Servizi Ecologici Porto di Genova s.r.l.

committente

AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA

DIREZIONE GESTIONE DEL TERRITORIO

Ufficio Ambiente

ANALISI DEI DATI FISICO-CHIMICO-BIOLOGICI DERIVANTI DAL MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO NELL'AREA DEL PORTO DI GENOVA ANNO 2013

Luglio 2014

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 MATERIALI E METODI **4**

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 6

2.3 Parametri meteorologici 7

2.4 Coliformi fecali 7

2.5 Azoto ammoniacale 7

3 RISULTATI E DISCUSSIONE 8

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 8

3.2 L'anno 2013 12

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti 26

3.3.1 Mann-Kendall Test 41

4 CONSIDERAZIONI FINALI 43

BIBLIOGRAFIA 47

APPENDICE 48

1 INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Genova conduce dal 1998 un monitoraggio ambientale mensile, allo scopo di individuare le aree più a rischio degli specchi acquei portuali, nella zona che si estende da Punta Vagno a Voltri. Tale attività produce dati mensili su sei parametri analizzati e carte tematiche che mostrano graficamente la situazione. I punti considerati sono un centinaio, identificati tra le zone più significative, per tutta l'estensione del Porto di Genova. I parametri presi in considerazione sono ammoniaca, coliformi fecali, temperatura, ossigeno disciolto, salinità e clorofilla-a.

Fino ad aprile 2005, il monitoraggio è stato condotto effettuando campionamenti mensili in circa 100 stazioni, con contemporanea acquisizione dei principali parametri chimico-fisici tramite sonda multiparametrica. Dal maggio 2005 al 2007, la Servizi Ecologici Porto di Genova spa (SEPG) ha eseguito il monitoraggio ambientale del Porto di Genova per conto dell'Autorità Portuale attraverso un sistema georeferenziato di acquisizione e trasmissione dati in continuo. Tale sistema prevedeva l'utilizzo di sonde multiparametriche montate su mezzi di proprietà della società stessa, regolarmente impegnati in attività di disinquinamento e pulizia degli specchi acquei portuali, che fornivano dati relativi a temperatura, salinità e ossigeno disciolto.

I dati raccolti durante l'anno 2013 rappresentano il monitoraggio condotto effettuando campionamenti mensili in circa 110 stazioni con acquisizione dei principali parametri chimico-fisici tramite sonda multiparametrica e sono già stati riportati in una serie di relazioni mensili.

La relazione annuale sullo stato delle acque portuali genovesi ha lo scopo di presentare tutti i risultati relativi al 2013, per evidenziare la presenza di gradienti spaziali dei parametri di qualità dell'acqua, riconducibili alla localizzazione delle sorgenti puntuali di acque dolci e dei reflui urbani e industriali, e la presenza di fluttuazioni sistematiche dei parametri rilevati, modulate in qualche misura dalle attività antropiche e riconducibili al succedersi delle stagioni e al contributo delle condizioni meteorologiche. Inoltre, i dati sono stati comparati con quelli provenienti dai precedenti monitoraggi, per verificare se ci siano state variazioni nel corso degli anni.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Piano di campionamento

Le campagne di monitoraggio si svolgono mensilmente all'interno dell'area portuale genovese. Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) sono state utilizzate sonde Idronaut.
Dal luglio 2013 sono stati raccolti anche dati di pH, Red-Ox e torbidità, ma poiché si hanno dati solo per una metà dell'anno e non esiste una serie storica si rimanda l'analisi di tali parametri ai prossimi anni. Si è comunque provveduto ad inserire in appendice le mappe mensili di tali dati.
Sono state effettuate acquisizioni in circa 110 punti distribuiti all'interno dell'area portuale coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005 con l'aggiunta di altri 20 punti dall'ottobre 2010 (questi ultimi hanno numerazione che parte da 120 per non sovrapporsi a punti presenti nei dati storici). In 20 di questi punti vengono prelevati anche campioni di acqua sub-superficiale per l'analisi dell'azoto ammoniacale, dei coliformi fecali e della clorofilla-a, secondo le metodologie standard UNICHIM.
In Figura 2.1 si riporta l'ubicazione dei punti di campionamento.

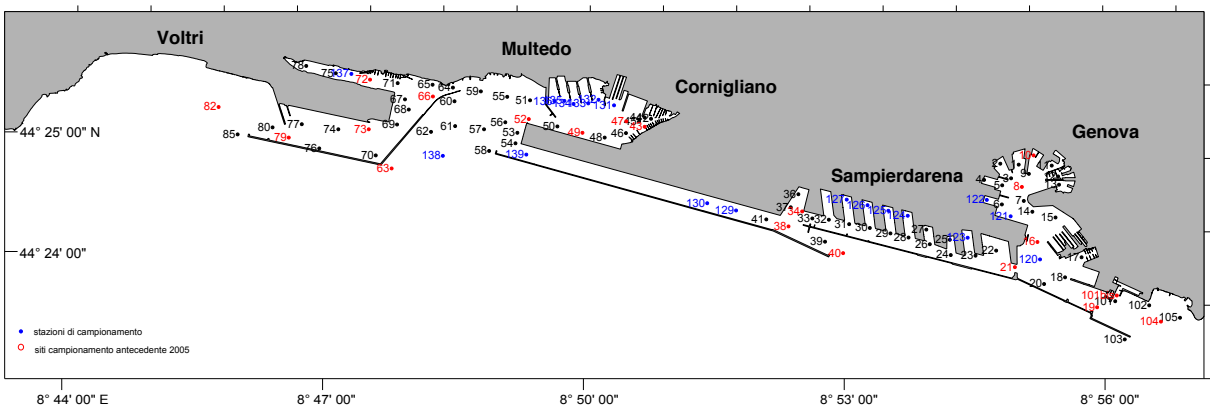


Fig. 2.1 Punti di campionamento dell'anno 2013; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni d'acqua sub-superficiale e in blu i punti introdotti da ottobre 2010.

Il mezzo utilizzato per il monitoraggio è l'imbarcazione Miriana (Fig. 2.2).



Fig. 2.2 Miriana.

2.2 Parametri chimico-fisici

Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) vengono utilizzate sonde Idronaut (mod. Ocean Seven 316 Plus e Ocean Seven 304, Fig. 2.3).



Fig. 2.3 Sonda Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus e Ocean Seven 304 Plus

Nelle tabelle2.1 e 2.2 vengono riportate le specifiche dei sensori delle sonde.

Idronaut *Ocean Seven 316 Plus*

Tipo sensore	*Range*	*Accuracy*	*Resolution*
Temperatura	-3 … +50 C	0.003 °C	0.0002 °C
Conducibilità	0 …..70 mS/cm	0.003 mS/cm	0.0003 mS/cm
Ossigeno disciolto	0 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm
pH	0.. 14 pH	0.01 pH	0.001 pH
Redox	-1000.. +1000 mV	1 mV	0.1 mV

Tabella 2.1

Ocean Seven 304 Plus

Tipo sensore	*Range*	*Accuracy*	*Resolution*
Temperatura	-3 … +35 C	0.002 °C	0.0001 °C
Conducibilità	0 …..90 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm
Ossigeno disciolto	0 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm

Tabella 2.2

2.3 Parametri meteorologici

I dati relativi alla piovosità annuale e alla temperatura dell'aria provengono dal "Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni, dell'Ambiente e del Territorio dell'Università di Genova" (www.dicat.unige.it) e dal sito di meteorologia Eurometeo (www.eurometeo.com).

I dati relativi all'intensità e direzione del vento provengono dal Servizio Mareografico dell'ISPRA (www.mareografico.it).

2.4 Coliformi fecali

I campioni, trasportati in contenitori refrigerati, sono stati analizzati presso il laboratorio dell'IREN ACQUA GAS entro i tempi previsti dai metodi analitici impiegati. Per l'analisi è stato utilizzato il metodo della filtrazione su membrana (MF), descritto nel manuale IRSA/CNR.

Con questo metodo, che consiste in una prova presuntiva e in una prova di conferma, viene calcolata la concentrazione dei coliformi totali che, presenti in un campione di acqua, sulla superficie di una membrana, posta su terreno di coltura agarizzato, hanno formato colonie tipiche prodotte dai microrganismi ricercati. Di seguito vengono proposti tre substrati di isolamento alternativi.

Il numero di coliformi totali isolati si calcola in base al numero di colonie contate, ed eventualmente sottoposte a conferma, considerando l'eventuale diluizione e riportando il valore come Unità Formanti Colonia per 100 ml di campione (UFC/100 ml).

La procedura analitica viene utilizzata per acque superficiali e per acque reflue anche sottoposte a trattamento.

2.5 Azoto ammoniacale

I campioni, trasportati in contenitori refrigerati, sono stati analizzati presso il laboratorio IREN ACQUA GAS entro i tempi previsti dai metodi analitici impiegati. Per l'analisi è stata utilizzata la procedura descritta nel manuale IRSA/CNR. La metodica utilizzata è quella della determinazione spettrofotometrica all'indofenolo.

L'ammoniaca per reazione con salicilato sodico e cloro forma un derivato dell'indofenolo, il quale, in ambiente nettamente alcalino e in presenza di nitroprussiato sodico, che agisce da catalizzatore, assume una colorazione verde-blu, misurabile spettrofotometricamente alla lunghezza d'onda di 690 nm. L'aumento delle concentrazioni dei reagenti può determinare la reazione di composti organici azotati labili e una diminuzione dei tempi di reazione. La reazione che porta alla formazione dell'indofenolo è caratterizzata da un meccanismo complesso; probabilmente si forma una cloroimmide chinonica in uno step intermedio.

3 RISULTATI E DISCUSSIONE

Tutti i risultati provenienti dal monitoraggio effettuato nell'anno 2013 sono riportati nelle relazioni mensili e trimestrali (CD allegato); le rappresentazioni grafiche mensili dei parametri monitorati sono riportate nell'appendice 1.

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale

Nel corso del programma di monitoraggio, in atto ormai da più di 10 anni, sono emersi alcuni andamenti generali delle caratteristiche delle acque portuali, sia spaziali sia temporali. Tali andamenti risultano evidenti anche se l'estensione spaziale e il momento in cui si manifestano possono variare di anno in anno. Tale variabilità è riconducibile in varia misura al succedersi delle stagioni, alle attività antropiche che insistono sull'area portuale e alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

La temperatura sub-superficiale dell'acqua presenta nel suo andamento stagionale una spiccata periodicità, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo fra luglio e agosto, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate, e segue l'evoluzione della temperatura atmosferica.

In quasi tutte le stagioni le stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel a Sampierdarena, si distinguono per la temperatura più elevata di circa 1-5 °C rispetto al resto del bacino.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in quasi tutti i mesi i principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del Polcevera e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna. Entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. In concomitanza con i massimi pluviometrici stagionali tendono però a esondare, o comunque ad aumentare notevolmente la portata con evidenti diminuzioni della salinità in corrispondenza delle foci.

Lo scarico del depuratore in Darsena, pur risentendo del regime delle precipitazioni poiché raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano del centro storico di Genova, ha comunque una portata tale da influire sulla salinità del corpo recettore a prescindere dalla frequenza e dall'intensità delle piogge.

Nel bacino di Voltri sfociano alcuni rivi minori con portate molto basse, che non alterano la salinità dell'area se non in caso di precipitazioni molto intense. Negli ultimi anni si è però riscontrata una diminuzione della salinità nei periodi di maggior piovosità nella zona antistante Pegli e nel canale di Prà, questo fenomeno è probabilmente dovuto alla presenza del depuratore e di due torrenti.

Per quanto riguarda la clorofilla-a, le fluttuazioni sistematiche osservate sono da mettere in relazione sia con la variabilità stagionale degli apporti fluviali e delle altre immissioni puntuali, sia con il ciclo stagionale di produzione-degradazione della materia organica. Infatti, da un punto di vista biogeochimico, il livello di irradiazione luminosa e la temperatura dell'acqua sono i due parametri fisici che determinano i periodi in cui la produzione primaria può essere intensa. Tuttavia, l'entità, la durata e la copertura delle fioriture algali sono determinate dalla quantità di nutrienti assimilabili dalle diverse comunità di produttori primari, e quindi anche alle modalità d'immissione dei nutrienti. Qualora i nutrienti vengano immessi nel corpo d'acqua in concomitanza con una fioritura, essi vengono assimilati ed entrano nella rete trofica. Di conseguenza, aumenta il loro tempo di residenza nel bacino, in quanto, attraverso la successiva rimineralizzazione delle alghe morte, i nutrienti possono completare il loro ciclo biogeochimico all'interno del bacino stesso. In mancanza di assimilazione da parte dei produttori primari, al contrario, i nutrienti immessi escono attraverso le bocche di porto ed entrano nei loro cicli biogeochimici nella fascia costiera.

Le concentrazioni della clorofilla-a nelle acque portuali seguono un tipico andamento stagionale. Durante il periodo autunnale-invernale la biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla-a) è più bassa; in seguito, nel periodo primaverile, quando la temperatura dell'acqua diventa sufficientemente elevata e la radiazione luminosa sufficientemente intensa, si osservano le prime fioriture fitoplanctoniche. Queste possono essere stimolate e sostenute dagli apporti di nutrienti provenienti da terra e si prolungano nella stagione estiva, fino a raggiungere solitamente i valori massimi nei mesi di luglio e agosto. Qualora gli apporti di nutrienti non siano sufficienti a compensare il consumo ad opera della comunità autotrofa, le fioriture possono terminare rapidamente. La clorofilla-a ritorna verso valori bassi tipici del periodo autunnale, in seguito alle progressive diminuzioni della temperatura dell'acqua e dell'intensità della radiazione solare.

Dalla distribuzione spazio-temporale della clorofilla-a, si evince anche che ciascun bacino portuale presenta una situazione differente, sia dal punto di vista della quantità massima di biomassa fitoplanctonica (espressa come clorofilla-a), che del periodo stagionale in cui viene raggiunta.

La distribuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto è modulata sia dal naturale ciclo di produzione del fitoplancton e dalla temperatura dell'acqua, e quindi dalla stagionalità, che dal carico organico proveniente dagli apporti di acqua dolce. In quasi tutte le stagioni, infatti, in corrispondenza dei principali scarichi da terra, si riscontrano valori minimi di ossigeno, la cui entità varia però secondo il periodo stagionale.

Altri parametri, invece, non hanno mostrato un particolare andamento stagionale. Ad esempio, la dinamica dell'ammoniaca e dei coliformi fecali, è regolata prevalentemente dai processi di trasporto dei carichi provenienti dagli scarichi immessi nei bacini.

In generale, le misure di qualità delle acque dipendono fortemente dalla variabilità delle portate dei corsi d'acqua: si ricorda che le portate sono estremamente variabili per i corsi d'acqua liguri, caratterizzati in maggior parte da un regime prettamente torrentizio. L'aumento della portata di un corso d'acqua o di uno scarico (in seguito ad eventi meteorici) influenza in modo diverso i vari contributi all'inquinamento. Ad esempio, per scarichi industriali o provenienti da depuratori, la cui portata è quasi costante nel tempo, può agire come "diluizione", mentre per inquinamento agricolo, zootecnico o urbano può tradursi in un aumento dei carichi, a causa del maggior dilavamento.
Anche i venti sono considerati forzanti meteorologiche importanti, in quanto influenzano gli scambi delle acque portuali con il mare aperto. In generale, le componenti da sud-sud-ovest, prevalenti nel periodo estivo e autunnale, tendono a confinare le acque all'interno dell'ambiente portuale. Viceversa, la componente da nord, prevalente nel periodo invernale e spesso caratterizzata da forte intensità, favorisce la fuoriuscita dell'acqua verso l'esterno, e quindi il ricambio con il mare aperto.
Sulla base del set di dati proveniente dal monitoraggio portuale tramite l'utilizzo di alcune analisi statistiche multivariate (analisi delle componenti principali e l'analisi dei fattori principali) si è giunti a una classificazione dei diversi siti all'interno dei tre bacini portuali. Si riportano qui di seguito i principali risultati ottenuti, rimandando alla relazione annuale relativa all'anno 2006 per una più completa trattazione delle analisi statistiche utilizzate.
L'analisi delle componenti principali ha evidenziato che i siti possono essere classificati e, quindi raggruppati, sulla base della qualità delle acque, definita come combinazione lineare delle concentrazioni dei parametri monitorati; tale classificazione è interpretabile in chiave geografica, in funzione della vicinanza dalle principali sorgenti puntuali, quali le foci dei torrenti, i depuratori e la zona industriale, e della vicinanza con le bocche del porto.

Nell'area portuale che si estende dalla foce del Bisagno alla foce del Polcevera, le stazioni più interne e poste in corrispondenza dei principali apporti da terra (10, 34-38, 41,129,130 colore arancione) si caratterizzano per una bassa salinità, basse concentrazioni di ossigeno disciolto. In direzione opposta si posizionano le stazioni vicine alle bocche portuali (101-105, colore blu) con salinità più elevate, maggiori concentrazioni di ossigeno; le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con aumento dell'ossigeno disciolto e della salinità. Le stazioni 24 e 25 (colore rosso), poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel, si distinguono per la temperatura più elevata.
Anche nel bacino di Multedo le stazioni più interne e poste in corrispondenza dei principali apporti da terra (42-45, colore arancione) si raggruppano e le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con concentrazioni di ammoniaca e coliformi decrescenti e aumento dell'ossigeno disciolto, un andamento simile lo presentano anche le stazioni interne al canale di Prà (78, colore arancione).

Le stazioni più esterne (80-85, 138, colore blu) sono caratterizzate da un gradiente che va da quelle più vicine alle bocche a quelle più distanti con un aumento della salinità e della temperatura dell'acqua.

In figura *3.1 a e b* sono riportate le analisi delle componenti principali riferite al bacino di Genova (a) e al bacino di Multedo-Voltri (b). Ogni gruppo è evidenziato con colore diverso nel grafico.

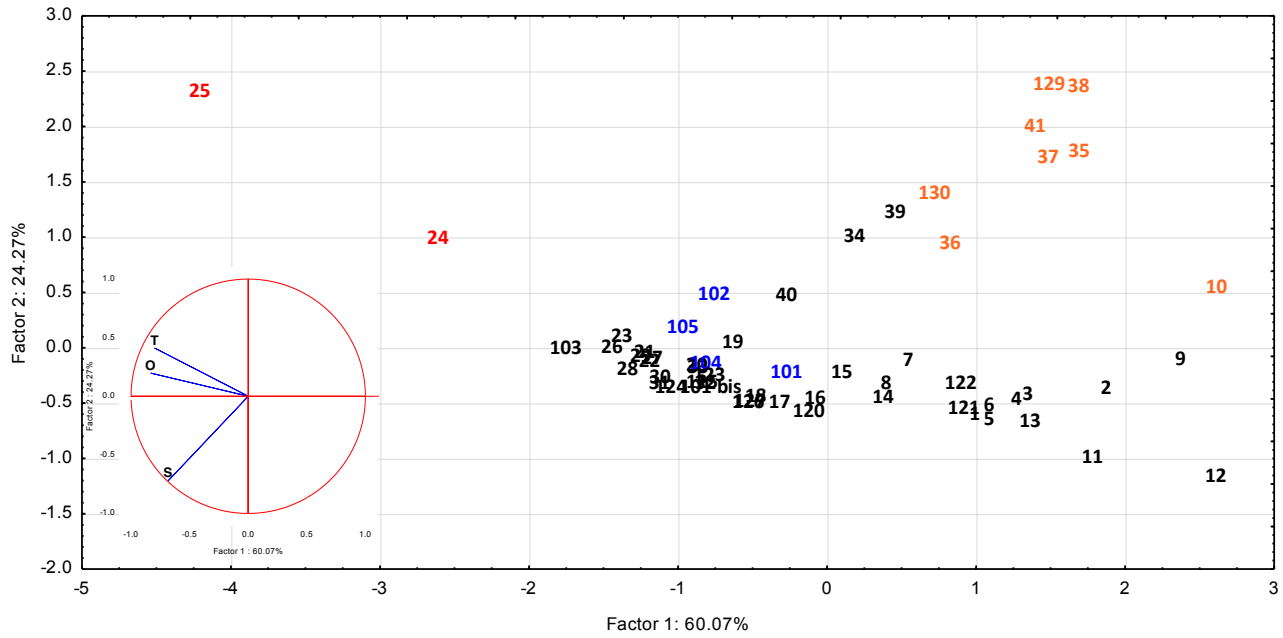


Fig 3.1 a

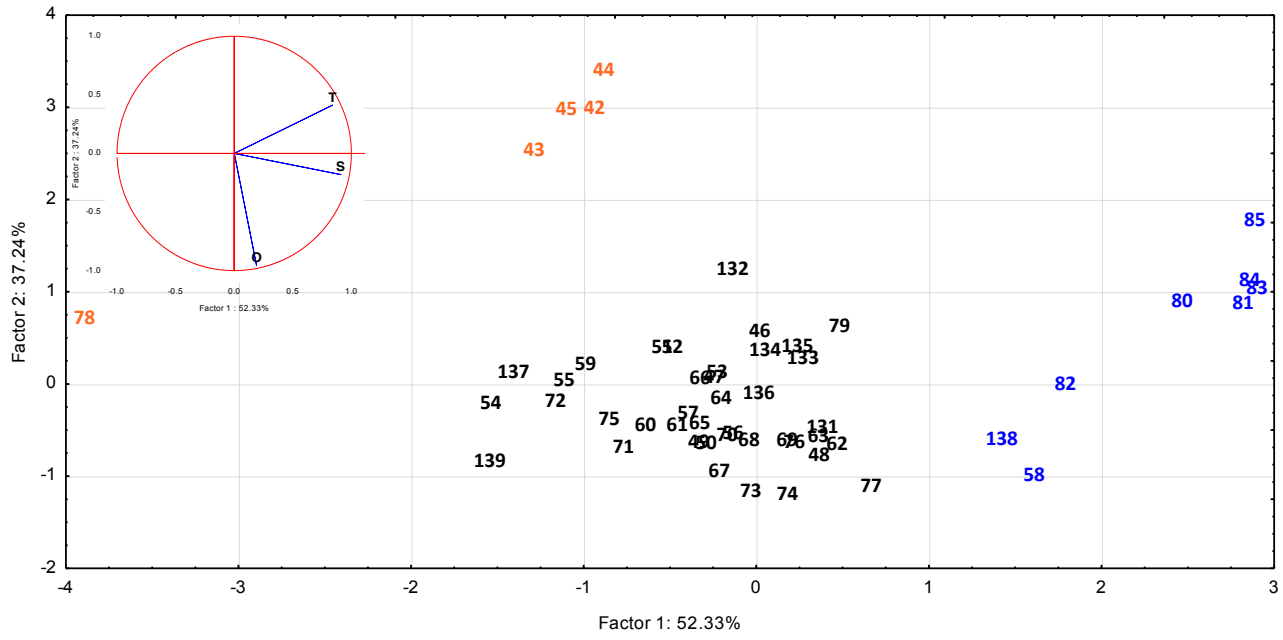


Fig 3.1 b

Fig. 3.1 a-b analisi delle componenti principali porto di Genova

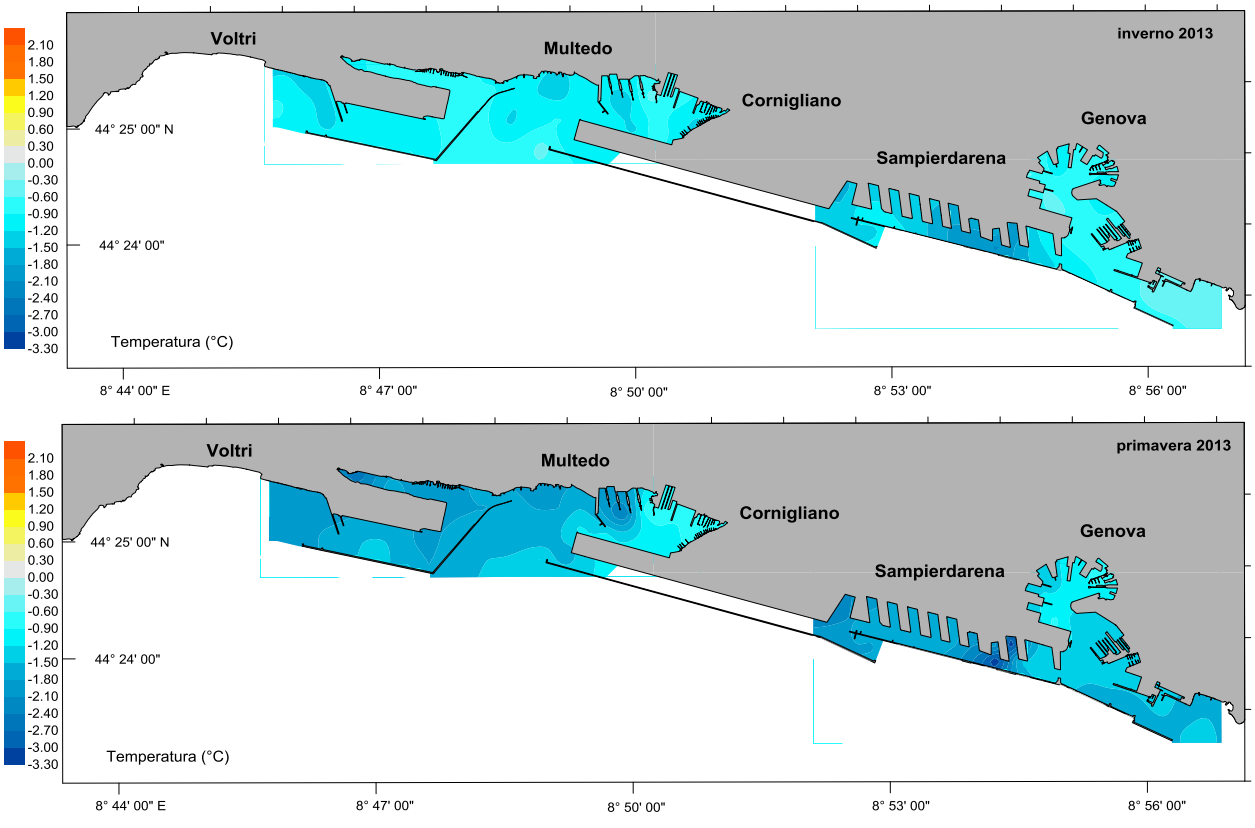
3.2 L'anno 2013

La sequenza di eventi descritti nella sezione 3.1, così come la classificazione delle stazioni del monitoraggio, è stata riscontrata in maniera evidente anche nel 2013, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2013 sono riportati in appendice.

Anche nel 2013 come nell'anno precedente alcune zone dell'area Portuale sono state soggette ad attività di dragaggio dei fondali. Questo fenomeno potrebbe aver modificato alcune dinamiche dell'area portuale e potrebbe influenzare la variabilità di alcuni parametri. Si conferma che bisognerà aspettare ancora qualche anno però per valutare se le variabilità riscontrate sono da attribuire all'effetto di tali attività o s'inseriscono nella normale variabilità del sistema.

Per meglio evidenziare la presenza di alcune differenze nei risultati del monitoraggio relativo all'anno 2013 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2012). Il confronto tra le anomalie stagionali e le evoluzioni dei principali parametri meteorologici nel periodo in questione, indica che le variabilità interannuali possono essere in parte ricondotte alla quantità e distribuzione temporale della piovosità annuale e alla temperatura atmosferica.

In Fig. 3.2 sono riportate le anomalie della temperatura delle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2013.



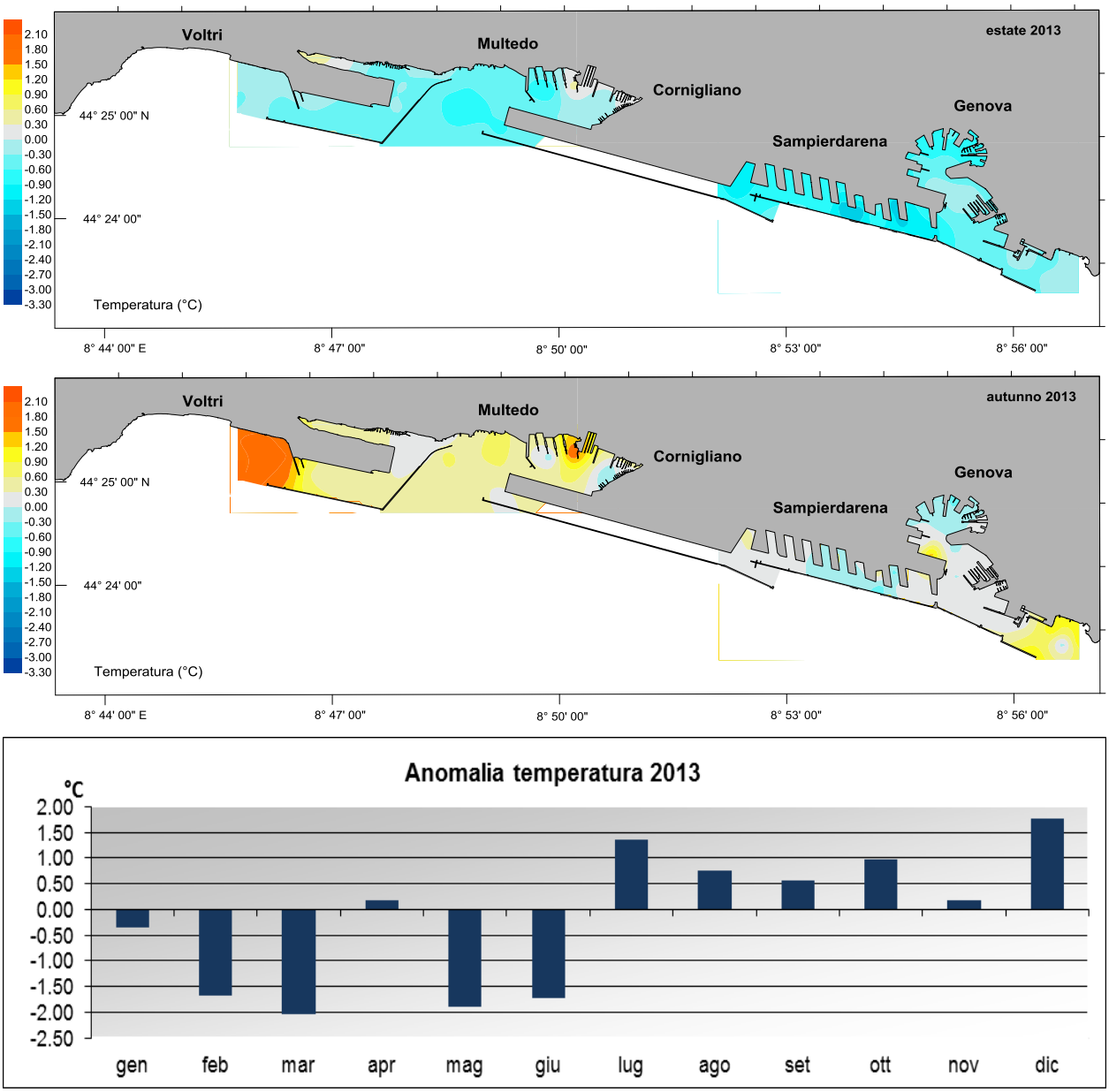


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2013

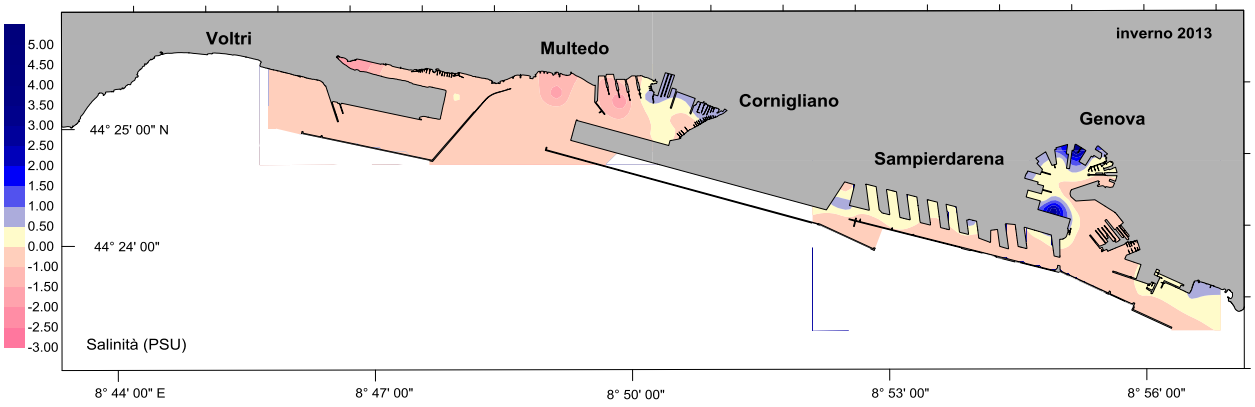
Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2013 è stato in generale caratterizzato da temperature abbastanza discordanti dalla media. In quasi tutti i mesi invernali e primaverili i valori di temperatura sono inferiori alla media, mentre i mesi estivi e autunnali presentano temperature tendenzialmente maggiori della media storica. I mesi di gennaio, aprile e novembre presentano valori simili alla media storica.

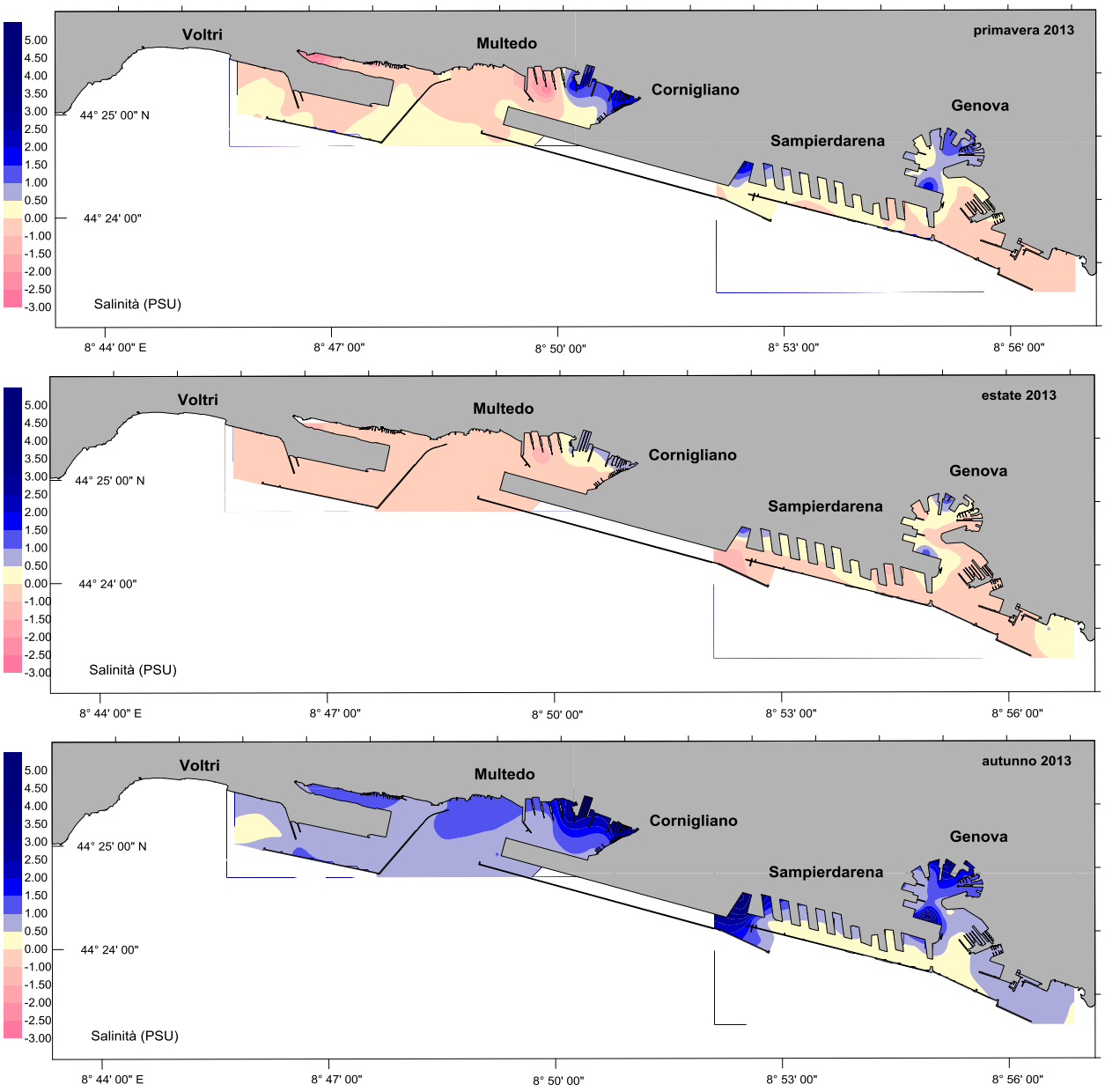
Analizzando le anomalie della temperatura dell'acqua possiamo notare che:

- In inverno si trovano anomalie negative in tutta l'area portuale. In particolare si notano anomalie più marcate nel canale di Sampierdarena, alla foce del Polcevera e nella zona di mare davanti a Voltri.
- In primavera si notano anomalie negative in tutta l'area portuale. Le anomalie più marcate si riscontrano nei pressi della centrale dell'Enel. Anomalie meno importanti si riscontrano nel bacino di Multedo nell'area del Porto Antico.
- In estate si riscontrano anomalie vicine allo zero o leggermente negative in tutta la zona portuale, fatta eccezione la zona antistante Voltri che presenta valori leggermente positivi.
- In autunno si riscontrano anomalie positive nel bacino di Voltri e nella zona di Prà, nel bacino di Multedo si notano anomalie prossime allo zero con zone confinate in cui si riscontrano anomalie negative e anomalie positive. La zona di mare aperto davanti a Voltri presenta anomalie fortemente positive. Nel bacino di Genova si hanno anomalie leggermente positive nell'area di Punta Vagno e, mentre nella zona di Sampierdarena e della Darsena si riscontrano anomalie leggermente negative.

Per tutte le stagioni l'andamento delle anomalie della temperatura dell'acqua è abbastanza in accordo con quello delle anomalie della temperatura atmosferica, in particolare per la stagione invernale e primaverile. Si nota che in tutte e quattro le stagioni, la zona di Sampierdarena presenta anomalie negative.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2013.





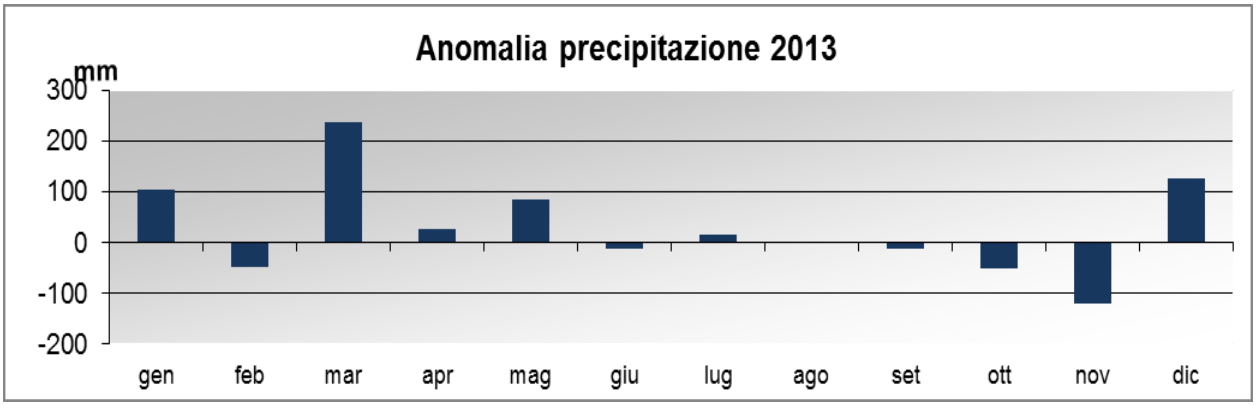


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2013

Il periodo invernale è stato caratterizzato da precipitazioni superiori alla media nei mesi di gennaio e marzo, mentre a febbraio le precipitazioni sono inferiori alla media. I mesi primaverili sono stati caratterizzati da precipitazioni nella media per il mese di giugno, nei mesi di aprile e maggio si sono registrate precipitazioni maggiori della media. Nei mesi estivi le precipitazioni sono state simili alla media per tutto il periodo.. Nei mesi autunnali le precipitazioni sono state inferiori la media, a parte il mese di dicembre con precipitazioni superiori alla media.

Analizzando le anomalie della salinità possiamo notare che:

- In inverno si sono riscontrate anomalie negative o vicine alla media in tutta l'area portuale, fatta eccezione per alcune zone del Porto Antico e del bacino di Multedo che presentano anomalie positive.
- In primavera si notano anomalie negative o intorno allo zero in quasi tutto il porto. Nelle zone più influenzate da apporti di acque dolci, cioè la foce del Polcevera, il Porto Antico e la foce del Chiaravagna le anomalie sono inferiori alla media.
- In estate le anomalie sono molto vicine allo zero in tutta l'area, a parte che alle foci del Chiaravagna e del Polcevera, presso il depuratore della Darsena, dove si notano anomalie positive.
- In autunno quasi tutta la zona è interessata da anomalie positive; le foci del Chiaravagna e del Polcevera, e la zona presso il depuratore in Darsena presentano anomalie marcatamente positive.

L'andamento delle anomalie della salinità è abbastanza in accordo con quello delle anomalie delle precipitazioni, anche se si può notare come in quasi tutte le stagioni nelle zone più interessate da apporti di acque dolci le anomalie sono inferiori alla media, questo probabilmente perché le piogge sono state circoscritte a brevi periodi che possono non avere influenzato la salinità nel lungo periodo nelle zone descritte.

In Fig. 3.4 sono riportate le anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

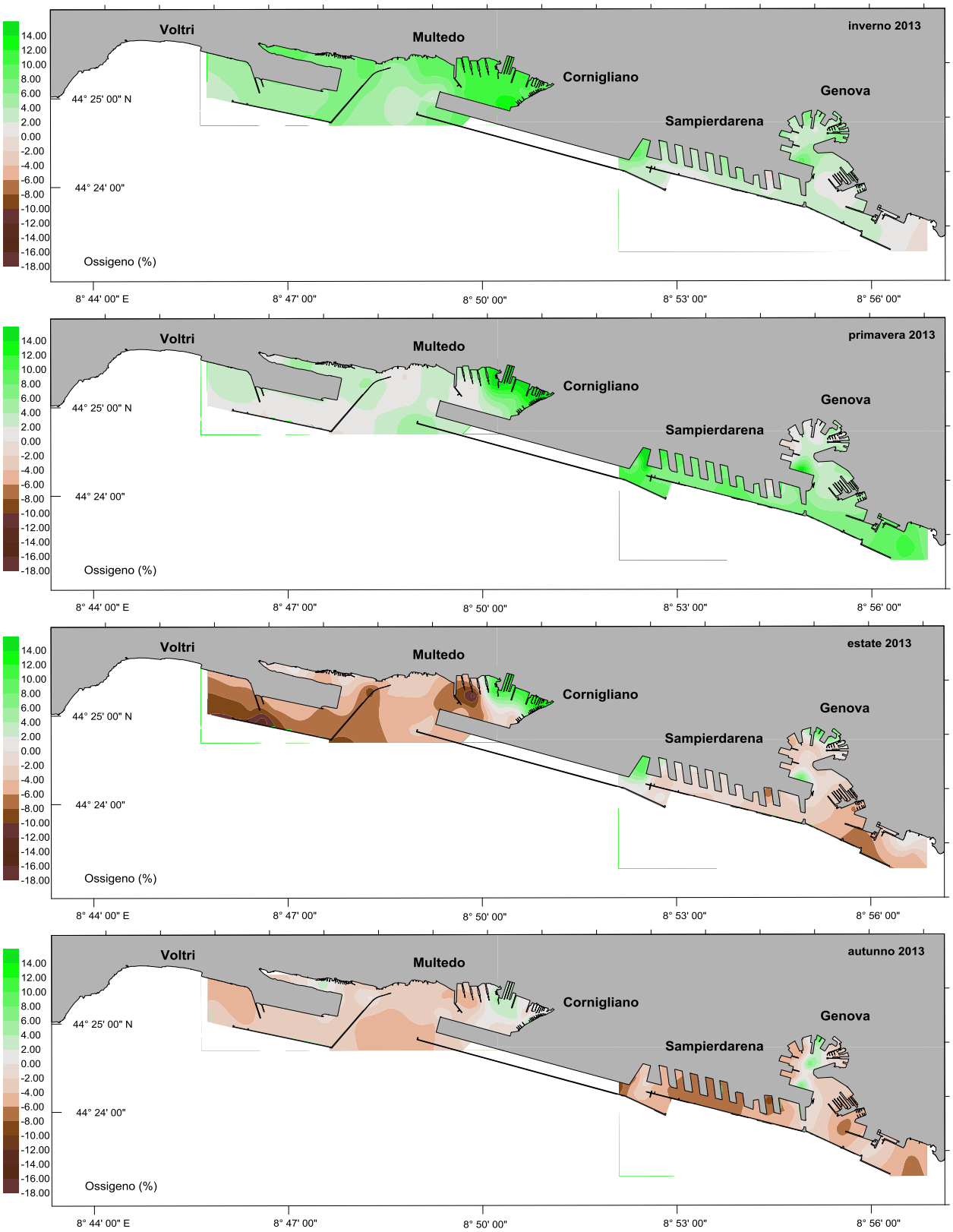


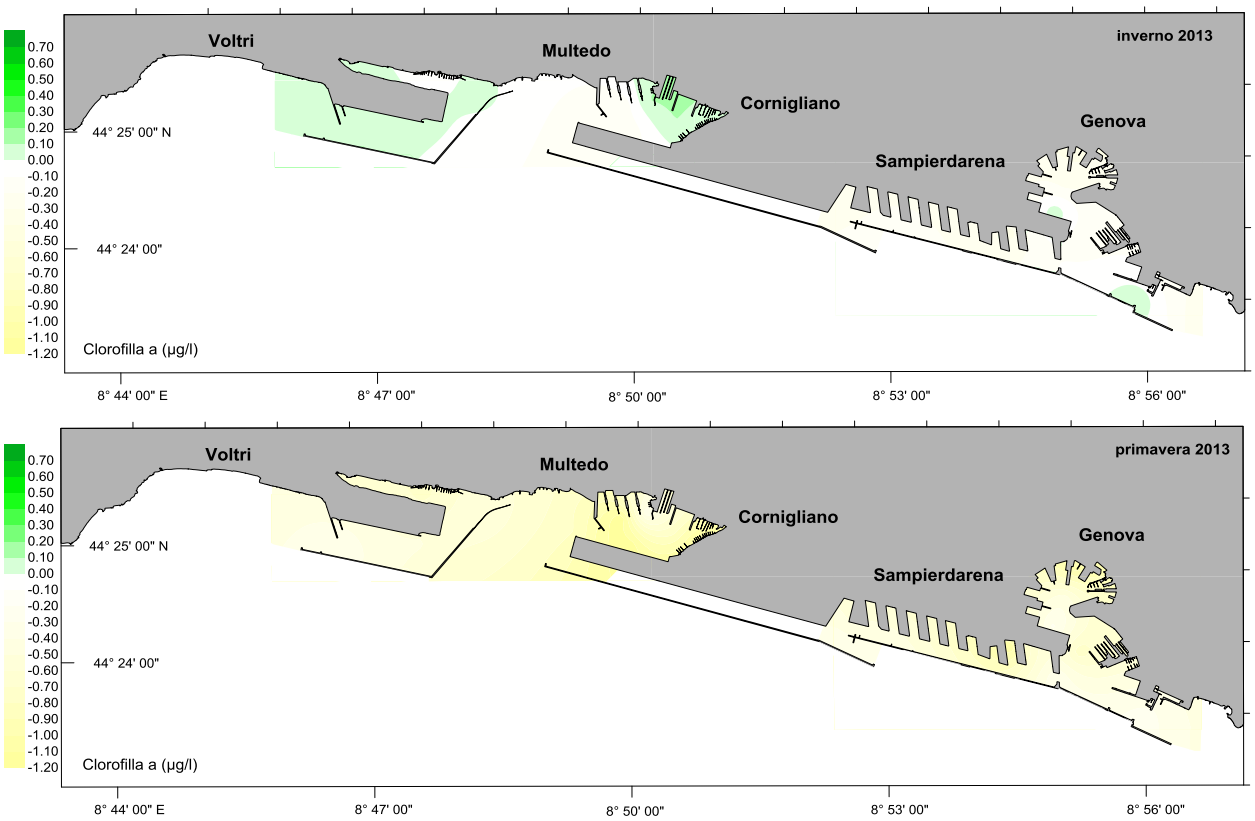
Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2013

Considerando l'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, possiamo evidenziare:

- In inverno presenta un'anomalia positiva o vicina allo zero in tutta l'area portuale.
- In primavera si notano anomalie positive o prossime allo zero in tutta l'area portuale.
- In estate, in tutta l'area portuale, l'anomalia è negativa, in maniera molto marcata per quanto riguarda il bacino di Voltri. Fanno eccezione le foci del Chiaravagna e del Polcevera, e alcune zone del Porto Antico, dove l'anomalia è leggermente positiva.
- In autunno tutta la zona del Porto è interessata da un'anomalia leggermente negativa, solo nella zona di Multedo si ha un'anomalia positiva.

L'evoluzione stagionale dell'ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell'acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra).

In Fig. 3.5 sono riportate le anomalie della concentrazione di clorofilla a nelle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



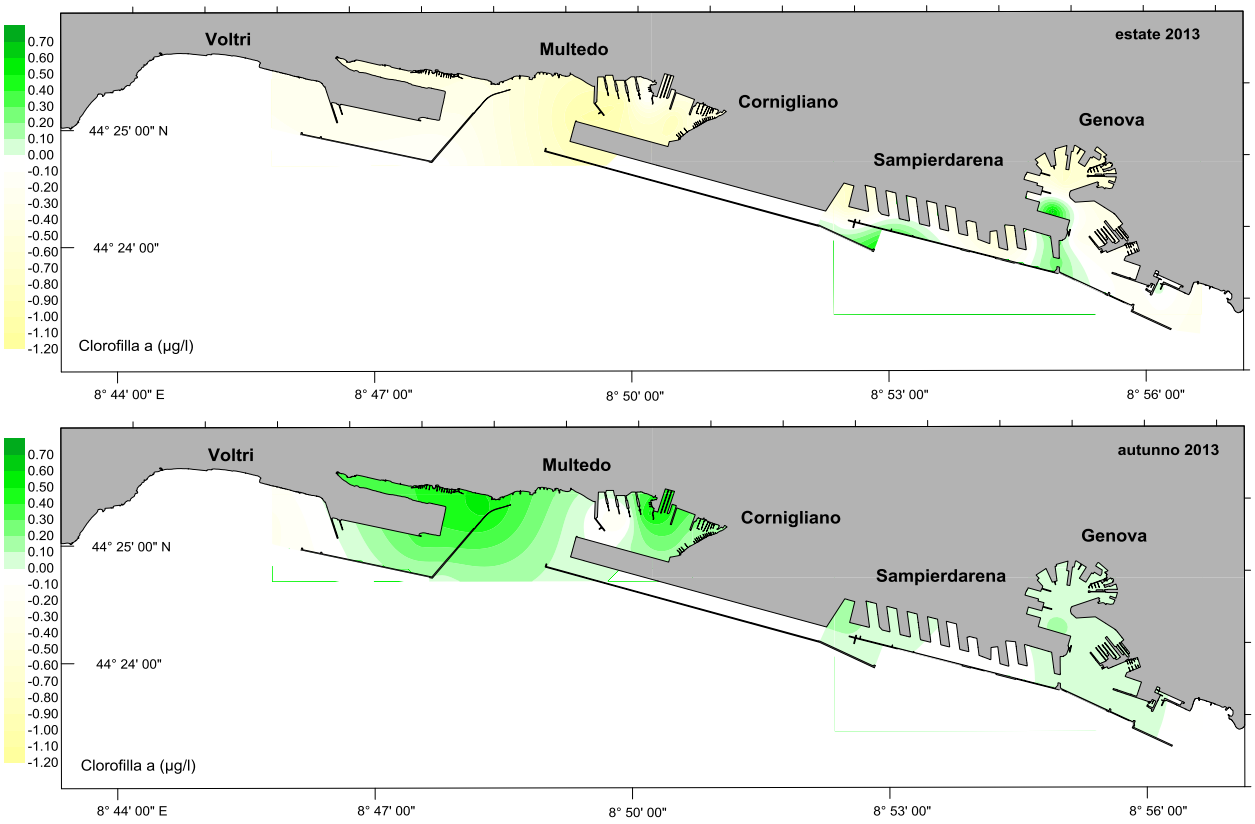


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2013

Considerando le anomalie della clorofilla-a possiamo osservare:

- In inverno le anomalie sono positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale. In primavera si riscontrano anomalie negative in tutta la zona del porto.
- In estate, in tutta quasi tutta l'area portuale, le anomalie sono leggermente negative o prossime allo zero. Si riscontrano anomalie positive in alcune zone del bacino di Genova, in particolare all'imboccatura di ponente e all'imboccatura di levante del canale di Sampierdarena.
- In autunno le anomalie sono v positive in quasi tutta la zona portuale, e in alcune zone prossime allo zero.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

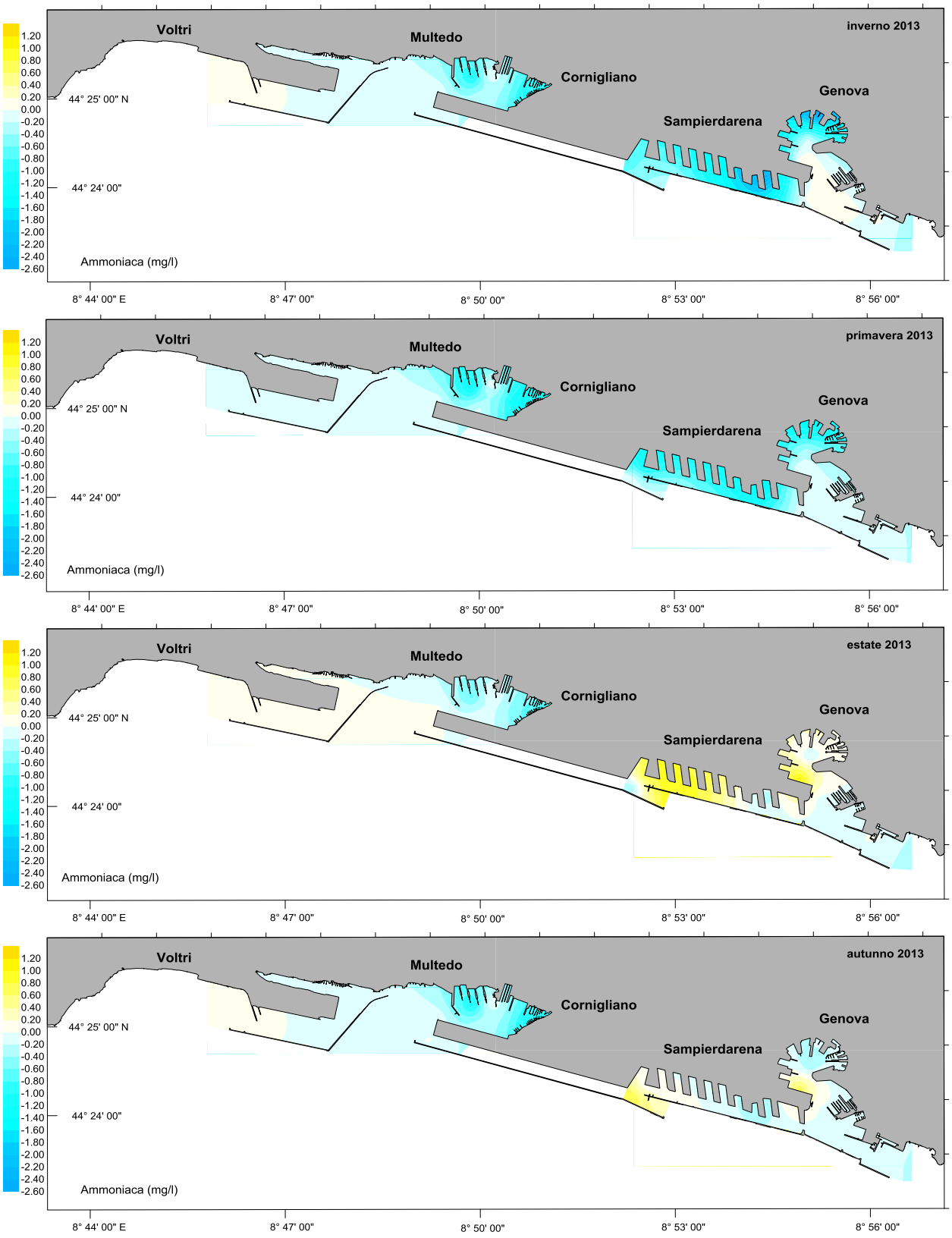
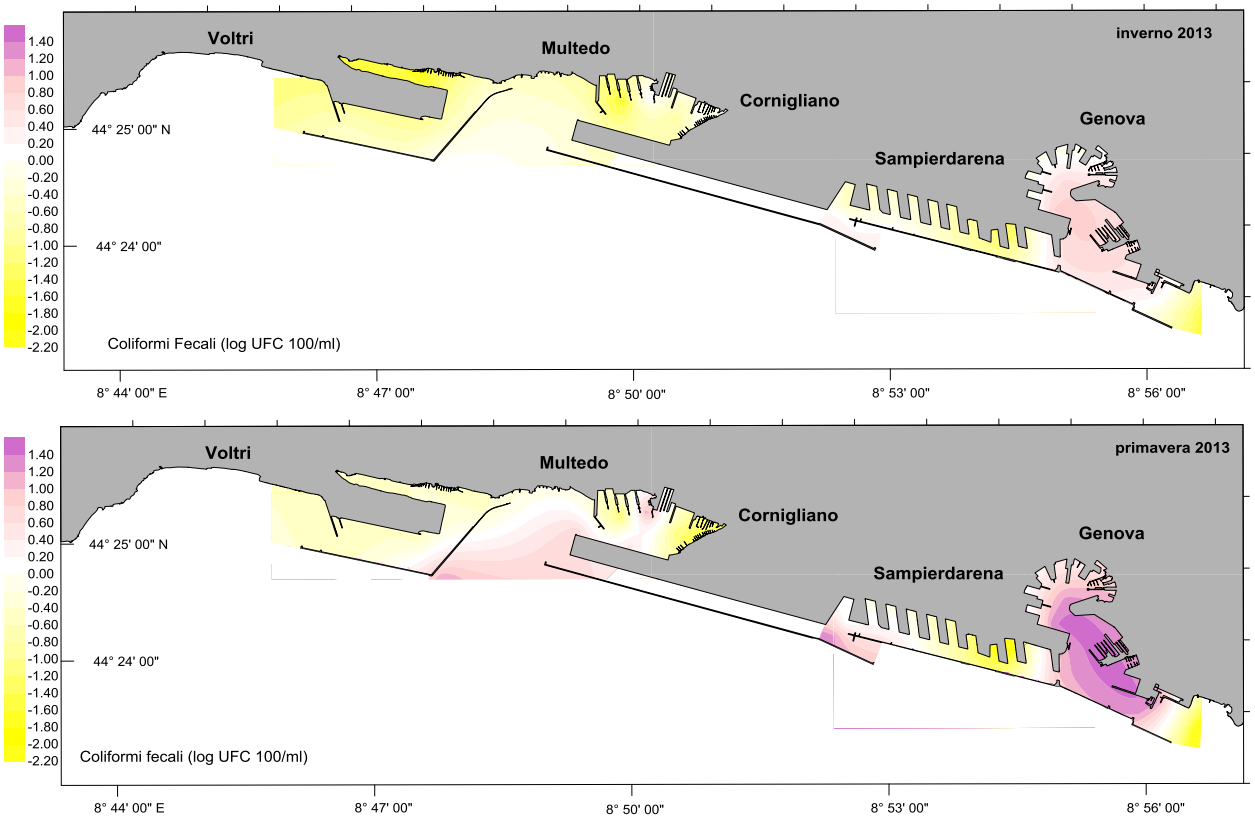


Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2013

Analizzando le anomalie dell'ammoniaca possiamo notare:

- In inverno le anomalie sono negative o prossime allo zero in tutto il porto, in particolare nelle zone del Porto Antico, del canale di Sampierdarena e della foce del Chiaravagna.
- In primavera le anomalie sono negative, in particolare nelle zone del Porto Antico, del canale di Sampierdarena e della foce del Chiaravagna.
- In estate le anomalie sono vicine allo zero in tutta l'area; alla foce del Chiaravagna le anomalie sono negative, mentre presso la foce del Polcevera si riscontra un'anomalia positiva.
- In autunno, in quasi tutta, l'area le anomalie sono prossime allo zero e negative. Alla foce del Polcevera le anomalie sono invece positive.

In Fig. 3.7 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2013, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



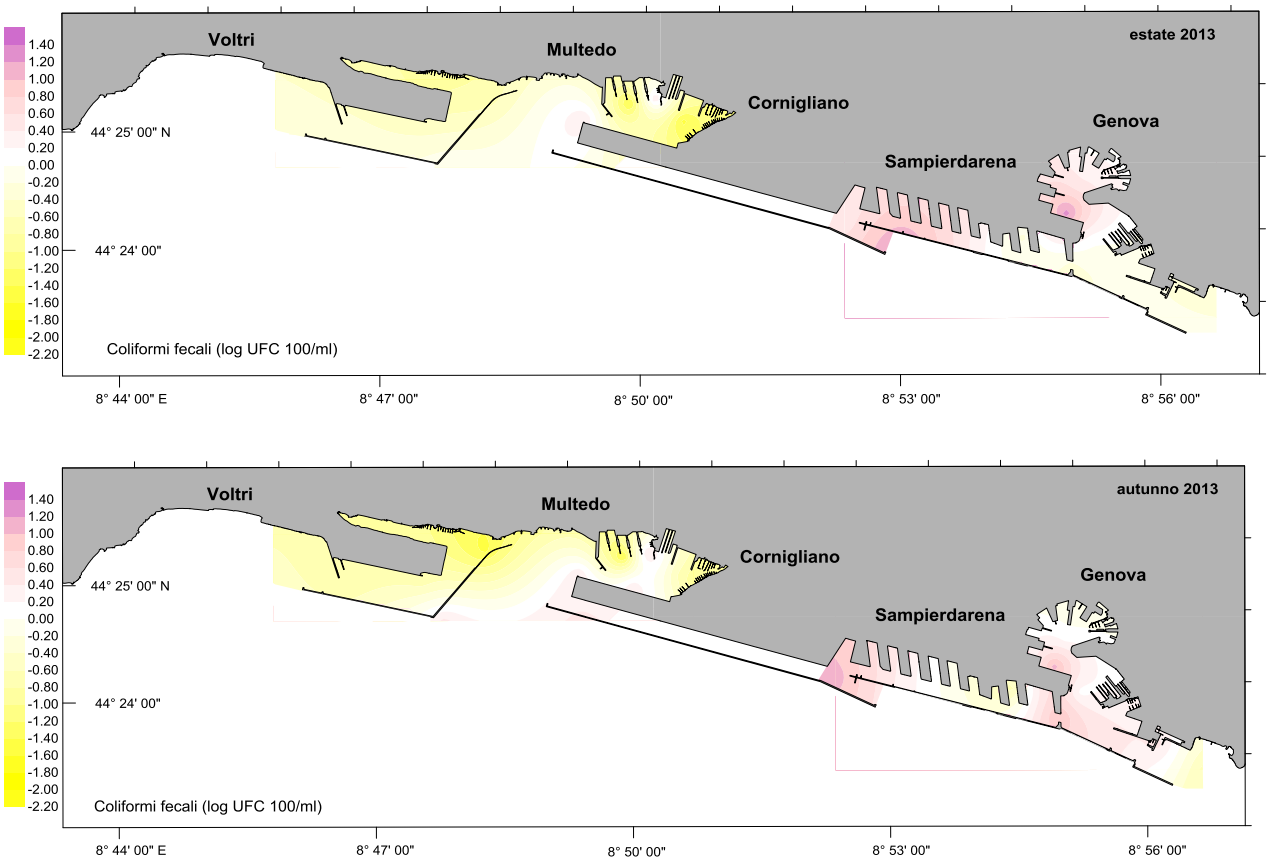


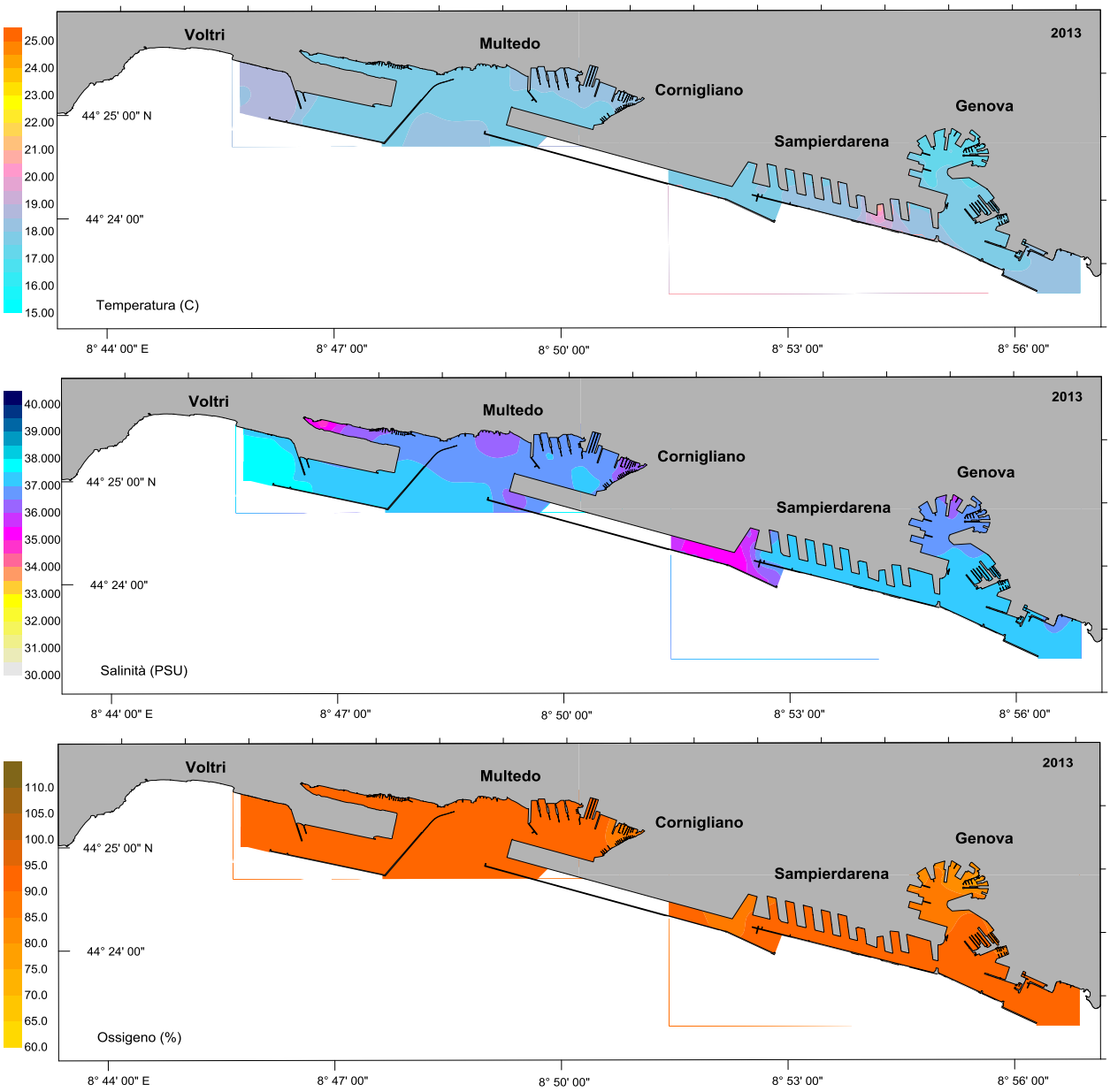
Fig. 3.7 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2013

Analizzando la concentrazione di coliformi fecali possiamo evidenziare che:

- In inverno le anomalie sono negative in tutta l'area dei bacini di Voltri-Multedo, alla foce del Polcevera e nell'area di Punta Vagno. La zona del Porto Antico e dell'imboccatura di ponente del bacino di Genova presentano anomalie positive.
- In primavera la zona compresa tra il bacino di Voltri e il bacino di Multedo, così come la zona del Porto Antico e della foce del Polcevera presentano anomalie positive. Al contrario il canale di Sampierdarena, la foce del Chiaravagna e il bacino di Voltri presentano anomalie negative.
- In estate i Bacini di Voltri e Multedo presentano anomalie negative o prossime allo zero. La zona della foce del Polcevera, il canale Sampierdarena e l'area del Porto Antico presentano anomalie positive.
- In autunno tutta l'area dei bacini di Multedo e Voltri, così come quella di Punta Vagno, presenta anomalie negative o vicine allo zero. Nelle restanti zone si riscontrano anomalie positive.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2013 (salinità, temperatura, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali) è stato condotto utilizzando le distribuzioni dei dati, in maniera da evidenziare a livello qualitativo la presenza di gradienti di concentrazione.

I valori medi annuali dei parametri nei siti di campionamento sono stati interpolati mediante il programma grafico Surfer 12 (Goldensoftware), ottenendo delle mappe che evidenziano in maniera intuitiva i principali tratti della loro variabilità spaziale (Fig. 3.8).



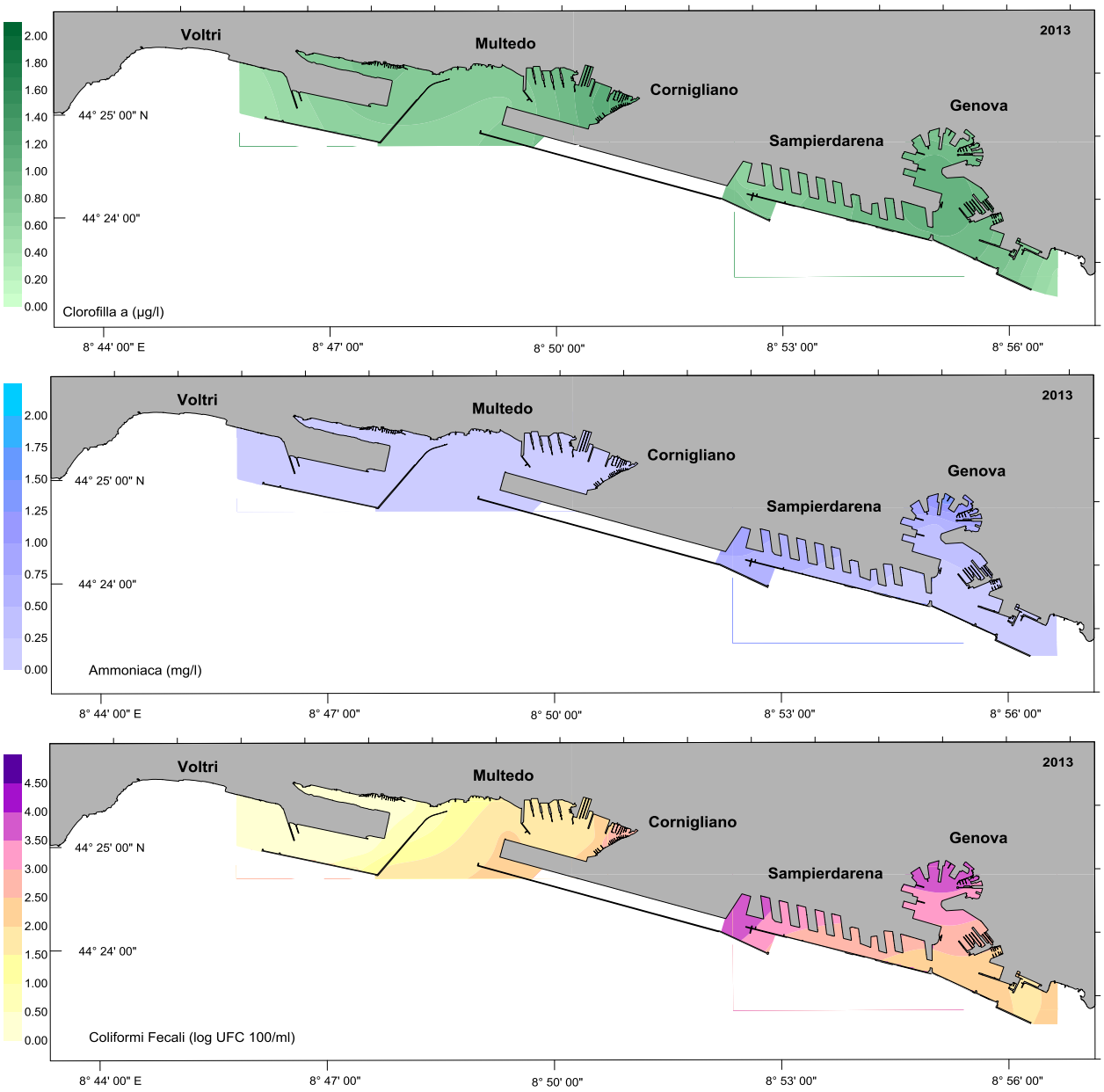


Fig. 3.8 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali.

La distribuzione della temperatura evidenzia, nella Darsena e a Multedo, un gradiente crescente verso le bocche portuali, a indicare una minore temperatura degli scarichi provenienti da terra. Le stazioni poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica dell'Enel a Sampierdarena, si distinguono per la temperatura più elevata di circa 3.20°C rispetto al resto del bacino. Confrontando con i dati dell'anno precedente si nota come l'innalzamento di temperatura in questa zona sia aumentato di circa 1°C.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci e, infatti, i valori minimi si trovano alla foce del Polcevera e presso il depuratore in Darsena. Nella zona di Multedo-Voltri i valori più bassi di salinità si trovano alla foce del Chiaravagna e nel

canale di Prà. Il bacino di Voltri ha, in generale, una salinità più elevata e uniforme, simile a quella del mare.

La concentrazione dell'ossigeno diminuisce in corrispondenza degli scarichi di acqua dolce da terra (Darsena, foce del Polcevera; foce del Chiaravagna), mentre risulta piuttosto omogenea nel resto del bacino.

I massimi di clorofilla-a, che rappresenta una stima dell'effettivo sviluppo raggiunto dal fitoplancton, sono collocati all'interno del bacino di Multedo e nella zona del Porto Antico, in corrispondenza dei maggiori apporti da terra. Si nota un gradiente decrescente verso le bocche portuali. Si nota come nel bacino di Genova, sia nella zona del depuratore in Darsena che alla foce del Polcevera, i massimi di clorofilla non corrispondono esattamente agli scarichi ma si localizzano leggermente più lontano.

I massimi relativi di concentrazione di ammoniaca e coliformi fecali, indici di contaminazione antropica, ai quali solitamente corrispondono basse concentrazioni di ossigeno disciolto e salinità più basse, si trovano in corrispondenza degli scarichi del depuratore in Darsena e in prossimità della foce del Polcevera. Le concentrazioni decrescono man mano che ci si sposta dalla parte più interna dei bacini, maggiormente influenzata dalle immissioni da terra e caratterizzata da basso idrodinamismo, alle bocche del porto. Nel bacino di Multedo si sono riscontrati leggeri aumenti della concentrazione di coliformi fecali e di ammoniaca in prossimità della foce del Chiaravagna. Rispetto agli anni precedenti si nota che nella zona della foce del Chiaravagna i valori sono diminuiti.

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti

L'analisi statistica multivariata e le distribuzioni spaziali dei parametri hanno evidenziato alcune aree "critiche" all'interno dell'area portuale, così definite in base alla concentrazione di quei parametri tipici di una contaminazione antropica, quali ammoniaca e coliformi fecali. Anche gli altri parametri provenienti dal monitoraggio possono essere considerati indicatori indiretti di contaminazione antropica: la clorofilla e l'ossigeno disciolto risentono della presenza di scarichi civili per la maggiore disponibilità di nutrienti inorganici che favoriscono lo sviluppo della comunità fitoplanctonica e per l'apporto di sostanza organica la cui degradazione richiede consumo di ossigeno; anche diminuzioni di salinità e diminuzioni di temperatura possono essere relazionate alla presenza di scarichi da terra. La vicinanza con gli scarichi provenienti da terra e il grado di confinamento delle acque, infine, rappresentano due fattori che condizionano la dispersione degli inquinanti nell'ambiente portuale.

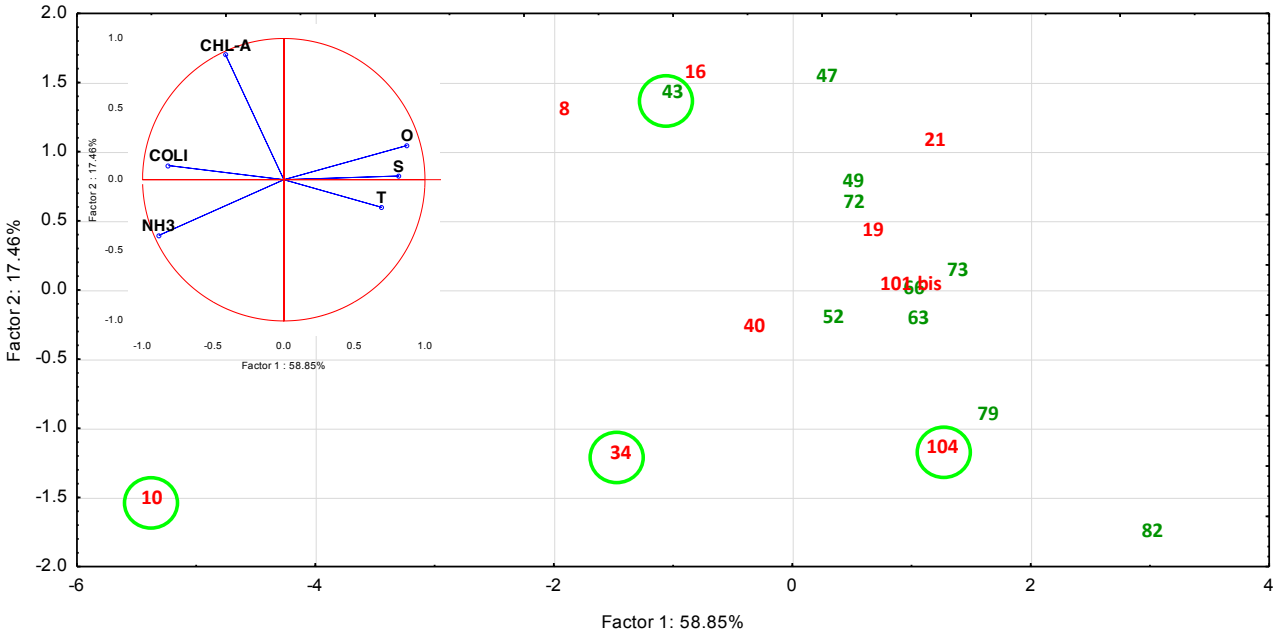


Fig 3.9 Analisi delle componenti principali applicata ai bacini di Genova (rosso) e Multedo-Voltri (verde) per le sole stazioni in cui si eseguono le analisi di ammoniaca, coliformi fecali e clorofilla-a; sono cerchiati i 4 siti critici.

I siti che possono presentare le maggiori criticità ambientali sono:

- Darsena, caratterizzata da uno scarso ricambio idrico e dalla presenza dello scarico del depuratore;
- Foce del torrente Bisagno, soggetta a rischio sia biologico, sia industriale per la presenza lungo l'asta torrentizia di numerosi insediamenti artigianali e industriali;
- Punta Vagno, area a possibile rischio ambientale di origine biologica, poiché in zona è presente un impianto di depurazione degli scarichi civili cittadini;

- Foce del torrente Polcevera, che presenta notevoli problematiche ambientali, sia per gli apporti alluvionali che il Polcevera trasporta, sia per la presenza, in prossimità della foce, dello scarico del depuratore della Valpolcevera;
- Foce del torrente Chiaravagna, all'interno del bacino del Porto Petroli; l'immissione in un bacino basso e semichiuso non consente l'adeguato sviluppo di meccanismi di autodepurazione biologica né di diluizione, compromettendo la qualità delle acque marine nel corpo ricettore.

Nei grafici seguenti, si riporta l'andamento, durante l'anno 2013, dei principali parametri provenienti dal monitoraggio in alcune stazioni poste all'interno di queste aree critiche; per verificare se ci siano state differenze significative rispetto agli anni passati, viene anche riportato l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2012) dei parametri nelle stesse stazioni. Inoltre, poiché all'interno o in prossimità delle acque portuali sono presenti i punti di scarico di alcuni dei depuratori delle acque reflue urbane, si riportano i valori limite, per l'ammoniaca e i coliformi fecali, di cui alla tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni e integrazioni (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento) (vedi tabella 3.1). Infatti, la legge regionale (Liguria) n. 11 del 22 marzo 1993 (Autorizzazione agli scarichi delle pubbliche fognature del Comune di Genova in ambito portuale), Art. 1, prevede che: "*Fino alla realizzazione delle condotte di scarico che consentano il rispetto delle distanze e delle profondità stabilite in applicazione dell'articolo 9 commi 3 e 4 della legge regionale 1 settembre 1982 n. 38 per i punti di scarico dei depuratori delle acque reflue urbane la Provincia di Genova su richiesta del Comune di Genova può autorizzare gli scarichi nelle acque portuali dei depuratori siti in Darsena e in Sestri Ponente purché gli stessi rispettino i limiti di cui alla tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni e purché non siano di ostacolo o di limite alla manovra e all'operatività dei natanti e dei veicoli terrestri di interscambio.*"

Azoto Ammoniacale (mg/l) espresso come NH4+:	**15**
Coliformi fecali (MPN/100 ml):	**12000**

Tabella 3.1 Valori limite per l'ammoniaca e i coliformi fecali, riportati nella tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento).

Darsena

Nella zona della Darsena, la stazione di campionamento posta in corrispondenza dello scarico del depuratore è la numero 10 (vedi figura 3.10).

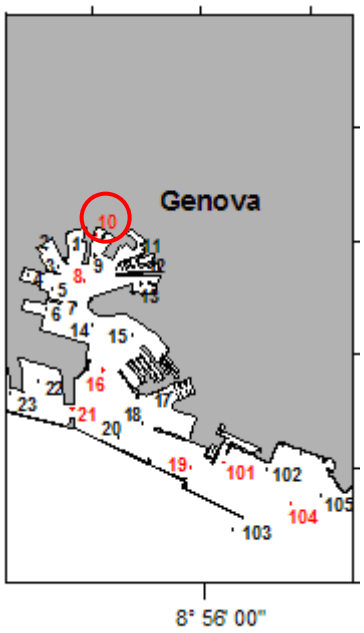
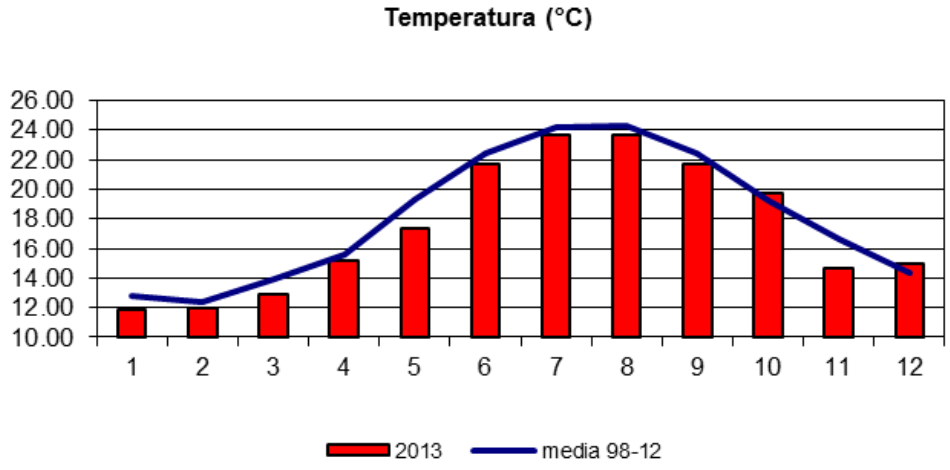


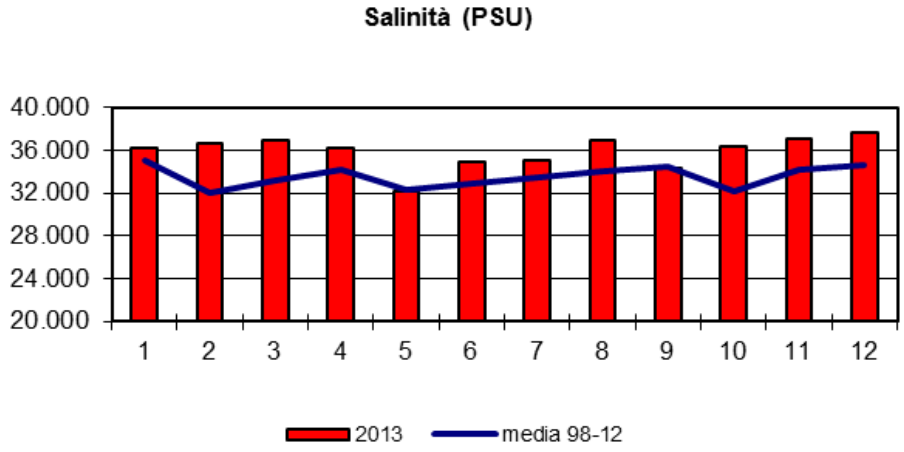
Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

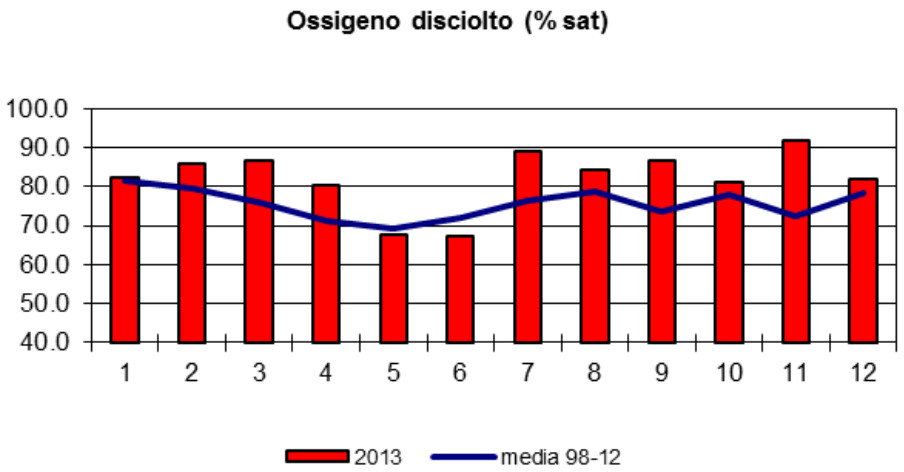
In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2013 si evidenziano i mesi di marzo, maggio e novembre, più freddi. Si nota una correlazione con la temperatura atmosferica per il mese di marzo e maggio.
La salinità è compresa tra 32.200 e 37.600 PSU, valori in generale più alti rispetto a quelli medi. Solo nel mese di maggio si riscontrano valori leggermente inferiori alla media. Non si nota una stretta correlazione tra le salinità sopra la media e l'anomalia delle precipitazioni, perché si hanno anomalie positive in sei mesi e negative nei restanti sei.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta inferiore alla media nei mesi di maggio e giugno mentre negli altri mesi i valori sono sopra la media.
La concentrazione della clorofilla a, invece è generalmente più bassa o paragonabile alla media. Durante il picco primaverile-estivo che solitamente caratterizza l'area, invece, si possono notare valori molto inferiori alla media.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, tranne che per il mese di aprile. Nei mesi di gennaio, aprile e ottobre sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio

1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato sempre superato, tranne che nei mesi di aprile e luglio con concentrazioni anche molto elevate (95000 MPN/100 ml).

L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori o paragonabili alla media, a parte i mesi di luglio e ottobre, comunque sempre notevolmente di sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l), come negli anni precedenti.







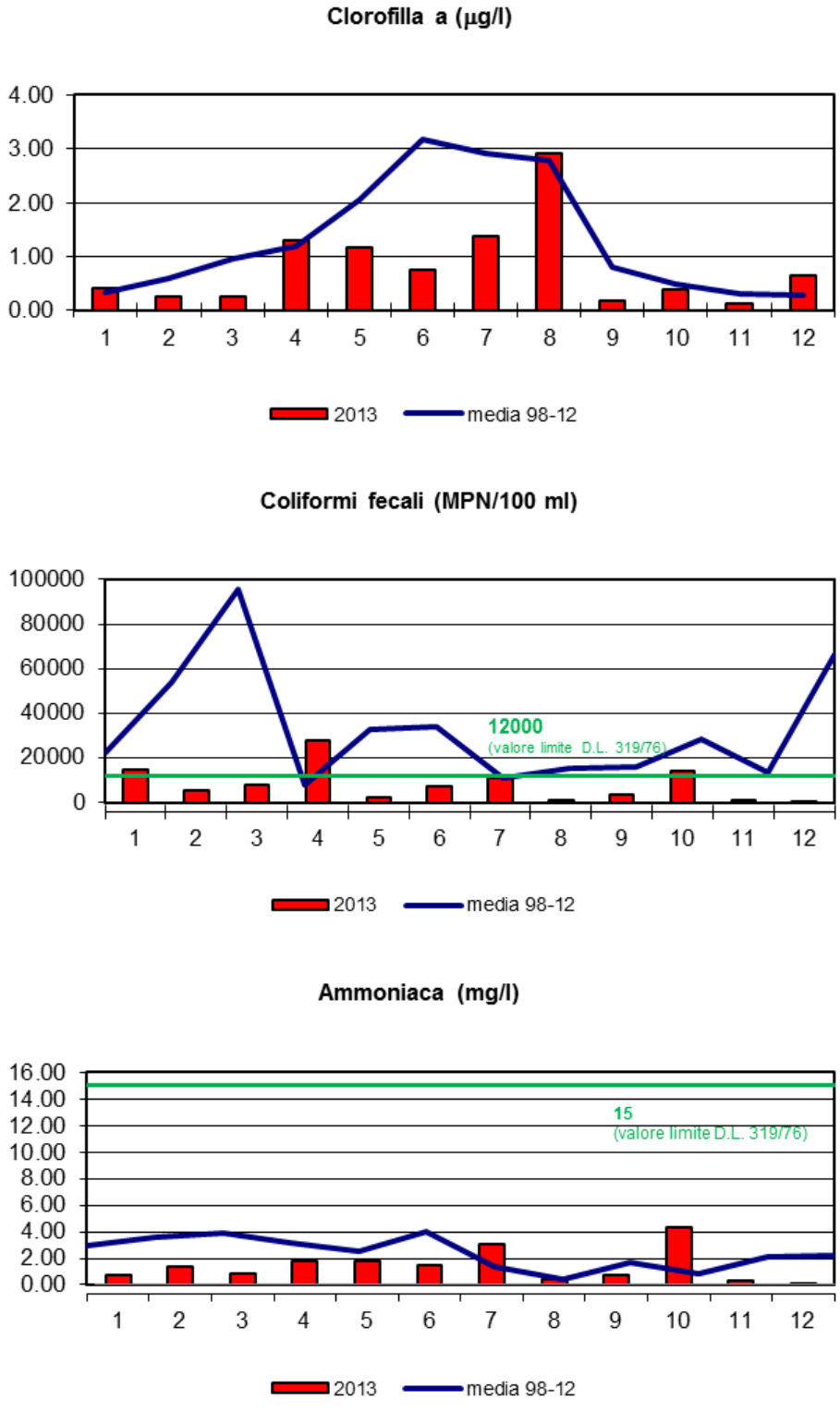


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012 (stazione 10)

Foce del Bisagno e Punta Vagno

La stazione di campionamento posta in prossimità dello scarico del depuratore è la numero 104 (vedi figura 3.12)

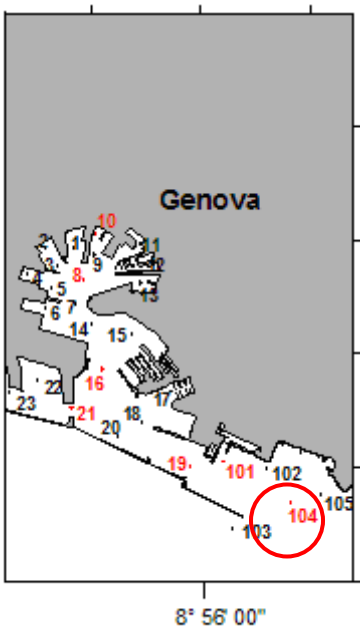


Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 104, posta in prossimità dello scarico del depuratore a Punta Vagno

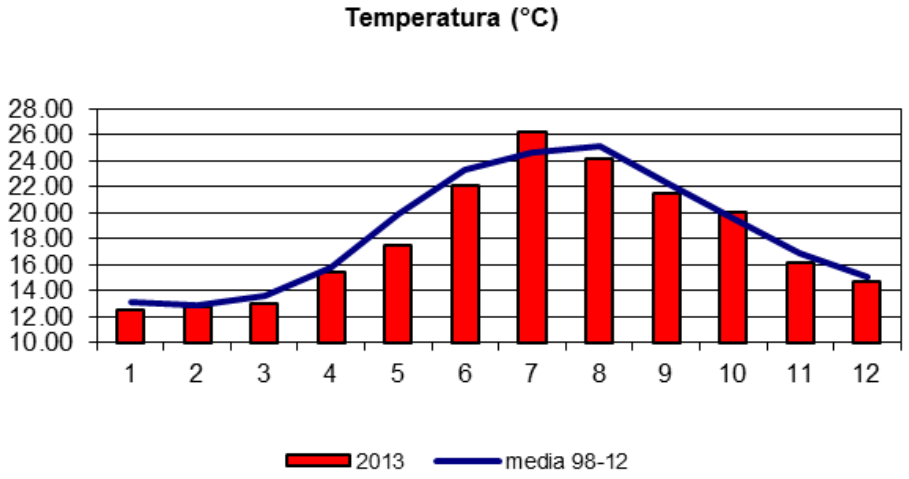
In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo. Nei mesi di maggio e giugno si nota una temperatura sotto la media, mentre a luglio si hanno valori superiori alla media, in accordo all'anomalia di temperatura dell'aria.
La salinità è compresa tra 35.600 e 37.900 PSU, valori in generale leggermente più elevati di quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni. Nei mesi di gennaio e maggio i valori di salinità sono inferiori alla media, in accordo con l'andamento delle precipitazioni.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, presenta valori in generale superiori alla media, fatta eccezione per i mesi di gennaio, luglio, agosto, novembre e dicembre in cui si riscontrano concentrazioni inferiori alla media.
La concentrazione della clorofilla a, invece è in generale sotto la media, in particolare nel mese di luglio si riscontrano valori notevolmente inferiori alla media. Solo nel mese di agosto si rilevano valori superiori alla media. Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale ha valori molto inferiori a quelli medi. In nessun campionamento

sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).

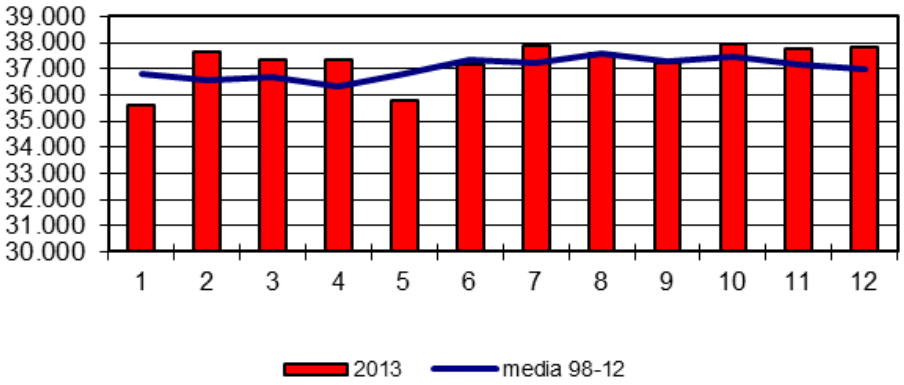
L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori alla media e sempre notevolmente sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

Nella stazione 104, tra le zone definite a "rischio", si continua a riscontrare un miglioramento rispetto al passato, basandosi sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali, che conferma l'andamento osservato negli anni precedenti. Negli anni precedenti questa stazione era caratterizzata dalla presenza dello scarico del depuratore di Punta Vagno che nel 2009 ha subito una ricollocazione più al largo tramite una nuova condotta a mare. Tale miglioramento è confermato, anche quest'anno, dall'analisi delle componenti principali, che evidenzia come la stazione 104 sia meno influenzata dal depuratore, infatti, non è più associata ai parametri strettamente legati alla presenza dello scarico fognario (coliformi fecali, azoto ammoniacale, relazione inversa con ossigeno disciolto e salinità) ma si può sempre più associare ai parametri che indicano uno scambio con il mare aperto (salinità, ossigeno disciolto, reazione inversa con azoto ammoniacale e coliformi fecali).

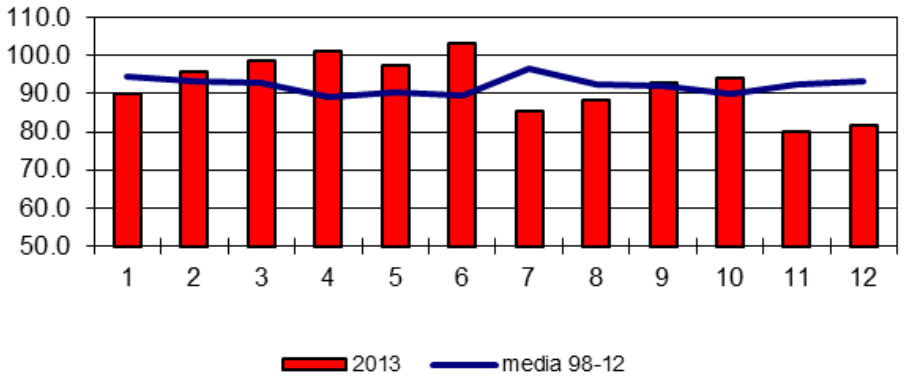
Si è potuto notare come la variabilità di alcuni parametri (salinità, temperatura) probabilmente risente della vicinanza alla foce del torrente Bisagno, visibile in maniera più marcata da quando la condotta del depuratore è stata spostata più al largo.



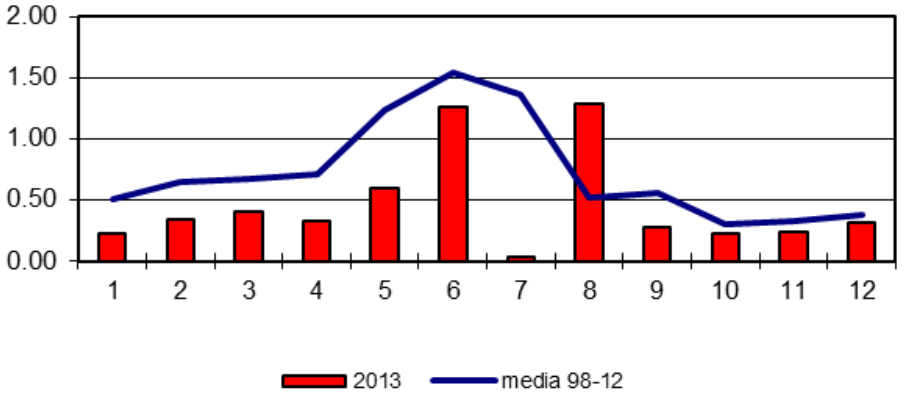
Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



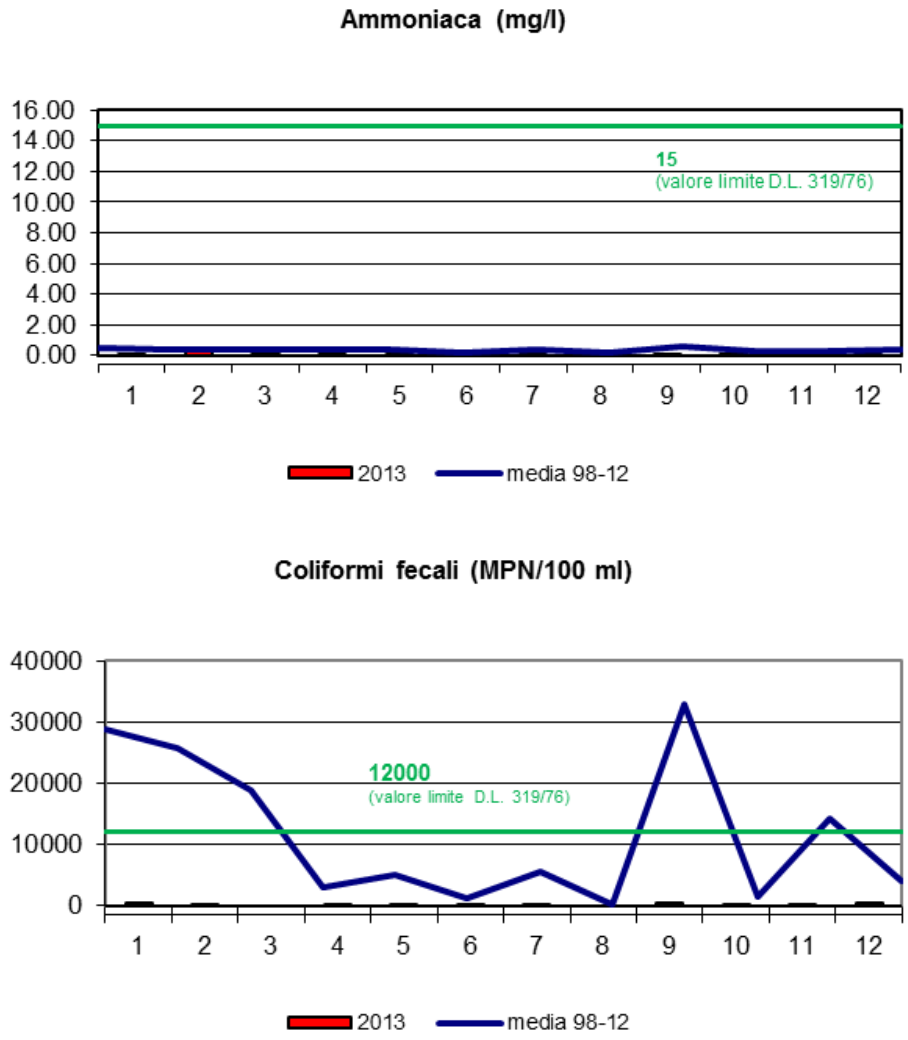


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012 (stazione 104)

Foce del Polcevera

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foce del Polcevera è la numero 34 (vedi figura 3.14).

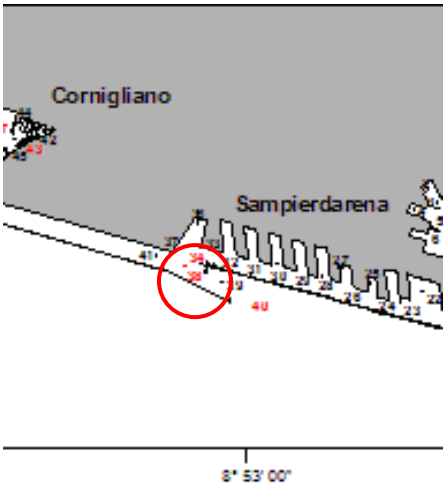
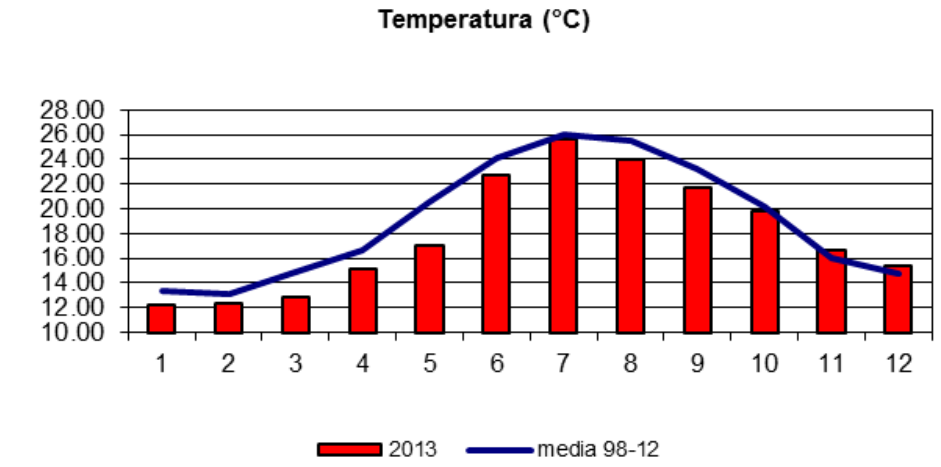
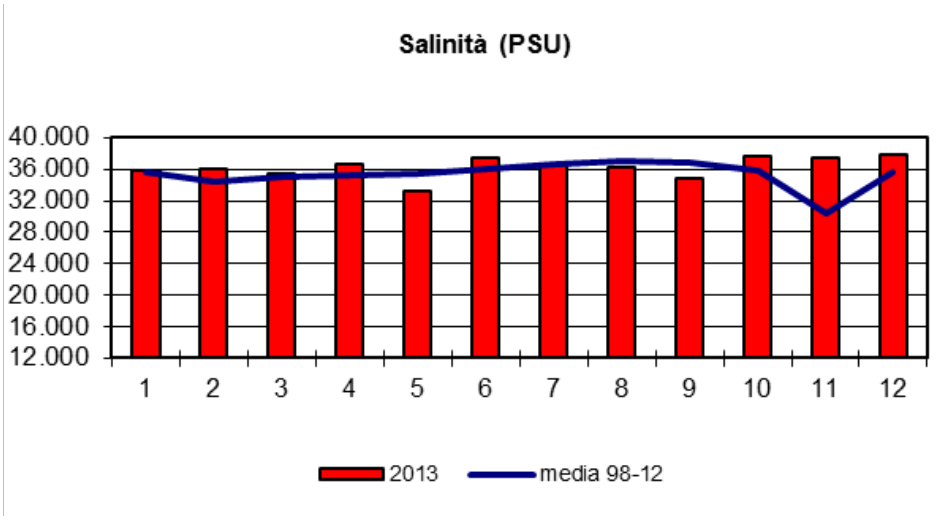


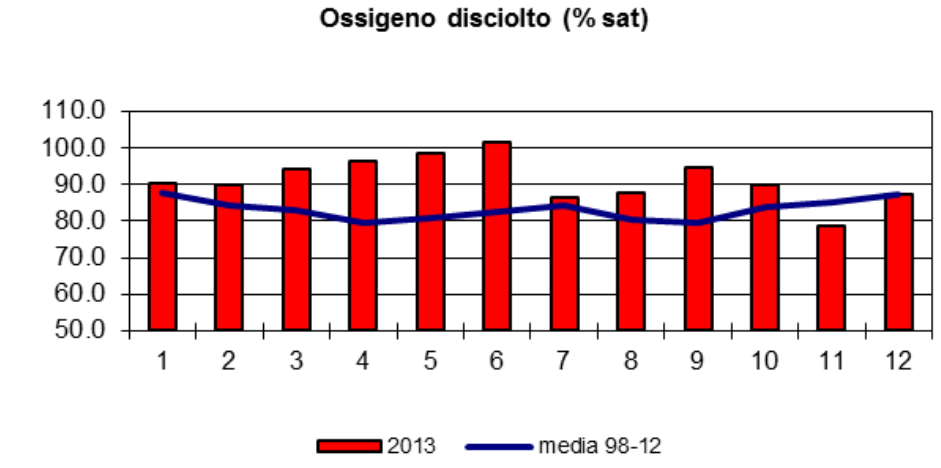
Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2013 si evidenziano temperature in generale leggermente inferiori o simili alla media.
La salinità è compresa tra 33.200 e 37.800 PSU, valori in generale paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni e agli scambi di acqua a maggiore salinità con il mare antistante all'imboccatura portuale. Si evidenziano i mesi di maggio e settembre che presentano valori inferiori alla media, e il mese di novembre dove si riscontrano valori superiori alla media.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre superiore o paragonabile alla media, tranne che nel mese di novembre dove i valori sono inferiori.
La concentrazione della clorofilla a è generalmente inferiore o paragonabile alla media fatta eccezione per il mese di dicembre dove risulta essere superiore.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono generalmente inferiori alla media. Gli unici mesi che presentano valori superiori alla media sono settembre e novembre. Il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml) è stato superato nei mesi di settembre e novembre.
L'ammoniaca presenta nei mesi di agosto, settembre e novembre concentrazioni superiori alla media, nei restanti mesi presenta invece valori inferiori o paragonabili alla media.

Comunque i valori sono sempre decisamente di sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).







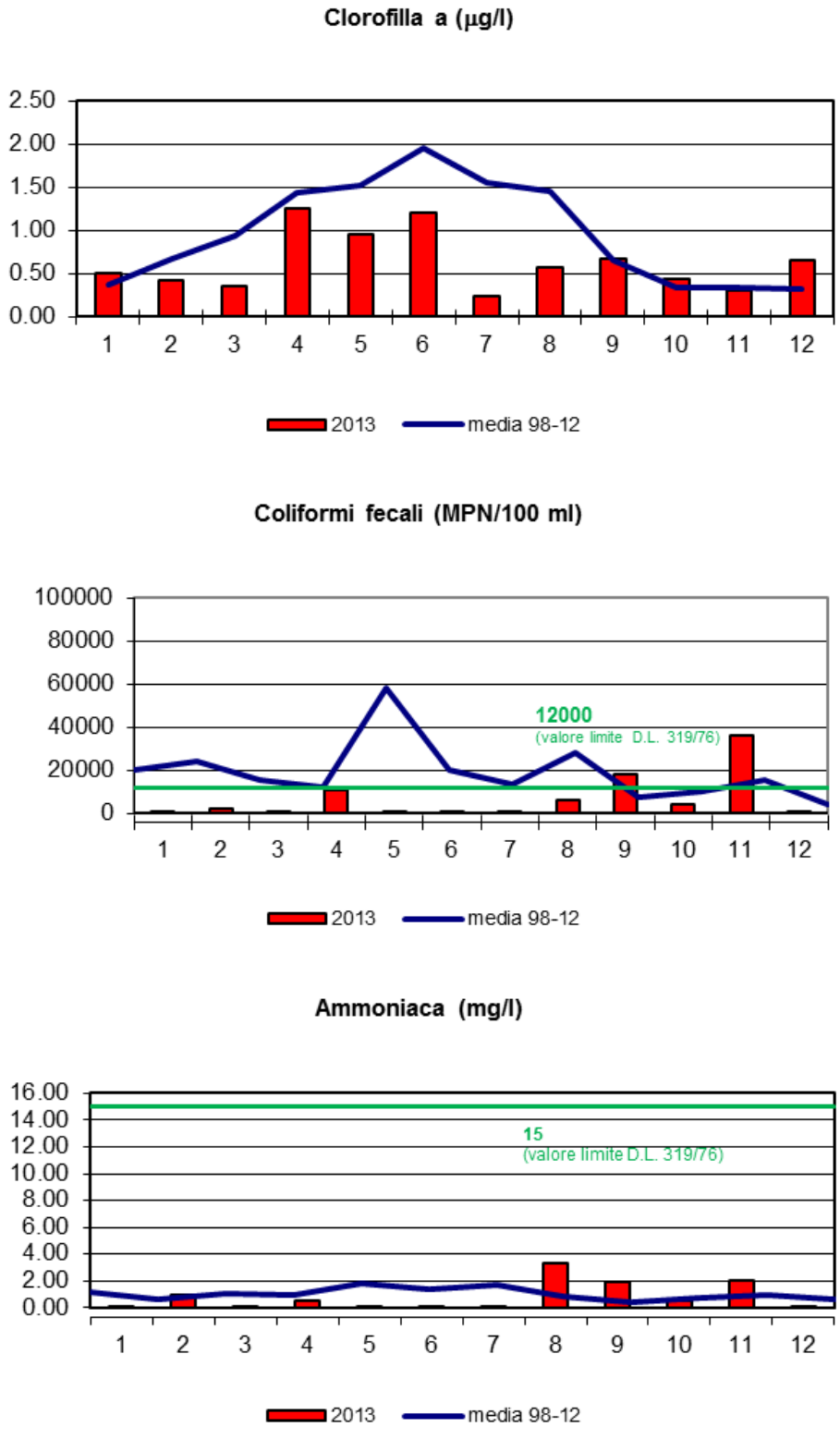


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna è la numero 43 (vedi figura 3.16).

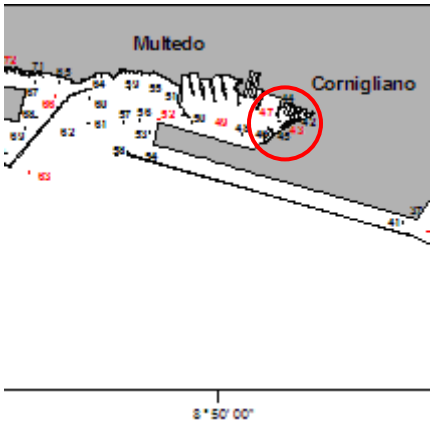
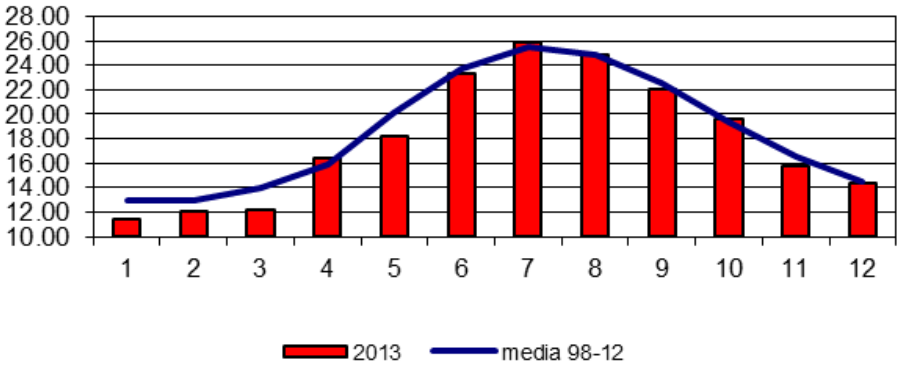


Fig. 3.16 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

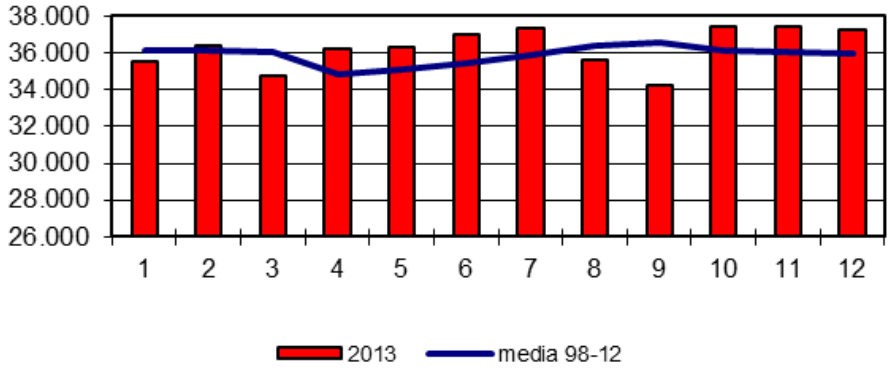
In figura 3.17 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2013 si evidenziano valori di temperatura simili alla media storica. I mesi invernali e il mese di maggio hanno valori inferiori alla media e si nota una buona correlazione con i dati di anomalia della temperatura atmosferica.
La salinità è compresa tra 34.200 e 37.400 PSU, valori abbastanza paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente alla portata del Chiaravagna, a sua volta dipendente dal regime delle precipitazioni. Durante quasi tutto l'anno si hanno valori superiori alla media, ad eccezione dei mesi di gennaio, marzo, agosto e settembre che presentano valori inferiori alla media.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre simile o più elevato rispetto alla media.
La concentrazione della clorofilla a presenta valori inferiori alla media nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio e settembre. Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre e novembre i valori sono simili alla media. Nei restanti mesi di agosto e dicembre i valori sono superiori alla media Il picco dei valori di clorofilla nel 2013 viene localizzato nel mese di agosto.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono sempre notevolmente inferiori rispetto alla media. In nessun mese è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). L'ammoniaca presenta generalmente concentrazioni inferiori alla media, e comunque sempre notevolmente di sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

Alla foce del Chiaravagna si continua a riscontrare un miglioramento rispetto al passato, come già riscontrato negli ultimi anni, basandosi soprattutto sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali.

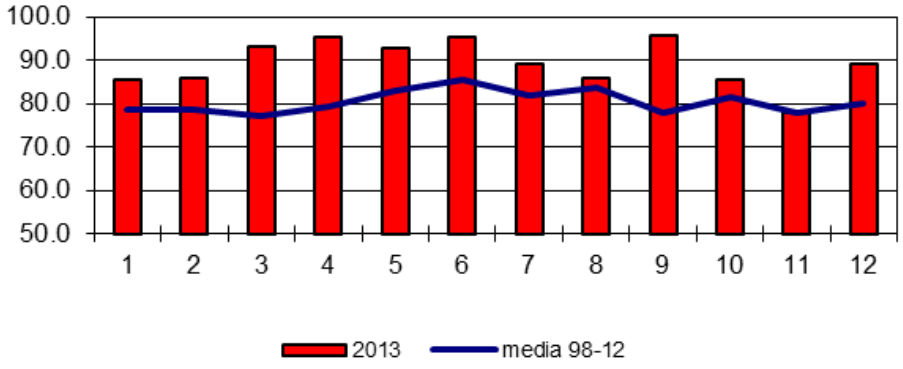
Temperatura (°C)



Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



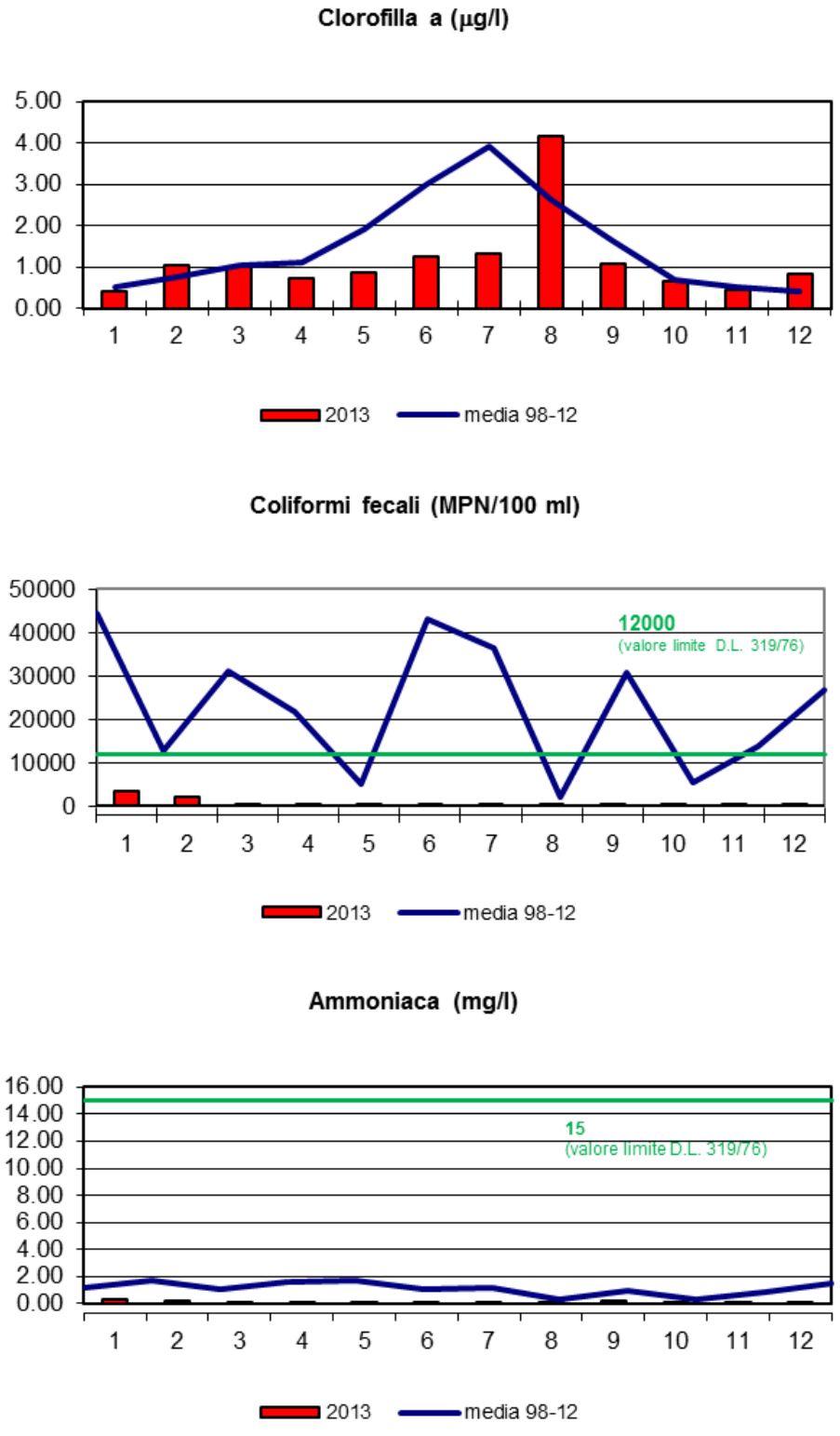


Fig. 3.17 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2013 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2012 (stazione 43)

3.3.1 Mann-Kendall Test

Sulle serie dei dati 1998-2013 (medie annuali) delle quattro aree considerate critiche è stata eseguita la verifica statistica della presenza di un *trend*, ovvero di una tendenza lineare all'aumento o alla diminuzione di un parametro, è stata effettuata con l'ausilio di test di significatività non parametrici basati sulla statistica della successione dei ranghi di una serie. E' stato scelto il test t di Mann-Kendall (Kendall, 1962), che verifica l'ipotesi nulla (H0) di assenza di tendenza associando ai valori di *t* ricavati per ciascuna serie, un valore di probabilità α_1 che rappresenta proprio la significatività dell'ipotesi nulla. La verifica della presenza di una tendenza avviene quindi in maniera indiretta, per rifiuto dell'H0, quando la significatività α_1 della serie esaminata risulta inferiore alla soglia di accettazione α ($\alpha_1 < \alpha$), assunta in questo caso pari a 0,05. La direzione del trend, negativa o positiva, viene data dal segno delle variabili t.

Nella tabella 3.2 vengono riportati i trend per ciascuna stazione e per ogni parametro analizzato.

STAZIONE	T	S	O2%	AMM	COLI	CHLA
10	/	**+**	/	/	/	/
104	/	/	/	**-**	/	/
34	**-**	/	**+**	/	**-**	/
43	**-**	/	**+**	/	**-**	**-**

Tabella 3.2. Test di Mann-Kendall (α=0.05). In grassetto sono riportati i trend significativi, con il relativo segno + o –

Osservando i dati per ogni singola stazione si può notare:

- Stazione 10: c'è un aumento della salinità, ciò può indicare un miglioramento della circolazione delle acque interne al porto antico, e un minor impatto degli scarichi di acqua dolce.
- Stazione 104: si nota solo una diminuzione della concentrazione di clorofilla a. Per gli altri parametri non sono presenti trend significativi, questo probabilmente perché essendo la più esterna risulta essere più stabile, anche grazie al continuo scambio con il mare aperto, ed è meno influenzata dai cambiamenti del bacino portuale.
- Stazione 34: presenta un aumento della percentuale dell'ossigeno disciolto e una diminuzione della concentrazione di coliformi fecali, a indicare un miglioramento della salute dell'area. Si nota anche una diminuzione della temperatura.

- Stazione 43: si nota un aumento della percentuale dell'ossigeno disciolto, una diminuzione della concentrazione di azoto ammoniacale e di coliformi fecali, a indicare un miglioramento della salute dell'area, presumibilmente dovuto ai piani di risanamento ambientali attuati in zona. Si nota inoltre una diminuzione della temperatura.

Quasi tutti i trend confermano quello riscontrati nell'anno precedente.
Considerando che la serie di dati storici disponibili è ormai decennale è possibile applicare a essa diversi metodi di analisi statistica. Nel lavoro "*Seasonal and spatial variability of water quality parameters (Port of Genoa)* " (Ruggieri *et al* 2011) è stata utilizzata, sui dati ambientali del porto raccolti dal 2000 al 2007, la dynamic factor analysis (DFA), una tecnica di analisi multivariata delle serie storiche usata per stimare trend comuni nelle serie storiche. I risultati di tale analisi confermano quelli da noi ottenuti evidenziando un generale miglioramento della qualità dell'acqua nel periodo studiato, con alcune zone che non presentano particolari trend. Inoltre inserendo le variabili meteorologiche nell'analisi statistica si nota come queste possano in parte spiegare la variabilità dei parametri dell'acqua presi in considerazione, e quindi come gli eventi meteo-marini vadano a sovrapporsi ai fattori di impatto antropico.

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Poiché le distribuzioni spaziali dei valori medi di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, ammoniaca, clorofilla-a e coliformi fecali annuali provenienti dal monitoraggio del 2013 risultano qualitativamente simili a quelle degli anni precedenti, nonostante le differenze quantitative inter-annuali, valgono le principali considerazioni fatte per il monitoraggio degli anni precedenti.
Le elaborazioni dei dati raccolti hanno confermato che l'evoluzione temporale dei parametri considerati è riconducibile in varia misura al succedersi delle stagioni, alle attività e scarichi antropici che insistono sull'area portuale e alla variabilità delle condizioni meteorologiche.
Di seguito vengono riportati i principali andamenti dei parametri monitorati e le differenze rispetto agli anni precedenti.

- La temperatura sub-superficiale dell'acqua ha presentato, nel suo andamento stagionale, una spiccata periodicità, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate. Rispetto agli anni passati, in generale la temperatura dell'acqua nei mesi autunnali è stata superiore alla media mentre nei restanti mesi è risultata inferiore. In quasi tutte le stagioni nelle stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel a Sampierdarena, è stata riscontrata una temperatura più elevata di circa 3.50 °C rispetto al resto del bacino.
- La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in tutti i mesi i principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del Polcevera e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna; entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. Anche lo scarico del depuratore in Darsena, risente del regime delle precipitazioni in quanto raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano. L'anno 2013 è stato caratterizzato da precipitazioni simili o inferiori alla media, fatta eccezione per cinque mesi con precipitazioni superiori alla media. L'andamento della salinità nei bacini ha in parte seguito quello delle precipitazioni: si sono riscontrate salinità inferiori nella stagione invernale e in primavera, ad eccezione della foce del Polcevera, della foce del Chiaravagna e della zona presso il depuratore in Darsena. In estate si sono riscontrati valori simili o leggermente inferiori a quelli medi, fatta eccezione per alcune zone confinate che presentano valori superiori. Nei mesi autunnali in generale i valori sono stati superiori alla media.

- L’evoluzione stagionale dell’ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell’acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra). Bisogna altresì considerare che i campionamenti vengono effettuati in acque superficiali, perciò il dato può essere maggiormente influenzato da turbolenze della massa d’acqua dovute a diversi fattori. Durante il 2013 le concentrazioni di ossigeno disciolto sono state in generale superiori alla media in inverno e primavera e inferiori in estate e autunno.
- L’andamento della clorofilla-a nelle acque portuali segue solitamente un tipico andamento stagionale, con minimi durante il periodo autunnale-invernale e massimi raggiunti nella stagione primaverile-estiva, quando la temperatura dell’acqua diventa sufficientemente elevata e la radiazione luminosa sufficientemente intensa per favorire le fioriture fitoplanctoniche. All’interno di quest’andamento tipico, le fluttuazioni osservate sono da mettere in relazione con la variabilità degli apporti di nutrienti provenienti da terra e le caratteristiche di ciascun’area. Durante il 2013 le concentrazioni di clorofilla-a sono state vicine alla media in tutta la zona portuale nel periodo invernale. In primavera ed estate l’anomalia è in generale leggermente negativa, mentre in autunno e in quasi tutta l’area positiva.
- L'ammoniaca ha presentato in generale concentrazioni inferiori agli anni precedenti. Nel bacino di Genova nel canale di Sampierdarena e all’imboccatura del Porto Antico in estate e autunno si registrano valori superiori alla media.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è stata piuttosto variabile, sia nel tempo sia nello spazio. Si sono riscontrate diminuzioni in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta Vagno durante tutto l’anno. Anche i bacini di Voltri e Multedo presentano anomalie negative durante quasi tutto l’anno. In primavera si riscontra un aumento, soprattutto per la zona del Porto Antico.

La classificazione dei siti determinata dall’analisi statistica multivariata compiuta sul set di dati 1998-2012 risulta valida anche per il 2013 ed ha evidenziato alcune aree “critiche” all’interno dell’area portuale.

Secondo questa classificazione, i siti che presentano le maggiori criticità ambientali sono:

- Darsena
- Foce del torrente Bisagno
- Foce torrente Polcevera
- Foce del torrente Chiaravagna

Per verificare se ci siano state variazioni all'interno di queste aree critiche rispetto agli anni passati, è stato compiuto un confronto tra i dati provenienti dal 2013 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2012). Inoltre, poiché all'interno o in prossimità delle acque portuali sono presenti i punti di scarico di alcuni dei depuratori delle acque reflue urbane, si è verificato se sono stati superati i valori limite di legge.
In generale, tutte le aree definite a rischio, rispetto agli anni passati, sono leggermente migliorate. E', infatti, diminuito il numero di campionamenti in cui sono stati superati i limiti di legge per quanto riguarda le concentrazioni di coliformi fecali e la concentrazione di ammoniaca è sempre stata notevolmente sotto il valore limite di legge. Queste considerazioni sono supportate dai risultati ottenuti applicando ai dati delle zone critiche il test di Mann-Kendall per verificare la presenza di trend.

Il monitoraggio effettuato fino ad oggi nel Porto di Genova è scaturito dalla consapevolezza dei potenziali impatti negativi connessi con le attività portuali e con la presenza di scarichi idrici, sia naturali sia non, e quindi dalla volontà di salvaguardare l'ambiente e di prevenire la contaminazione della colonna d'acqua e qualunque impatto negativo sul comparto biotico, nonché dalla necessità di controllare che, nel caso siano riscontrati disturbi all'ambiente, siano utilizzati tutti gli accorgimenti necessari a minimizzarli.
Per una migliore caratterizzazione dell'area sarebbe consigliabile in futuro prevedere, oltre ai campionamenti che già vengono effettuati, misure di profili lungo l'intera colonna d'acqua, almeno per le aree più significative (scarichi depuratori, foci dei torrenti).
Infatti, alcuni studi effettuati nel Porto di Genova hanno dimostrato come in diversi periodi stagionali e in determinate aree portuali si riscontra una stratificazione della massa d'acqua, che porta a una differenziazione delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque di superficie e di fondo non rilevabile dal tipo di monitoraggio fino a oggi effettuato (Povero *et al.*, 2005, Ruggieri *et al.*, 2005). Inoltre, sono proprio le acque di fondo che molto spesso presentano le maggiori alterazioni, soprattutto a carico della concentrazione dell'ossigeno disciolto, della sostanza organica e dei nutrienti.
Anche l'analisi delle caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti riveste una notevole importanza nella valutazione dell'ambiente portuale, soprattutto in relazione ai bassi fondali presenti nell'area. I sedimenti, infatti, possono svolgere un ruolo di trasporto diretto dei contaminanti e possono inoltre fungere da ricettacolo transitorio e definitivo degli stessi.
Il monitoraggio della qualità dell'acqua dei corpi idrici è condotto sempre più spesso utilizzando reti di stazioni di misura automatica e in continuo. L'impiego di questi sistemi di rilevamento offre la possibilità, diversamente dai tradizionali sistemi di monitoraggio periodico, di sorvegliare in tempo reale alcuni fenomeni che avvengono su scala temporale breve e che hanno un effetto rilevante sullo stato dell'ecosistema acquatico.

Un ulteriore miglioramento del monitoraggio si potrebbe ottenere utilizzando una o più boe oceanografiche, da posizionare in aree particolari del Porto, che forniscano in continuo dati ambientali utili a monitorare situazioni critiche.

Sarebbe inoltre interessante poter monitorare l'andamento delle correnti all'interno dell'area portuale, attraverso correntometri e/o profilatori, sia a scafo sia fissi, per esempio posizionati alle imboccature portuali. Questo permetterebbe di avere nozioni sulle correnti e sulla dinamica delle masse d'acqua, utile per progettare sistemi di segregazione del porto rispetto all'ambiente circostante, funzionali ed efficaci.

BIBLIOGRAFIA

APAT Servizio Mareografico. http://www.idromare.com/

Autorità portuale di Genova. http://www.porto.genova.it

DICAT-1998-2013 Meteorologic data. In: http://www.dicat.unige.it/meteo/

euroMETEO. http://www.eurometeo.it

Kendall M.G., 1962. *Rank correlation methods*. 3rd ed, Hafner Publishing Company New York.

IRSA/CNR: METODI PER LA DETERMINAZIONE DI MICROORGANISMI INDICATORI DI

INQUINAMENTO E DI PATOGENI http://www.irsa.cnr.it/Metodi/

IRSA/CNR: METODI PER LA DETERMINAZIONE DI COSTITUENTOI INORGANICI NON

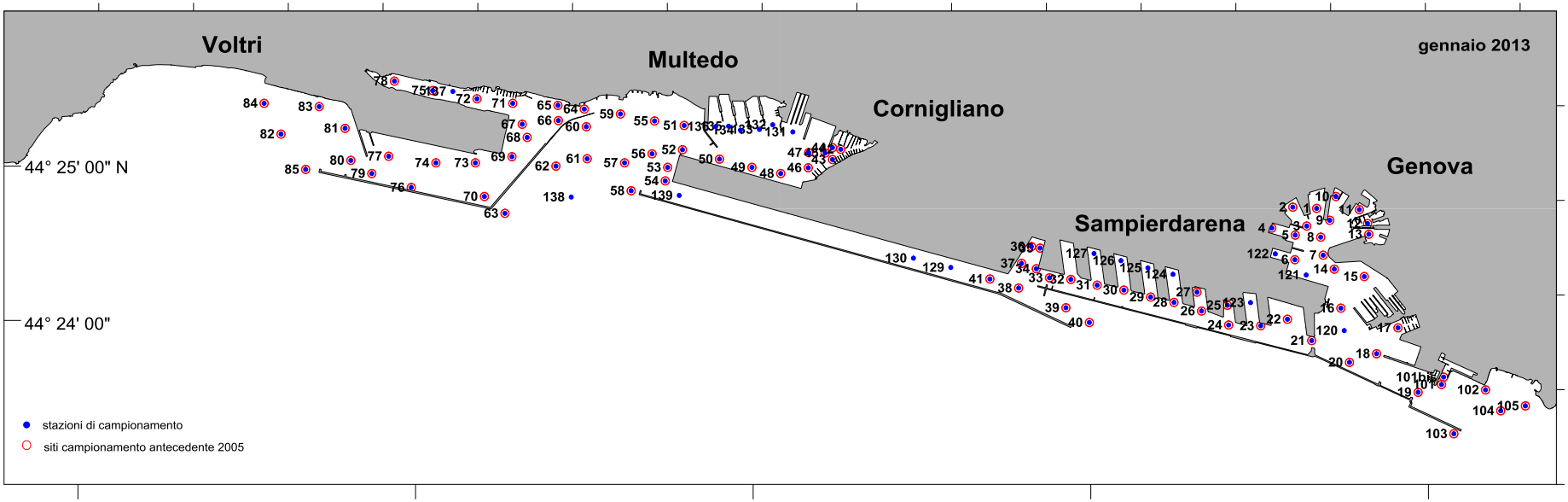
METALLICI http://www.irsa.cnr.it/Metodi/

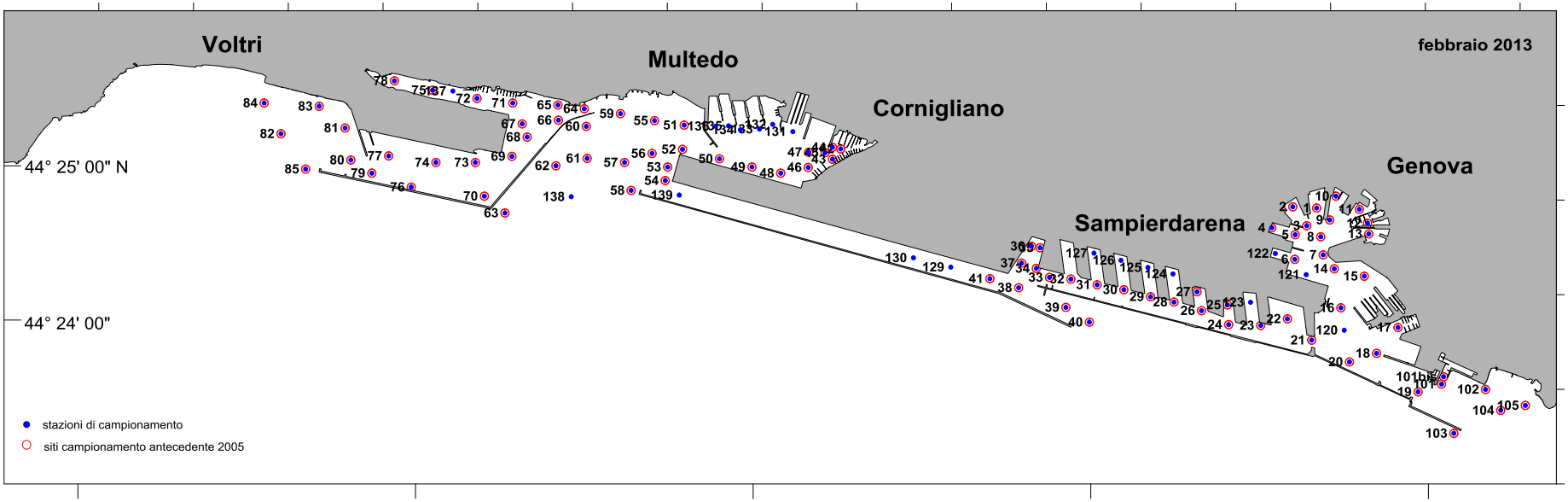
Povero P., Ruggieri N., Misic C., Castellano M., Rivaro P., Conio O., Derqui E., Maggi S., Fabiano M., (2005). Port of Genoa. LOICZ Report & Studies No. 28, 1-157 pages, LOICZ, Texel, the Netherlands.

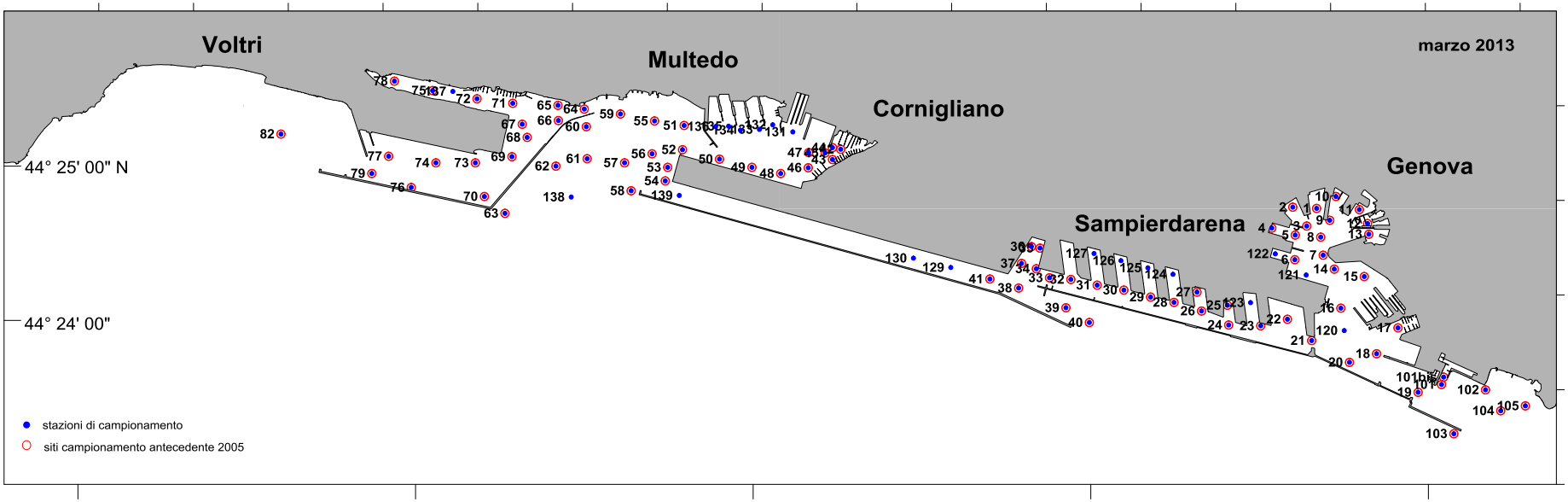
Ruggieri N., Castellano M., Capello M, Maggi S., Povero P. (2011). Seasonal and spatial variability of water quality parameters (Port of Genoa). Marine Pollution Bulletin 62, 340–349

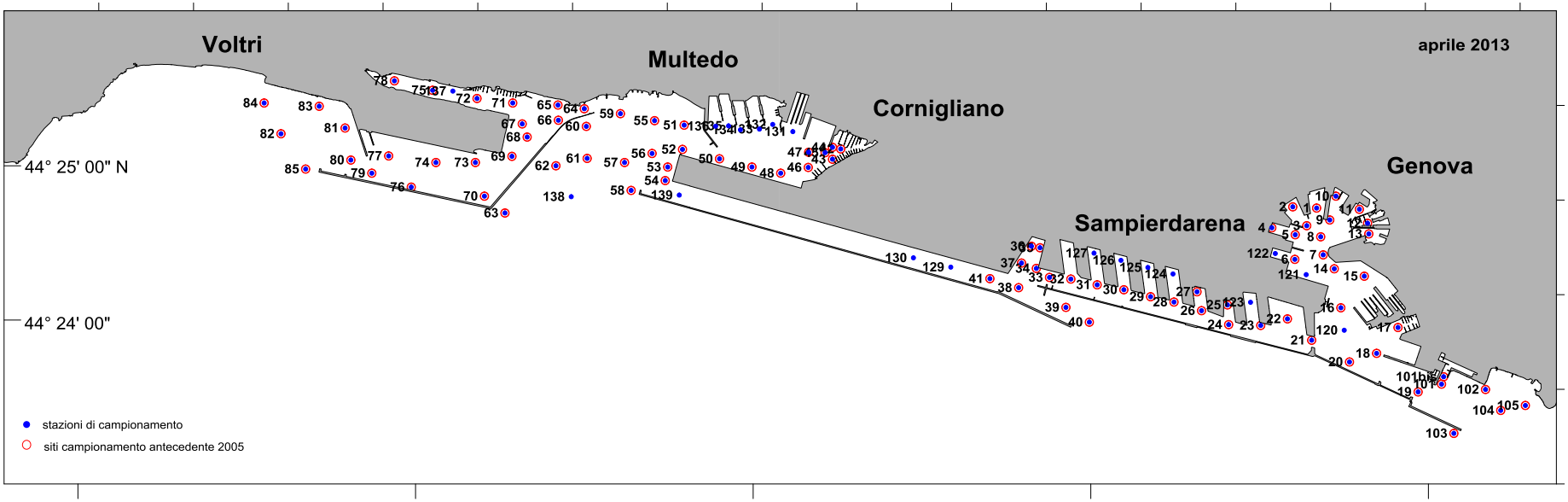
Ruggieri N., Castellano M., Taruffi M., Fabiano M., Misic C., Maggi S., Povero P., (2005). Water and Nutrients Budget in a Semi-enclosed area of the coastal Ligurian Sea: the Port of Genoa. LOICZ II Inaugural Open Science Meeting, Egmond aan Zee, Netherlands, 27-29 June.

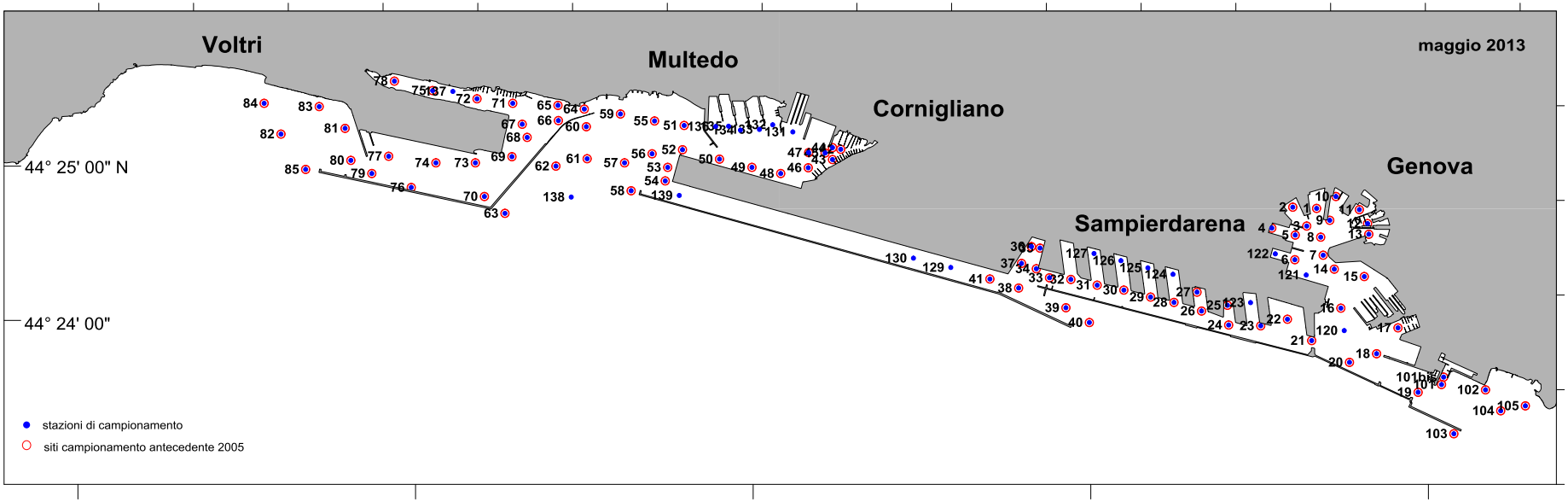
APPENDICE 1

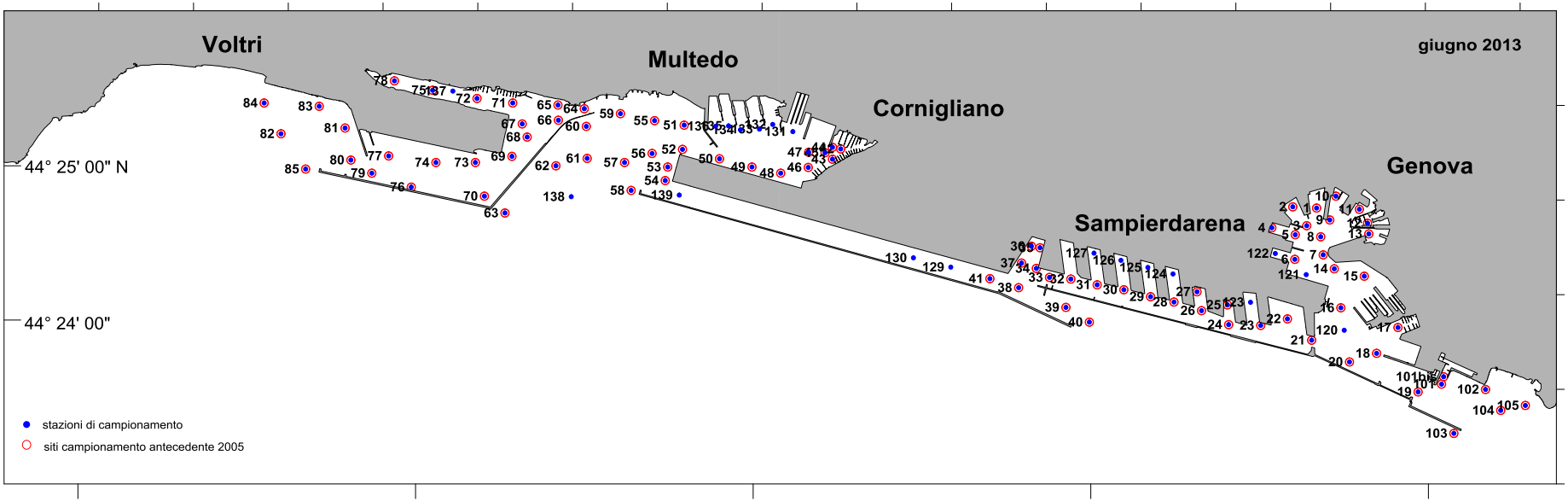

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

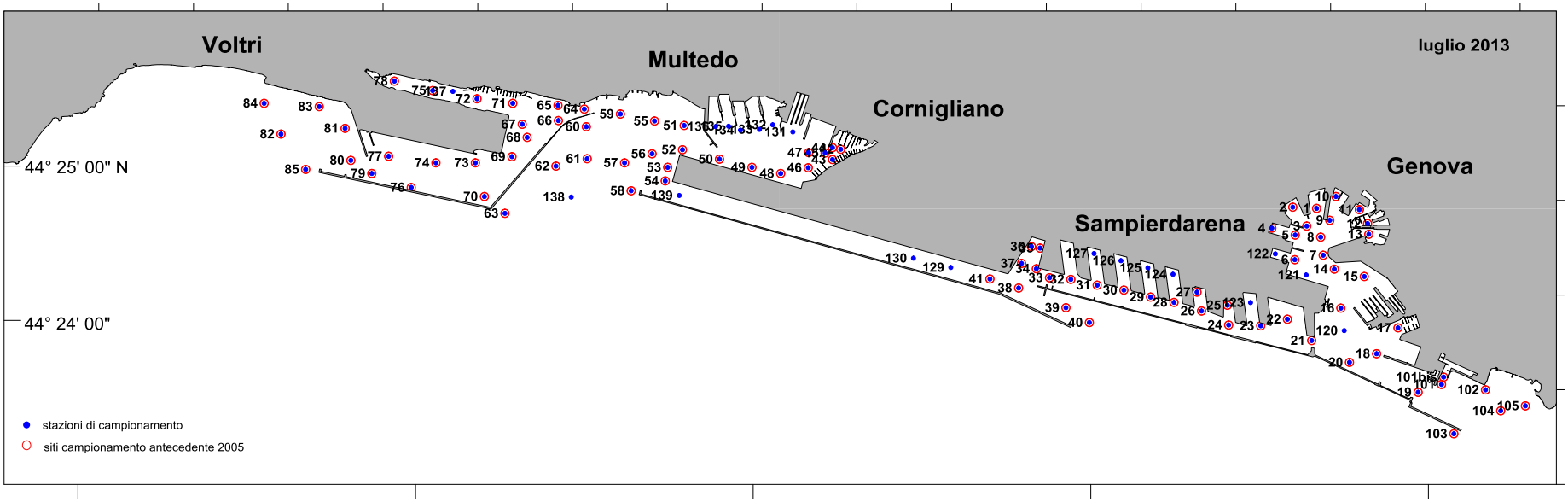

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

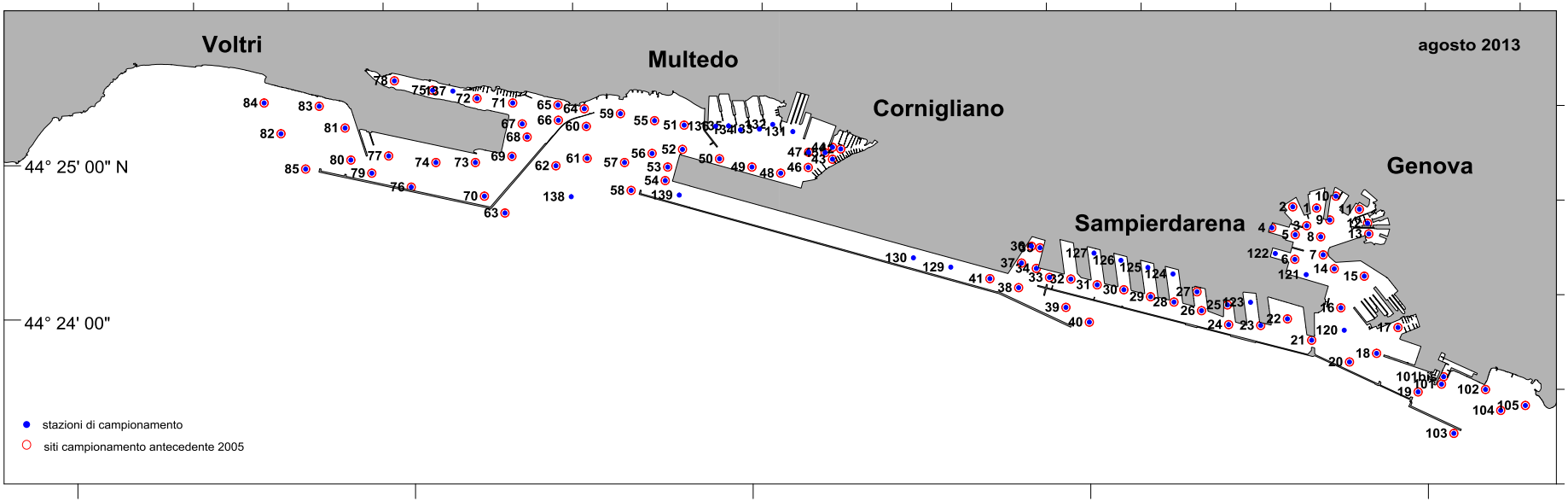

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

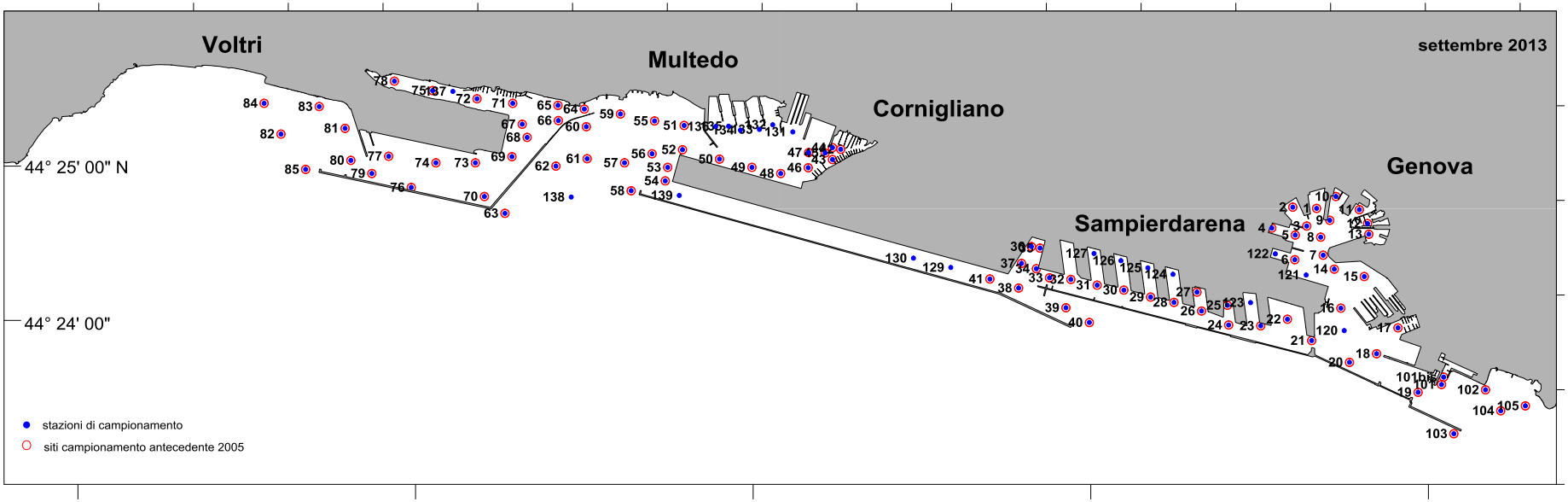

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

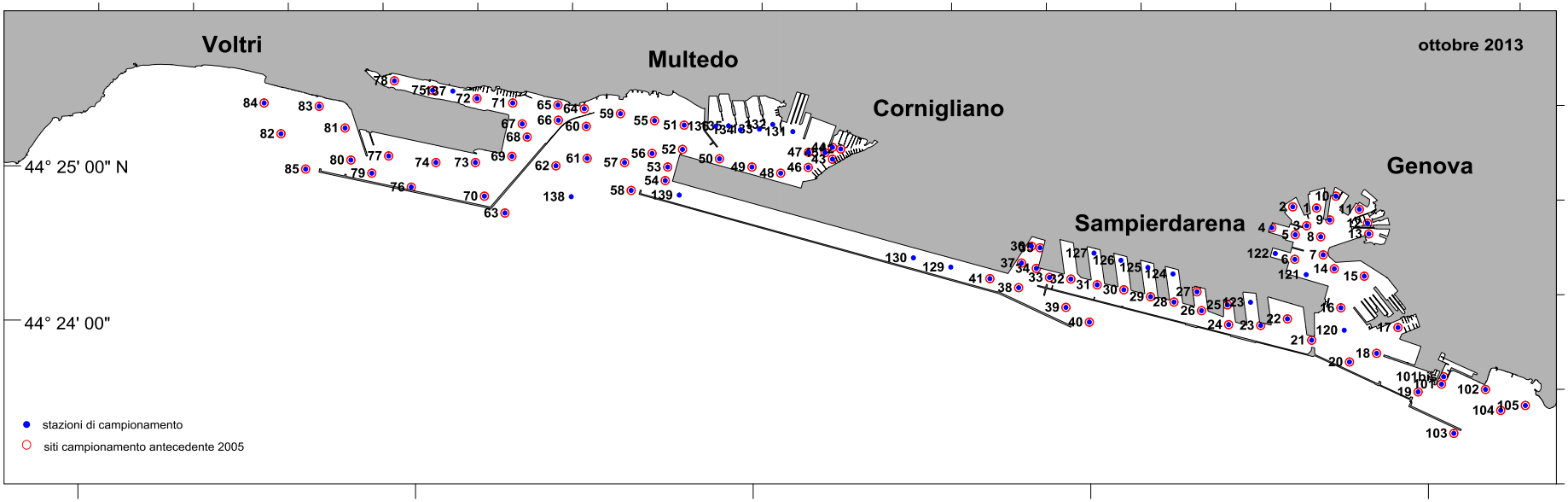

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

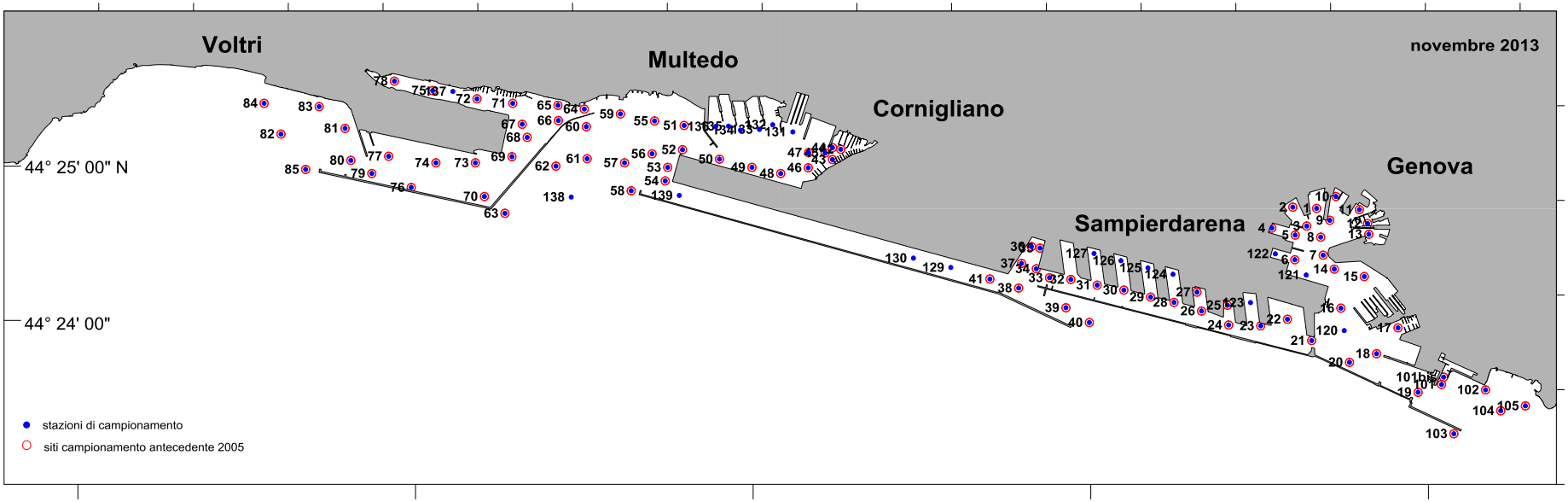

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

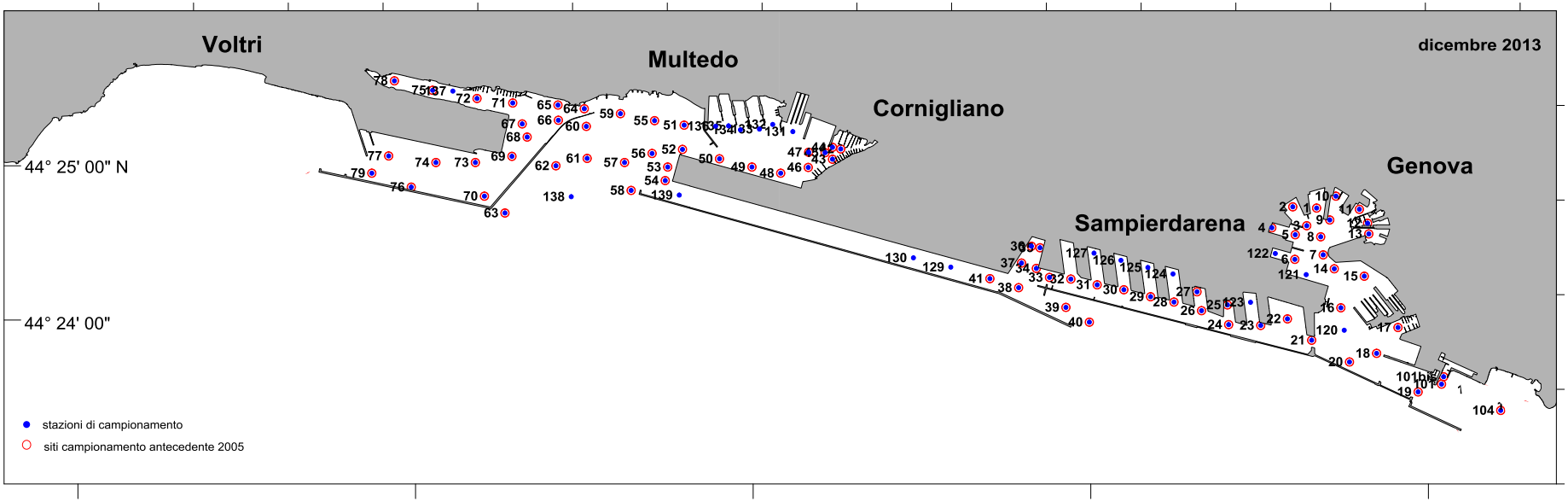

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

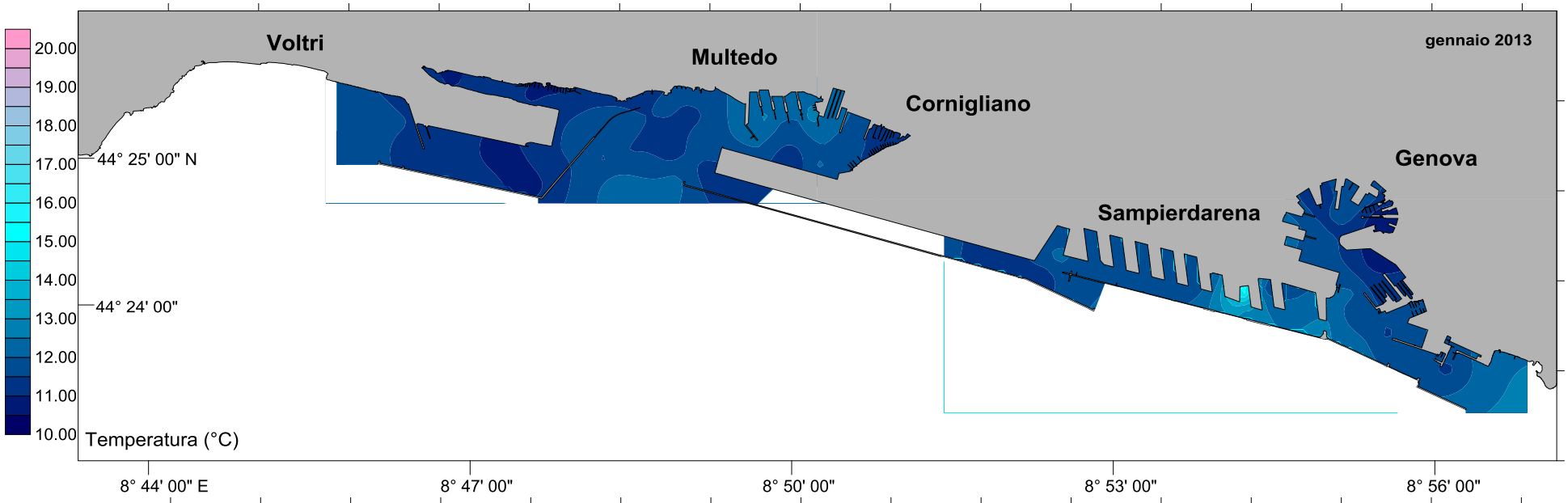

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

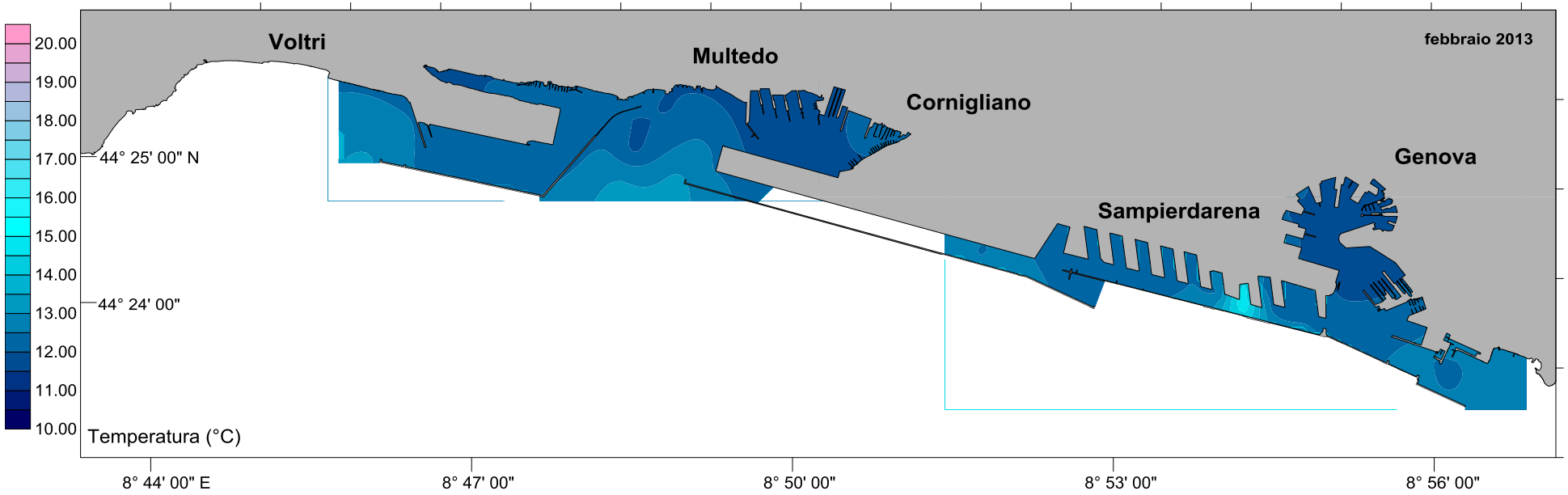

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

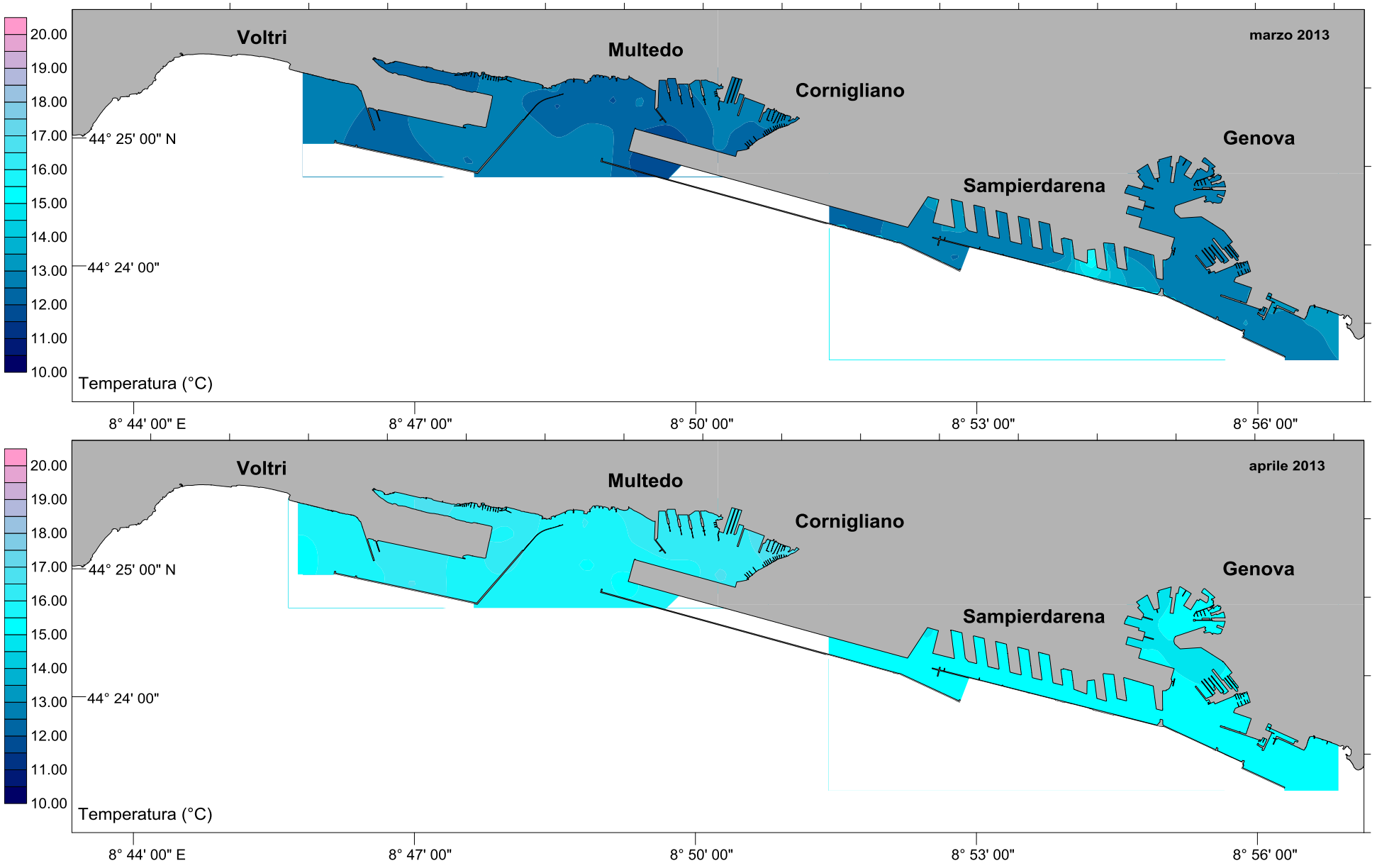

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

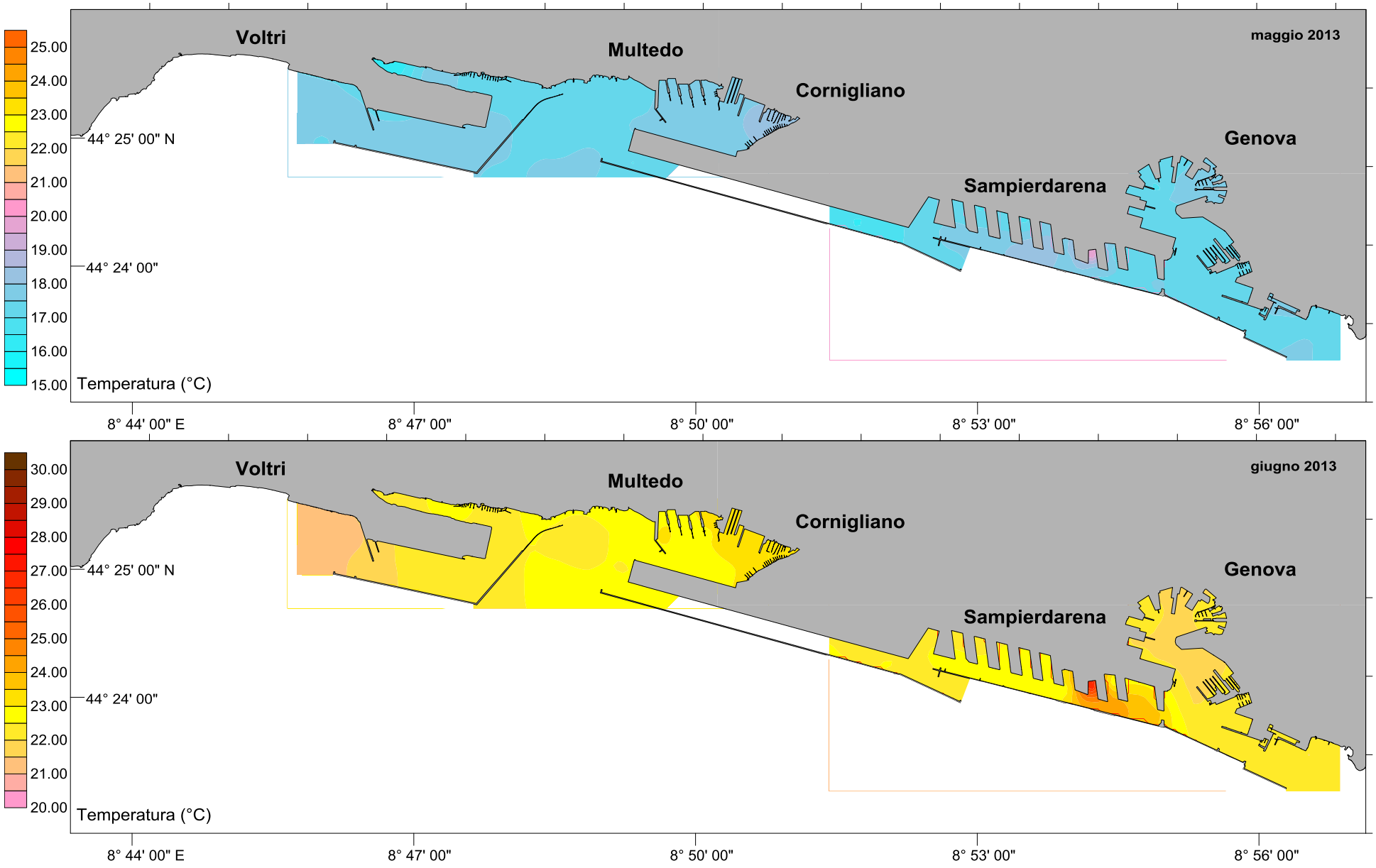

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

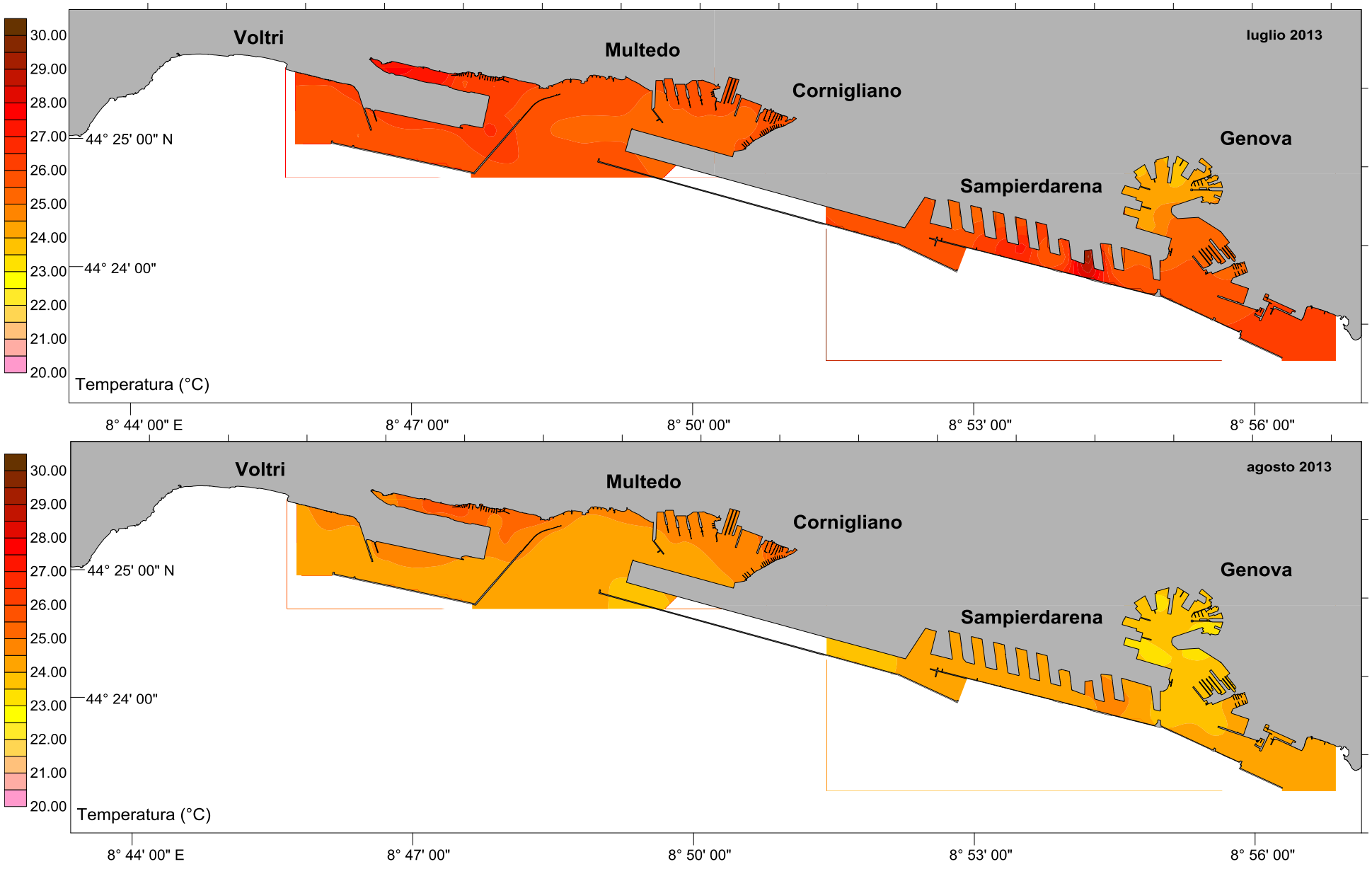

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

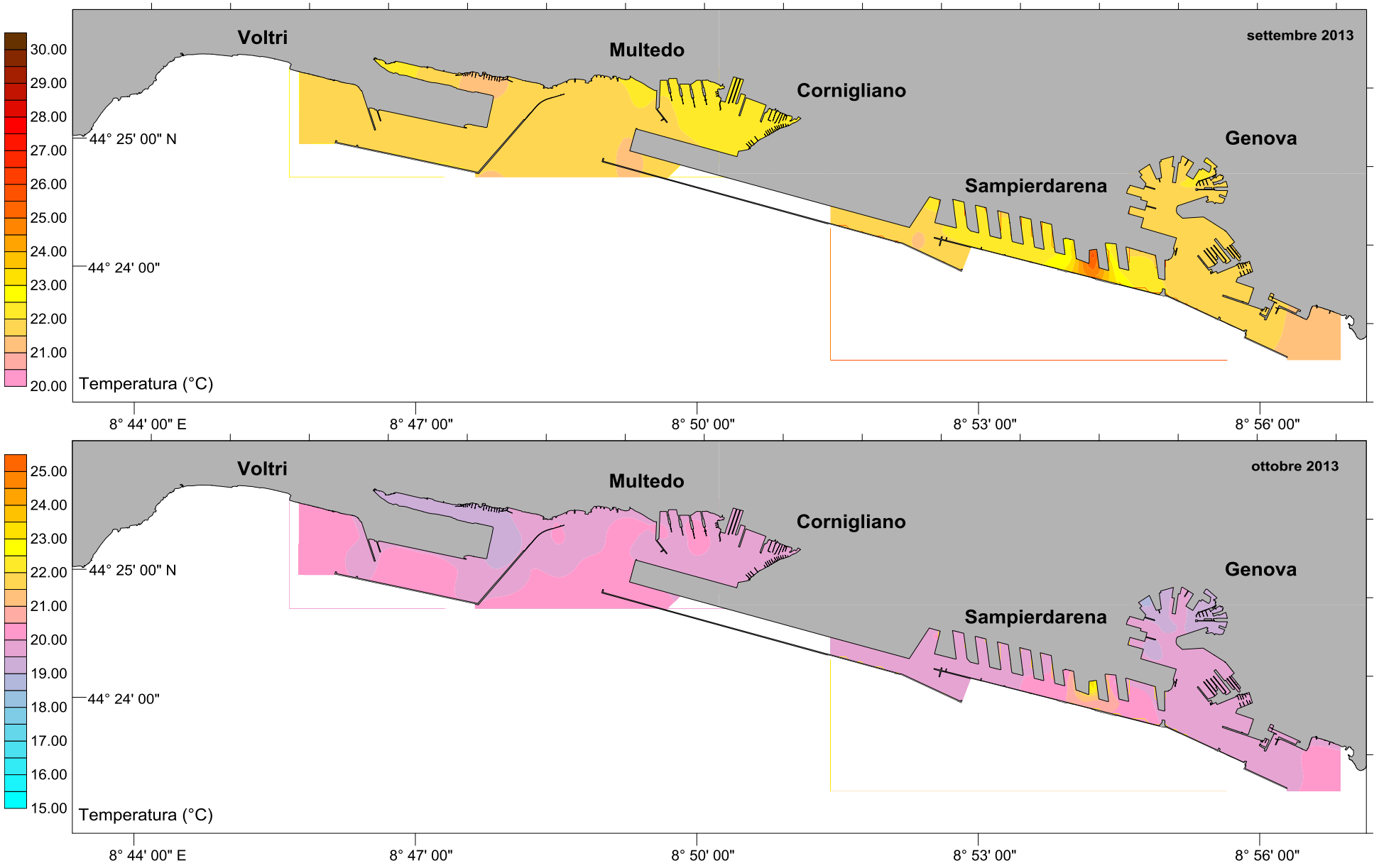

gennaio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

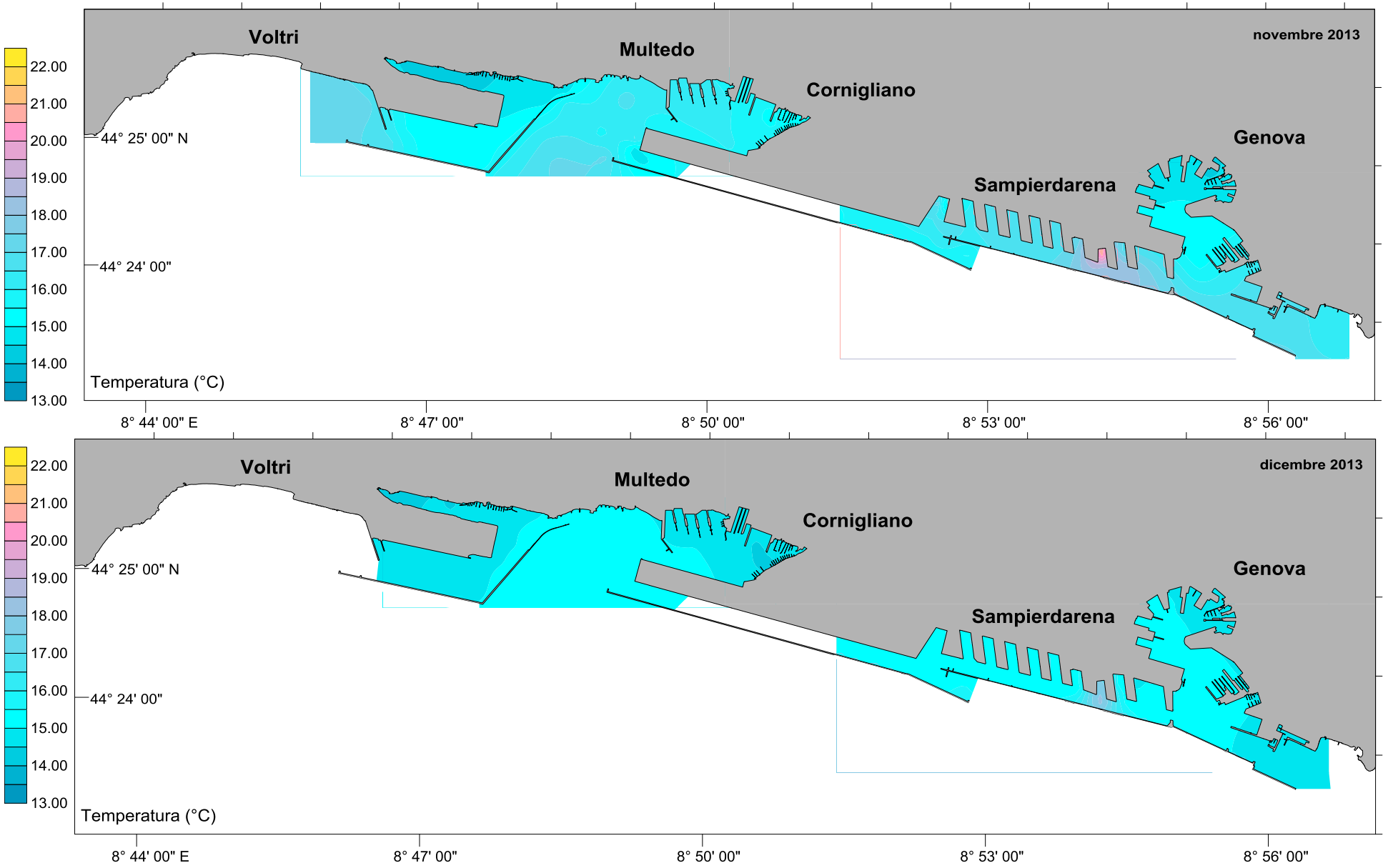

febbraio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

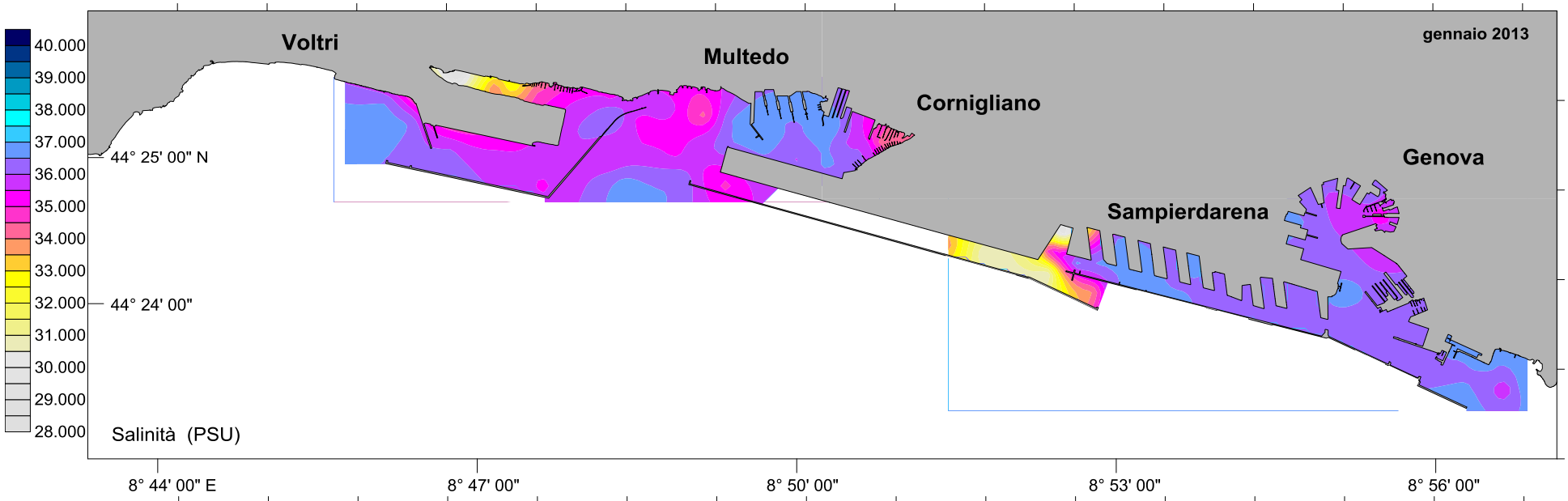

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
marzo 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2013

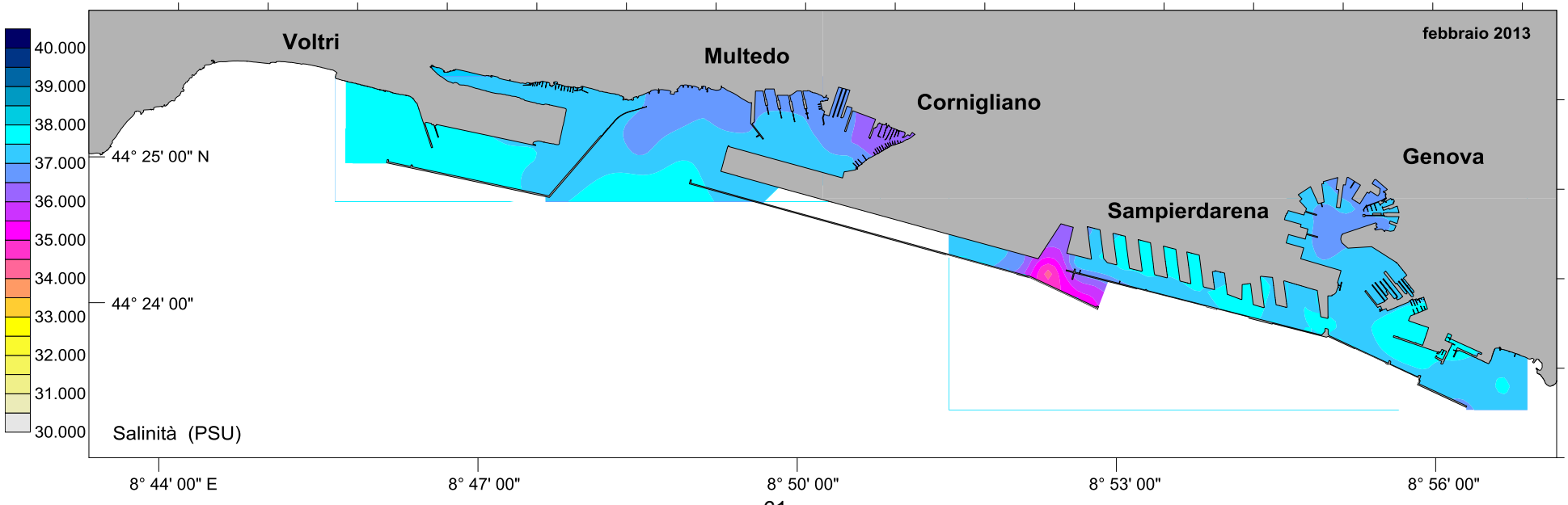

maggio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

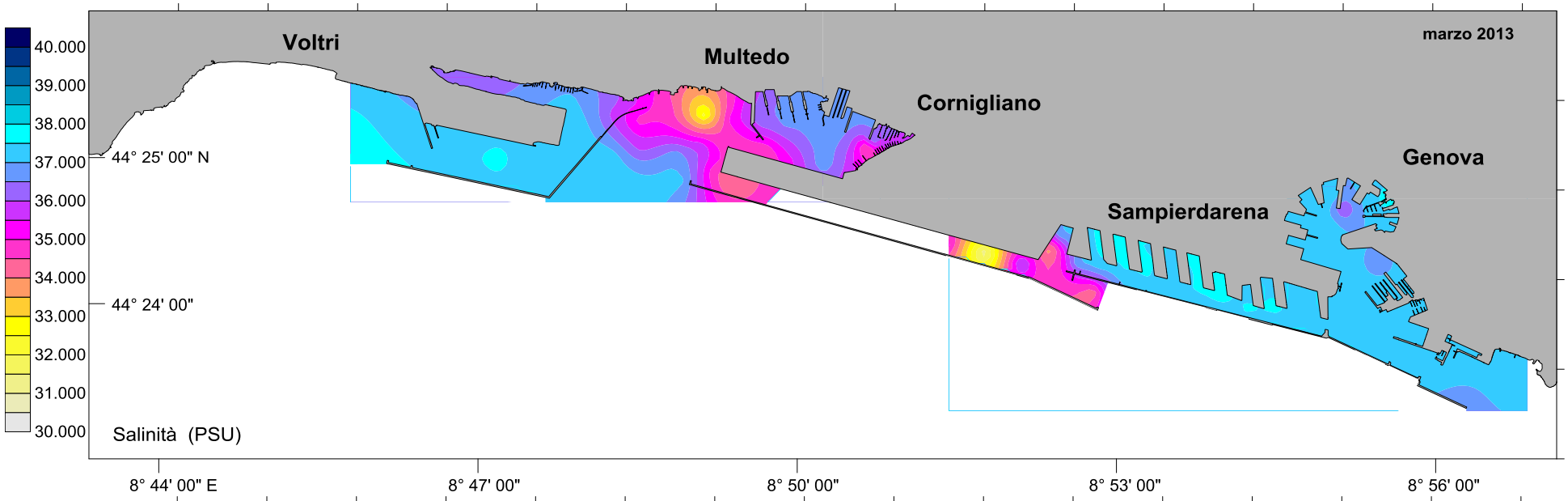

luglio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

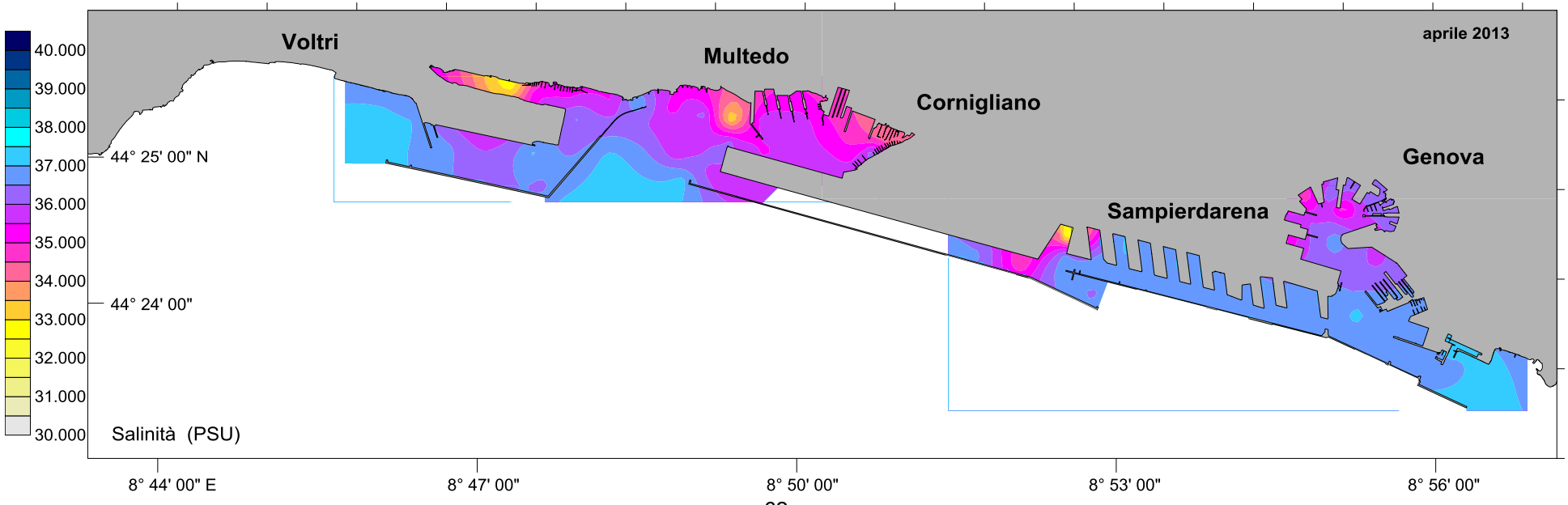

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2013
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2013
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

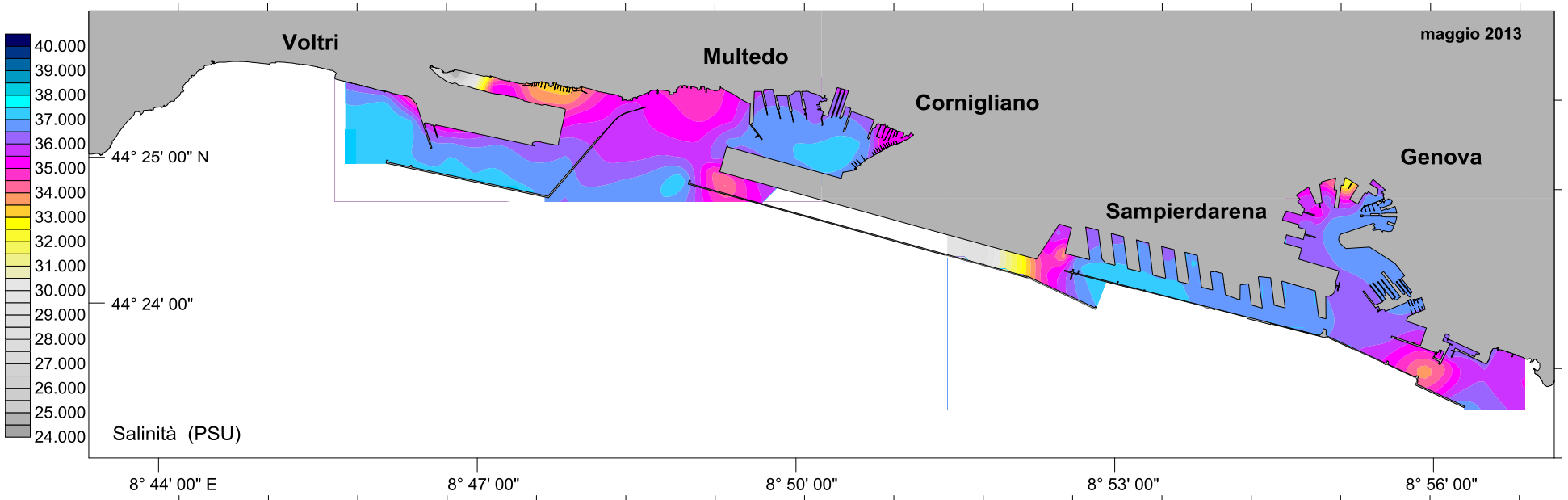

novembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

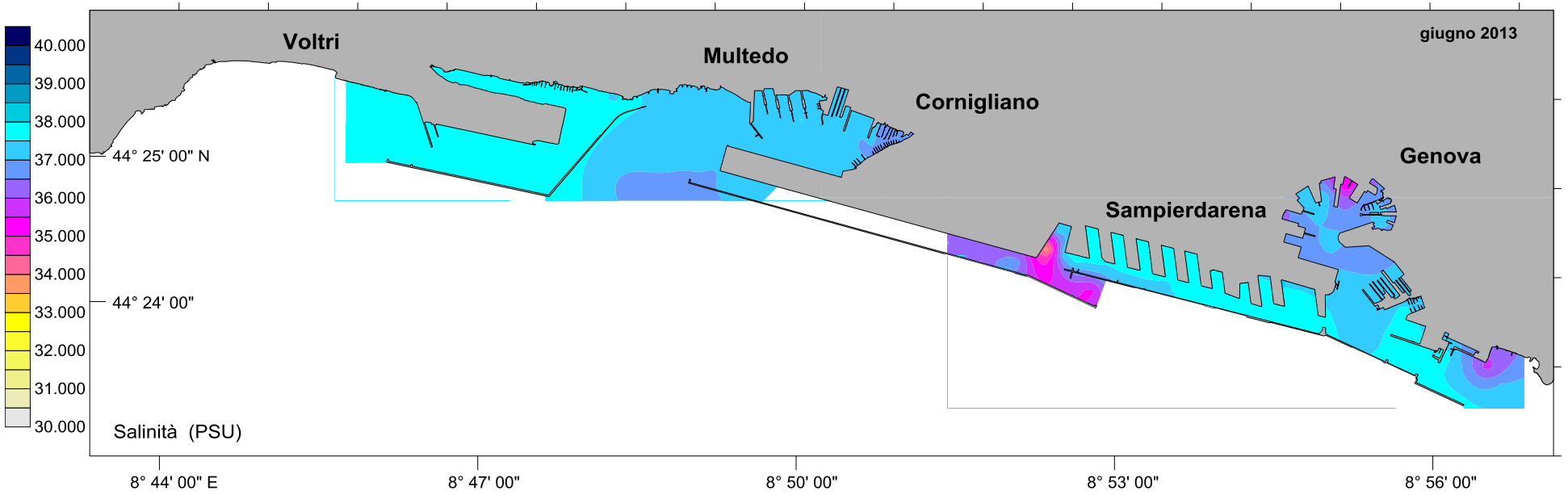

gennaio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

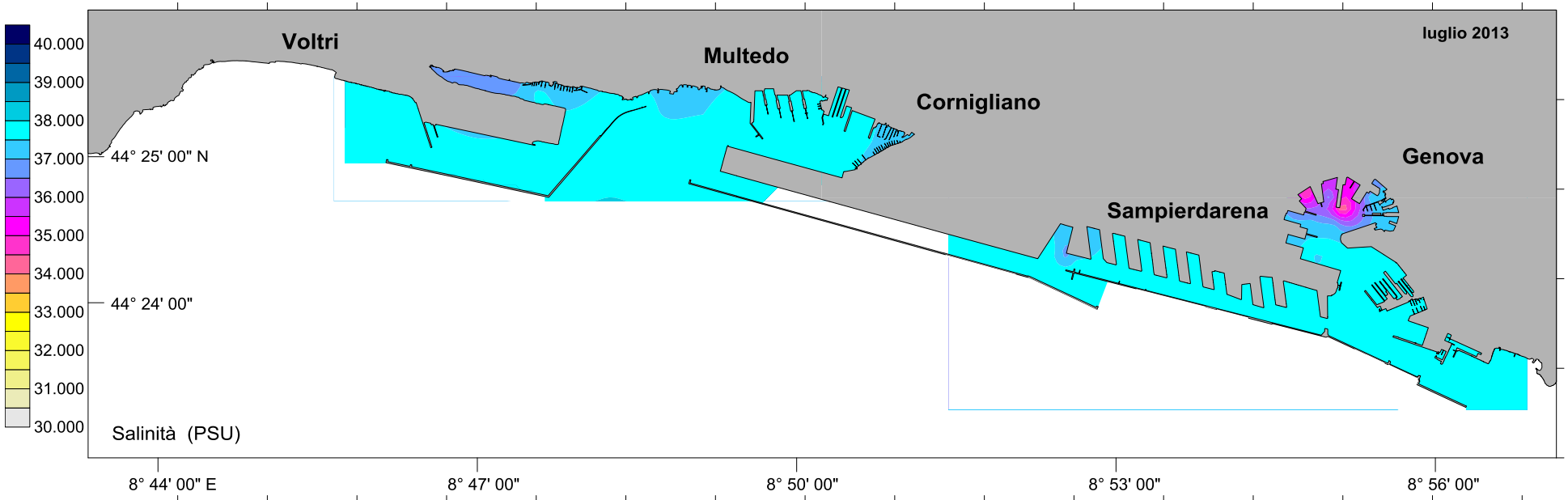

febbraio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

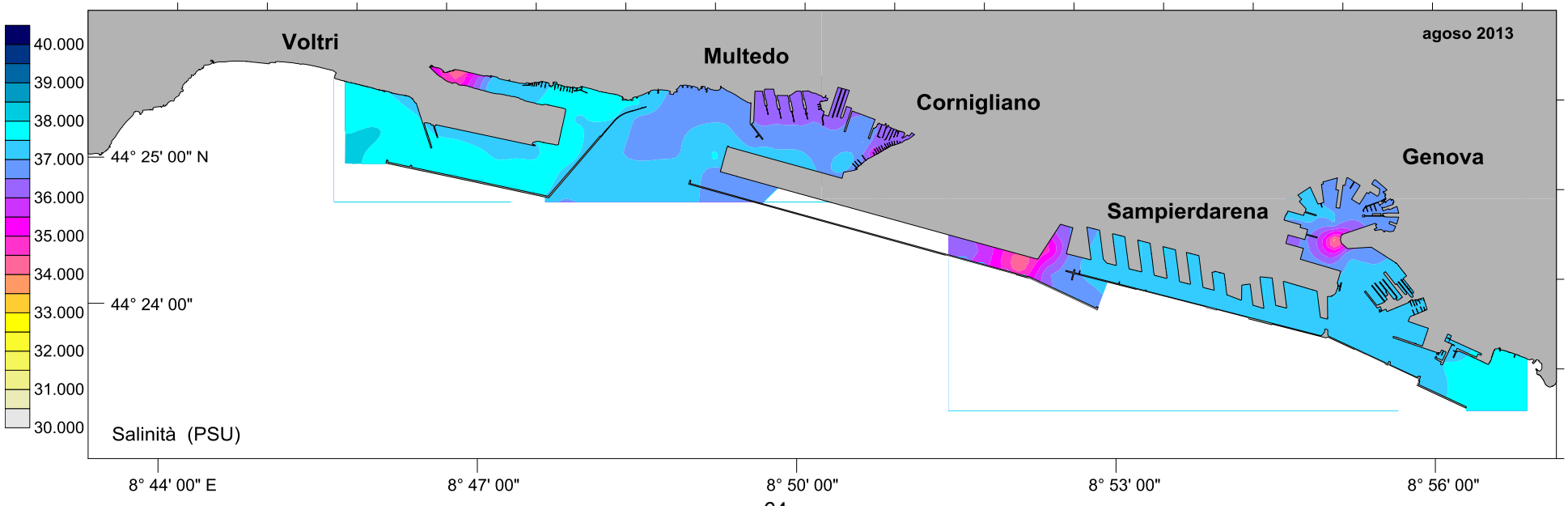

marzo 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

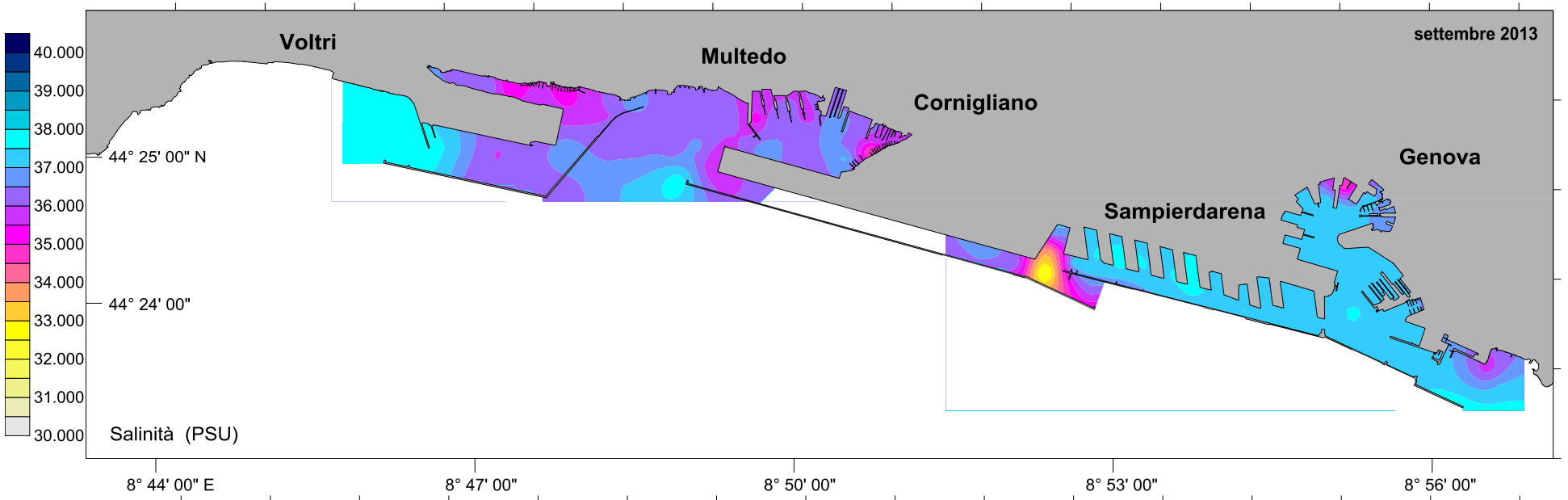

aprile 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

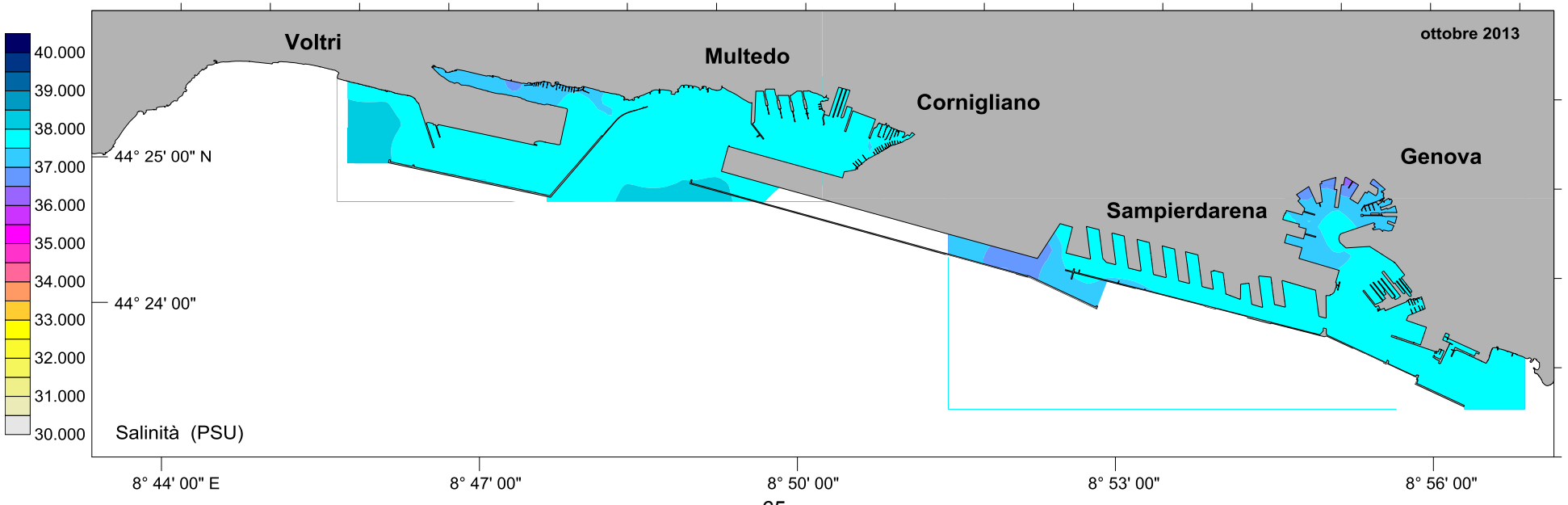

maggio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
27.000
26.000
25.000
24.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

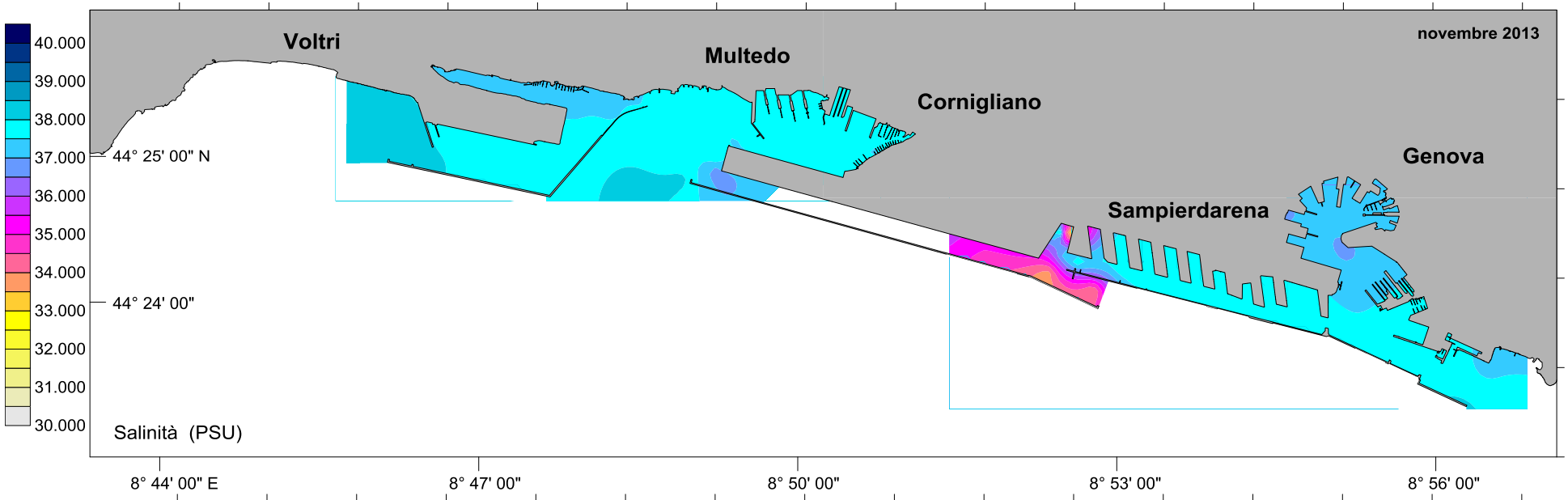

giugno 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

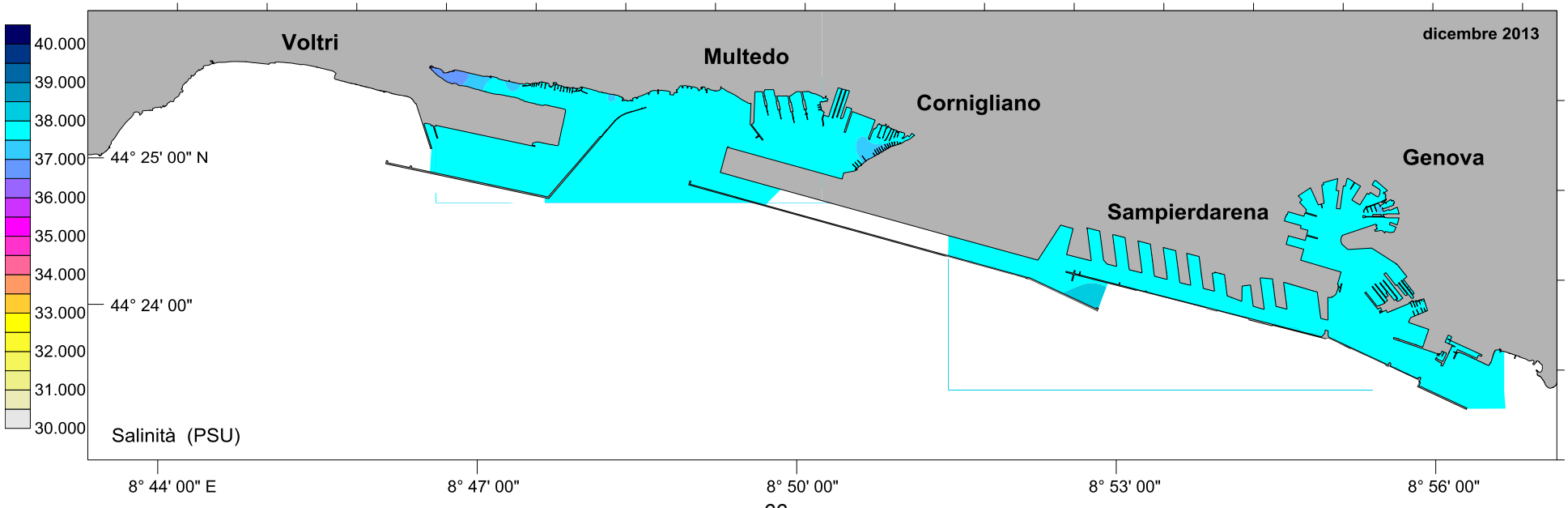

luglio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

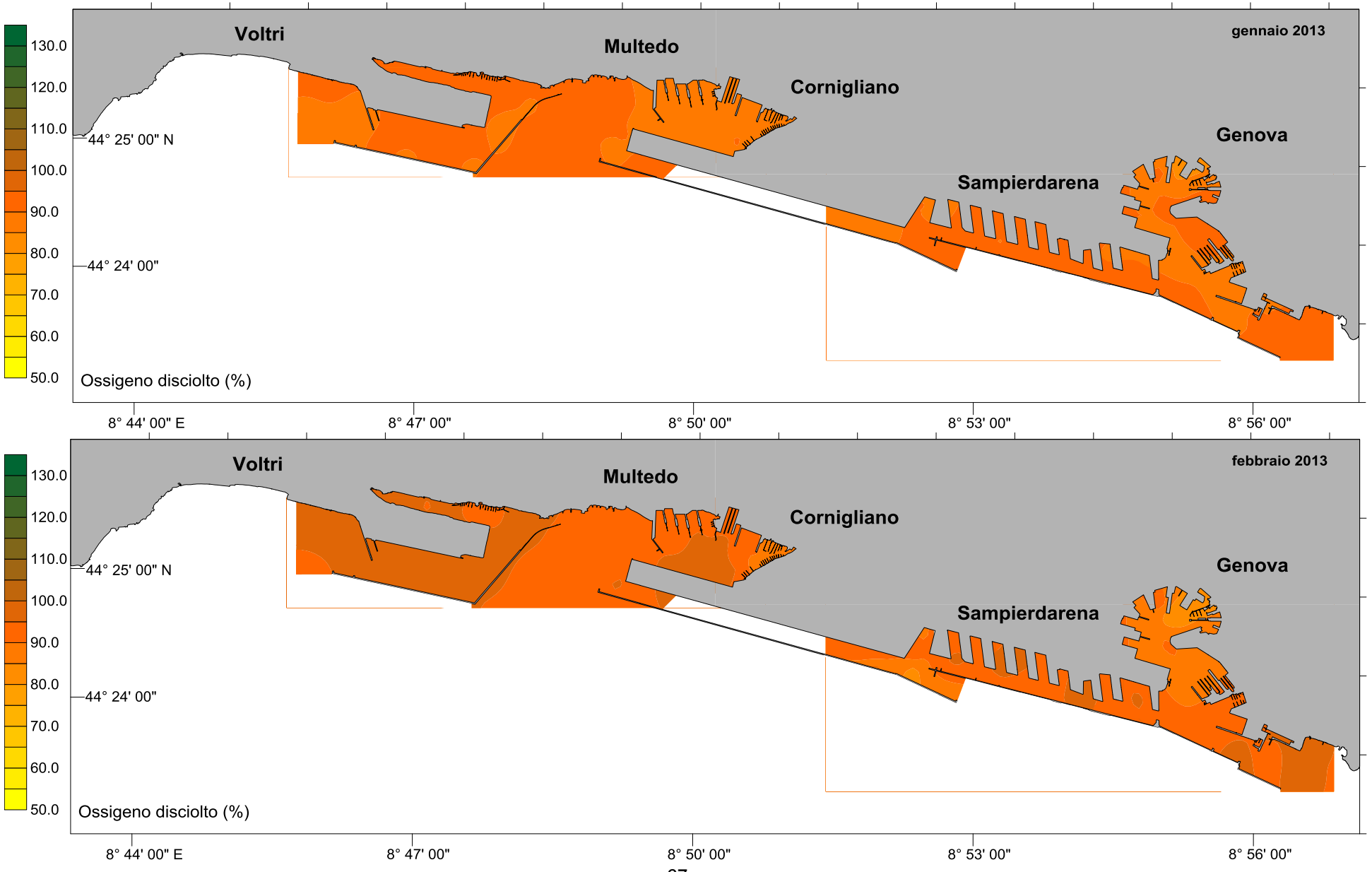

agoso 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

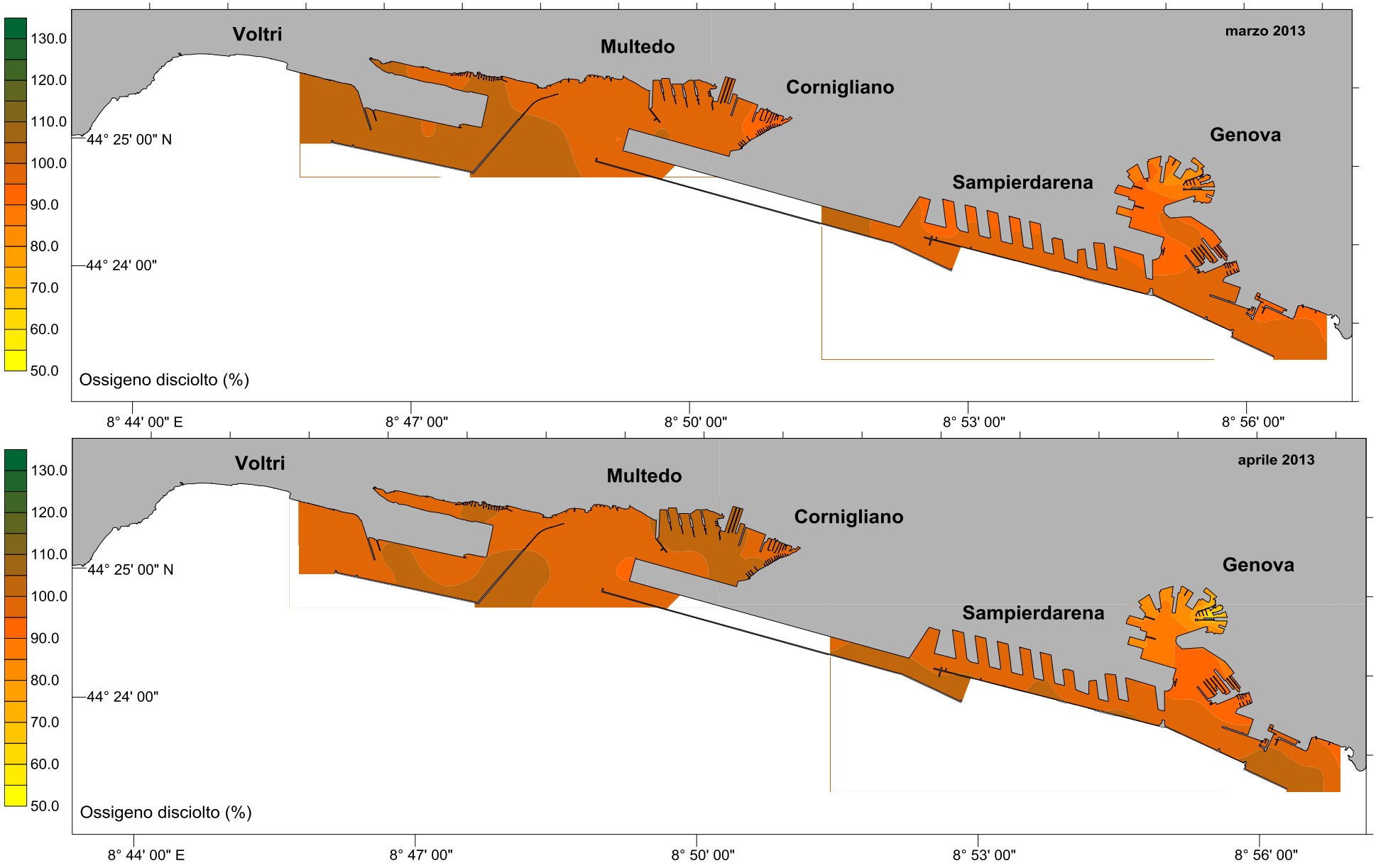

settembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

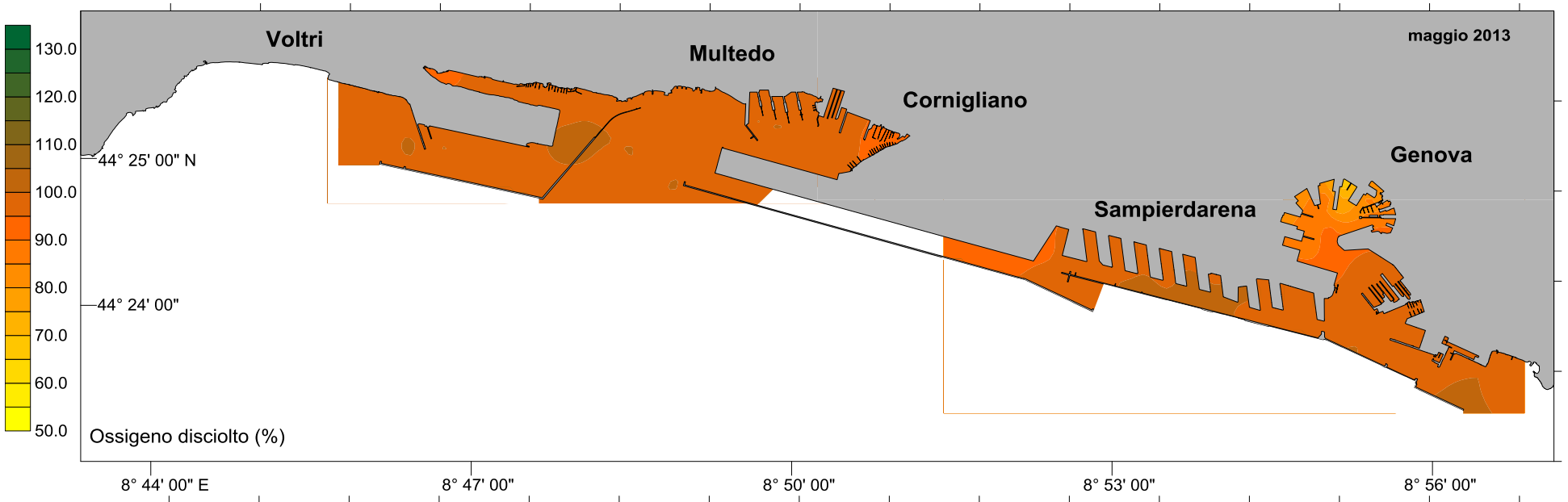

ottobre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

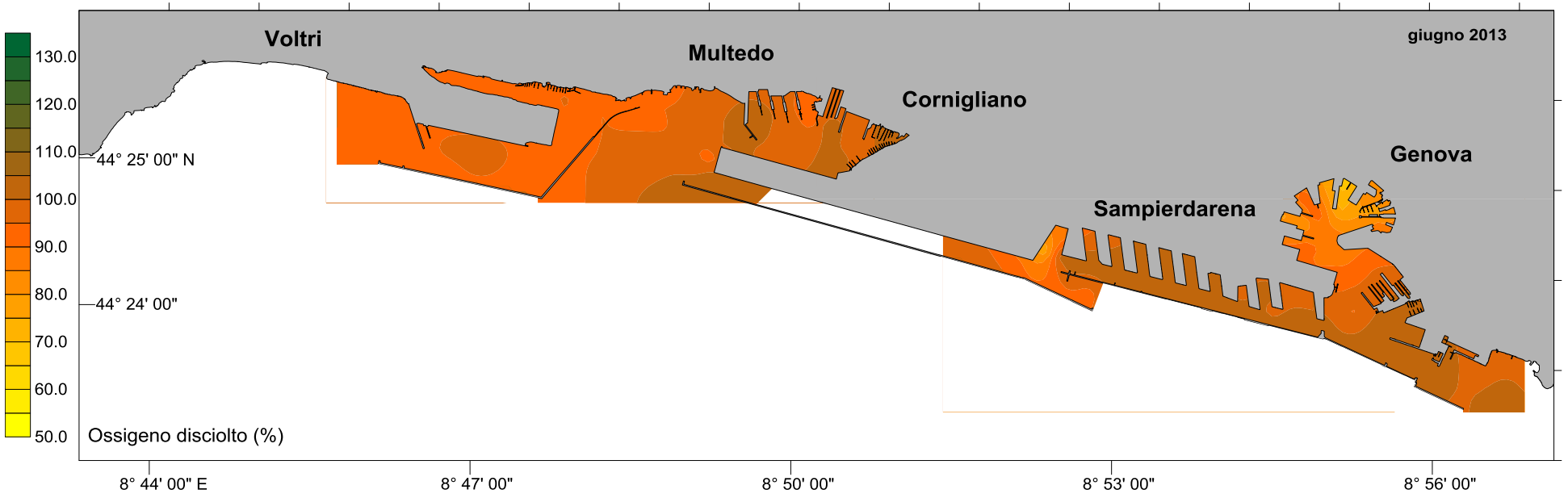

novembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

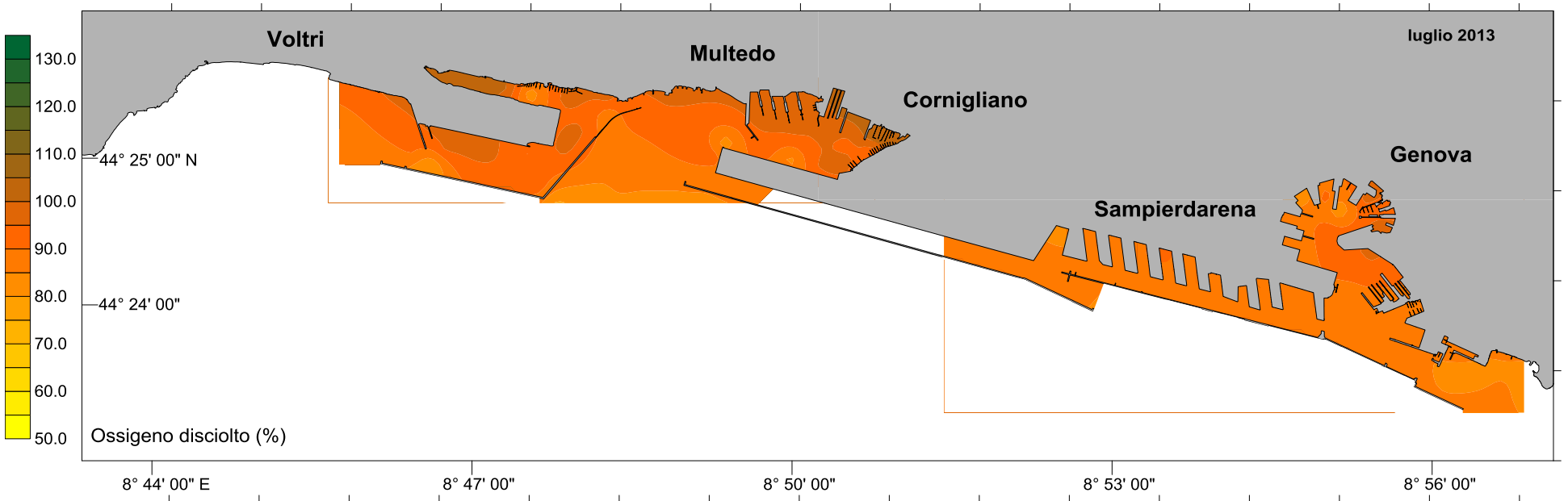

dicembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

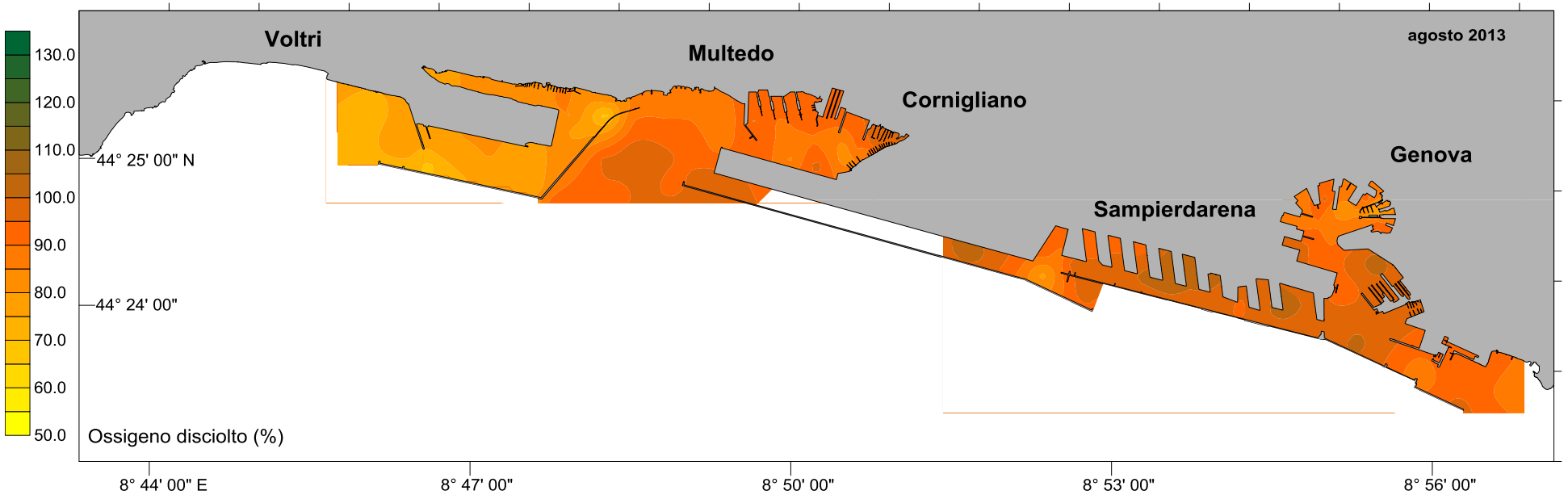

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
gennaio 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
febbraio 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

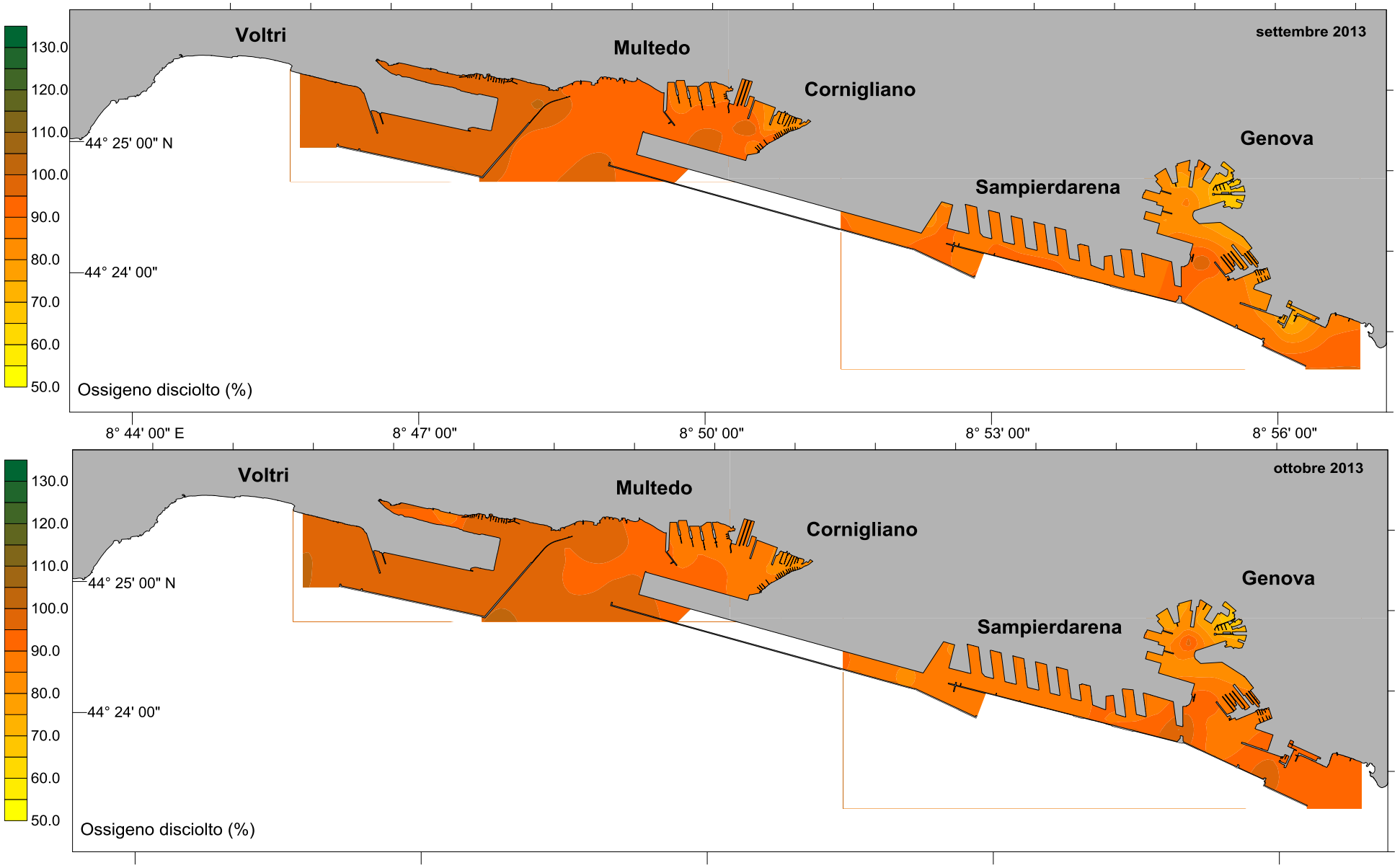

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

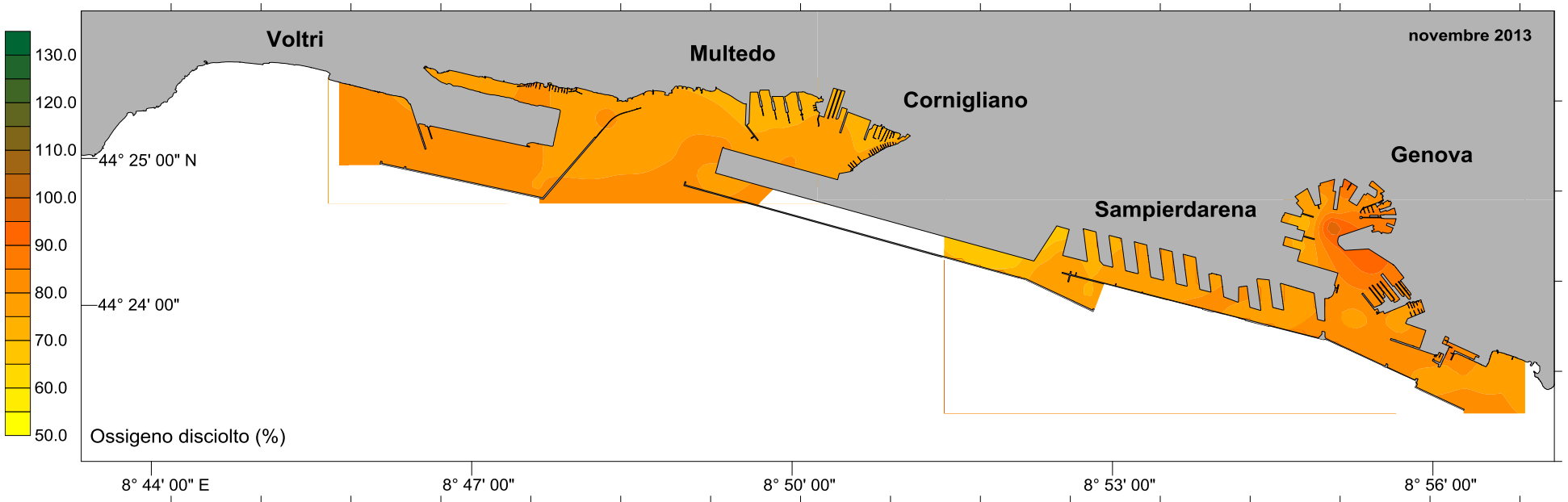

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
maggio 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

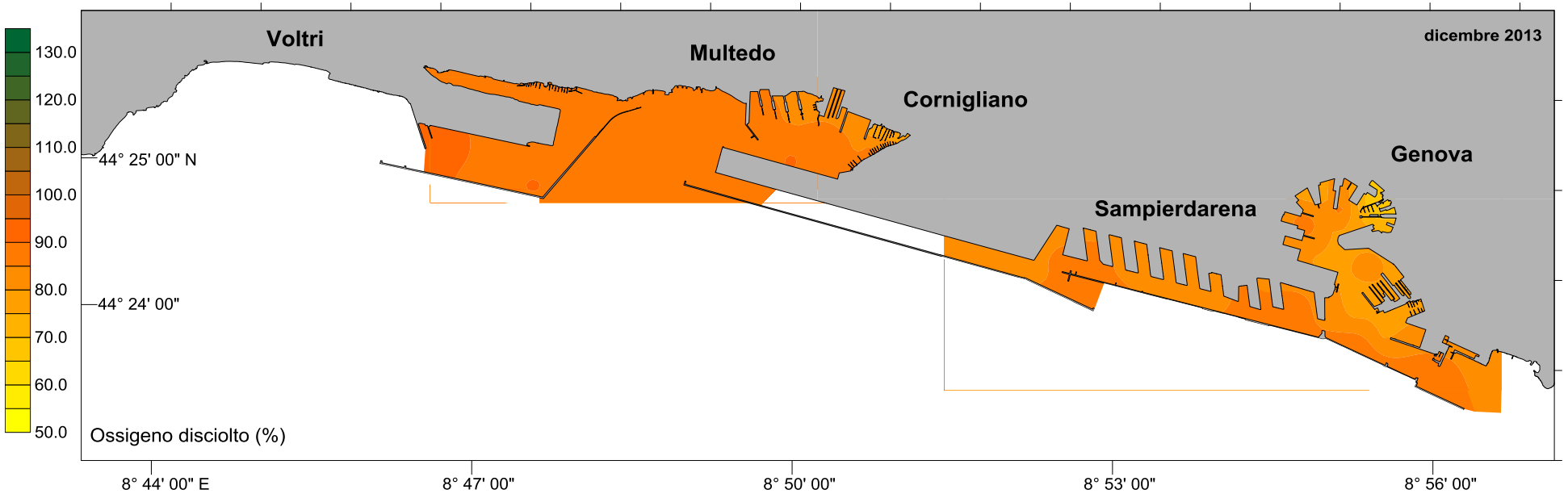

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
giugno 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

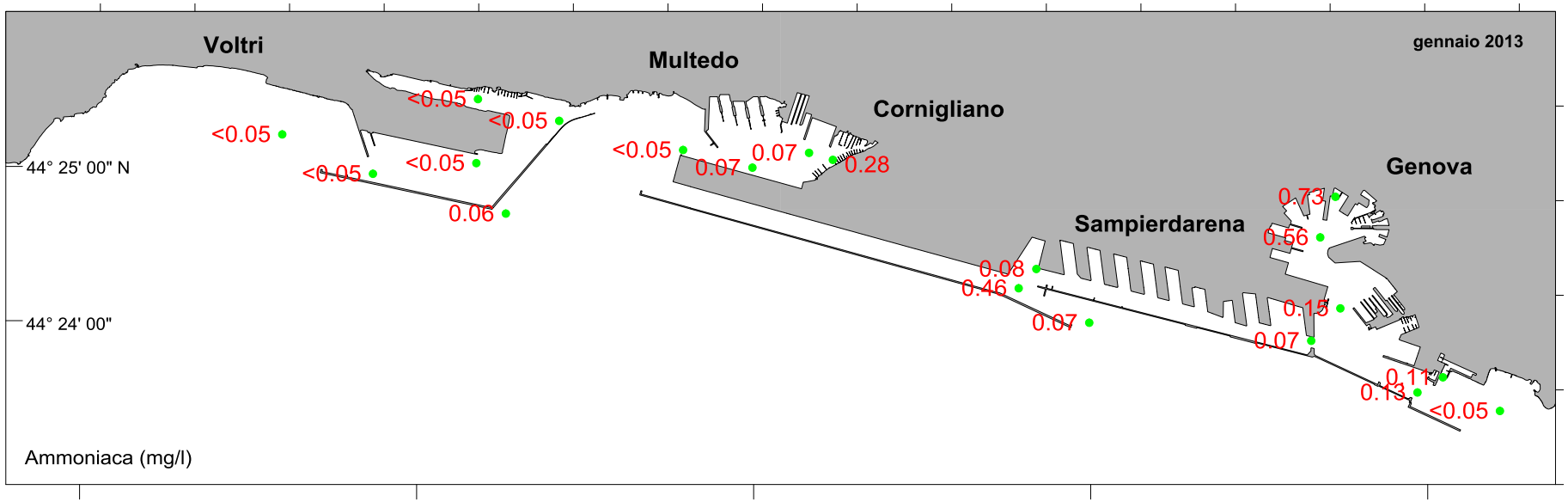

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
luglio 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

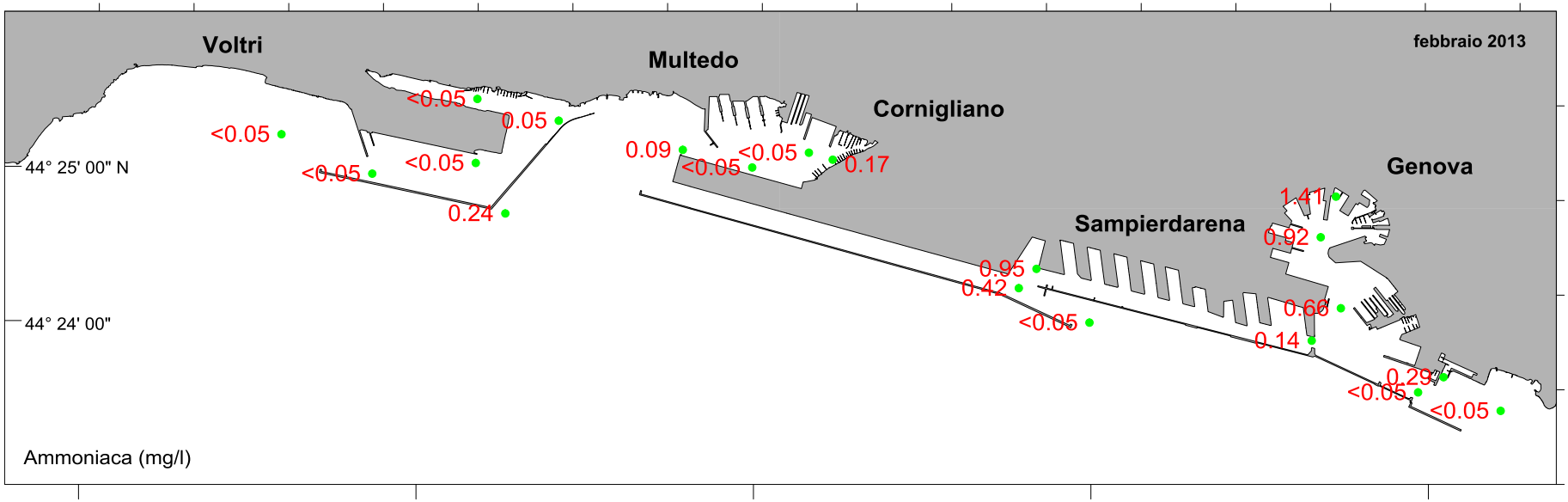

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
agosto 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

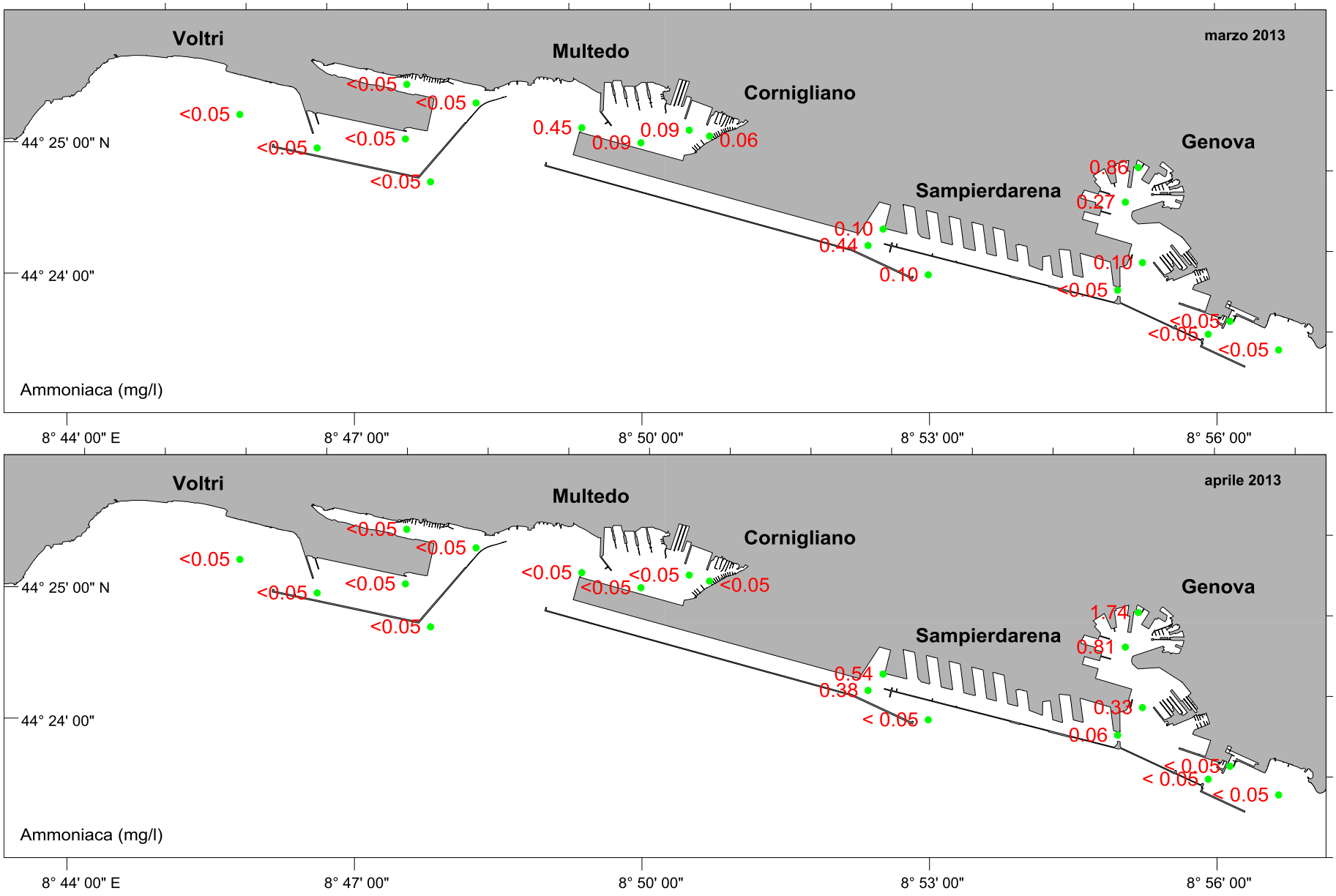

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)

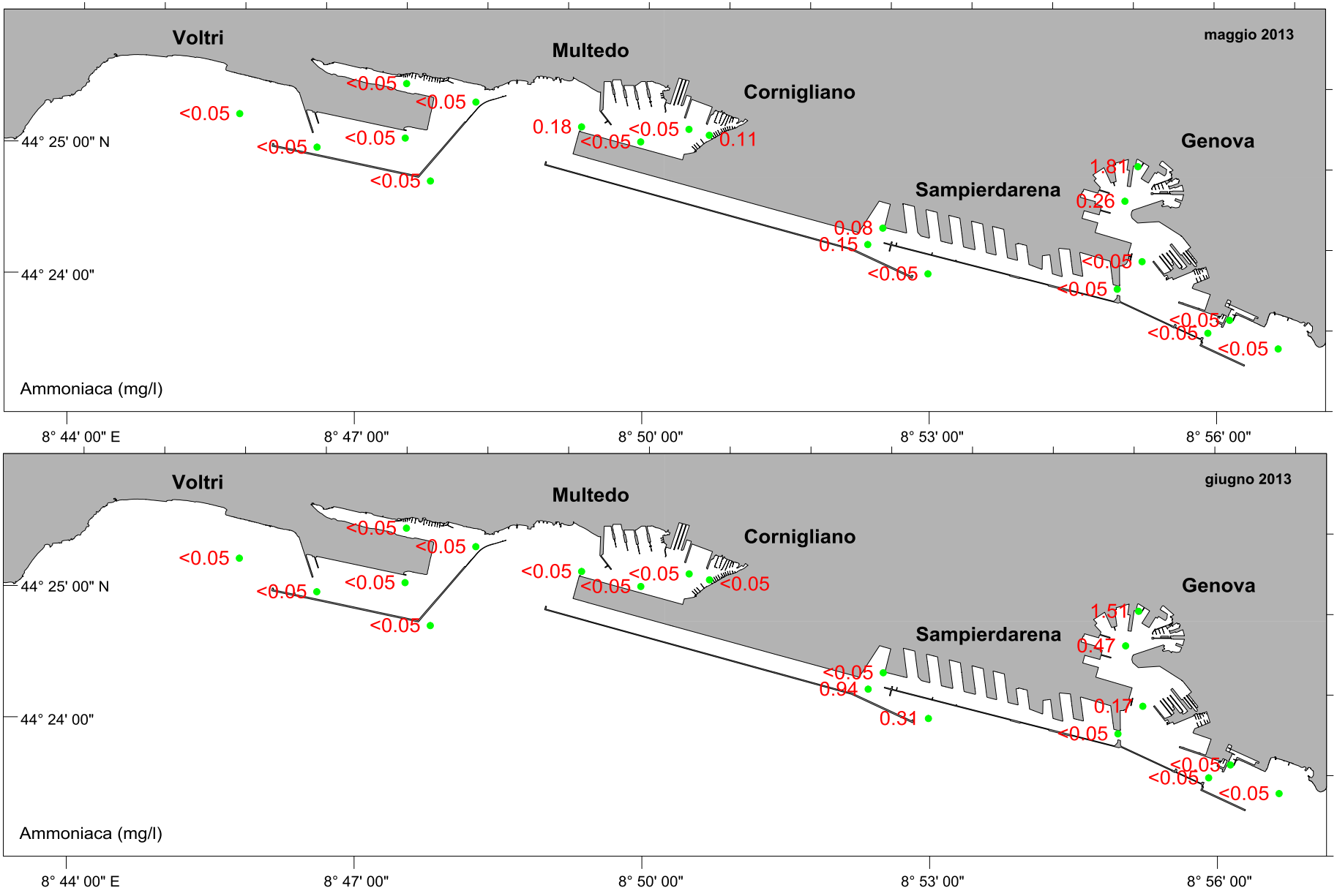

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

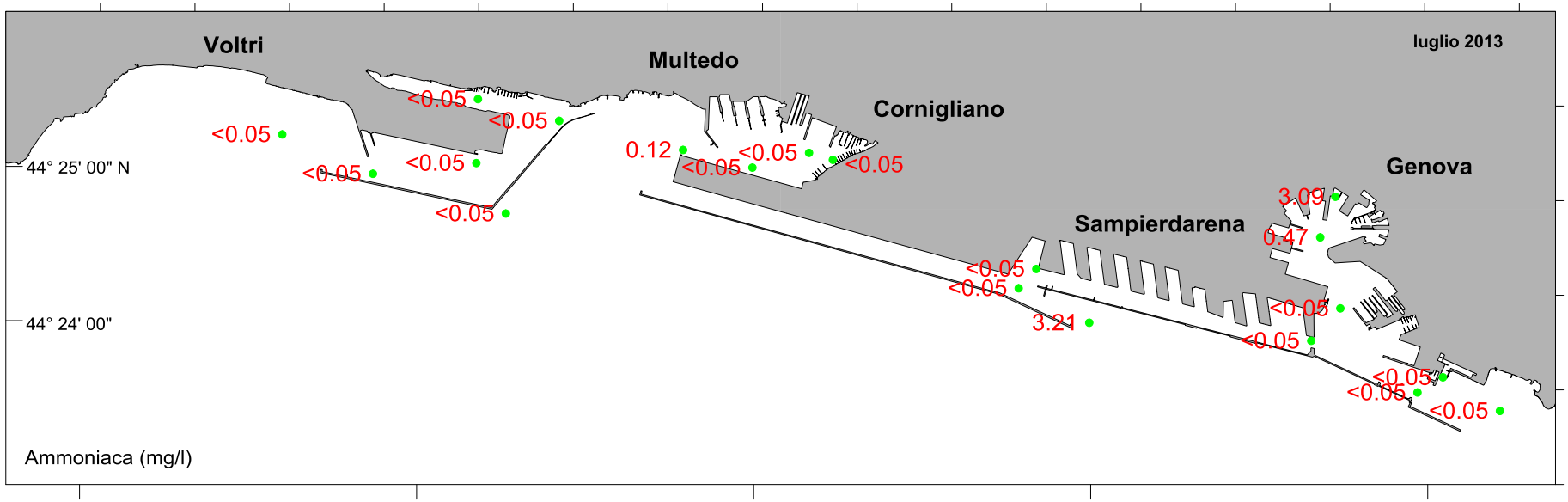

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2013
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

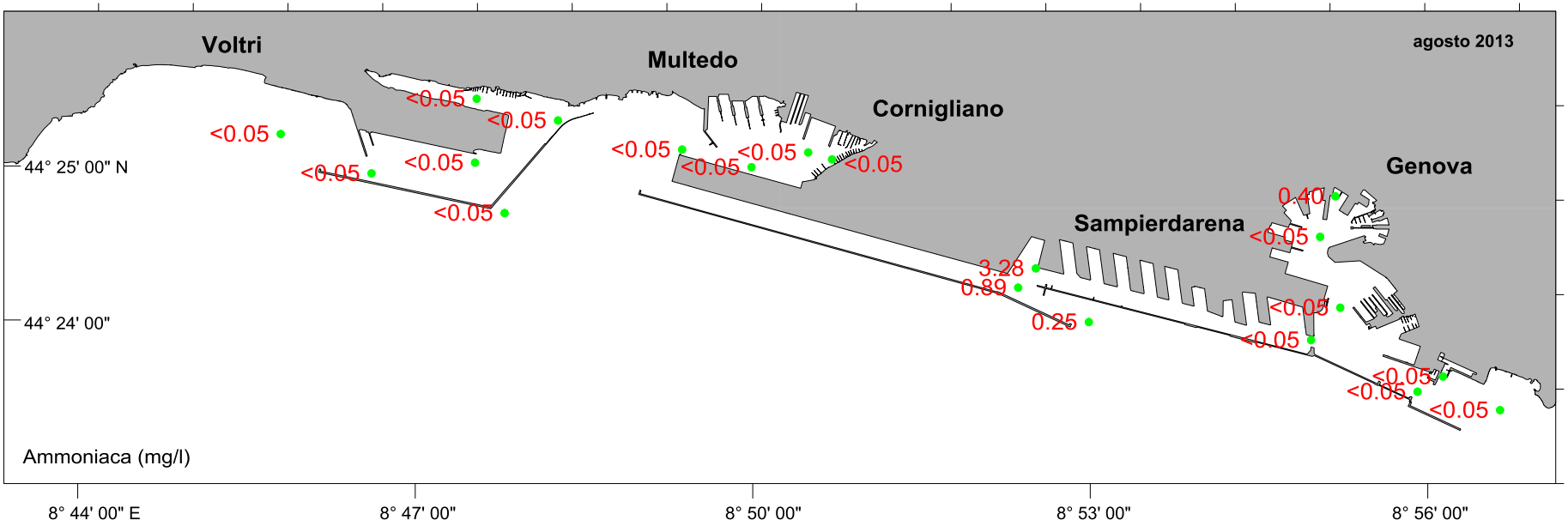

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
<0.05
0.07
0.07
0.28
0.73
0.56
0.08
0.46
0.07
0.15
0.07
0.11
0.13
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

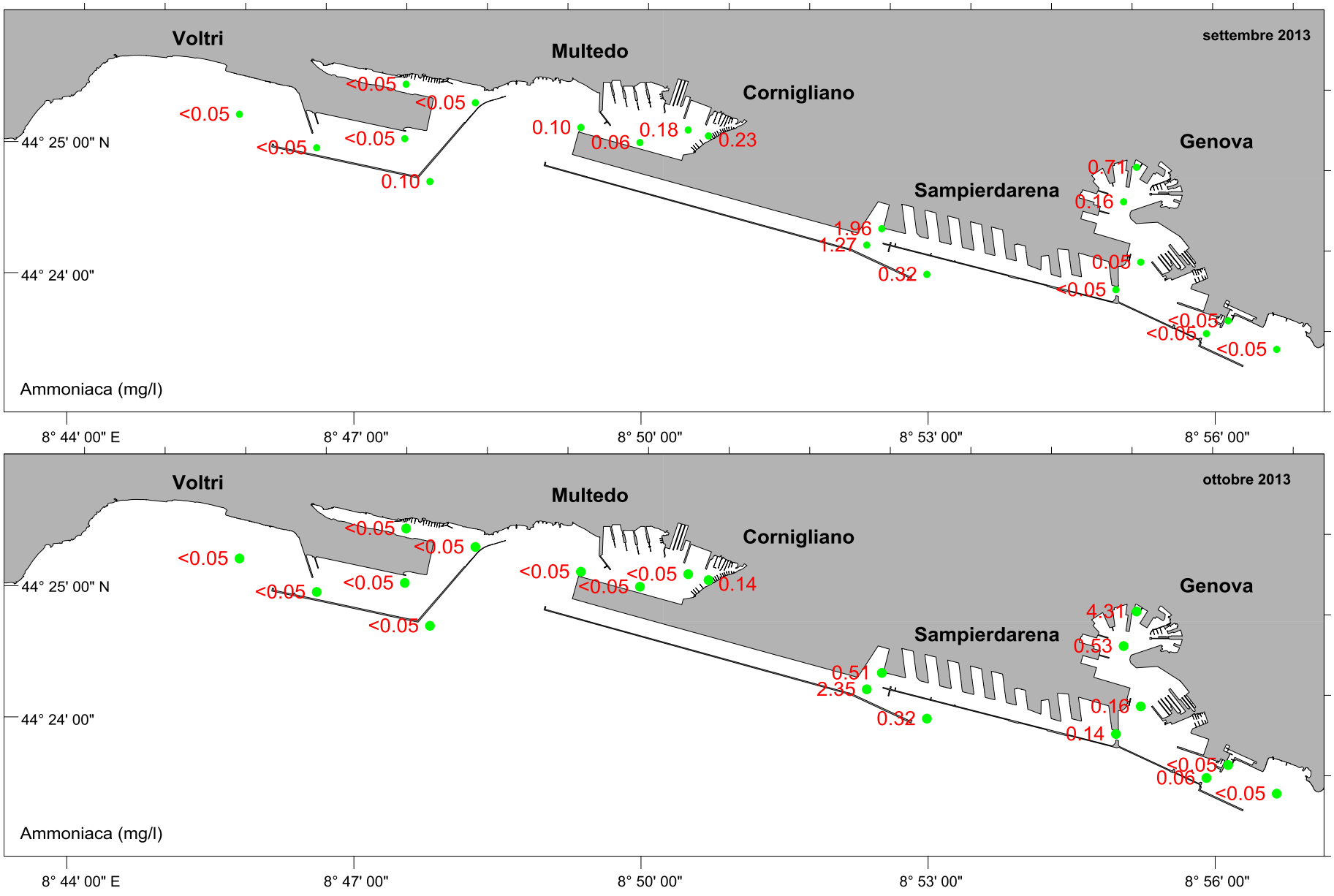

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
0.05
0.24
0.09
<0.05
<0.05
0.17
1.41
0.92
0.95
0.42
<0.05
0.68
0.14
0.29
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

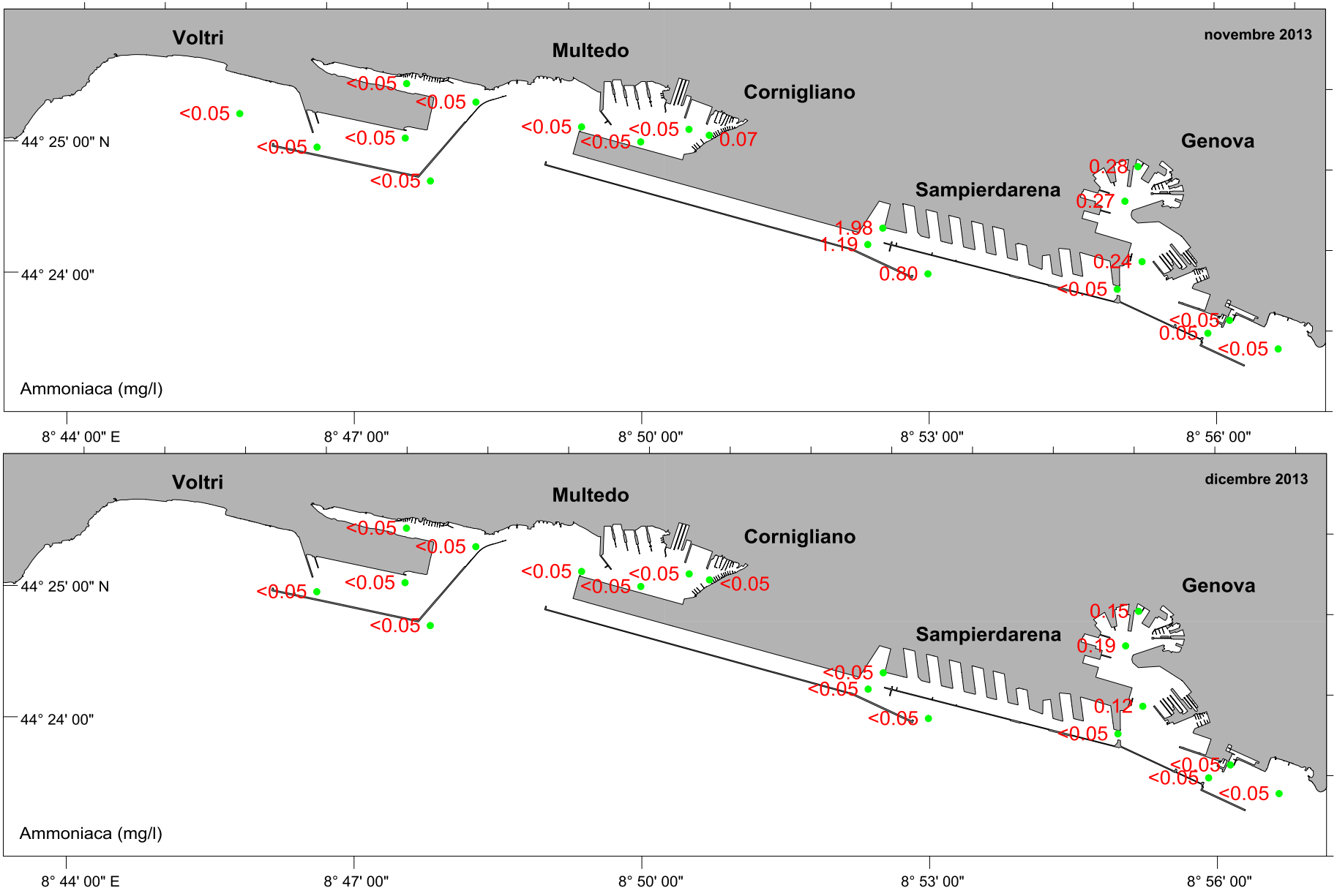

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.45
0.09
0.09
0.06
0.10
0.44
0.10
0.86
0.27
0.10
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.54
0.38
< 0.05
1.74
0.81
0.33
0.06
< 0.05
< 0.05
< 0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

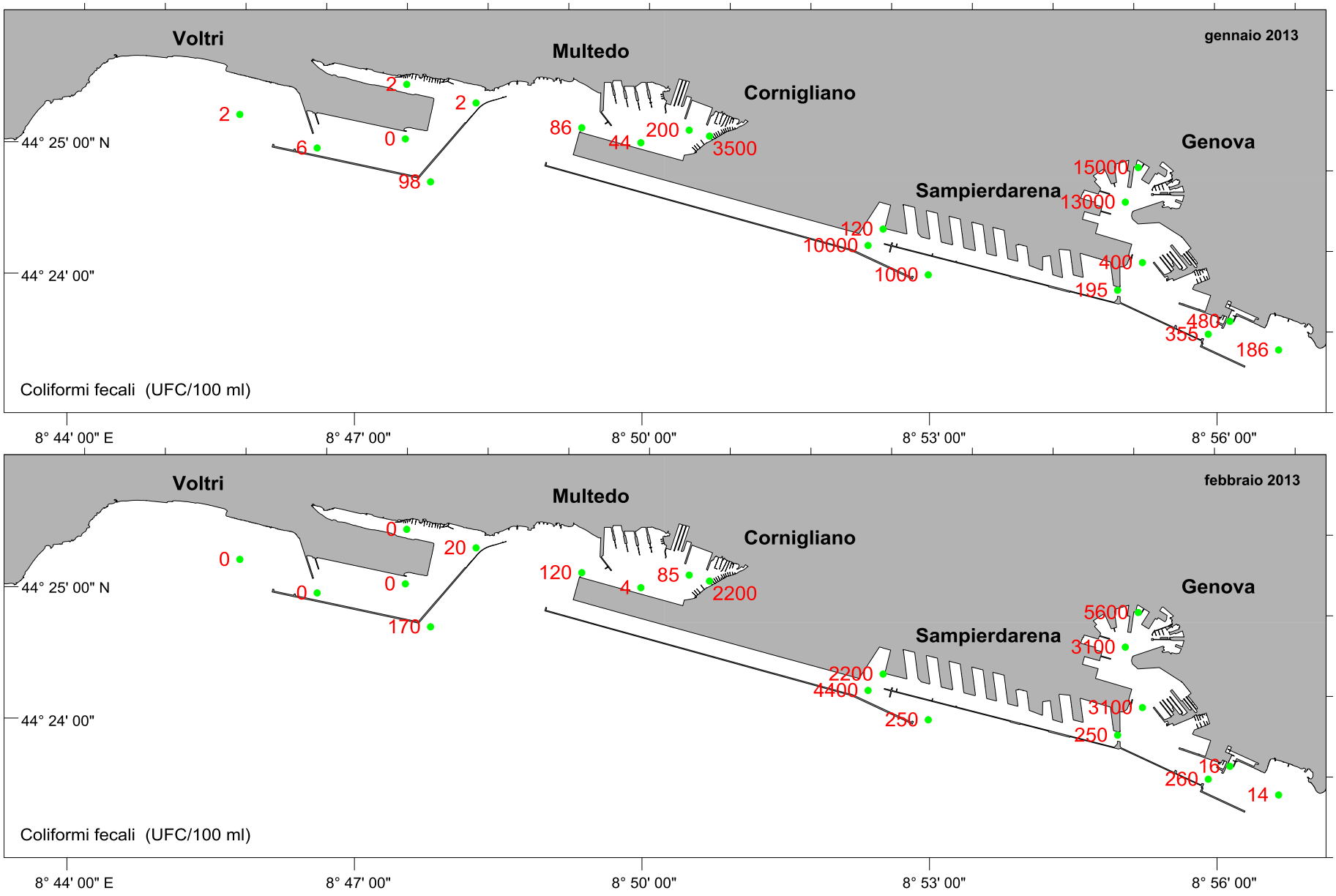

maggio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.18
<0.05
<0.05
0.11
1.81
0.26
0.08
0.15
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
1.51
0.47
<0.05
0.94
0.31
0.17
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

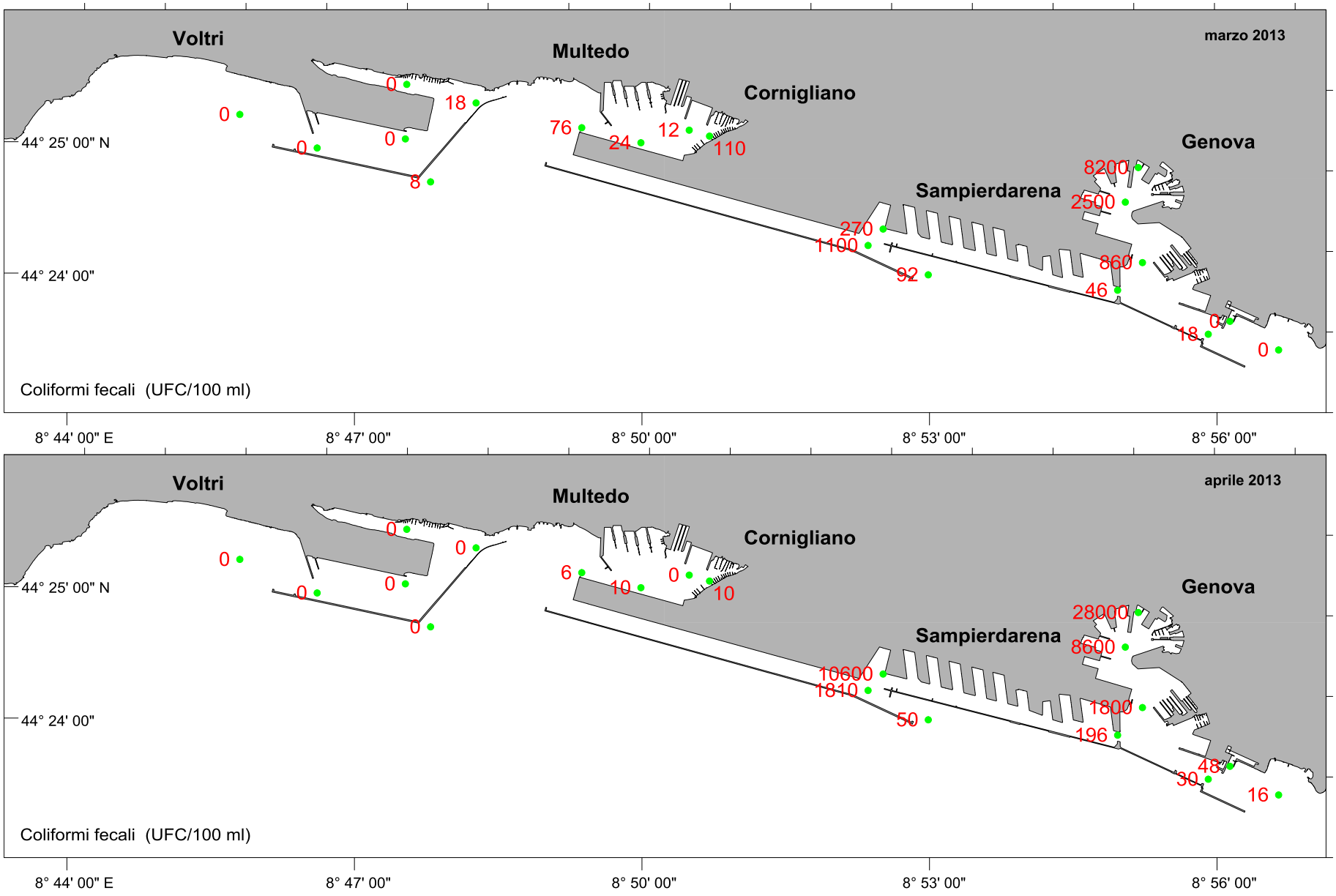

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.12
<0.05
<0.05
3.09
0.47
<0.05
<0.05
3.21
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

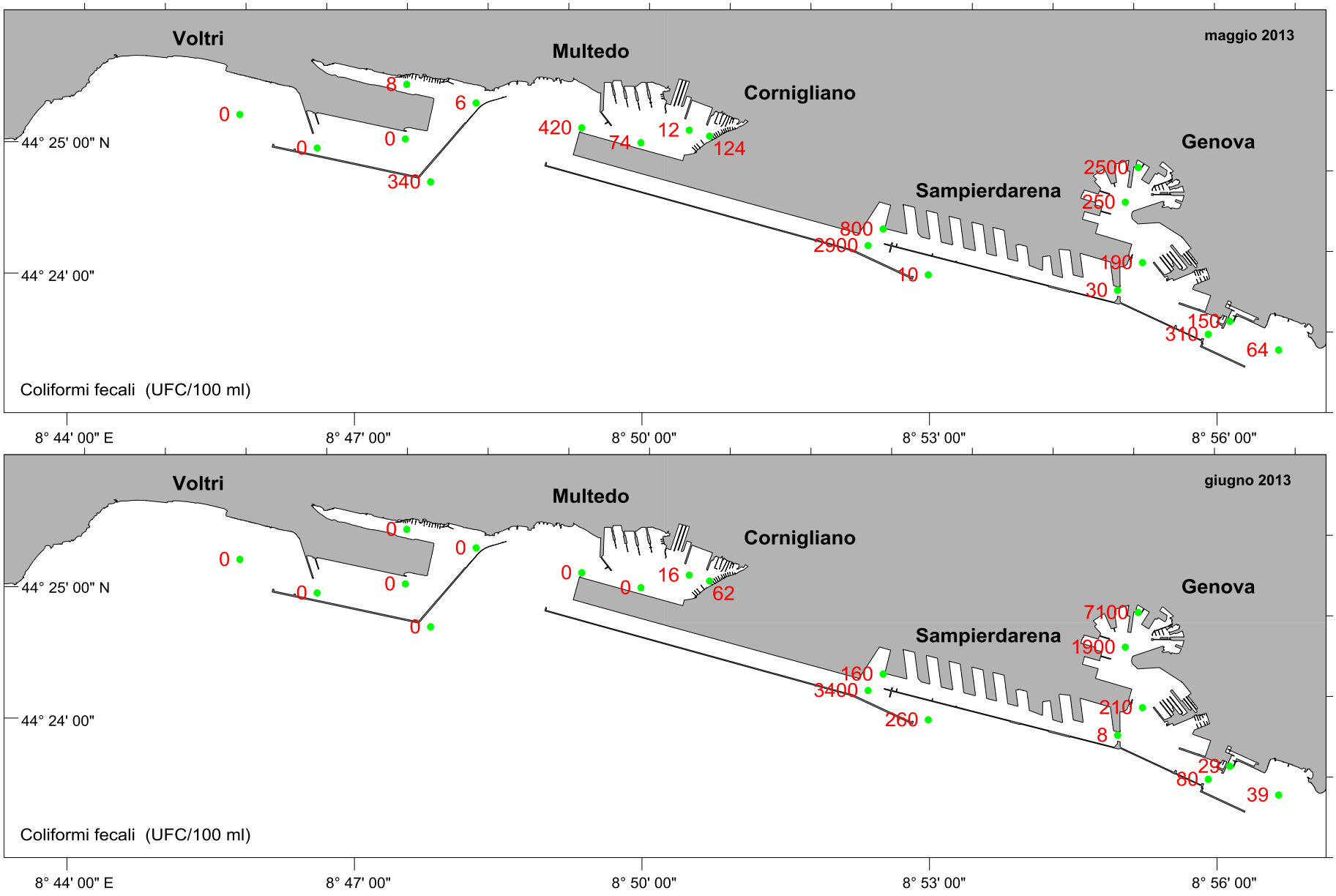

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.40
<0.05
3.28
0.89
0.25
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

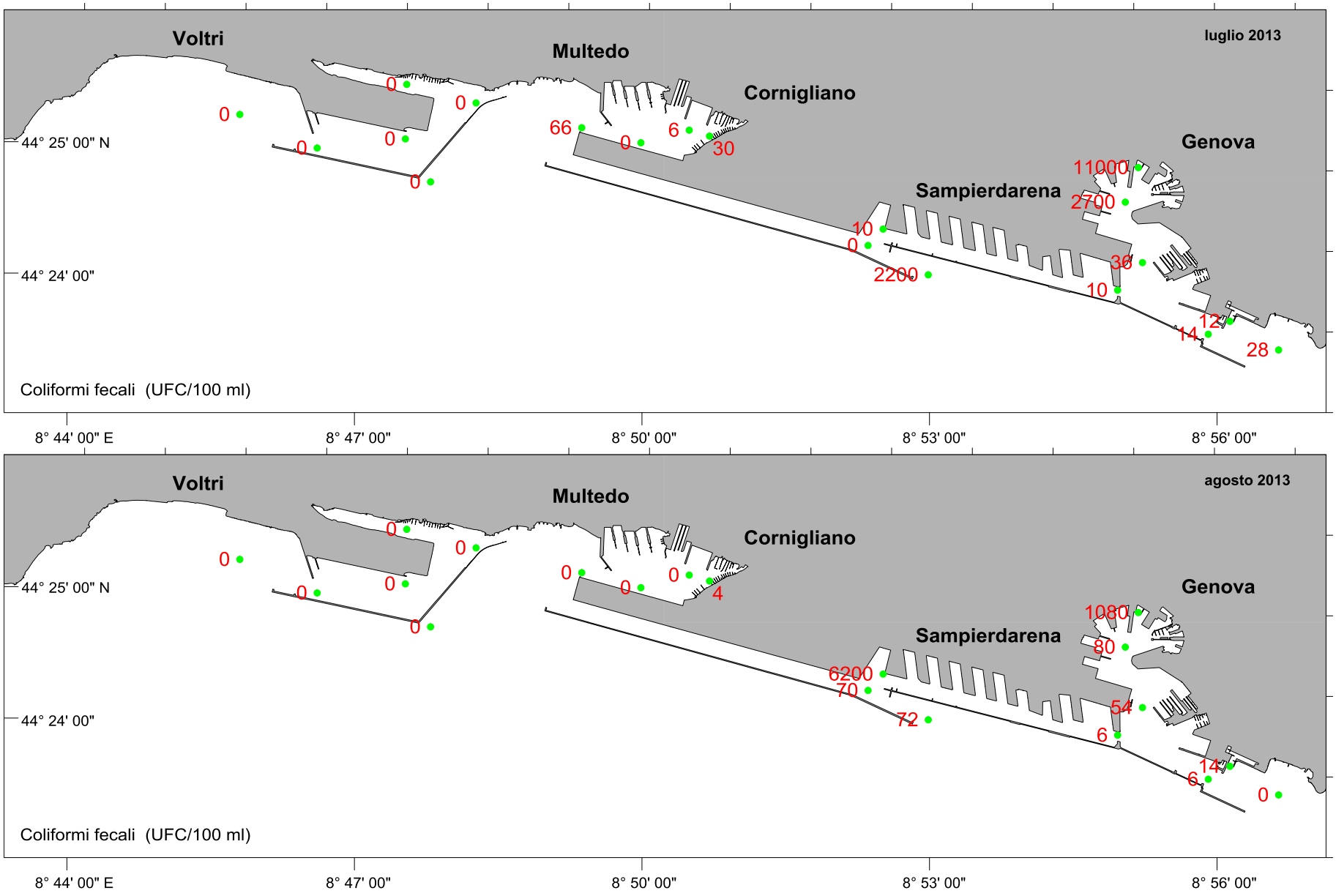

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2013
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.10
0.10
0.06
0.18
0.23
0.71
0.16
1.96
1.27
0.32
0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2013
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.14
4.31
0.53
0.51
2.35
0.32
0.16
0.14
<0.05
0.06
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

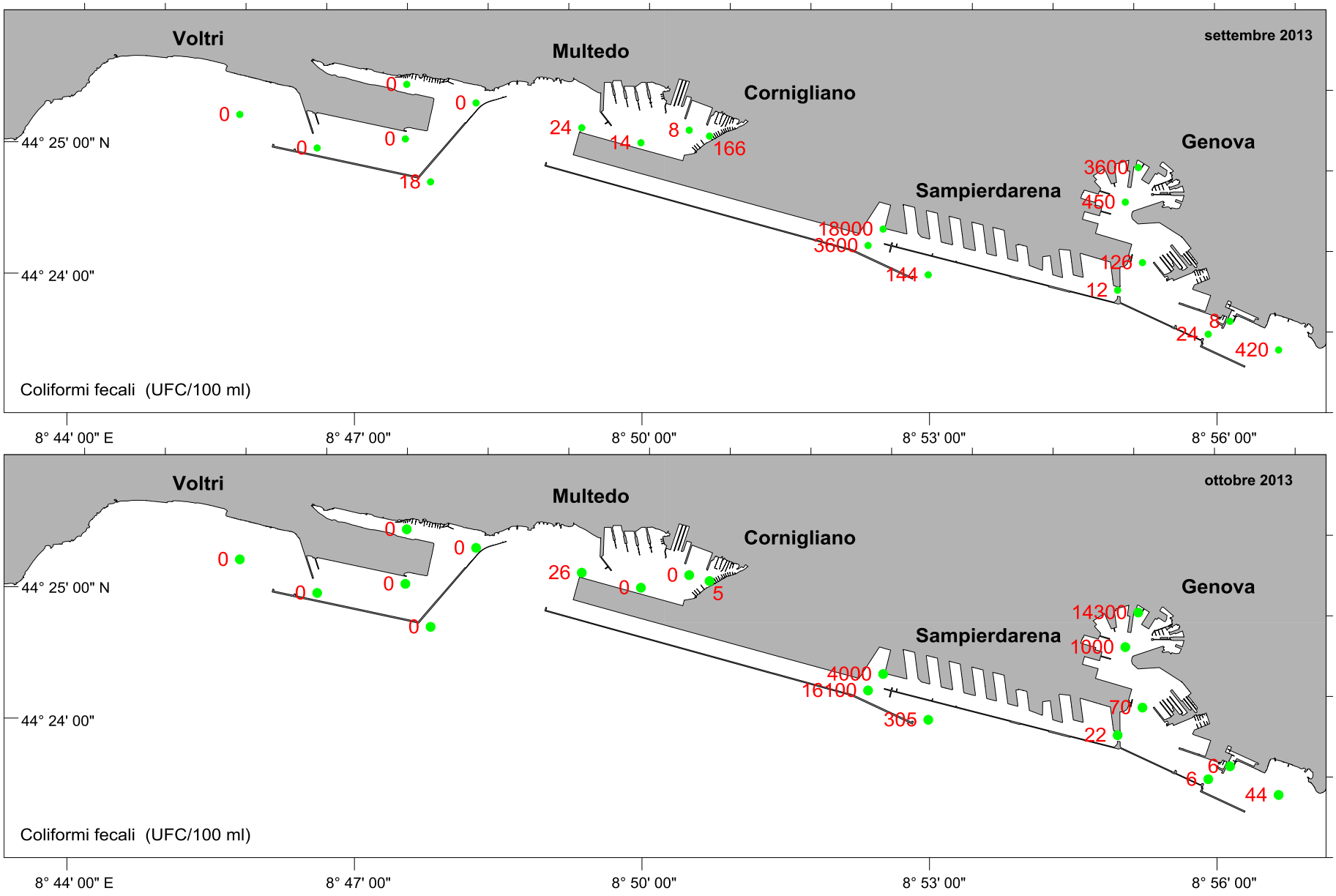

novembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.07
1.98
1.19
0.80
0.28
0.27
0.24
<0.05
<0.05
0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.15
0.19
0.12
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

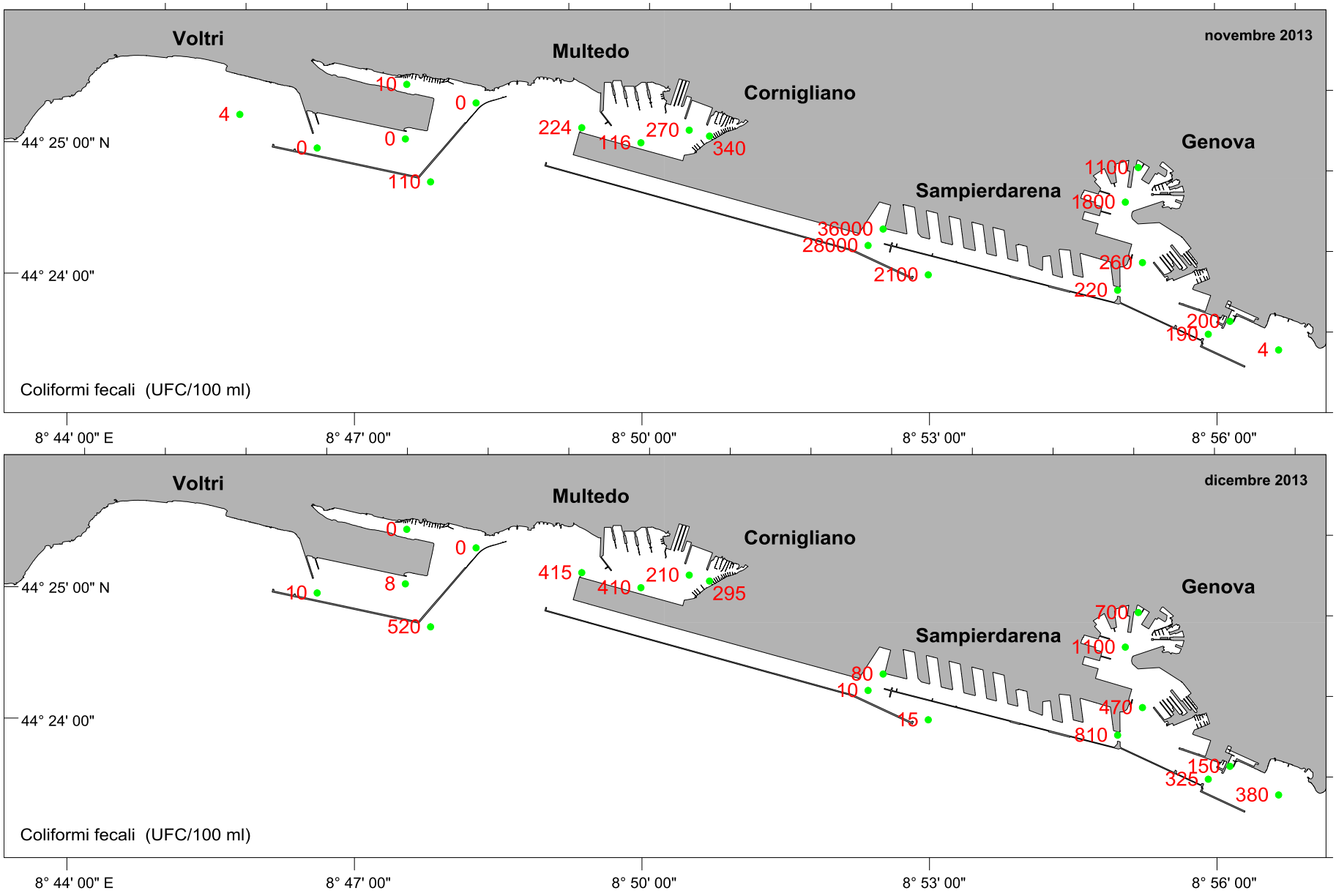

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
2
2
6
0
2
98
86
44
200
3500
120
10000
1000
15000
13000
400
195
480
355
186
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
20
170
120
4
85
2200
2200
4400
250
5600
3100
3100
250
160
260
14
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

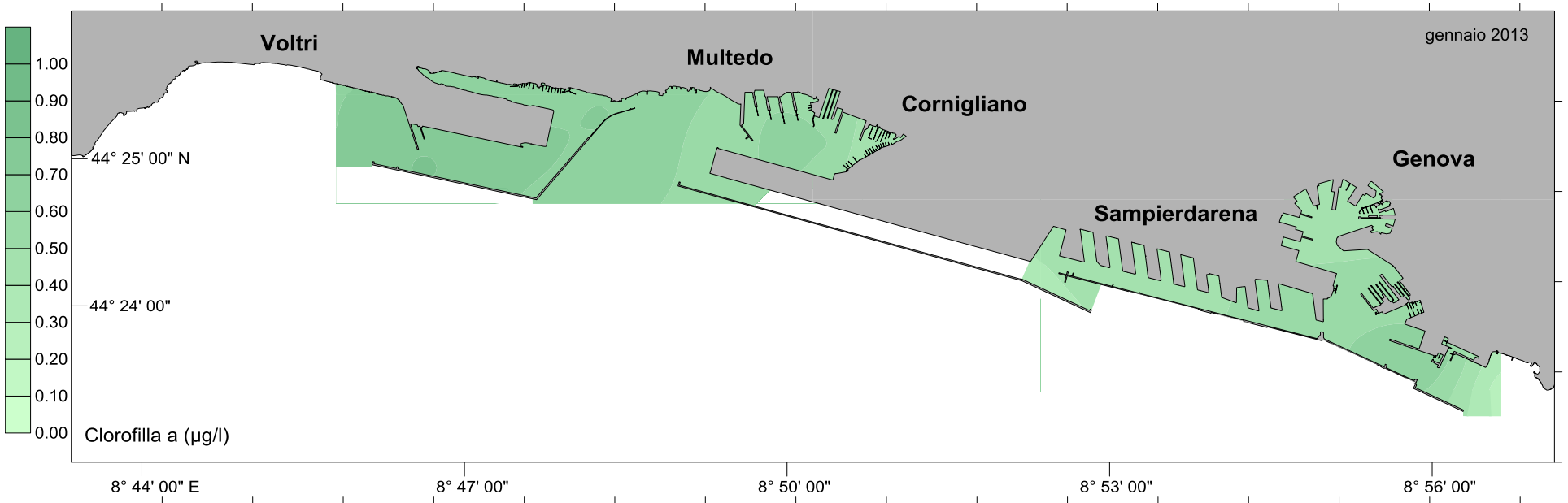

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2013
0
0
0
0
18
8
76
24
12
110
270
1100
92
8200
2500
860
46
0
18
0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2013
0
0
0
0
0
0
6
10
0
10
10600
1810
50
28000
8600
1800
196
48
30
16
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

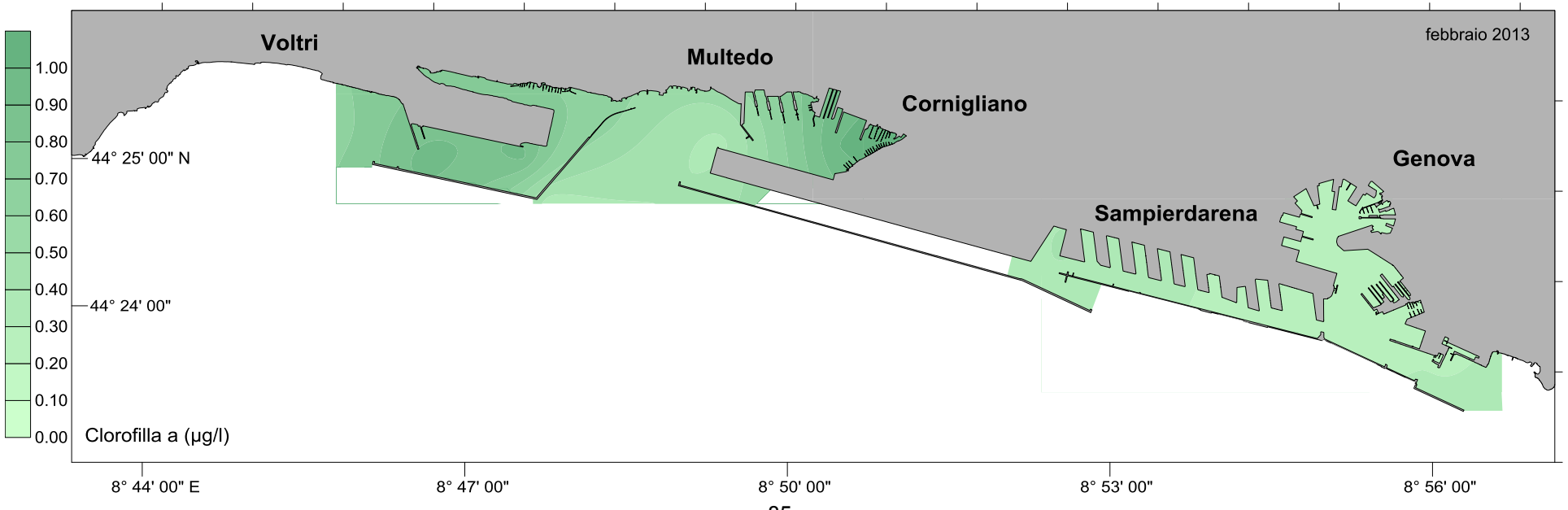

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
8
0
6
340
420
74
12
124
800
2900
10
2500
250
190
30
150
310
64
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
0
16
62
160
3400
260
7100
1900
210
8
29
80
39
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

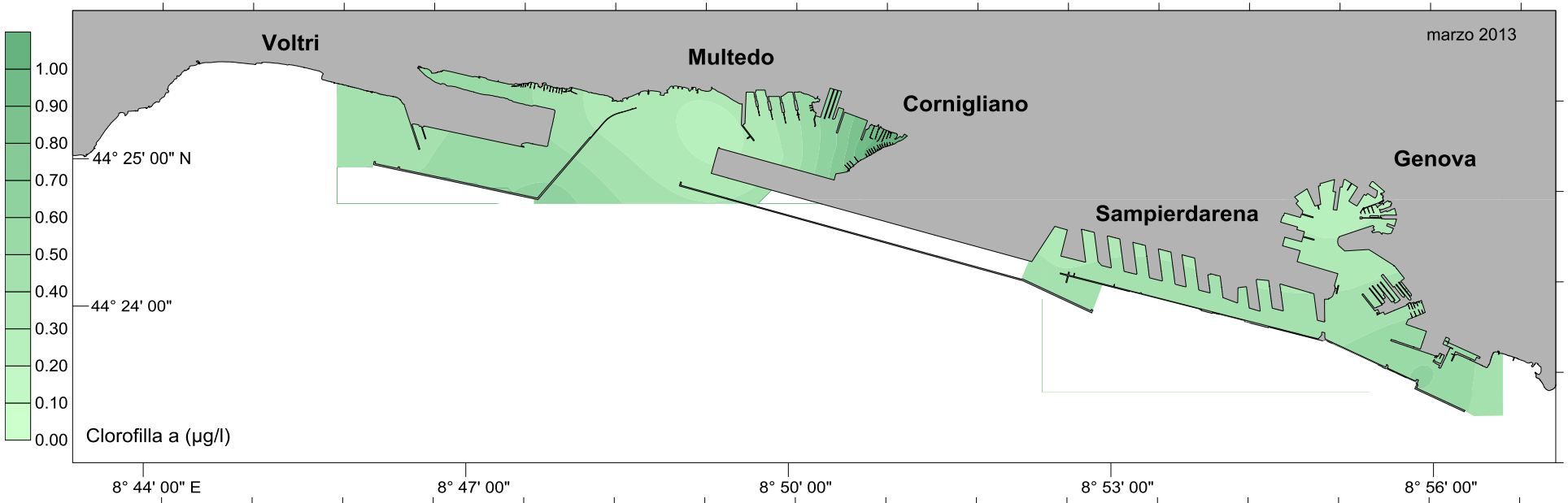

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
66
0
6
30
10
0
2200
11000
2700
30
10
12
14
28
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
0
0
4
6200
70
72
1080
80
54
6
14
6
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

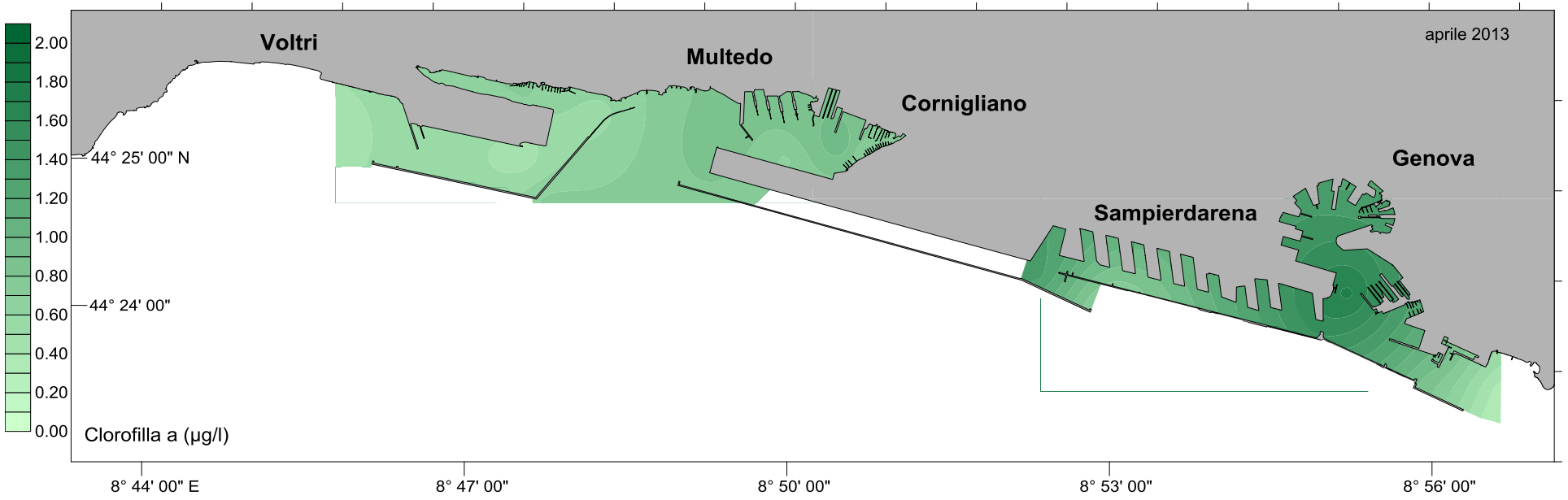

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
18
24
14
8
166
18000
3600
144
3600
450
120
12
8
24
420
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
26
0
5
4000
16100
305
14300
1000
70
22
6
6
44
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

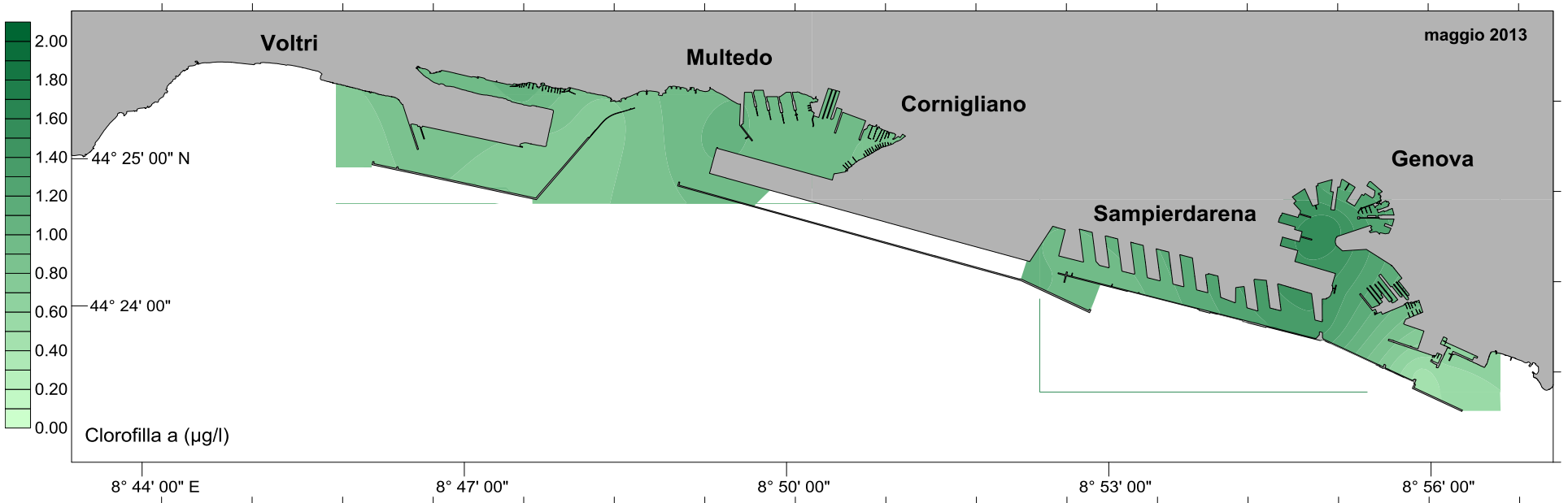

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
10
4
0
0
0
110
224
116
270
340
36000
28000
2100
1100
1800
260
220
200
190
4
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2013
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
10
8
520
415
410
210
295
80
10
15
700
1100
470
810
150
325
380
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

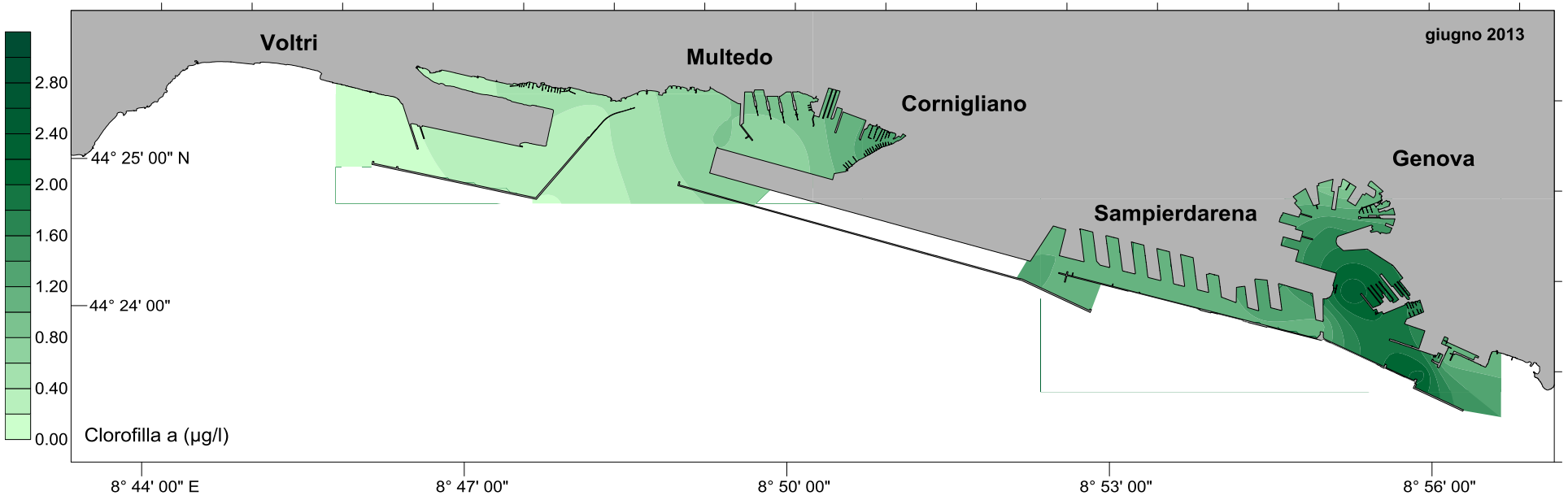

gennaio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

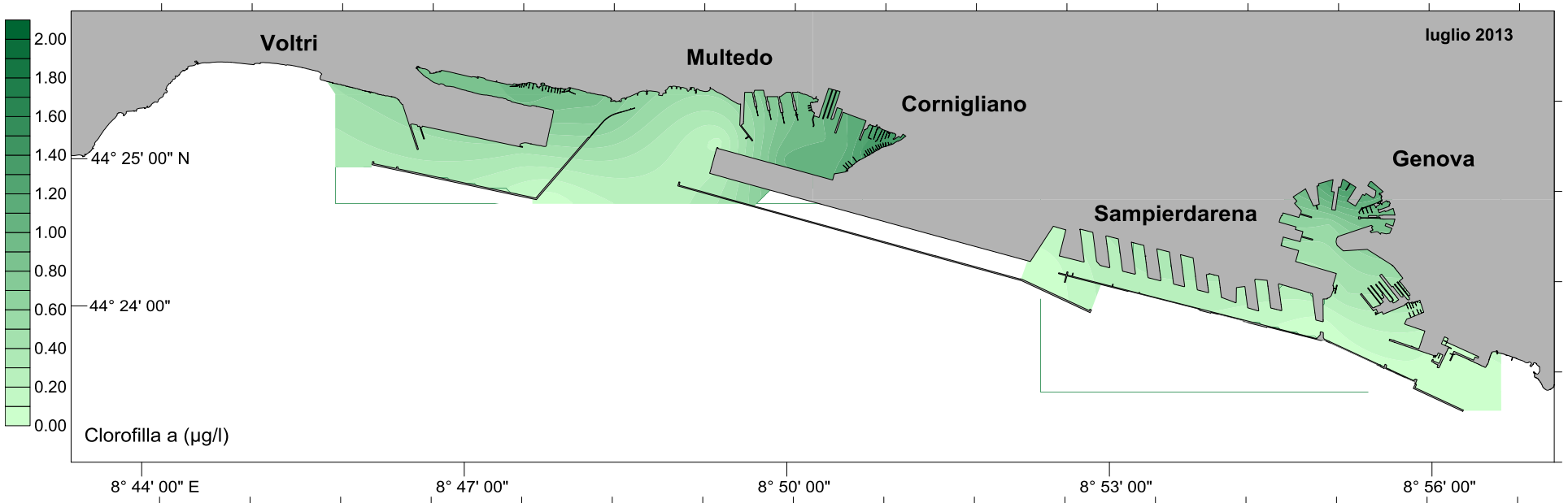

febbraio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

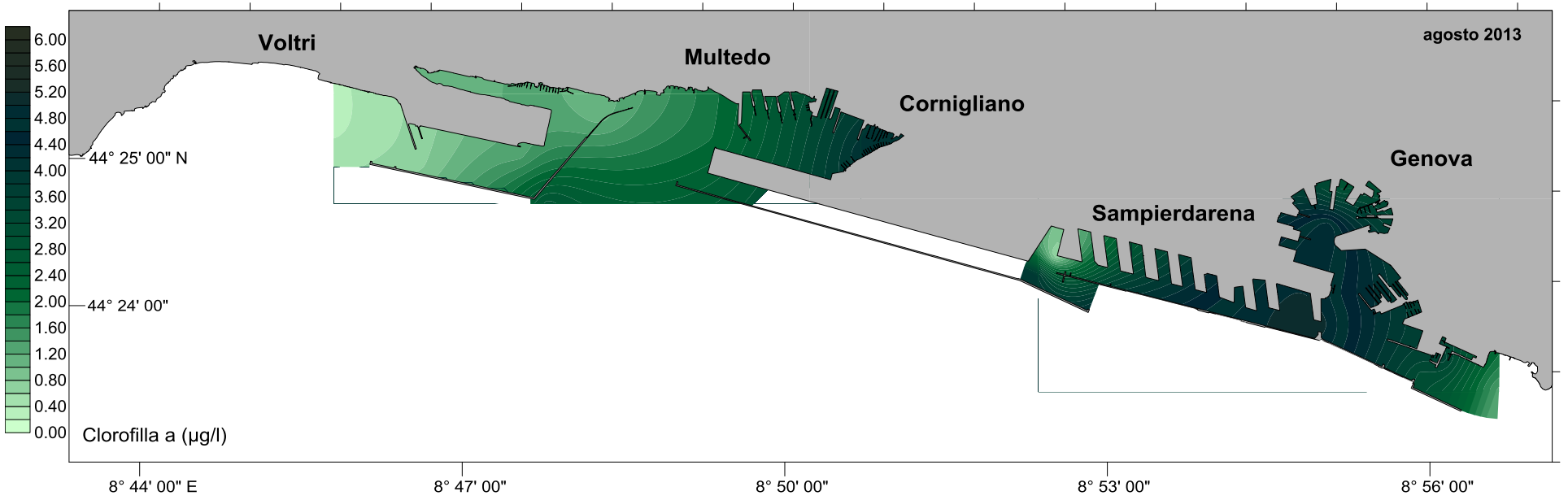

marzo 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

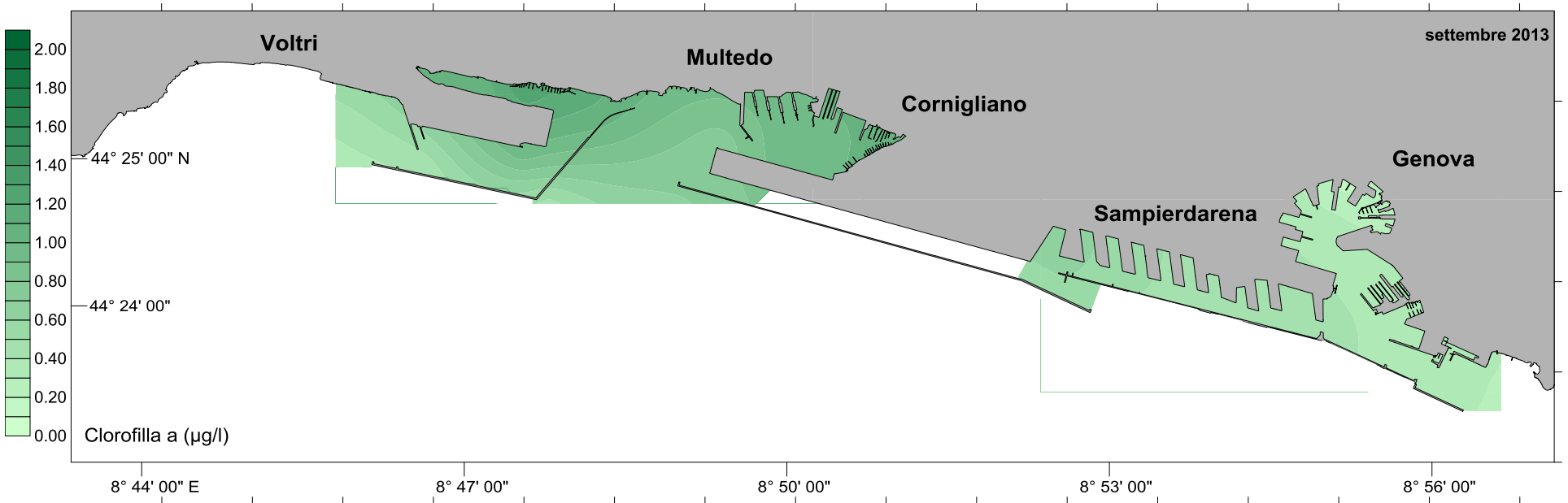

aprile 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

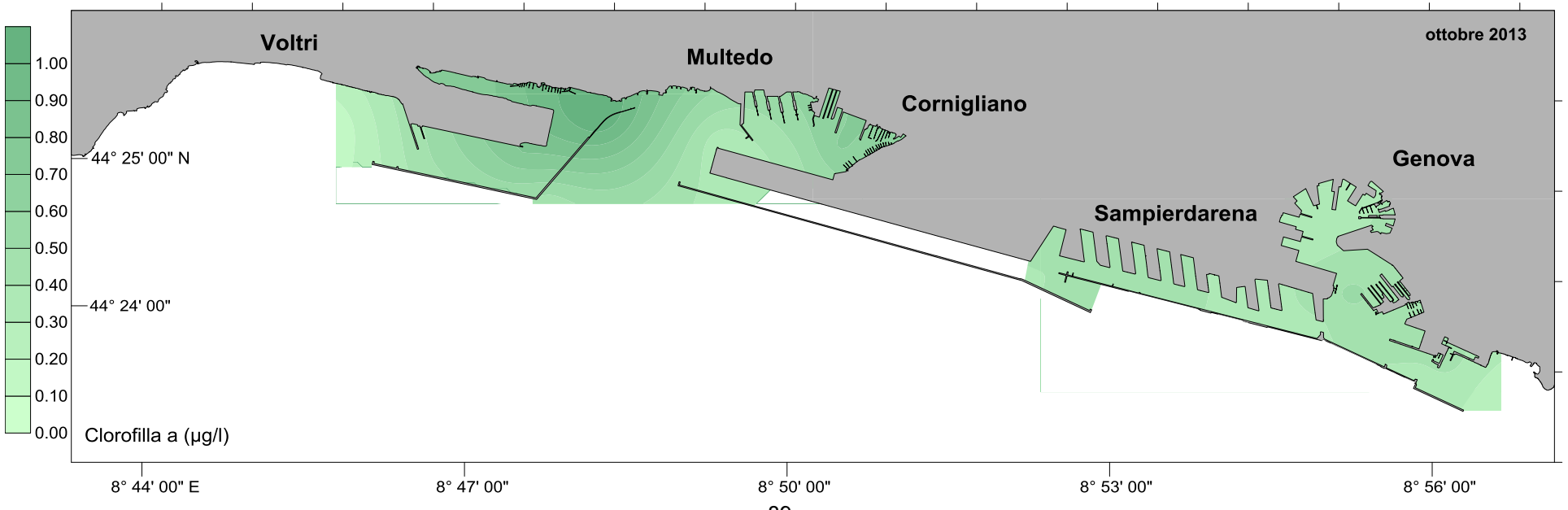

maggio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

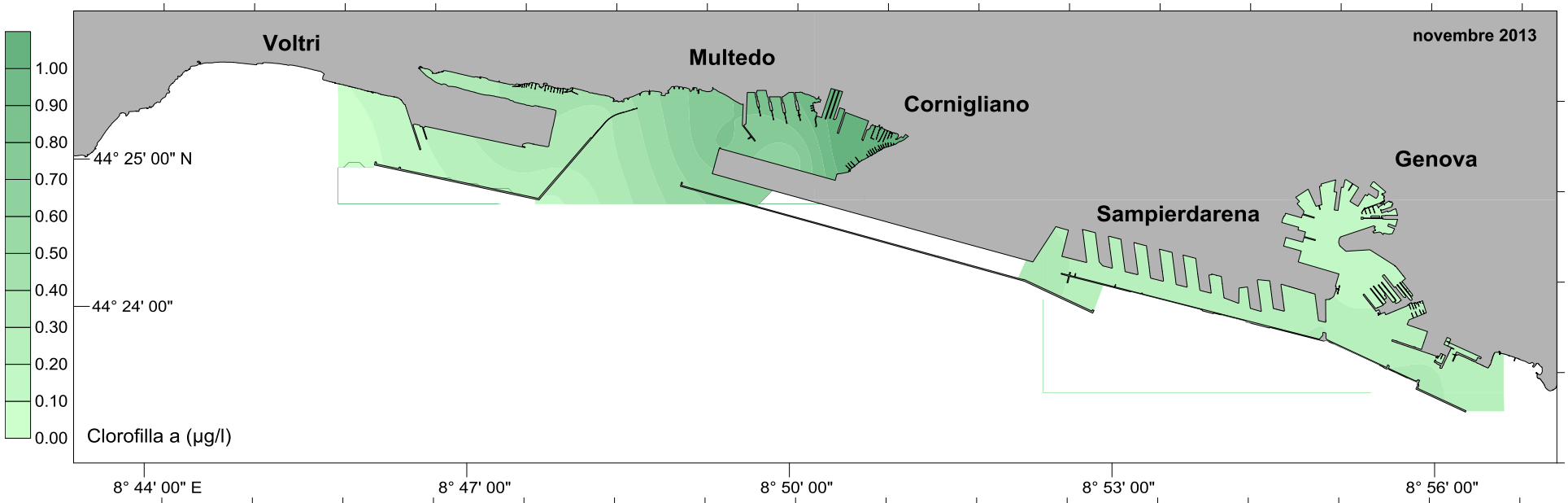

giugno 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

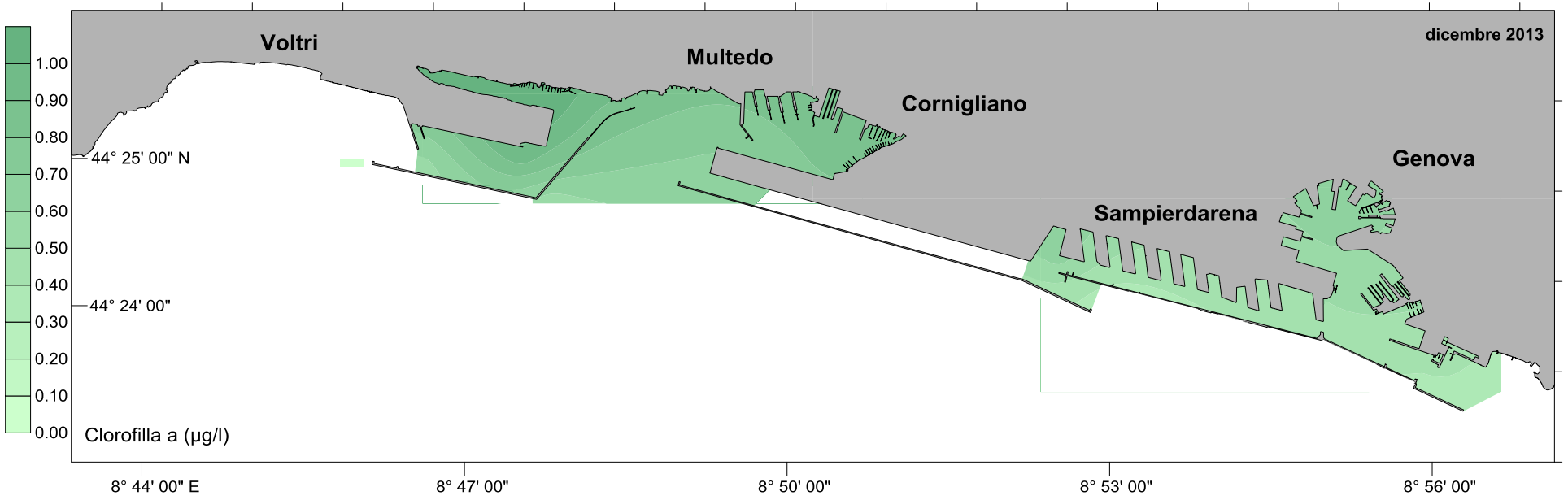

luglio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

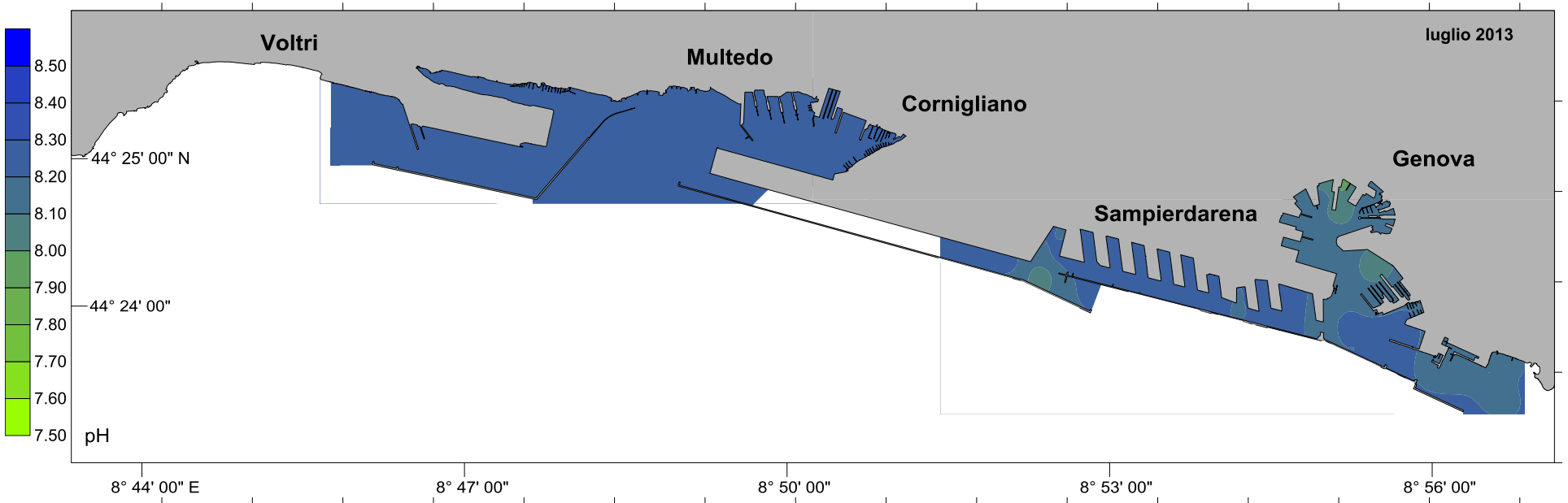

agosto 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
6.00
5.60
5.20
4.80
4.40
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

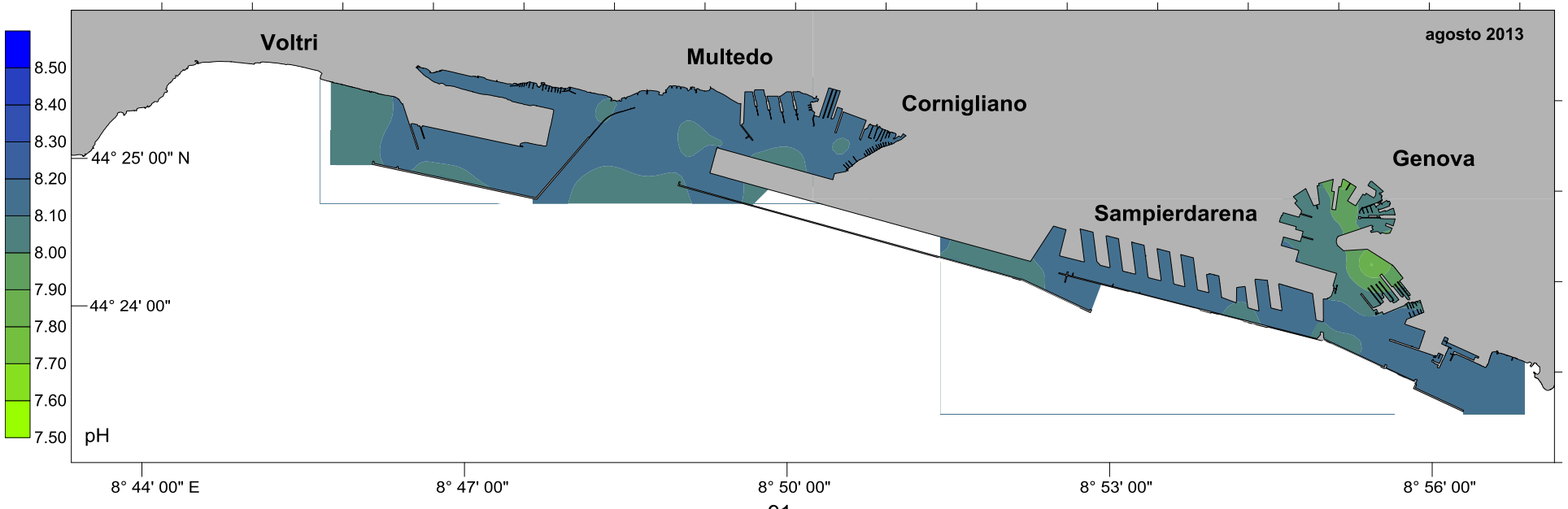

settembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Clorofilla a (µg/l)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

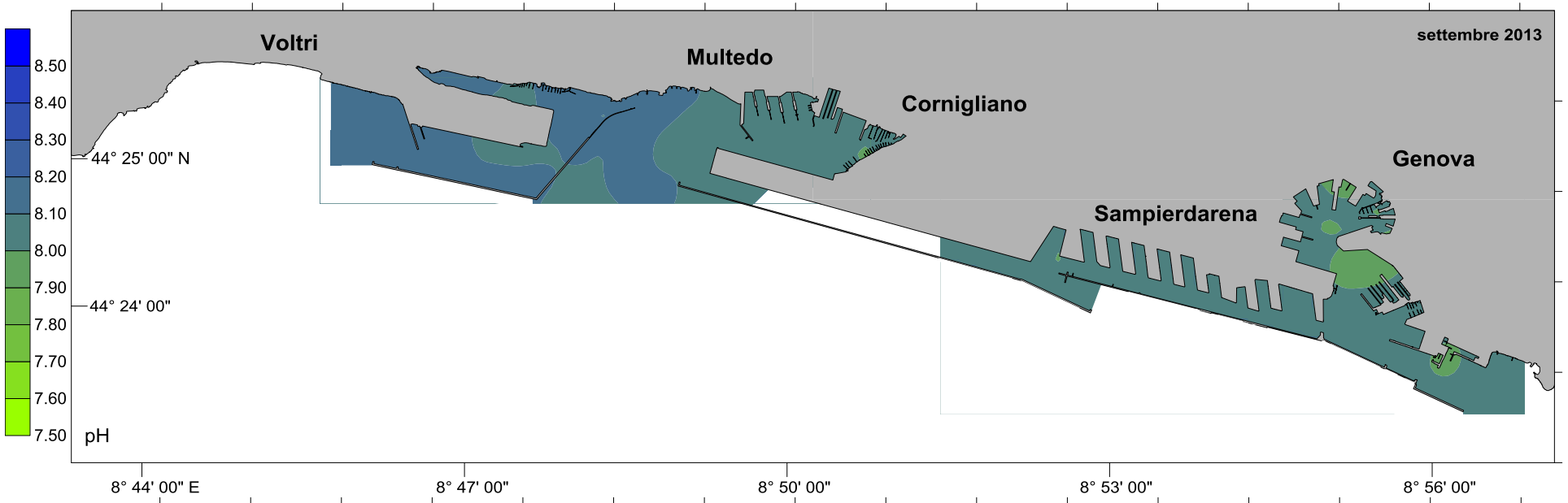

ottobre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Clorofilla a (µg/l)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

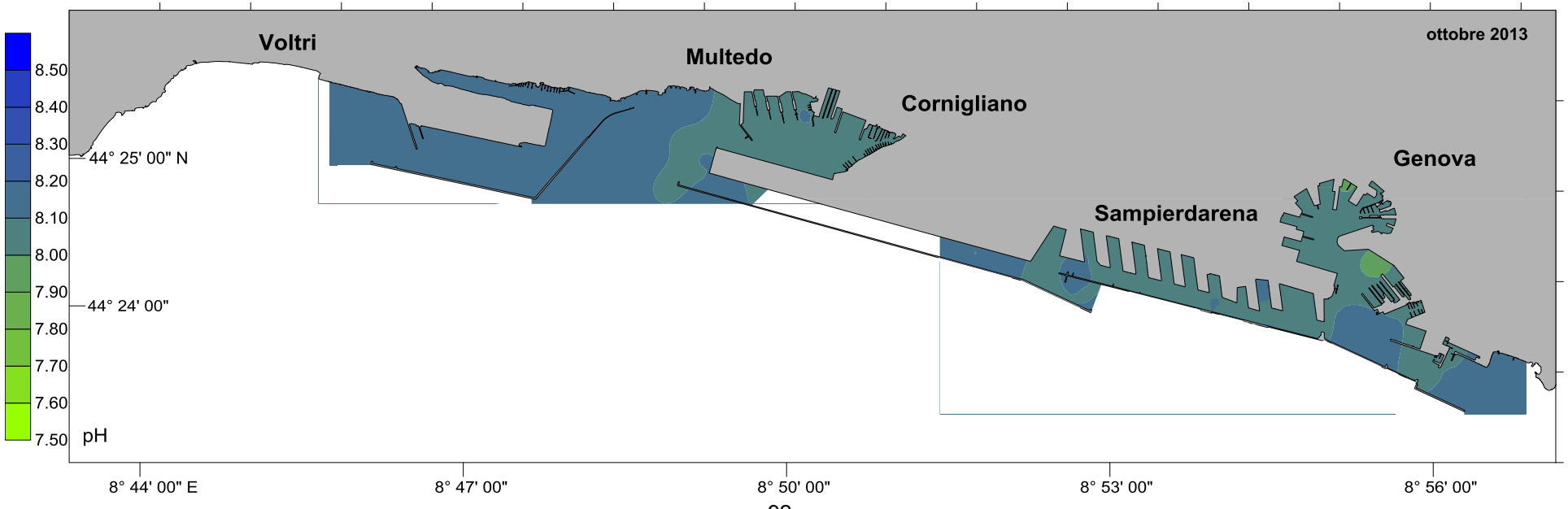

novembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Clorofilla a (µg/l)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

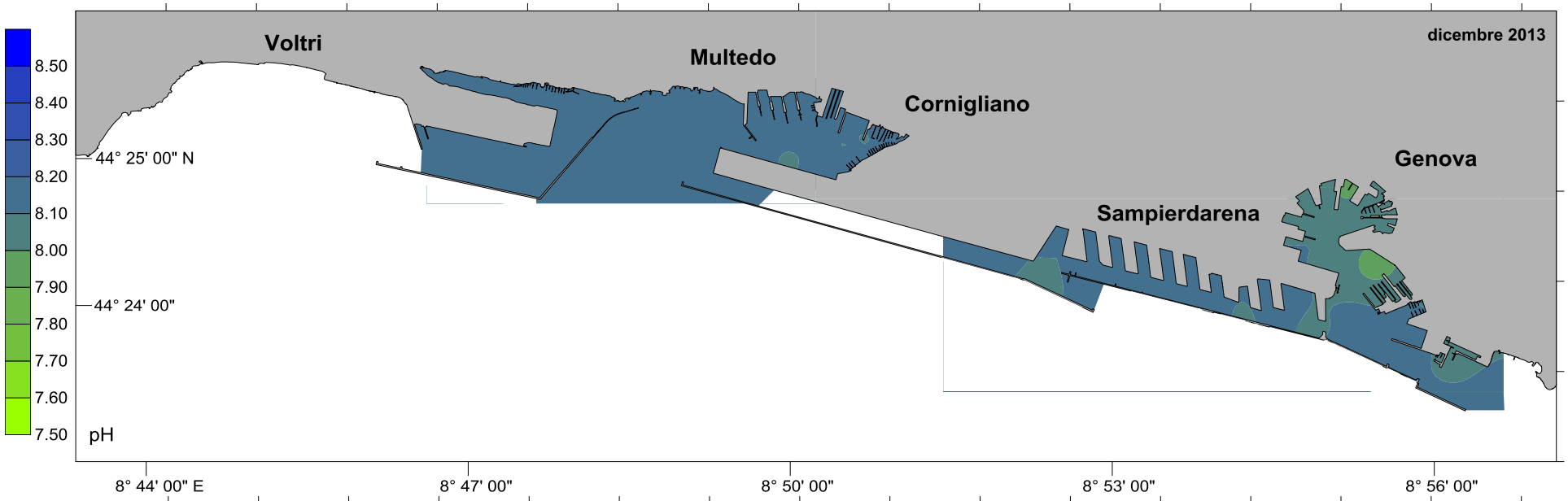

dicembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Clorofilla a (µg/l)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

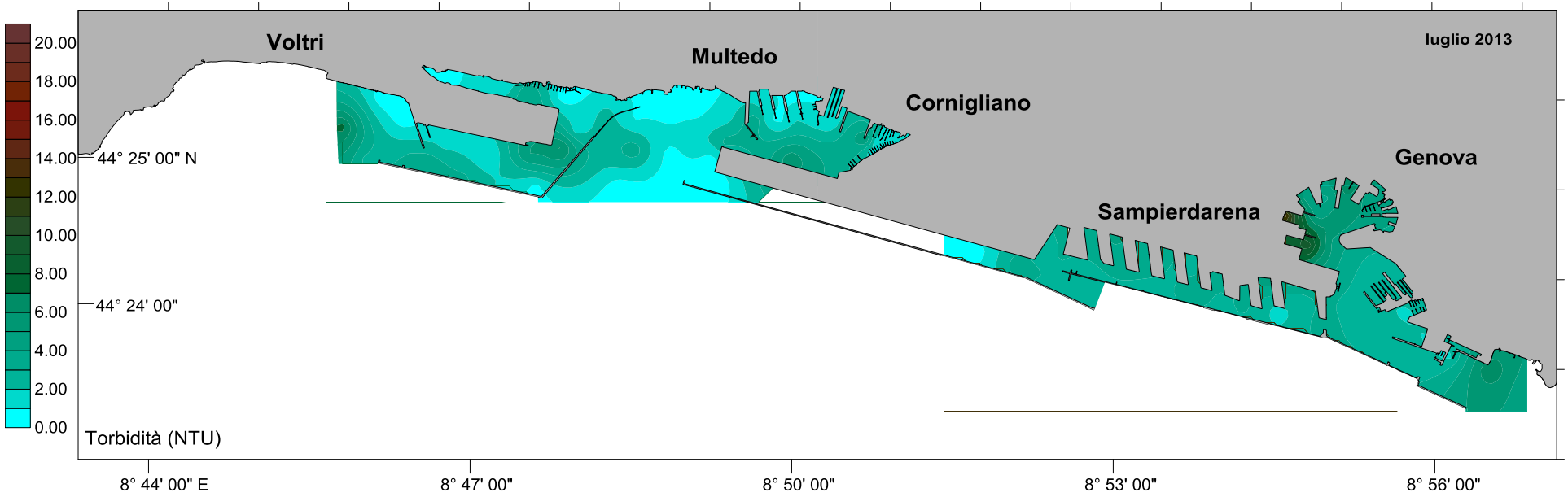

luglio 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
8.50
8.40
8.30
8.20
8.10
8.00
7.90
7.80
7.70
7.60
7.50
pH
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

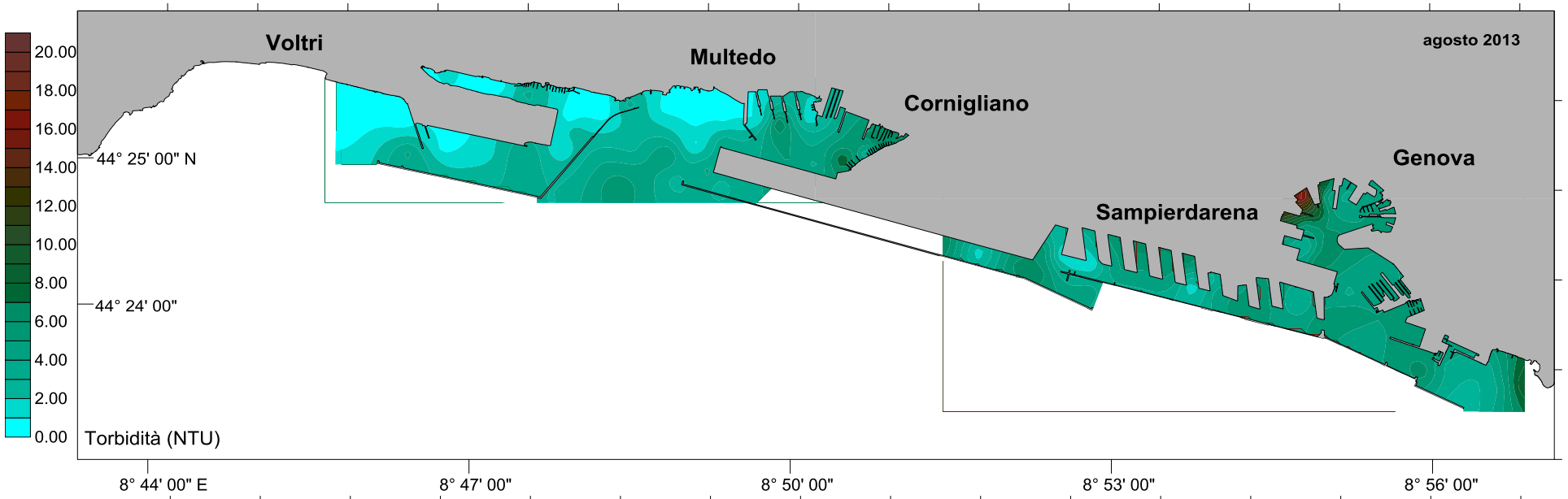

agosto 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
8.50
8.40
8.30
8.20
8.10
8.00
7.90
7.80
7.70
7.60
7.50
pH
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

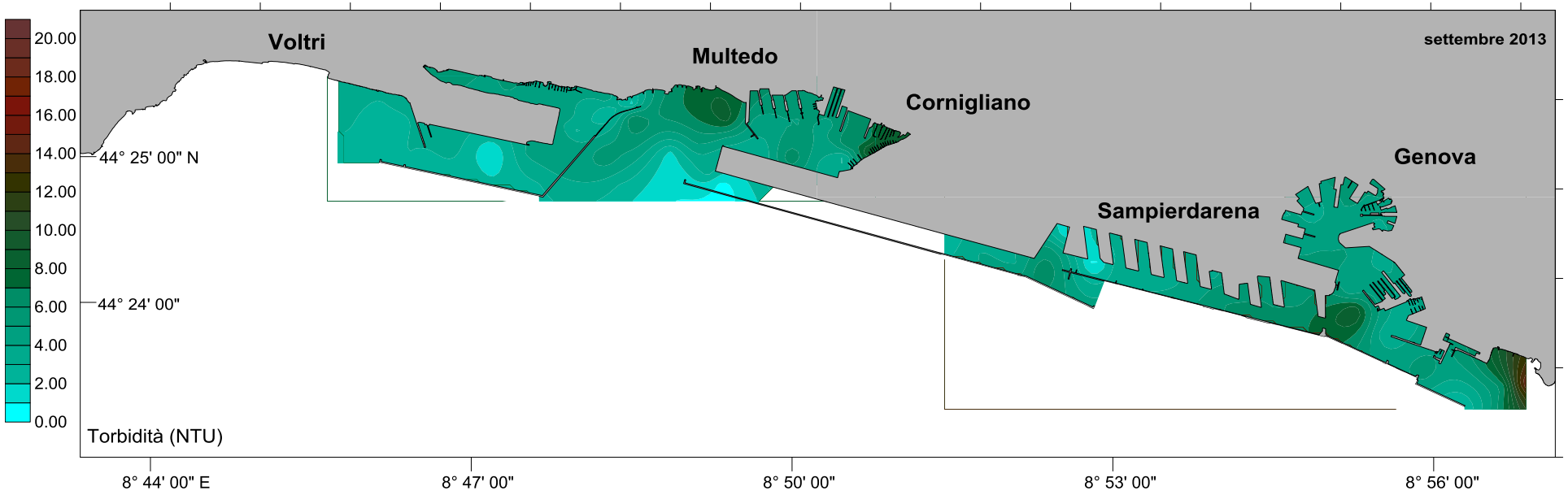

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2013
8.50
8.40
8.30
8.20
8.10
8.00
7.90
7.80
7.70
7.60
7.50
pH
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

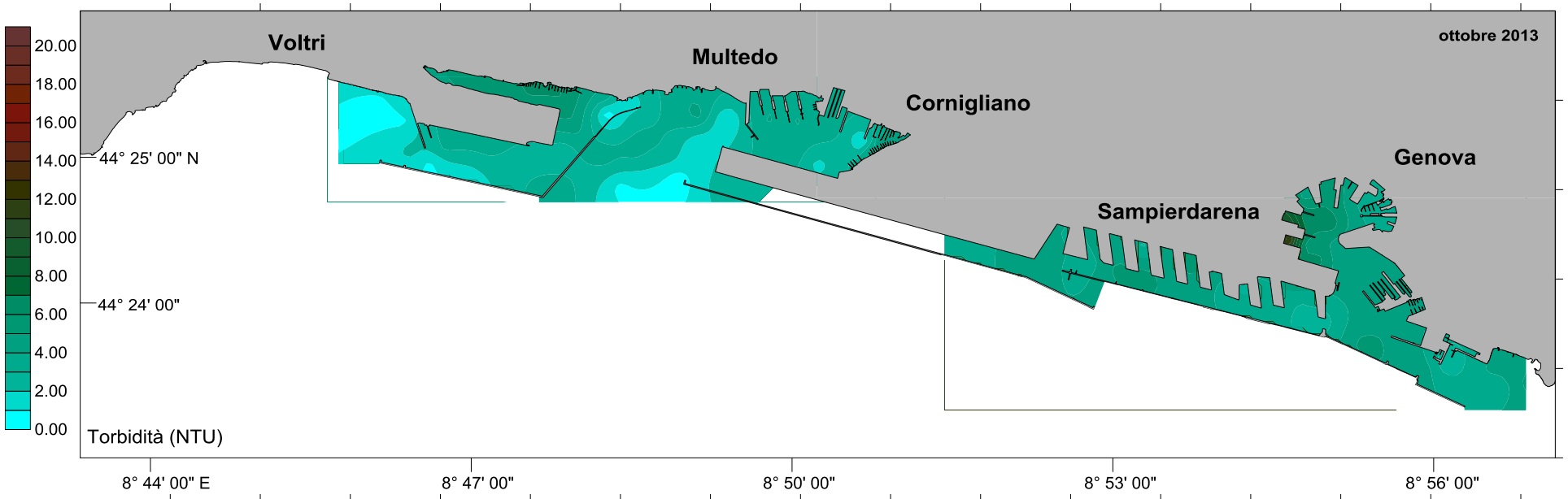

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2013
8.50
8.40
8.30
8.20
8.10
8.00
7.90
7.80
7.70
7.60
7.50
pH
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

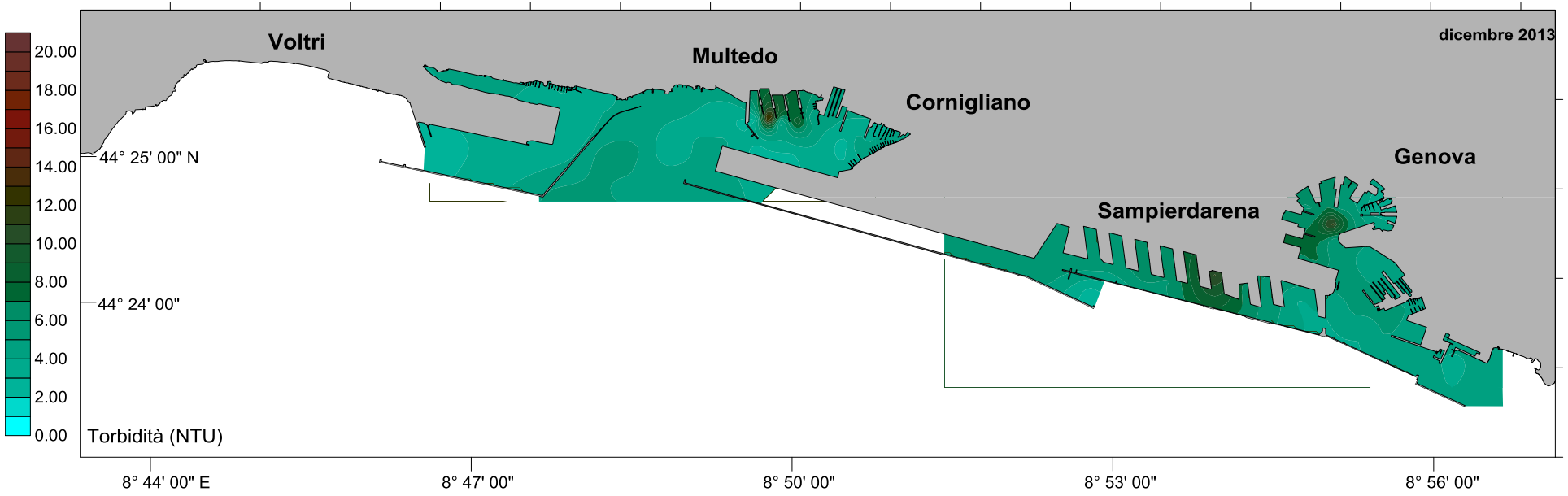

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
dicembre 2013
8.50
8.40
8.30
8.20
8.10
8.00
7.90
7.80
7.70
7.60
7.50
pH
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

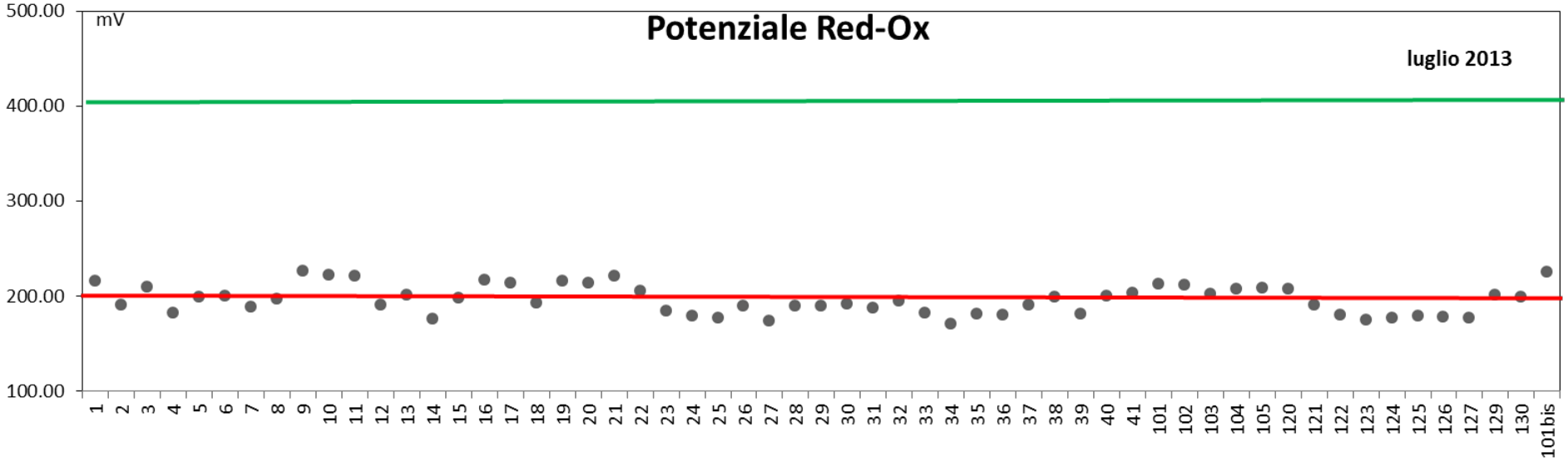

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
luglio 2013
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Torbidità (NTU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

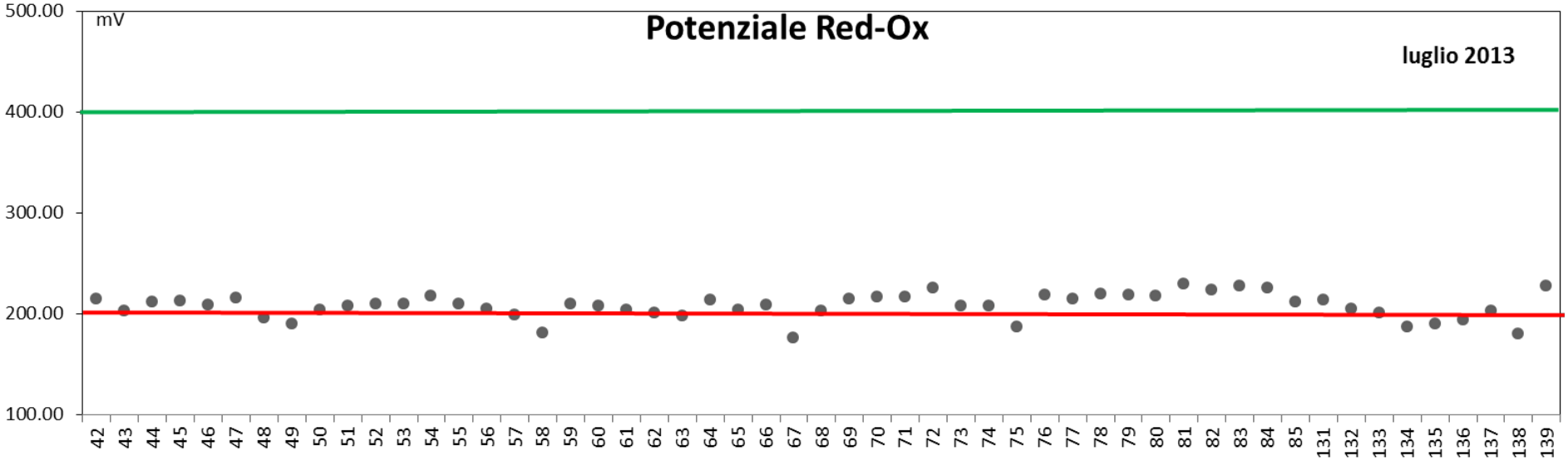

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
agosto 2013
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Torbidità (NTU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

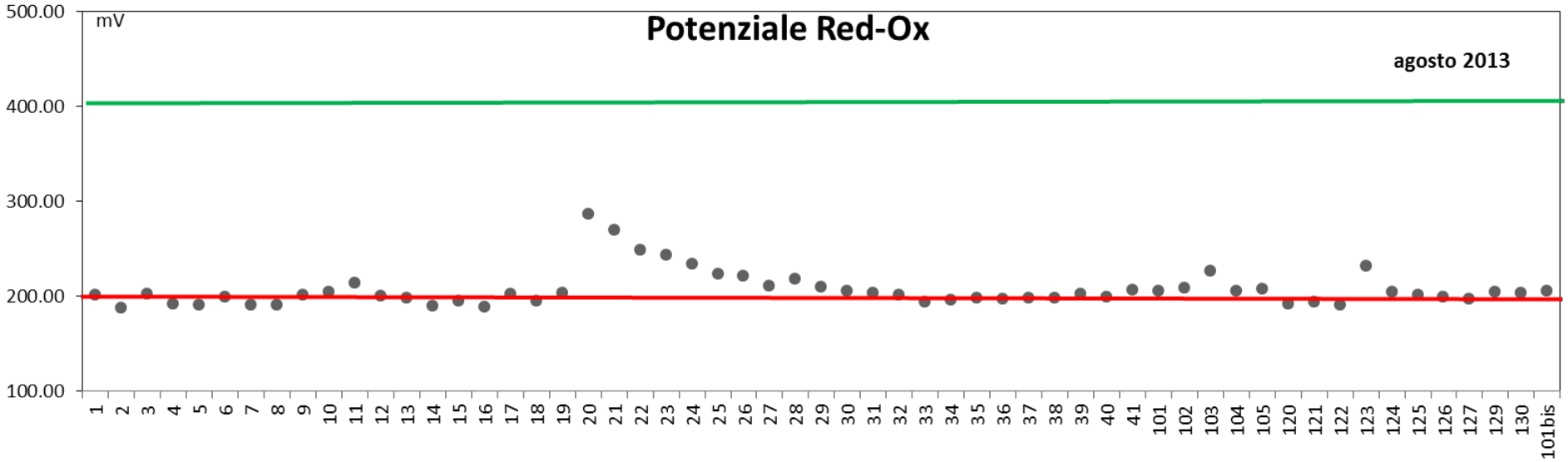

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2013
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Torbidità (NTU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

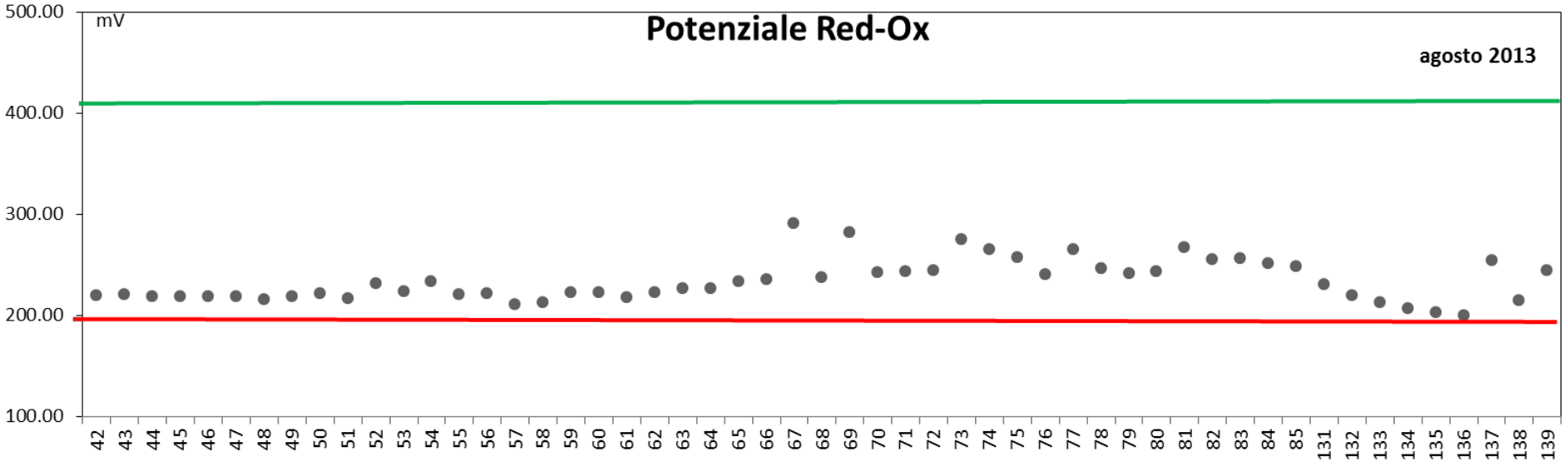

ottobre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Torbidità (NTU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

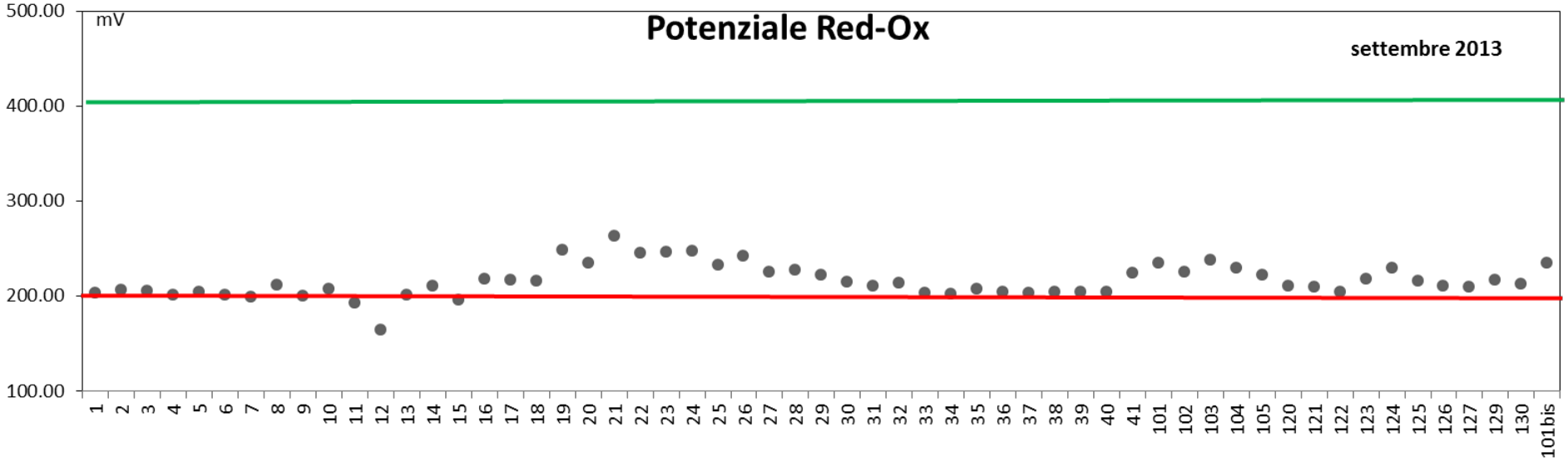

dicembre 2013
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Torbidità (NTU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

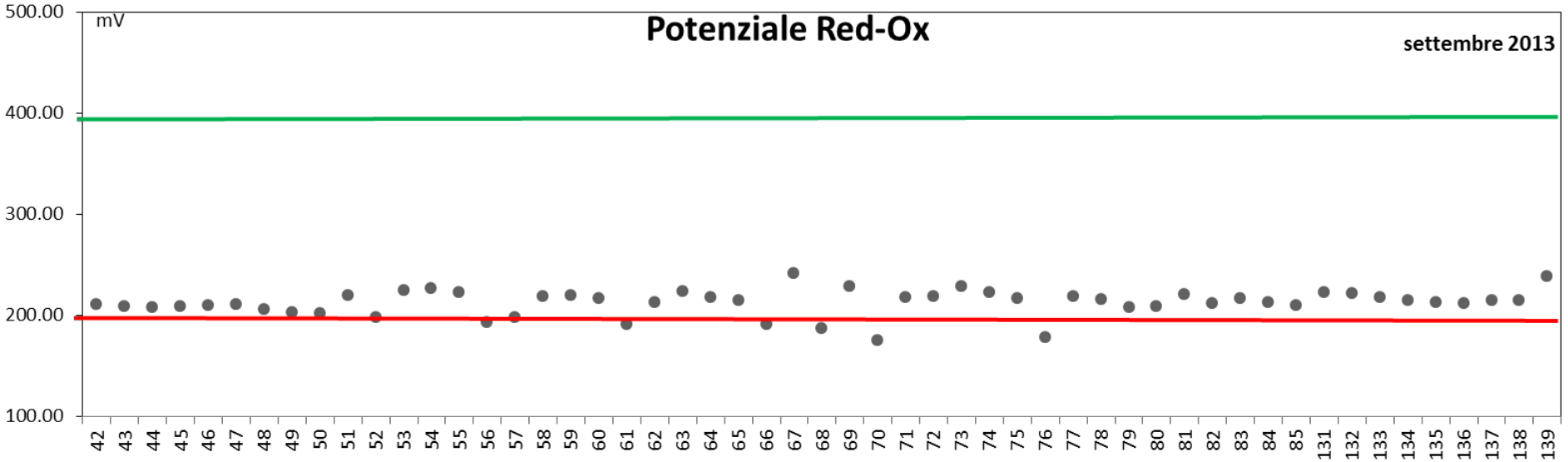

mV
Potenziale Red-Ox
luglio 2013
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 101 102 103 104 105 120 121 122 123 124 125 126 127 129 130 101bis

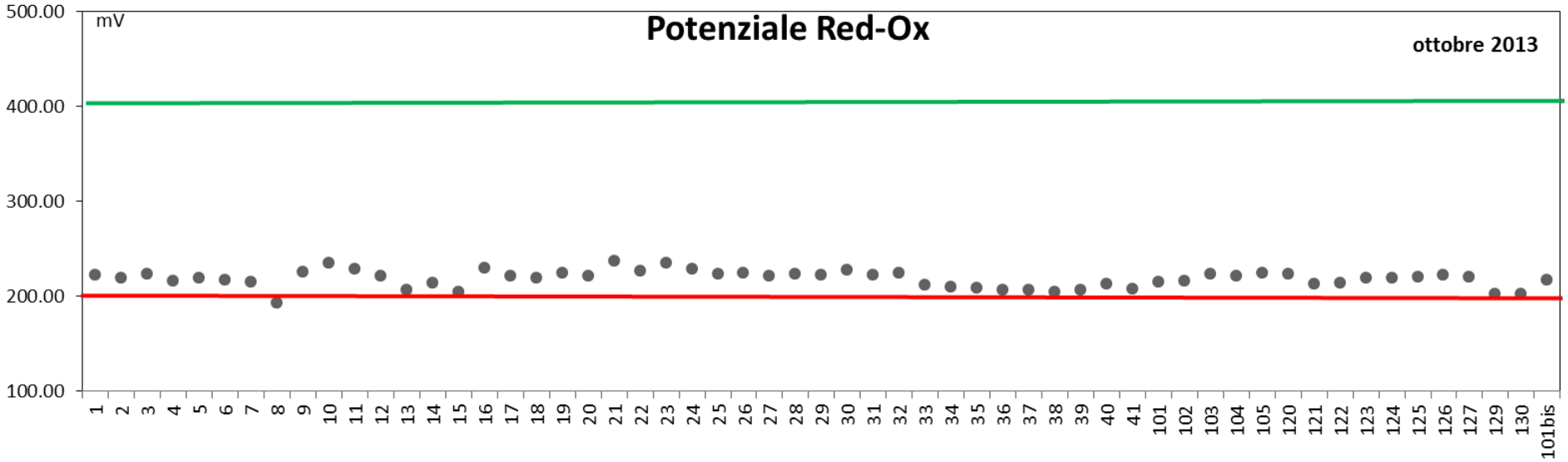

mV
Potenziale Red-Ox
luglio 2013
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 131 132 133 134 135 136 137 138 139

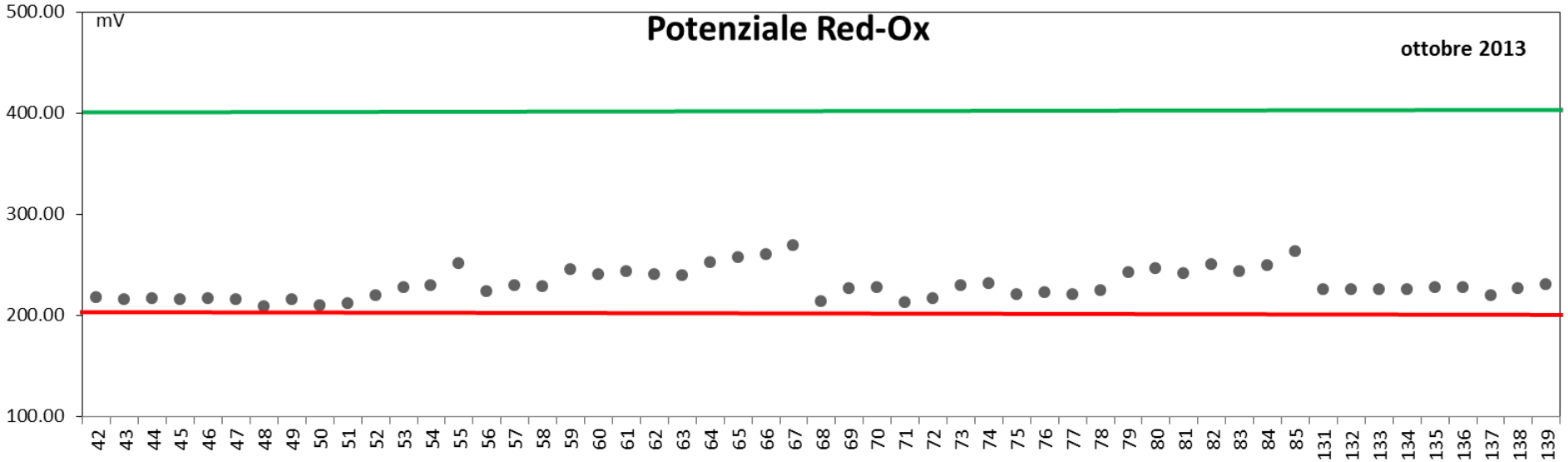

Potenziale Red-Ox
agosto 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 101 102 103 104 105 120 121 122 123 124 125 126 127 129 130 101bis

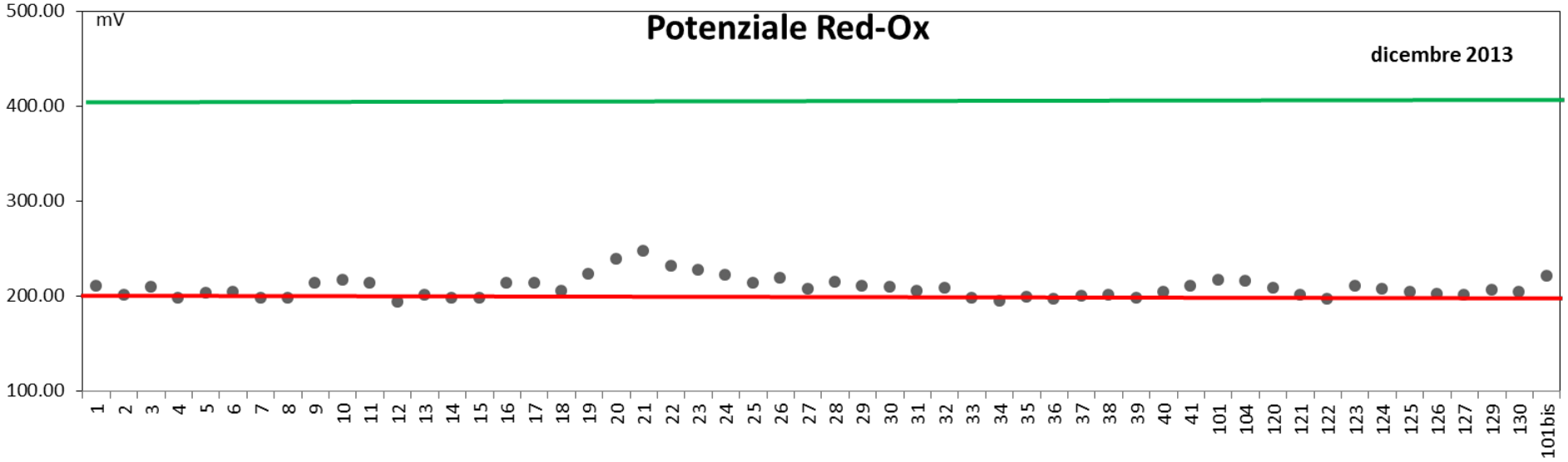

Potenziale Red-Ox
agosto 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 131 132 133 134 135 136 137 138 139

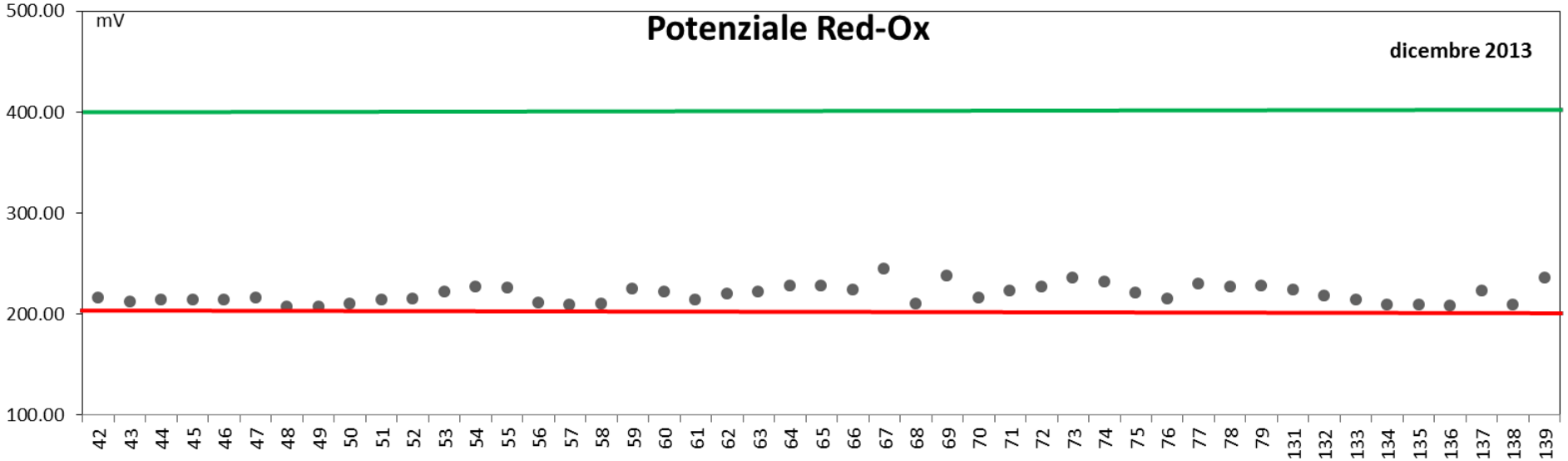

Potenziale Red-Ox
settembre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 101 102 103 104 105 120 121 122 123 124 125 126 127 129 130 101bis


Potenziale Red-Ox
settembre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 131 132 133 134 135 136 137 138 139


Potenziale Red-Ox
ottobre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 101 102 103 104 105 120 121 122 123 124 125 126 127 129 130 101bis


Potenziale Red-Ox
ottobre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 131 132 133 134 135 136 137 138 139


Potenziale Red-Ox
dicembre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 101 104 120 121 122 123 124 125 126 127 129 130 101bis


Potenziale Red-Ox
dicembre 2013
mV
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 131 132 133 134 135 136 137 138 139