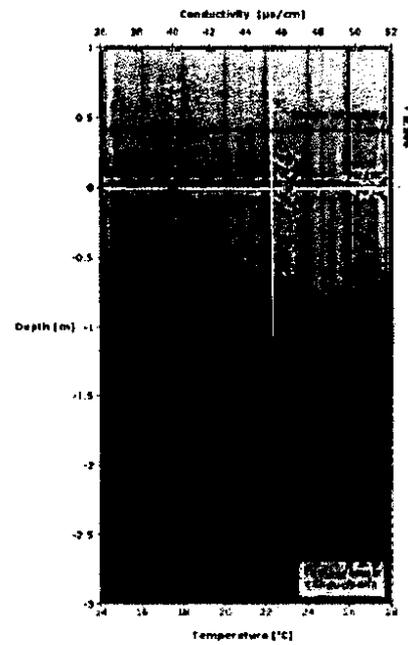
Stazione F - 10 maggio h. 16:15



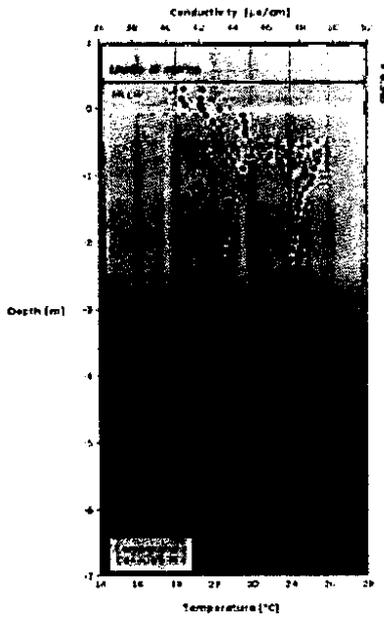
Stazione F - 11 maggio h. 09:56



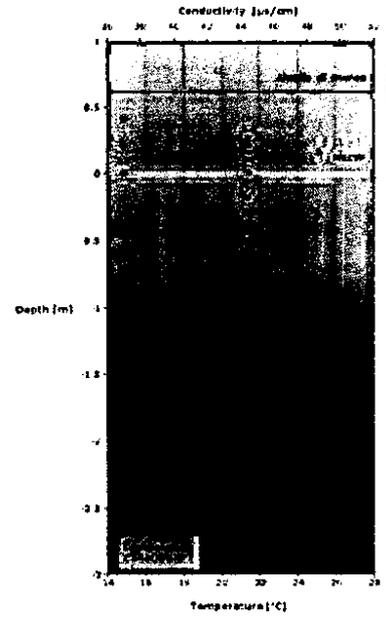
Stazione F - 11 maggio h. 15:09



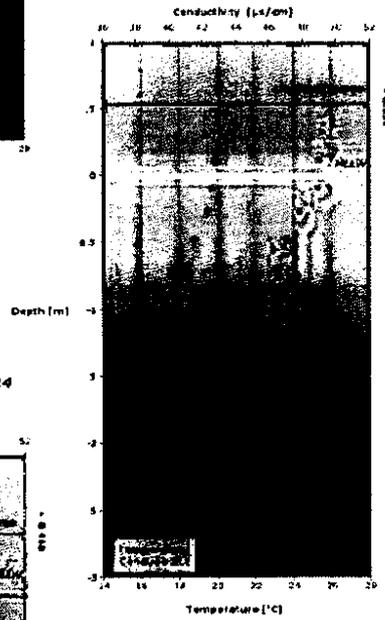
Stazione G - 3 maggio h. 11:52



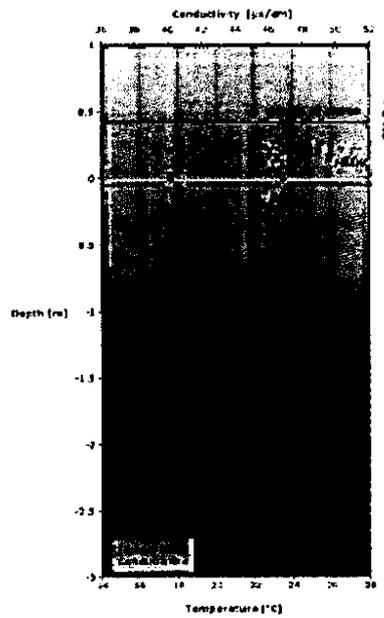
Stazione G - 8 maggio h. 14:03



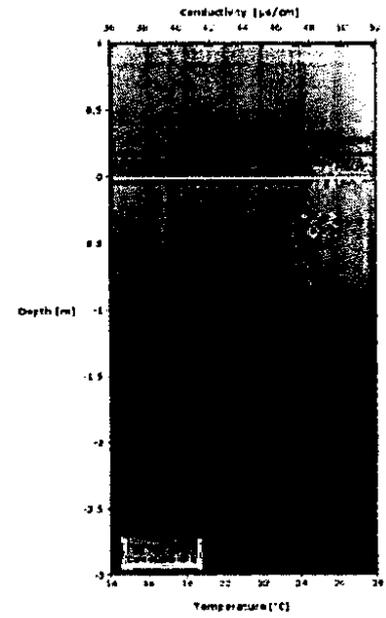
Stazione G - 9 maggio h. 16:51



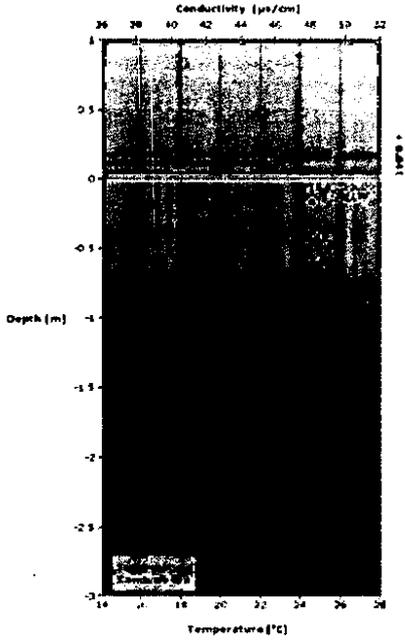
Stazione G - 8 maggio h. 18:24



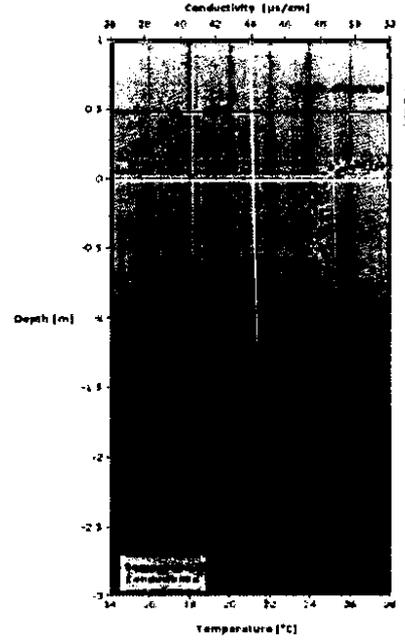
Stazione G - 9 maggio h. 09:47



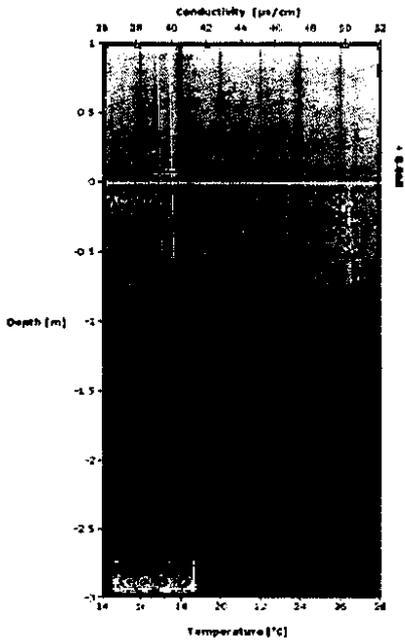
Stazione G - 10 maggio h. 08:34



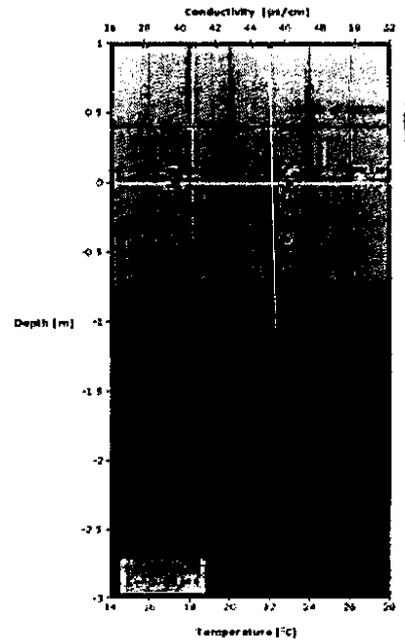
Stazione G - 10 maggio h. 16:11



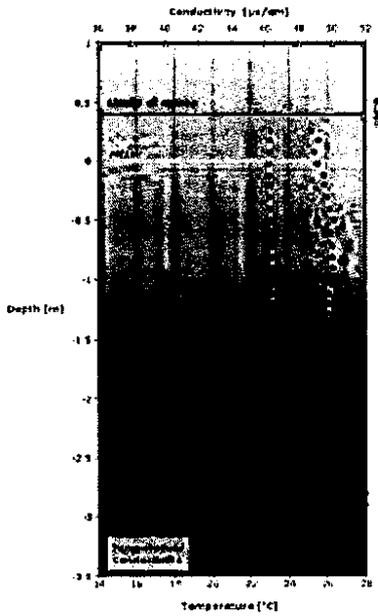
Stazione G - 11 maggio h. 09:53



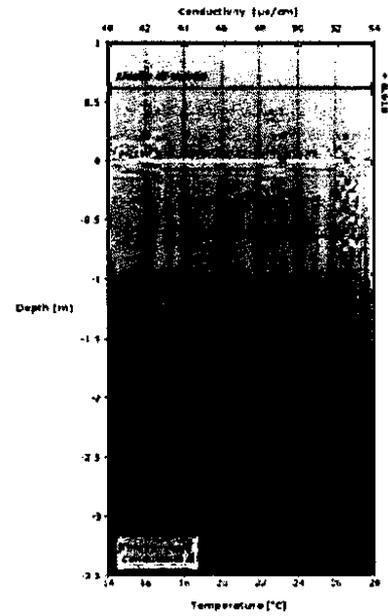
Stazione G - 11 maggio h. 15:07



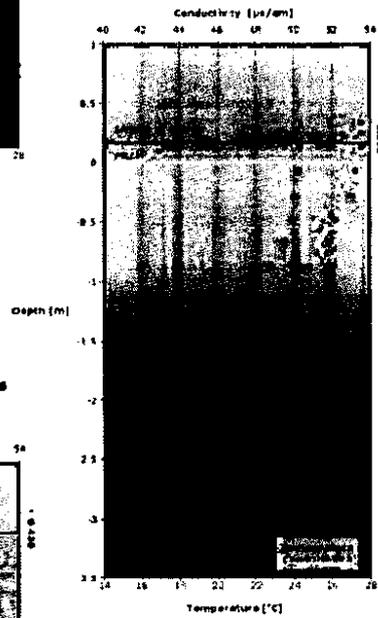
Stazione H - 3 maggio h. 13:00



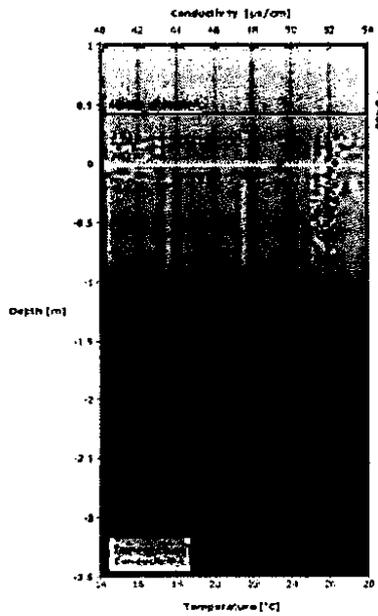
Stazione H - 8 maggio h. 14:31



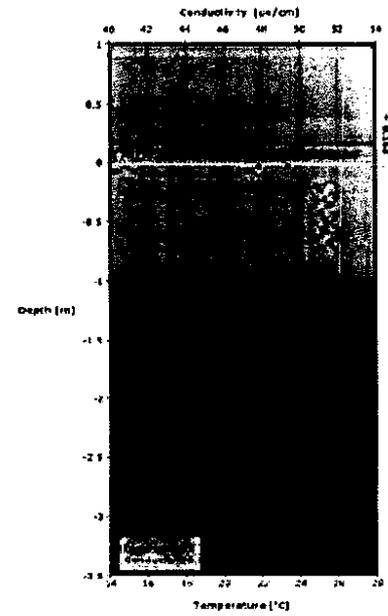
Stazione H - 9 maggio h. 15:19



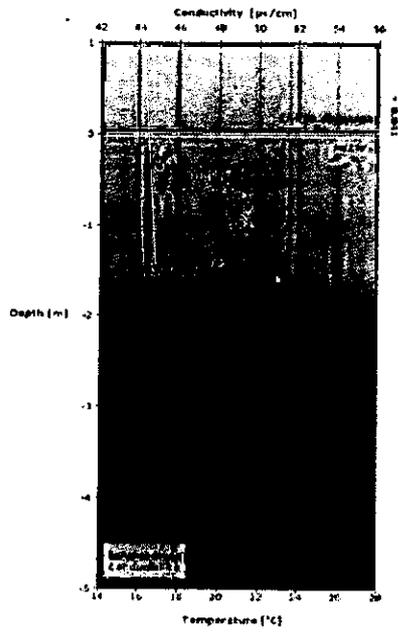
Stazione H - 8 maggio h. 17:56



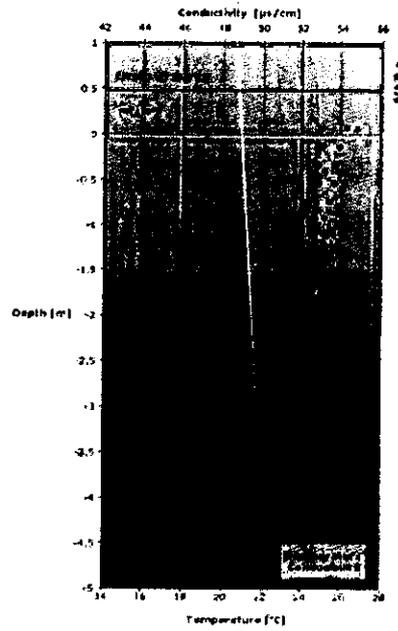
Stazione H - 9 maggio h. 09:19



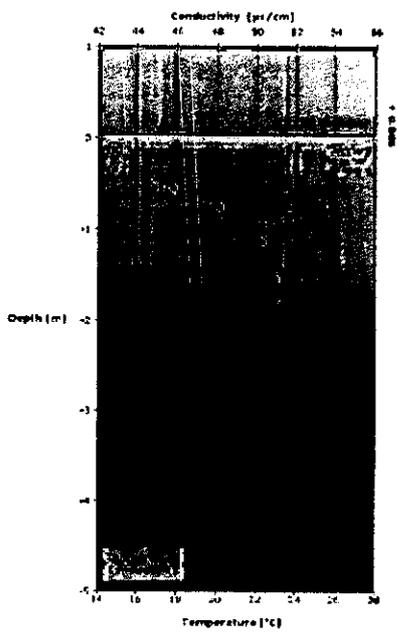
Stazione H - 10 maggio h. 08:41



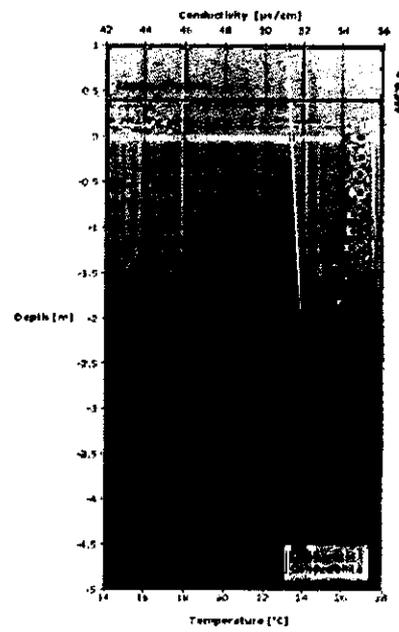
Stazione H - 10 maggio h. 15:23



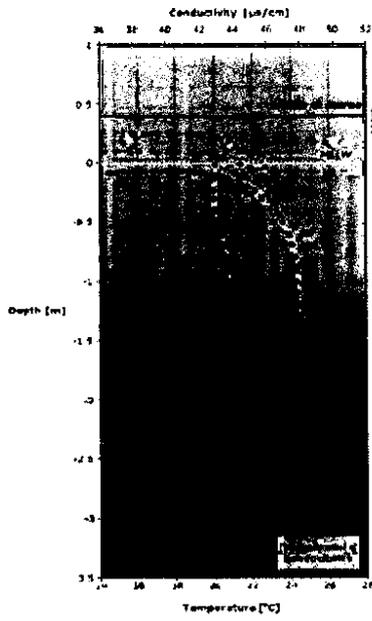
Stazione H - 11 maggio h. 09:27



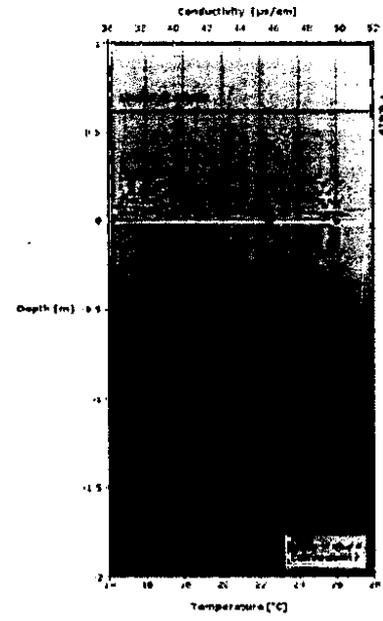
Stazione H - 11 maggio h. 14:53



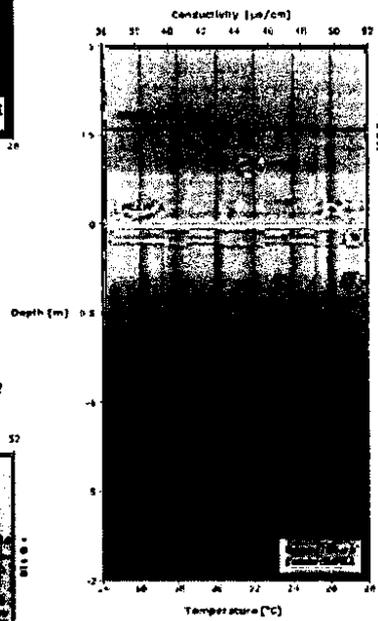
Stazione I - 3 maggio h. 12:48



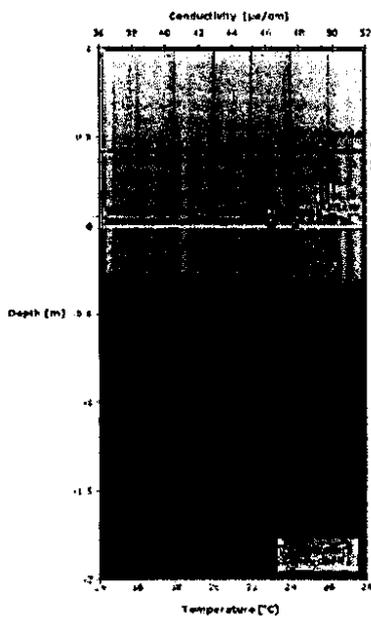
Stazione I - 8 maggio h. 14:46



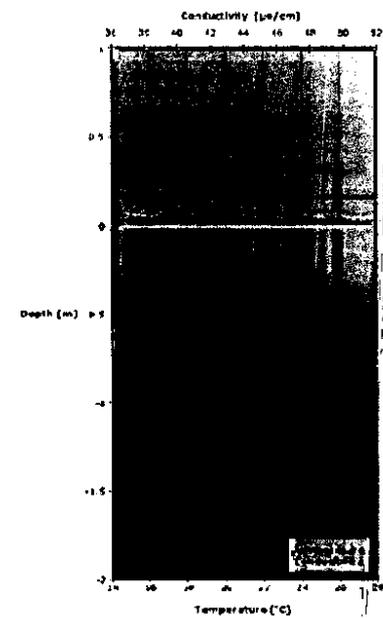
Stazione I - 9 maggio h. 15:11



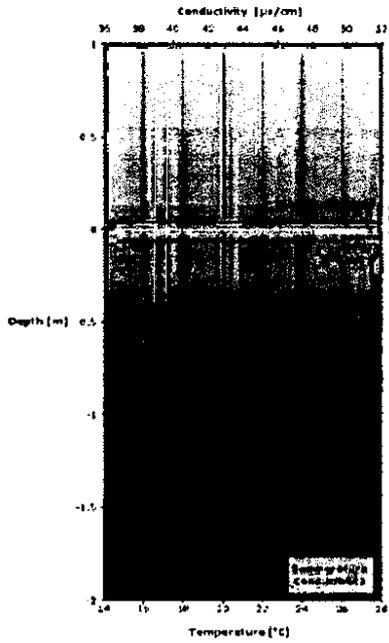
Stazione I - 8 maggio h. 17:42



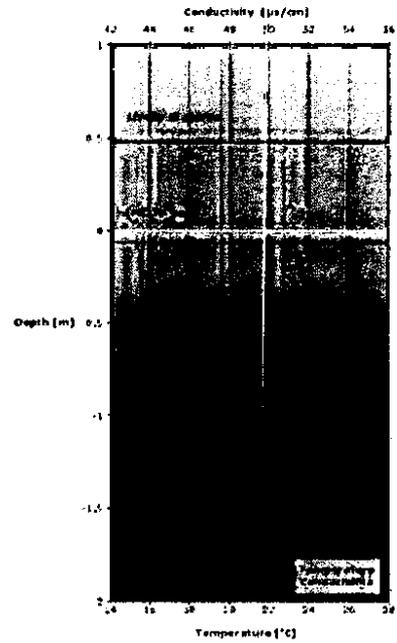
Stazione I - 9 maggio h. 09:32



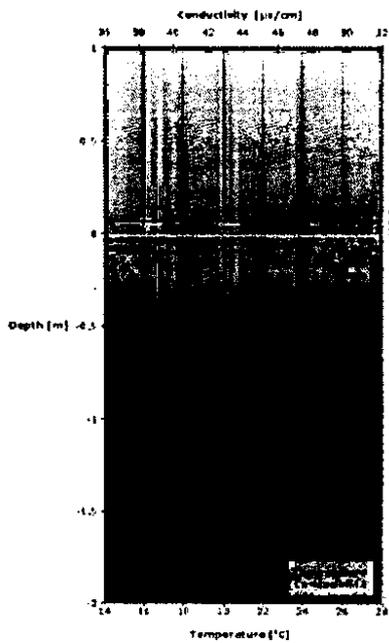
Stazione I - 10 maggio h. 08:55



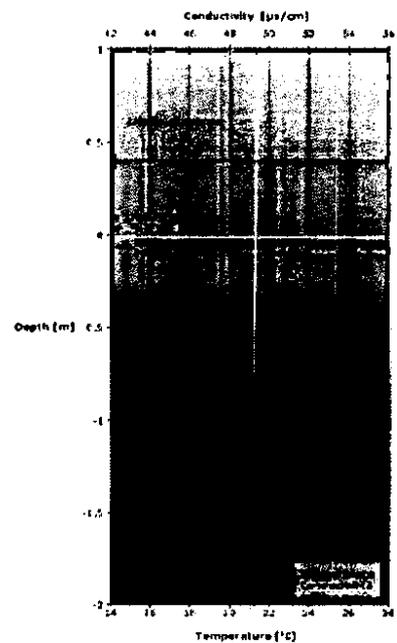
Stazione I - 10 maggio h. 15:04



Stazione I - 11 maggio h. 09:41



Stazione I - 11 maggio h. 14:59



## Cialli Pamela

---

**Da:** enel\_produzione\_ub\_porto\_corsi [enel\_produzione\_ub\_porto\_corsi@pec.enel.it]  
**Inviato:** lunedì 10 dicembre 2012 14.59  
**A:** aia@pec.minambiente.it  
**Oggetto:** Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12/11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica Enel Produzione SpA di Porto Corsini (RA)  
**Allegati:** UB PC Monitoraggio Pialassa 2012.zip

Si trasmette il rapporto del monitoraggio Pialassa Baiona in ottemperanza all'art.1 c.4 del decreto in oggetto Saluti

Il Referente controlli AIA

Emanuele Randi

Enel - Generazione & Energy Management

Unit? di Business Porto Corsini - Centrale Teodora Via Baiona, 253 - 48123 Porto Corsini (RA) tel 0544 223180 - fax 0544 223189 cell. 320 7677011

**Cialli Pamela**

---

**Da:** Per conto di: enel\_produzione\_ub\_porto\_corsini@pec.enel.it [posta-certificata@legalmail.it]  
**Inviato:** lunedì 10 dicembre 2012 14.59  
**A:** aia@pec.minambiente.it  
**Oggetto:** POSTA CERTIFICATA: Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12/11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica Enel Produzione SpA di Porto Corsini (RA)  
**Allegati:** daticert.xml; postacert.eml (29,6 MB)  
**Firmato da:** posta-certificata@legalmail.it

### **Messaggio di posta certificata**

Il giorno 10/12/2012 alle ore 14:59:27 (+0100) il messaggio "*Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12/11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica Enel Produzione SpA di Porto Corsini (RA)*" è stato inviato da "[enel\\_produzione\\_ub\\_porto\\_corsini@pec.enel.it](mailto:enel_produzione_ub_porto_corsini@pec.enel.it)" indirizzato a: [aia@pec.minambiente.it](mailto:aia@pec.minambiente.it)

Il messaggio originale è incluso in allegato.

**Identificativo messaggio:** [574619306.653987407.1355147967578vliaspec04@legalmail.it](mailto:574619306.653987407.1355147967578vliaspec04@legalmail.it)

L'allegato daticert.xml contiene informazioni di servizio sulla trasmissione

---

### **Legalmail certified email message**

On 2012-12-10 at 14:59:27 (+0100) the message "*Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12/11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica Enel Produzione SpA di Porto Corsini (RA)*" was sent by "[enel\\_produzione\\_ub\\_porto\\_corsini@pec.enel.it](mailto:enel_produzione_ub_porto_corsini@pec.enel.it)" and addressed to: [aia@pec.minambiente.it](mailto:aia@pec.minambiente.it)

The original message is attached with the name **postacert.eml** or **[Decreto ex DSA/DEC/2009/0001631 del 12/11/2009 di autorizzazione della Centrale Termoelettrica Enel Produzione SpA di Porto Corsini \(RA\)](#)**.

**Message ID:** [574619306.653987407.1355147967578vliaspec04@legalmail.it](mailto:574619306.653987407.1355147967578vliaspec04@legalmail.it)

The daticert.xml attachment contains service information on the transmission