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 2012

Luglio 2013

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 MATERIALI E METODI **4**

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 5

2.3 Parametri meteorologici 5

2.4 Coliformi fecali 6

2.5 Azoto ammoniacale 6

3 RISULTATI E DISCUSSIONE 7

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 7

3.2 L'anno 2012 11

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti 25

3.3.1 Mann-Kendall Test 40

4 CONSIDERAZIONI FINALI 42

BIBLIOGRAFIA 45

APPENDICE 46

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 2012 rappresentano il monitoraggio condotto effettuando campionamenti mensili in circa 110 stazioni, con contemporanea 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 2012, 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. 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.

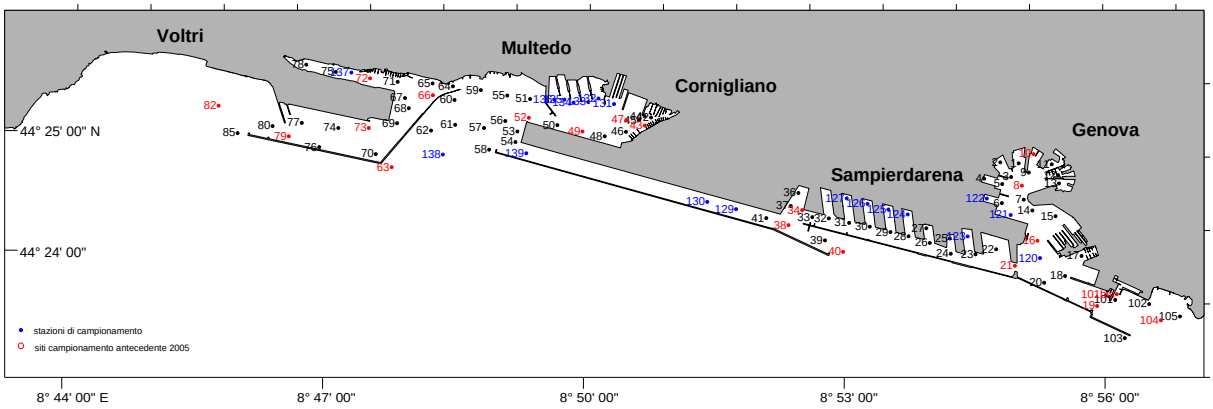


Fig. 2.1 Punti di campionamento dell'anno 2012; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni d'acqua sub-superficiale e in blu i punti introdotti da ottobre 2010.

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, Fig. 2.3).



Fig. 2.3 Sonda Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus

In tabella 2.1 vengono riportate le specifiche dei sensori delle sonde.

Idronaut

Tipo sensore	*Range*	*Accuray*	*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

Tabella 2.1

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 2012 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 2-6 °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. 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 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 a seconda del 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, 35-37, colore arancione) si caratterizzano per una bassa salinità, basse concentrazioni di ossigeno disciolto e per elevate concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali. In direzione opposta si posizionano le stazioni vicine alle bocche portuali (101-105, colore blu) con salinità più elevate, maggiori concentrazioni di ossigeno disciolto e minori concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali; le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con concentrazioni di ammoniaca e coliformi marcatamente decrescenti e aumento dell'ossigeno disciolto. 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 (62-63, 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.

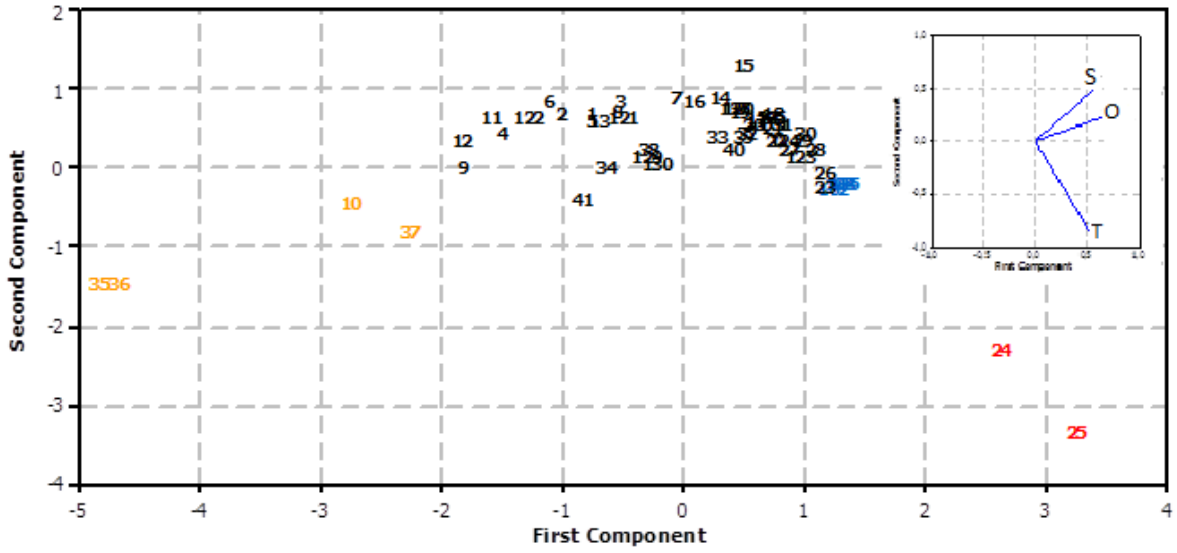


Fig 3.1 a

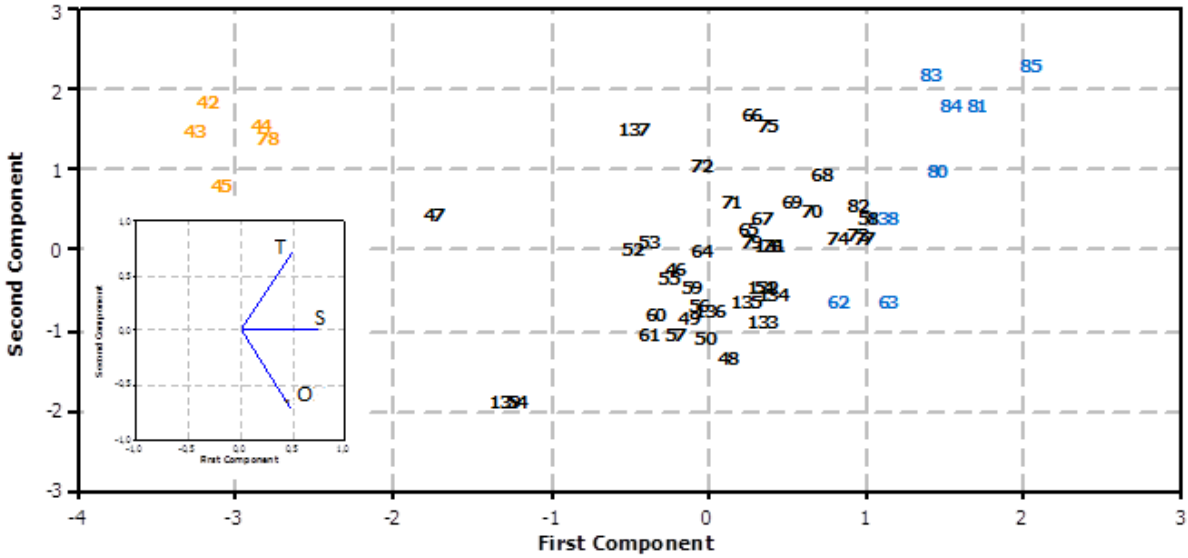


Fig 3.1 b

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

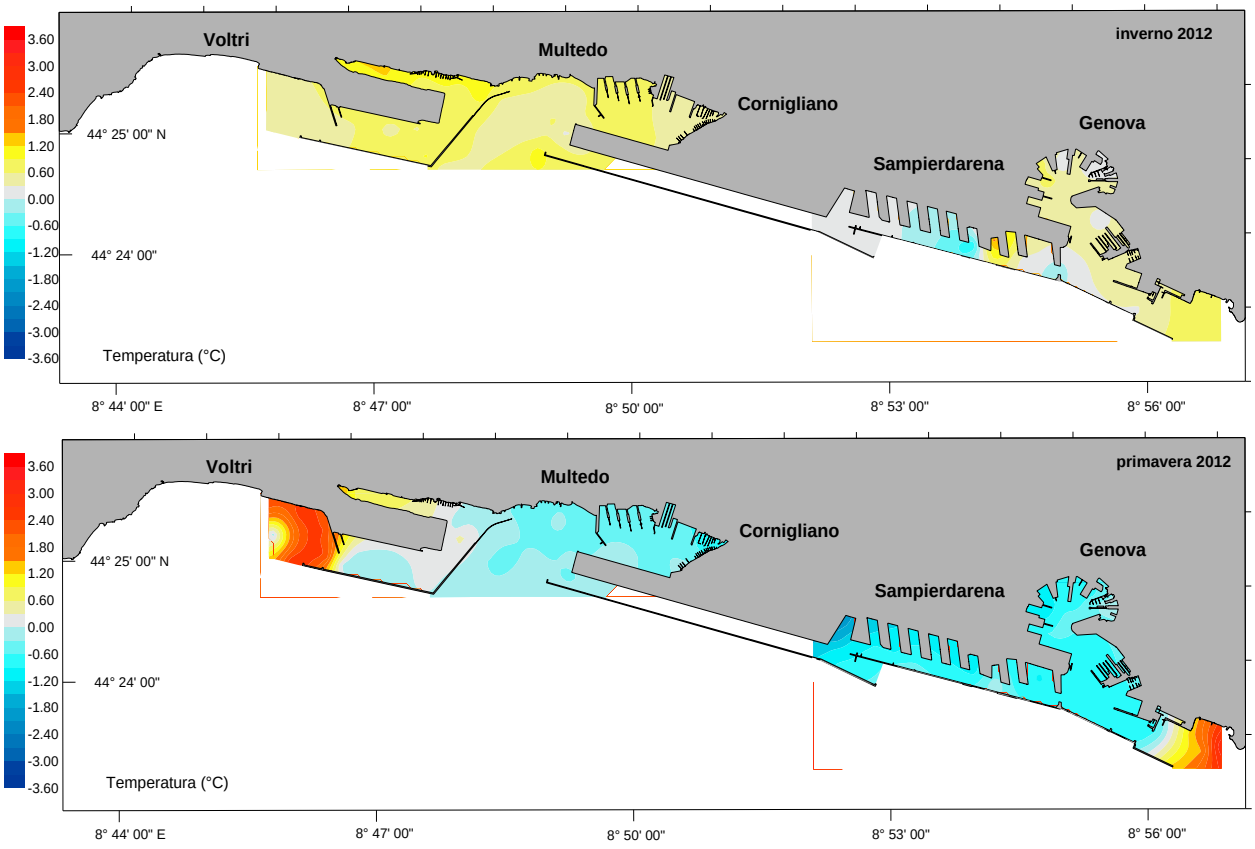
3.2 L'anno 2012

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 2012, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2012 sono riportati in appendice.

Anche nel 2012 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 2012 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2011). 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 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2012.



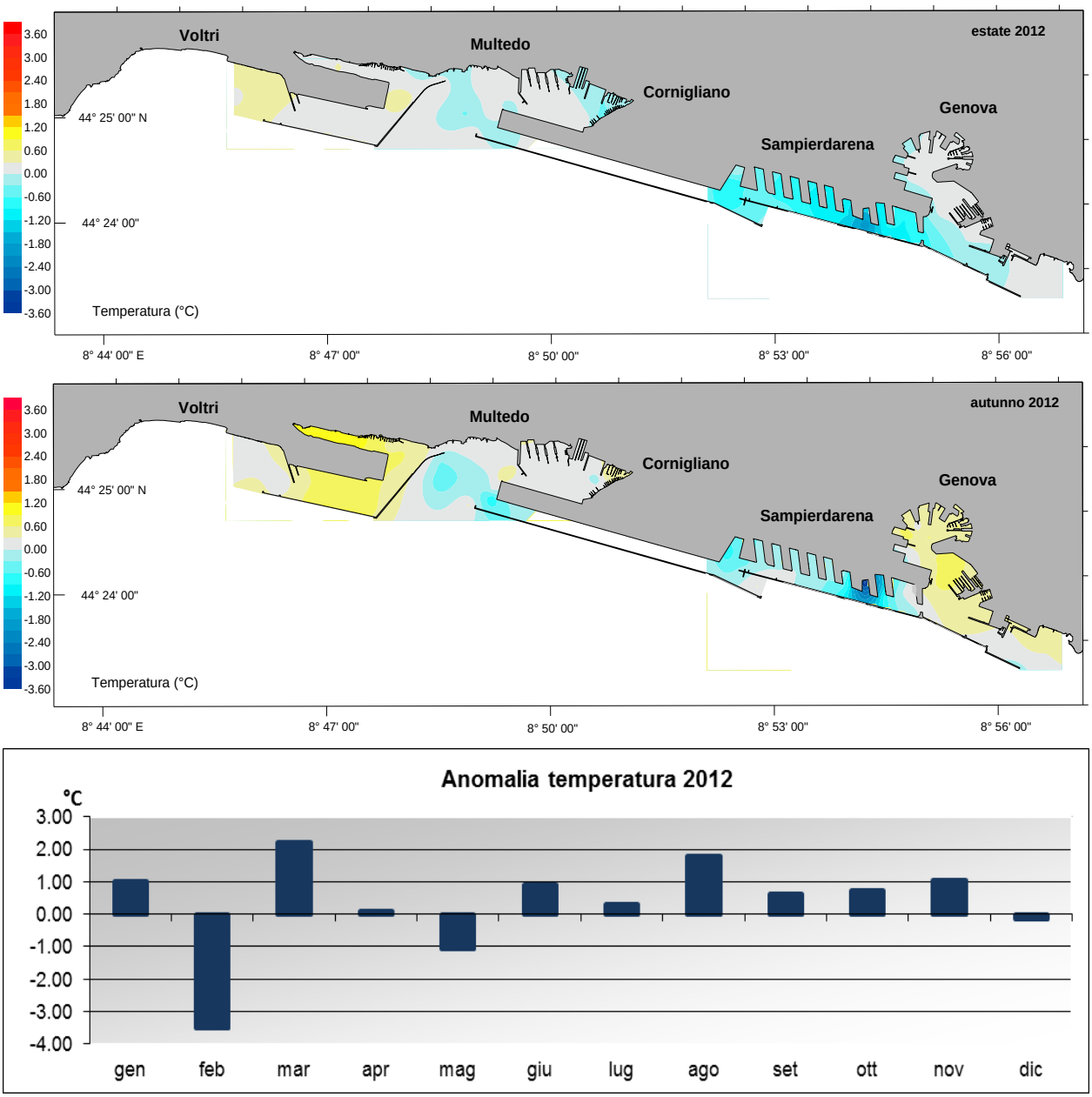


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2012

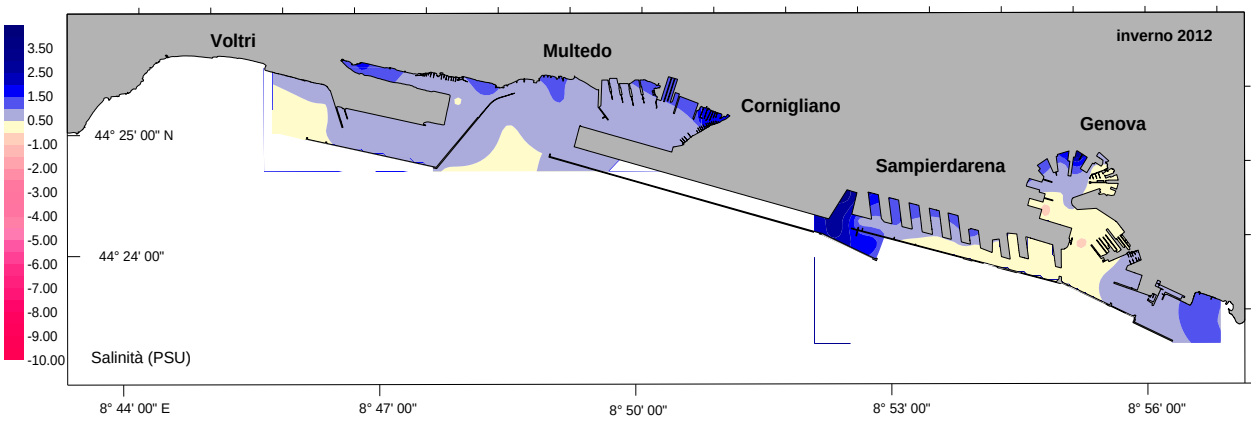
Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2012 è stato in generale caratterizzato da temperature abbastanza discordanti dalla media. Nei mesi di gennaio, marzo, giugno, ottobre, novembre e in tutti i mesi estivi i valori sono superiori alla media, anche di molto, mentre i mesi di febbraio e maggio presentano temperature inferiori alla media. I mesi di aprile e dicembre presentano valori simili alla media storica.

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

- In inverno si trovano anomalie leggermente positive nell'area dei bacini di Multedo e Voltri. Anche nella zona dal Porto Antico a Punta Vagno le anomalie presentano valori leggermente positivi. Nell'area di Sampierdarena si riscontrano invece anomali negative.
- In primavera si notano anomalie negative nel bacino di Multedo e anche nella zona di Sampierdarena-Porto Antico; si notano invece anomalie fortemente positive nella zona di Punta Vagno e nell'area antistante Voltri.
- In estate si riscontrano anomalie vicine allo zero o leggermente negative nei bacini 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 negative prossime allo zero, mentre nella zona di mare tra i due bacini si individuano anomalie negative. Nel bacino di Genova si hanno anomalie positive nell'area tra il Porto Antico e Punta Vagno, mentre nella zona di Sampierdarena si riscontrano anomalie 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. Si nota che in tutte e quattro le stagioni, la zona di Sampierdarena presenta anomalie negative. Da evidenziare inoltre come nelle zone meno influenzate da scarichi di acqua dolce (zone davanti a Voltri e a Punta Vagno) si riscontrano in tutte le stagioni anomalie positive.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2012.



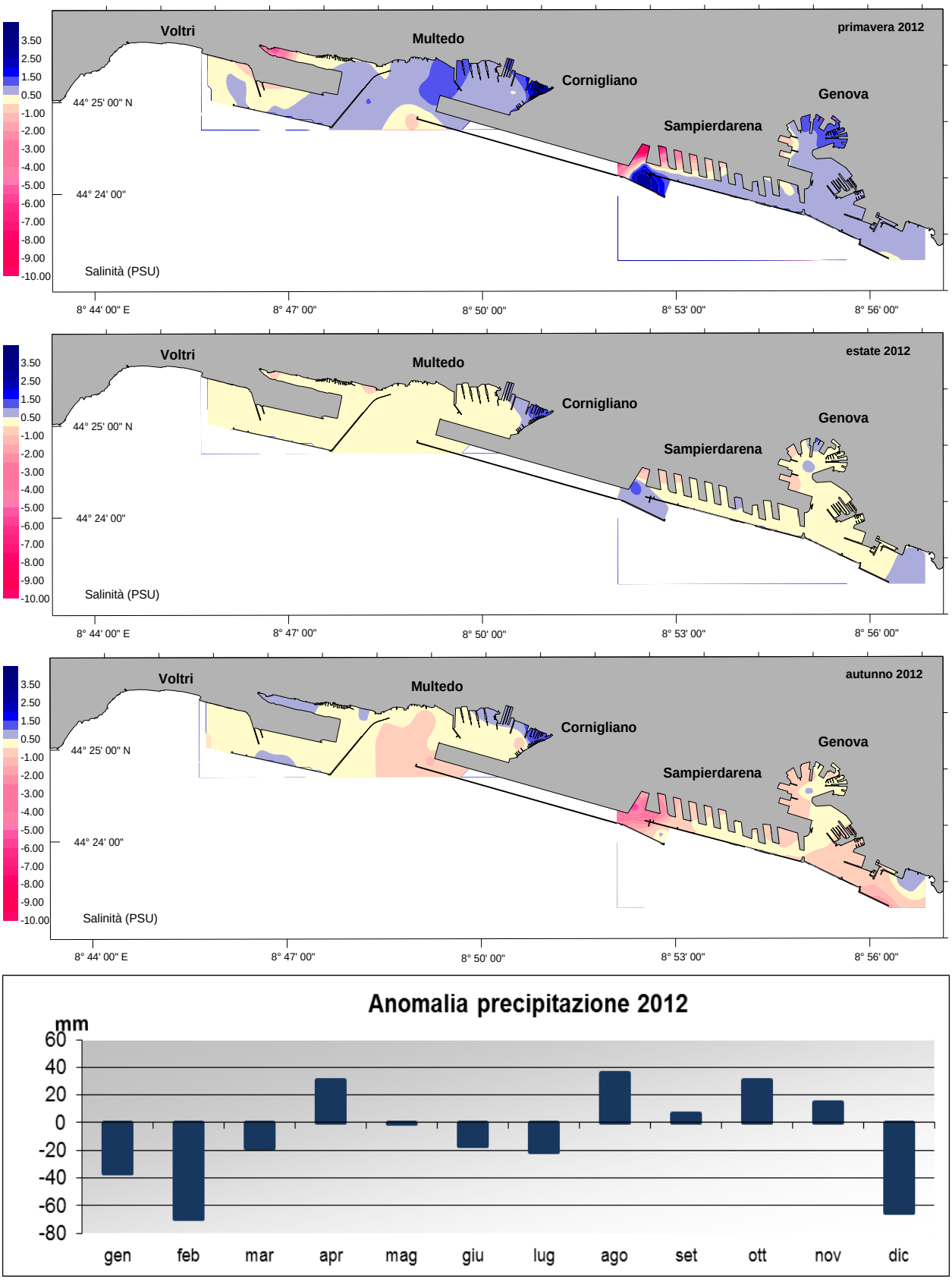


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2012

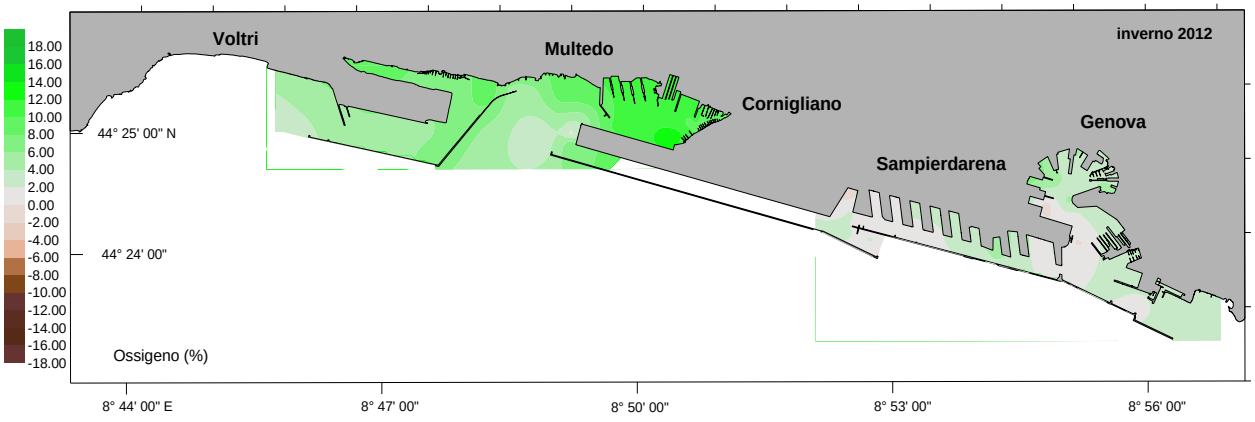
L'anno 2012, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato da precipitazioni spesso inferiori alla media, in particolare nei mesi invernali. I mesi primaverili sono stati caratterizzati da precipitazioni nella media per il mese di maggio, nel mese di aprile si sono registrate precipitazioni maggiori della media mentre nel mese di giugno le precipitazioni sono state inferiori alla media. Nei mesi estivi le precipitazioni sono state sotto la media, fatta eccezione per il mese di agosto con precipitazioni superiori alla media. Nei mesi autunnali le precipitazioni sono state superiori la media, a parte il mese di dicembre con precipitazioni inferiori alla media.

Analizzando le anomalie della salinità possiamo notare che:

- In inverno si sono riscontrate anomalie positive o vicine alla media in tutta l'area portuale.
- In primavera si notano anomalie positive o intorno allo zero in tutto il porto. Solo alla foce del Polcevera e all'interno del canale di Prà le anomalie sono inferiori alla media, anche in modo molto marcato.
- 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 e nella zona di Puntavagno, dove si notano anomalie positive.
- In autunno quasi tutta la zona è interessata da anomalie negative o prossime allo zero; la zona di Punta Vagno, la foce del Chiaravagna e l'interno del canale di Prà presentano anomalie positive.

L'andamento delle anomalie della salinità è abbastanza in disaccordo con quello delle anomalie delle precipitazioni, questo probabilmente perché le piogge sono state circoscritte a brevi periodi che possono non avere influenzato la salinità nel lungo periodo.

In Fig. 3.4 sono riportate le anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque portuali nel 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



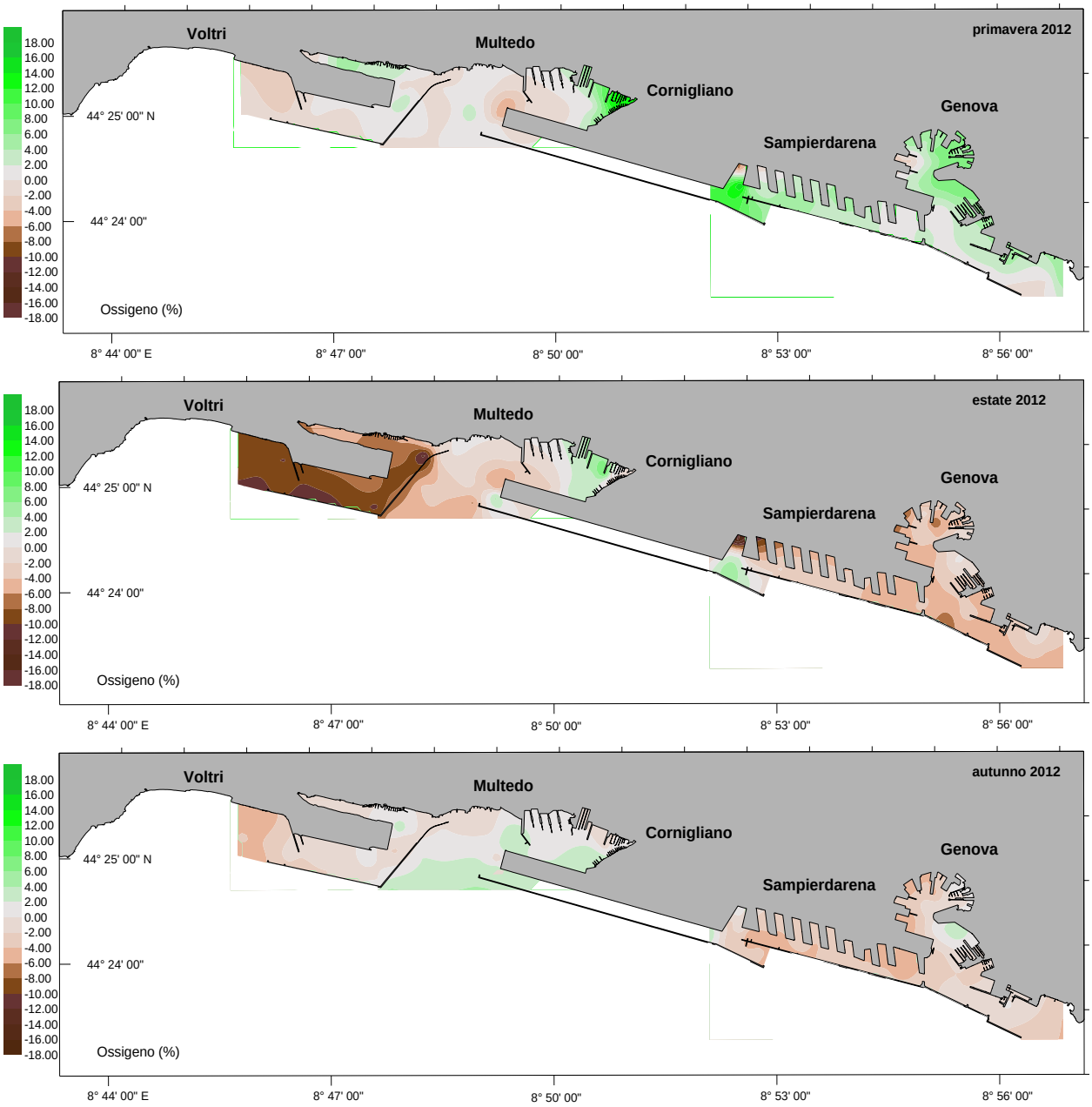


Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2012

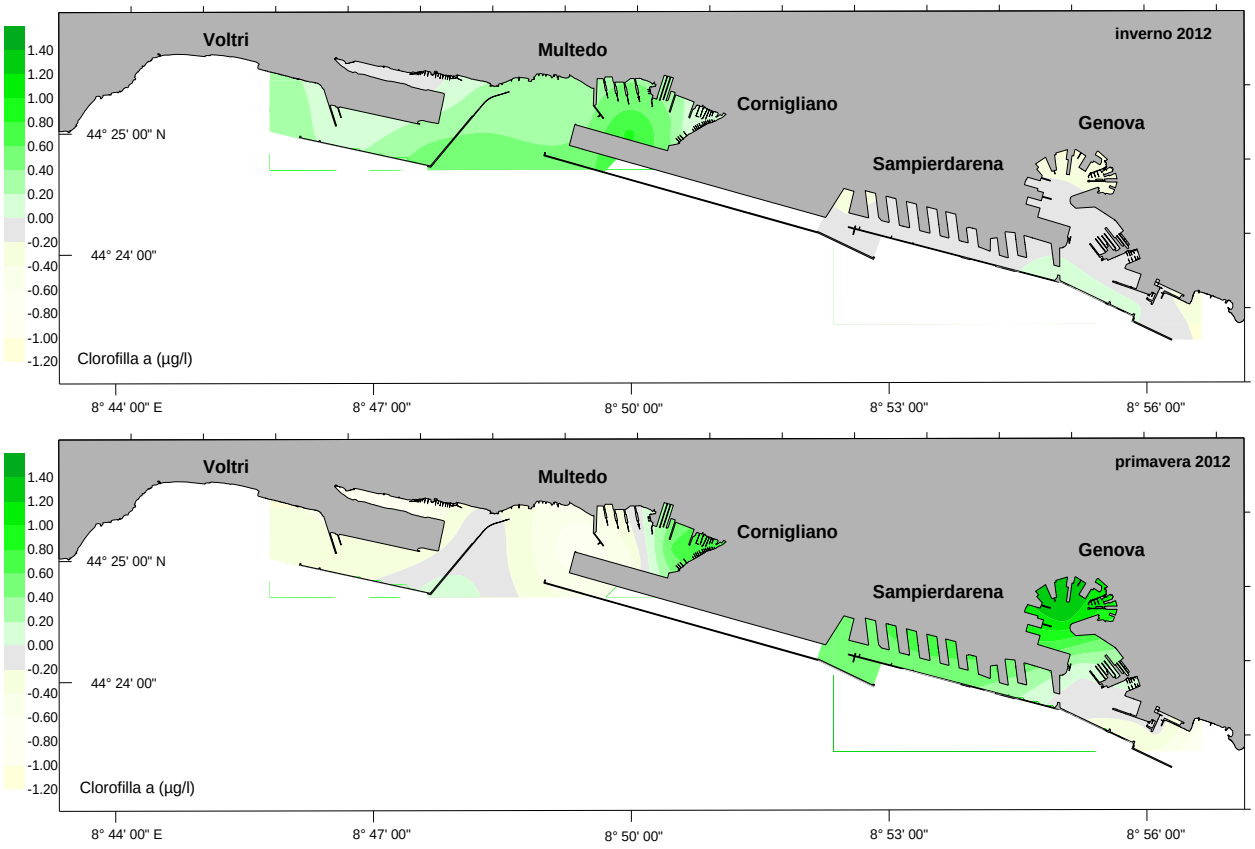
Considerando l'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, possiamo evidenziare:

- 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 il bacino di Genova ad eccezione della foce del Chiaravagna che presenta un'anomalia negativa. Nei bacini di Multedo-Voltri l'anomalia è prossima allo zero o negativa, tranne che nel canale di Prà e alla foce del Chiaravagna, dove si riscontrano anomalie positive.

- In estate, in tutta l'area portuale, l'anomalia è negativa, in maniera molto marcata per quanto riguarda il bacino di Voltri. Fa eccezione la foce del Chiaravagna, 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 leggermente 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 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



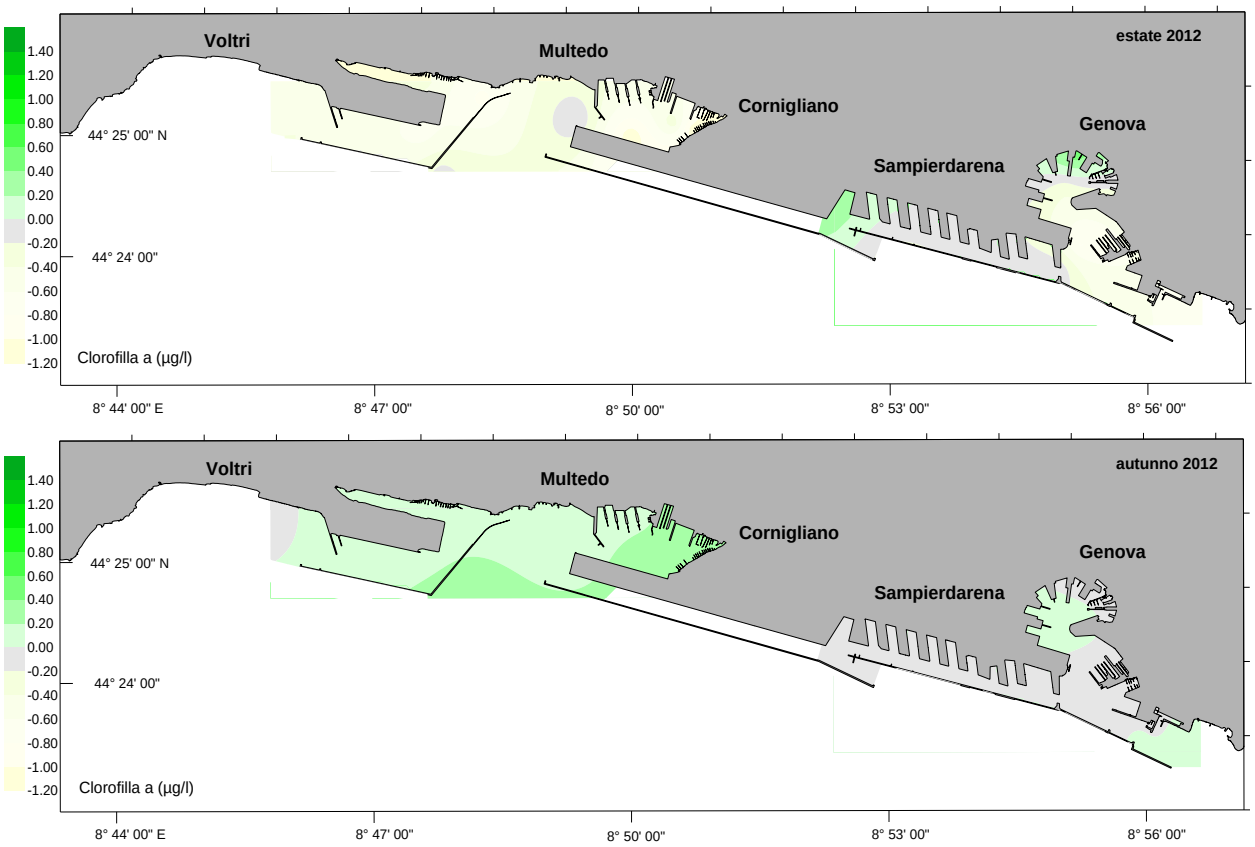


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2012

Considerando le anomalie della clorofilla-a possiamo osservare:

- In inverno le anomalie sono positive o prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale. Solo nella zona del Porto Antico si notano anomalie leggermente negative.
- In primavera si riscontrano anomalie positive in tutta la zona del porto fatta eccezione per il bacino di Voltri che presenta anomalie leggermente negative. Si evidenzia come nella zona del Porto Antico e del canale di Sampierdarena l'anomalia sia marcatamente positiva.
- In estate, in tutta l'area portuale, le anomalie sono leggermente positive o prossime allo zero.
- In autunno le anomalie sono vicine allo zero o leggermente positive in quasi tutta la zona portuale.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

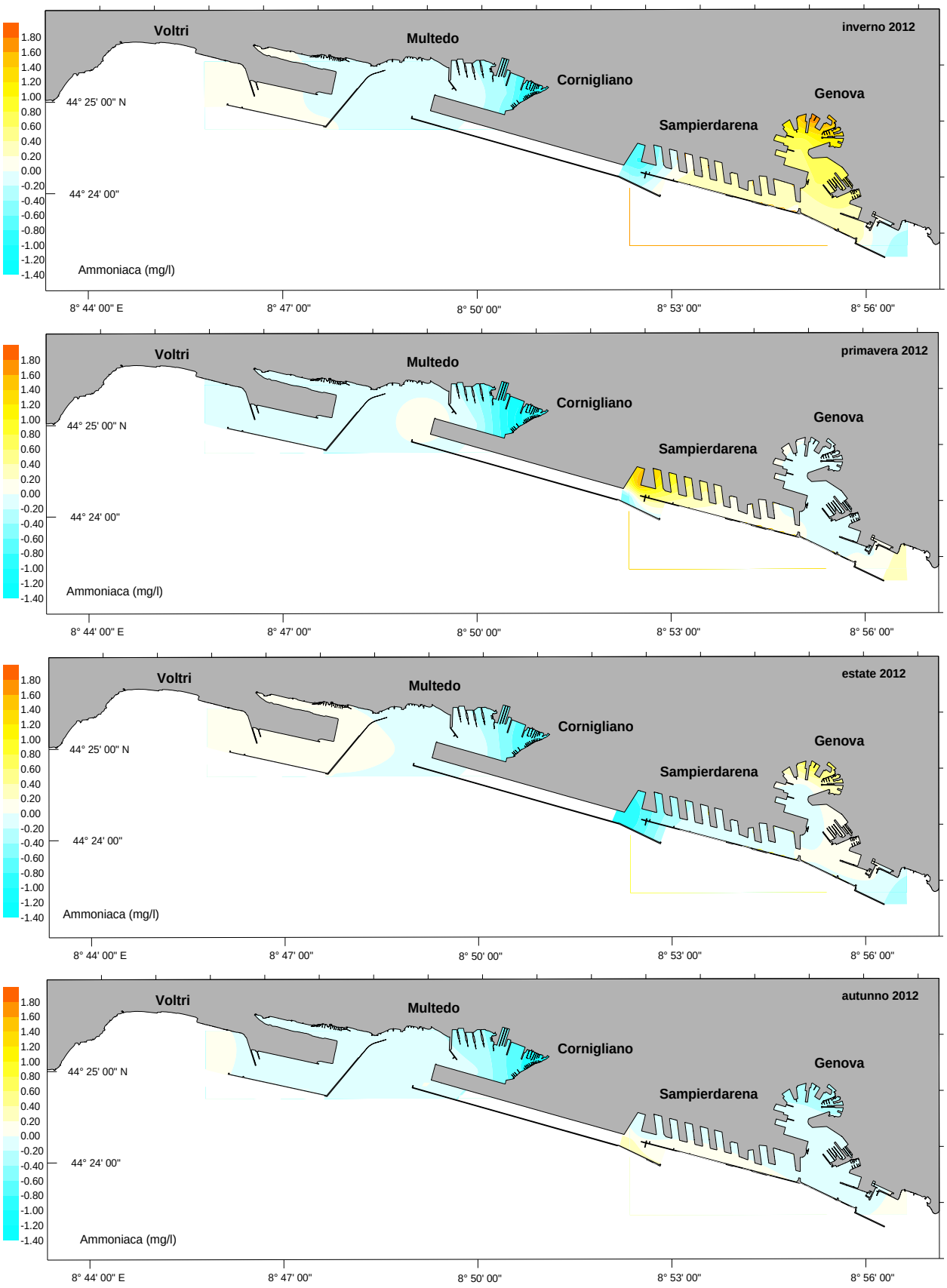
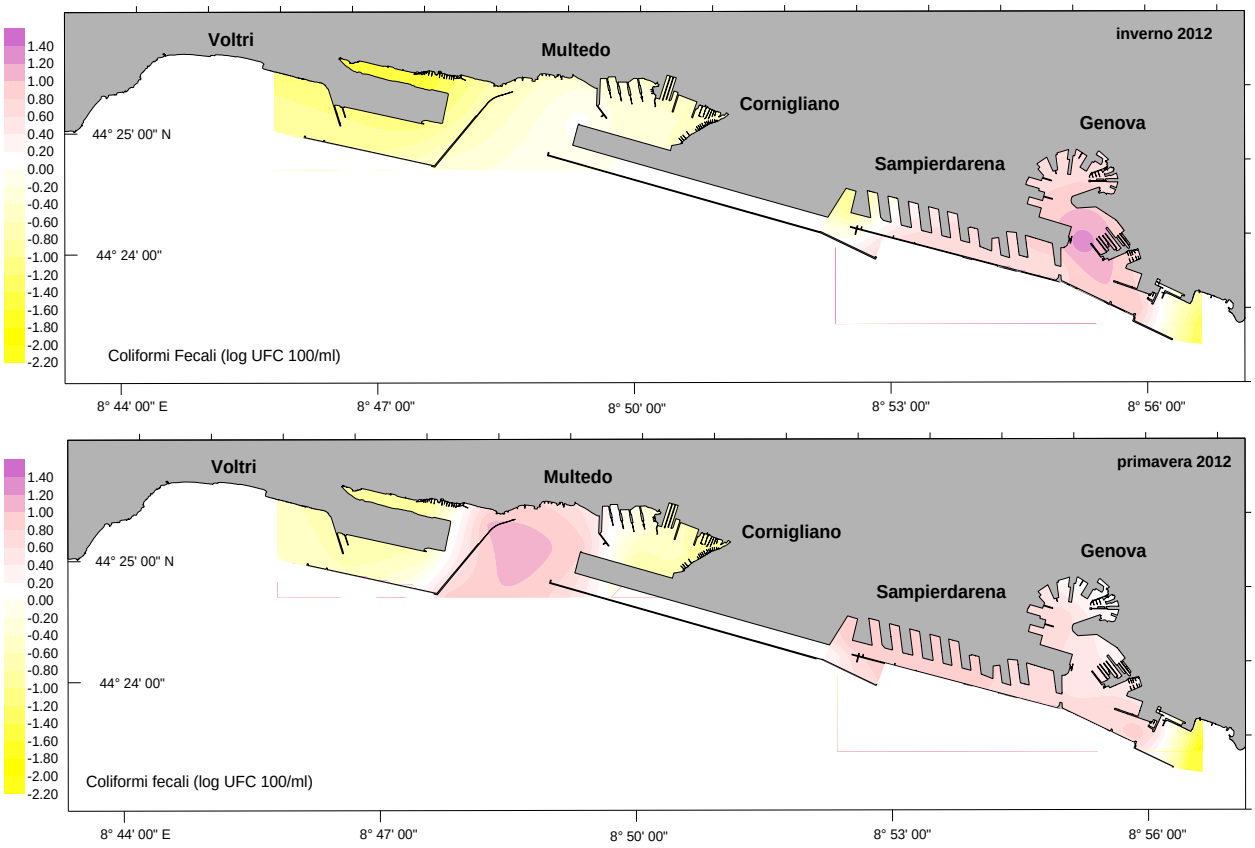


Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2012

Analizzando le anomalie dell'ammoniaca possiamo notare:

- In inverno le anomalie sono negative o prossime allo zero in tutto il porto con la sola eccezione del Porto Antico che presenta anomalie anche marcatamente positive.
- In primavera, in quasi tutta l'area, le anomalie sono vicine allo zero. La foce del Polcevera le anomalie sono positive, mentre alla foce del Chiaravagna le anomalie si presentano negative.
- In estate le anomalie sono vicine allo zero in tutta l'area; nelle zone più interessate dagli apporti dei torrenti come le foci del Chiaravagna e del Polcevera e anomalie sono leggermente negative, mentre presso il depuratore in darsena si riscontra un'anomalia leggermente positiva.
- In autunno, in quasi tutta, l'area le anomalie sono prossime allo zero e leggermente negative. Alla foce del Chiaravagna le anomalie si presentano più marcatamente negative.

In Fig. 3.7 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2012, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



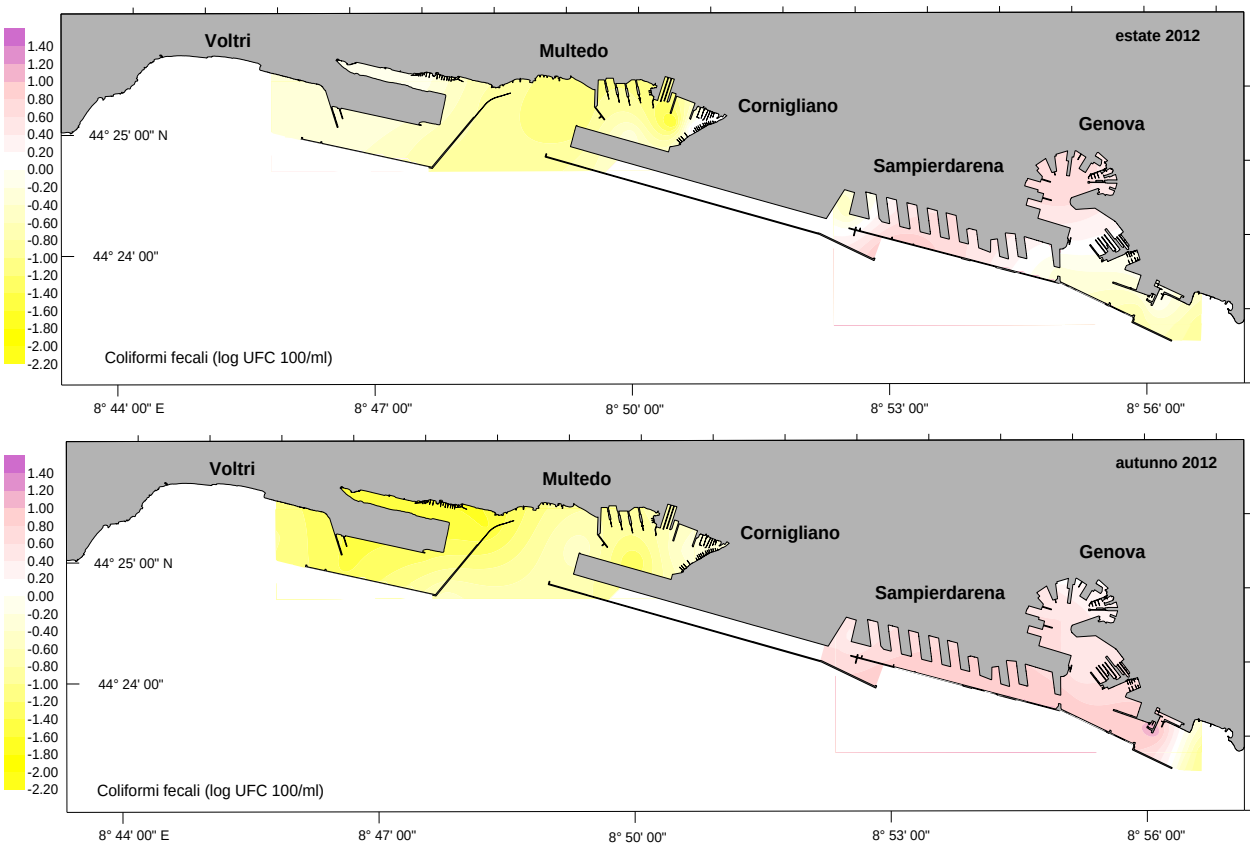


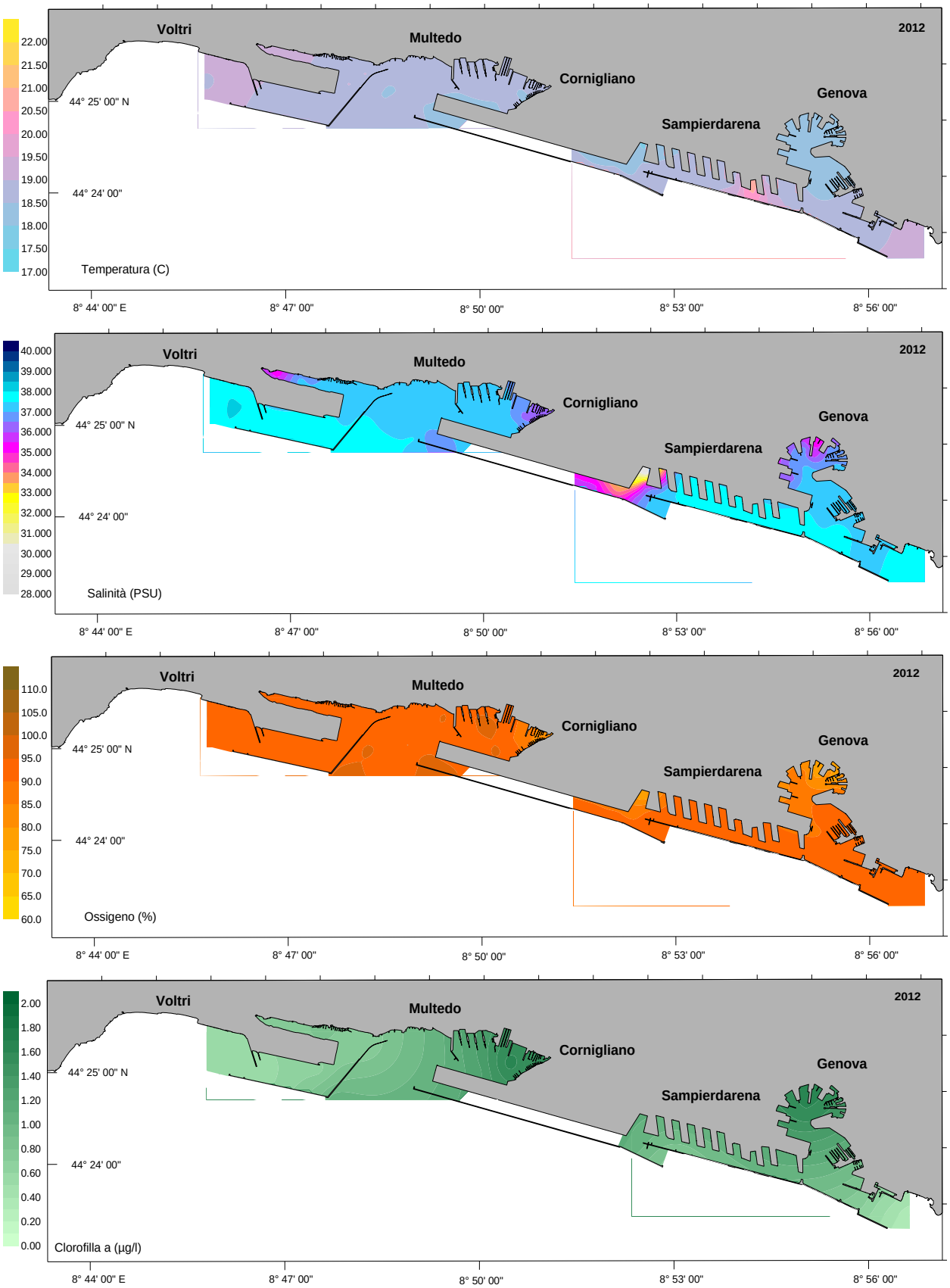
Fig. 3.7 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2012

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 del canale di Sampierdarena presentano anomalie positive.
- In primavera la zona compresa tra il bacino di Voltri e il bacino di Muletdo, così come la zona tra Punta Vagno anomalie negative. Al contrario il bacino di Genova e quelli di Multedo e Voltri presentano anomalie positive.
- In estate la zona della foce del Chiaravagna, il canale di Prà e l'area del Porto Antico e canale di Sampierdarena presentano anomalie leggermente positive. Nelle restanti zone del porto le anomalie sono negative.
- In autunno tutta l'area dei bacini di Multedo e Voltri, così come quella di Punta Vagno, presenta anomalie negative. Nelle restanti zone si riscontrano anomalie positive.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2012 (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 8 (Goldensoftware), ottenendo delle mappe che evidenziano in maniera intuitiva i principali tratti della loro variabilità spaziale (Fig. 3.8).



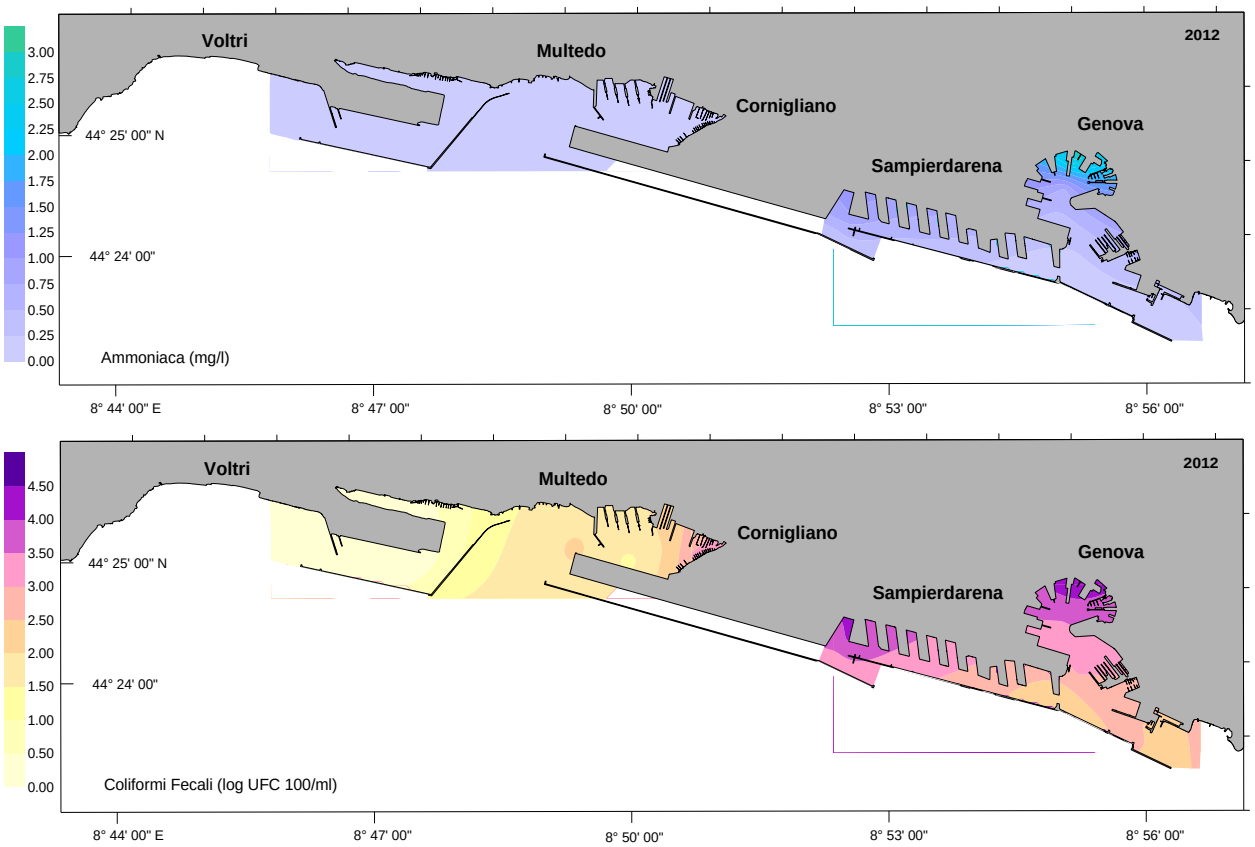


Fig. 3.8 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali.

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 2.50°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. Si nota inoltre come ci sia un aumento di temperatura nella zona del canale di Prà, probabilmente dovute al confinamento dell'area.

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.

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 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.

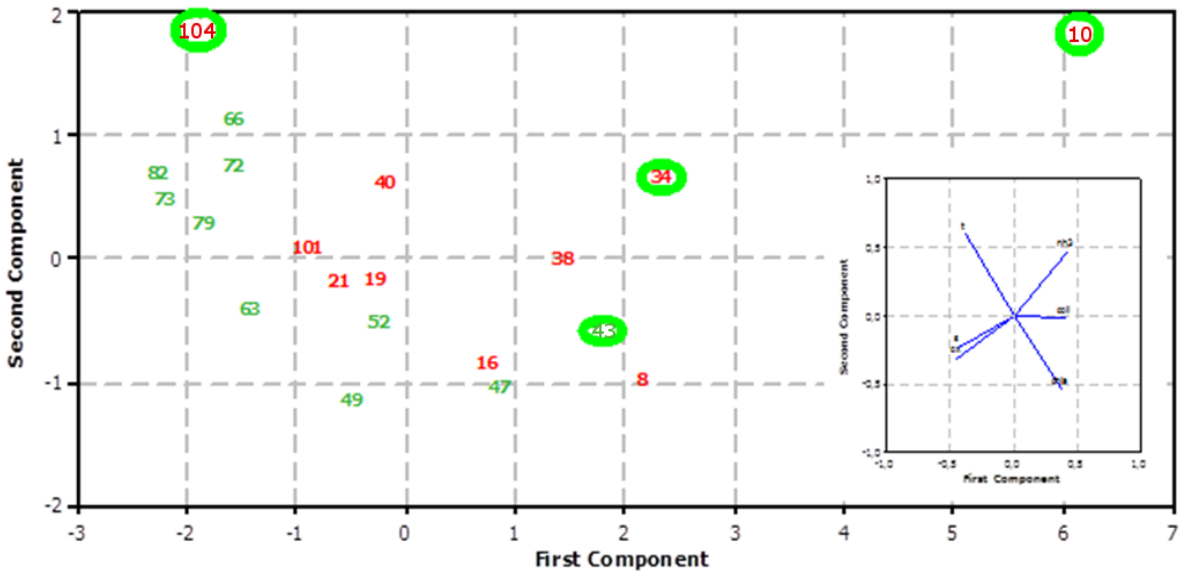


Fig 3.9 Analisi delle componenti principali applicata ai bacini di Genova (rosso) e Multedo-Voltri (verde) per le sole stazioni in cui si eseguono le analisi di ammoniaca, coliformi fecali e clorofilla-a; sono cerchiati i 4 siti critici.

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 2012, 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 1998-2011) 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 3.2). 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 3.2 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).

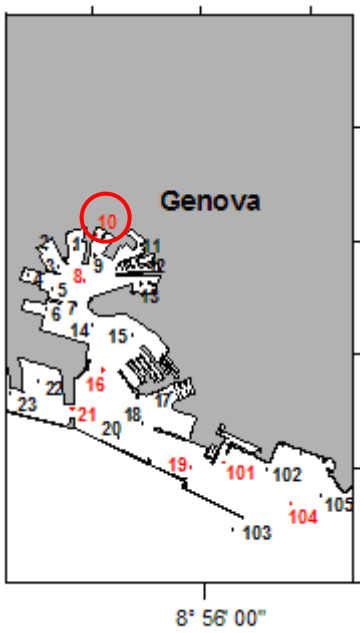
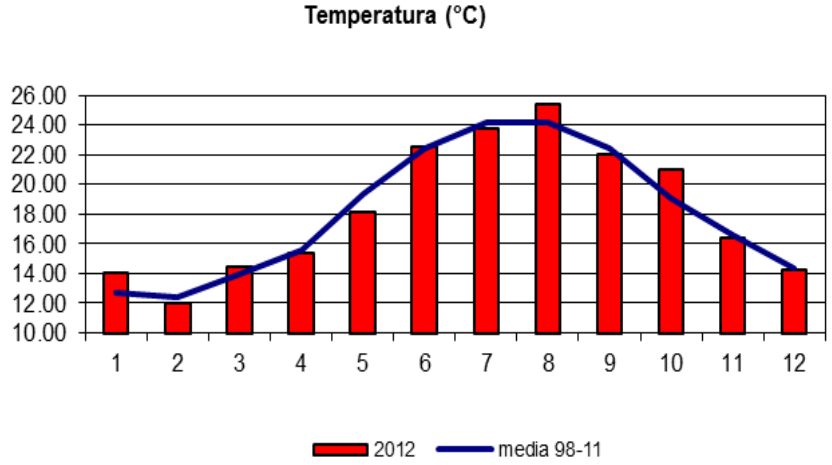
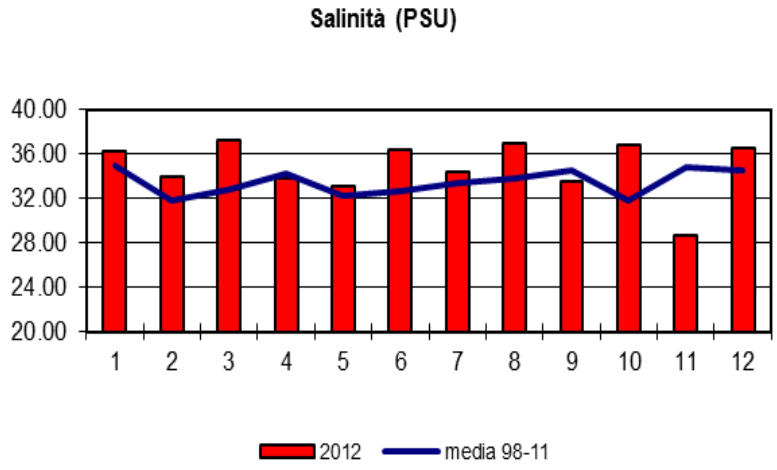


Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

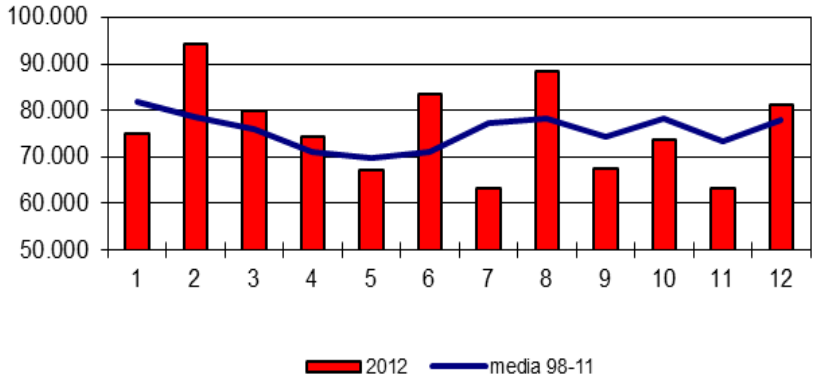
In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2012 si evidenziano i mesi di febbraio e maggio, più freddi, e i mesi di gennaio, agosto e ottobre, più caldi. Si riscontra una correlazione con la temperatura atmosferica poiché le anomalie riportate corrispondono a quelle della temperatura atmosferica.
La salinità è compresa tra 28,600 e 37,300 PSU, valori in generale più alti rispetto a quelli medi. Solo nel mese di novembre si riscontrano valori molto inferiori alla media. Non si nota una stretta correlazione tra le salinità sopra la media e l'anomalia delle precipitazioni, in quanto 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 gennaio, maggio, luglio, settembre, ottobre e novembre mentre negli altri sei 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 si possono notare valori molto superiori alla media, soprattutto nel mese di giugno.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, tranne che per i mesi di gennaio, luglio e novembre. Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, luglio, settembre e novembre 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 (98000 MPN/100 ml).
L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori o paragonabili alla media, a parte i mesi di gennaio, marzo, giugno e luglio, comunque sempre notevolmente di sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l), come negli anni precedenti.

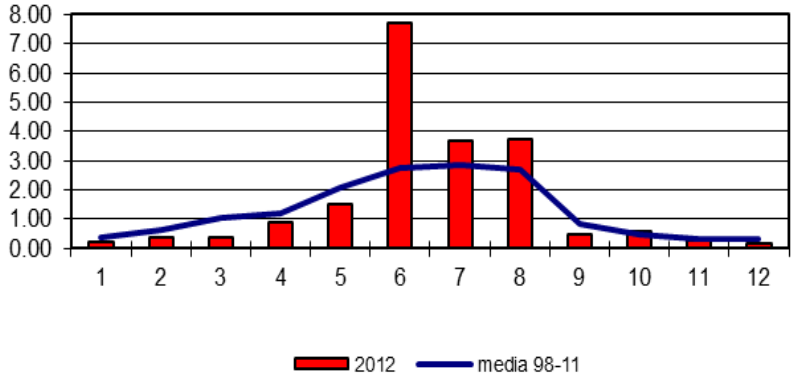




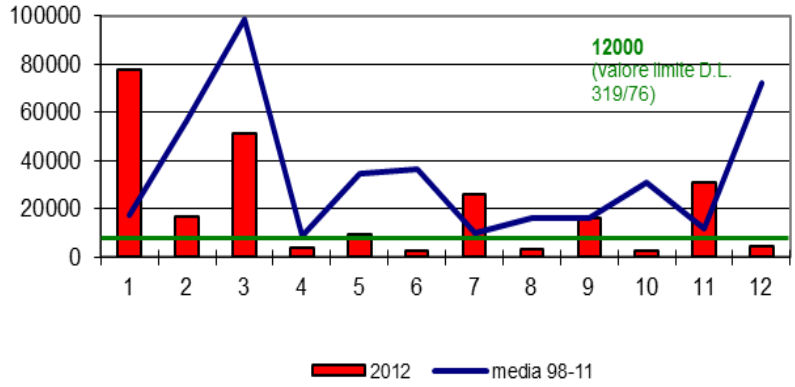
Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



Coliformi fecali (MPN/100 ml)



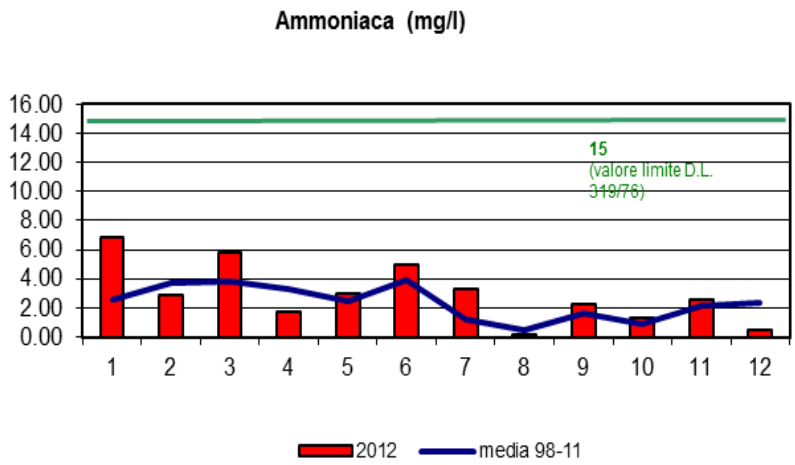


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011 (stazione 10)

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)

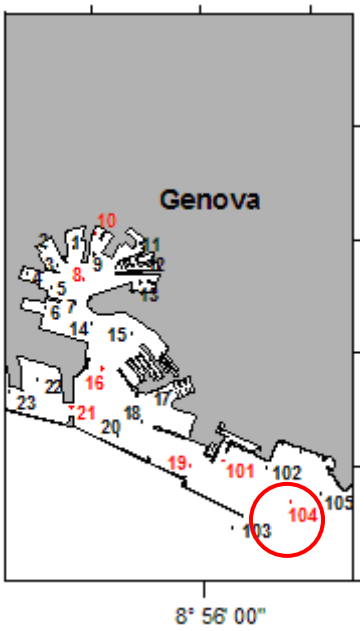
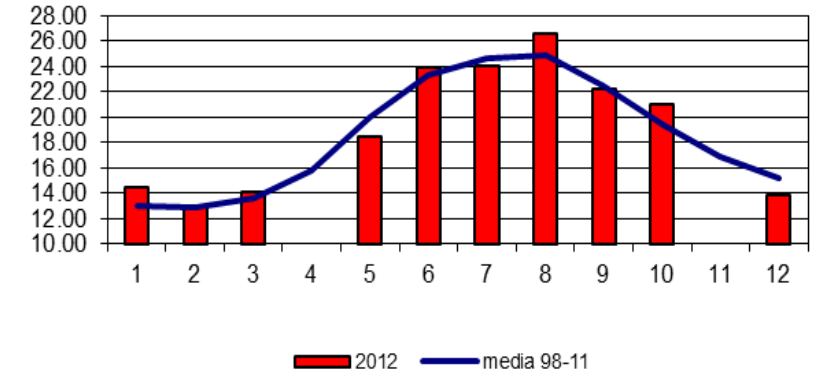


Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 104, posta in prossimità dello scarico del depuratore a Punta Vagno

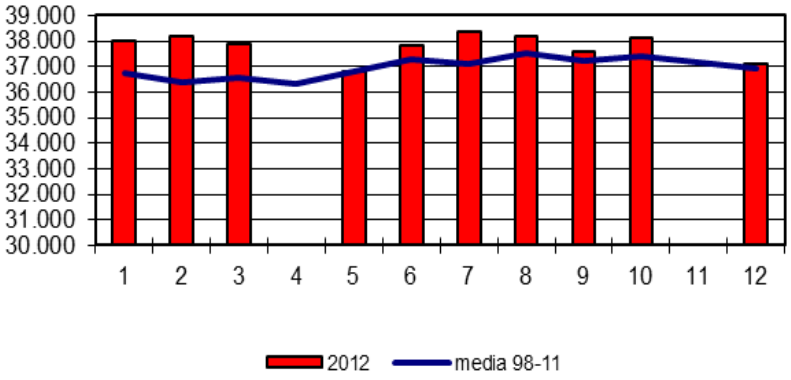
In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo. Nei mesi di maggio e dicembre si nota una temperatura

sotto la media, mentre ad agosto e ottobre si hanno valori superiori alla media, in accordo all'anomalia di temperatura dell'aria.
La salinità è compresa tra 36,700 e 38,300 PSU, valori leggermente più elevati di quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni. I mesi invernali si discostano in maniera più marcata dalla media, con valori notevolmente superiori, in accordo con l'andamento delle precipitazioni.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, presenta valori simili alla media, fatta eccezione per i mesi di giugno, agosto e ottobre in cui si riscontrano concentrazioni inferiori alla media.
La concentrazione della clorofilla a, invece è in generale sotto la media. A marzo, ottobre e dicembre i valori sono paragonabili a quelli della media storica. Si evidenzia come l'andamento del 2012 non segua il picco primaverile-estivo (maggio-luglio) riscontrato nella media, ma presenti picchi in mesi isolati (marzo, giugno).
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. Solo nei mesi di maggio e dicembre i valori sono superiori alla media, ma comunque 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.

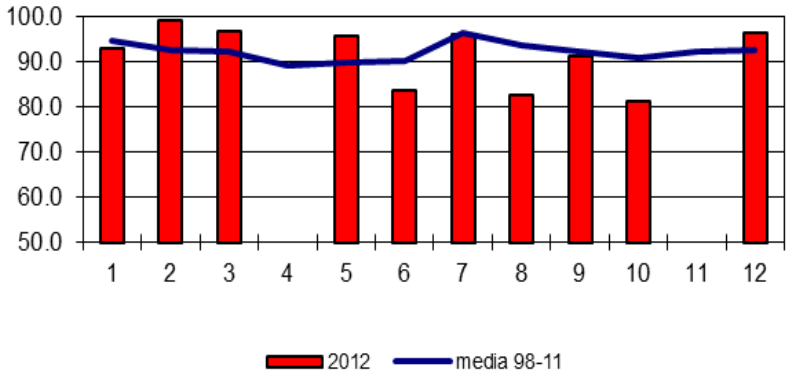
Temperatura (°C)

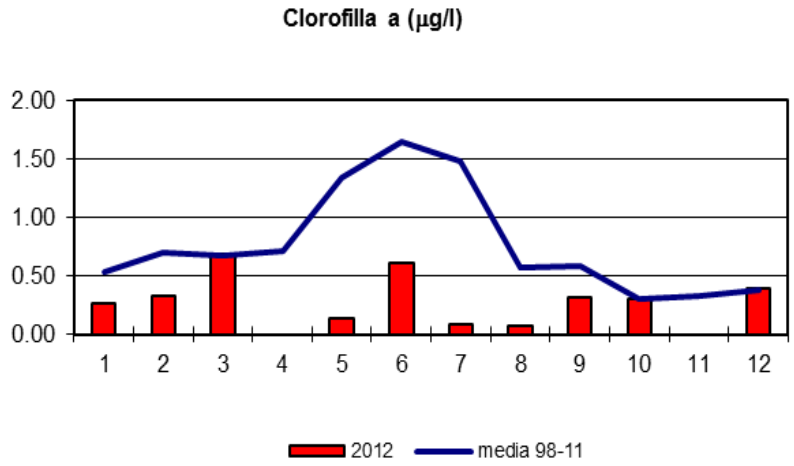


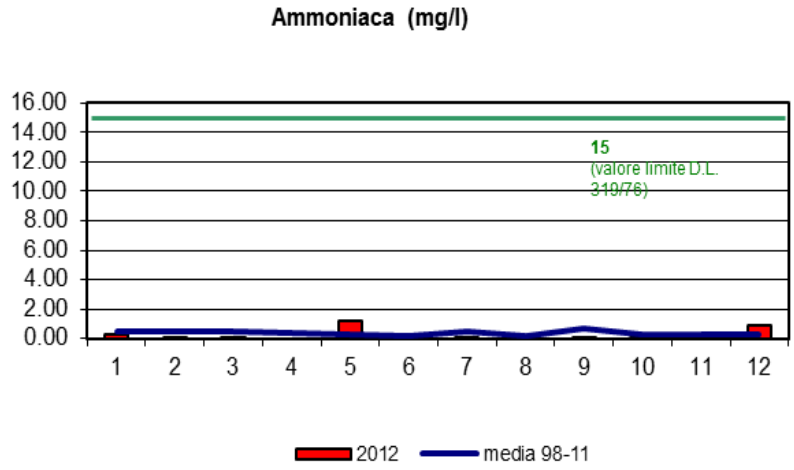
Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)







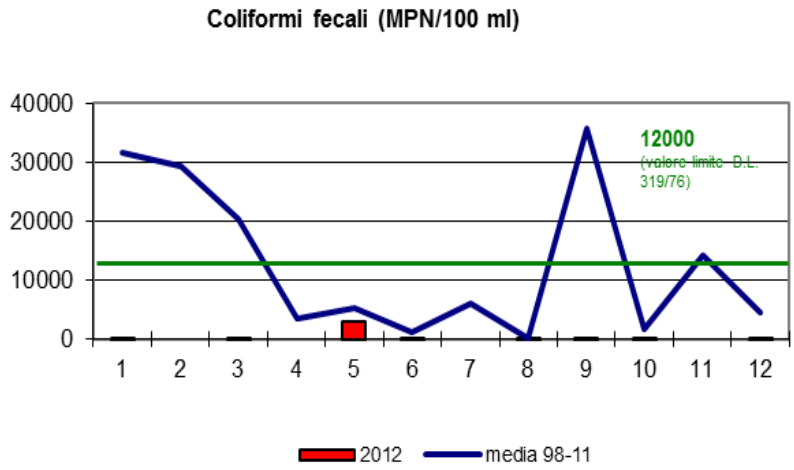


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011 (stazione 104)

Foce del Polcevera

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

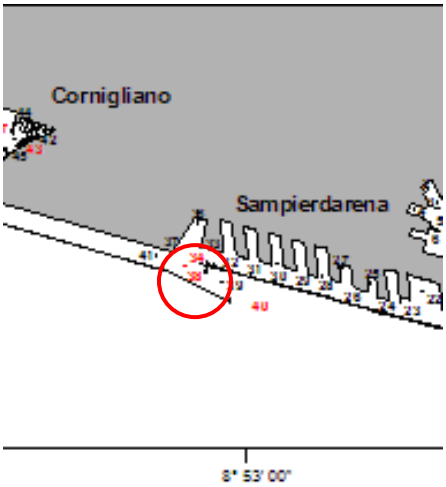
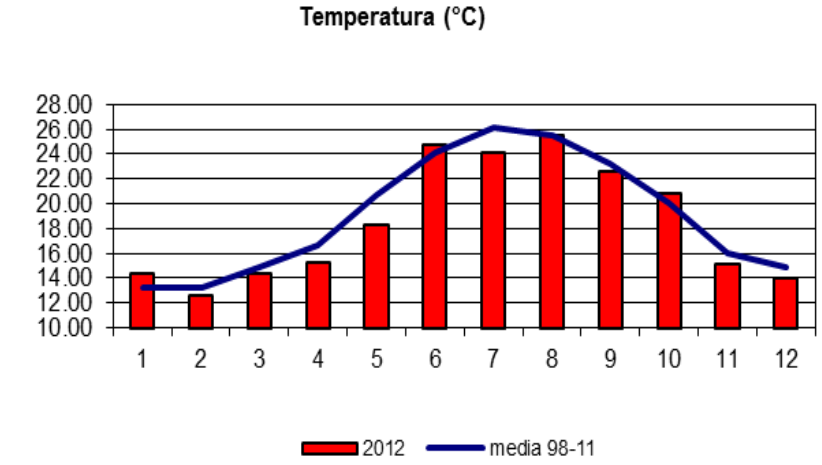
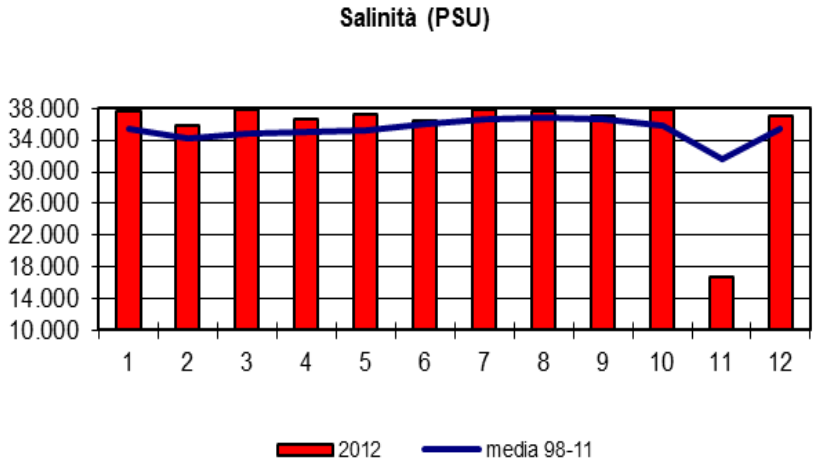


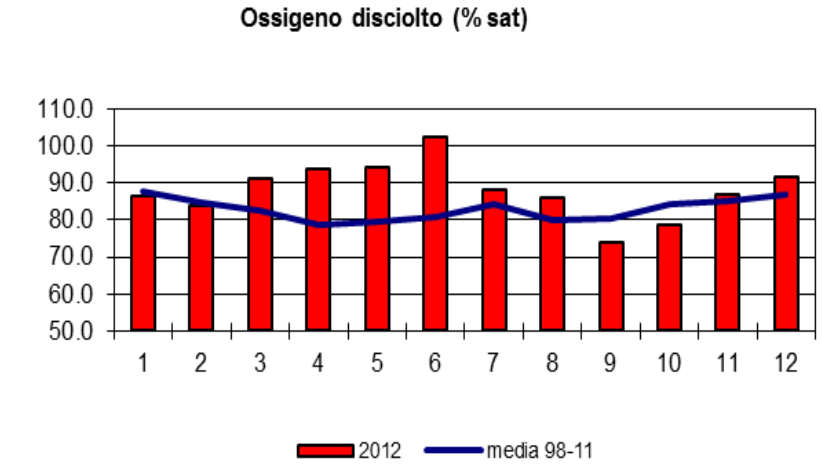
Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

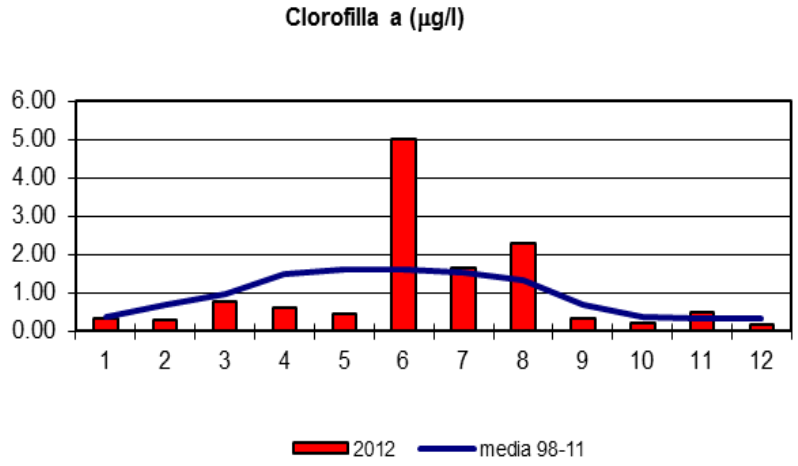
In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2012 si evidenziano temperature generalmente simili alla media, con temperature inferiori alla media nei media nei mesi di aprile, maggio, giugno e dicembre.
La salinità è compresa tra 16,800 e 37,900 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 evidenzia solo il mese di novembre che si discosta dalla media presentando valori molto inferiori.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre superiore o paragonabile alla media, tranne che nei mesi di settembre e ottobre dove i valori sono inferiori.
La concentrazione della clorofilla a è generalmente inferiore o paragonabile alla media fatta eccezione per i mesi di giugno, luglio e agosto, dove risulta essere anche notevolmente superiore.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono simili alla media nei mesi di maggio e novembre. L'unico mese che presenta valori notevolmente superiori alla media è giugno. I restanti mesi presentano valori inferiori alla media. Il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml) è stato superato nei mesi di maggio e giugno.

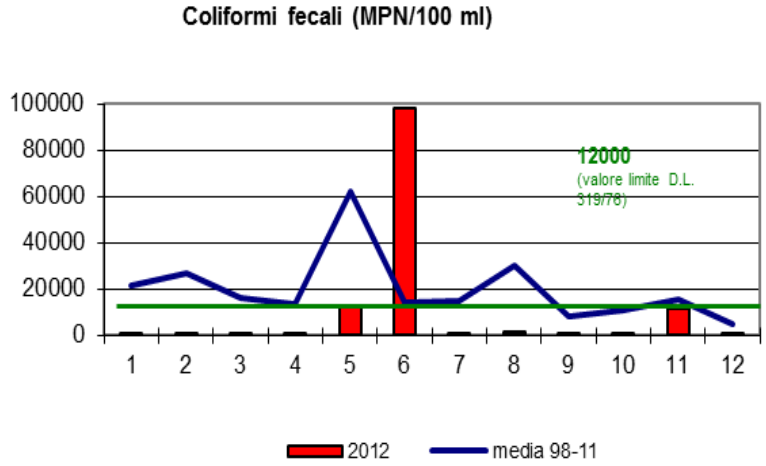
L’ammoniaca presenta nei mesi di maggio, giugno e novembre concentrazioni superiori alla media, nei restanti mesi presenta invece valori inferiori o paragonabili alla media. Comunque i valori sono sempre decisamente di sotto il valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).











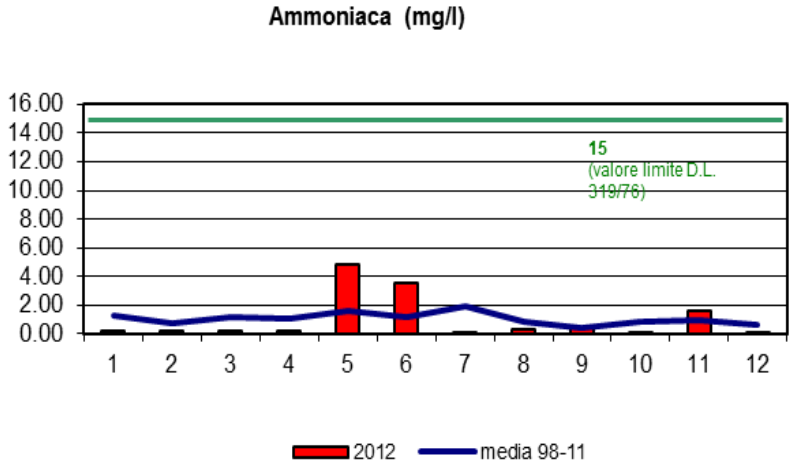


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

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

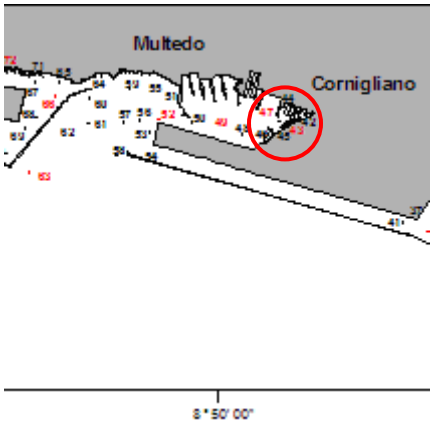
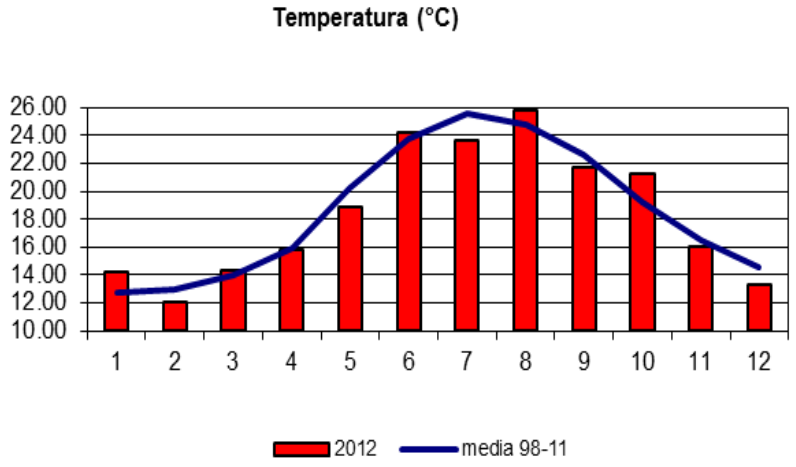


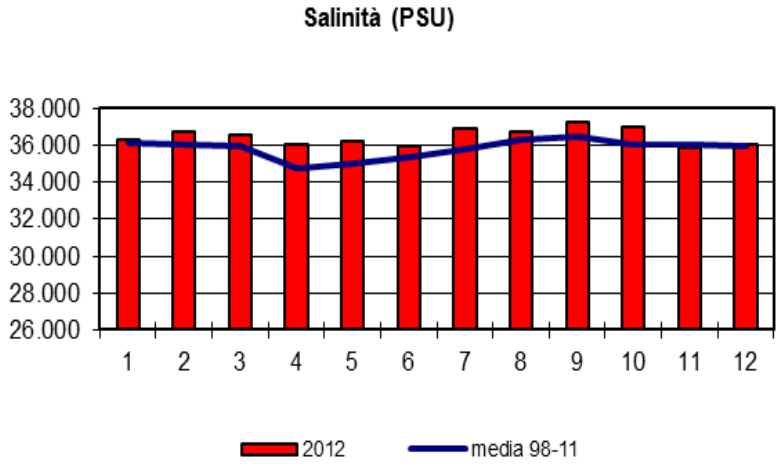
Fig. 3.16 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

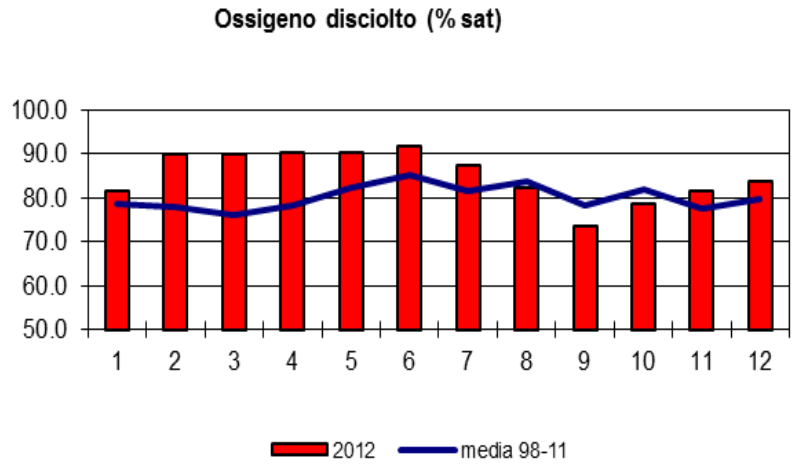
In figura 3.17 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2012 si evidenziano valori di temperatura simili o inferiori alla media storica. I mesi di gennaio, agosto e ottobre hanno valori superiori alla media e si nota una buona correlazione con i dati di anomalia della temperatura atmosferica.
La salinità è compresa tra 35,800 e 37,200 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 o simili alla media.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre simile o più elevato rispetto alla media tranne che per i mesi di settembre e ottobre, dove si riscontrano valori inferiori alla media.
La concentrazione della clorofilla a presenta valori inferiori alla media nei mesi di febbraio, maggio, luglio, agosto e settembre. Nei mesi di marzo, aprile, giugno e ottobre i valori sono superiori alla media, in maniera molto marcata a giugno. Nei restanti mesi i valori sono paragonabili a quelli medi. Il picco presente nella media non corrisponde a quello del 2012 che risulta essere arretrato di un mese.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono per la maggior parte dei mesi decisamente 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.







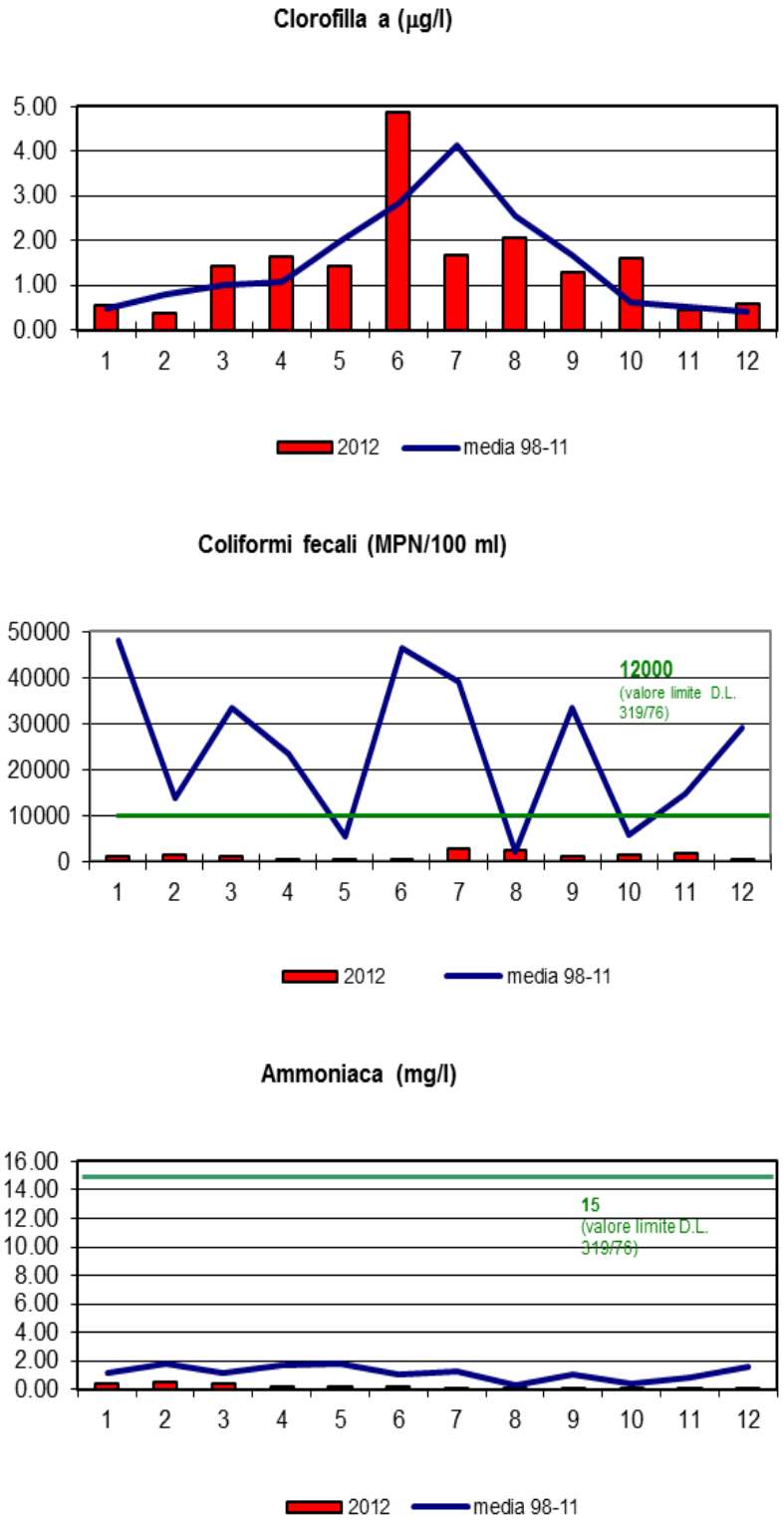


Fig. 3.17 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2012 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2011 (stazione 43)

3.3.1 Mann-Kendall Test

Sulle serie dei dati 1998-2012 (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. Il pacchetto software utilizzato per l'analisi dei dati è stato Minitab 16.

Nella tabella 3.3 vengono riportati i trend per ciascuna stazione e per ogni parametro analizzato.

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

Tabella 3.3. 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 e della percentuale dell'ossigeno disciolto, ciò può indicare un miglioramento della circolazione e ossigenazione 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 2012 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 invernali 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 2.50 °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 2012 è stato caratterizzato per quasi tutto l'anno da precipitazioni simili o inferiori alla media, fatta eccezione per quattro mesi con precipitazioni superiori alla media. L'andamento della salinità nei bacini ha in parte seguito quello delle precipitazioni: si sono riscontrate salinità più elevate nella stagione invernale e in primavera, ad eccezione della foce del Polcevera nei mesi primaverili. In estate si sono riscontrati valori simili a quelli medi, fatta eccezione per alcune zone confinate che presentano valori superiori. Nei mesi autunnali in generale i valori sono risultati essere inferiori 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 2012 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 questo andamento tipico, le fluttuazioni osservate sono da mettere in relazione con la variabilità degli apporti di nutrienti provenienti da terra e le caratteristiche di ciascuna area. Durante il 2012 le concentrazioni di clorofilla-a sono state vicine alla media in tutta la zona portuale nel periodo estivo e autunnale. In inverno e primavera l’anomalia è generalmente positiva.
- L'ammoniaca ha presentato in generale concentrazioni inferiori agli anni precedenti. Nel bacino di Genova in corrispondenza degli scarichi da terra in inverno, primavera ed estate si registrano valori superiori alla media.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è risultata essere 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. In inverno, primavera ed estate si riscontra un aumento, soprattutto per la zona del bacino di Genova.

La classificazione dei siti determinata dall’analisi statistica multivariata compiuta sul set di dati 1998-2011 risulta valida anche per il 2012 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 2012 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2011). 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, prevedere 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.

BIBLIOGRAFIA

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

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

DICAT-1998-2009 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

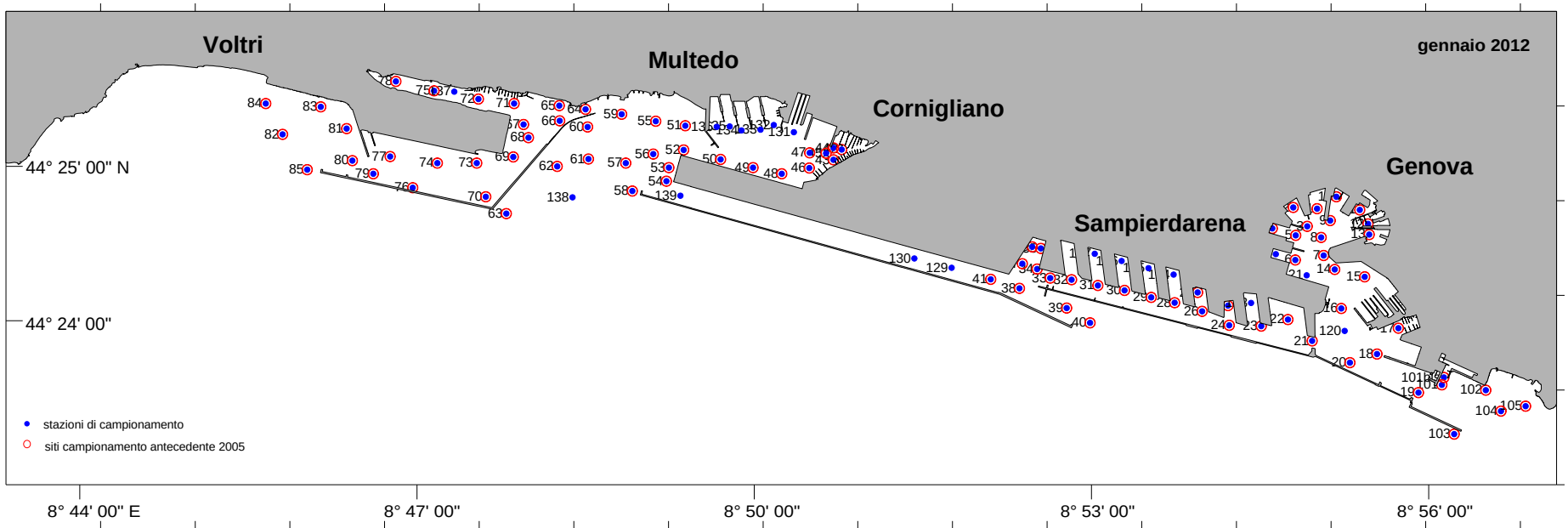
METALLICI http://www.irsa.cnr.it/Metodi/

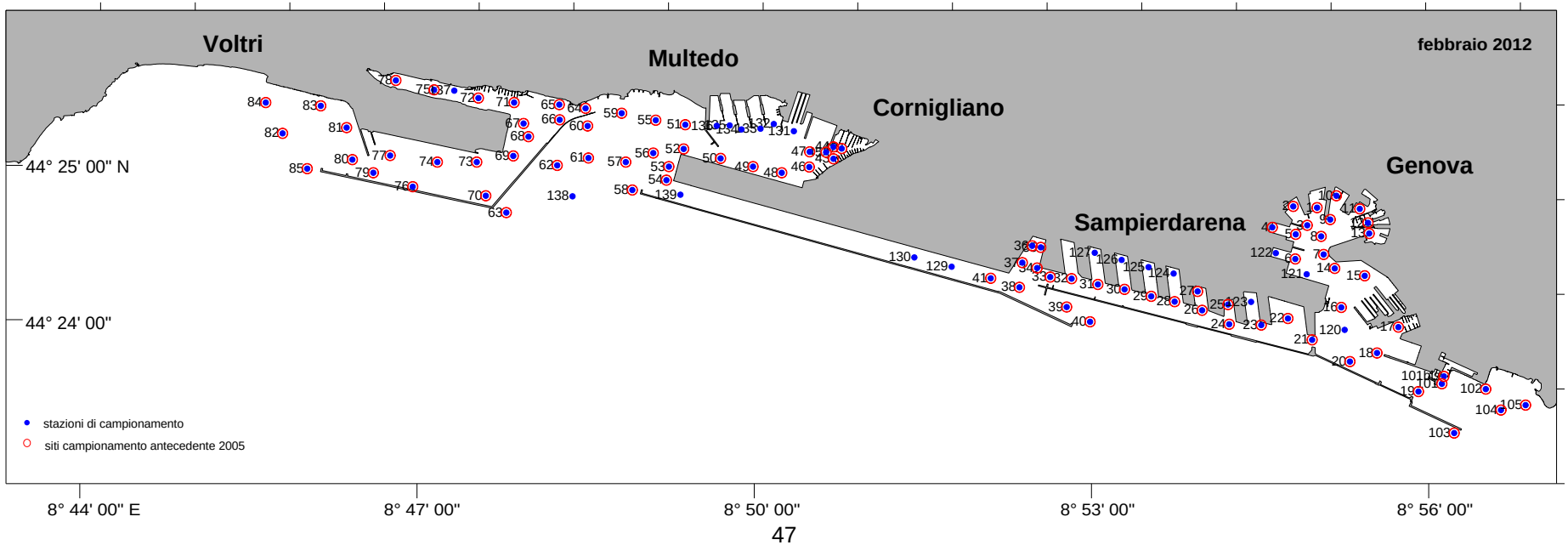
Povero P., Ruggieri N., Misic C., Castellano M., Rivaro P., Conio O., Derqui E., Maggi S., Fabiano M., (2005). Port of Genoa. LOICZ Report & Studies No. 28, 1-157 pages, LOICZ, Texel, the Netherlands.

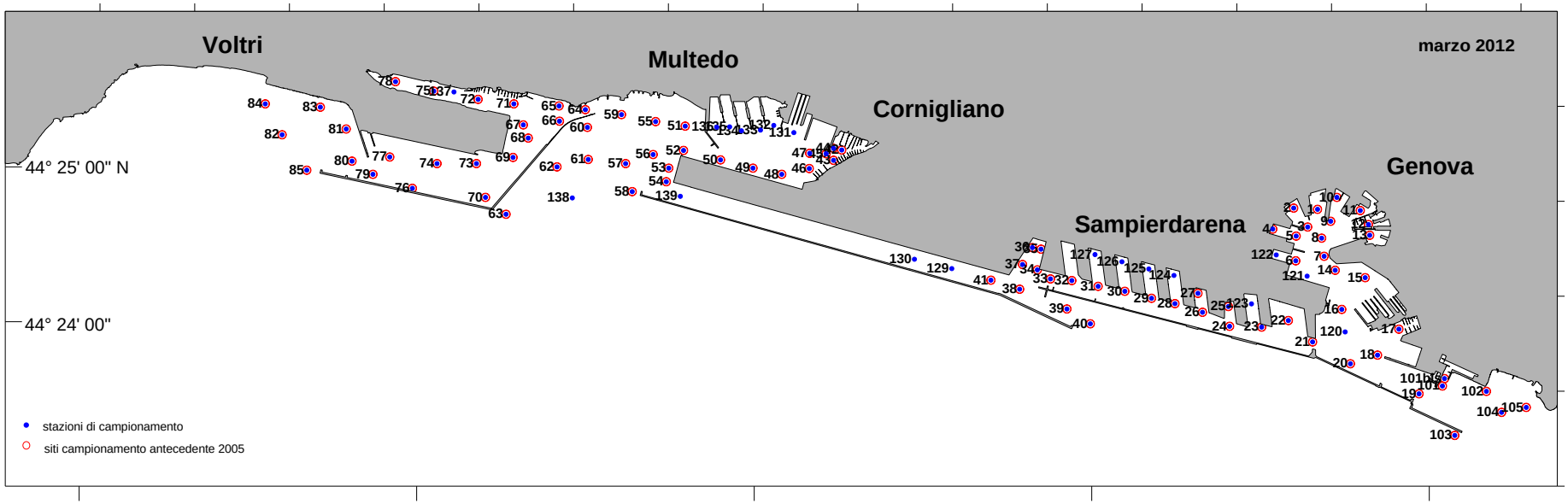
Ruggieri N., Castellano M., Capello M, Maggi S., Povero P. (2011). Seasonal and spatial variability of water quality parameters (Port of Genoa). Marine Pollution Bulletin 62, 340–349

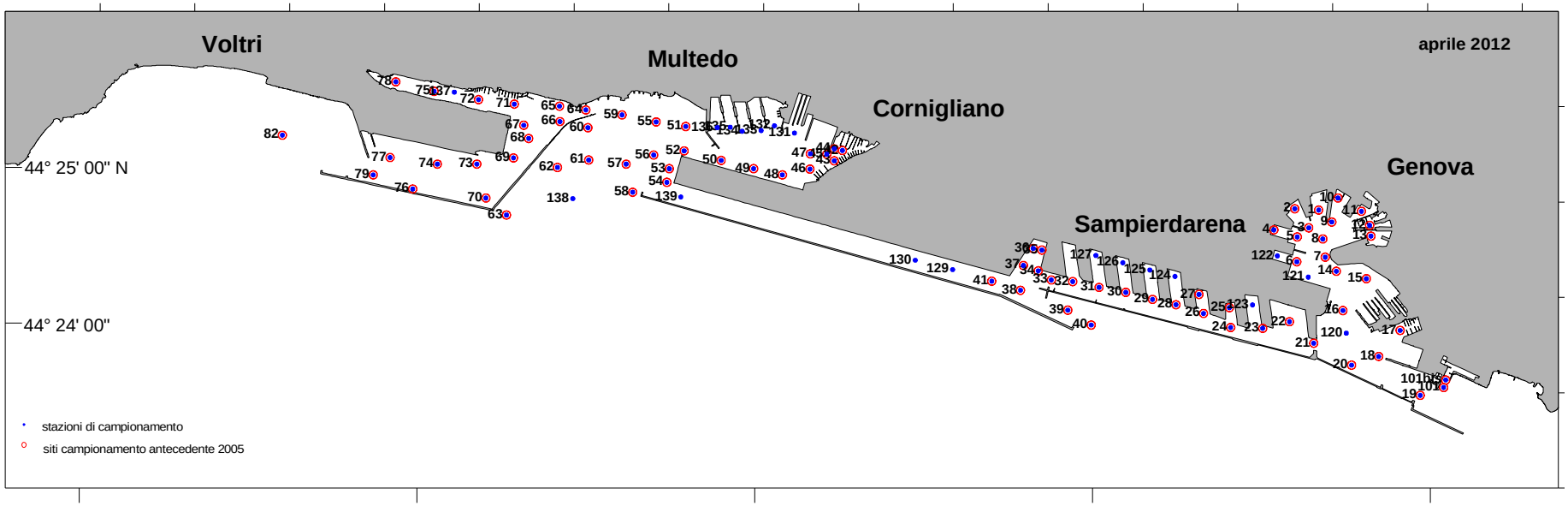
Ruggieri N., Castellano M., Taruffi M., Fabiano M., Misic C., Maggi S., Povero P., (2005). Water and Nutrients Budget in a Semi-enclosed area of the coastal Ligurian Sea: the Port of Genoa. LOICZ II Inaugural Open Science Meeting, Egmond aan Zee, Netherlands, 27-29 June.

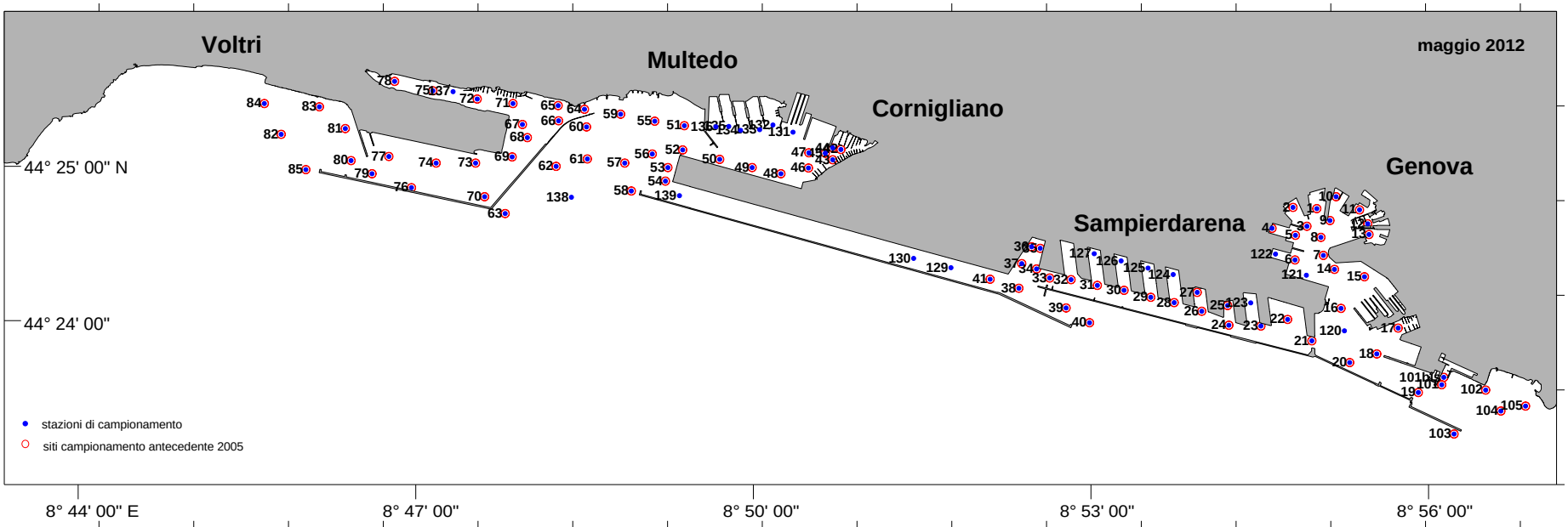
APPENDICE 1

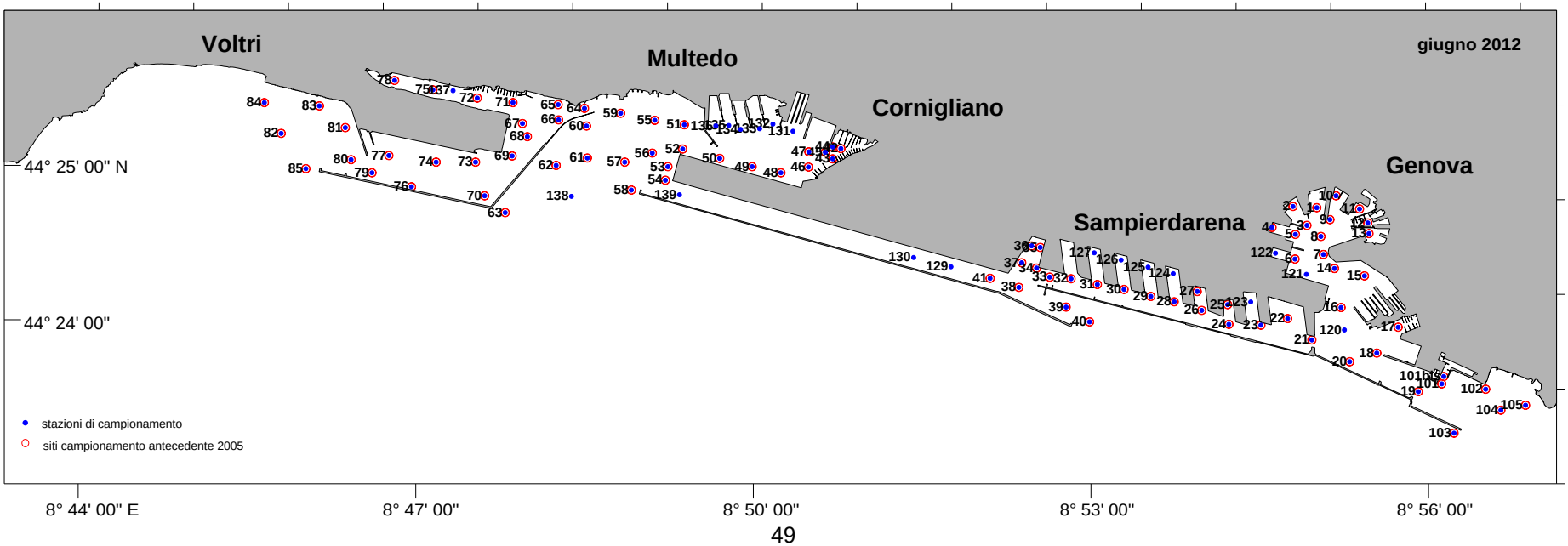

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

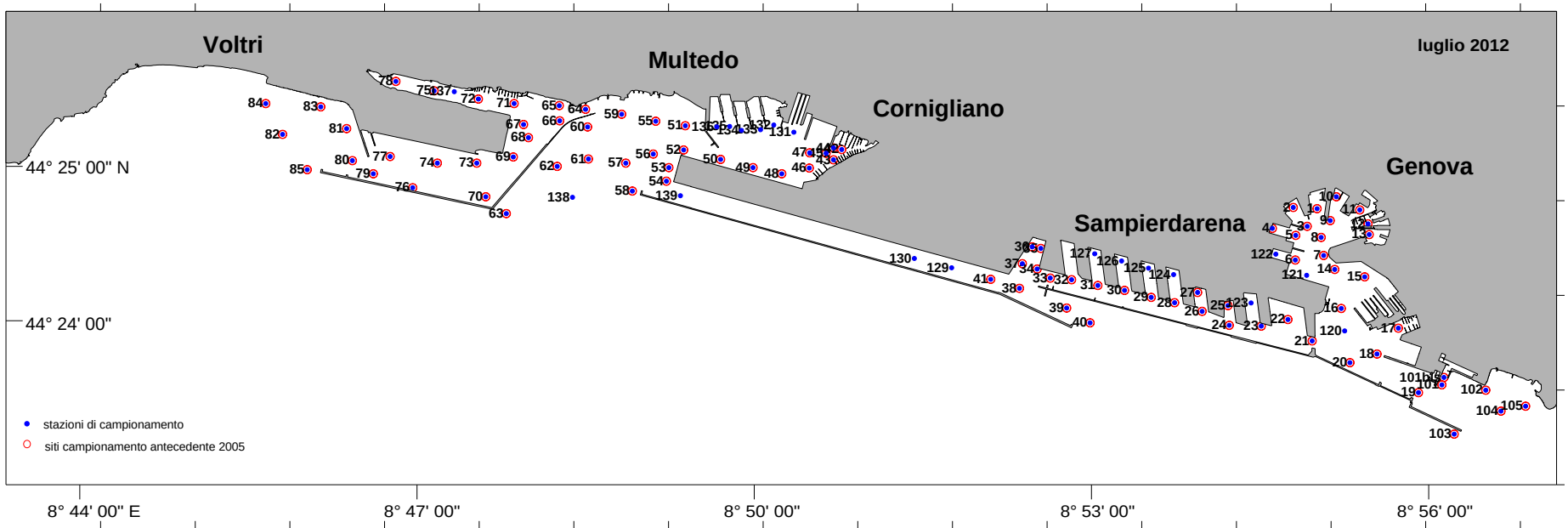

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

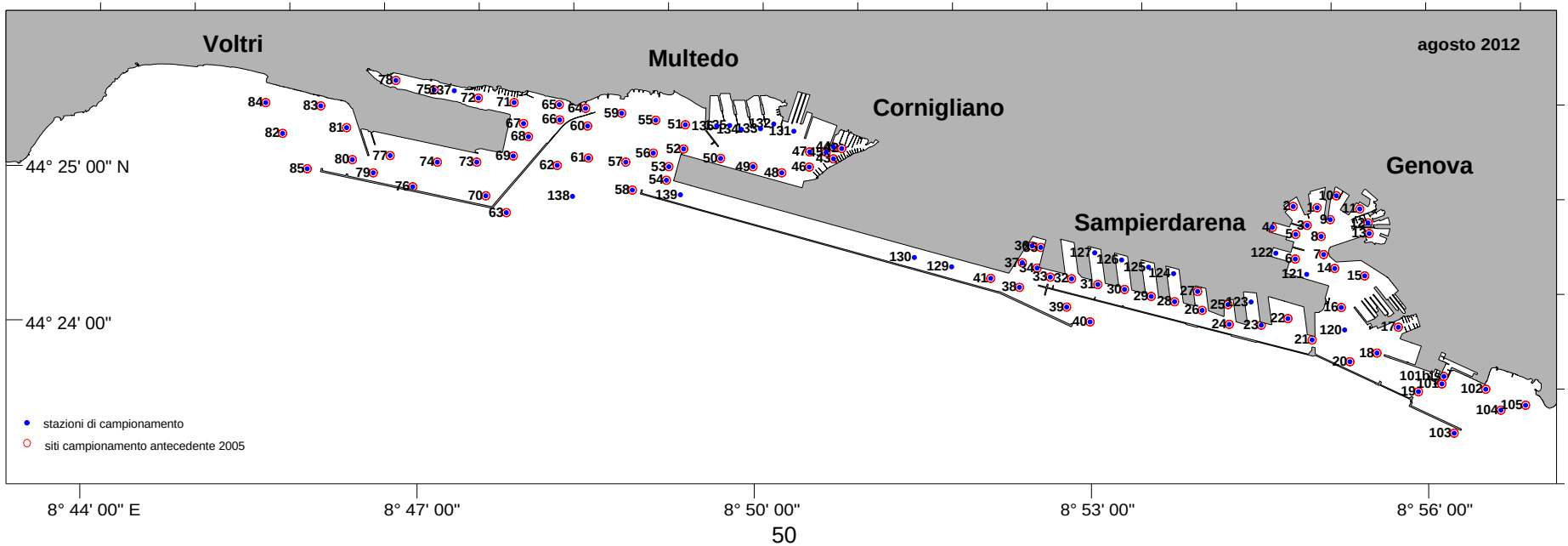

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

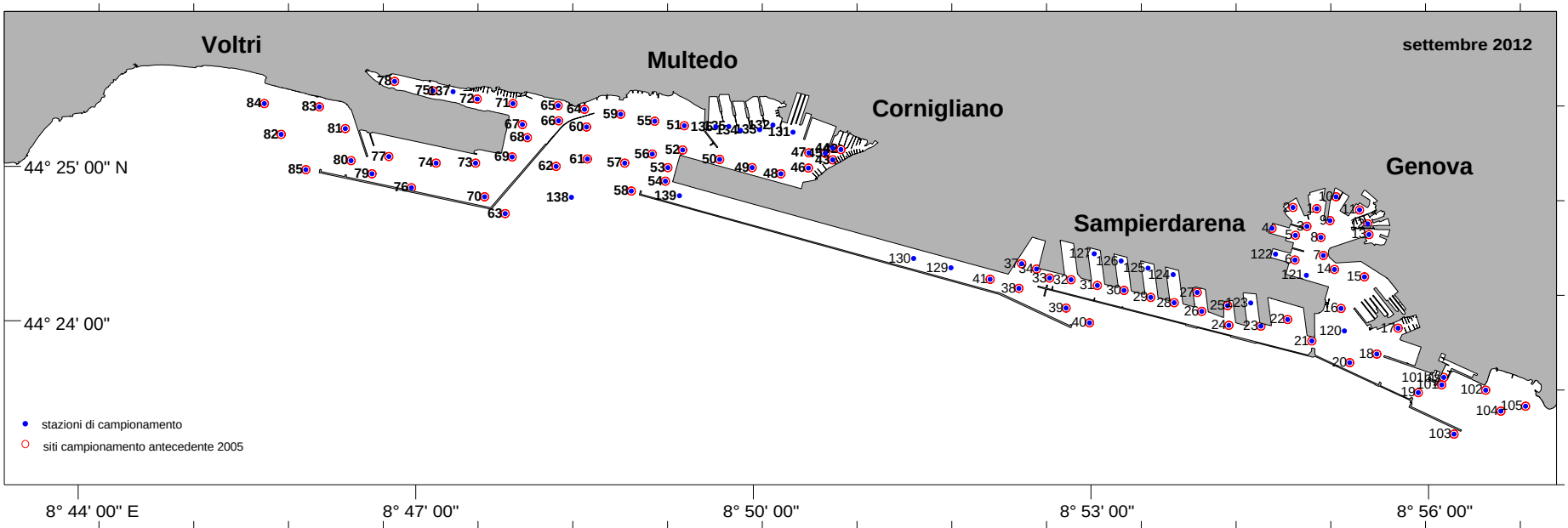

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

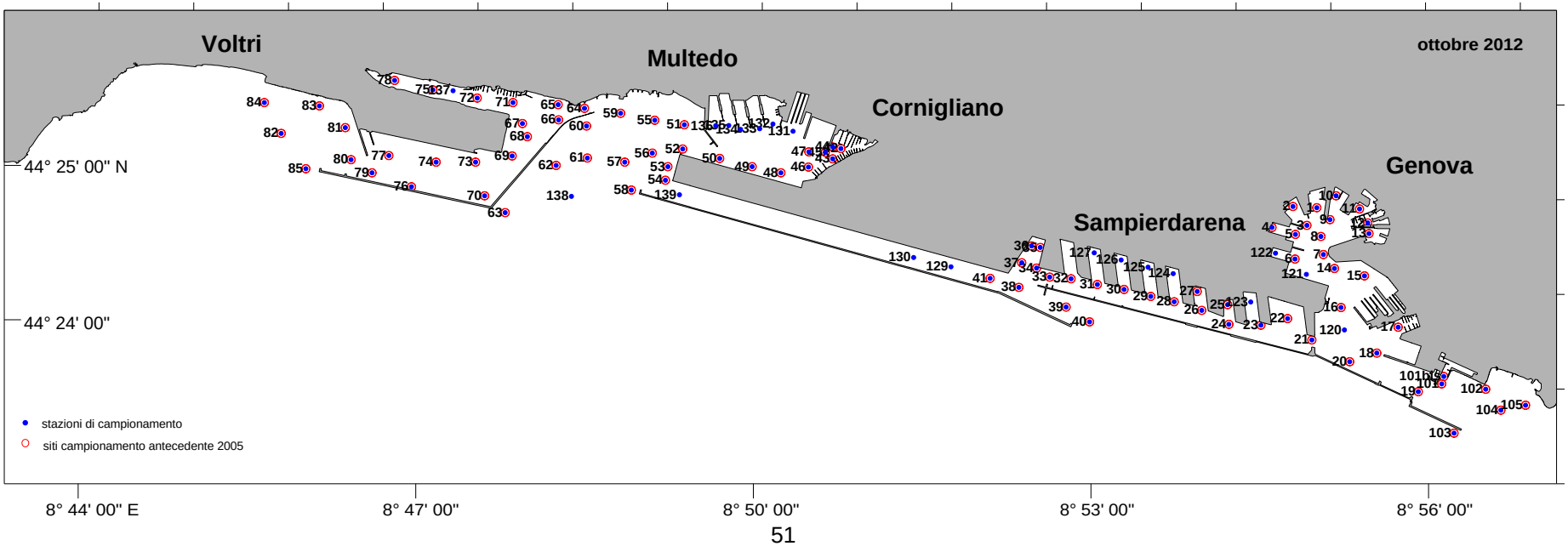

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

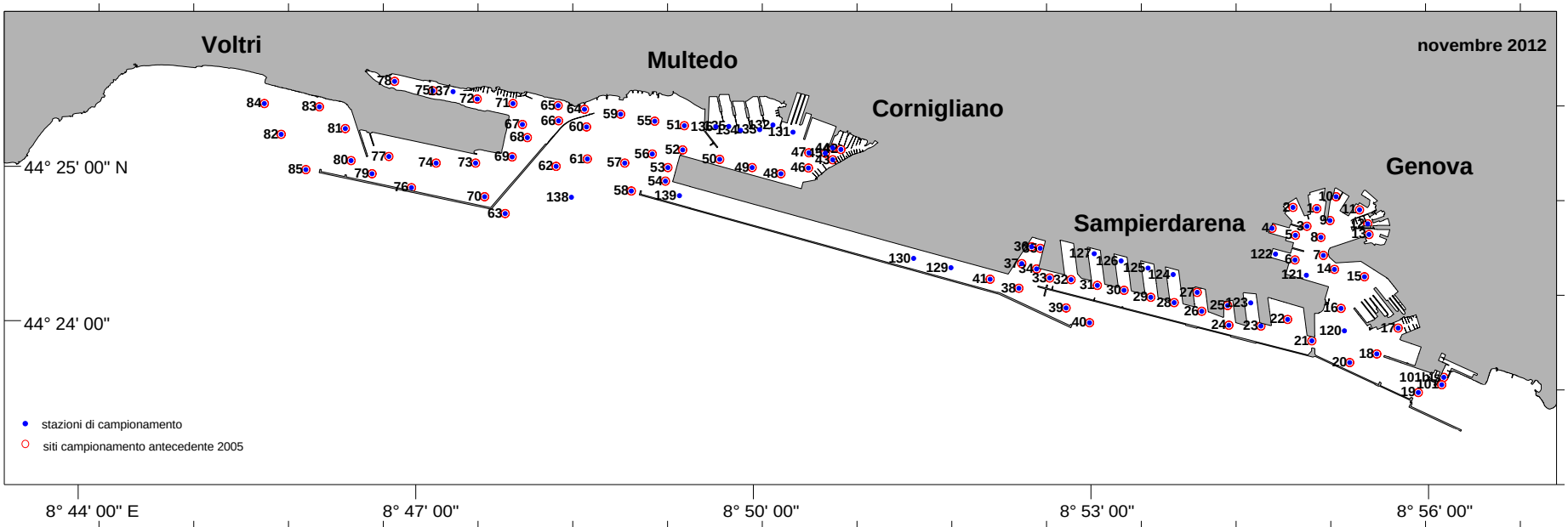

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

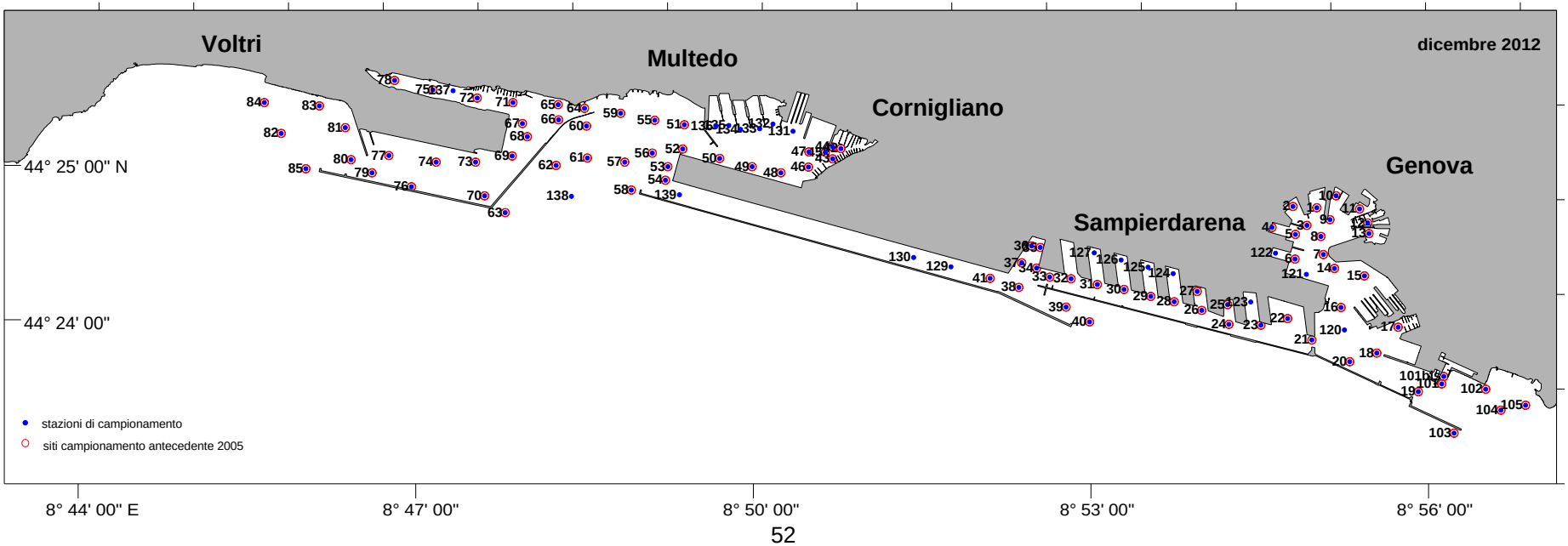

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

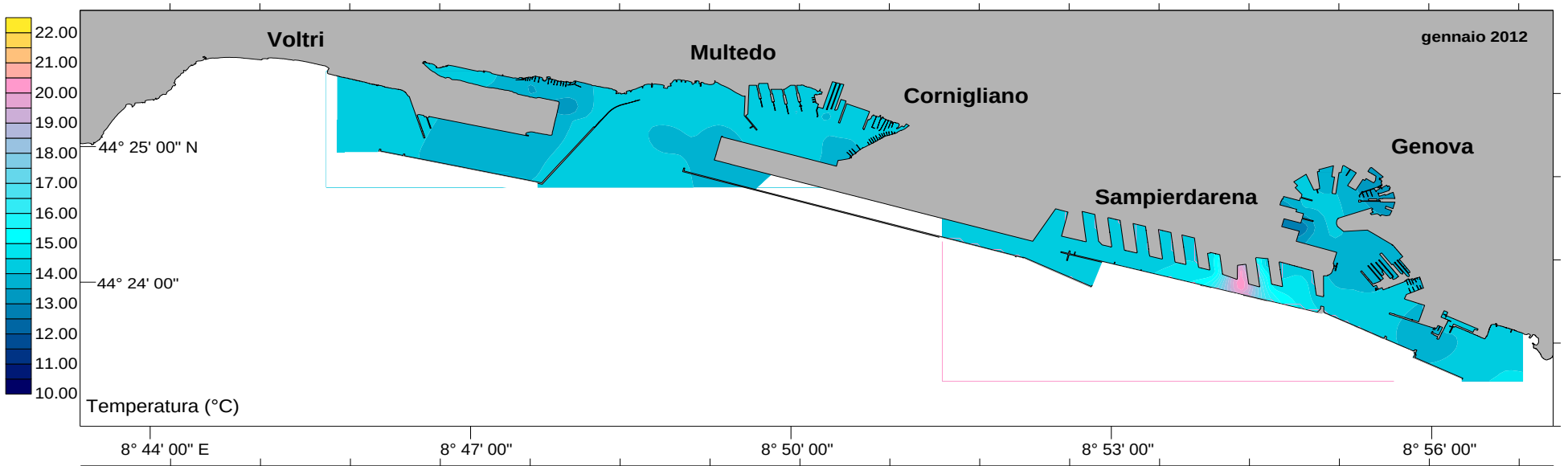

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

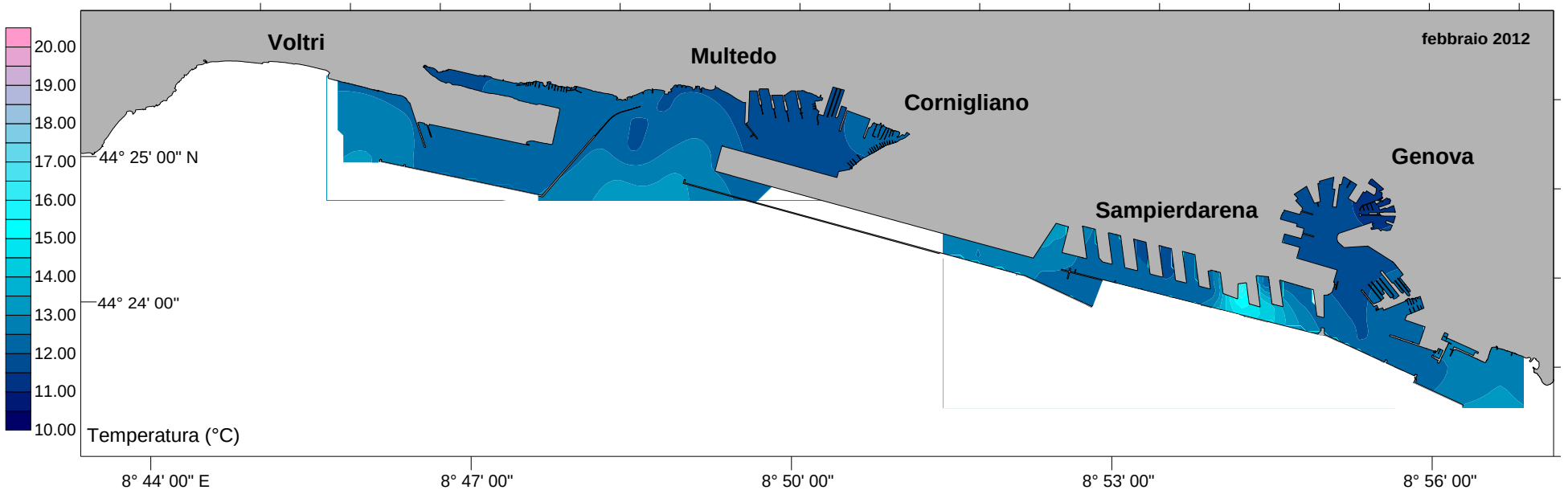

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

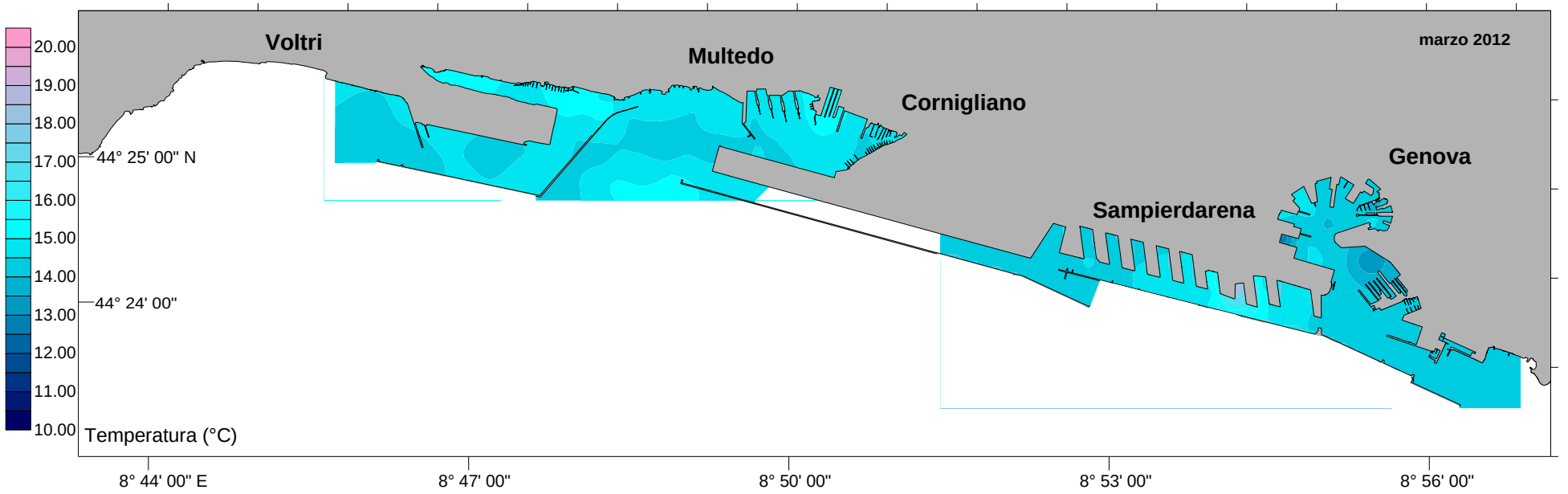

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

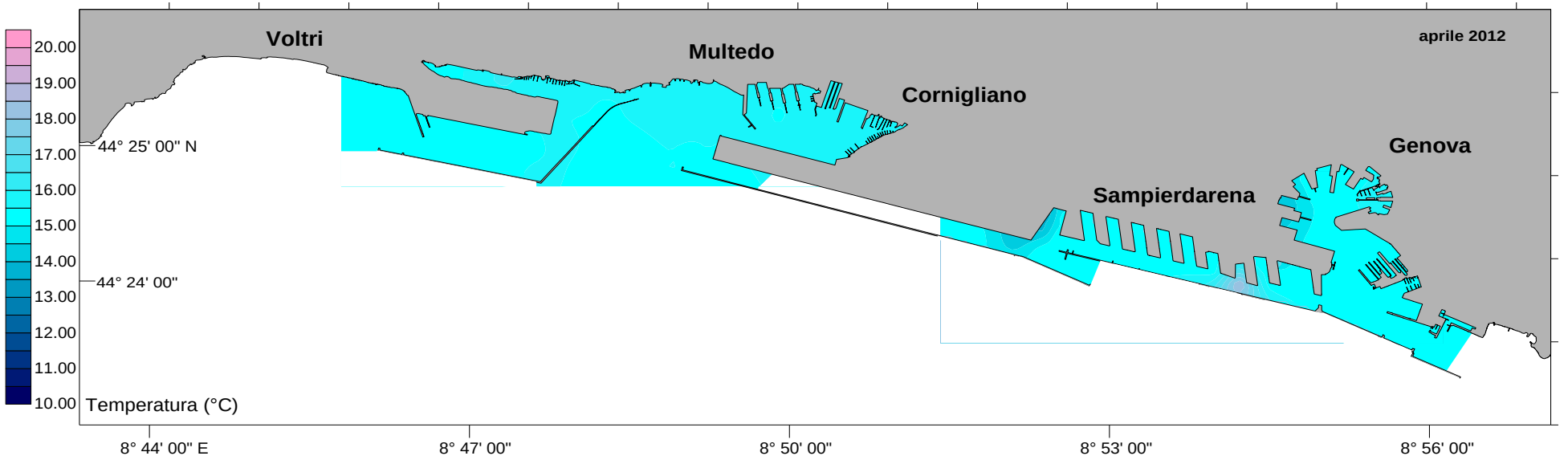

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

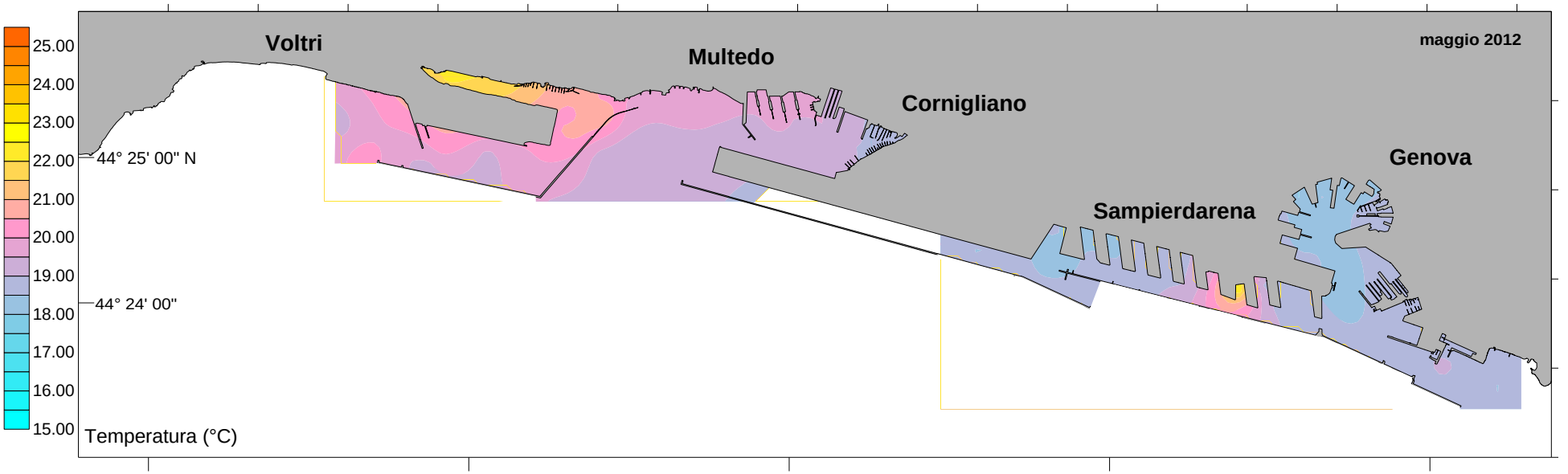

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

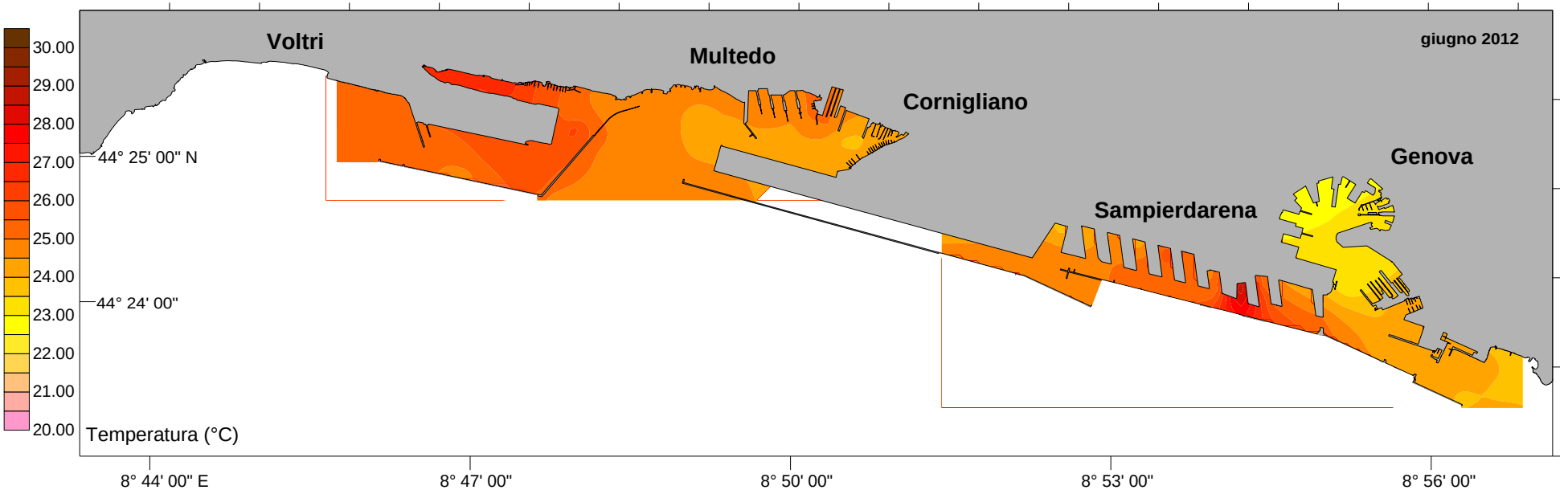

22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
gennaio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

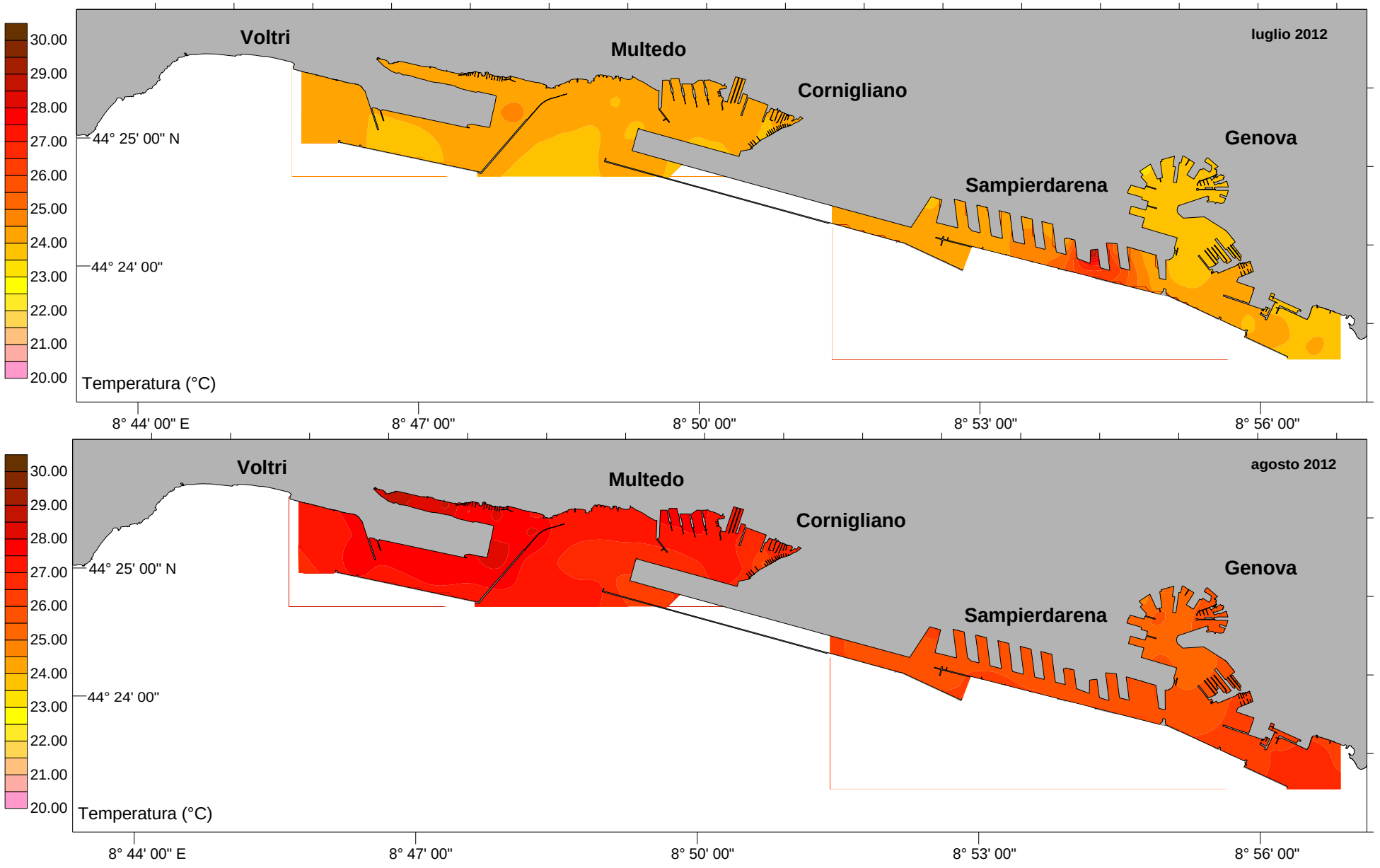

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
febbraio 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

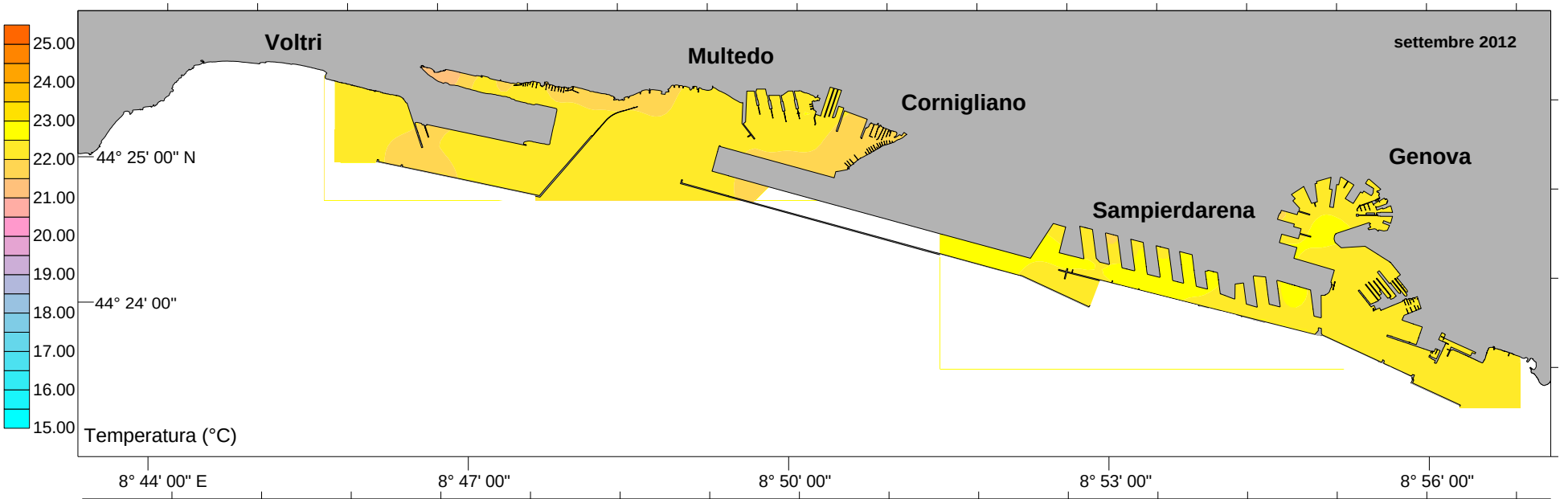

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
marzo 2012
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

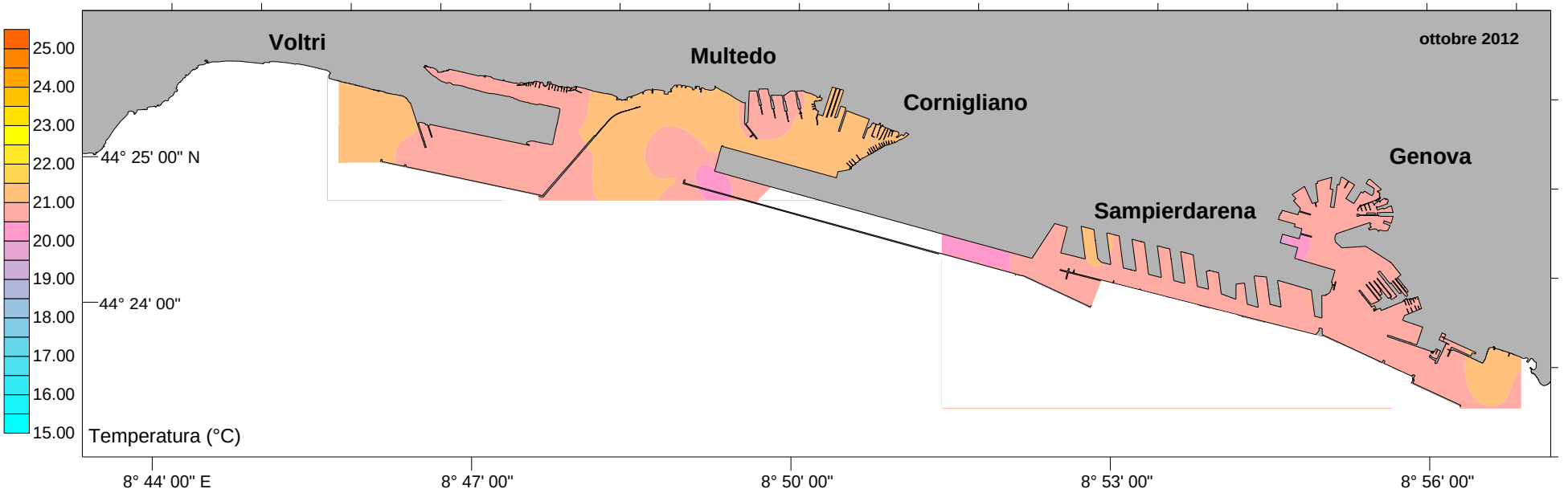

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
aprile 2012
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

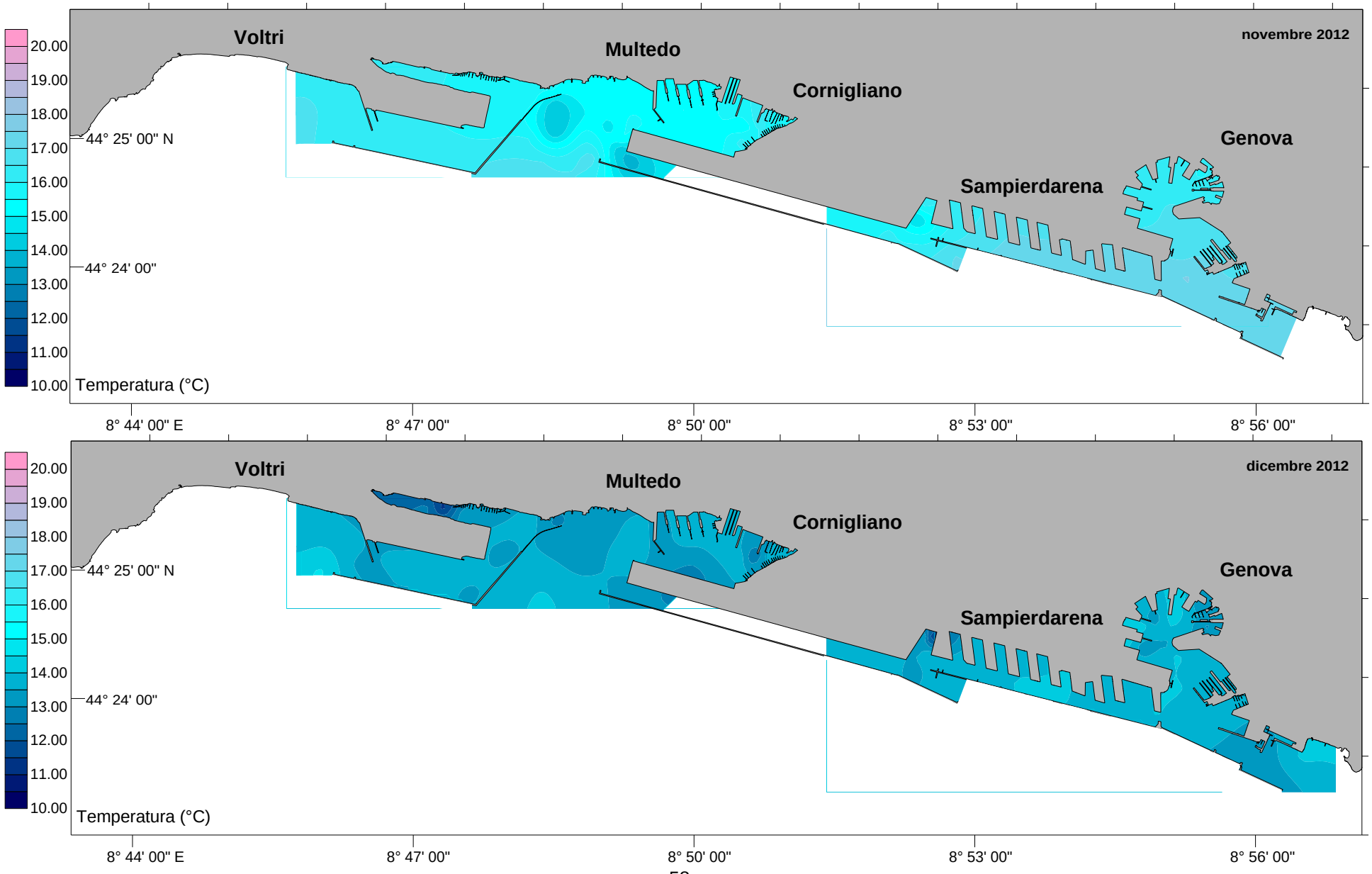

maggio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

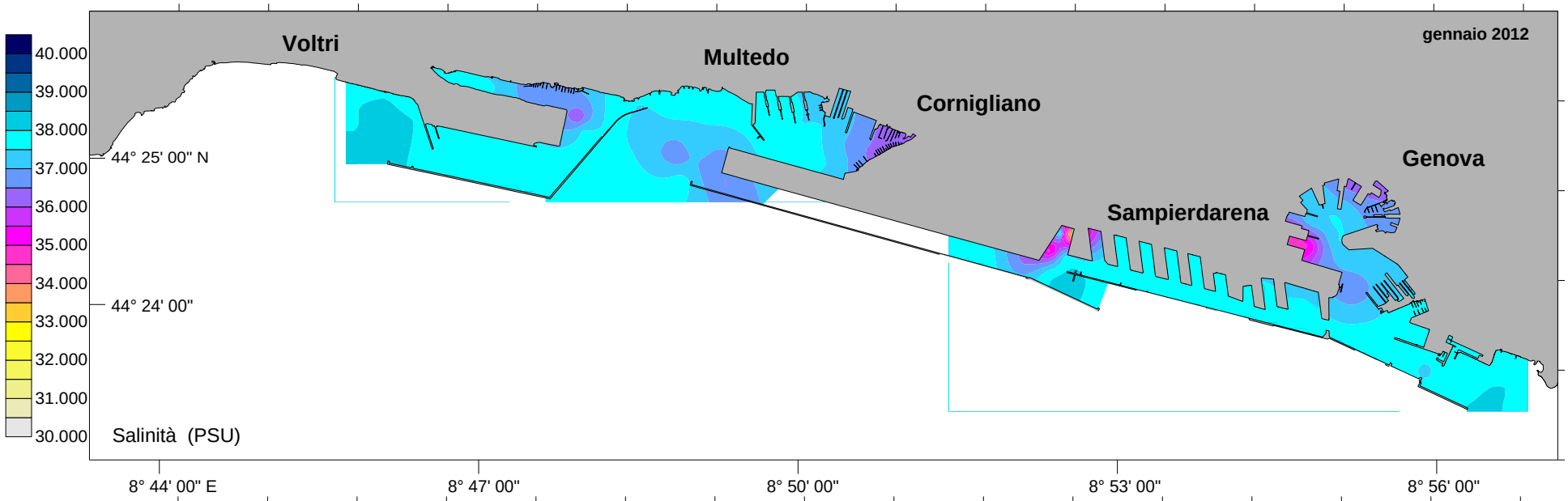

giugno 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

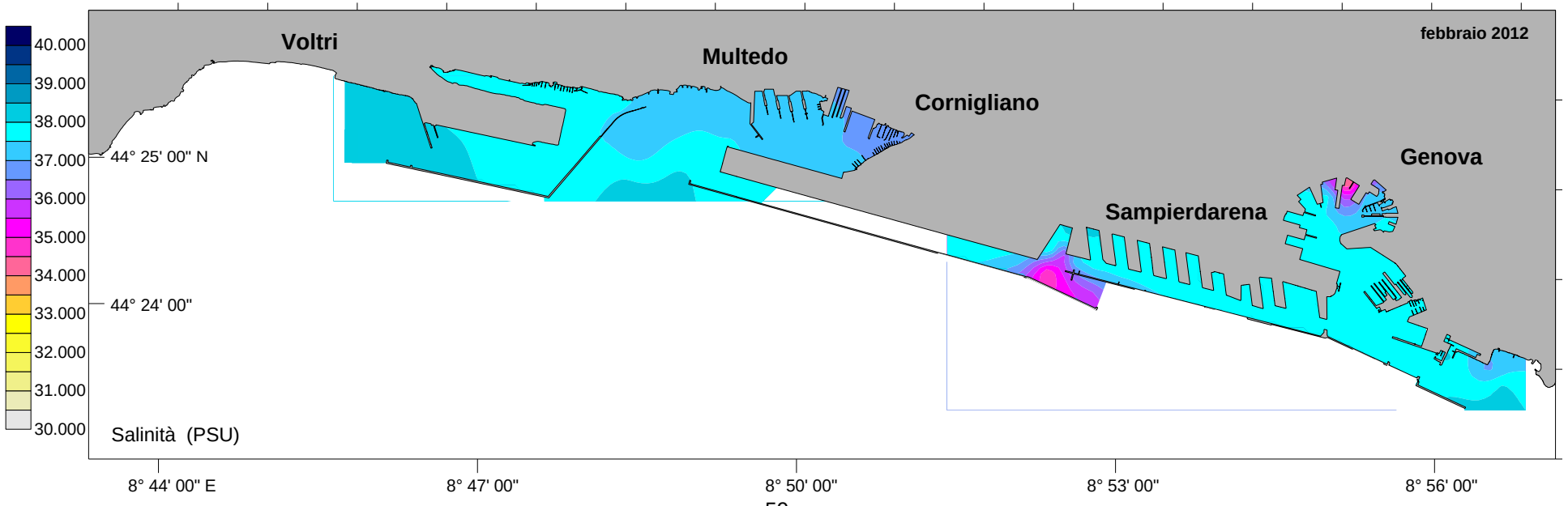

luglio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
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"

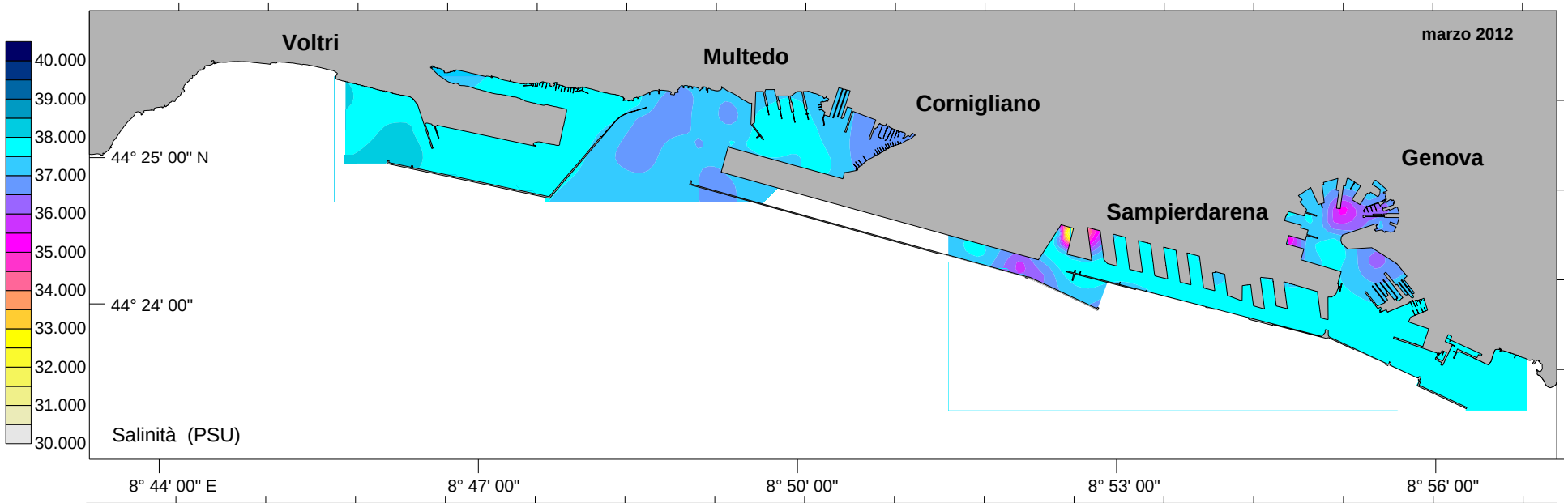

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2012
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

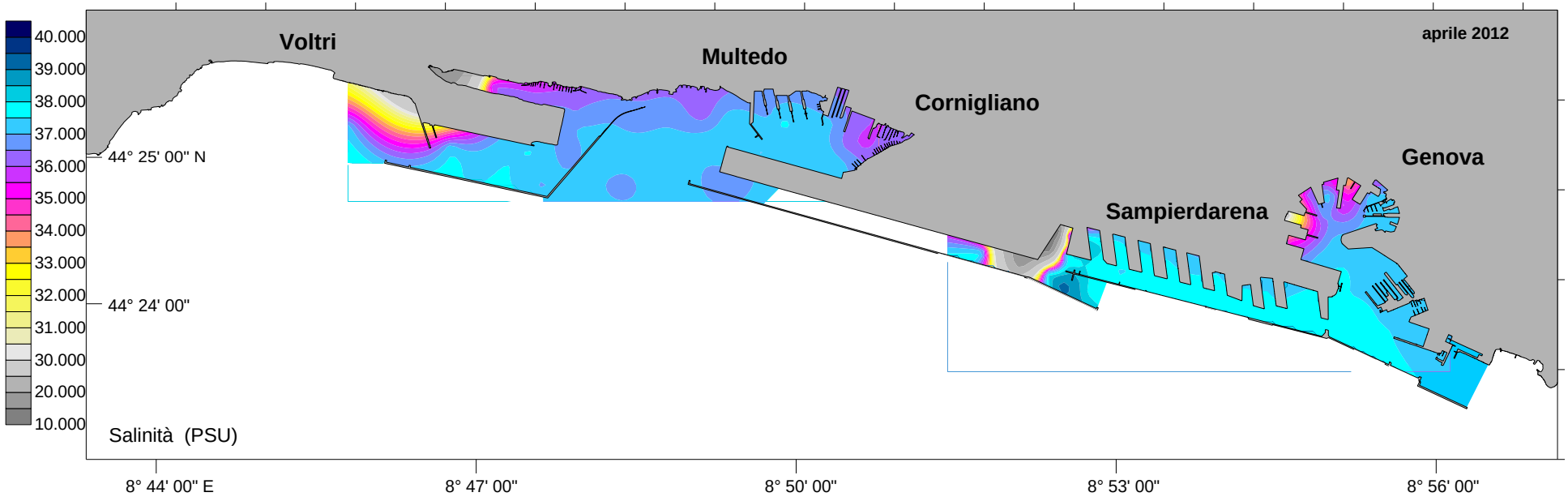

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2012
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

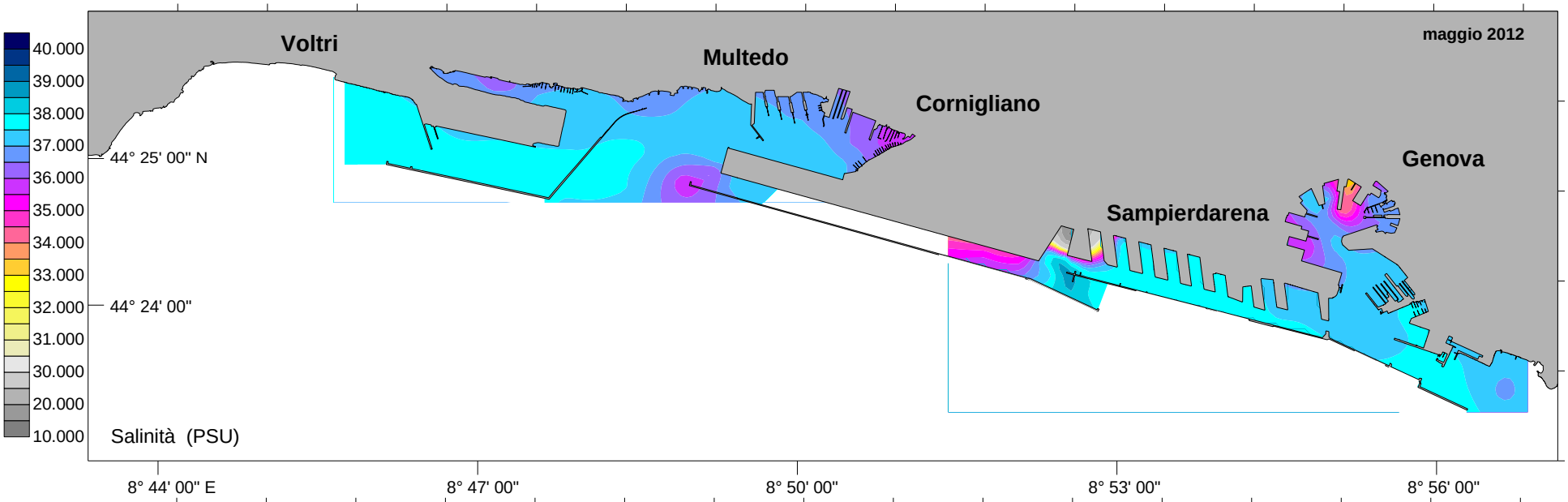

novembre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
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"

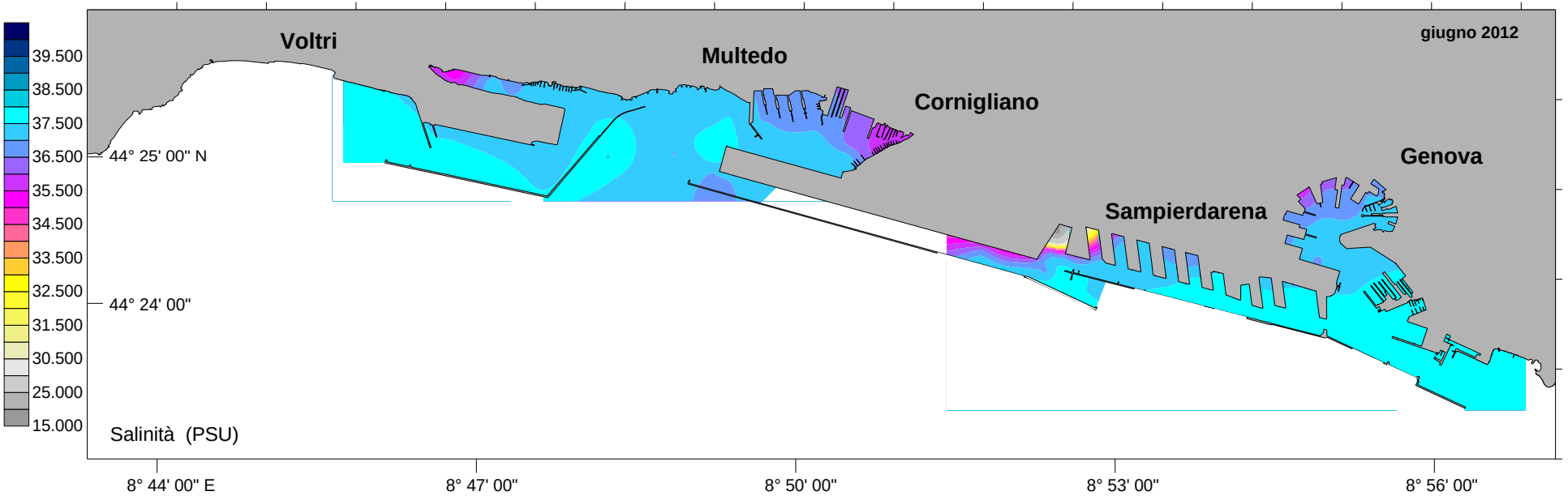

gennaio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

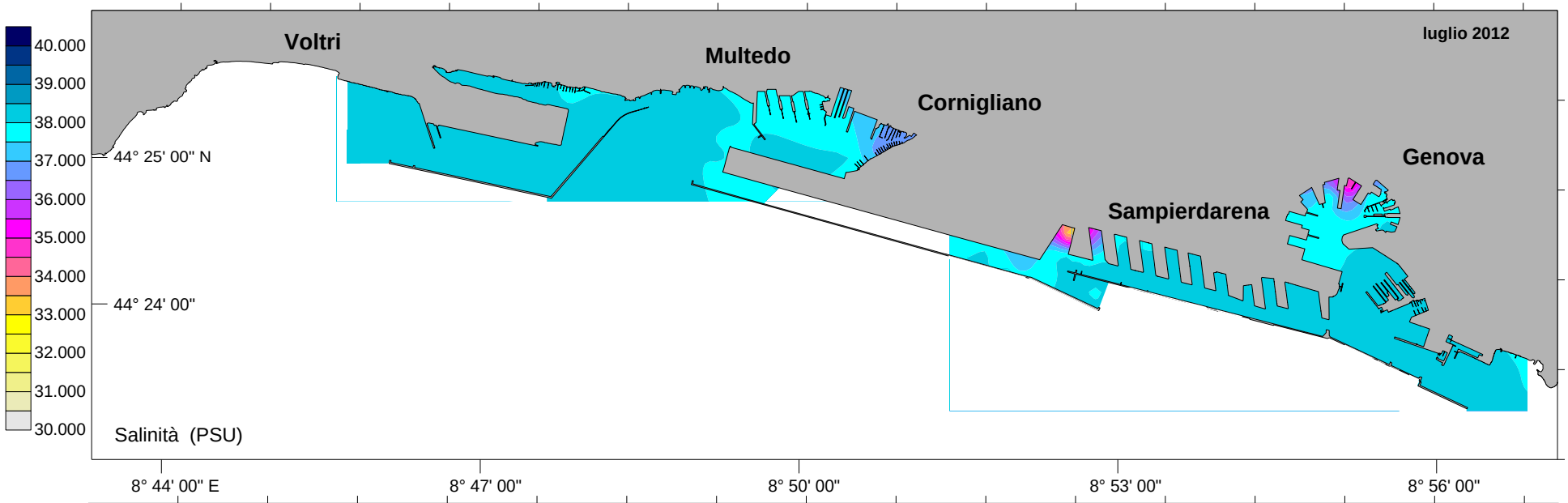

febbraio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

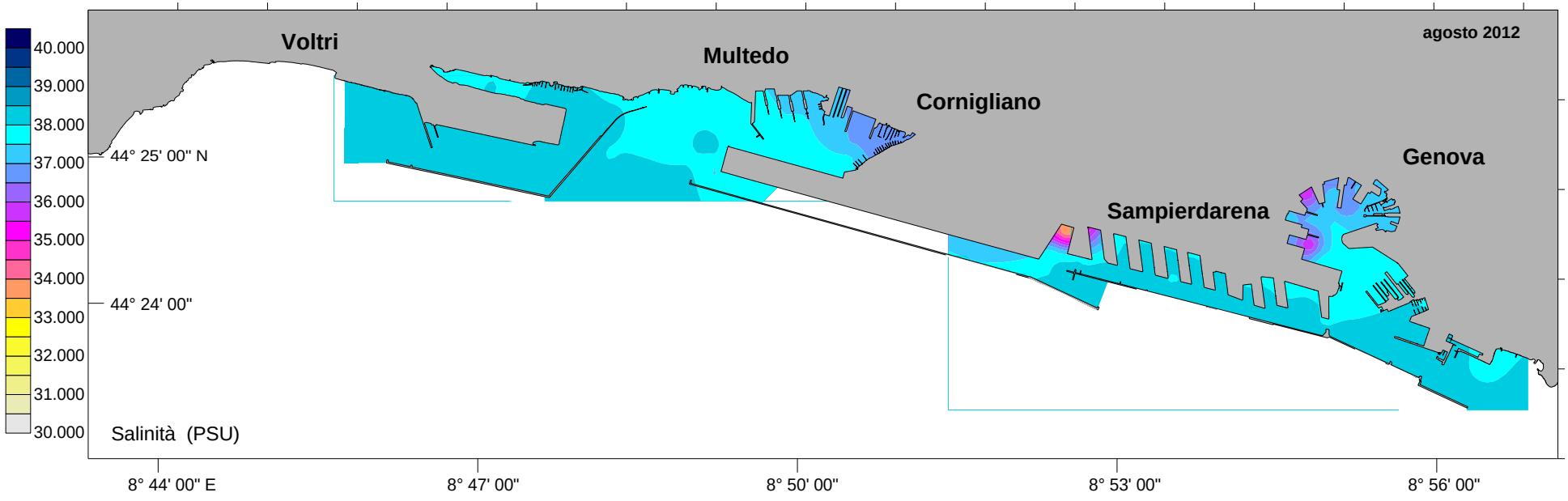

marzo 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

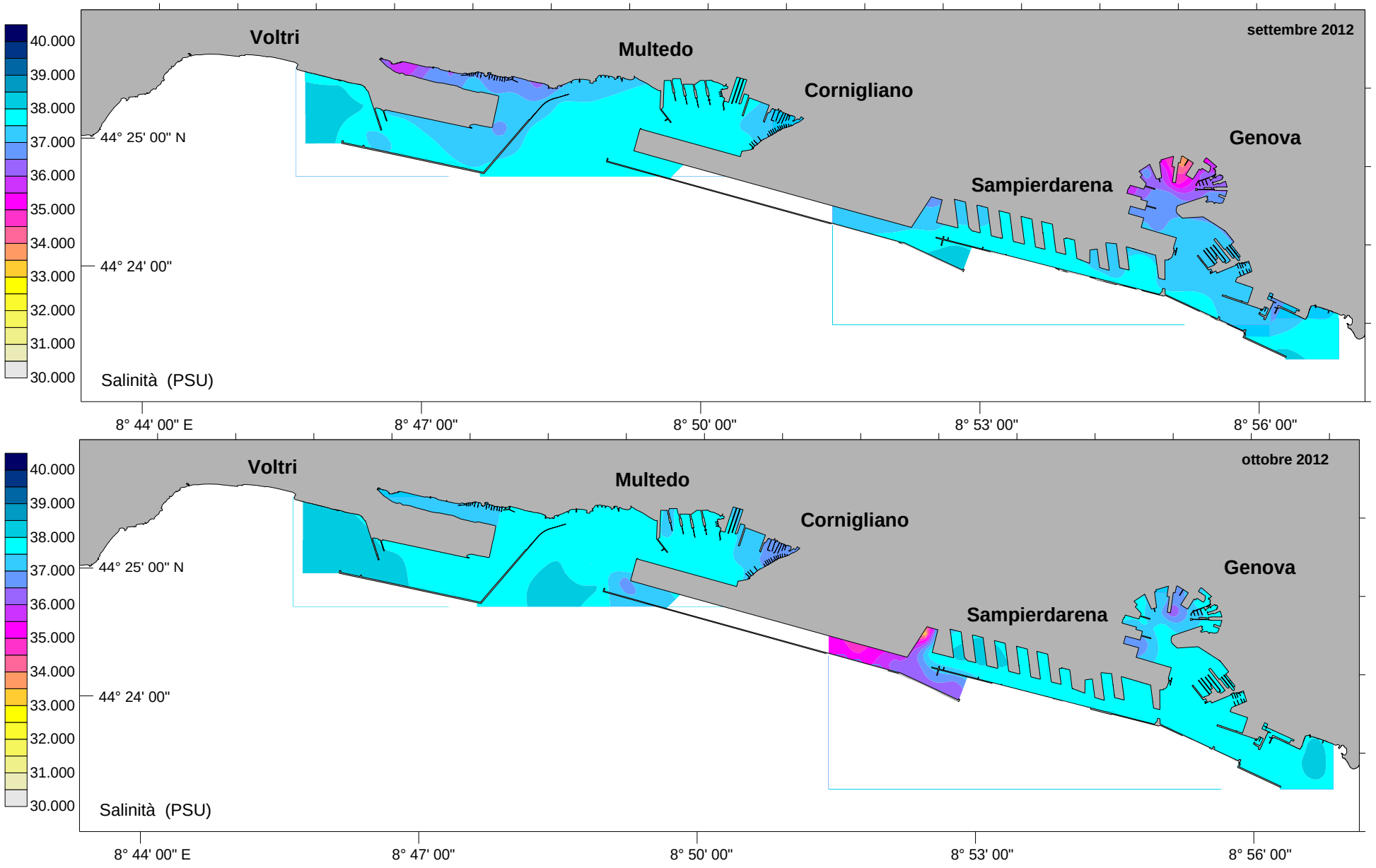

aprile 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

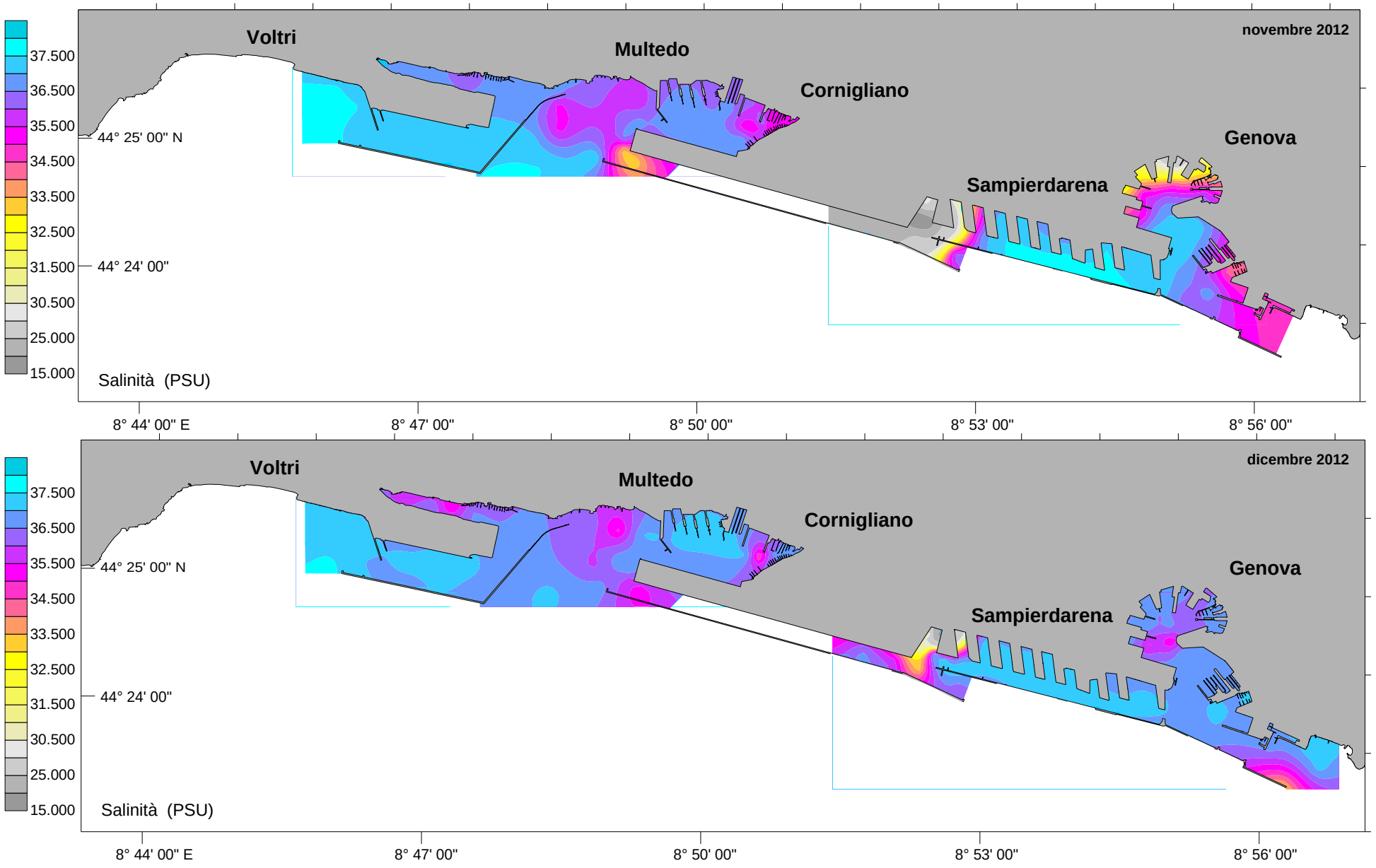

maggio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
20.000
10.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

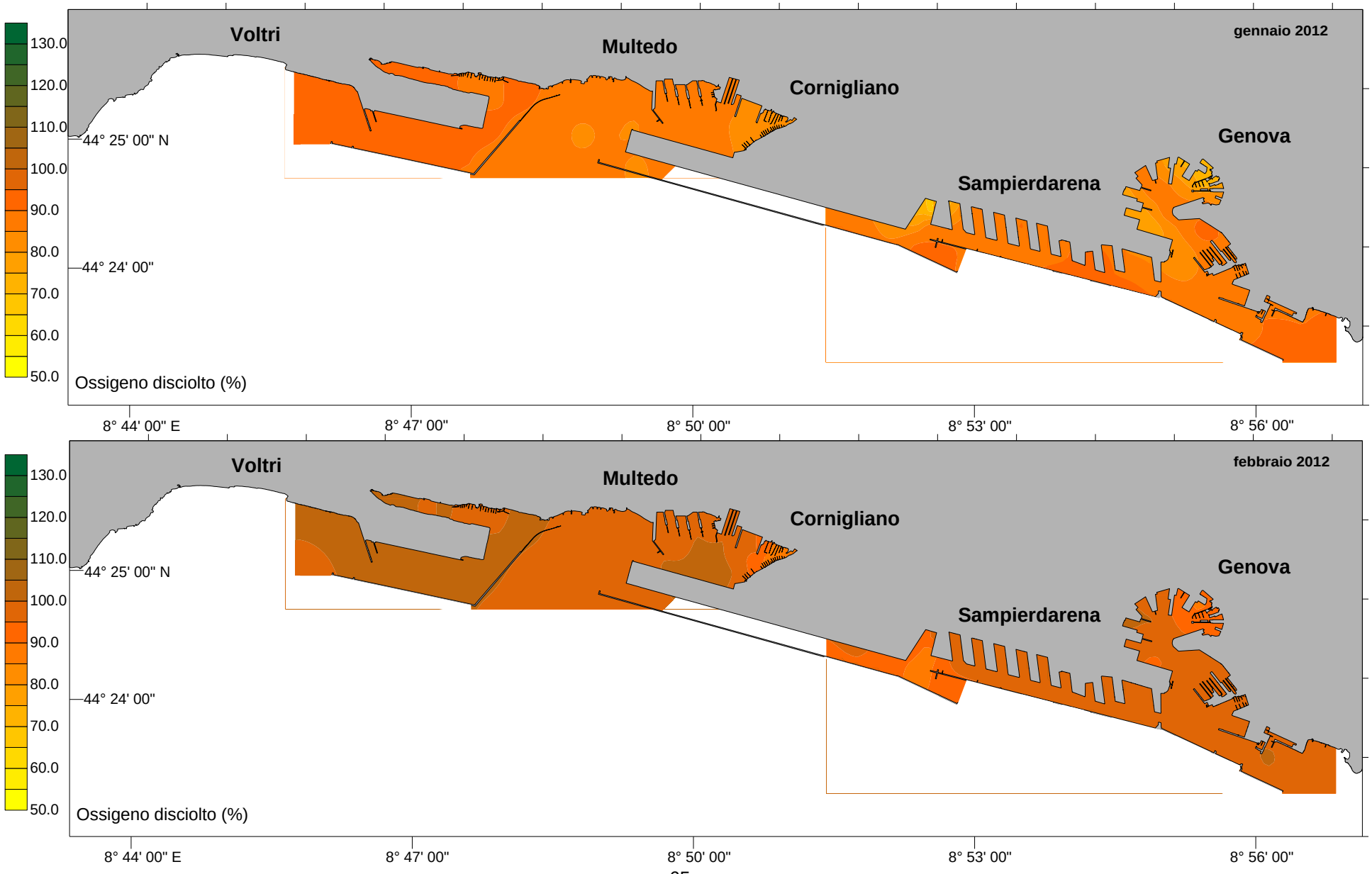

giugno 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
39.500
38.500
37.500
36.500
35.500
34.500
33.500
32.500
31.500
30.500
25.000
15.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

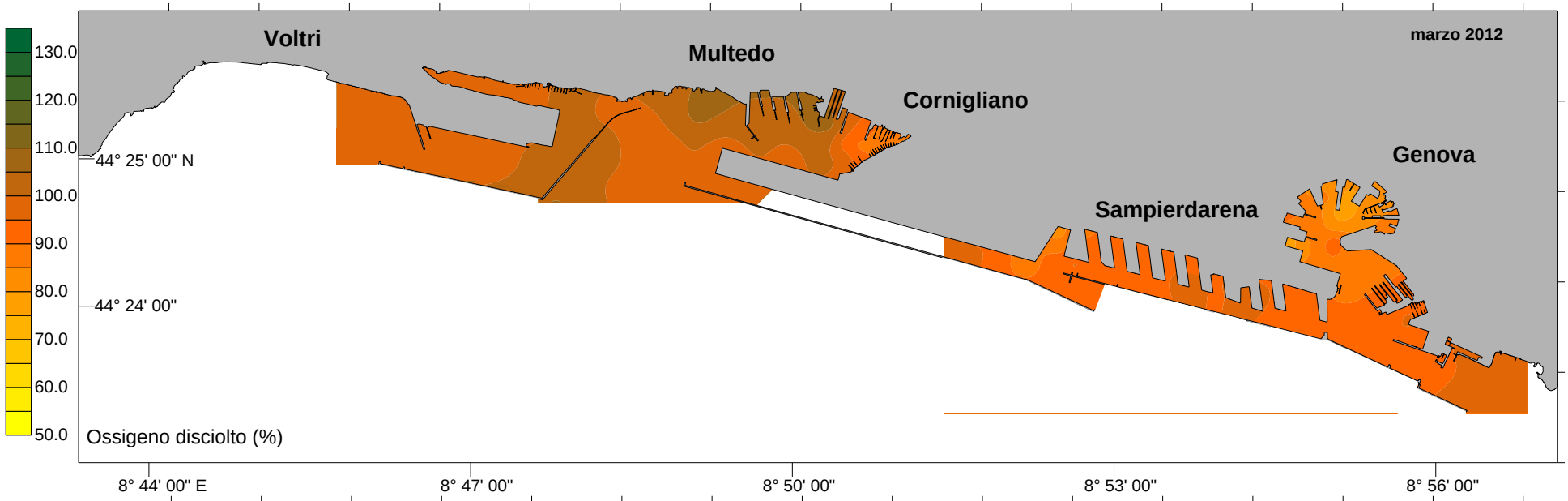

luglio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

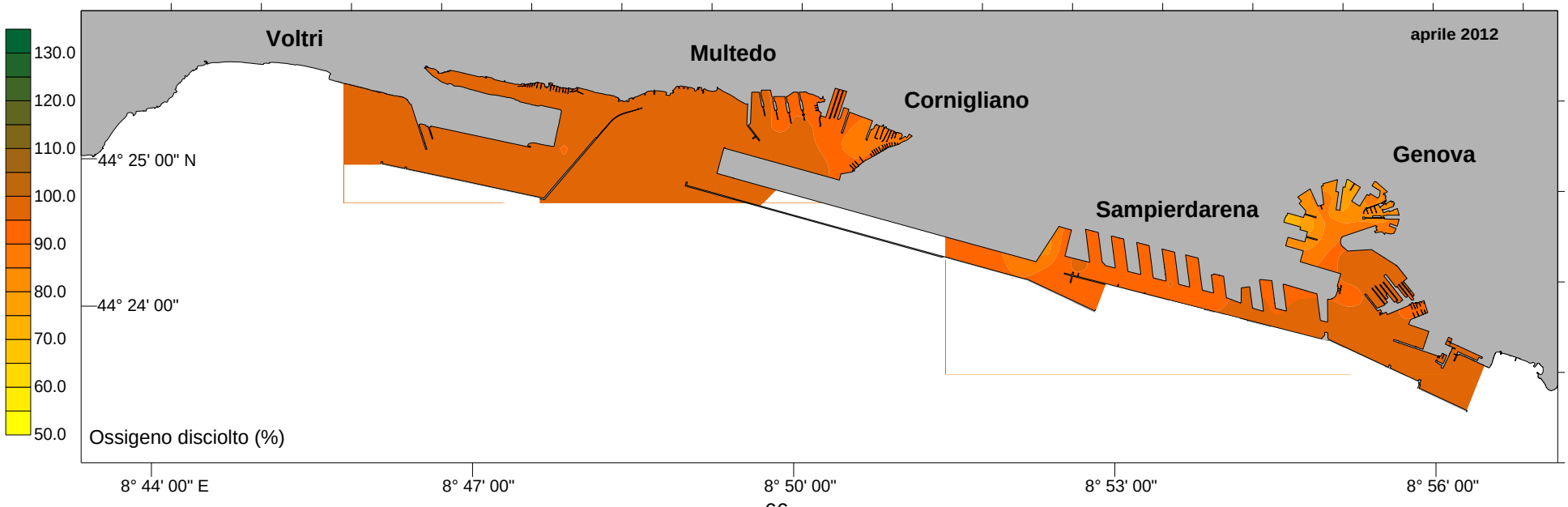

agosto 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

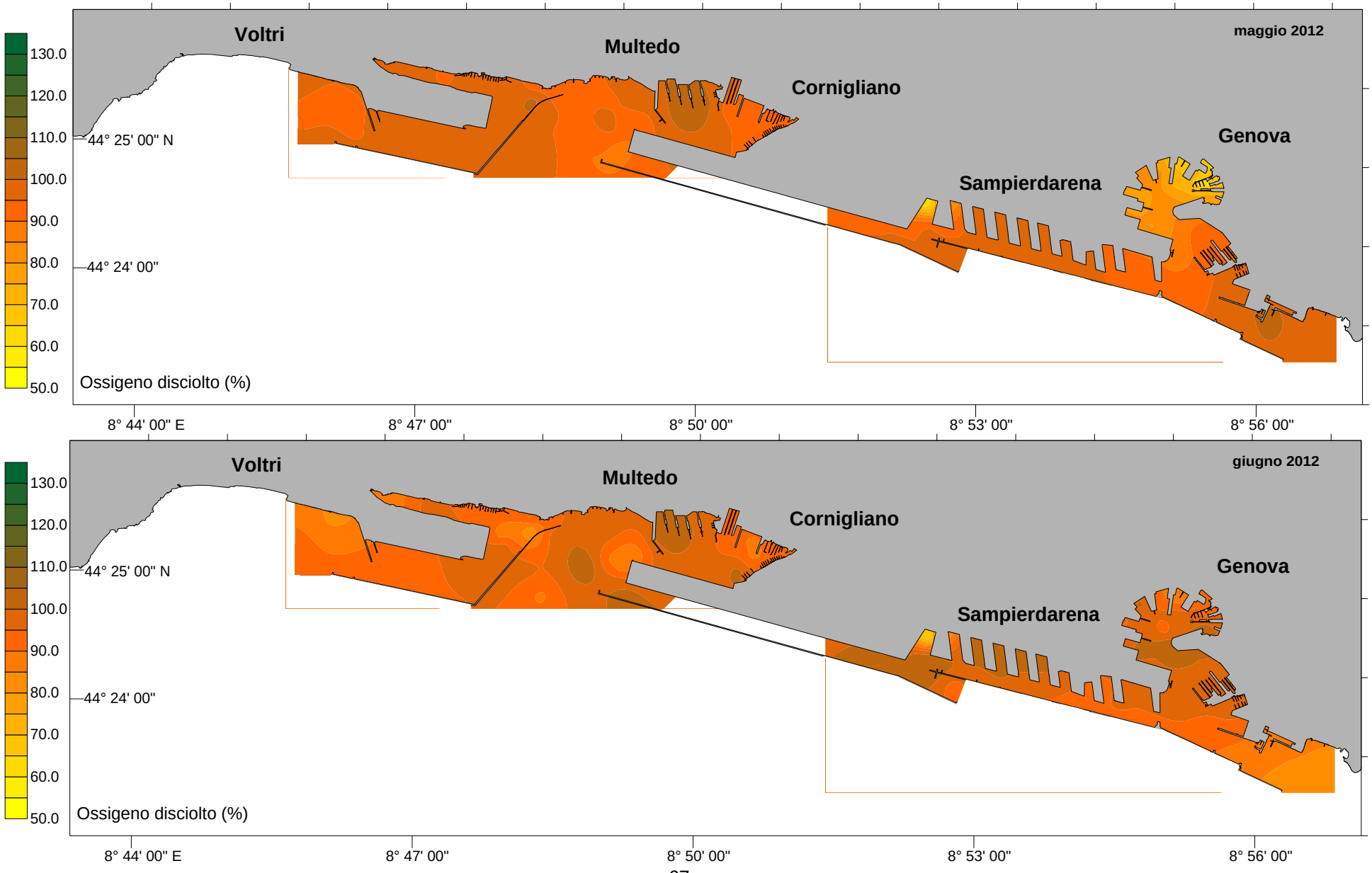

settembre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
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"

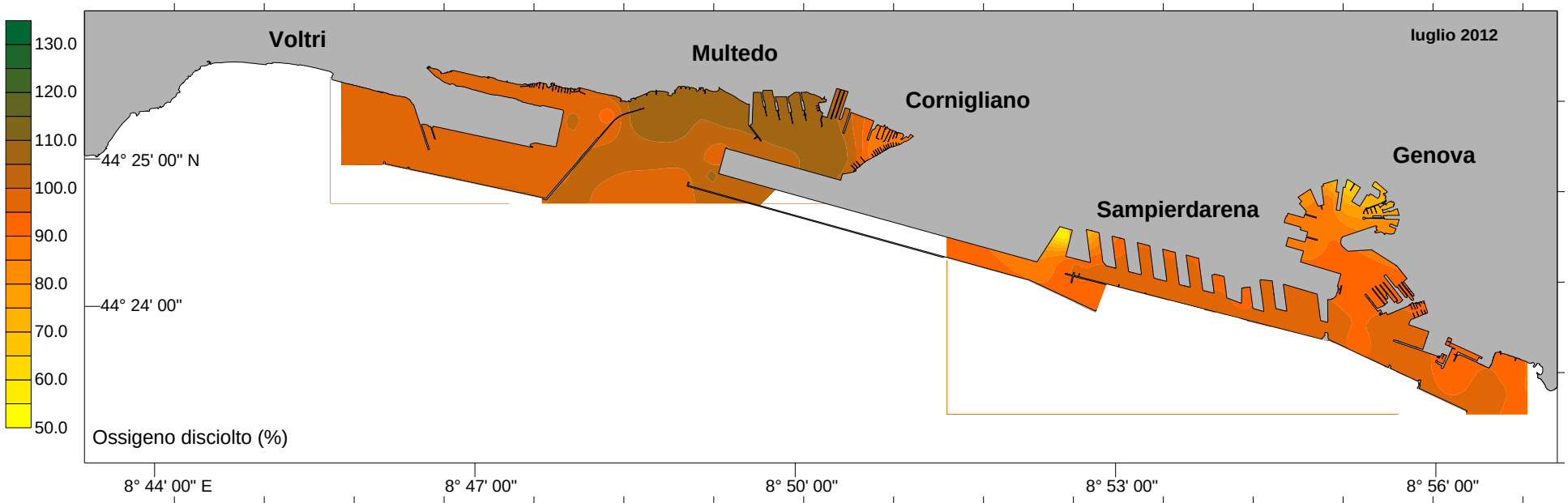

novembre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
37.500
36.500
35.500
34.500
33.500
32.500
31.500
30.500
25.000
15.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
37.500
36.500
35.500
34.500
33.500
32.500
31.500
30.500
25.000
15.000
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"

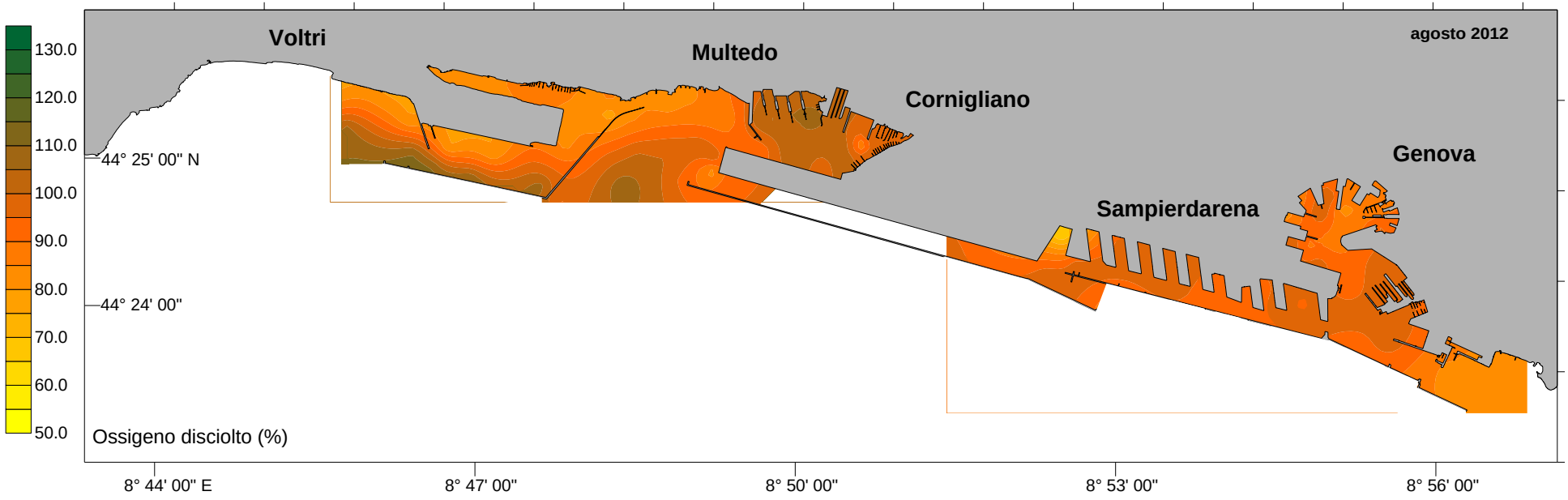

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
gennaio 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
febbraio 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
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"

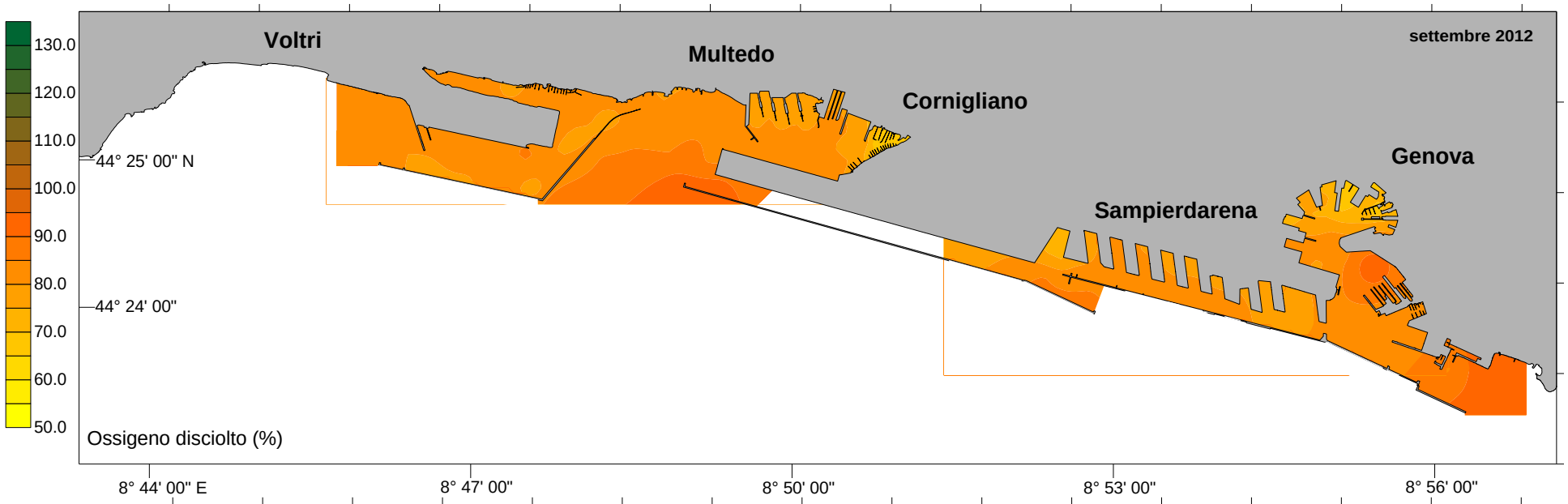

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
marzo 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

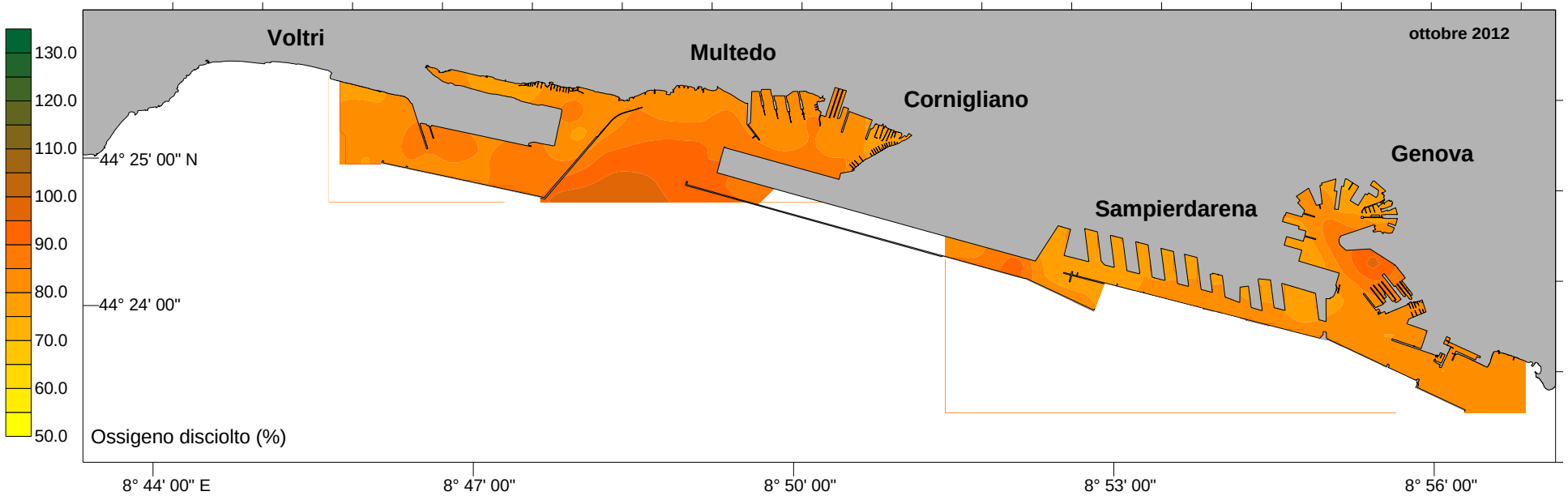

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
aprile 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

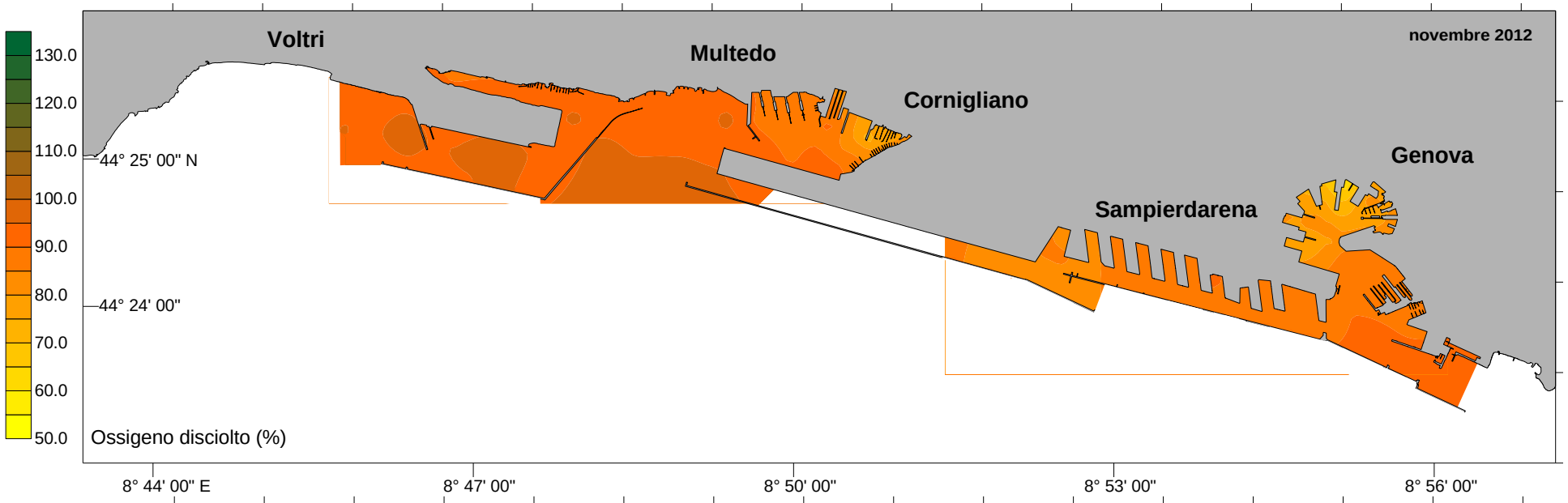

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
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"

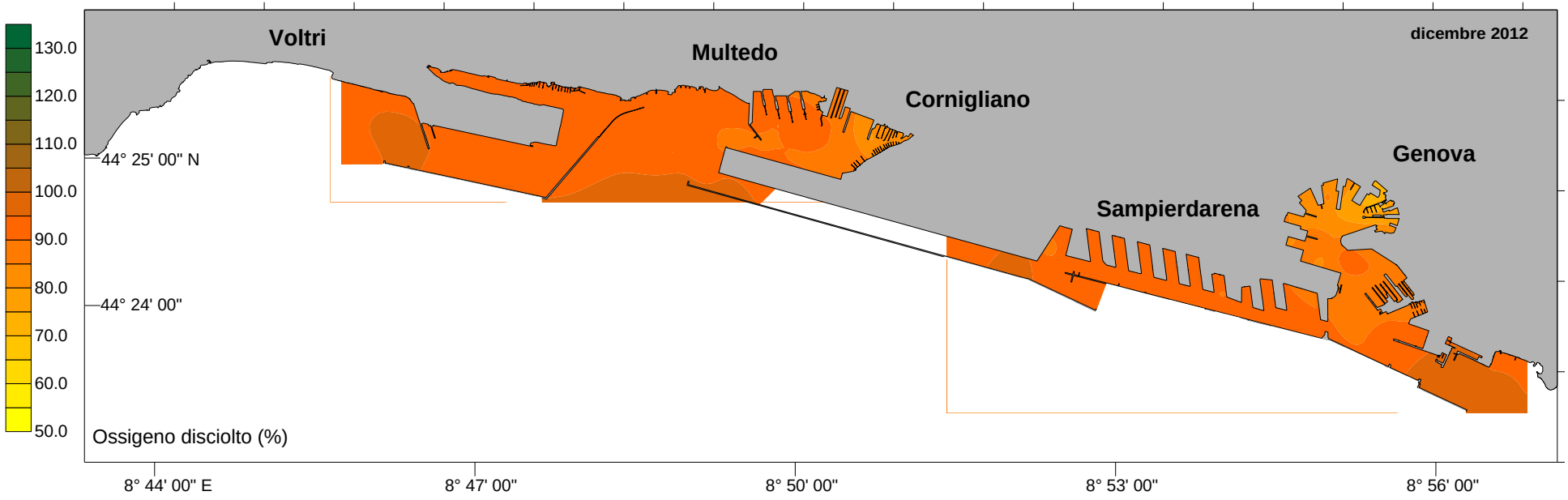

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

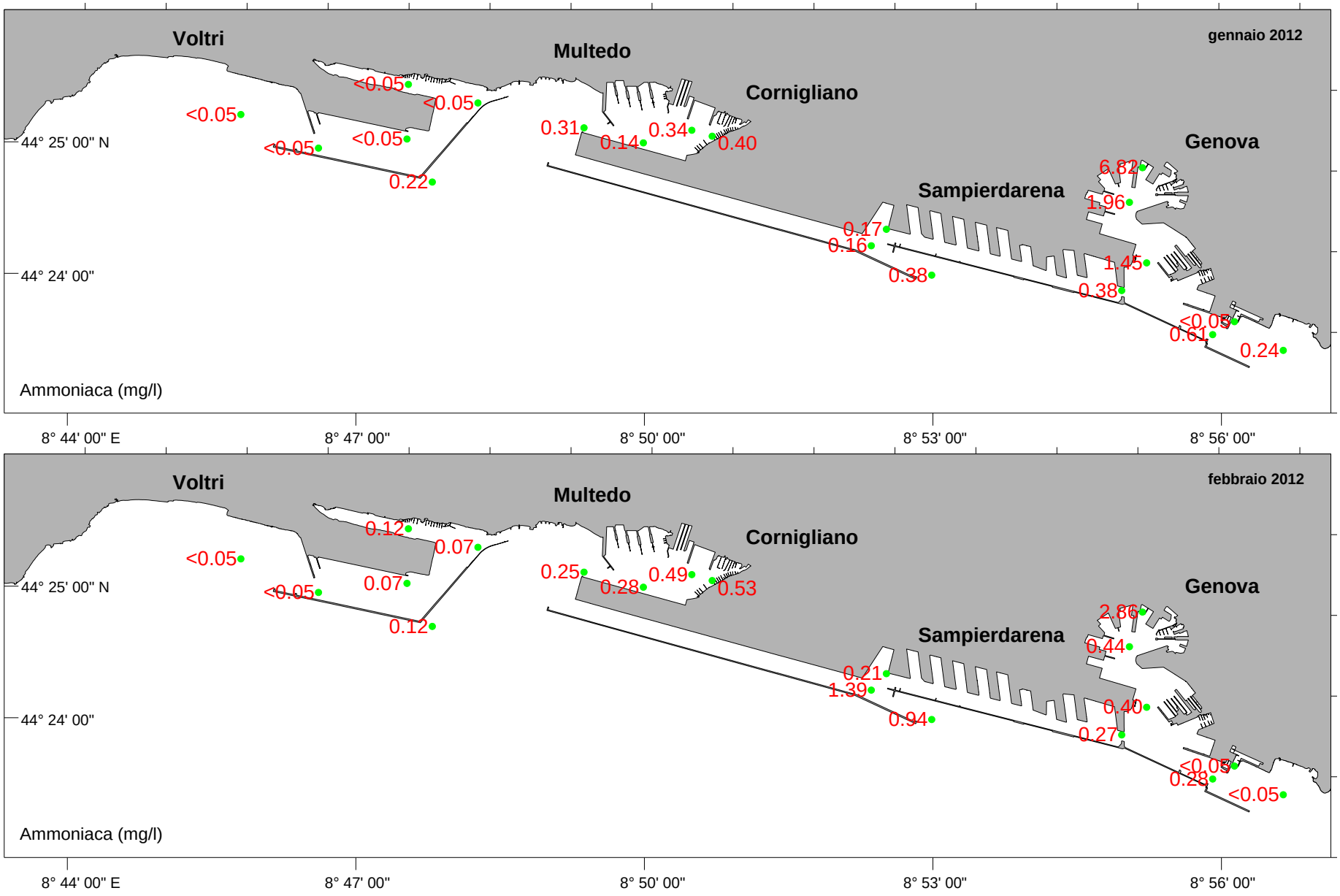

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

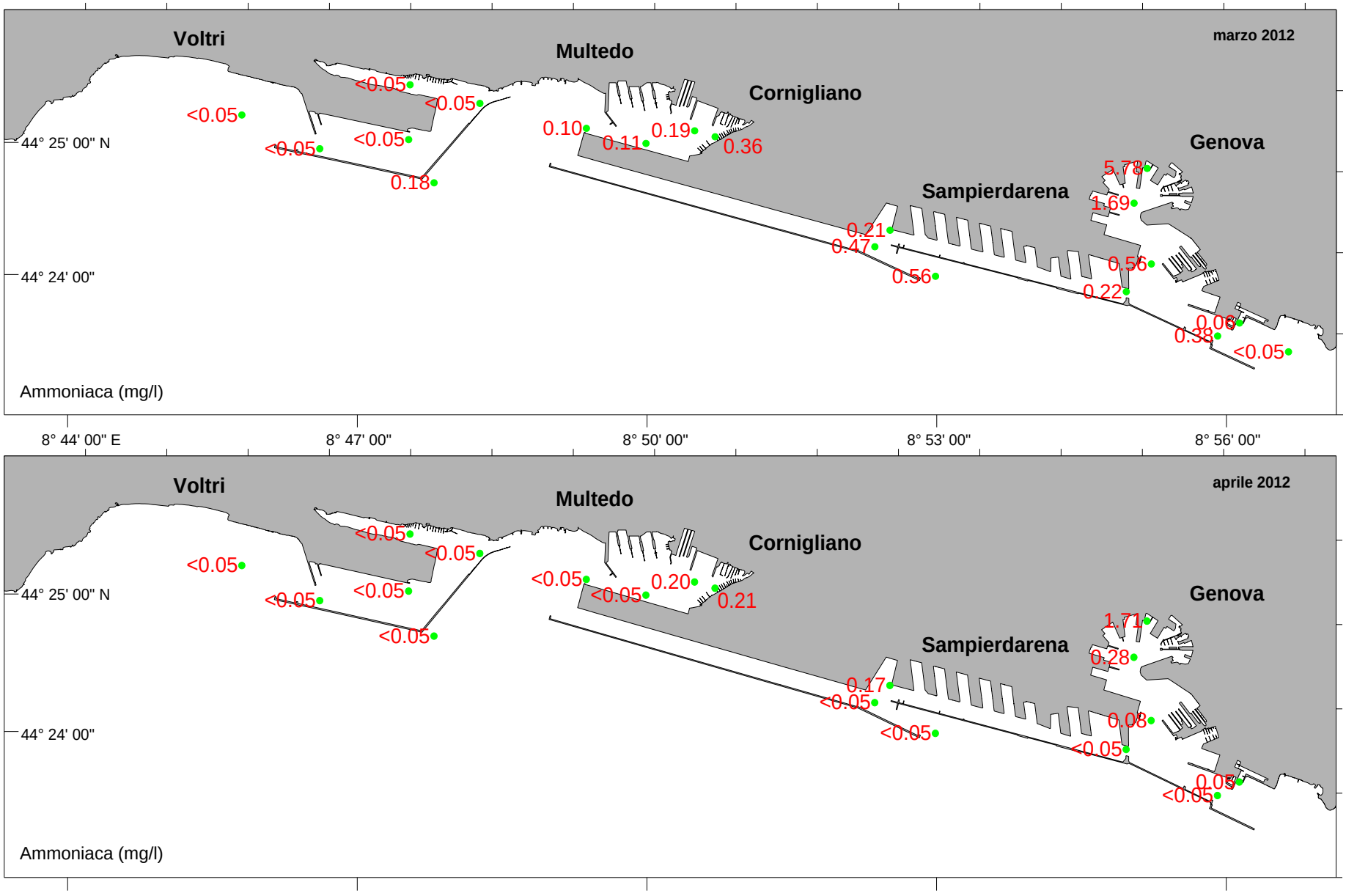

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

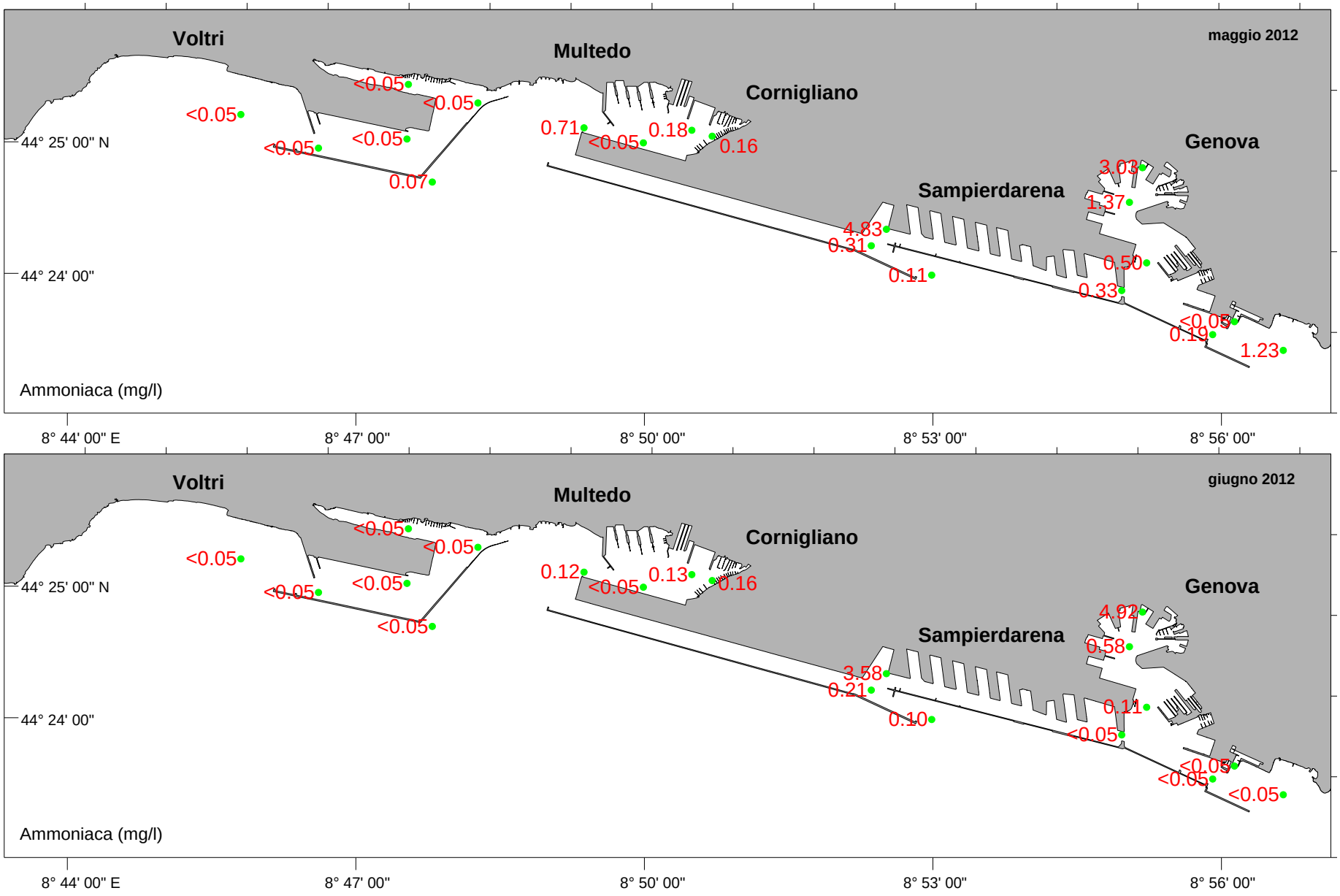

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
ottobre 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

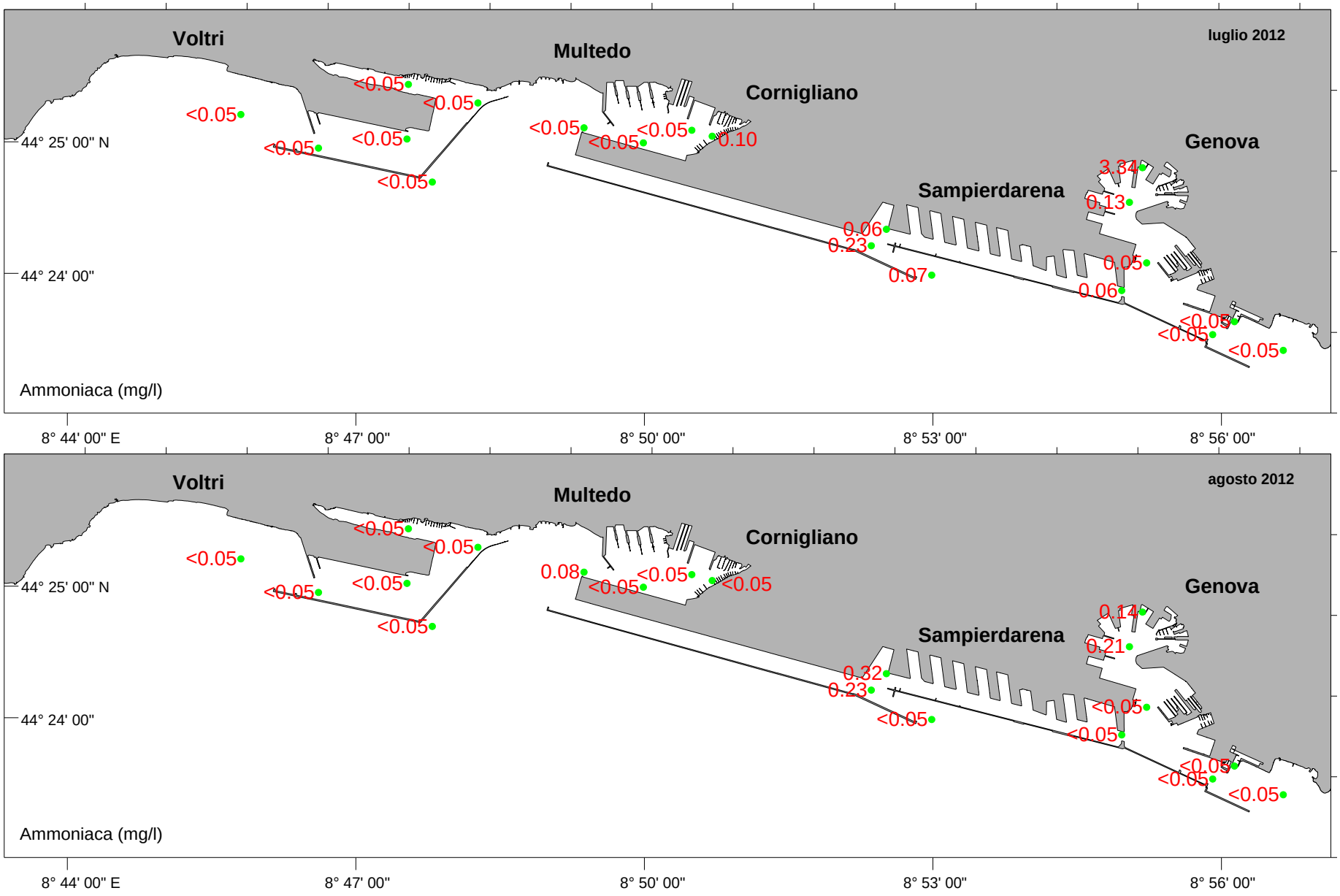

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
novembre 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

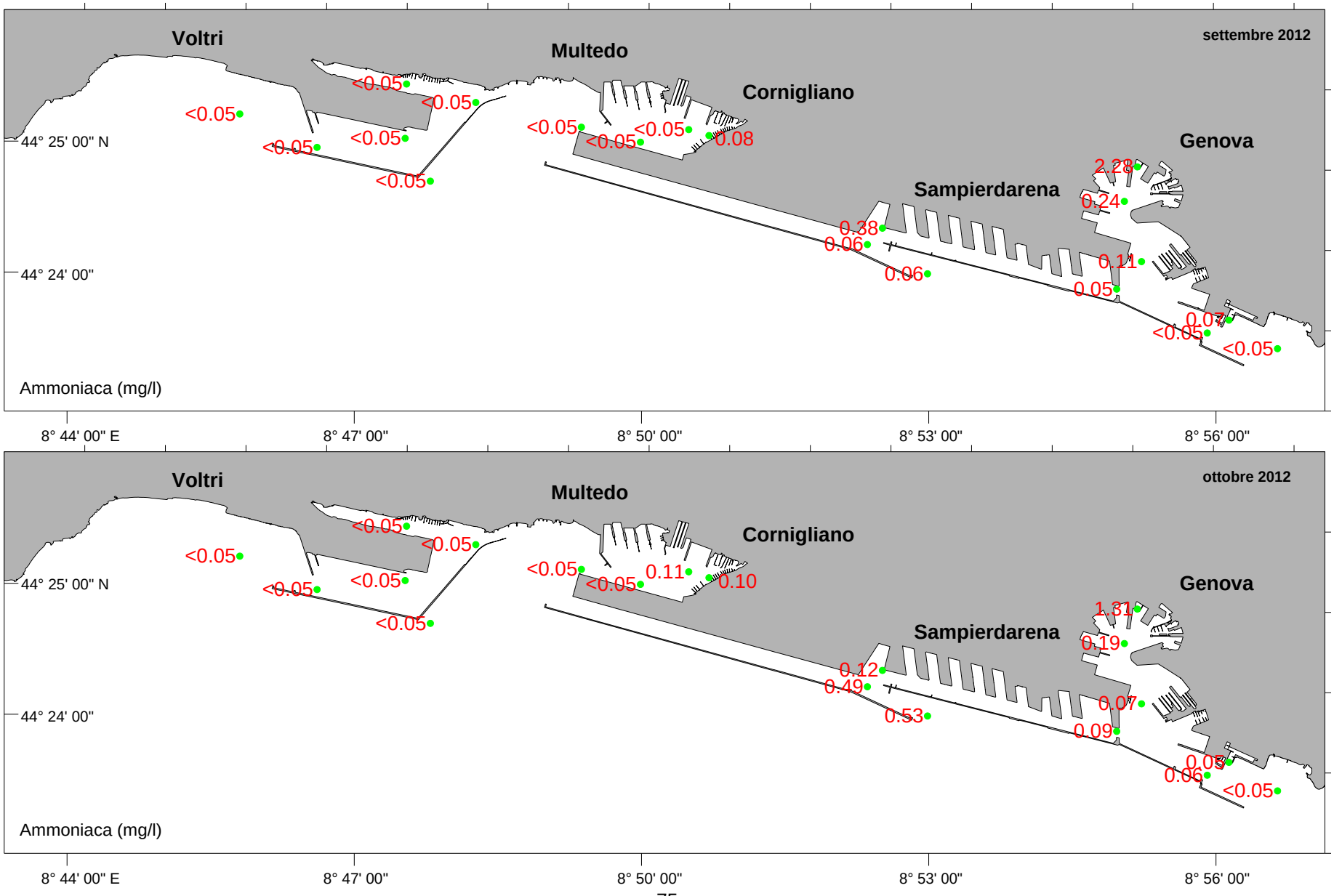

Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
dicembre 2012
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

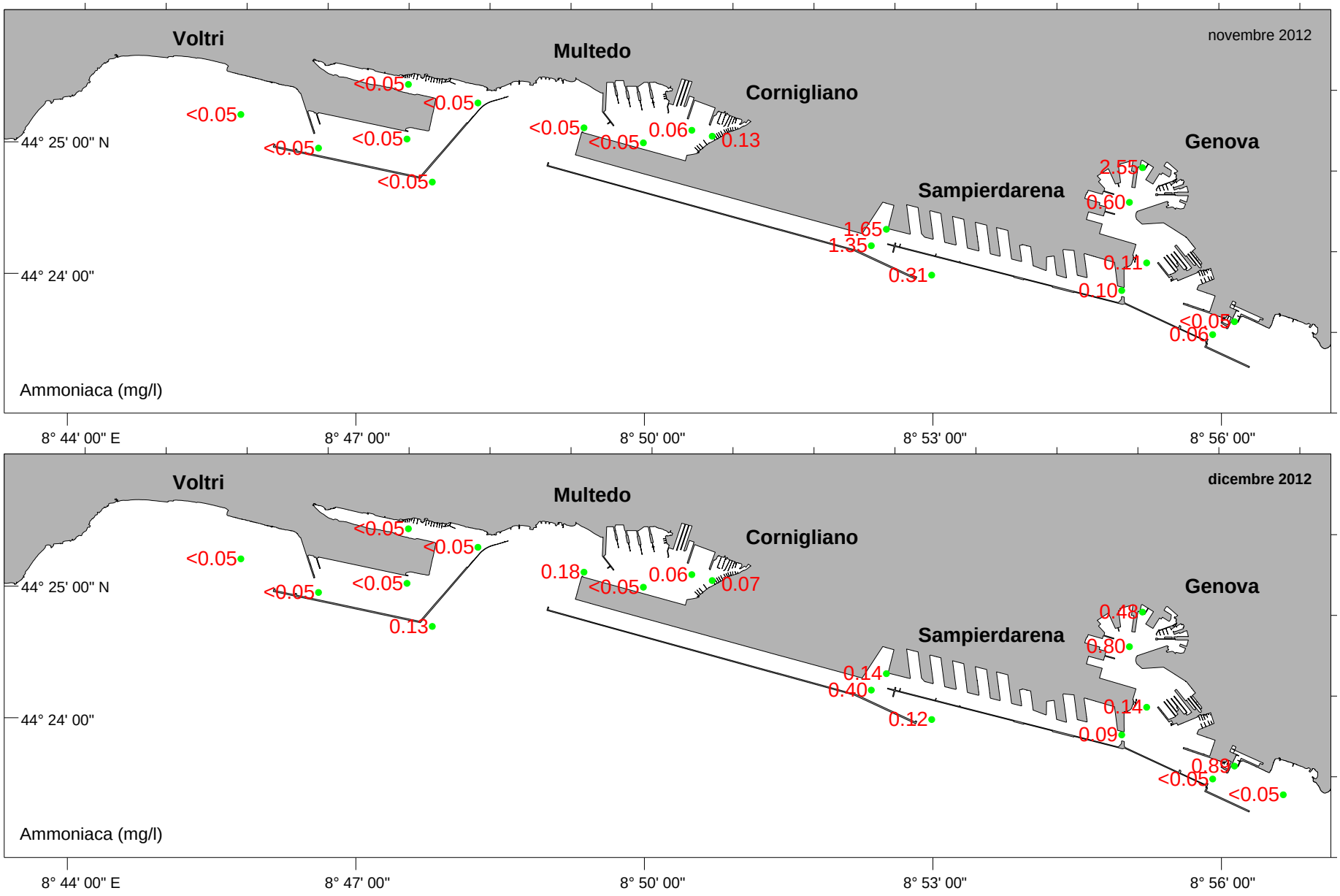

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.22
0.31
0.14
0.34
0.40
0.17
0.16
0.38
6.82
1.96
1.45
0.38
<0.05
0.61
0.24
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2012
<0.05
0.12
0.07
<0.05
0.07
0.12
0.25
0.28
0.49
0.53
0.21
1.39
0.94
2.86
0.44
0.40
0.27
<0.05
0.28
<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"

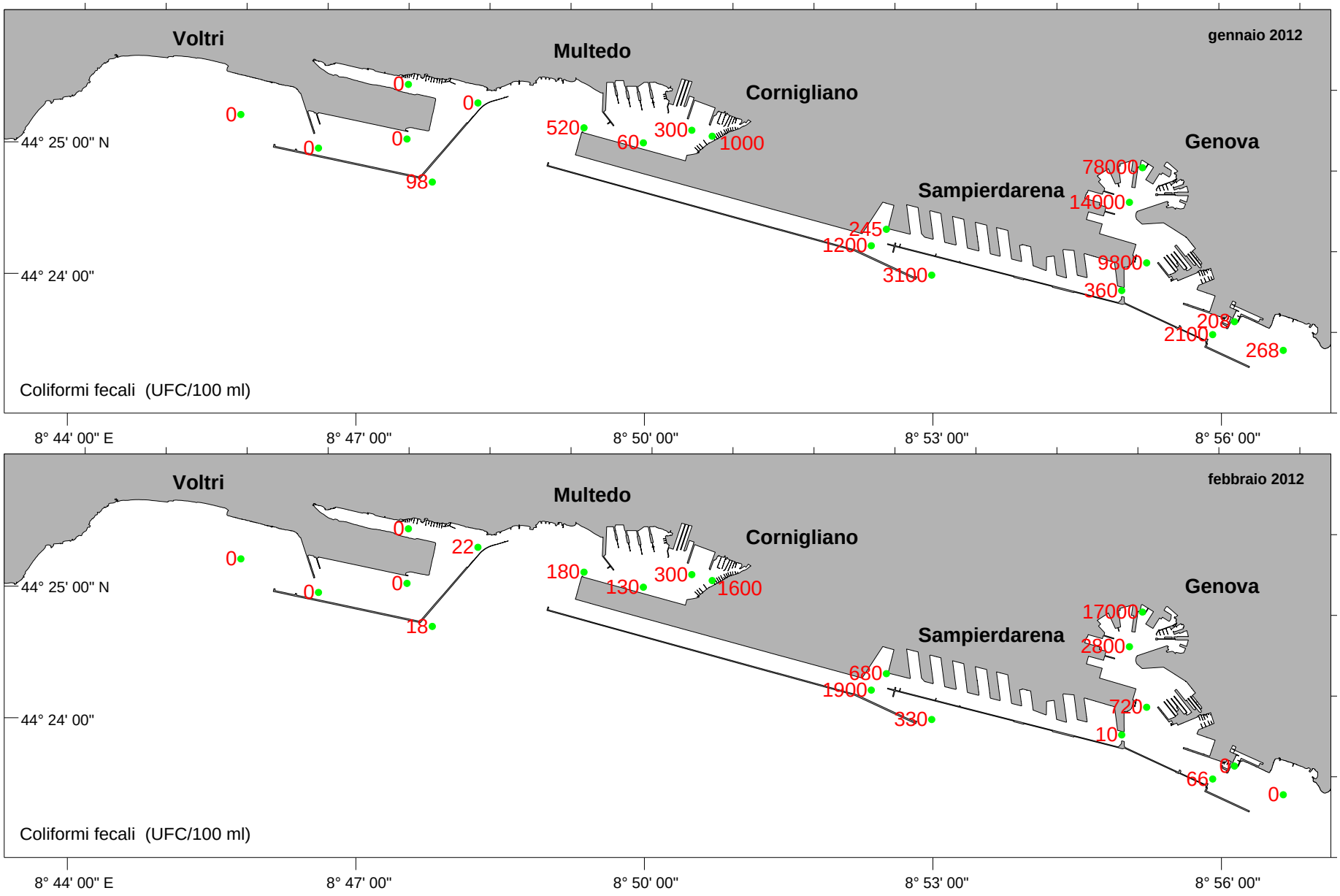

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.18
0.10
0.11
0.19
0.36
5.78
1.69
0.21
0.47
0.56
0.56
0.22
0.06
0.38
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.20
0.21
1.71
0.28
0.17
<0.05
<0.05
0.08
<0.05
0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)

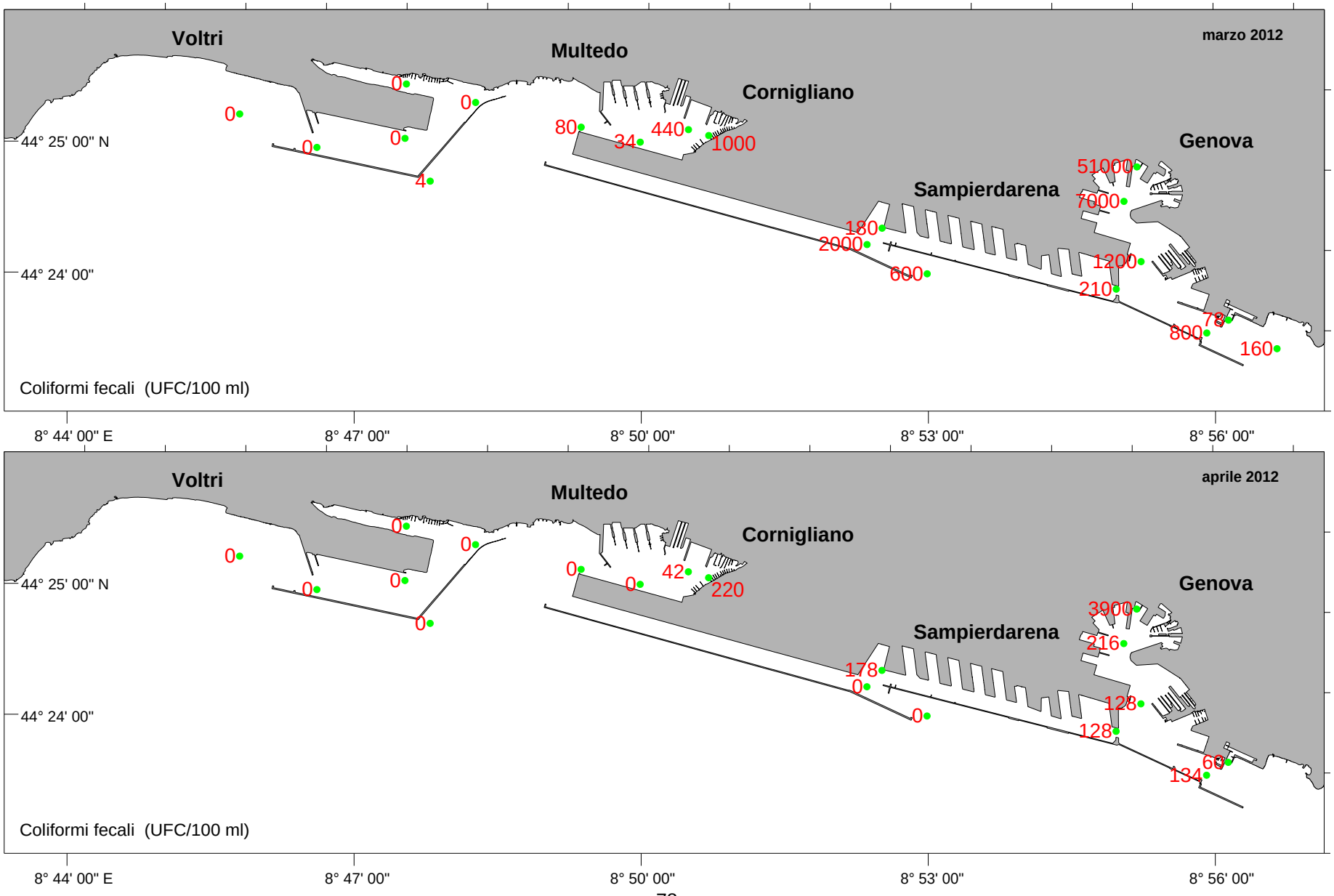

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.07
0.71
<0.05
0.18
0.16
4.83
0.31
0.11
3.03
1.37
0.50
0.33
<0.05
0.19
1.23
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.12
<0.05
0.13
0.16
3.58
0.21
0.10
4.92
0.58
0.11
<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"

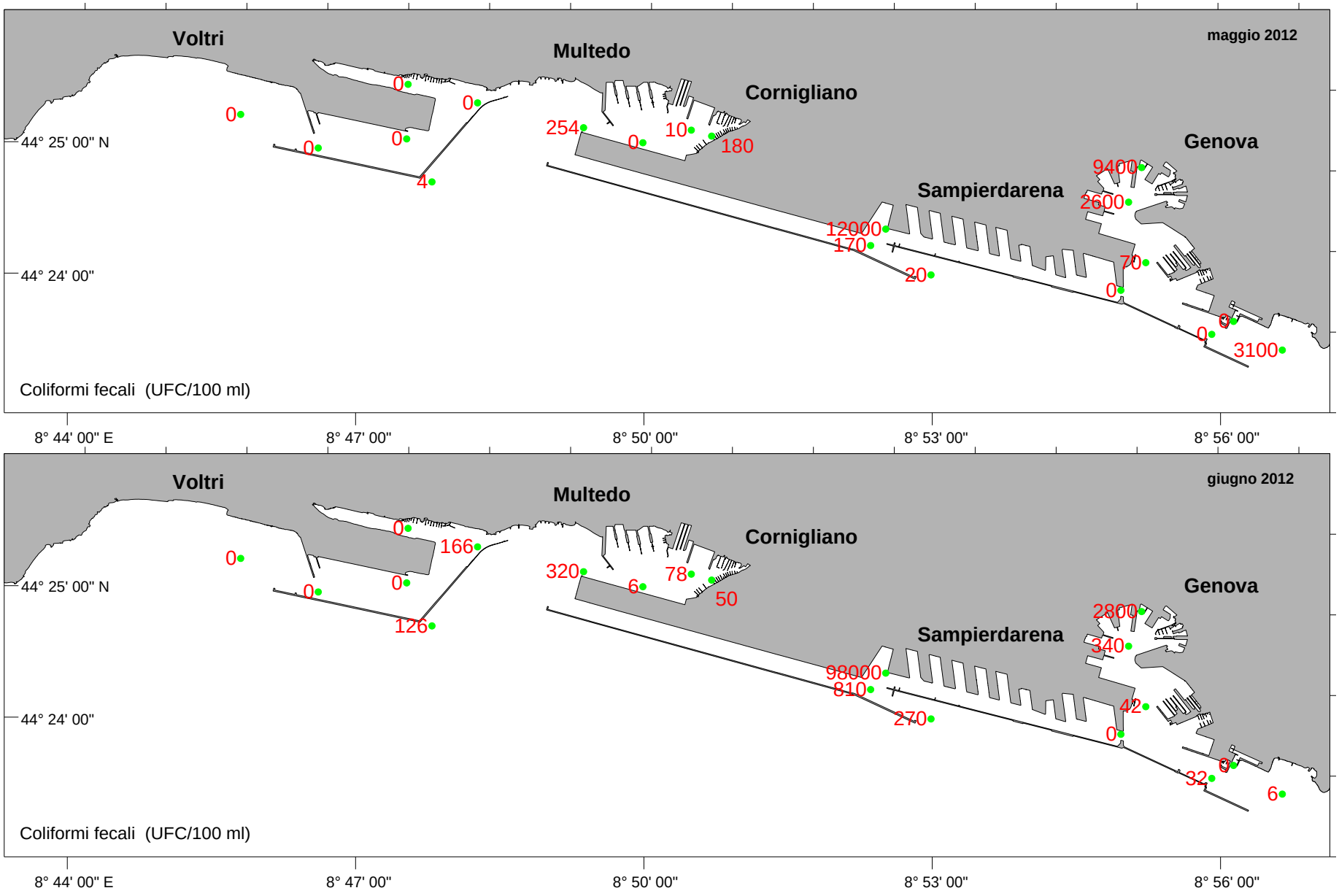

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.10
3.34
0.13
0.06
0.23
0.07
0.05
0.06
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.08
<0.05
<0.05
0.14
0.21
0.32
0.23
<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"

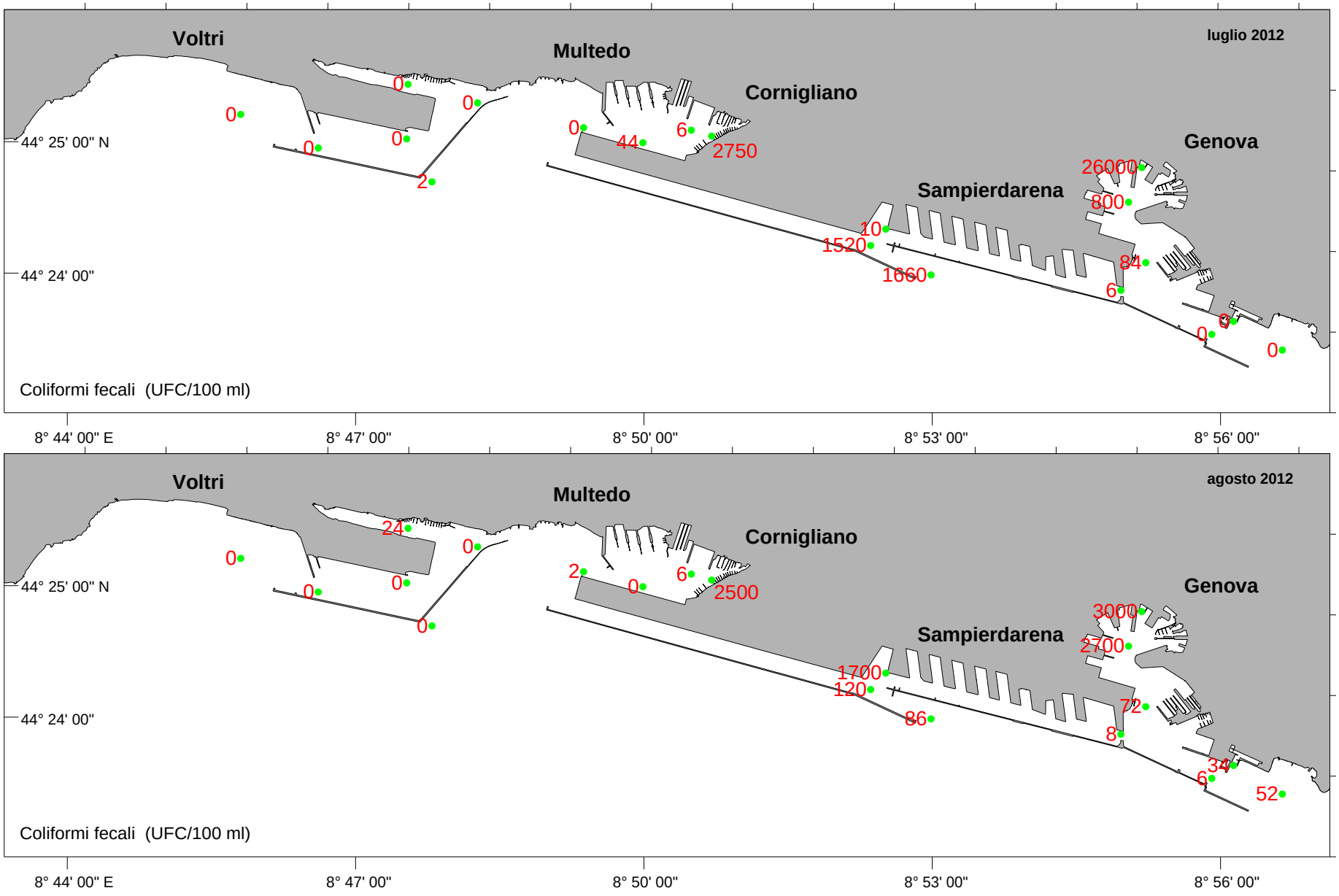

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.08
2.28
0.24
0.38
0.06
0.06
0.11
0.05
0.07
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.11
0.10
1.31
0.19
0.12
0.49
0.53
0.07
0.09
0.08
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"

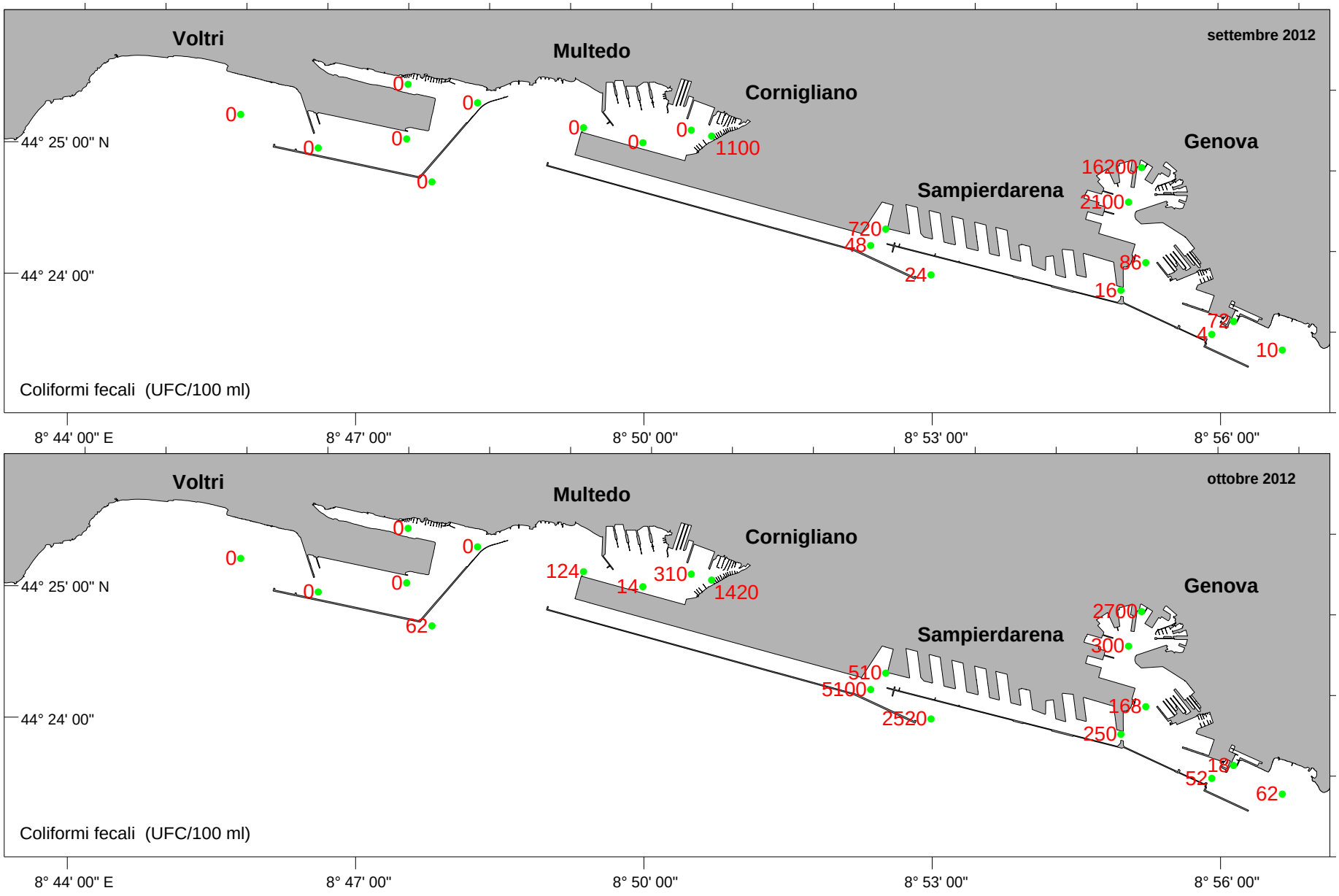

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
0.13
2.55
0.60
1.65
1.35
0.31
0.11
0.10
<0.05
0.06
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2012
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.18
<0.05
0.06
0.07
0.13
0.48
0.80
0.14
0.40
0.12
0.14
0.09
0.89
<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"

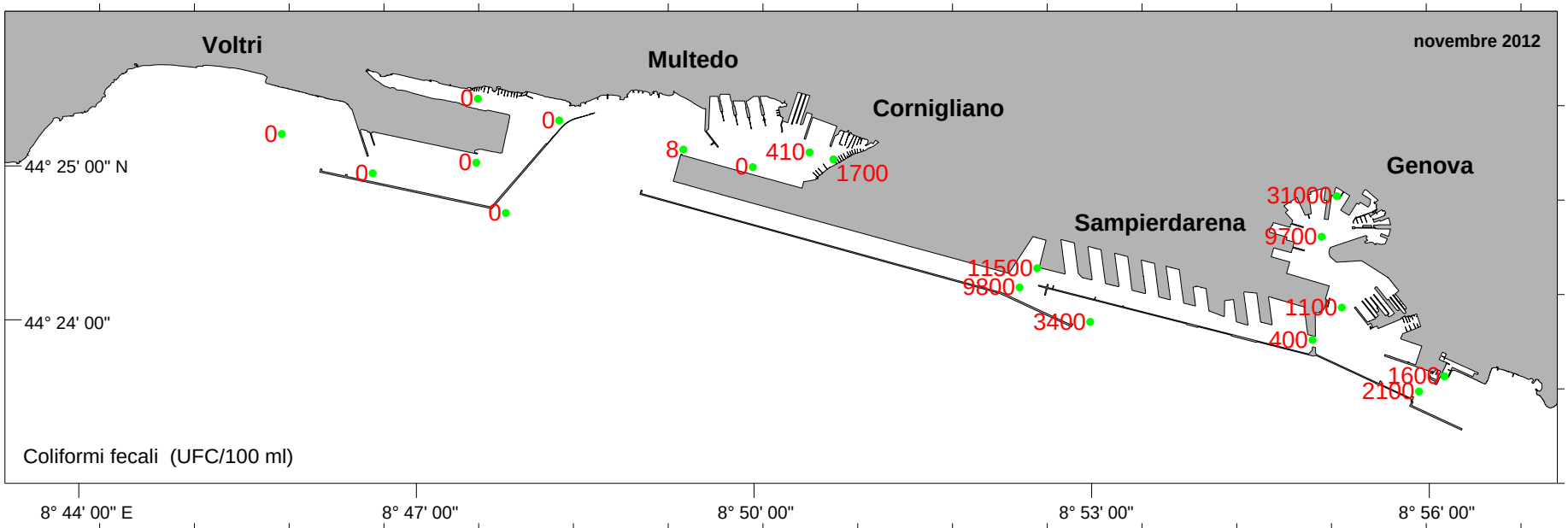

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2012
0
0
0
0
98
520
60
300
1000
78000
14000
245
1200
3100
9800
360
208
2100
268
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2012
0
0
0
22
18
180
130
300
1600
17000
2800
680
1900
330
720
10
0
66
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"

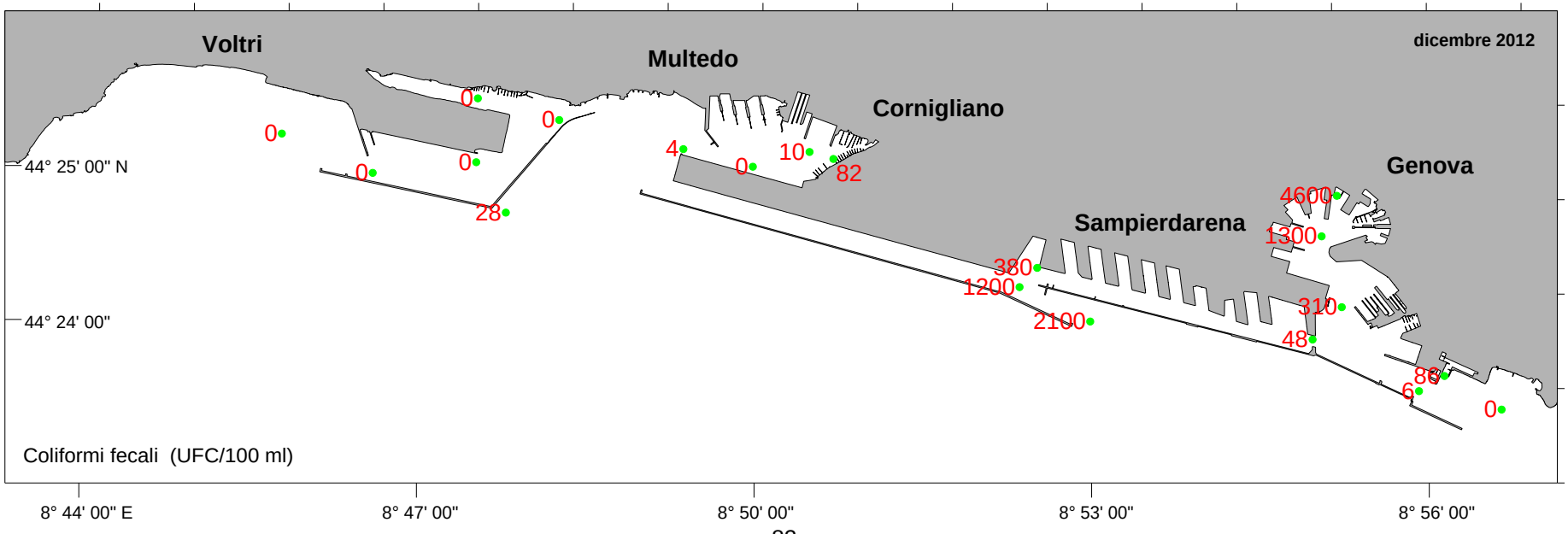

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2012
0
0
0
0
0
4
80
34
440
1000
180
2000
600
51000
7000
1200
210
78
800
160
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2012
0
0
0
0
0
0
0
42
220
178
0
0
3900
216
128
128
60
134
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"

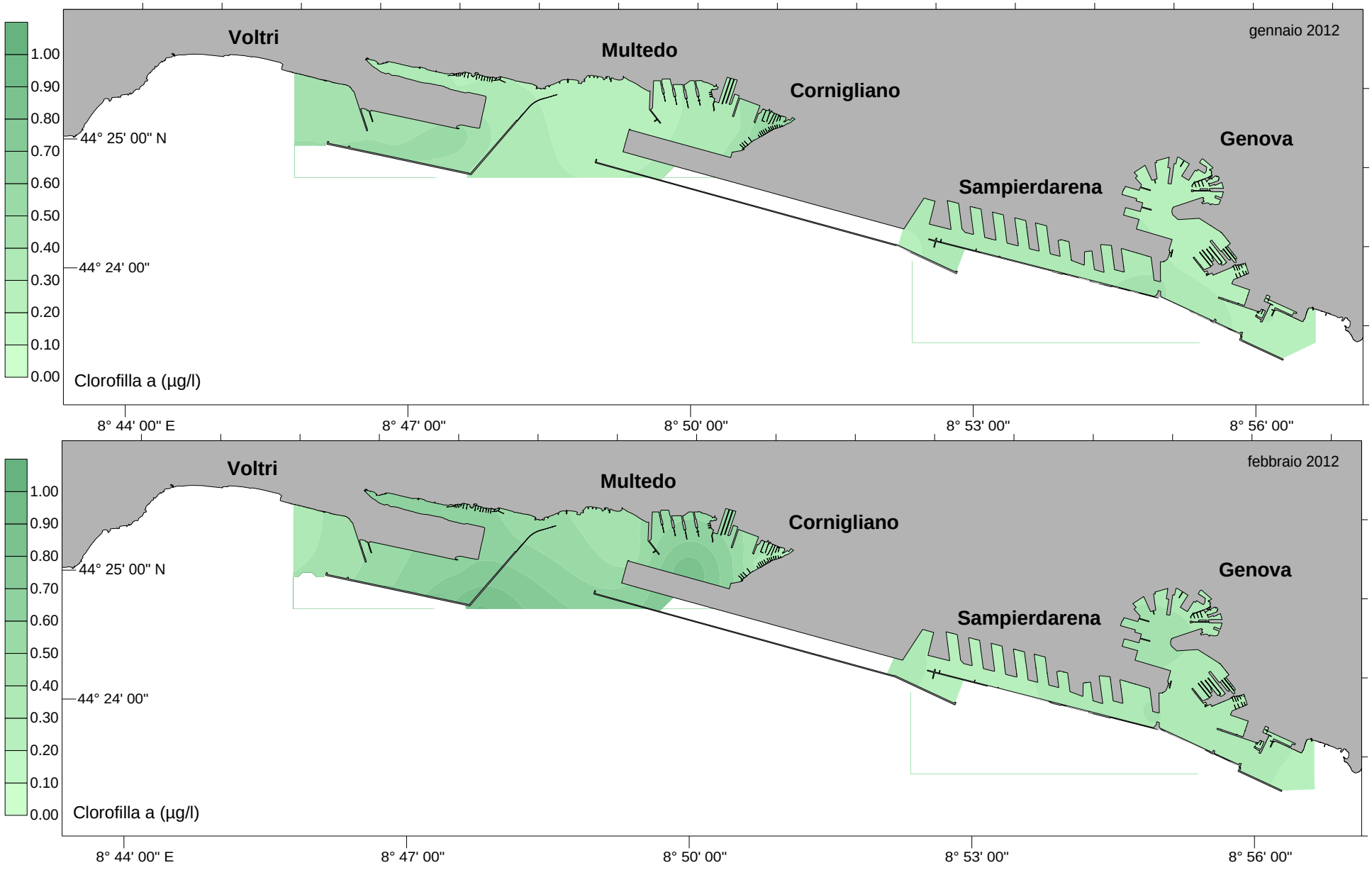

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2012
0
0
0
0
0
4
254
0
10
180
9400
2600
12000
170
20
70
0
0
0
3100
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2012
0
0
0
166
126
320
6
78
50
2800
340
98000
810
270
42
0
0
32
6
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"

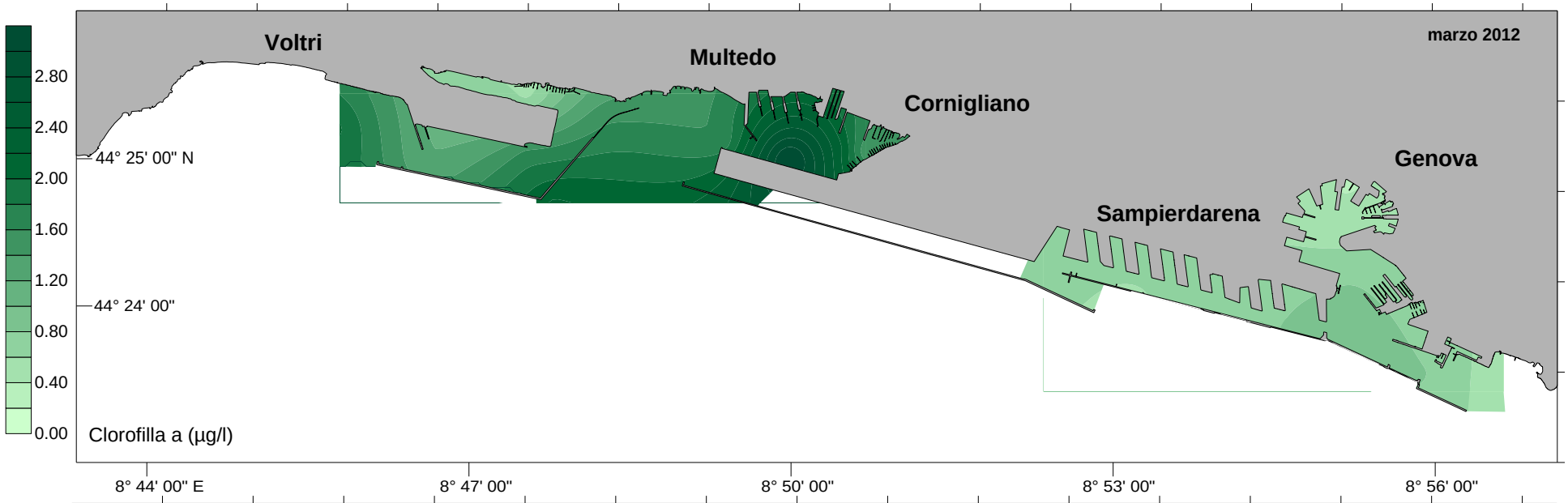

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2012
0
0
0
0
0
2
0
44
6
2750
26000
800
10
1520
1660
84
6
0
0
0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2012
24
0
0
0
0
2
0
6
2500
3000
2700
1700
120
86
72
8
34
6
52
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"

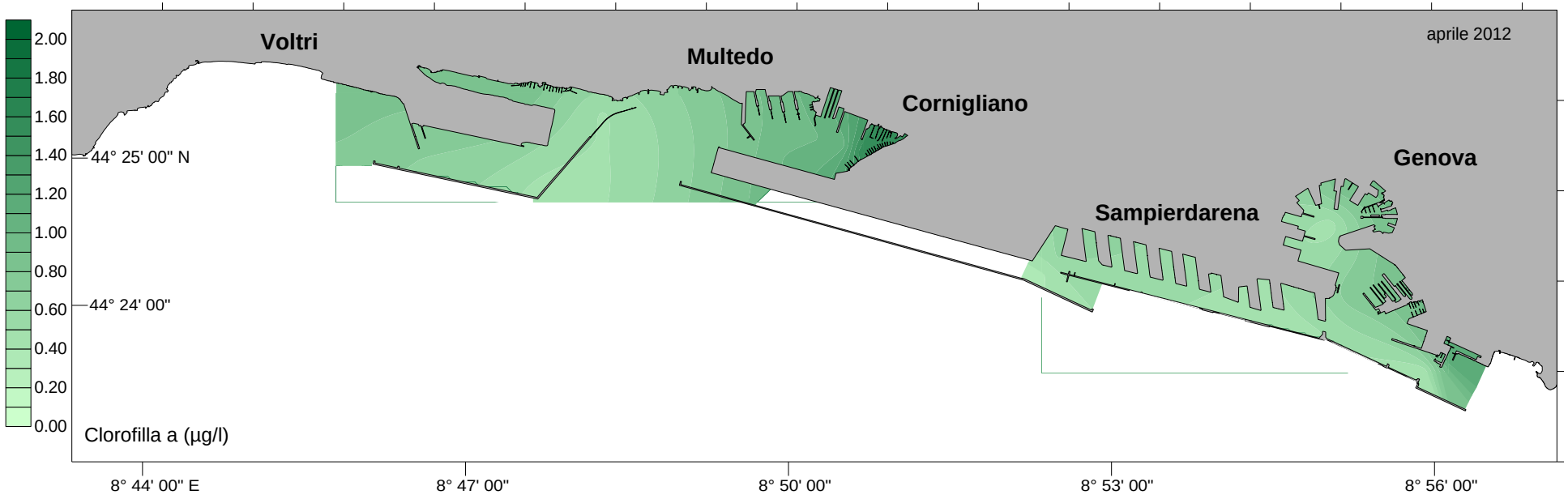

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2012
0
0
0
0
0
0
0
0
1100
720
48
24
16200
2100
86
16
72
4
10
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2012
0
0
0
0
0
62
124
14
310
1420
510
5100
2520
2700
300
168
250
18
52
62
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"

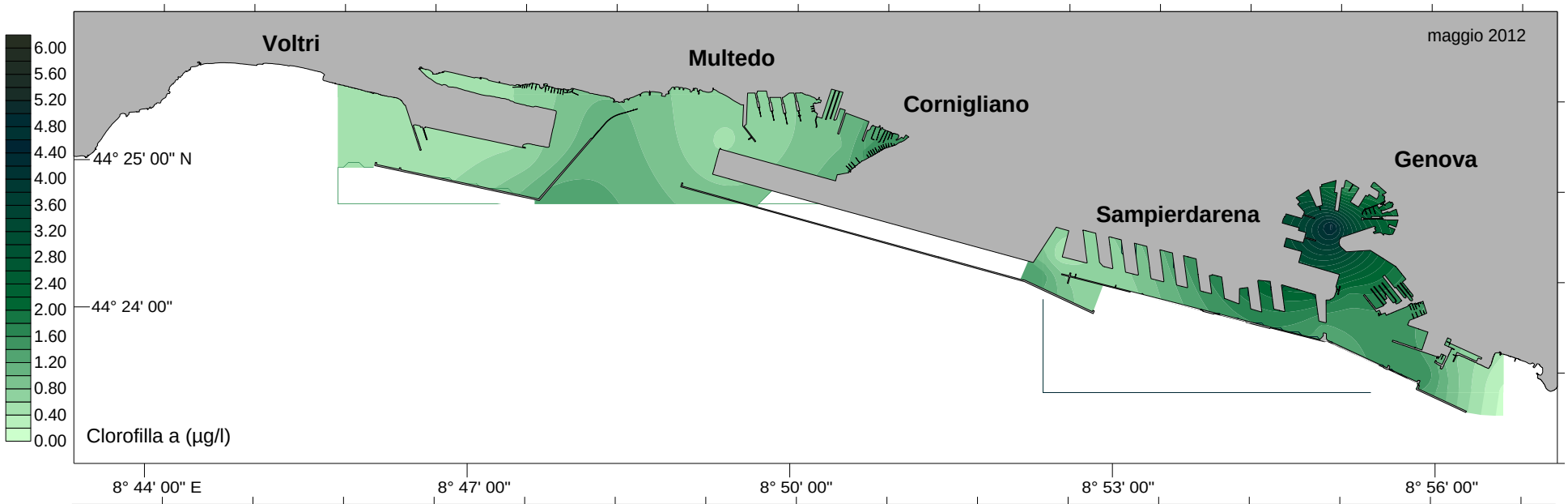

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
8
0
410
1700
11500
9800
3400
31000
9700
1100
400
1600
2100
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

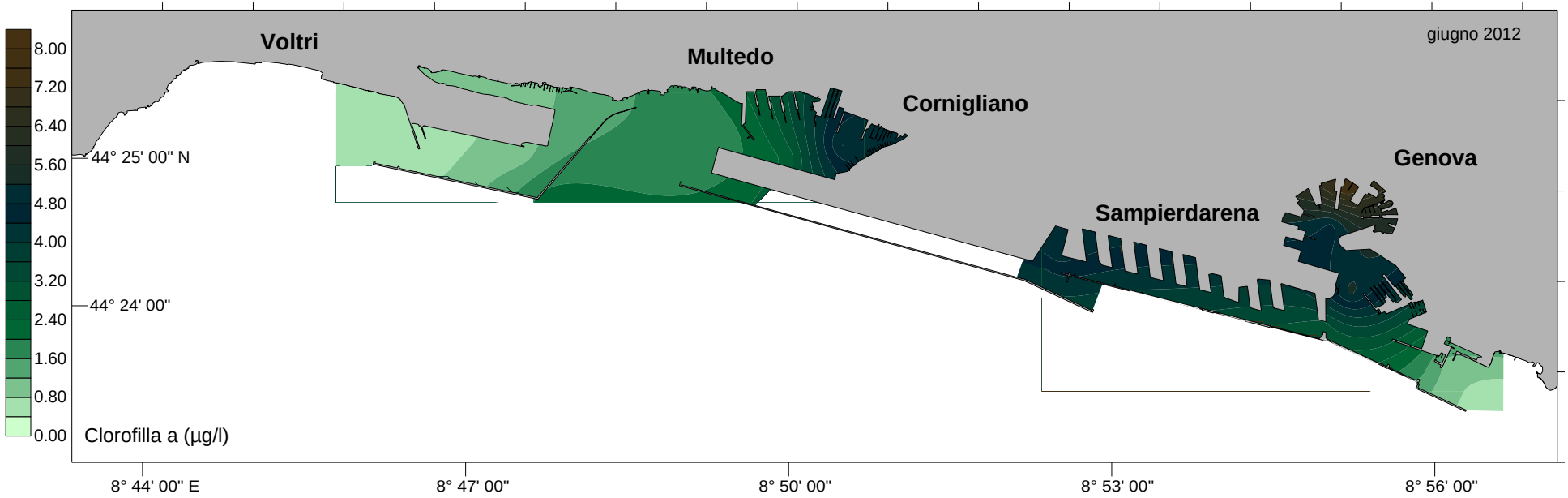

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2012
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
28
4
0
10
82
380
1200
2100
4600
1300
310
48
80
6
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

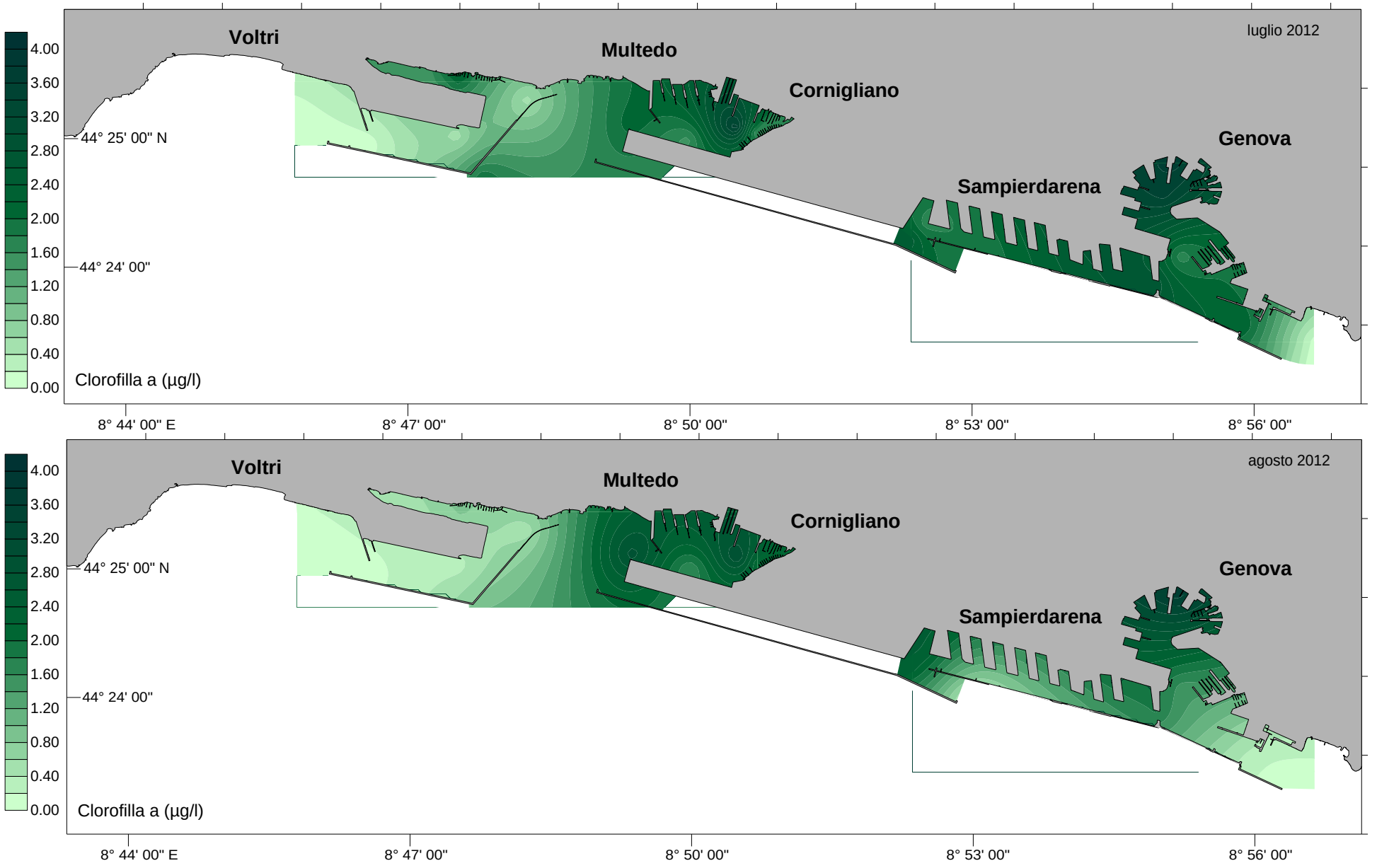

gennaio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
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"

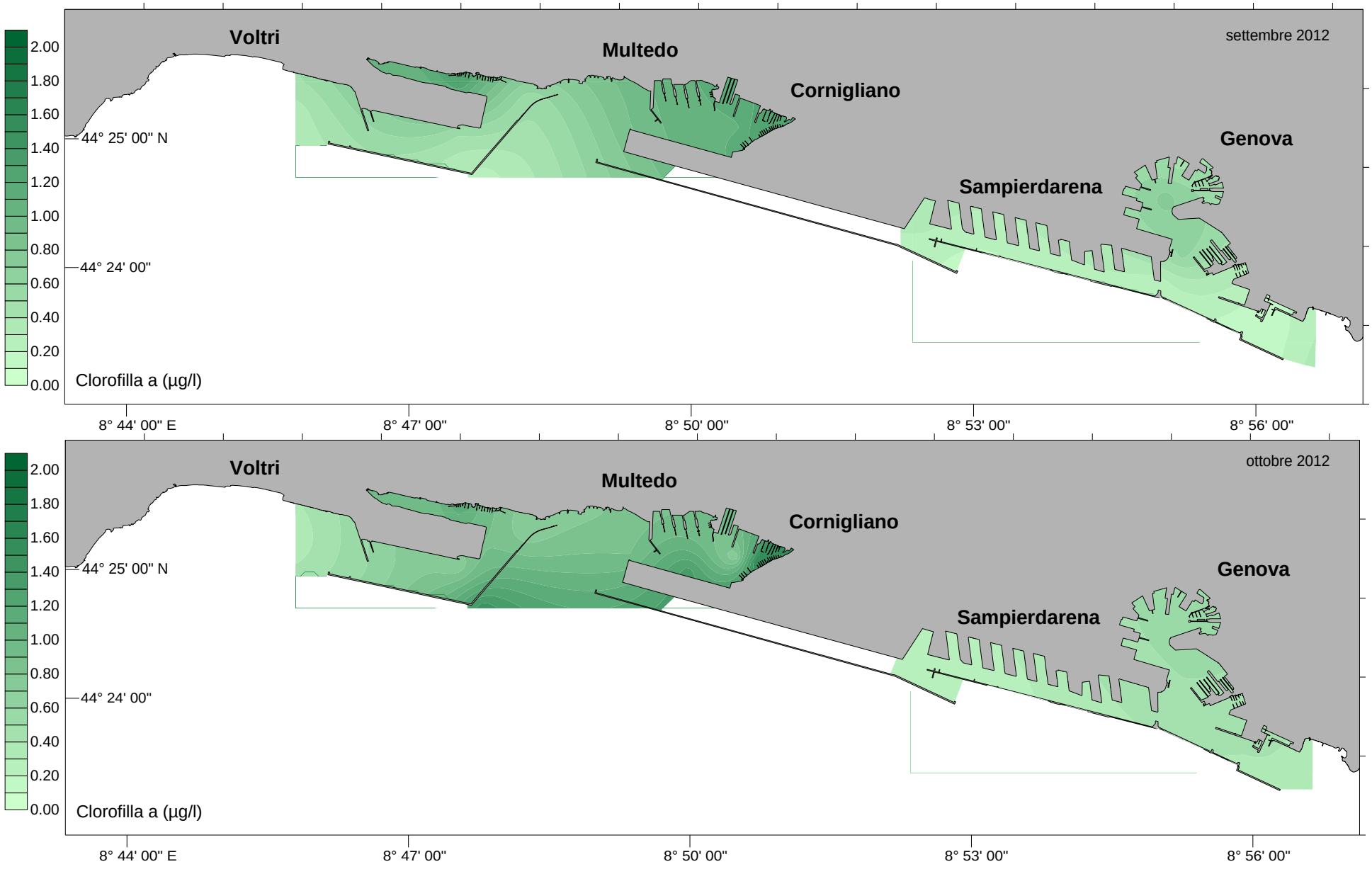

marzo 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

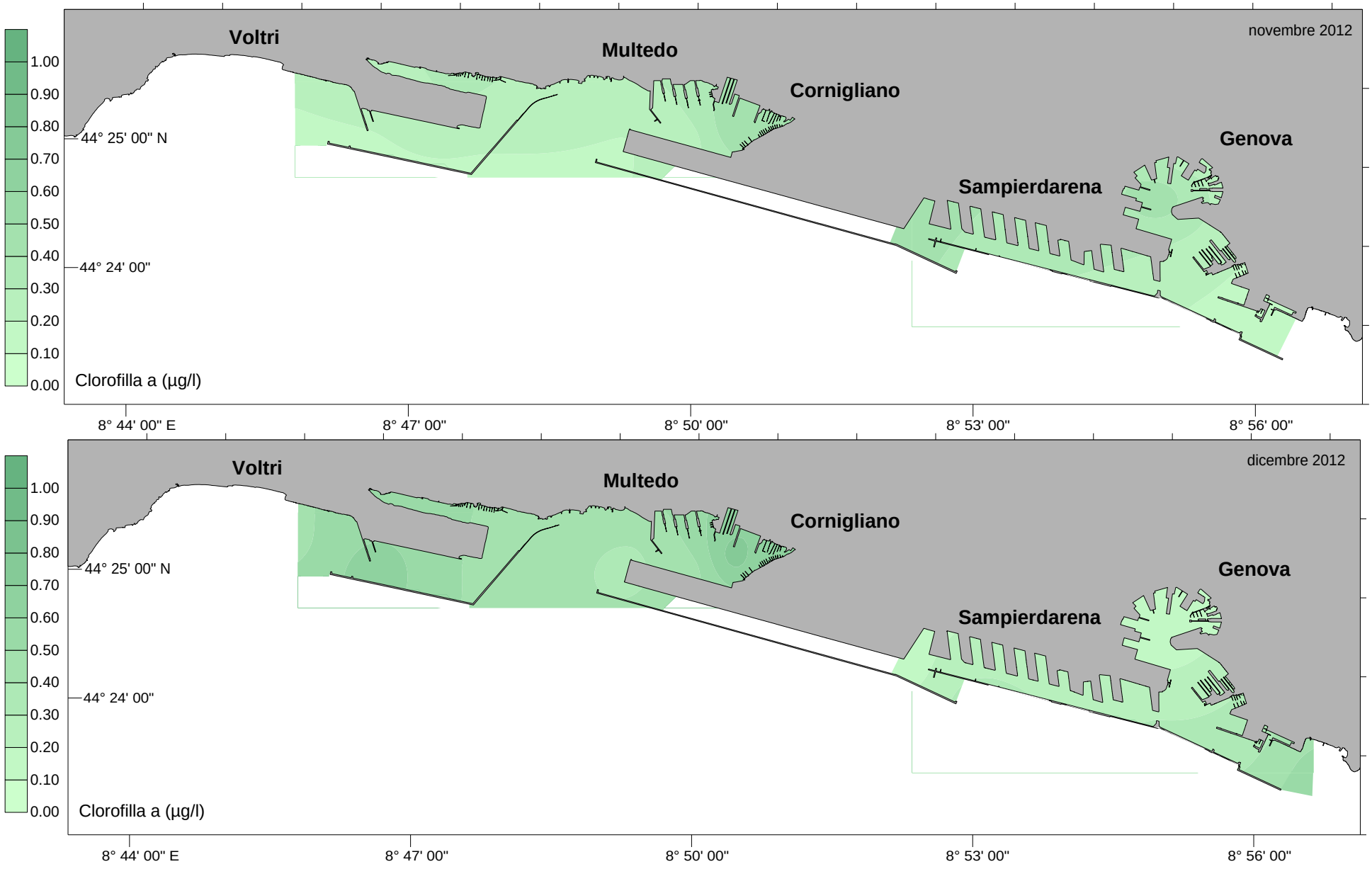

aprile 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


maggio 2012
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
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"


giugno 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
8.00
7.20
6.40
5.60
4.80
4.00
3.20
2.40
1.60
0.80
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 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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"
agosto 2012
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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"


Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
settembre 2012
ottobre 2012
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"


novembre 2012
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 2012
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"