Servizi Ecologici Porto di Genova s.r.l.

committente

AUTORITA' PORTUALE DI GENOVA

DIREZIONE GESTIONE DEL TERRITORIO

Servizio Ambiente, Igiene, Sicurezza del Lavoro Portuale e Logistica Interna

Ufficio Ambiente

ANALISI DEI DATI FISICO-CHIMICO-BIOLOGICI DERIVANTI DAL MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO NELL'AREA DEL PORTO DI GENOVA ANNO 2011

Giugno 2012

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 MATERIALI E METODI **4**

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 6

2.3 Parametri meteorologici 6

2.4 Coliformi fecali 7

2.5 Azoto ammoniacale 7

3 RISULTATI E DISCUSSIONE 8

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 8

3.2 L'anno 2011 14

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti 28

3.3.1 Mann-Kendall Test 44

4 CONSIDERAZIONI FINALI 46

BIBLIOGRAFIA 49

APPENDICE 50

1 INTRODUZIONE

L'Autorità Portuale di Genova conduce dal 1997 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 2011 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 2011, 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. 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.

Da ottobre 2010 ai consueti punti di campionamento sono stati aggiunti altri 20 punti, identificati con numerazione che parte da 120 per non sovrapporsi a punti presenti nei dati storici. In Figura 2.1 si riporta l'ubicazione dei punti di campionamento.

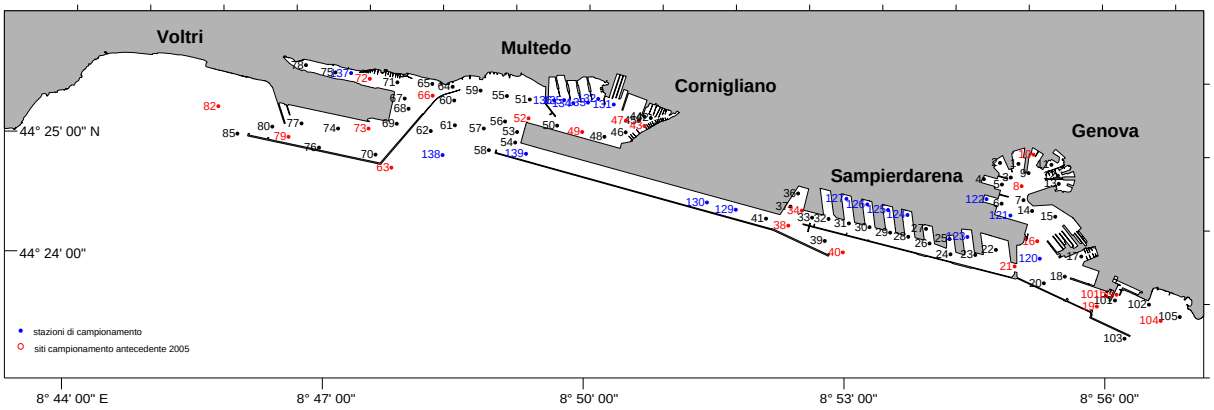


Fig. 2.1 Punti di campionamento dell'anno 2011; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni d'acqua sub-superficiale e in blu i punti introdotti da ottobre 2010.

I mezzi utilizzati per il monitoraggio sono stati le imbarcazioni Ecoboat 2 e Calipso (Fig. 2.2).



Fig. 2.2 Ecoboat 2 e Calipso.

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 GASentro 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 la 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 dell'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 2011 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 2-5 °C rispetto al resto del bacino.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in 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 in quanto 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. Ad esempio nel bacino di Voltri, nel quale gli apporti da terra sono trascurabili, la biomassa fitoplanctonica è spesso inferiore rispetto agli altri due bacini e distribuita più uniformemente nel tempo.

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 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, dal 1998 a oggi, 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 posizionate in corrispondenza dei principali apporti da terra (10, 36-38,41) si caratterizzano per una bassa salinità, basse concentrazioni di ossigeno disciolto e soprattutto per la 10 elevate concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali. In direzione opposta si posizionano le stazioni vicine alle bocche portuali (40, 101-105) 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 11-13 si distinguono per la più elevata concentrazione di clorofilla-a, determinata dalla vicinanza dello scarico del

depuratore in Darsena, che apporta grandi quantità di nutrienti. In questo bacino, quindi, i massimi di clorofilla-a non si ritrovano in concomitanza dello scarico stesso (stazione 10) ma nelle zone limitrofe. Le stazioni 24 e 25, 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 posizionate in corrispondenza dei principali apporti da terra (42-45) si raggruppano e le altre stazioni si distribuiscono seguendo il gradiente interno-esterno del bacino, con concentrazioni di ammoniaca e coliformi decrescenti ed aumento dell'ossigeno disciolto.
Nel bacino di Voltri, le stazioni più confinate (71, 72, 75, 78), posizionate nel canale di Prà, sono caratterizzate da più elevate concentrazioni di clorofilla-a con un gradiente crescente dall'imboccatura all'interno.

Tramite l'analisi dei fattori principali è possibile identificare fattori che possano essere interpretati come potenziali "generatori latenti" del fenomeno osservato, in questo caso la qualità dei corpi idrici portuali. La qualità delle acque è, infatti, almeno in linea di principio, riconducibile all'impatto di alcuni "fattori" principali. Si può, infatti, pensare che i diversi parametri alla base dell'azione di monitoraggio tendano a riflettere l'impatto di alcuni fenomeni di base tra loro indipendenti tra cui: la presenza di scarichi industriali e fognari, la presenza di corsi d'acqua, la vicinanza con il mare. Ad esempio, identificando la carica batterica e l'ammoniaca come "indicatori" della presenza di emissioni civili, ci si può aspettare che tali parametri tendano a rilevarsi tra loro correlati (valori "elevati" in aree a forte impatto antropico e "bassi" in assenza di scarichi). Da questo punto di vista, in presenza di dati di monitoraggio che effettivamente evidenzino, ad esempio, una forte correlazione tra le misure di carica batterica e l'ammoniaca, è pensabile che un'analisi multivariata dei dati del monitoraggio sia in grado di estrarre un "fattore" che possa, a posteriori, essere identificato come "rappresentativo dell'impatto derivante da scarichi civili".
Questa analisi è stata applicata ai dati di monitoraggio, a partire dal 1998, provenienti da tutti e tre i bacini, e consente di aggregare i punti di campionamento in diverse tipologie o classi, ciascuna delle quali è influenzata da una determinata combinazione di variabili (fattori).
Per quanto riguarda l'area portuale genovese, i fattori principali possono essere messi in relazione alle seguenti combinazioni di variabili:

- Fattore 1: coliformi fecali, ossigeno disciolto (relazione inversa), azoto ammoniacale, salinità (relazione inversa);
- Fattore 2: temperatura

- Fattore 3: clorofilla-a (relazione inversa), ossigeno disciolto, azoto ammoniacale, coliformi fecali (relazione inversa), salinità;
- Fattore 4: salinità, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale (relazione inversa), coliformi fecali (relazione inversa);
- Fattore 5: azoto ammoniacale, ossigeno disciolto (relazione inversa), coliformi fecali, salinità (relazione inversa).

In termini di strutture latenti, i fattori possono essere associati alle seguenti tematiche:

- Fattore 1: isola l'impatto batterico da scarichi di origine fognaria (presenza di depuratori);
- Fattore 2: presenza di scarichi di acqua a elevata temperatura;
- Fattore 3: stazioni a elevata trofia;
- Fattore 4: stazioni che subiscono l'effetto del mare aperto;
- Fattore 5: indica le stazioni intermedie tra le zone più interne e le bocche dei bacini.

In tabella 3.1 a ogni singolo fattore vengono associati i principali gruppi di stazioni individuati dall'analisi.

Fattori	**Cluster**
1	Stazioni 42-45 (foce Chiaravagna), 34-38,41 (foce Polcevera), 10 (scarico depuratore Darsena); arancione.
2	Stazioni 24 e 25 (scarico centrale Enel Sampierdarena); rosso.
3	11-13 (zona interna porto Antico), 42-47 (bacino di Multedo), 75-78(canale di Prà); verde.
4	101-105 (zona esterna levante Darsena), 40 (zona esterna Polcevera), 80-85 (zona esterna ponente Voltri), 58,61-63 (zona esterna levante Voltri); blu.
5	Stazioni intermedie tra le zone più interne e le bocche dei bacini; nero.

Tabella 3.1 Associazione tra ogni fattore e ogni gruppo di stazioni

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.

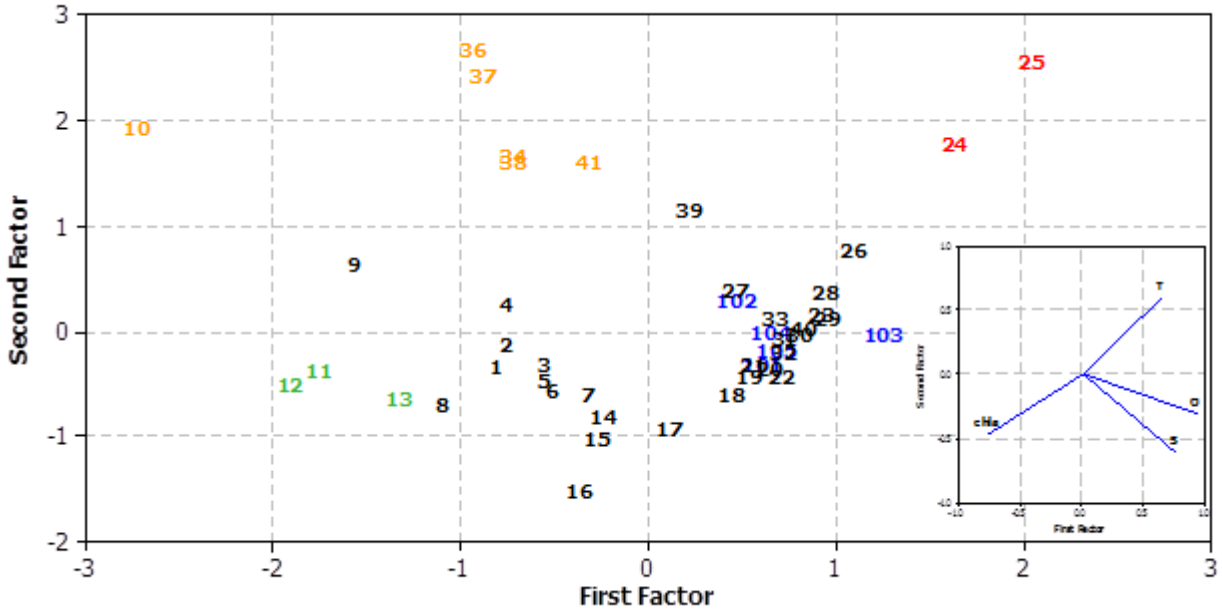


Fig 3.1 a

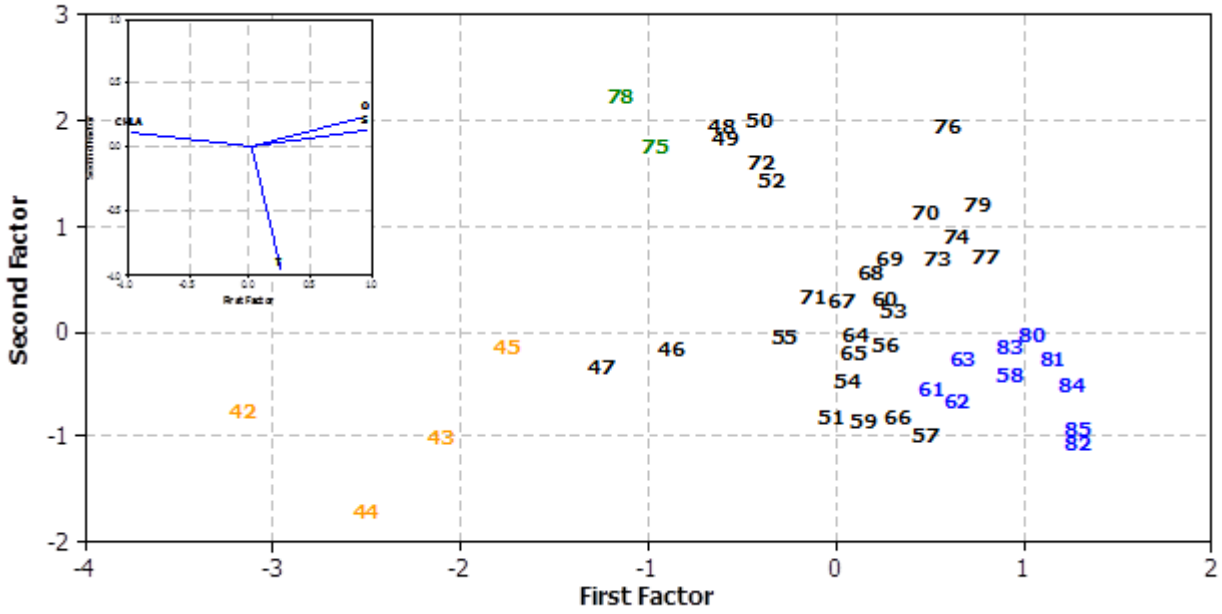


Fig 3.1 b

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

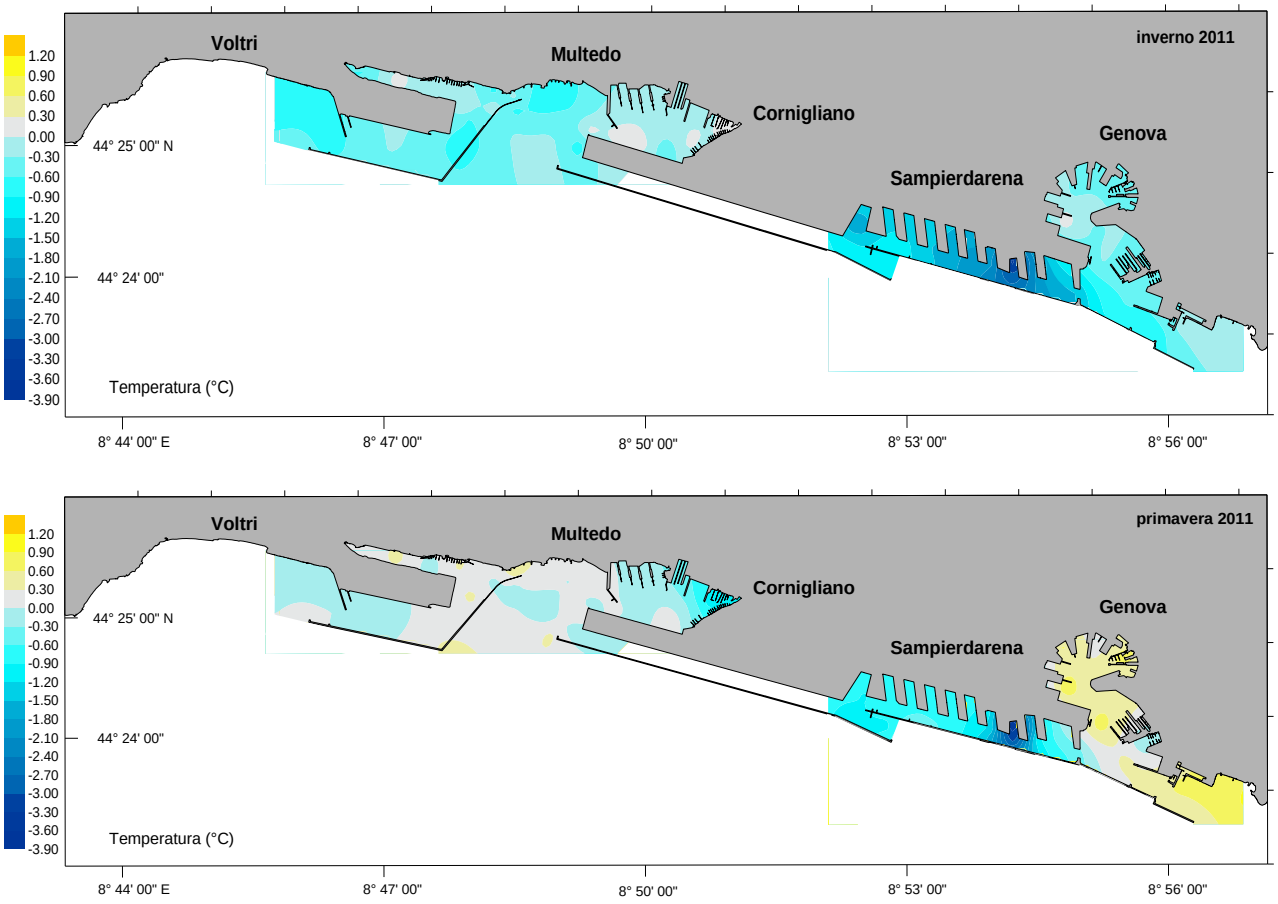
3.2 L'anno 2011

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 2011, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2011 sono riportati in appendice.

Anche nel 2011 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 2011 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2010). 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 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2011.



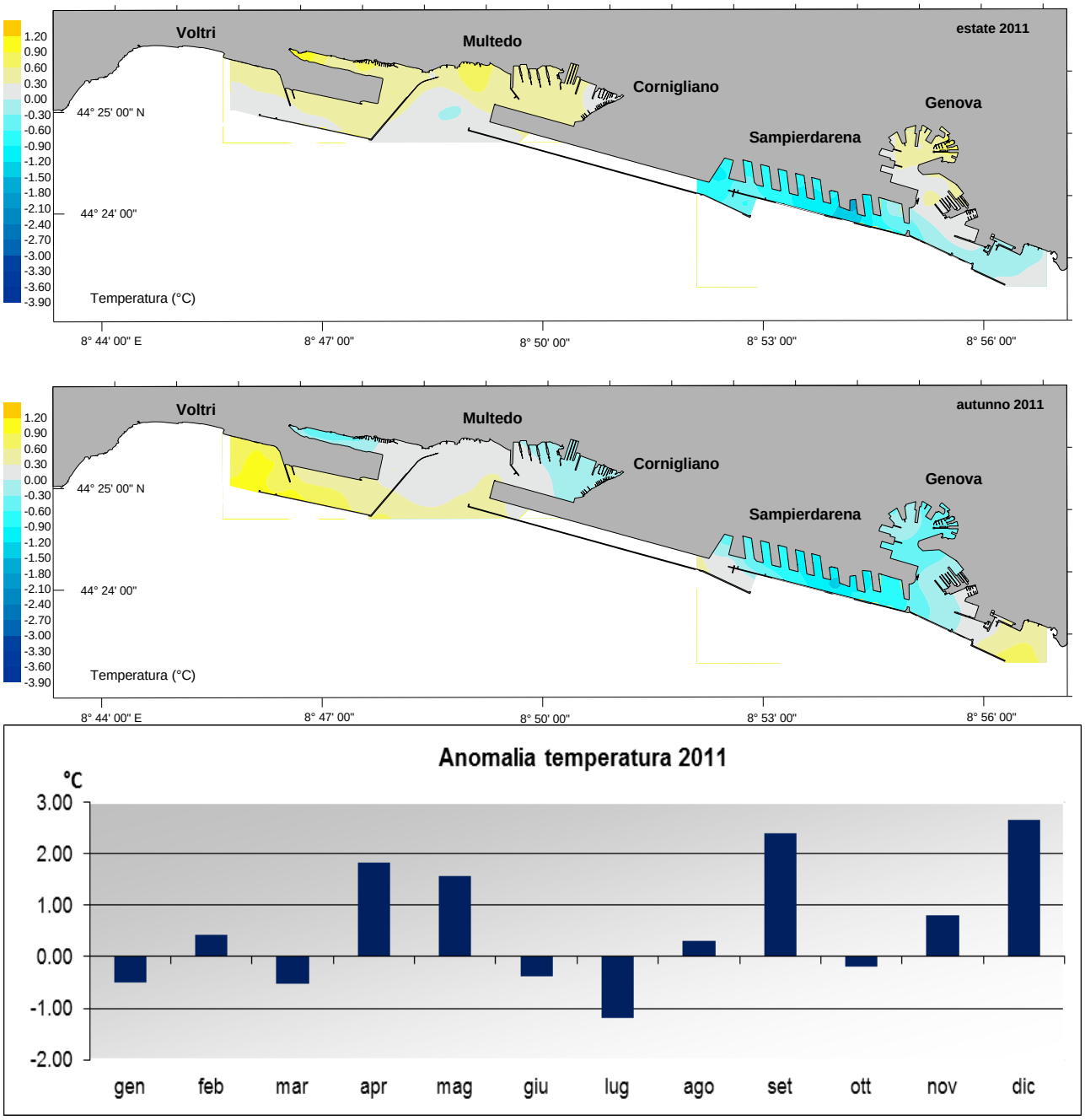


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2011

Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2011 è stato in generale caratterizzato da temperature abbastanza discordanti dalla media. Nei mesi di aprile, maggio, settembre, novembre e dicembre i valori sono molto superiori alla media, mentre i mesi di febbraio e agosto presentano anch'essi temperature superiori alla media ma in maniera meno marcata. Per i restanti mesi si hanno temperature inferiori alla media, con il mese di luglio che presenta valori marcatamente sotto.

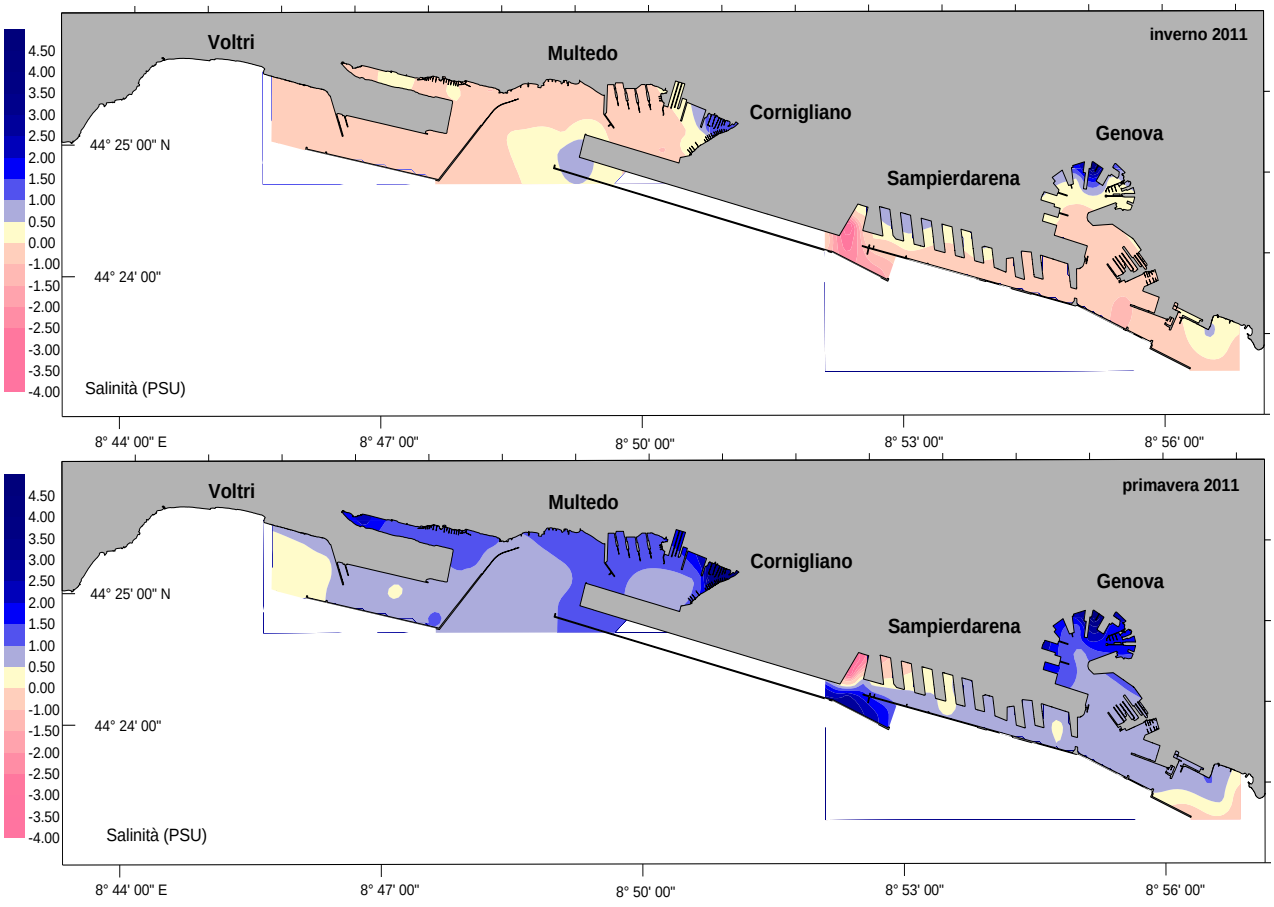
Analizzando le anomalie della temperatura dell'acqua possiamo notare che:

- In inverno si trovano anomalie prevalentemente negative in tutta l'area portuale.

- In primavera si notano anomalie negative o vicine allo zero nei bacini di Multedo-Voltri e anche nella zona di Sampierdarena; si notano invece anomalie positive dal bacino del Porto Antico fino alla bocca di levante del porto.
- In estate si riscontrano anomalie vicine allo zero o leggermente positive nei bacini di Multedo-Voltri. Per quanto riguarda il bacino di Genova si notano anomalie leggermente negative, fatta eccezione per il Porto Antico che presenta anomalie vicine allo zero.
- In autunno si nota una situazione più variegata. Si riscontrano anomalie positive nel bacino di Voltri mentre nella zona di Prà e nel bacino di Multedo si notano anomalie negative. Nel bacino di Genova si hanno anomalie negative fatta eccezione per le bocche del porto che presentano anomalie positive.

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 ole stagioni la zona di Sampierdarena presenta anomalie negative.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2011.



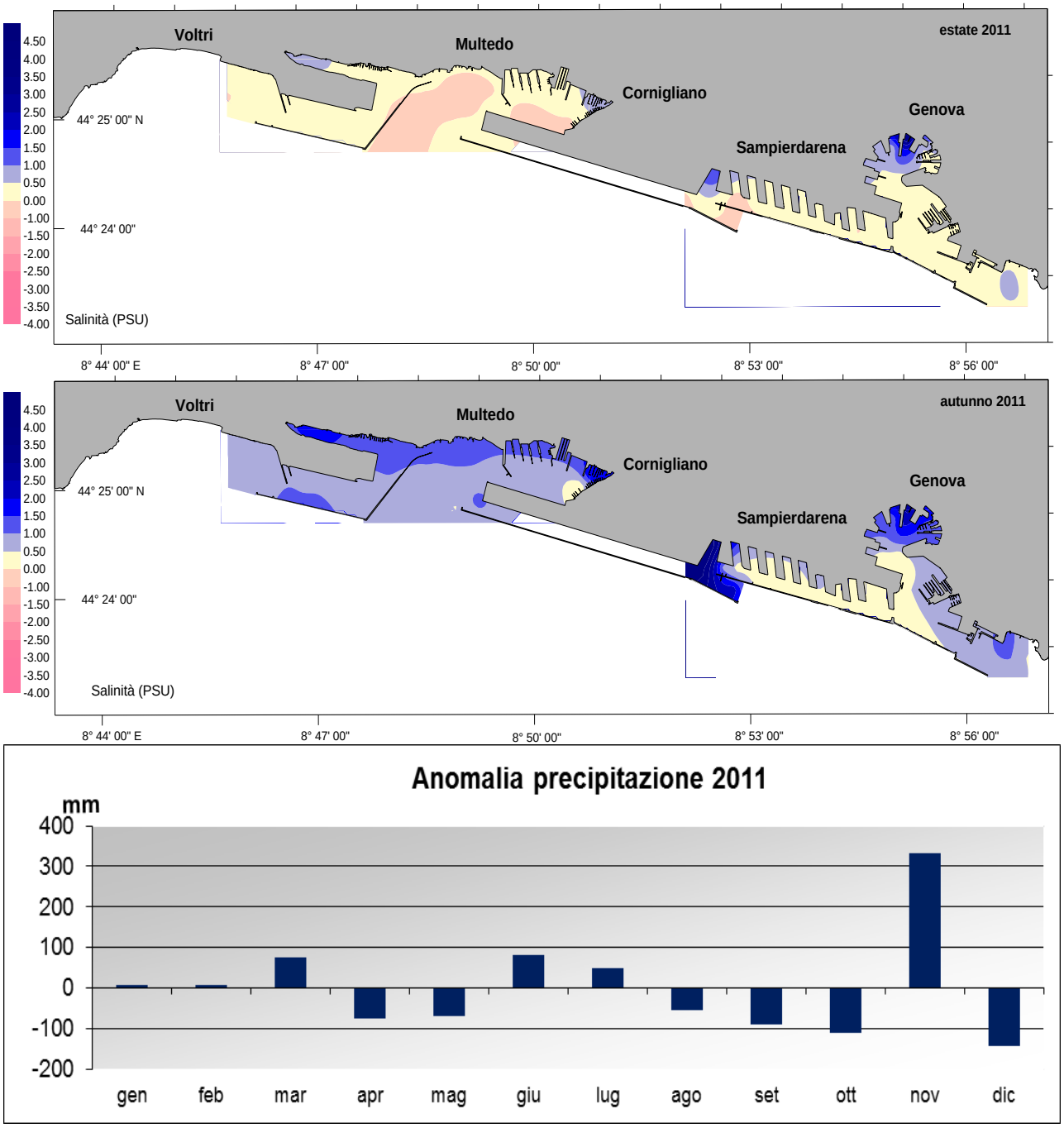


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2011

L'anno 2011, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato da precipitazioni spesso inferiori alla media. In particolare nei mesi estivi e autunnali si sono registrate precipitazioni inferiori alla media del periodo, fatta eccezione per il mese di luglio che è leggermente sopra la media, e il mese di novembre che è fortemente sopra la media, questo scostamento è però dovuto soprattutto all'evento alluvionale del 4 novembre 2011. I mesi sono stati caratterizzati da precipitazioni nella media, solo nel mese di marzo si sono registrate precipitazioni maggiori della media. Nei mesi primaverili le precipitazioni

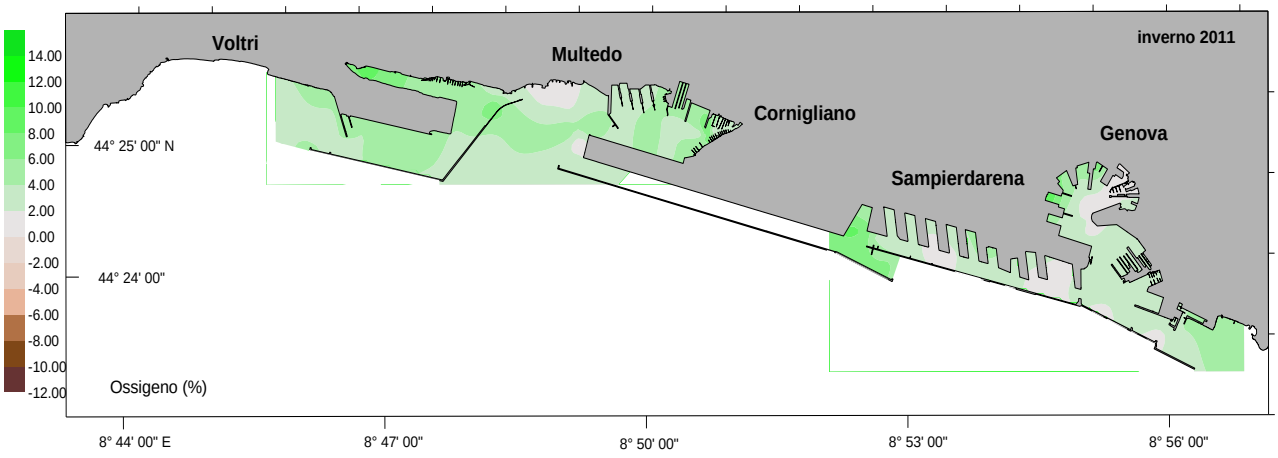
sono state sotto la media, fatta eccezione per il mese di giugno con precipitazioni superiori alla media.

Analizzando le anomalie della salinità possiamo notare che:

- In inverno si sono riscontrate anomalie negative o vicine alla media in tutta l'area portuale, fatta eccezione per la zona interessata dalla foce del Chiaravagna e l'area presso il depuratore della Darsena, dove si notano anomalie positive.
- In primavera si notano anomalie positive in tutto il porto. Solo alla foce del Polcevera e alla bocca di Levante del bacino di Genova le anomalie sono inferiori alla media.
- In estate le anomalie sono molto vicine allo zero in tutta l'area, a parte che alle foci del Chiaravagna e del Polcevera, e presso il depuratore della Darsena, dove si notano anomalie positive.
- In autunno quasi tutta la zona è interessata da anomalie positive; la zona di Sampierdarena e l'entrata del Porto Antico presentano anomalie molto vicine allo zero.

L'andamento delle anomalie della salinità è abbastanza in accordo con quello delle anomalie delle precipitazioni, si discostano nella stagione autunnale, anche se bisogna considerare che le forti piogge di novembre sono circoscritte a un brevissimo periodo che può 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 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



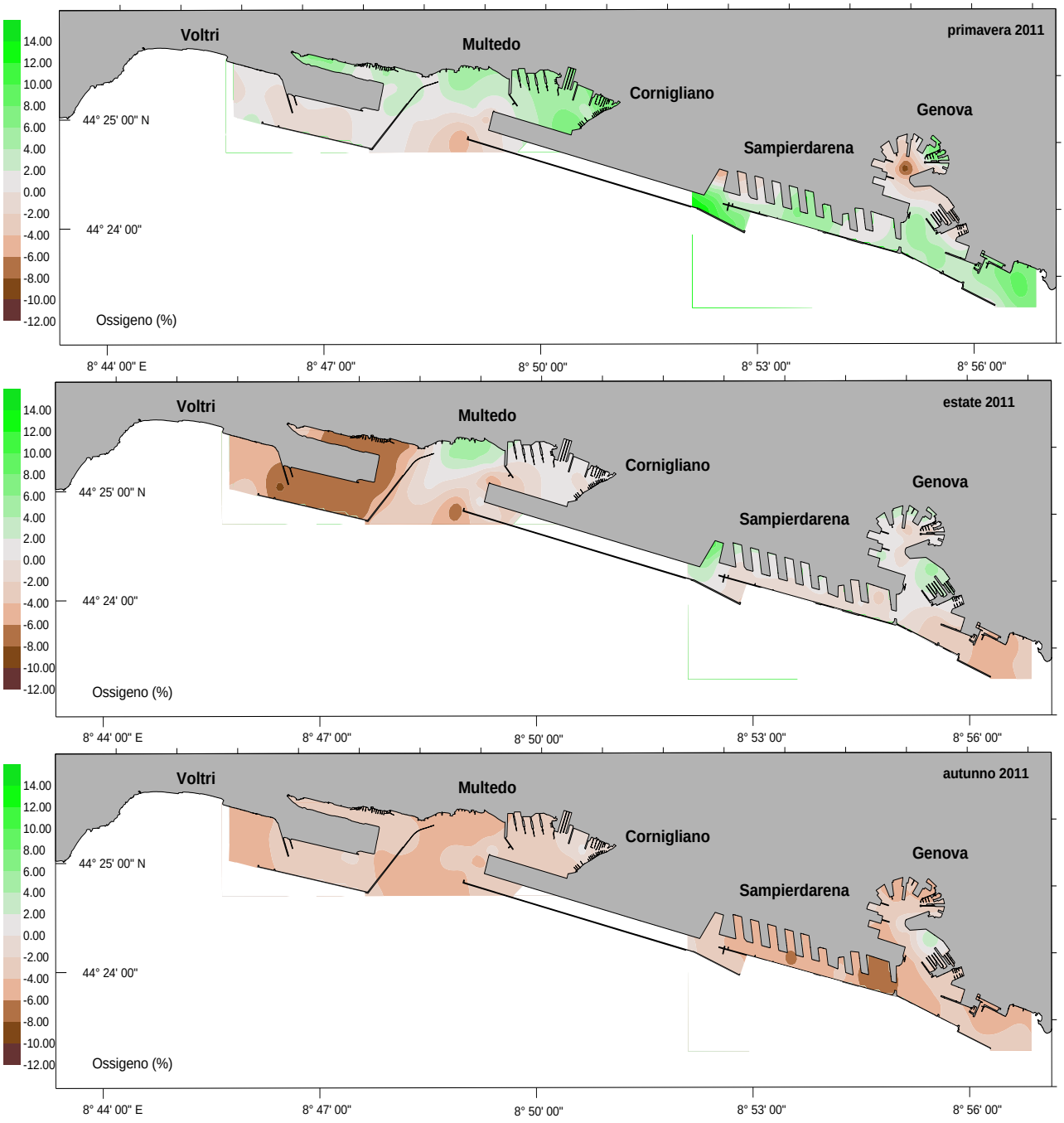


Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2011

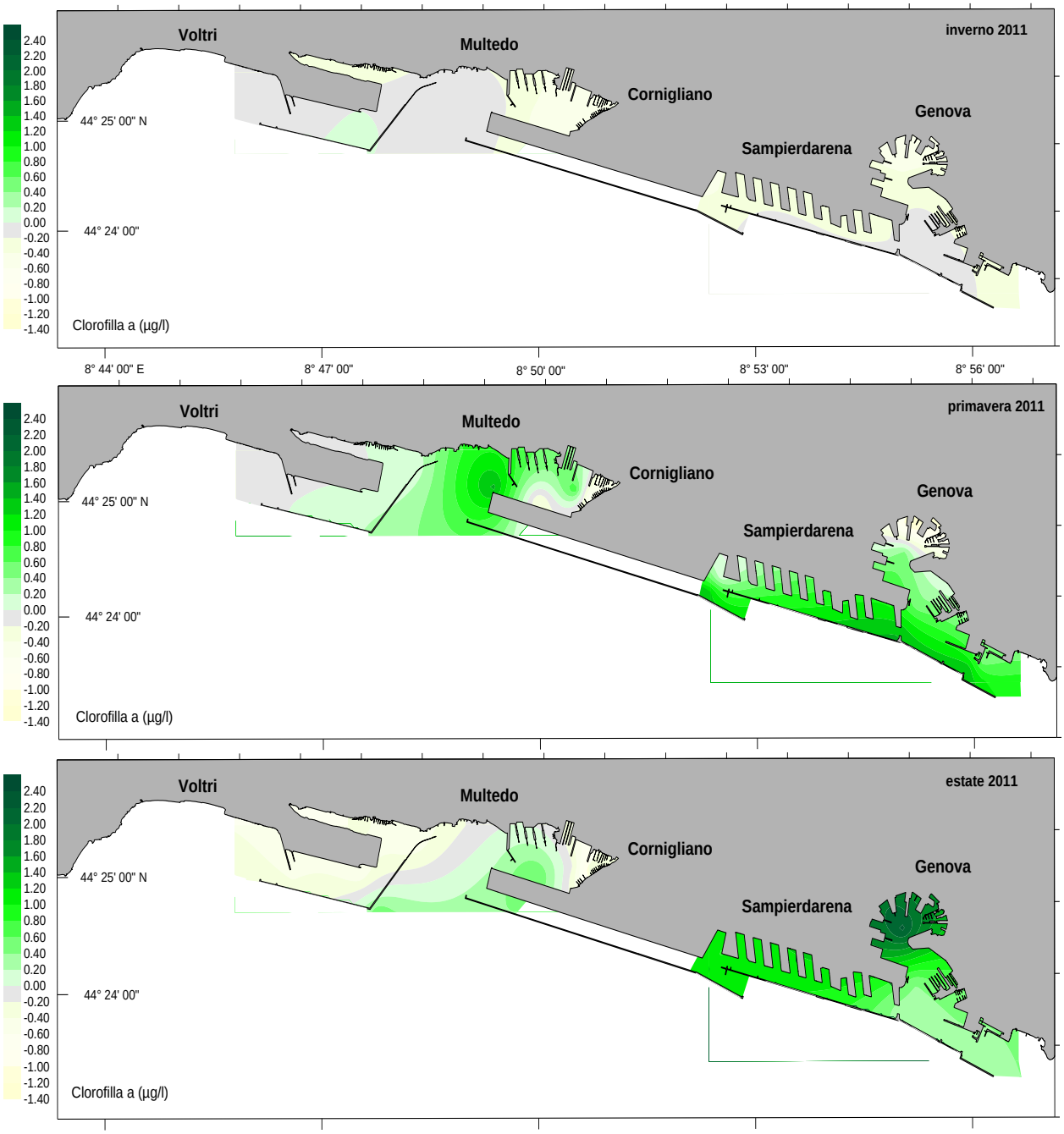
Considerando l'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, possiamo evidenziare:

- 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 la zona, eccetto all'interno del Porto Antico dove l'anomalia è negativa.
- In estate in tutta l'area portuale è vicina allo zero, fatta eccezione per il bacino di Volti e Prà, dove l'anomalia è negativa.

- In autunno tutta la zona del Porto è interessata da un'anomalia negativa più marcata presso calata Bettolo.

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 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



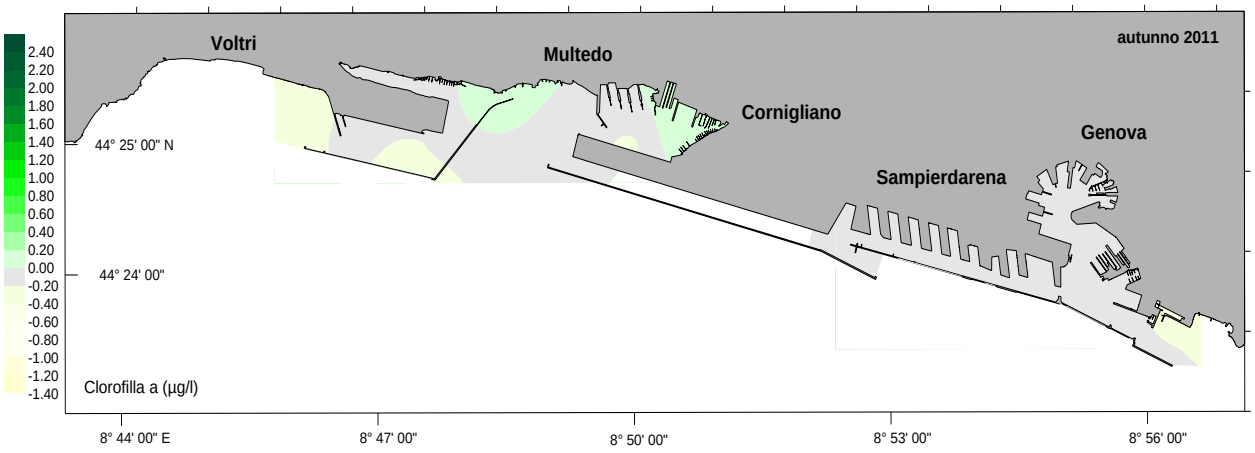
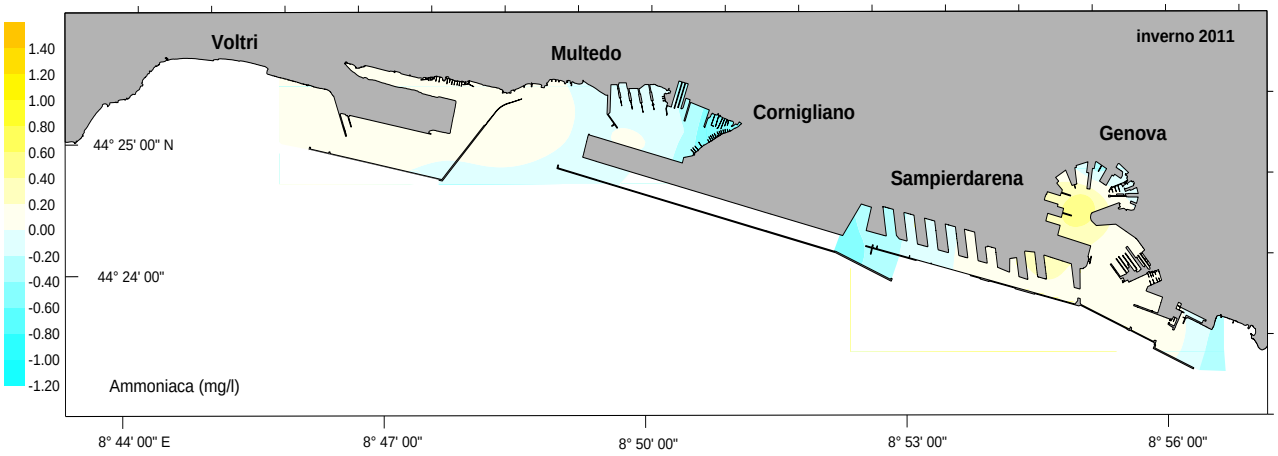


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2011

Considerando le anomalie della clorofilla-a possiamo osservare:

- In inverno le anomalie sono leggermente negative e prossime allo zero in quasi tutta l'area portuale. Solo nel bacino di Voltri si notano anomalie leggermente positive.
- In primavera si riscontrano anomalie positive in tutta la zona del porto fatta eccezione per l'area del Porto Antico, la zona interessata dalla foce del Chiaravagna e il canale di Prà che presentano anomalie leggermente negative.
- In estate in tutto il bacino di Genova le anomalie sono positive, in maniera più marcata nella zona del Porto Antico. Nel bacino di Multedo-Voltri le anomalie sono leggermente negative presso la foce del Chiaravagna, nel bacino di Voltri e nel canale di Prà. Diventano leggermente positive nell'area tra i bacini di Multedo e Voltri.
- In autunno le anomalie sono vicine allo zero in quasi tutta la zona, con differenze di lieve identità nei bacini di Multedo e Voltri.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



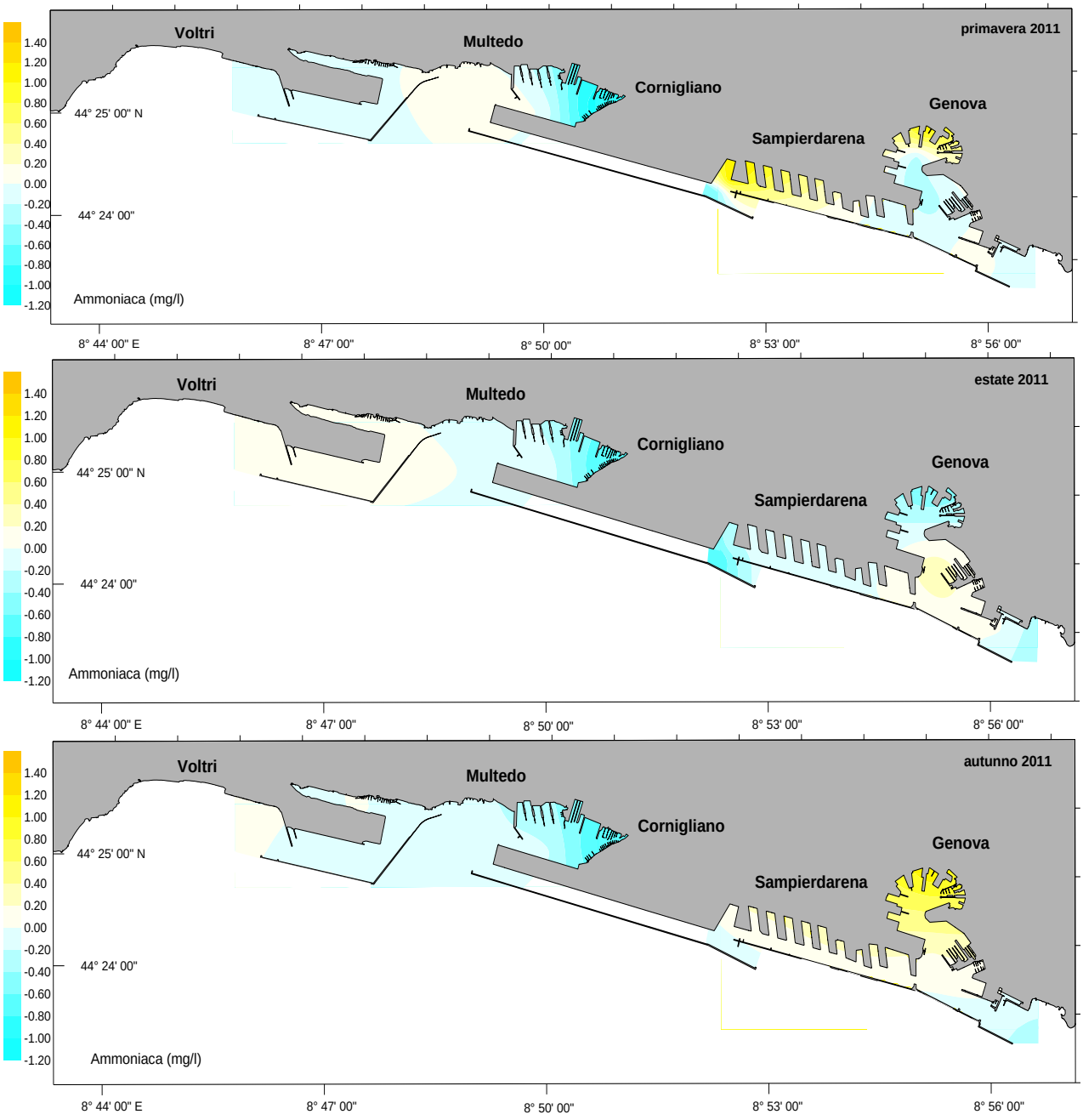


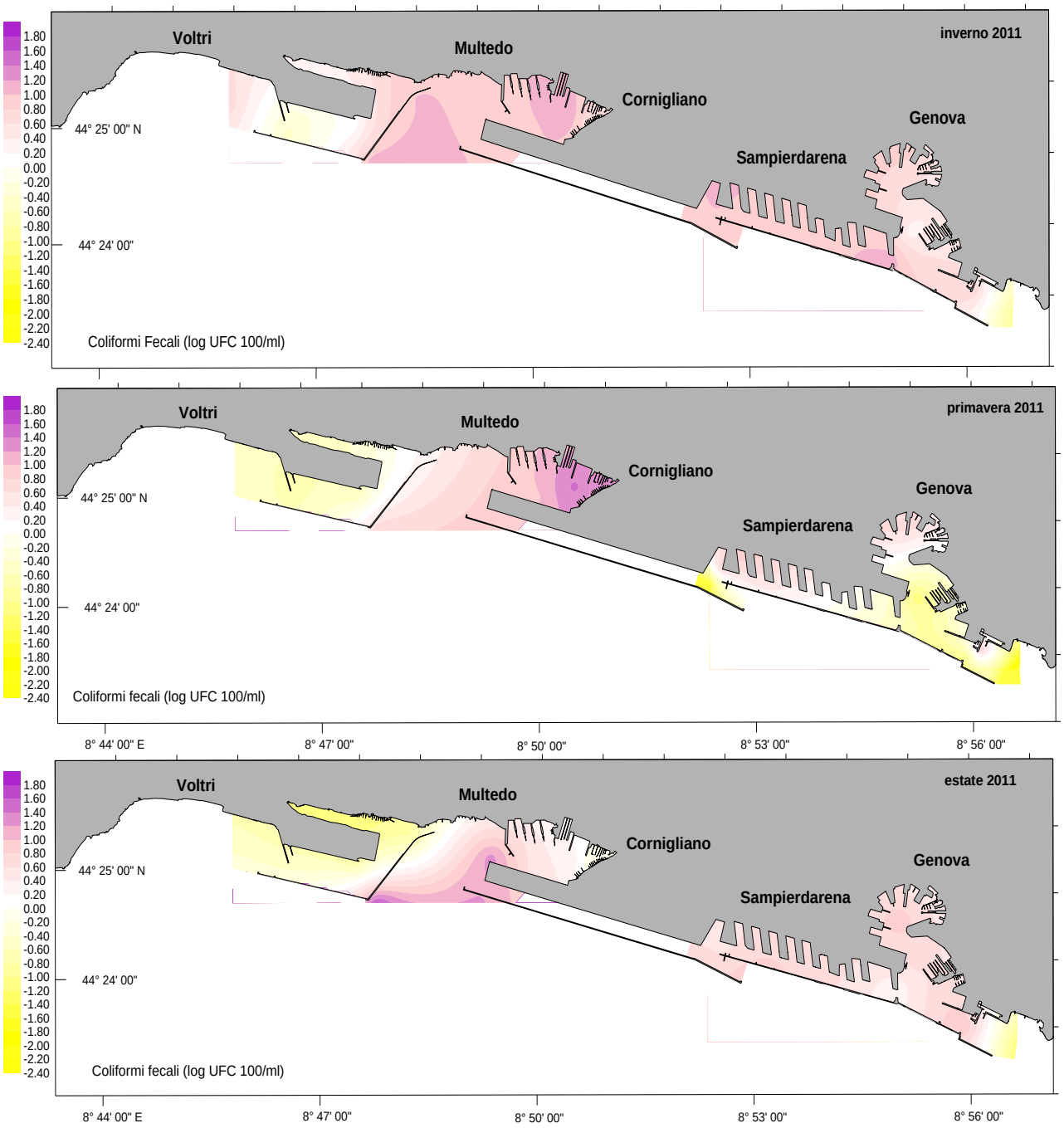
Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2011

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 positive.
- In primavera in quasi tutta l'area le anomalie sono vicine allo zero. Presso il depuratore in darsena e nella zona più vicina alla 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 di terra come le foci del Chiaravagna e del Polcevera e il depuratore della Darsena le anomalie sono leggermente negative.
- In autunno in quasi tutta l'area sono prossime allo zero e leggermente negative. Nella zona del Porto Antico le anomalie sono positive, mentre alla foce del Chiaravagna le anomalie si presentano negative.

In Fig. 3.7 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2011, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



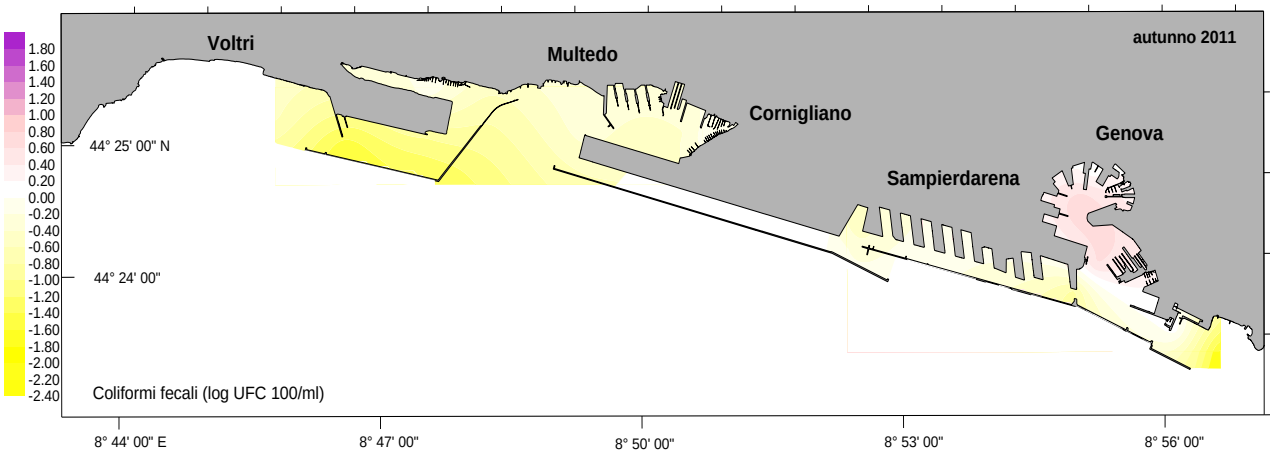
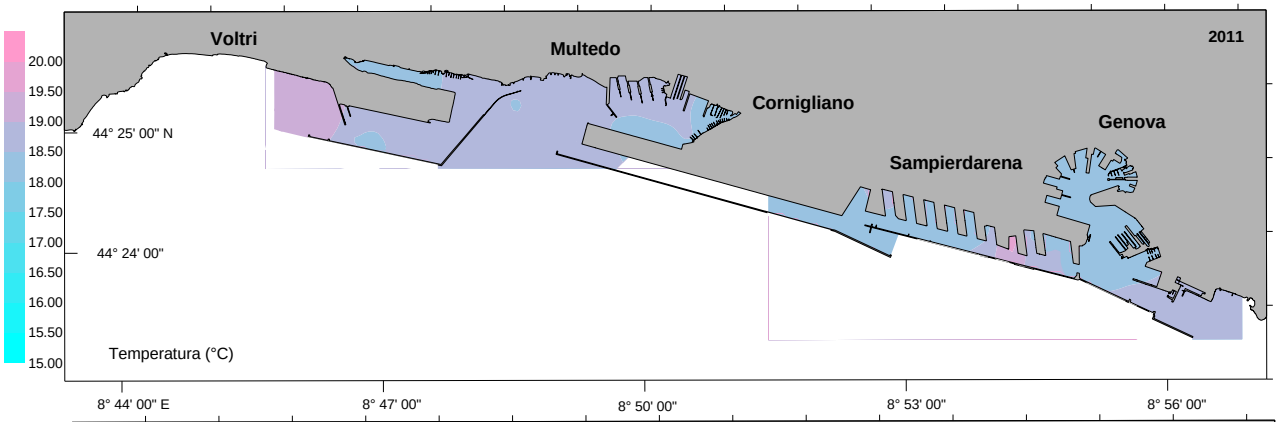


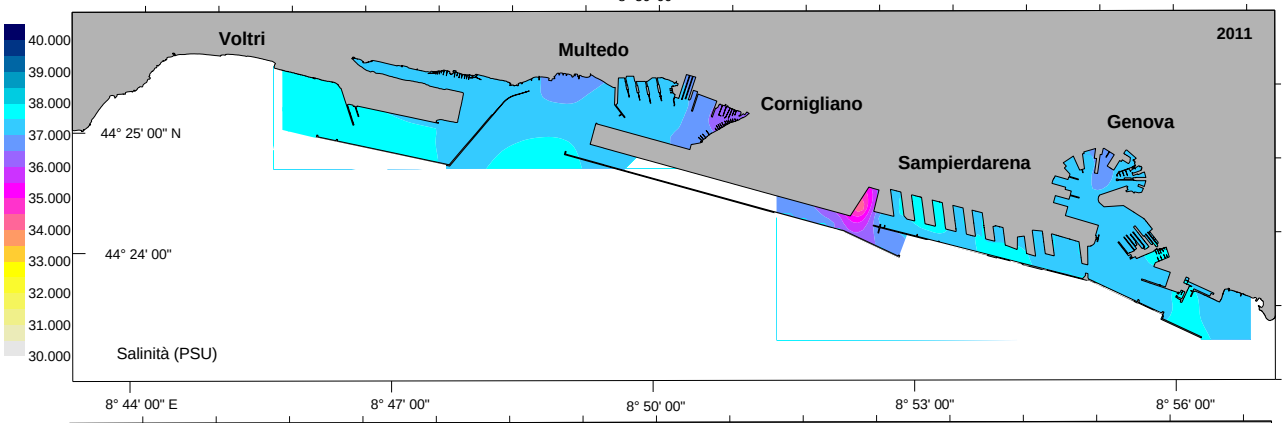
Fig. 3.7 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2011

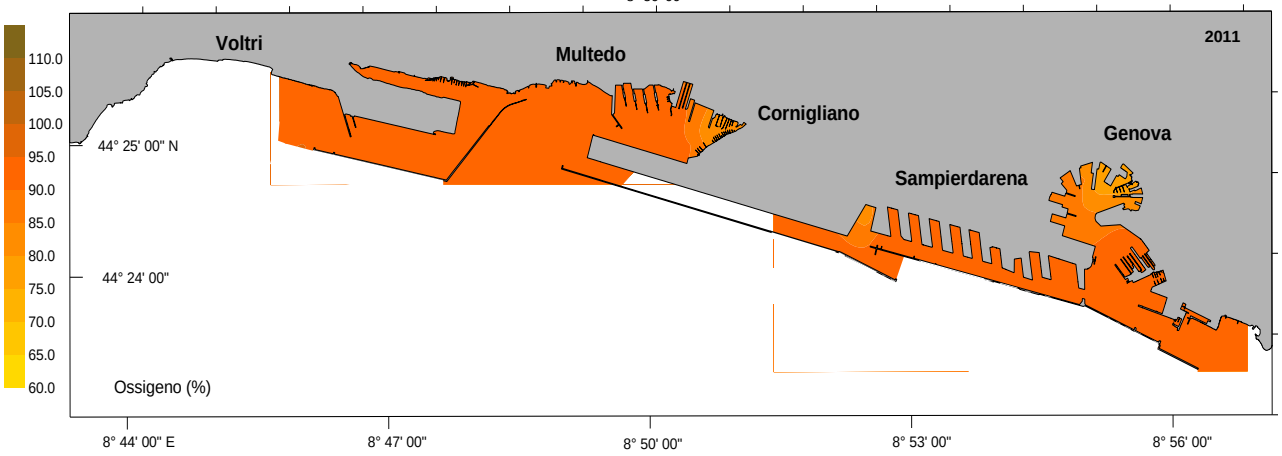
Analizzando la concentrazione di coliformi fecali possiamo evidenziare che:

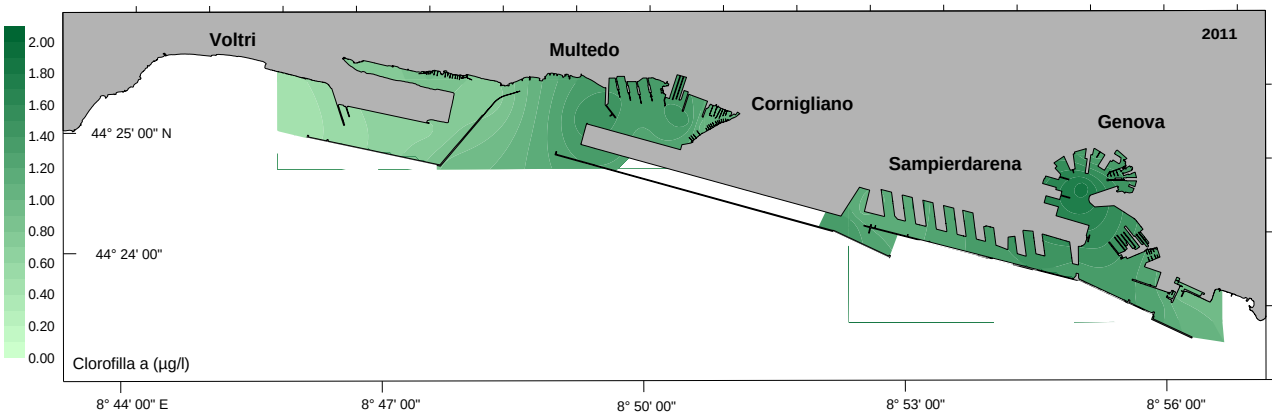
- In inverno le anomalie sono positive in quasi tutta l'area portuale. Fanno eccezione la zona del bacino Voltri e la zona di Punta Vagno che presentano una leggera anomalia negativa.
- In primavera la zona del bacino di Voltri e del canale di Prà, la zona presso la foce del Polcevera e la zona tra Punta Vagno e l'imboccatura del Porto Antico presentano anomalie negative. Al contrario la zona interna del Porto Antico, il canale di Sampierdarena e l'area di Multedo presentano anomalie positive, particolarmente marcate presso la foce del Chiaravagna.
- In estate la zona del Bacino di Voltri e del canale di Prà, e quella della zona di Punta Vagno presentano anomalie leggermente negative. Nelle restanti zone del porto le anomalie sono positive.
- In autunno tutta l'area del porto presenta anomalie negative, fatta eccezione per la zona del Porto Antico dove si notano anomalie positive.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2011 (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).


Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2011
20.00
19.50
19.00
18.50
18.00
17.50
17.00
16.50
16.00
15.50
15.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2011
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2011
110.0
105.0
100.0
95.0
90.0
85.0
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2011
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"

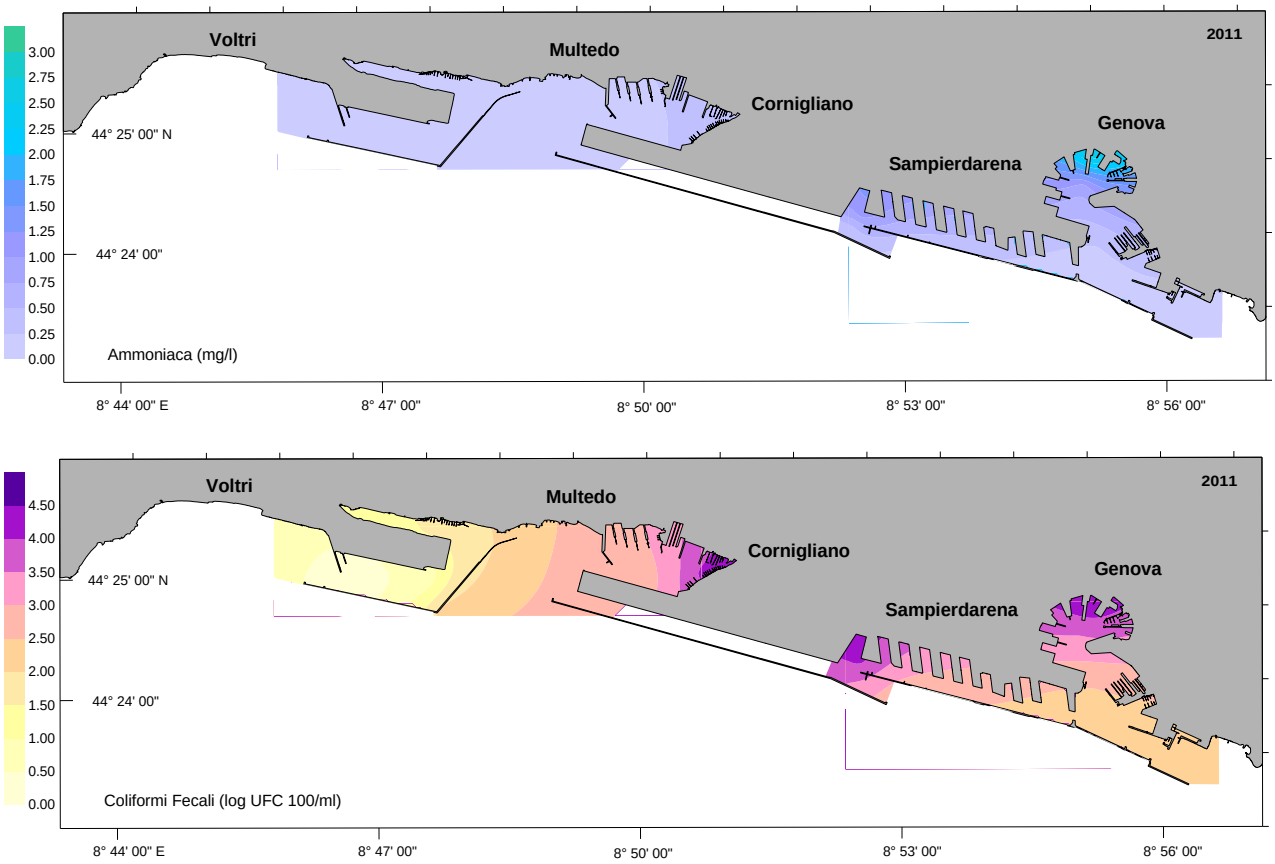


Fig. 3.8 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali.

La distribuzione della temperatura evidenzia, nella Darsena e a Multedo, un gradiente crescente verso le bocche portuali, ad 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 1.50°C rispetto al resto del bacino. Confrontando con i dati dell'anno precedente si nota come l'innalzamento di temperatura in questa zona sia diminuito di circa 1°C.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci e, infatti, i valori minimi si trovano alla foce del Polcevera. Nella zona di Multedo-Voltri i valori più bassi di salinità si trovano alla foce del Chiaravagna e in prossimità del depuratore di Pegli. 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 però come nella zona del Porto

Antico i massimi non si ritrovano in concomitanza dello scarico stesso ma nelle zone limitrofe. Si nota inoltre 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. Non si riscontrano forti differenze con gli anni precedenti.

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.

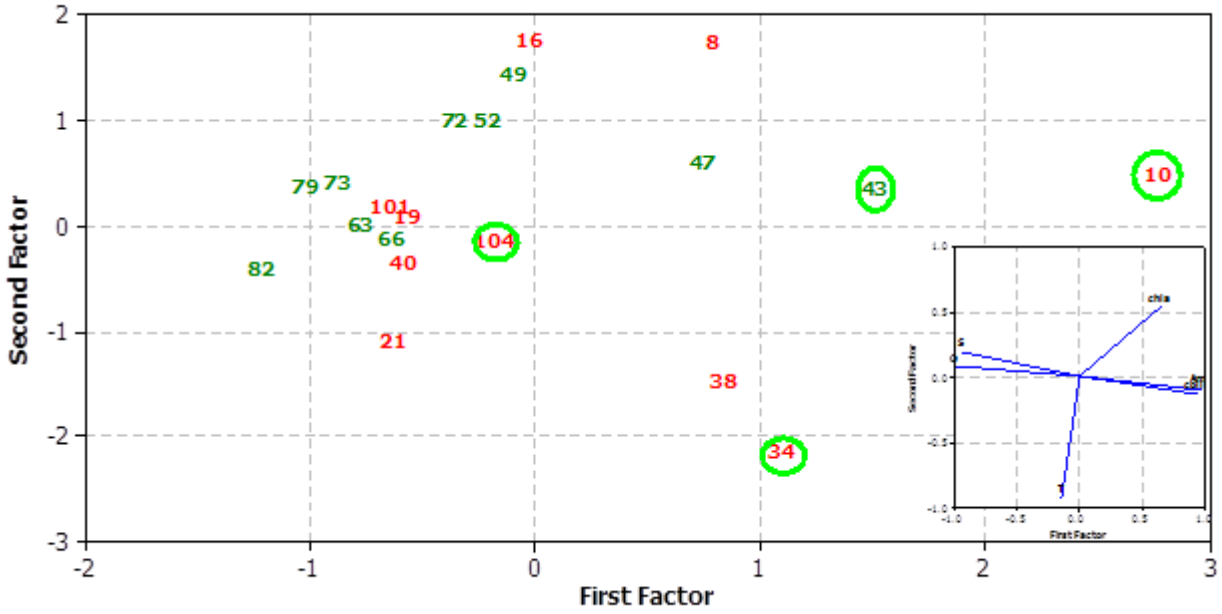


Fig 3.9 Analisi delle componenti principali applicata ai bacini di Genova (rosso) e Multedo-Voltri (verde) per le sole stazioni in cui si eseguono le analisi di ammoniaca e coliformi fecali; sono cerchiati i 4 siti critici.

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 2011, 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 1998-2010) 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).

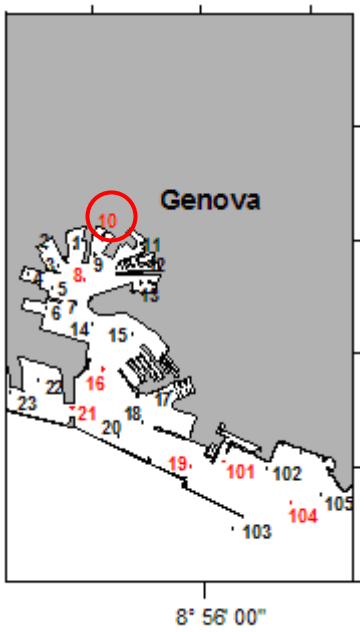


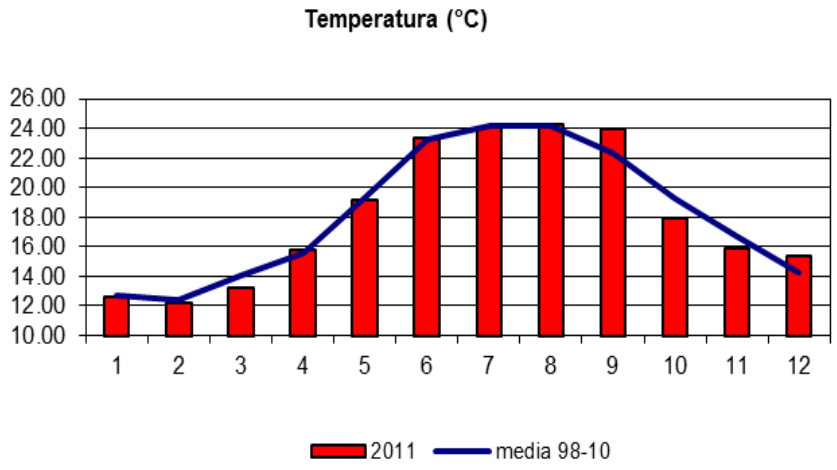
Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

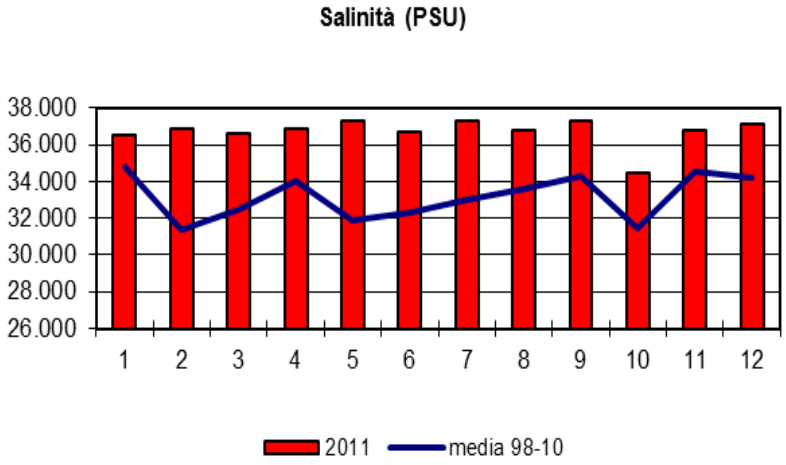
In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2011 si evidenziano i mesi di ottobre e novembre, più freddi, e i mesi di settembre e dicembre, più caldi. Tranne che per il mese di novembre si riscontra però una correlazione con la temperatura atmosferica poiché le anomalie riportate corrispondono a quelle della temperatura atmosferica.
La salinità è compresa tra 34,500 e 37,300 PSU, valori in generale più alti rispetto a quelli medi. Fatta eccezione per il mese di novembre che presenta un'anomalia fortemente positiva, si nota una correlazione tra le salinità sopra la media e l'anomalia delle precipitazioni che è durante tutto l'anno negativa o leggermente positiva.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale nella media, tranne che per i mesi di febbraio, marzo e agosto dove i valori sono sopra la media e i mesi di giugno e ottobre dove i valori sono sotto la media.
La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente più bassa o paragonabile alla media, e soprattutto il picco primaverile-estivo che solitamente caratterizza l'area risulta

ritardato di circa due mesi, e si possono notare valori molto superiori alla media nel mese di agosto.

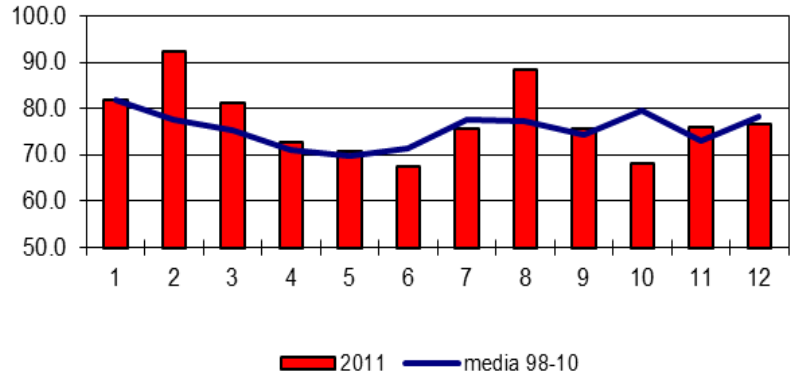
Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, tranne che per i mesi di febbraio, aprile e agosto. Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, giugno e agosto sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). In particolare si segnala il mese di febbraio con concentrazioni molto elevate (152000 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 (104000 MPN/100 ml).

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

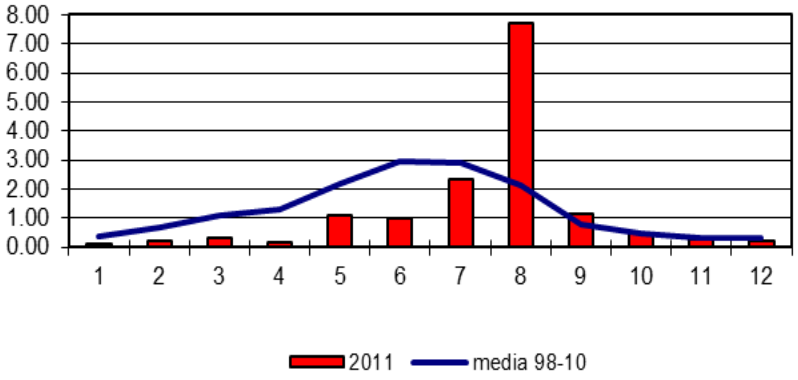




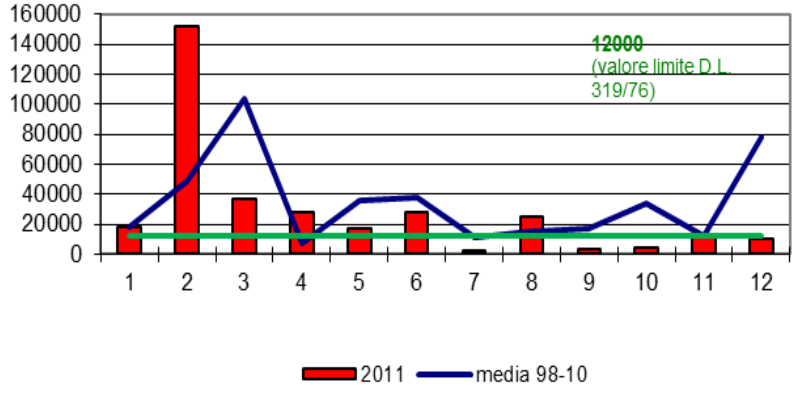
Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



Coliformi fecali (MPN/100 ml)



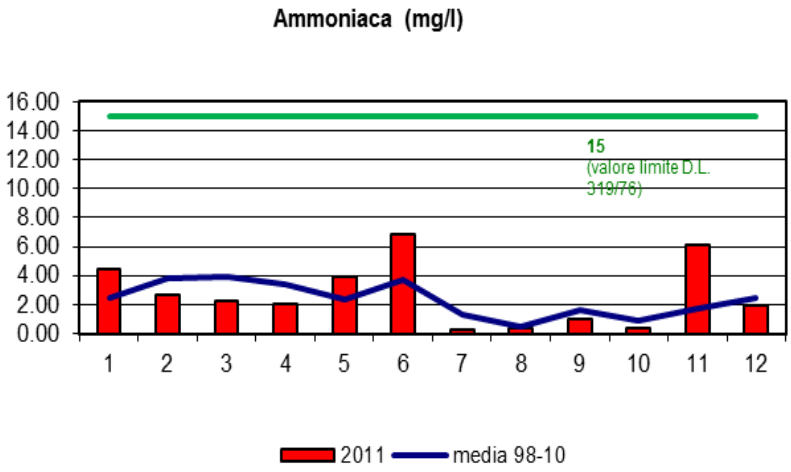


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010 (stazione 10)

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)

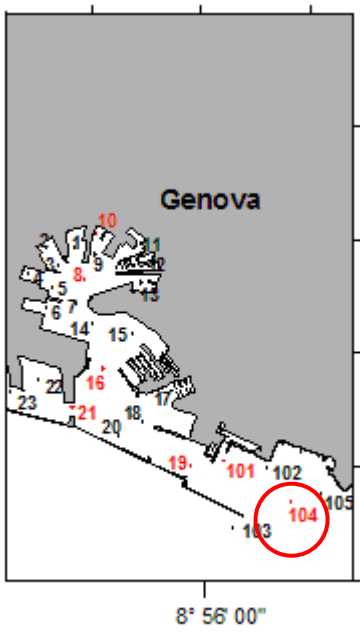
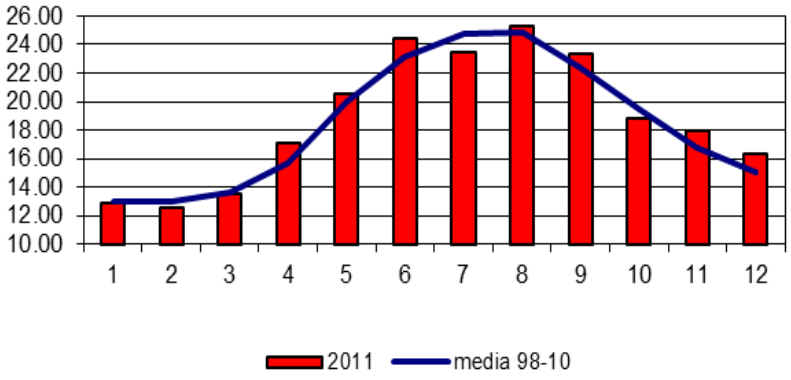


Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 104, posta in prossimità dello scarico del depuratore a Punta Vagno

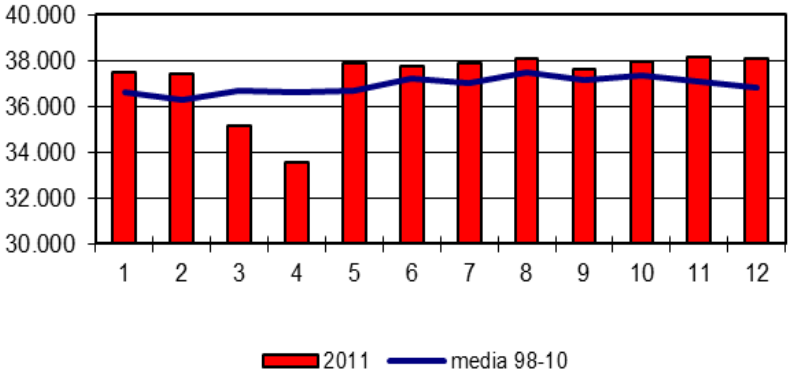
In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo. Solo nel mese di luglio si nota una temperatura di sotto la media, in accordo all'anomalia di temperatura dell'aria.
La salinità è compresa tra 33,500 e 38,100 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni. I mesi di marzo e aprile sono gli unici due che si discostano fortemente dalla media, con valori notevolmente inferiori, anche se non si nota uno stretto accordo con l'andamento delle precipitazioni. Nei restanti mesi i valori sono sempre leggermente maggiori della media storica.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta più elevato rispetto alla media nei primi sei mesi dell'anno; negli ultimi sei mesi presenta valori inferiori alla media. Nei mesi di aprile e ottobre i valori sono paragonabili a quelli medi. La concentrazione della clorofilla a, invece, è sotto la media tranne che nei mesi di maggio, giugno, luglio e settembre, dove si hanno valori superiori alla media. A febbraio i valori sono paragonabili a quelli della media storica. Si evidenzia come l'andamento del 2011 segua il picco primaverile-estivo (maggio-luglio) riscontrato nella media, ma con valori molto più alti.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale ha valori molto inferiori a quelli medi. In nessun campionamento sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).
L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del 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 deciso miglioramento rispetto al passato, basandosi sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali, che conferma l'andamento osservato nel 2009 e nel 2010. 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).

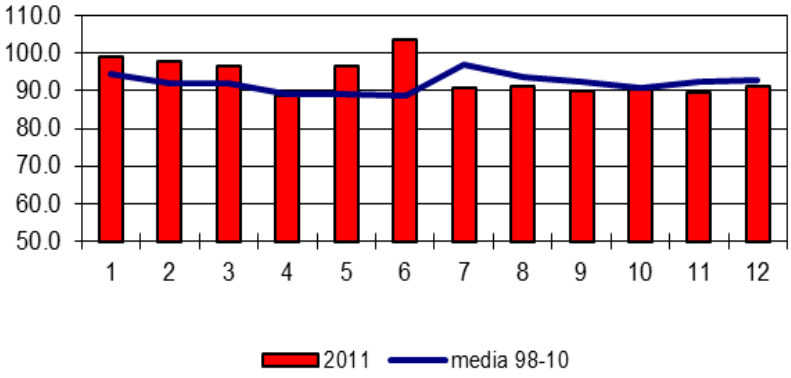
Temperatura (°C)



Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



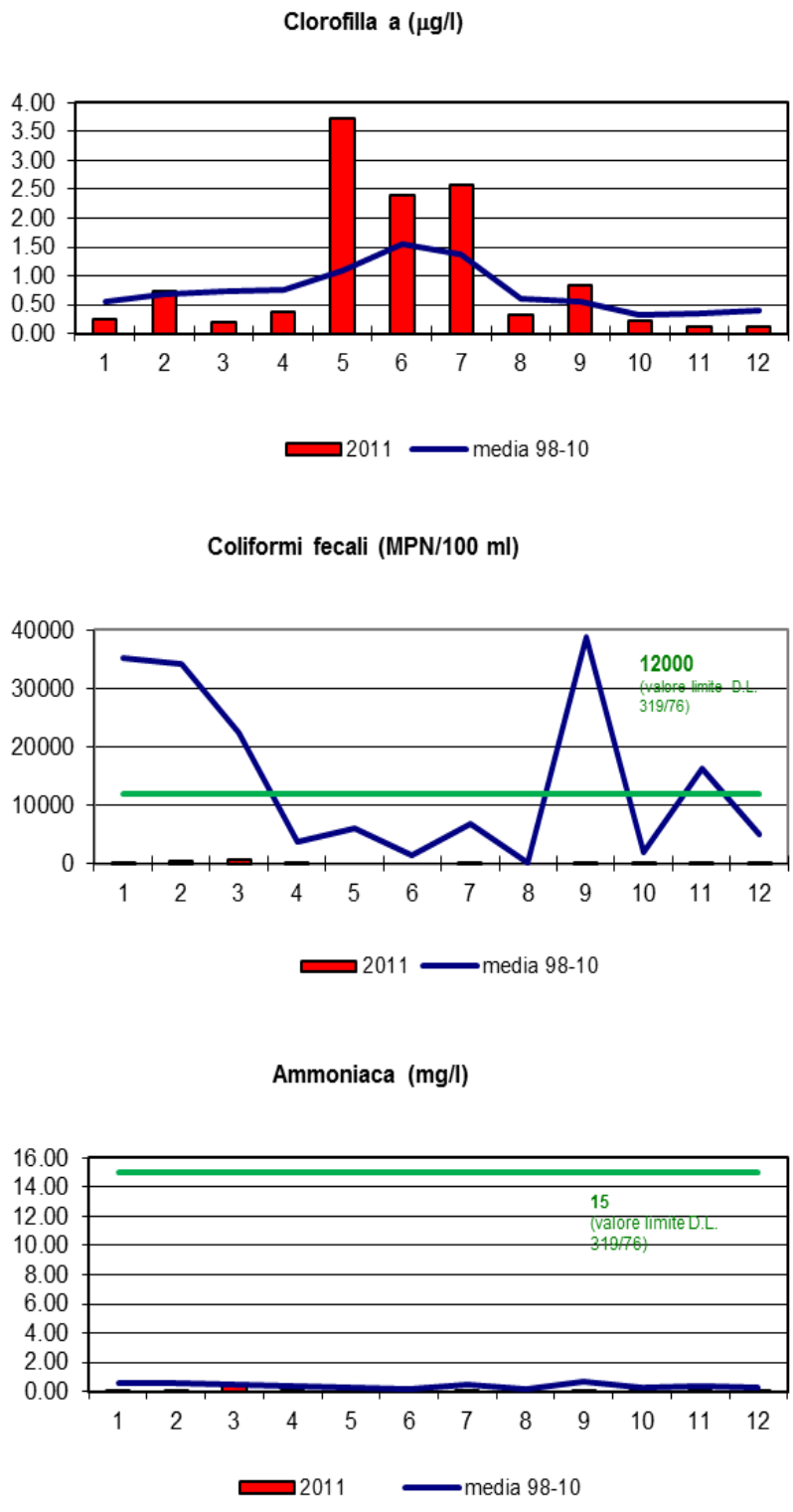


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010 (stazione 104)

Foce del Polcevera

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

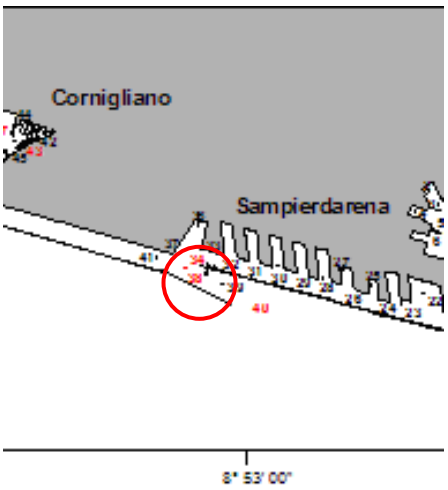
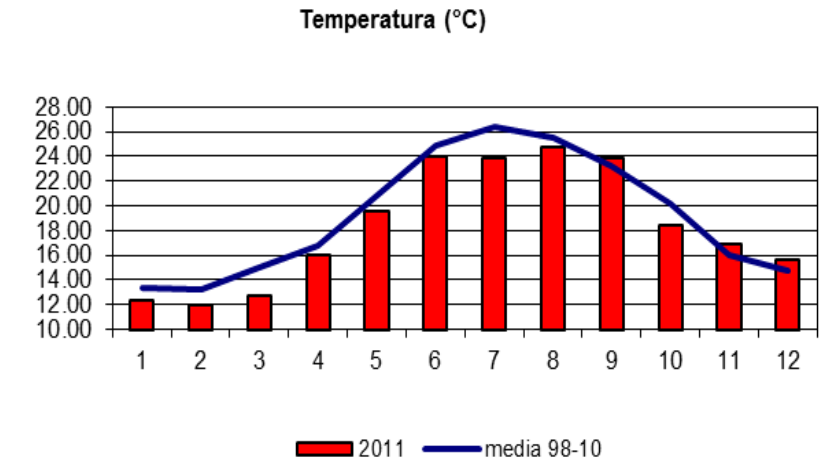


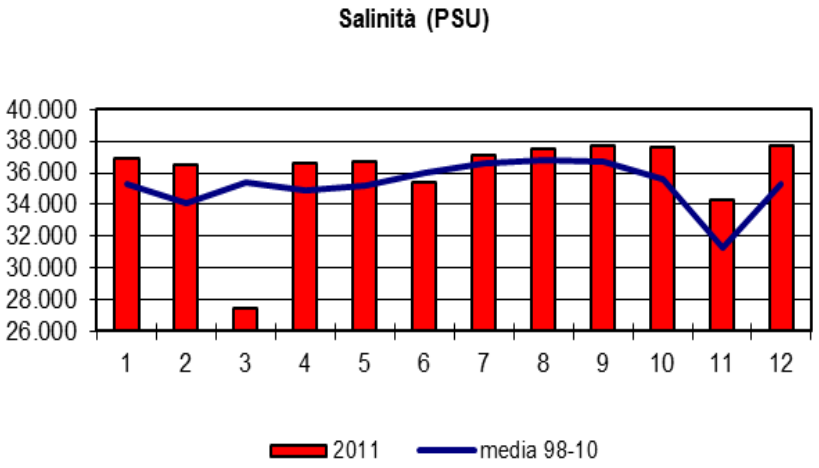
Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2011 si evidenziano temperature più fredde della media, tranne che per i mesi di settembre, novembre e dicembre.
La salinità è compresa tra 27,500 e 37,700 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni e agli scambi di acqua a maggiore salinità con il mare antistante all'imboccatura portuale. Si evidenziano i mesi di marzo e giugno che si discostano dalla media, presentando valori anche molto inferiori alla media. Durante i restanti mesi si riscontrano valori superiori alla media, talvolta anche in maniera significativa. L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre superiore o paragonabile alla media, tranne che nei mesi di novembre e dicembre dove i valori sono inferiori.
La concentrazione della clorofilla a è generalmente inferiore alla media fatta eccezione per i mesi di giugno, luglio e dove risulta essere notevolmente superiore. Il picco presene nella media risulta essere spostato in avanti di circa un mese.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono simili alla media nei mesi di giugno e luglio. Gli unici due mesi che presentano valori notevolmente superiori alla media sono marzo e aprile. I restanti mesi presentano valori inferiori alla media. Il valore limite

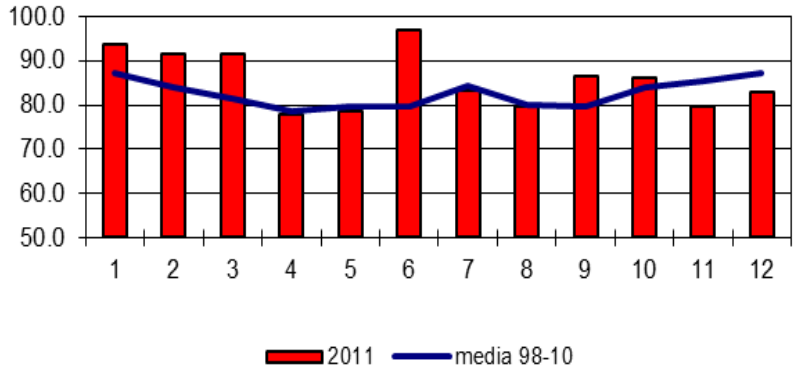
riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml) è stato superato nei mesi di gennaio, marzo, aprile, giugno e luglio.

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

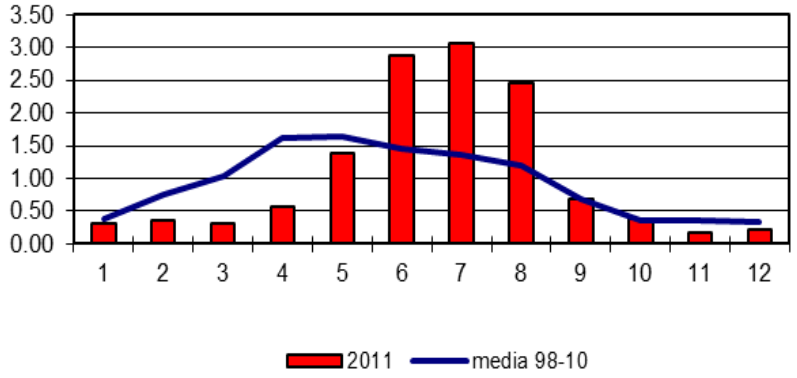




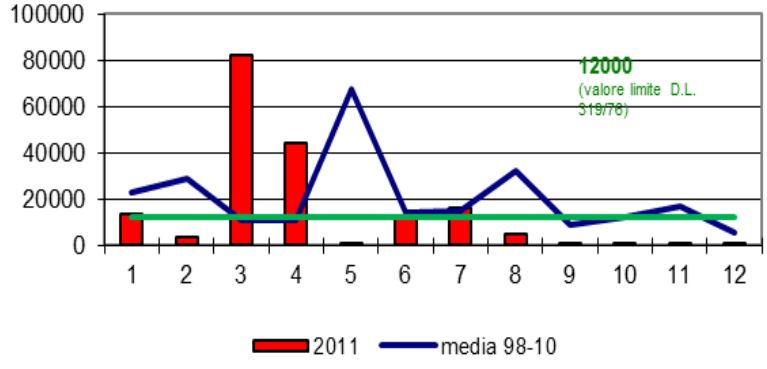
Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



Coliformi fecali (MPN/100 ml)



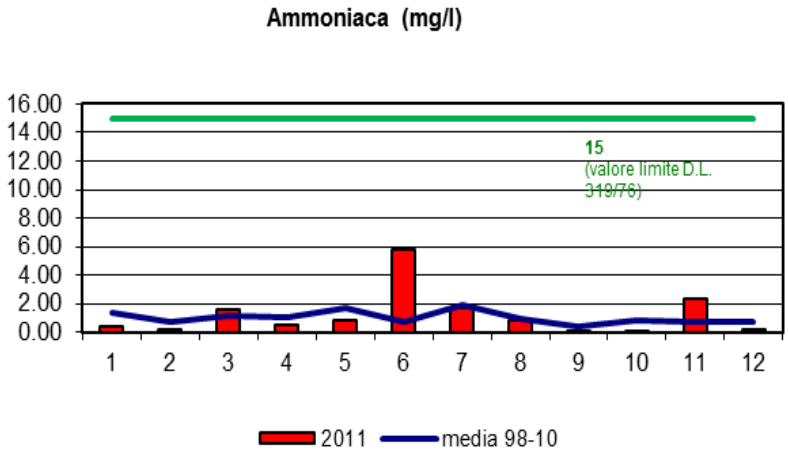


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

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

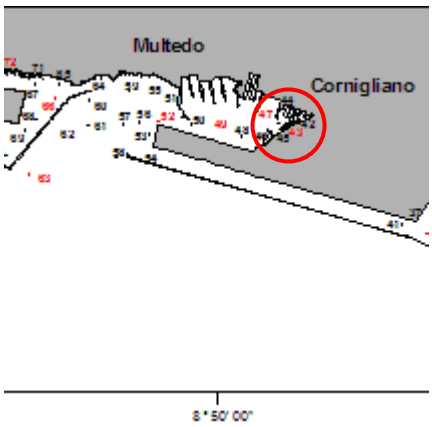


Fig. 3.16 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

In figura 3.17 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali e un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2011 si evidenziano valori di temperatura simili o inferiori alla media storica. I mesi di agosto, settembre e dicembre hanno valori superiori alla media. Soprattutto per settembre e dicembre si nota una buona correlazione con i dati di anomalia della temperatura atmosferica.

La salinità è compresa tra 35,500 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. Si evidenziano i mesi di gennaio e marzo caratterizzati da valori di salinità inferiori alla media. Nei restanti mesi si hanno sempre valori superiori alla media, in maniera più marcata nei mesi primaverili.

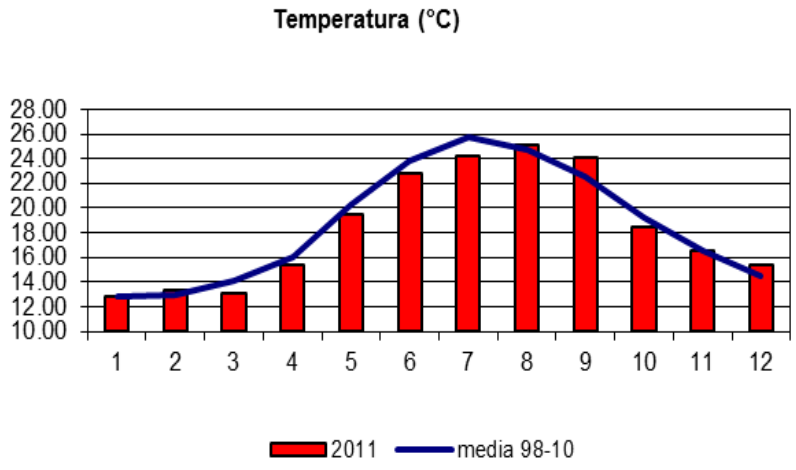
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre simile o più elevato rispetto alla media tranne che per i mesi di giugno, luglio e settembre, dove si riscontrano valori inferiori alla media.

La concentrazione della clorofilla a presenta valori generalmente inferiori alla media, tranne che nei mesi di maggio, agosto e ottobre, dove si riscontrano valori superiori alla media. Il picco presente nella media non corrisponde a quello del 2011che non presenta un vero e proprio picco, anche se si possono notare valori maggiori nei mesi primaverili-estivi.

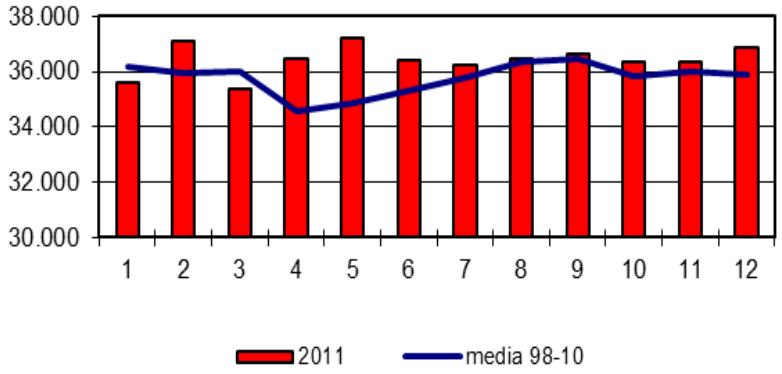
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono per la maggior parte dei mesi decisamente inferiori rispetto alla media. Si discostano i mesi di febbraio e aprile che presentano concentrazioni superiori alla media. I mesi in cui è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml) sono quelli di gennaio, febbraio, aprile e giugno.

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

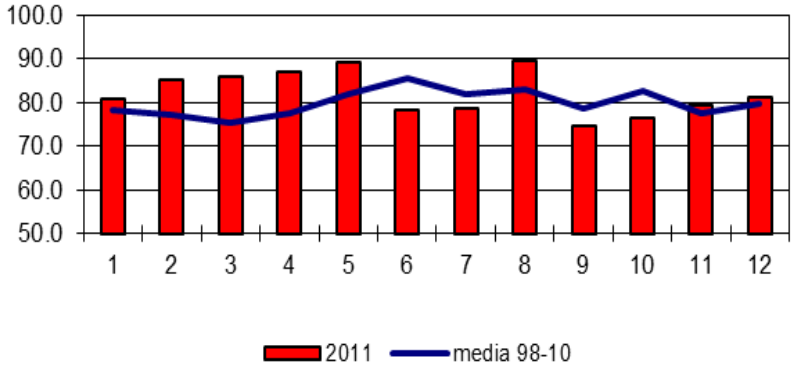
Alla foce del Chiaravagna si è continuato a riscontrare un miglioramento rispetto al passato, come già riscontrato negli ultimi anni, basandosi sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali.



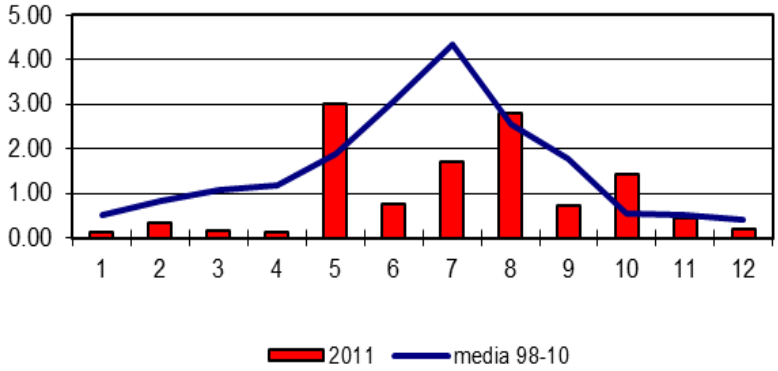
Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



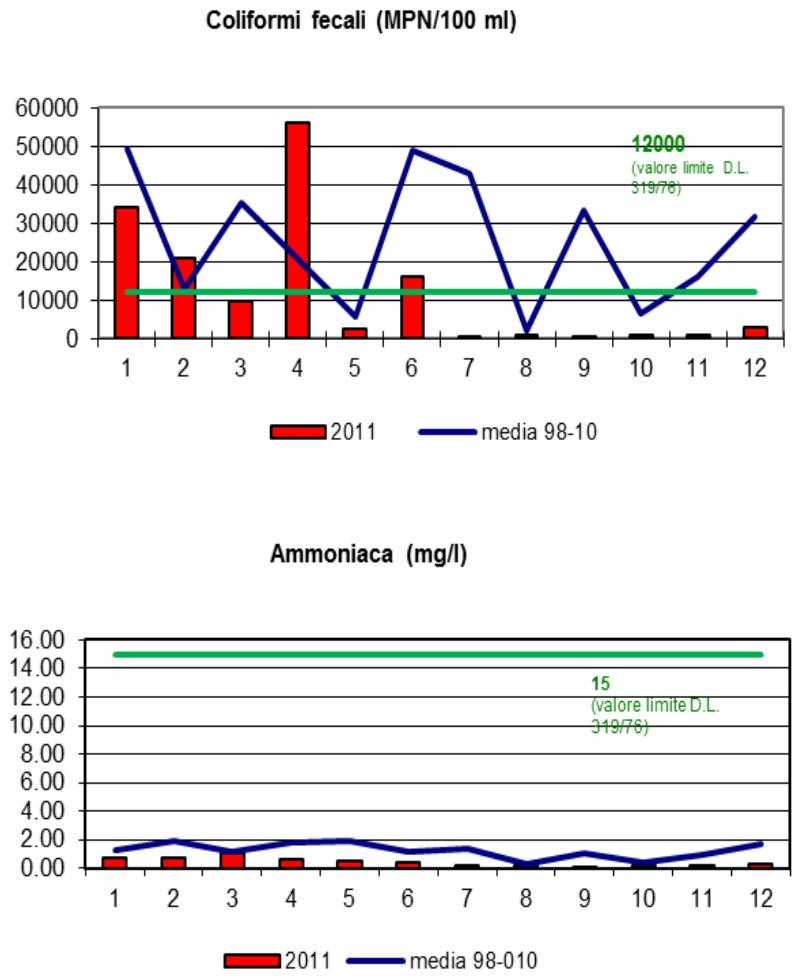


Fig. 3.17 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2011 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2010 (stazione 43)

3.3.1 Mann-Kendall Test

Sulle serie dei dati 1998-2011 (medie annuali) delle quattro aree considerate critiche è stata effettuata 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 un aumento della percentuale dell'ossigeno disciolto. 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.

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 2011 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 ed estivi è stata inferiore alla media mentre nei mesi primaverili e autunnali è risultata superiore. 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 1.50 °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 2011 è stato caratterizzato per quasi tutto l'anno da precipitazioni simili o inferiori alla media, fatta eccezione per pochi mesi con precipitazioni superiori alla media. L'andamento della salinità nei bacini ha in parte seguito quello delle precipitazioni: si sono riscontrate salinità meno elevate nella stagione invernale e superiori in primavera e autunno. In estate si sono riscontrati valori simili a quelli medi, fatta eccezione per alcune zone confinate.

- 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 2011 le concentrazioni di ossigeno disciolto sono state in generale superiori alla media in inverno e primavera, a parte alcune zone confinate, 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 2011 le concentrazioni di clorofilla-a sono state vicine alla media in tutta la zona portuale nel periodo invernale e autunnale. In primavera ed estate l'anomalia è positiva.
- L'ammoniaca ha presentato in generale concentrazioni inferiori agli anni precedenti. In corrispondenza degli scarichi da terra in inverno, primavera e autunno si registrano valori superiori alla media.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è risultata essere piuttosto variabile, sia nel tempo sia nello spazio. Si sono riscontrati 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 di Multedo.

La classificazione dei siti determinata dall'analisi statistica multivariata compiuta sul set di dati 1998-2010 risulta valida anche per il 2011 ed ha evidenziato alcune aree "critiche" all'interno dell'area portuale.

In base a 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 2011 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2010). 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 al di sotto del valore limite di legge. Si è notato inoltre un generale aumentato delle concentrazioni di ossigeno disciolto. Queste considerazioni sono supportate dai risultati ottenuti applicando ai dati delle zone critiche il test di Mann-Kendall per verificare la presenza di trend.

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

Fabiano M., Marrale D., Misic C., (2003). Bacteria and organic matter dynamics during a bioremediation
treatment of organic-rich harbour sediments. Marine Pollution Bulletin 46(9): 1164-1173.

Gallizia I, Vezzulli L. and Fabiano M., (2005). Evaluation of different bioremediation protocols to enhance
decomposition of organic polymers in harbour sediments. Biodegradation, 16(6), 569-579.

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/

MEDITERRANEA DELLE ACQUE

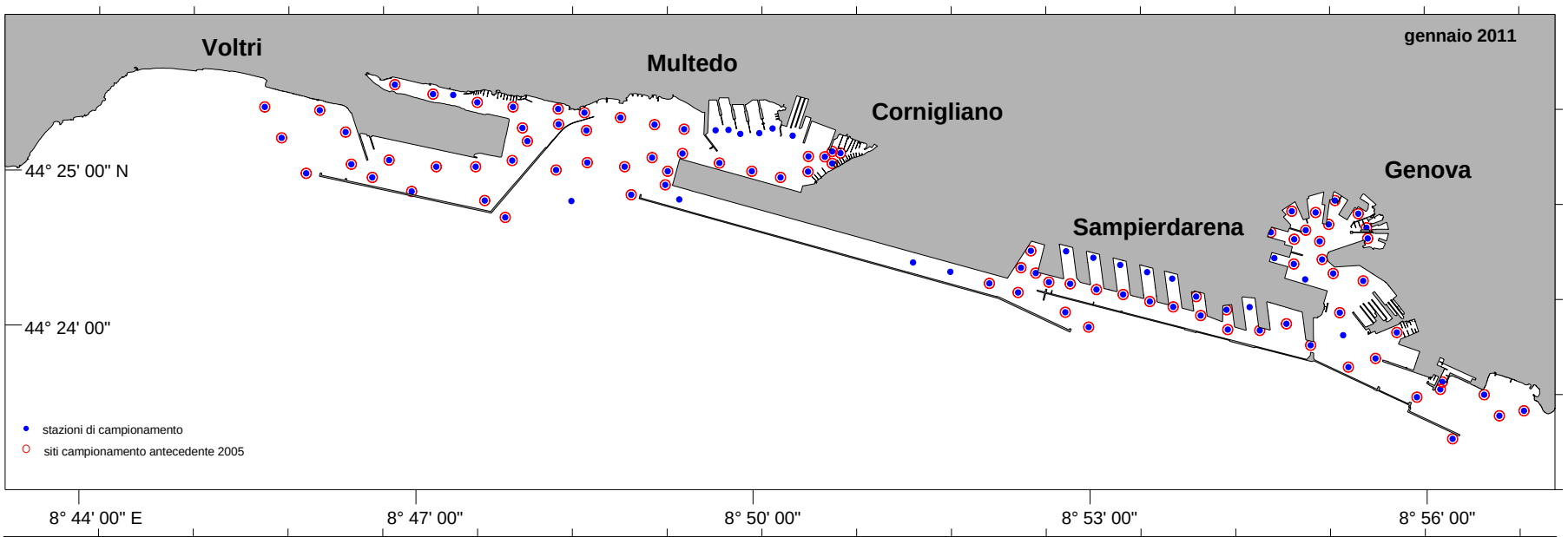
http://www.mediterraneadelleacque.it/comunicati_stampa_det

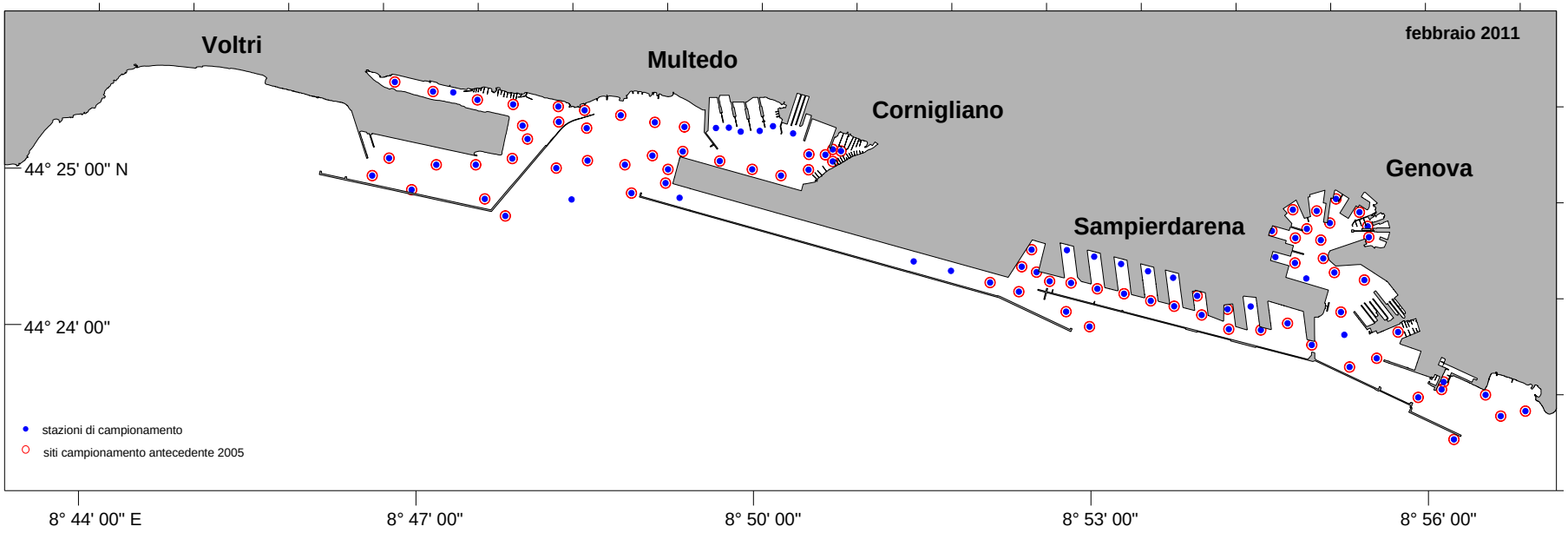
Povero P., Ruggieri N., Misic C., Castellano M., Rivaro P., Conio O., Derqui E., Maggi S., Fabiano M., (2005). Port of Genoa. LOICZ Report & Studies No. 28, 1-157 pages, LOICZ, Texel, the Netherlands.

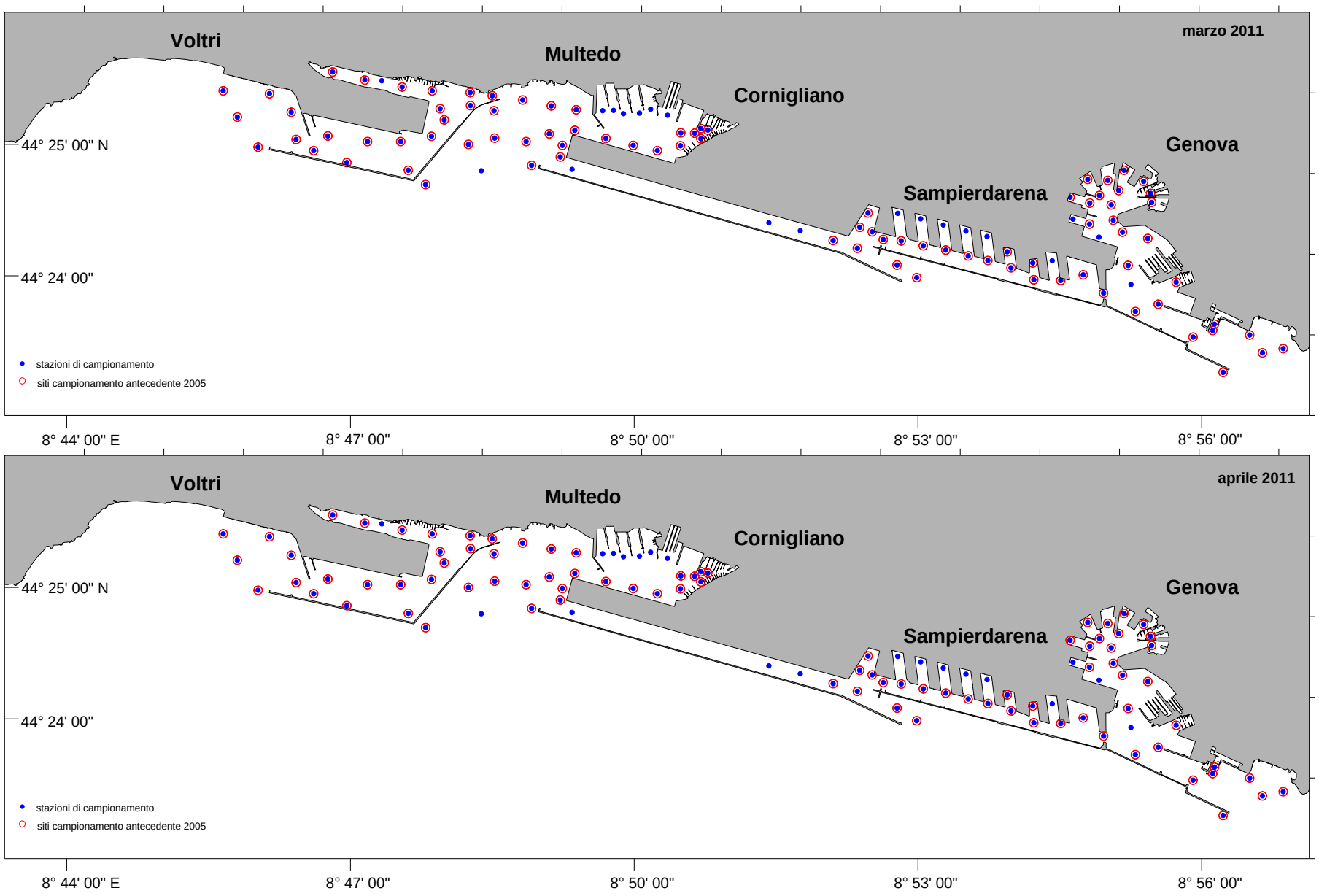
Ruggieri N., Castellano M., Capello M, Maggi S., Povero P. (2011). Seasonal and spatial variability of water quality parameters (Port of Genoa). Marine Pollution Bulletin 62, 340–349

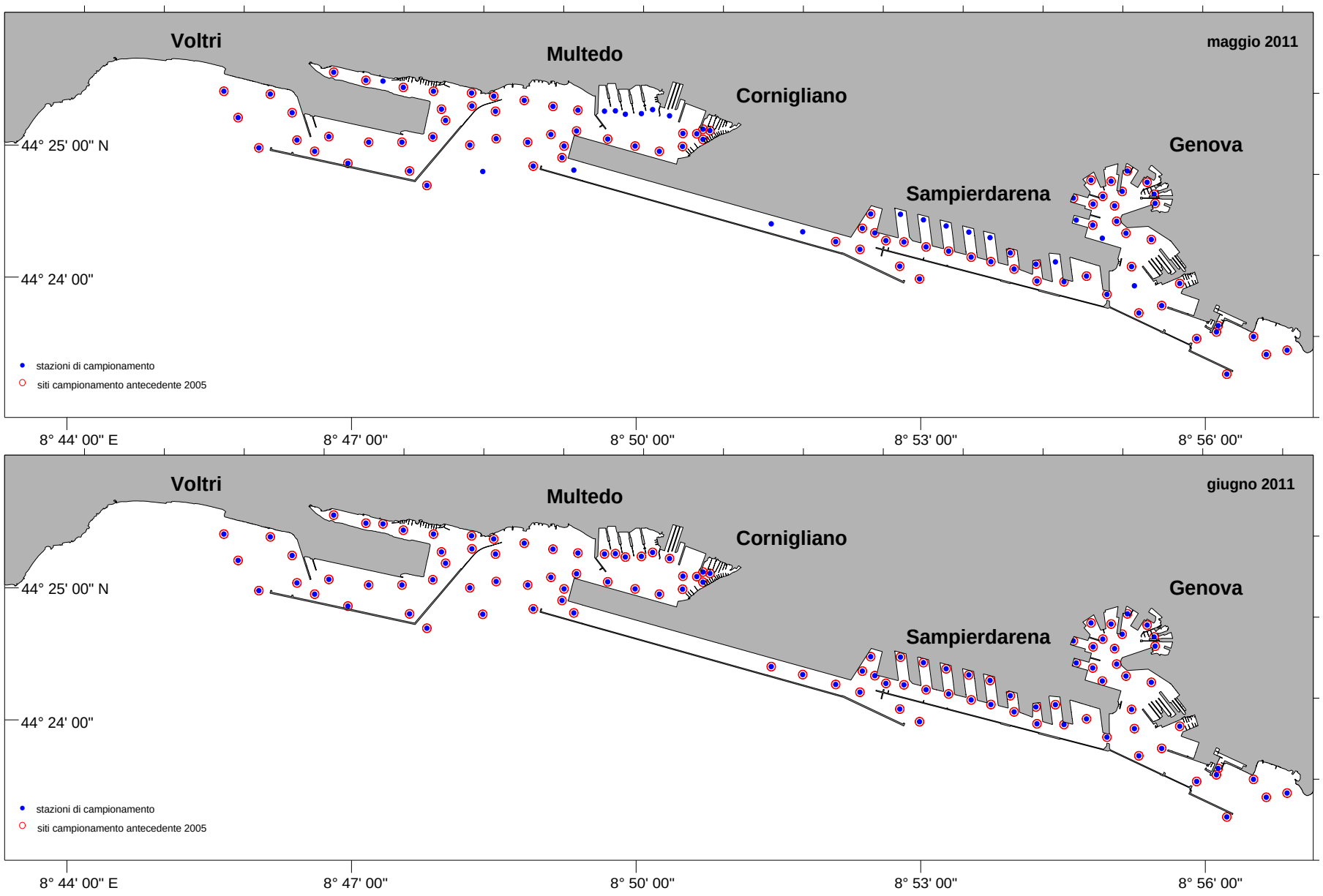
Ruggieri N., Castellano M., Taruffi M., Fabiano M., . Misic C., Maggi S., Povero P., (2005). Water and Nutrients Budget in a Semi-enclosed area of the coastal Ligurian Sea: the Port of Genoa. LOICZ II Inaugural Open Science Meeting, Egmond aan Zee, Netherlands, 27-29 June.

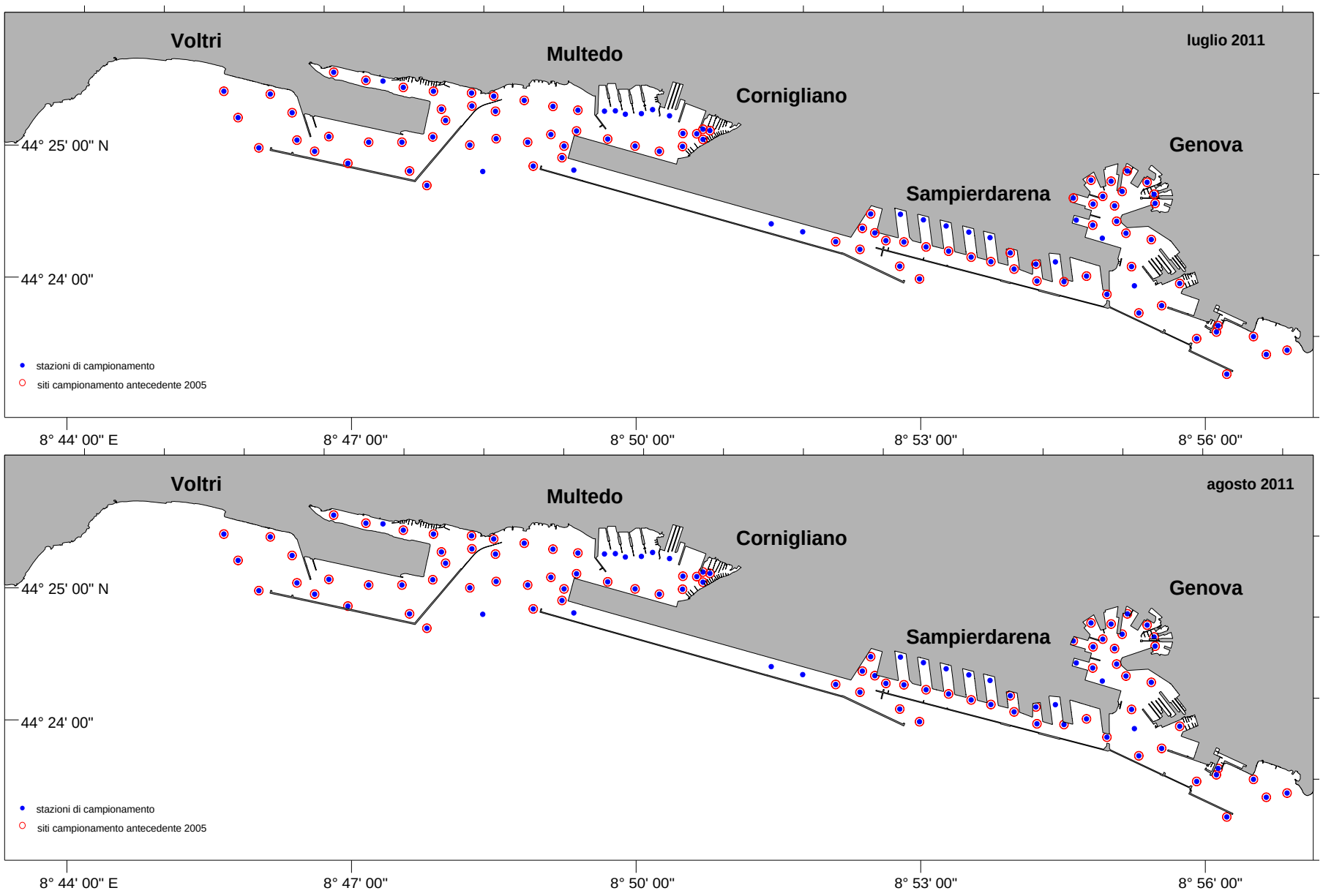
APPENDICE 1

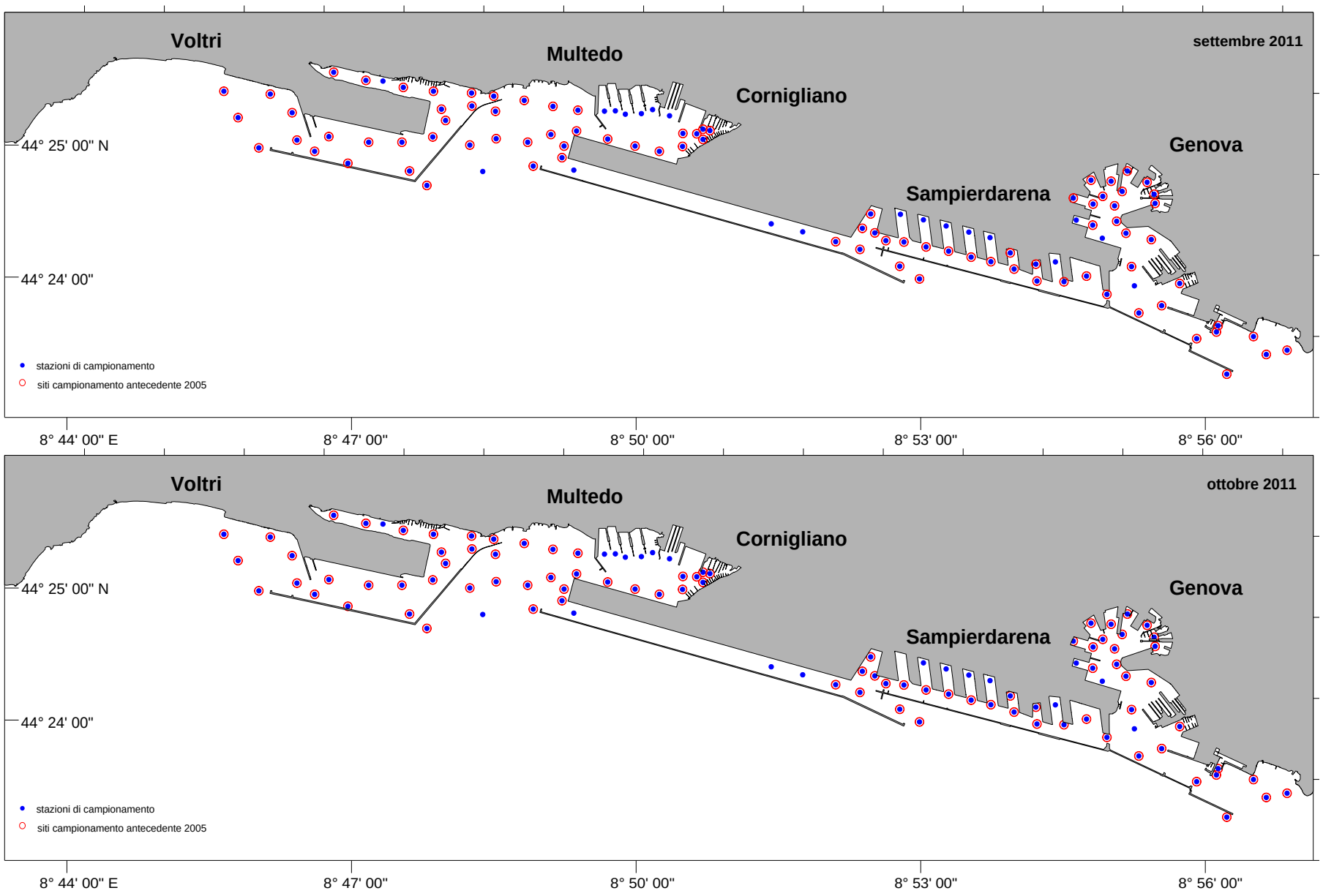

gennaio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

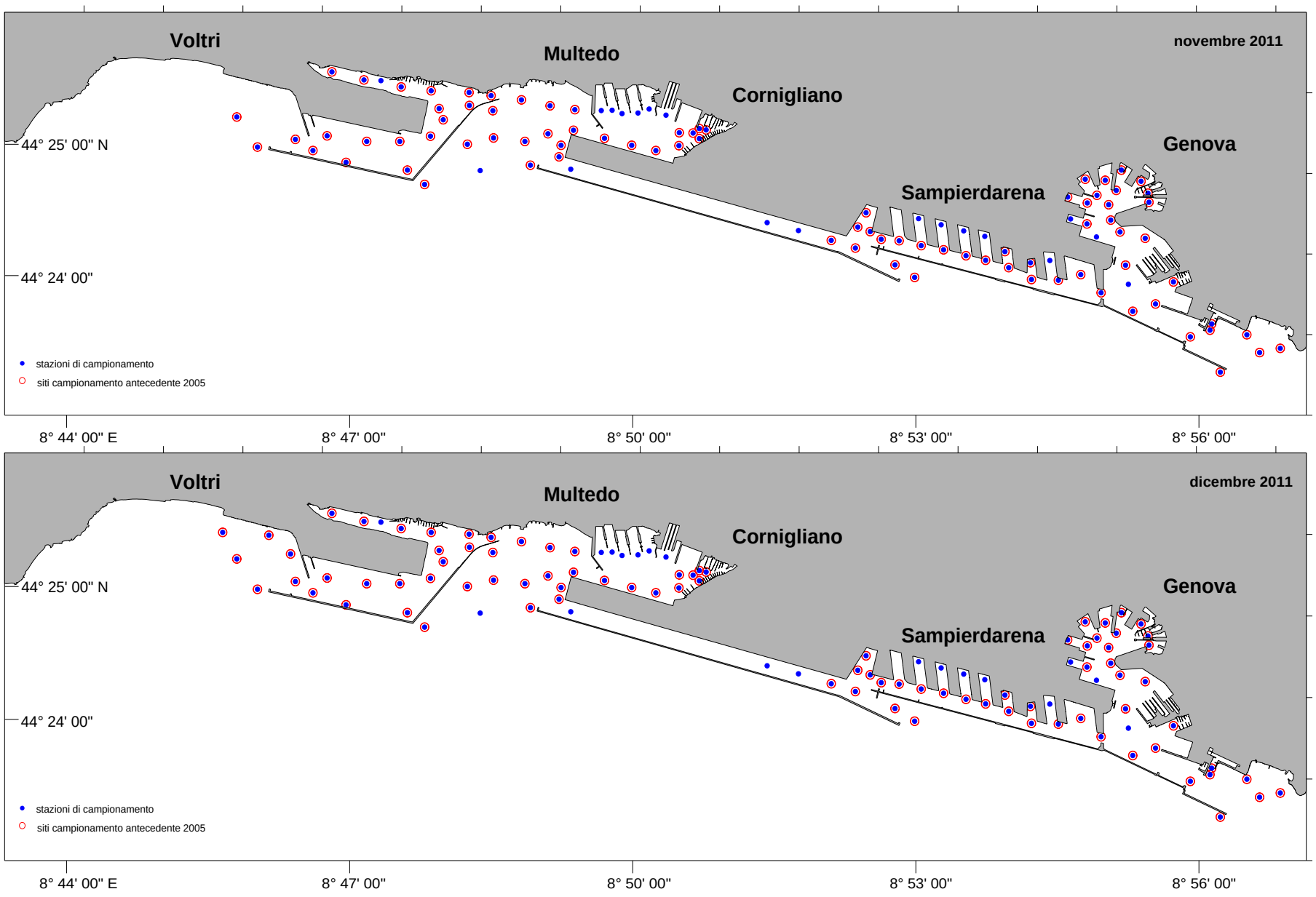

febbraio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

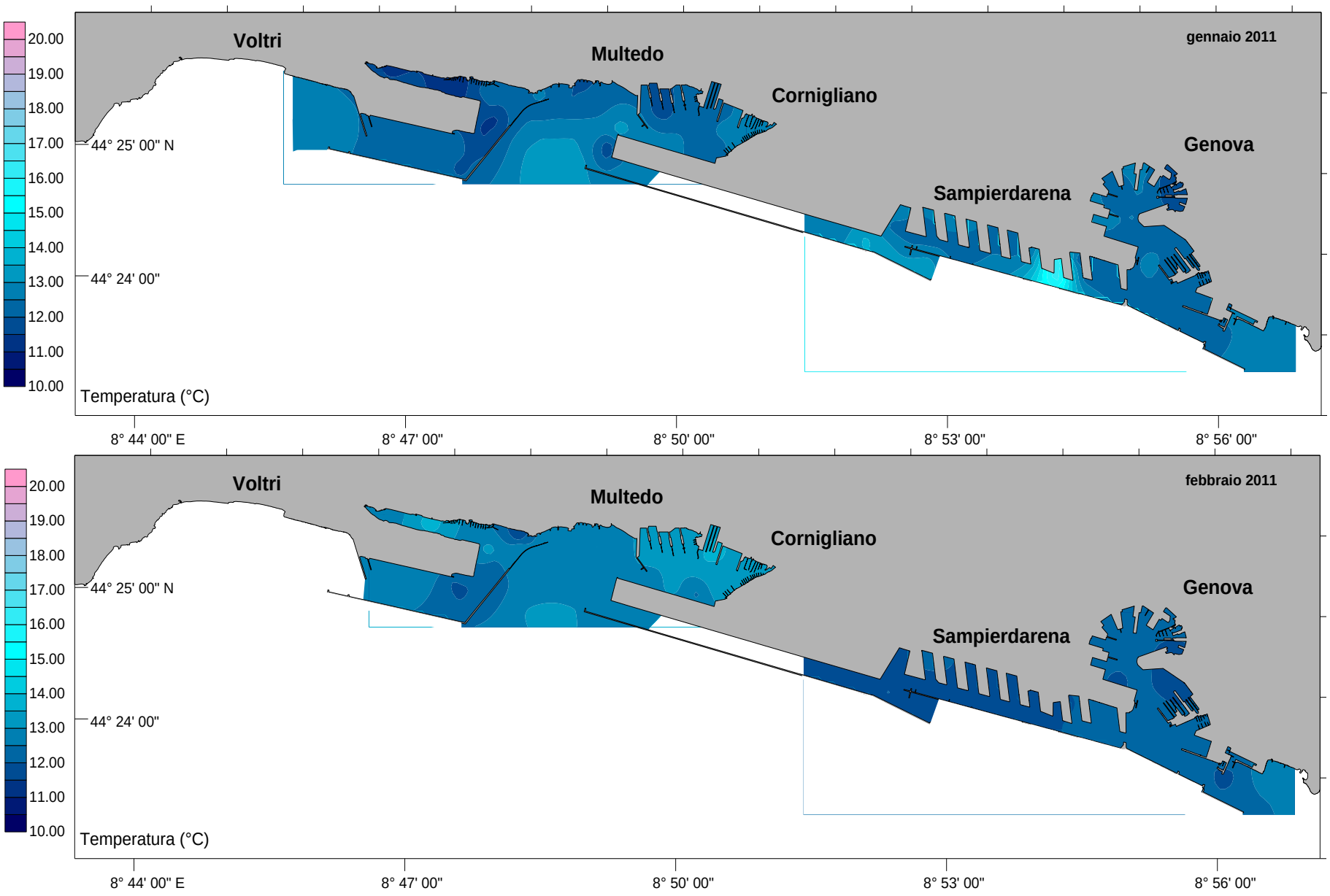

marzo 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

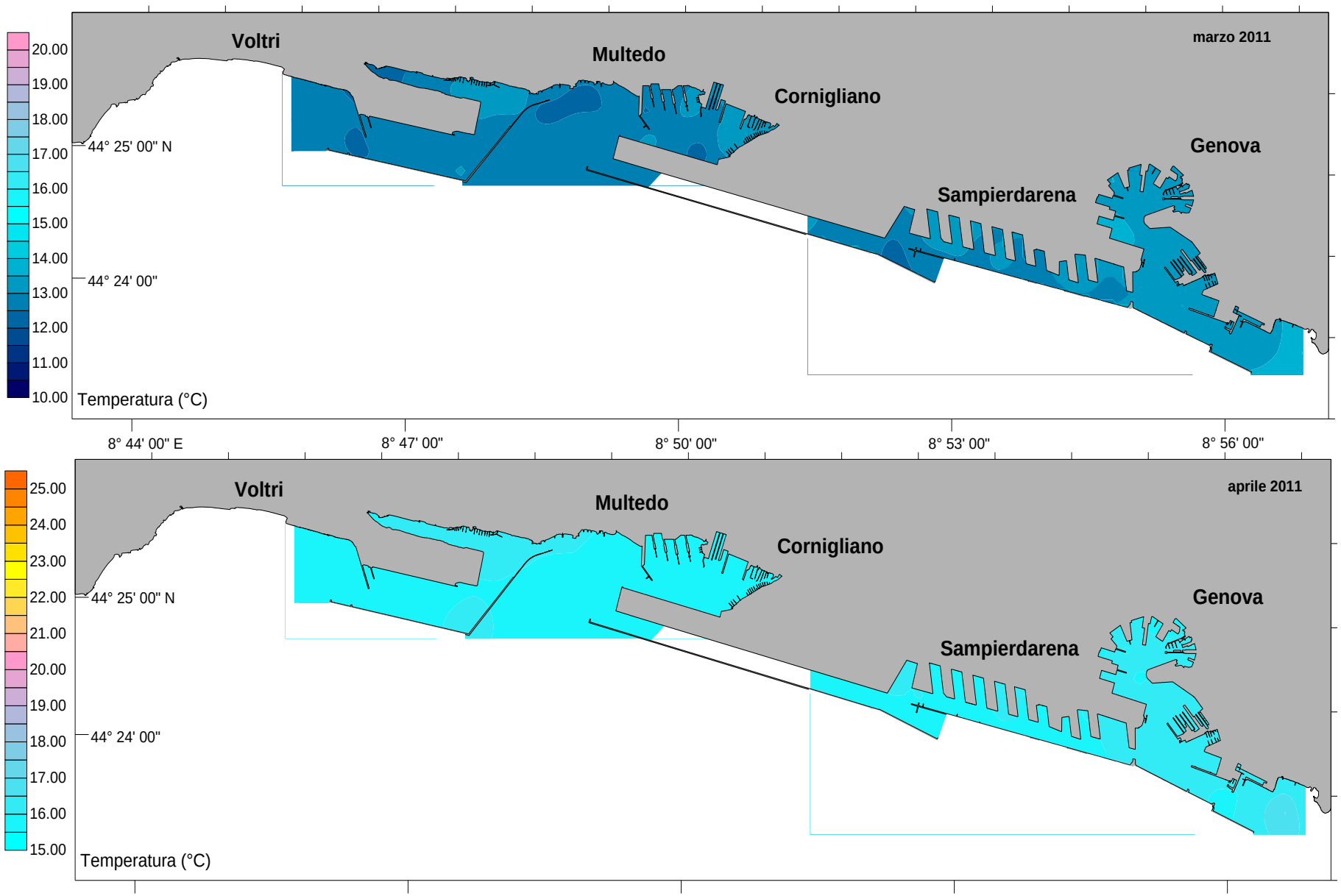

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

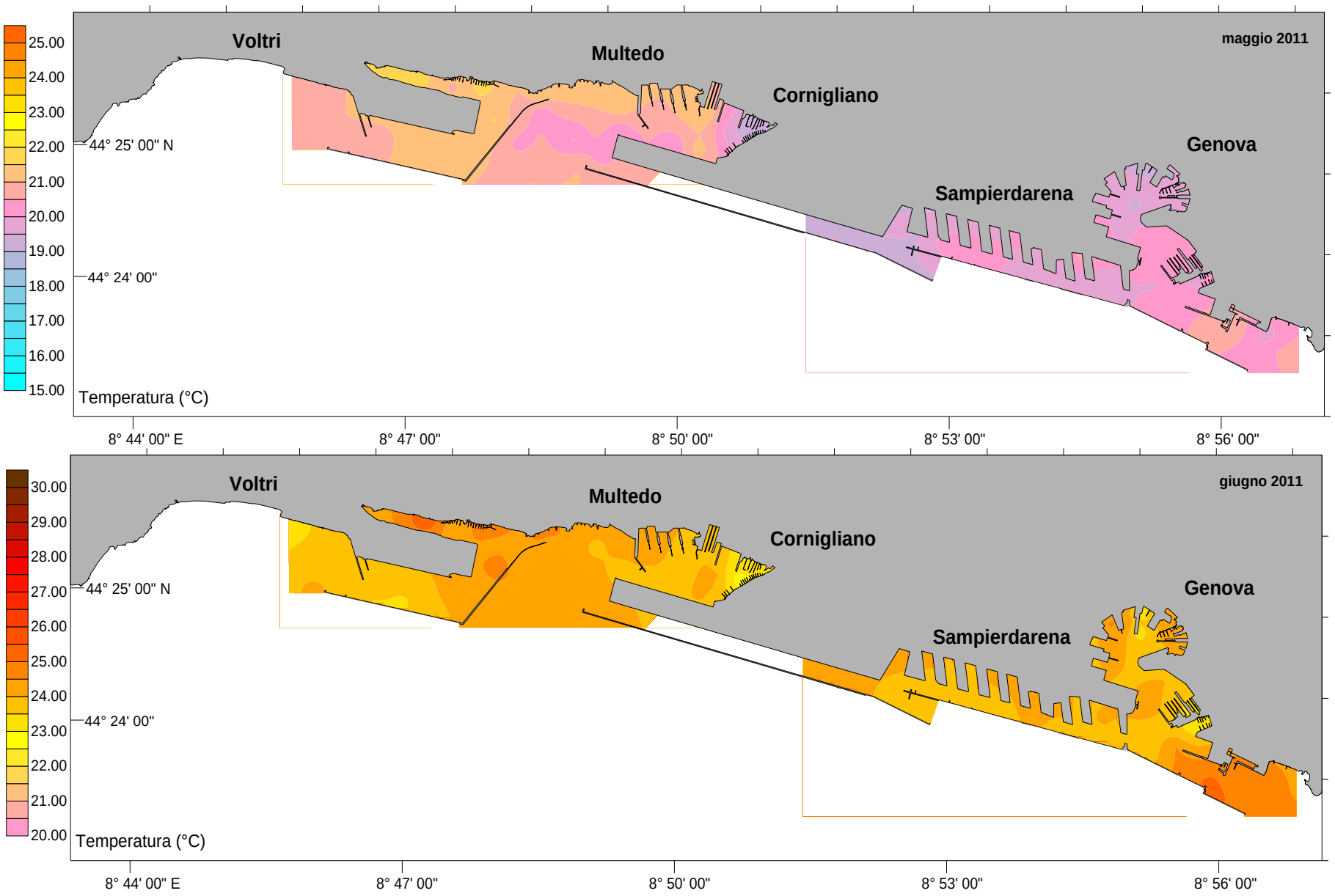

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

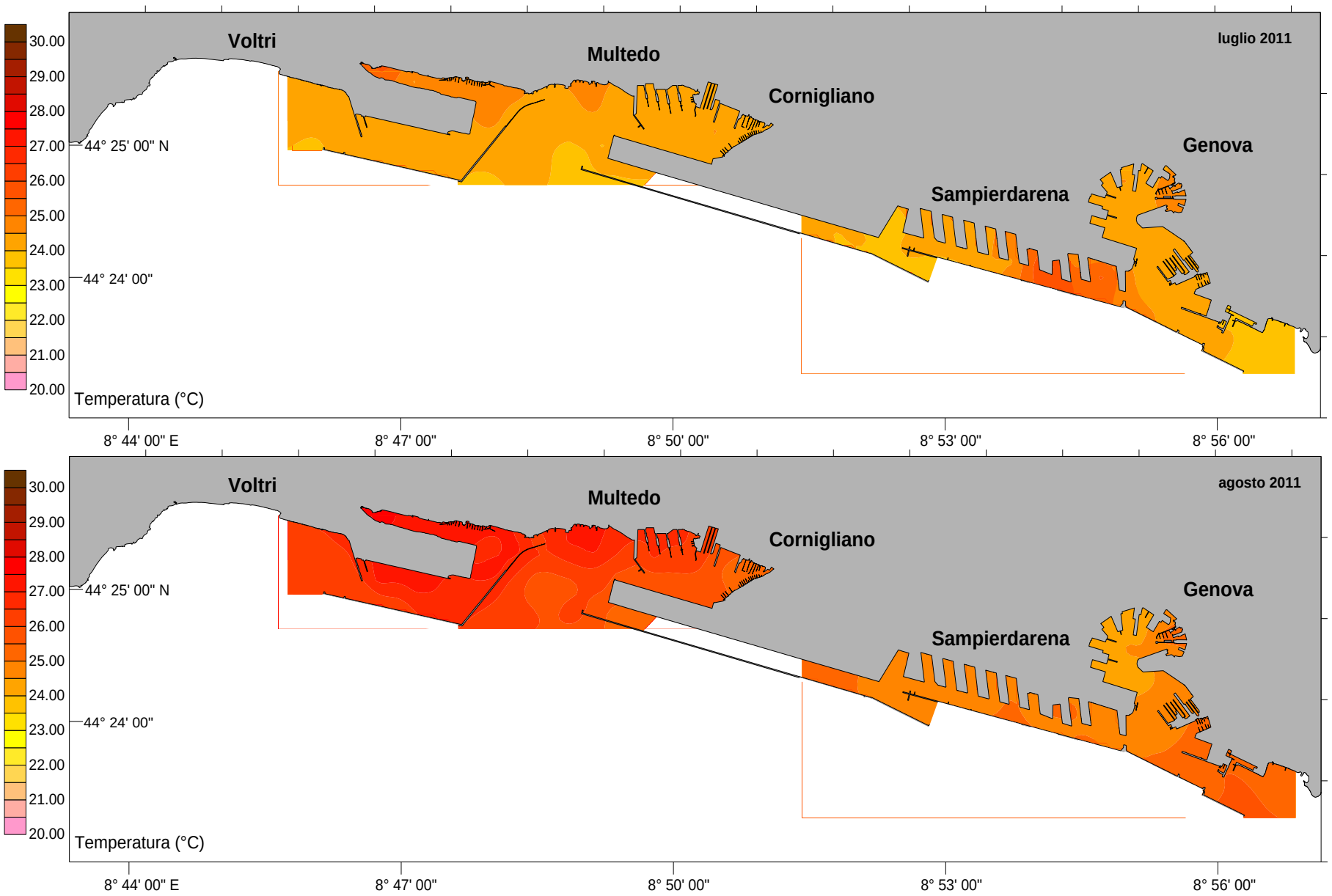

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

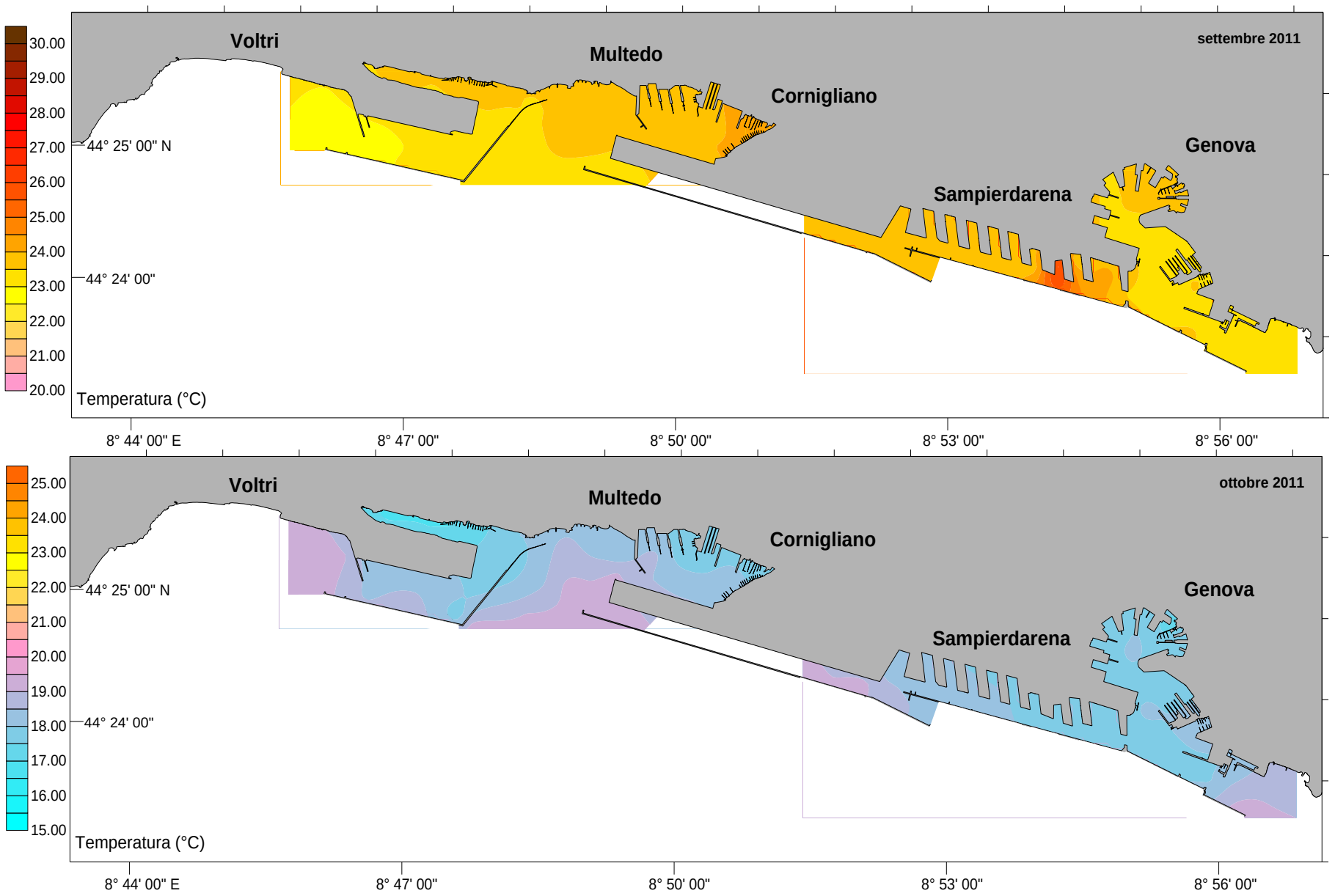

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

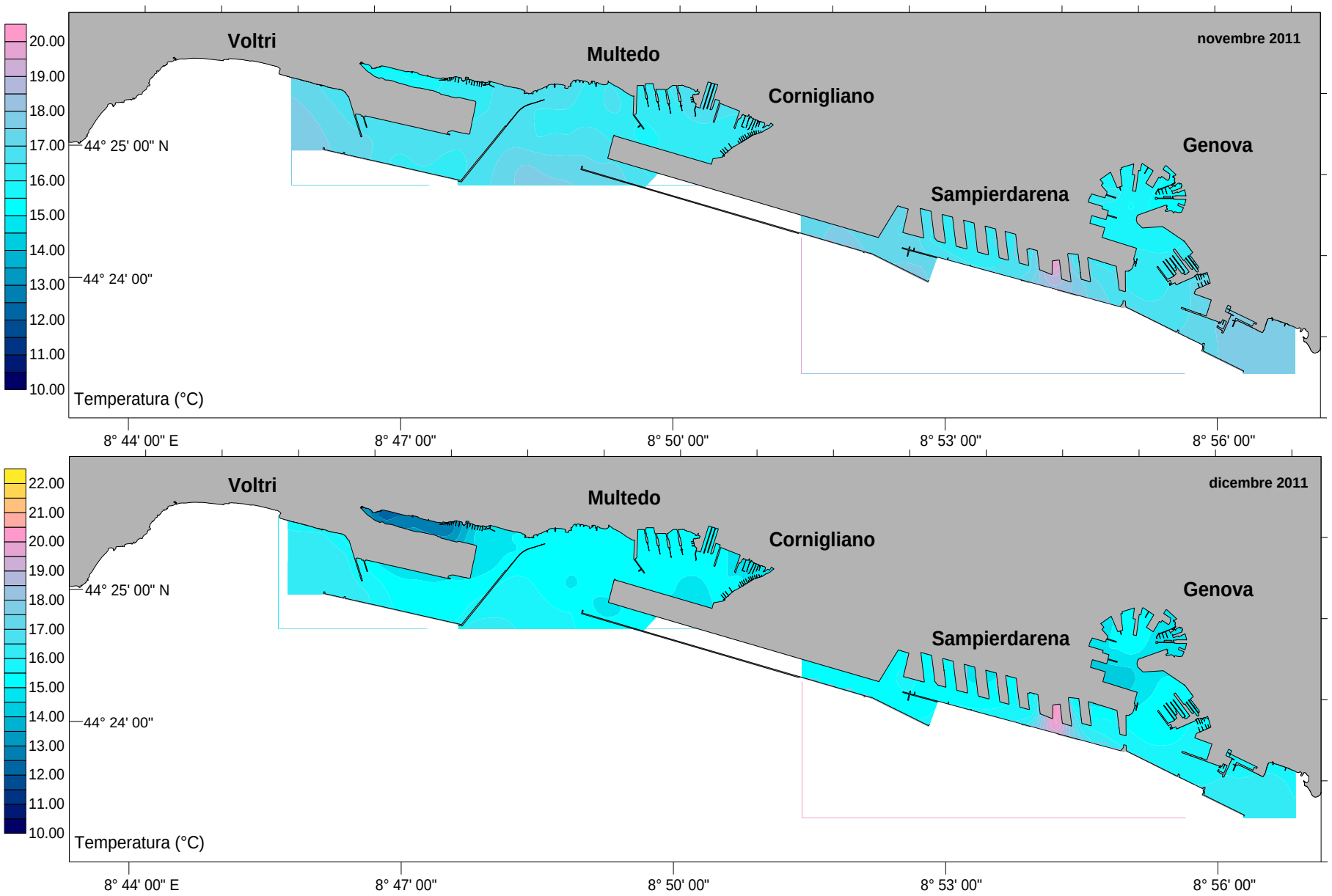

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

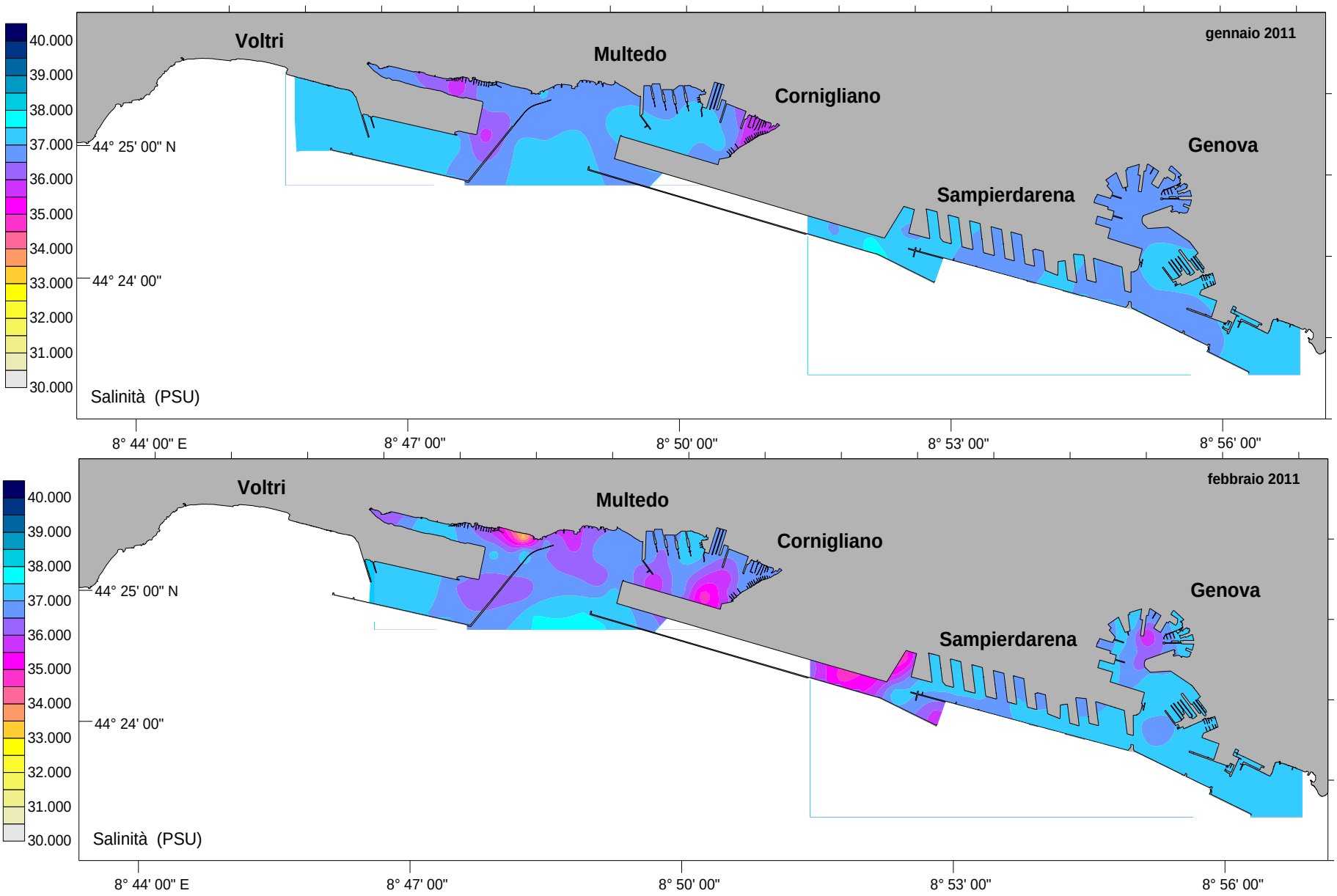

marzo 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
25.00
24.00
23.00
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"

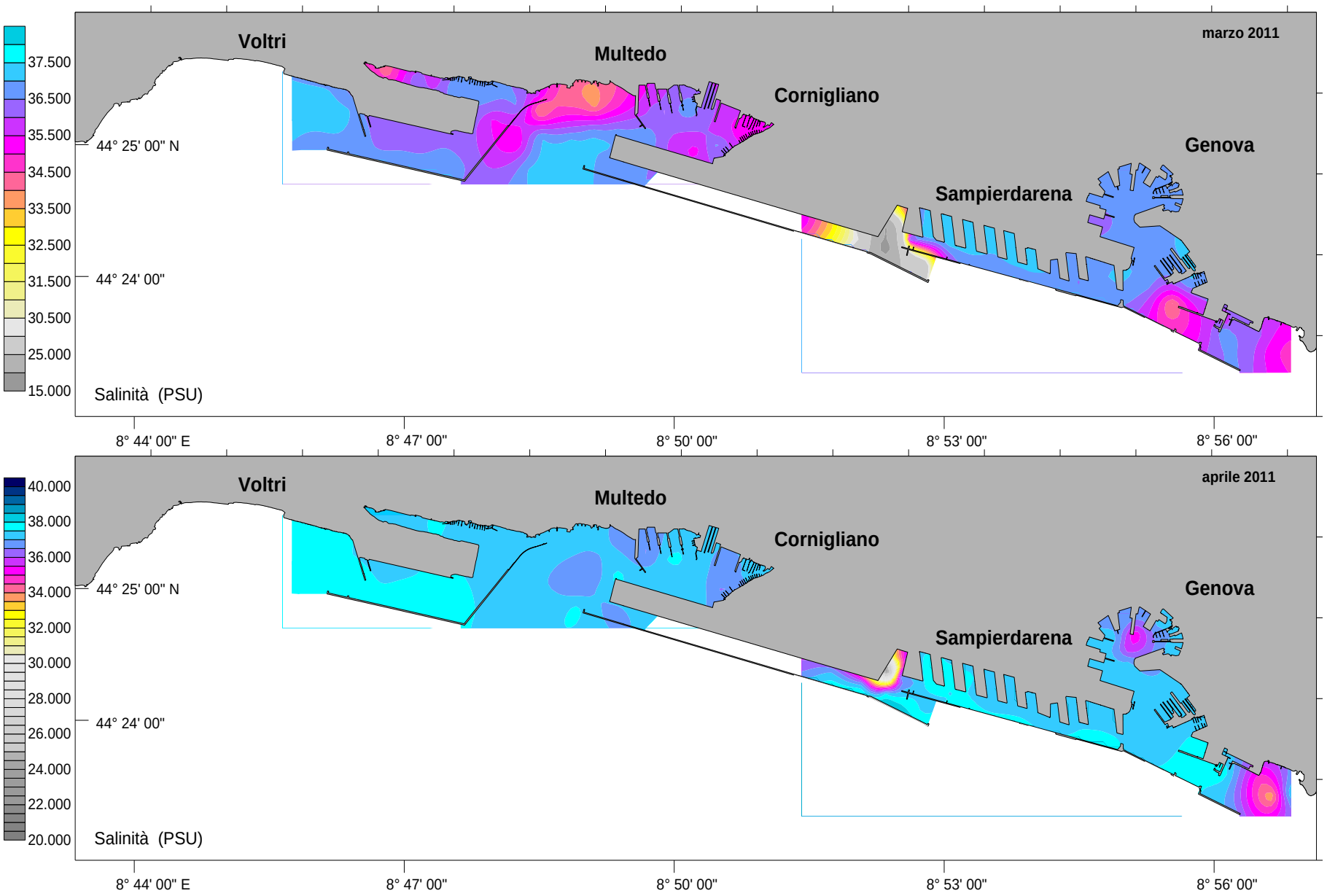

maggio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

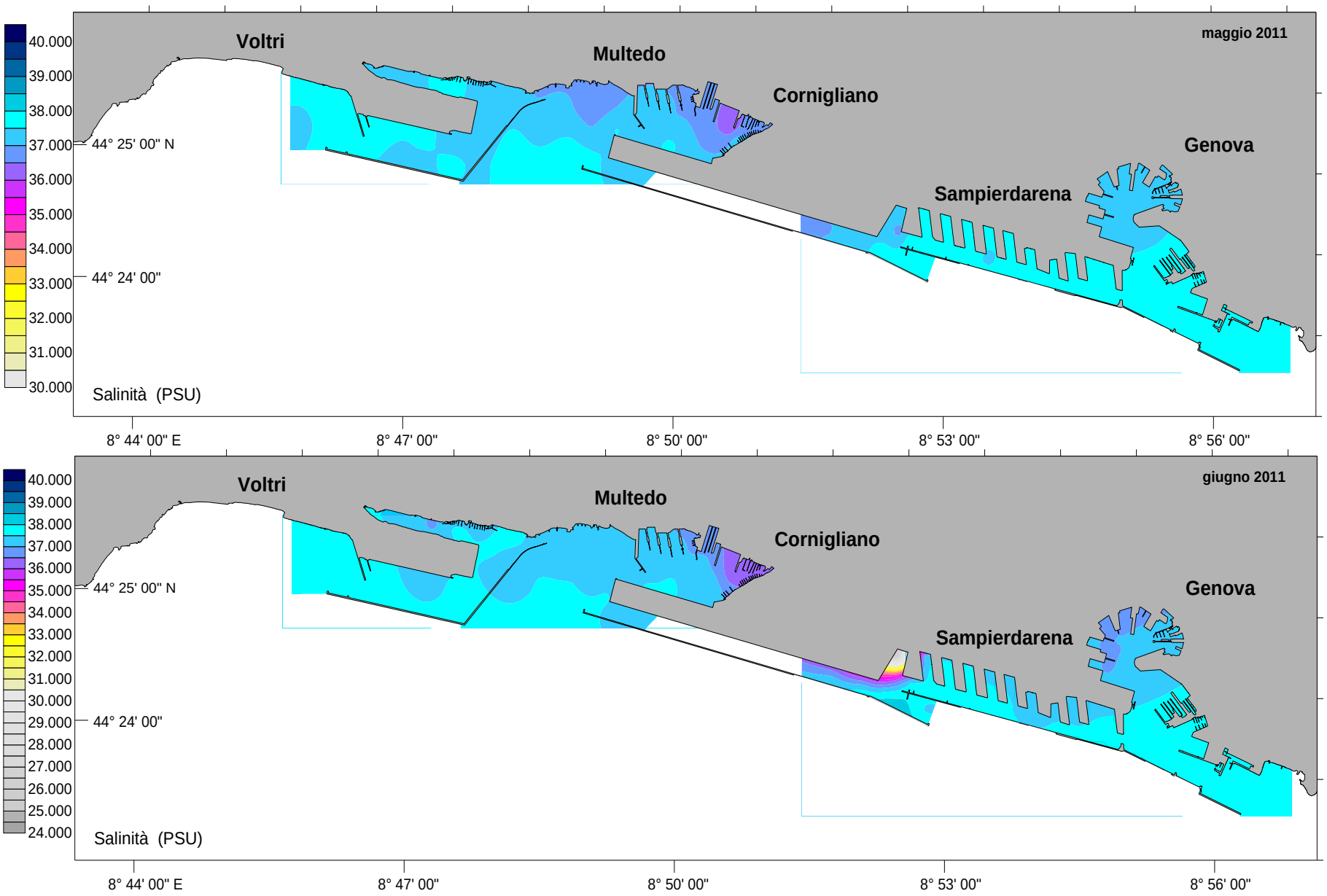

luglio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
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"

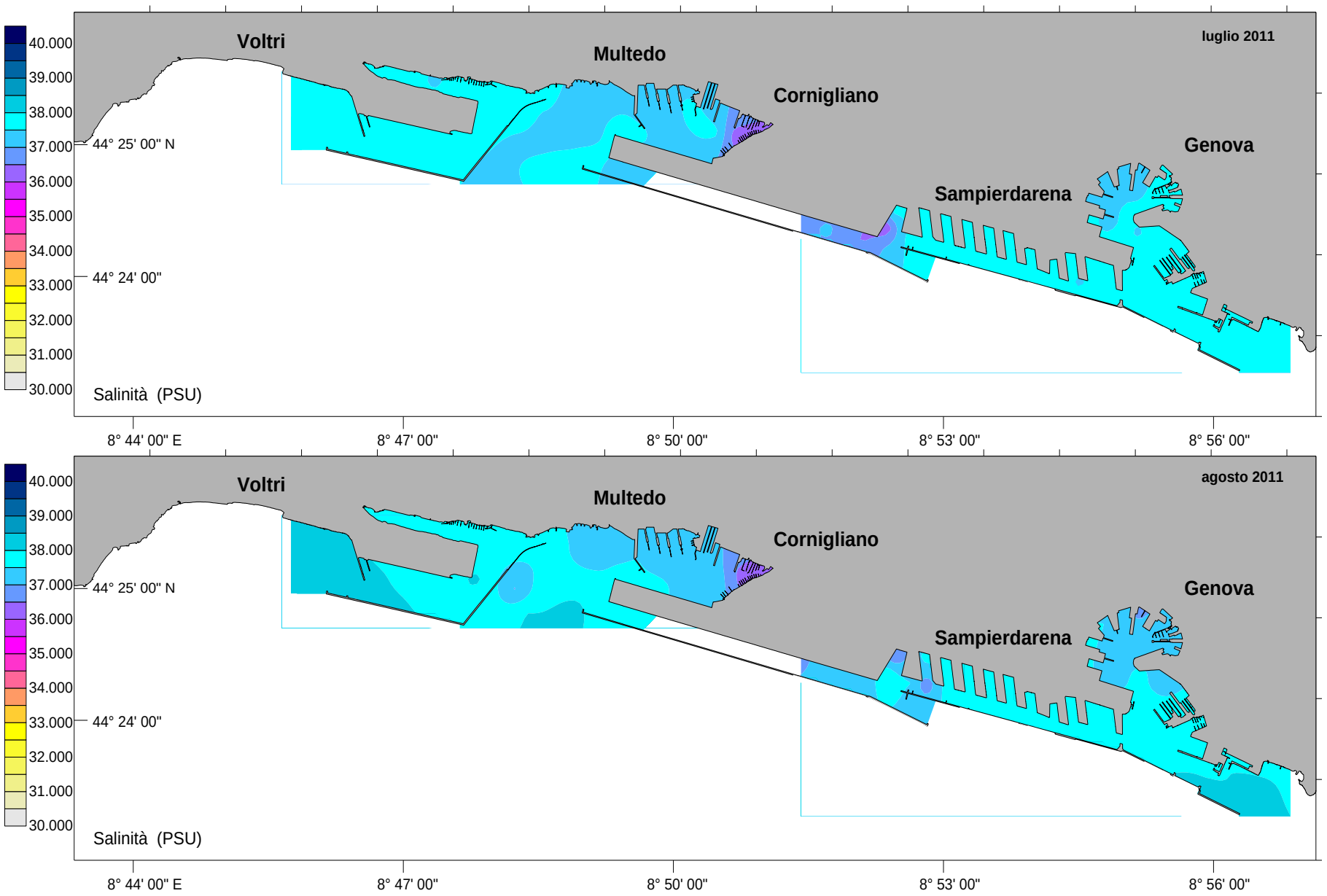

30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2011
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

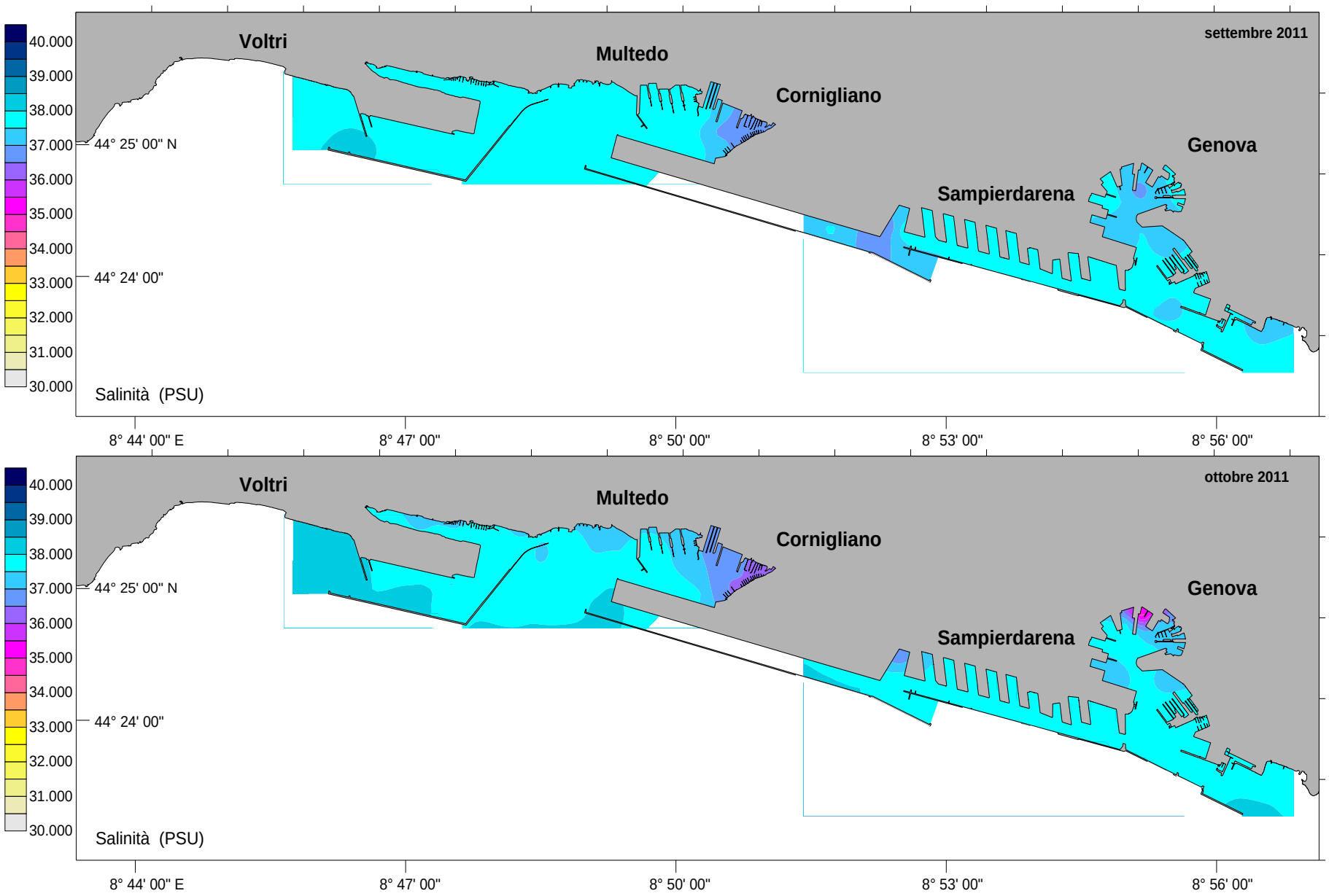

novembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

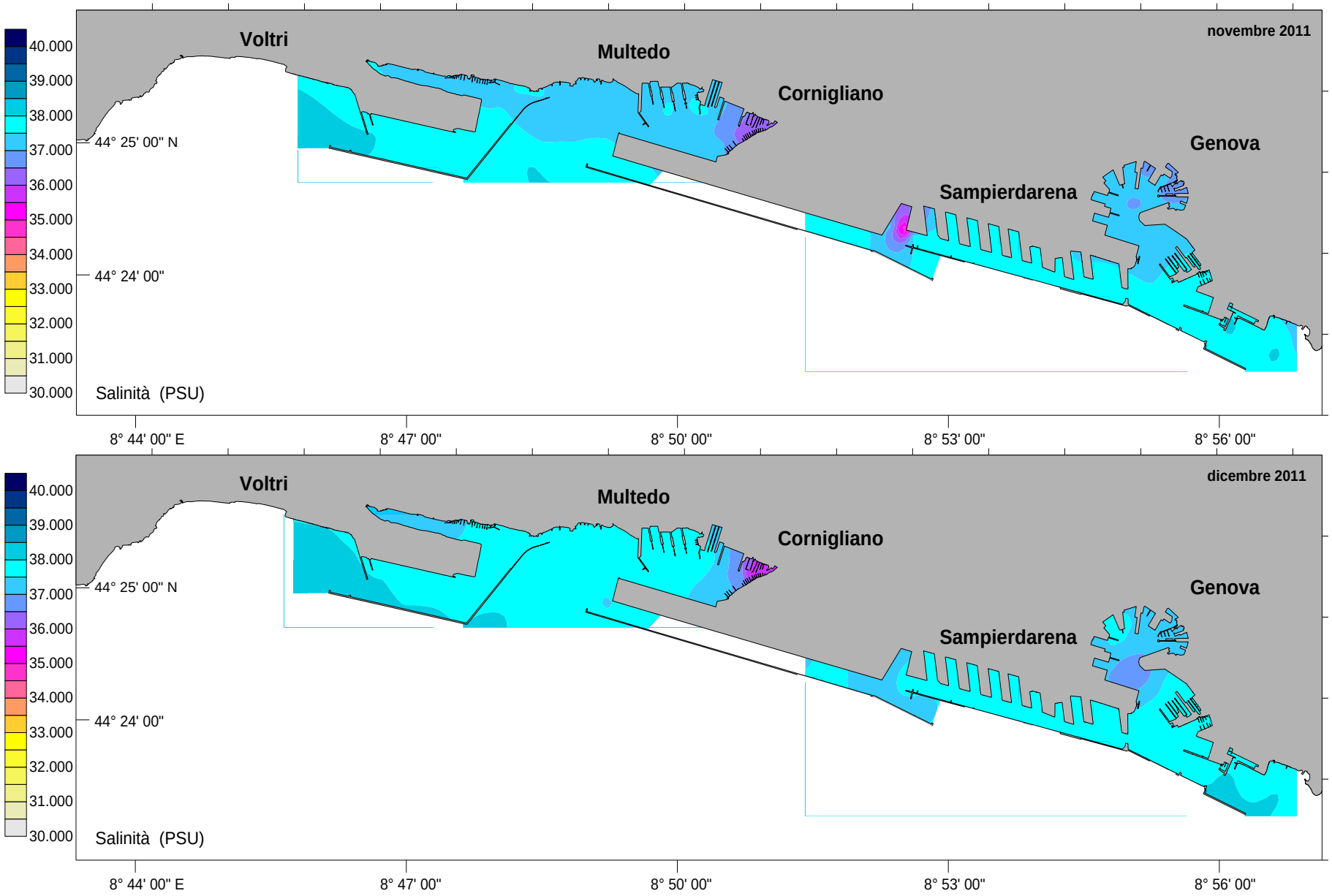

gennaio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
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"

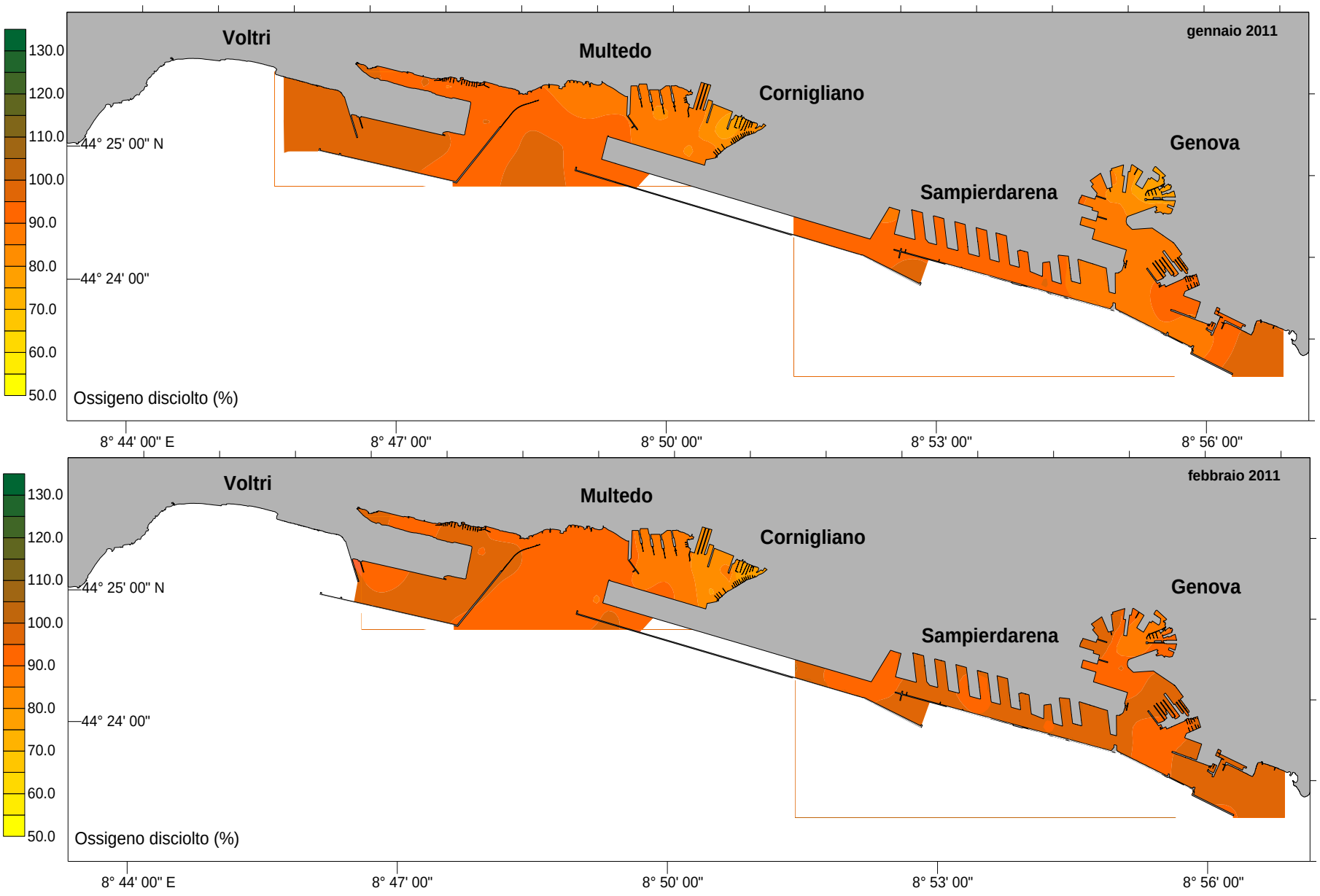

marzo 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
37.500
36.500
35.500
34.500
33.500
32.500
31.500
30.500
25.000
15.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
38.000
36.000
34.000
32.000
30.000
28.000
26.000
24.000
22.000
20.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

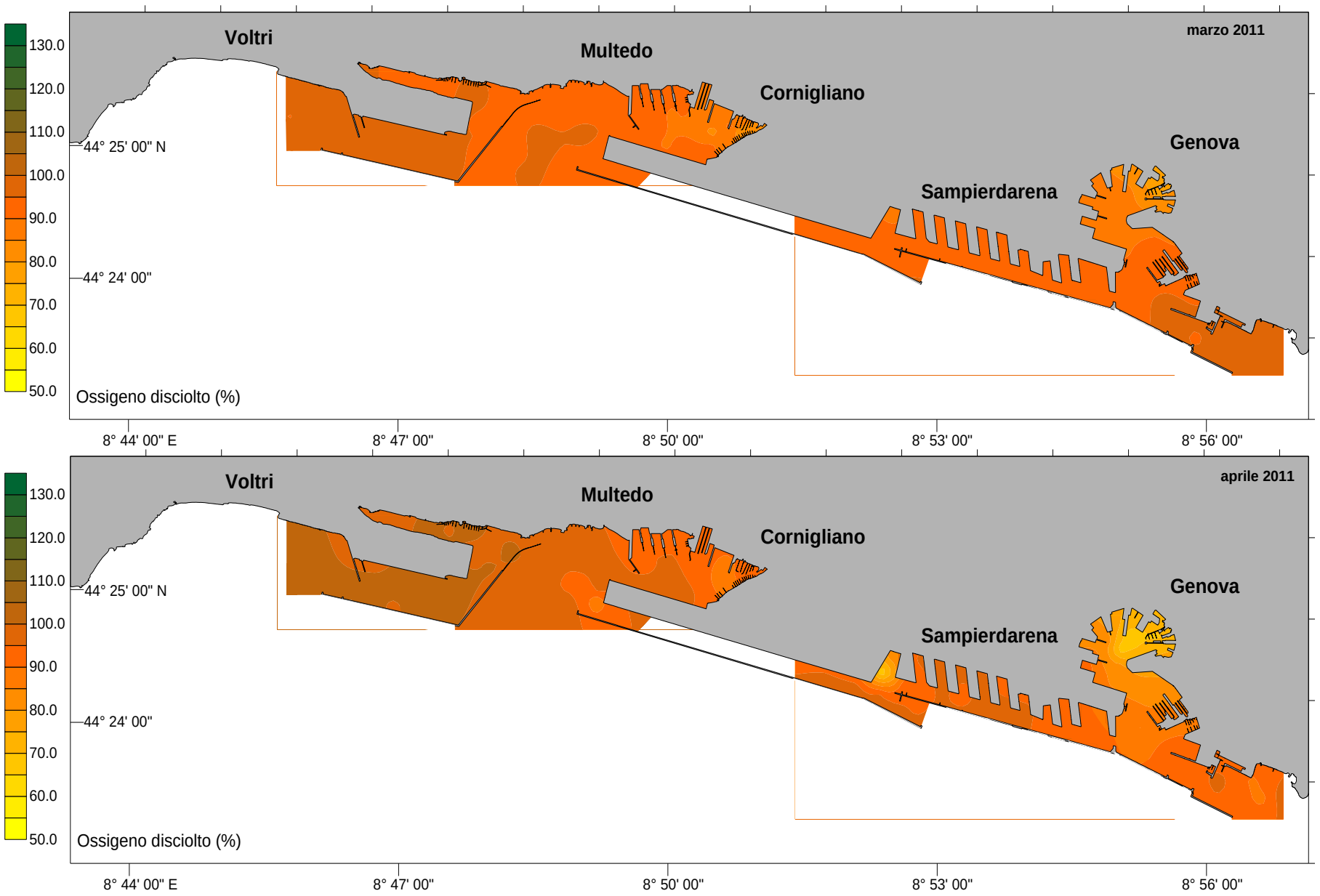

maggio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
27.000
26.000
25.000
24.000
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"

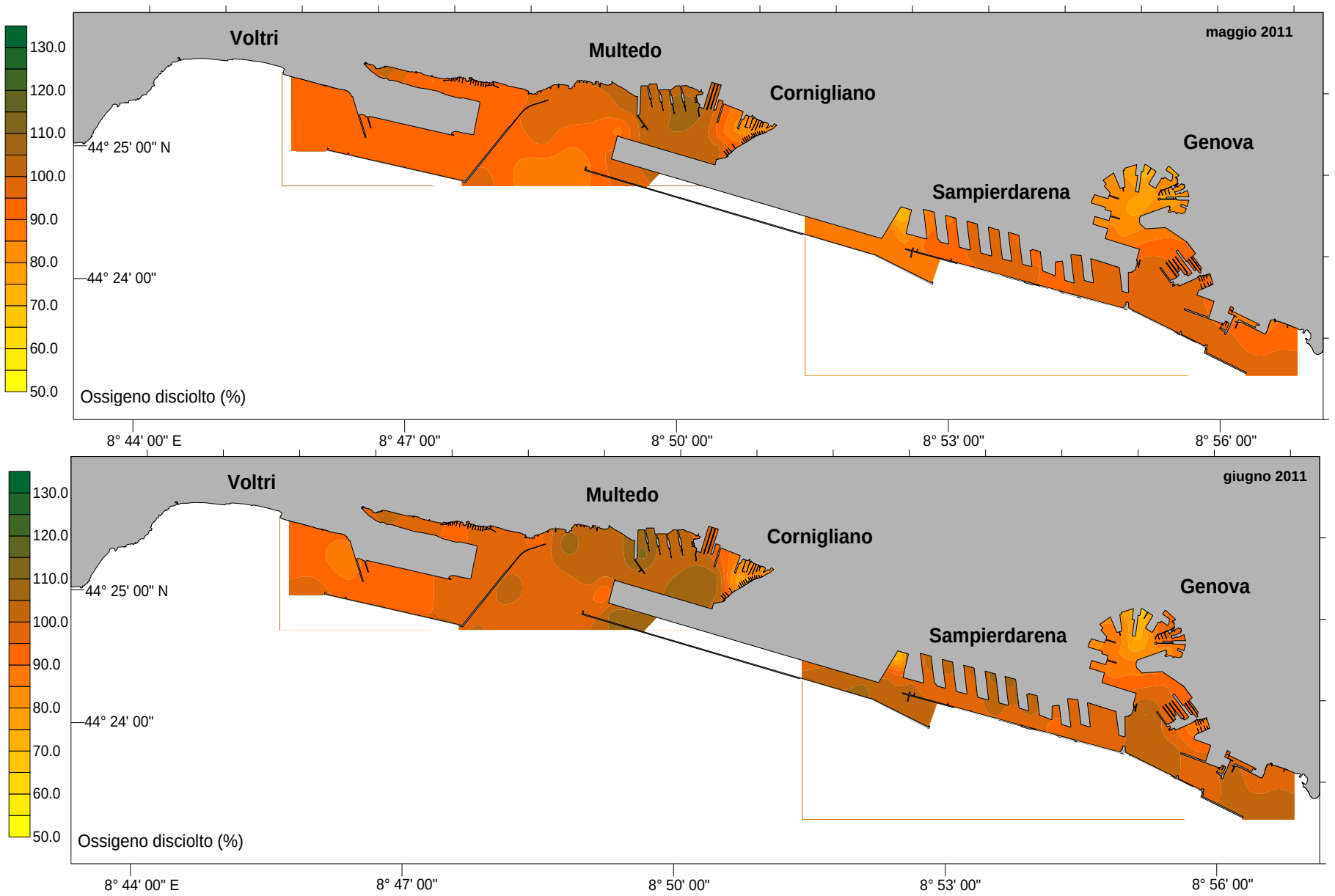

luglio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

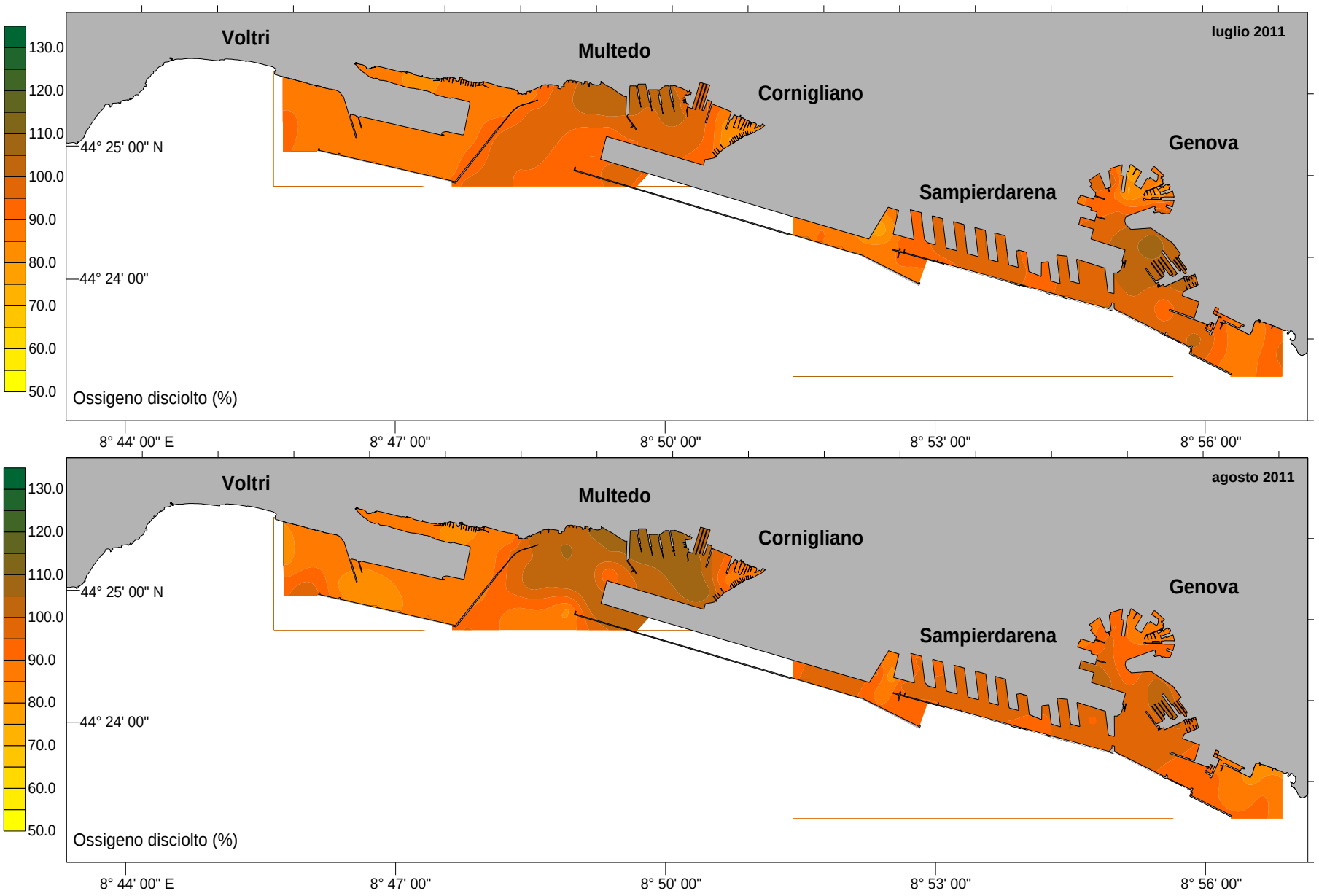

settembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

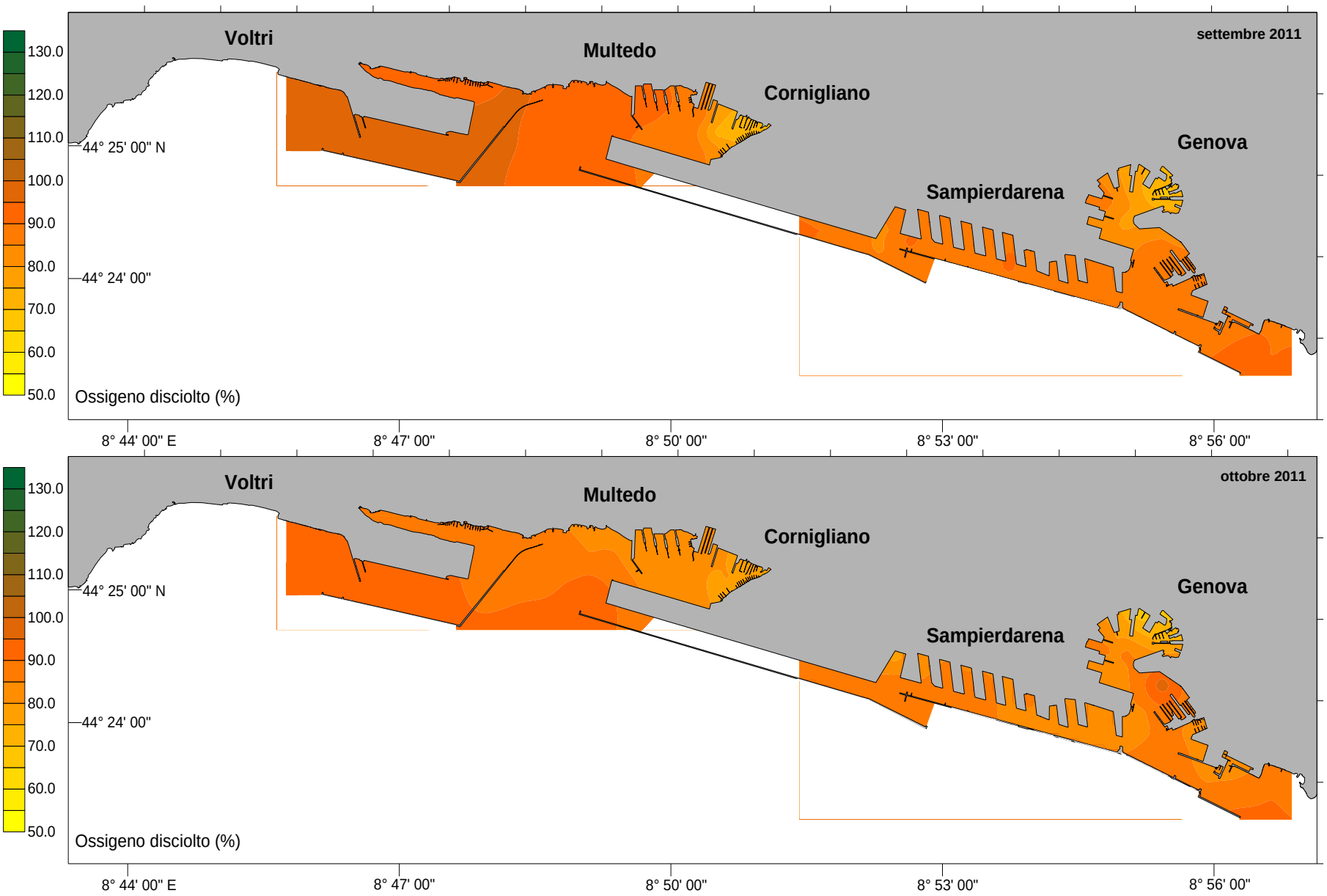

novembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
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"

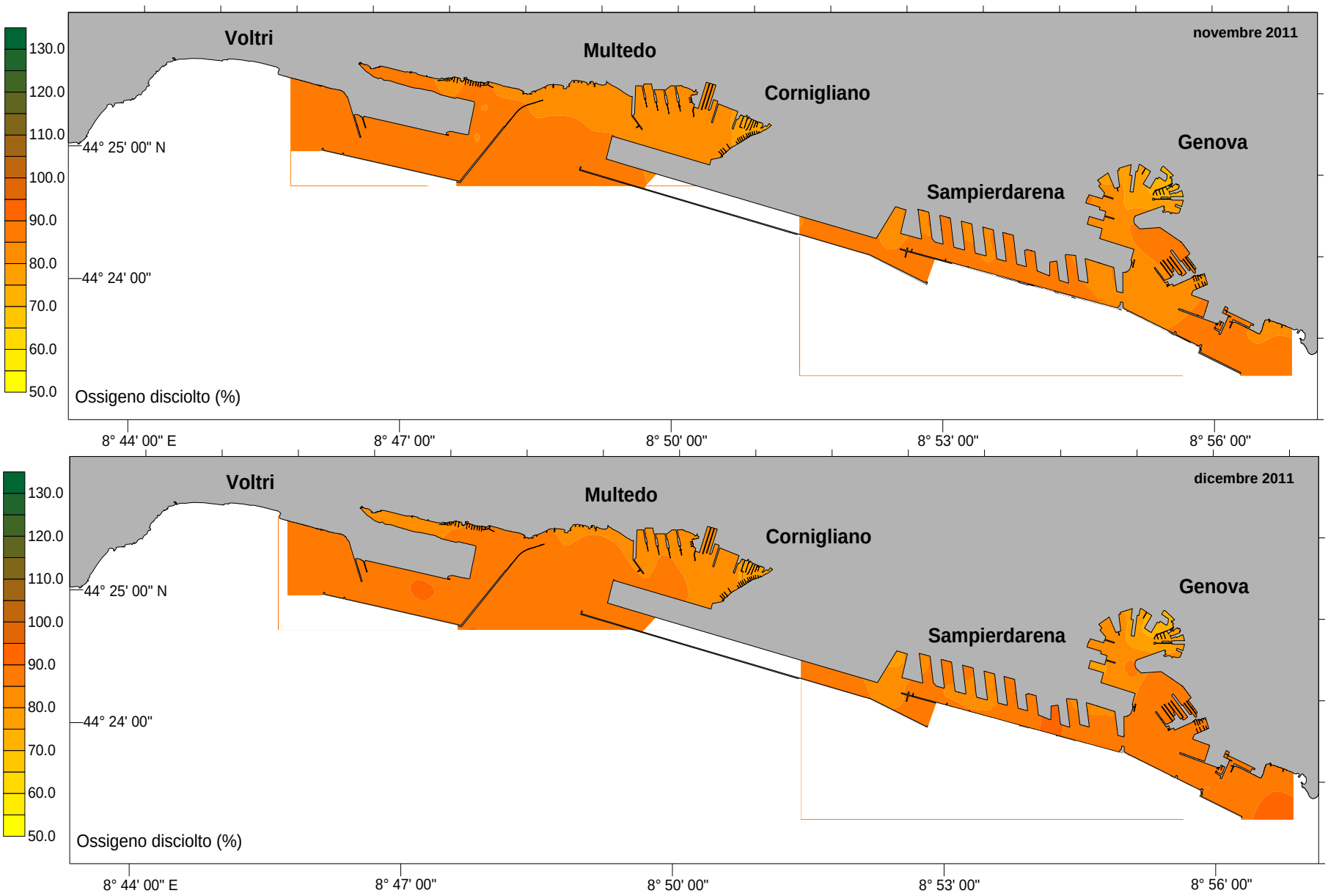

gennaio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
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"

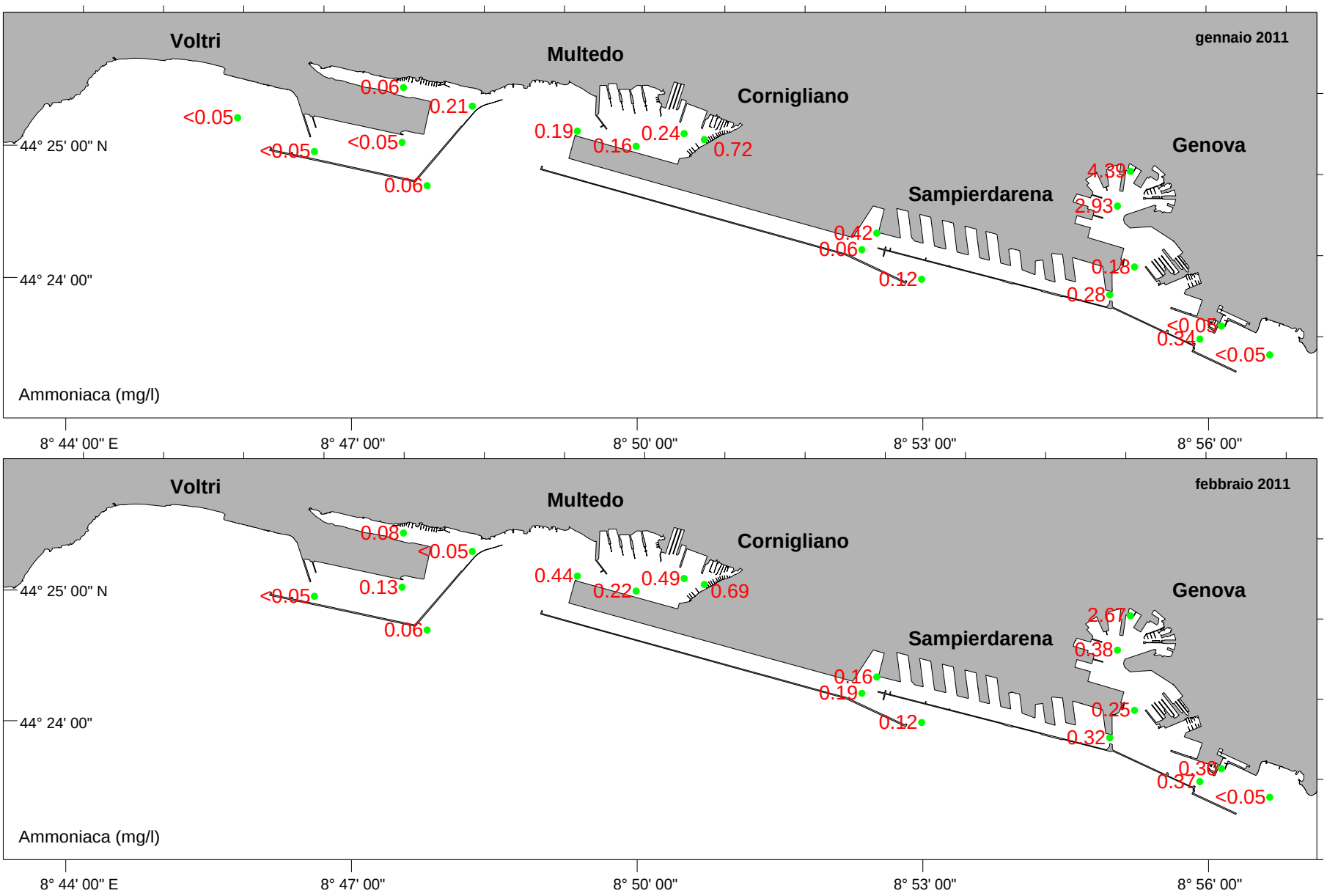

marzo 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
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"

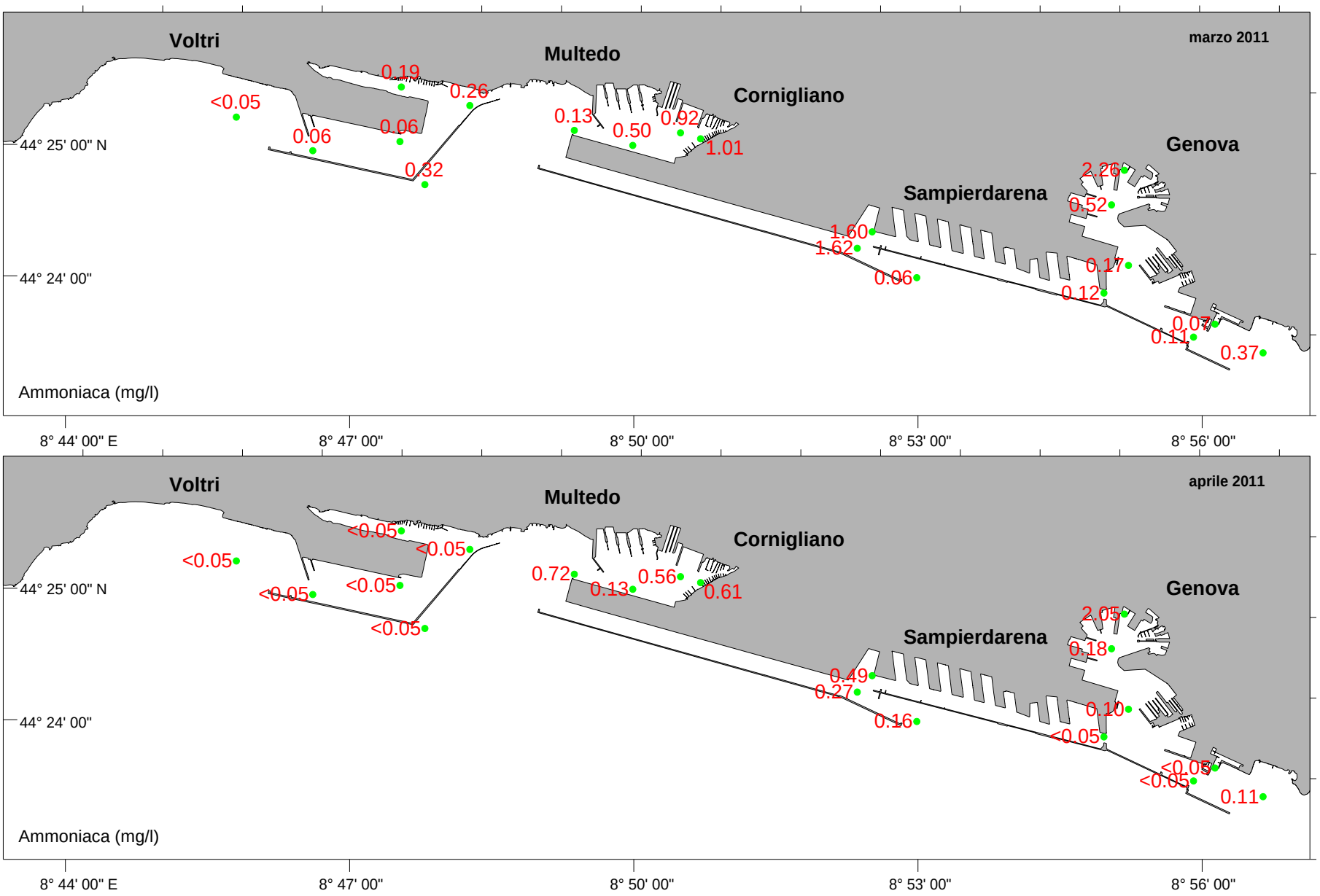

maggio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
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"

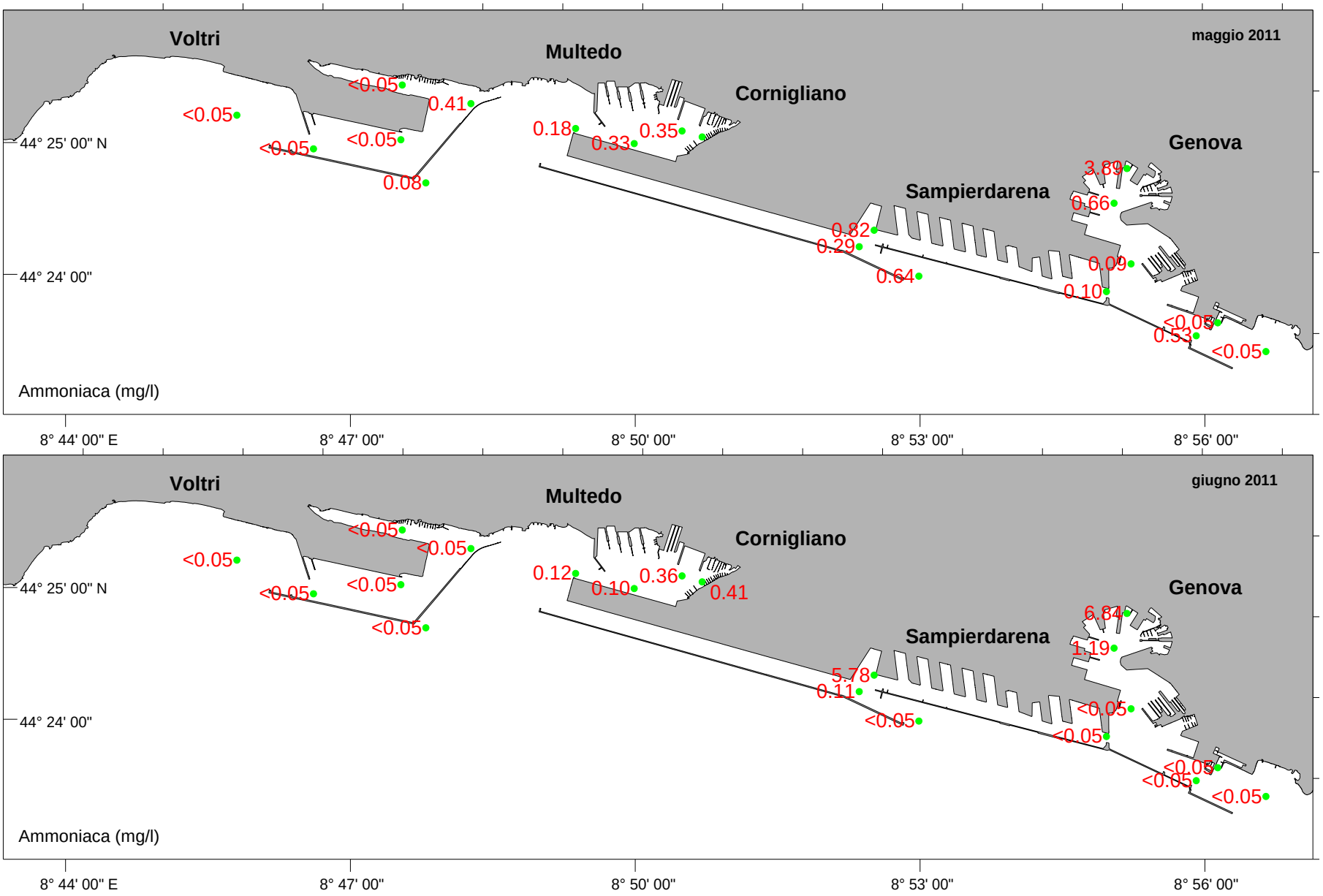

luglio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
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"

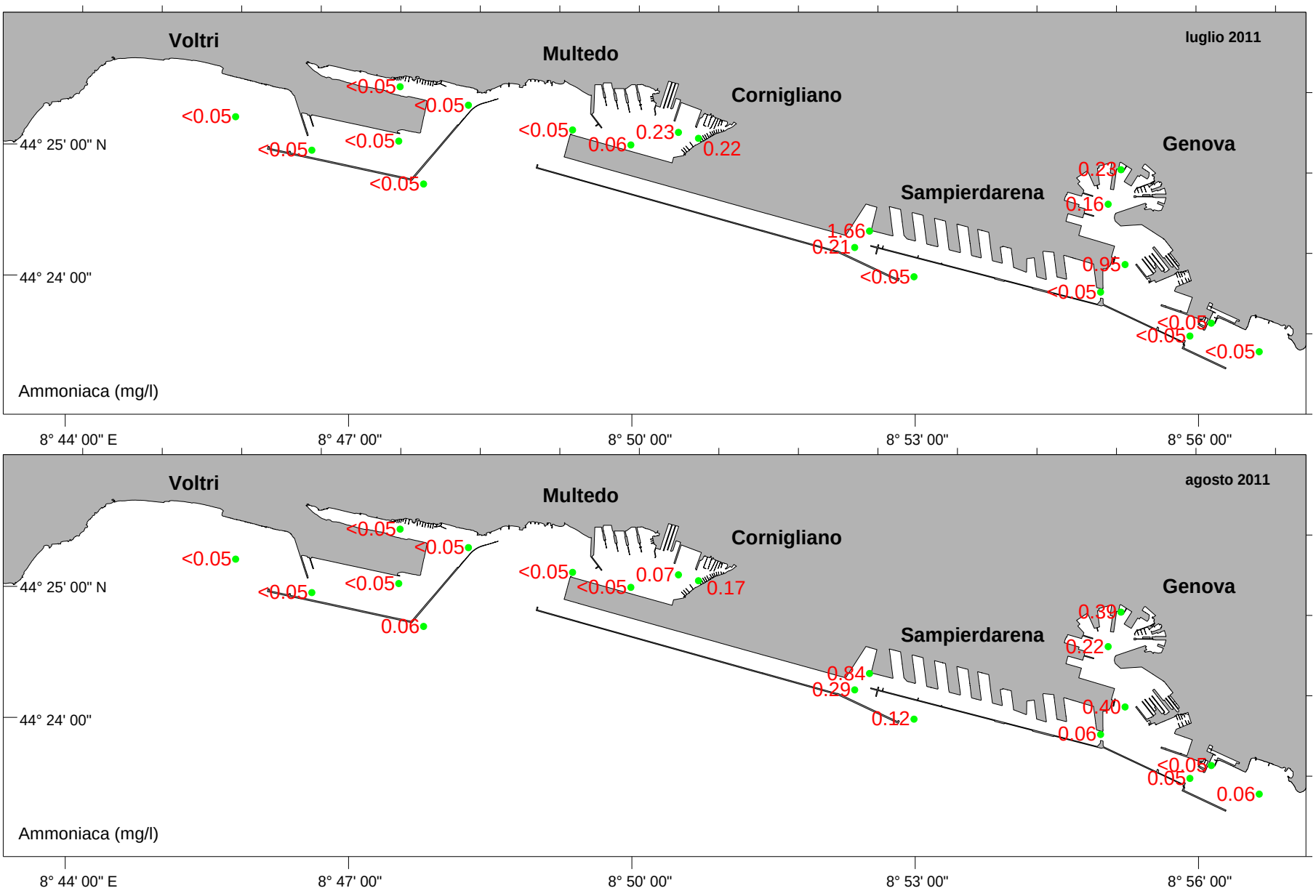

settembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
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"

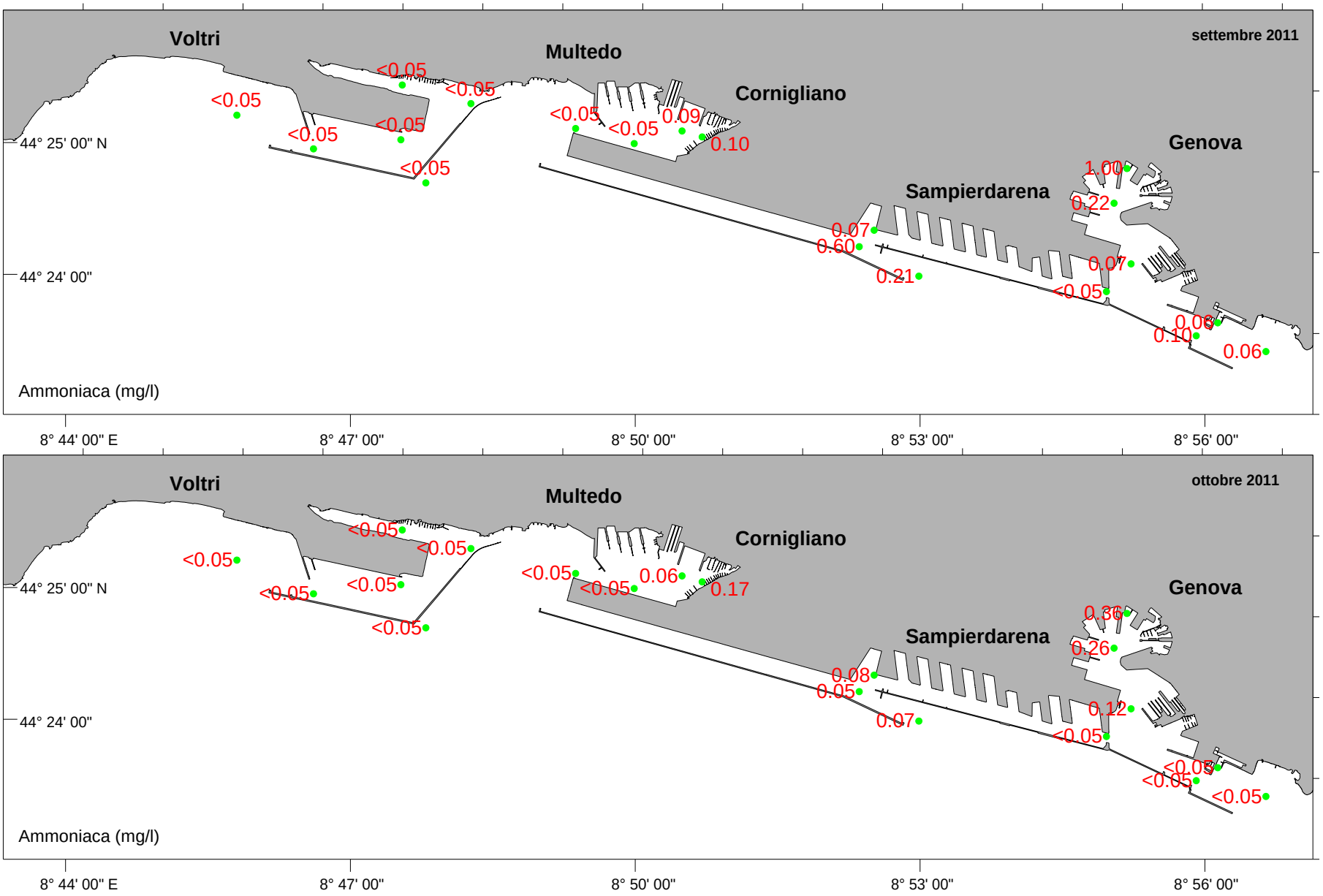

novembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
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"

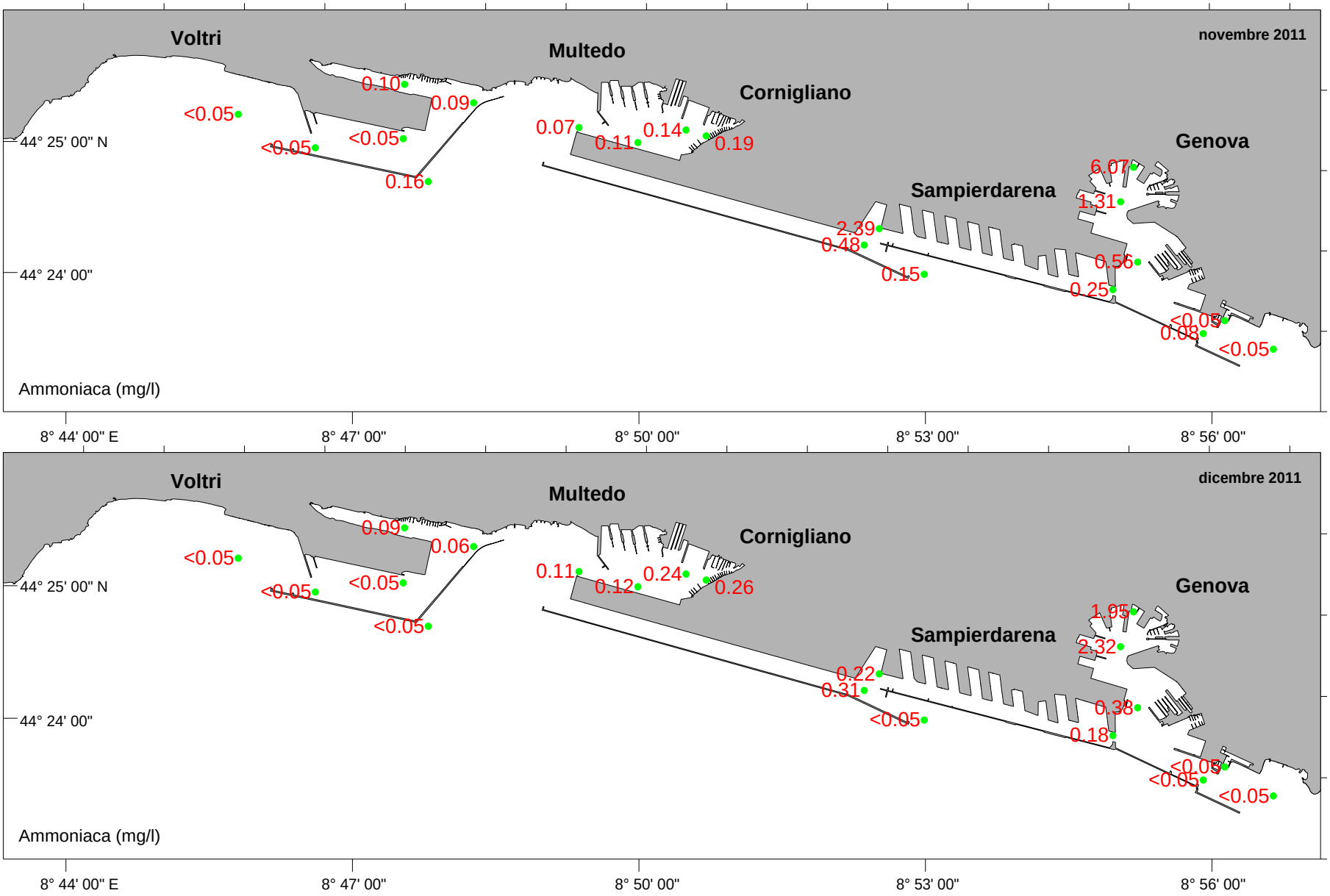

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2011
0.06
0.21
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
0.19
0.16
0.24
0.72
4.39
2.93
0.42
0.06
0.12
0.18
0.28
<0.05
0.34
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2011
0.08
<0.05
0.13
<0.05
0.06
0.44
0.22
0.49
0.69
2.67
0.38
0.16
0.19
0.12
0.25
0.32
0.30
0.37
<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"

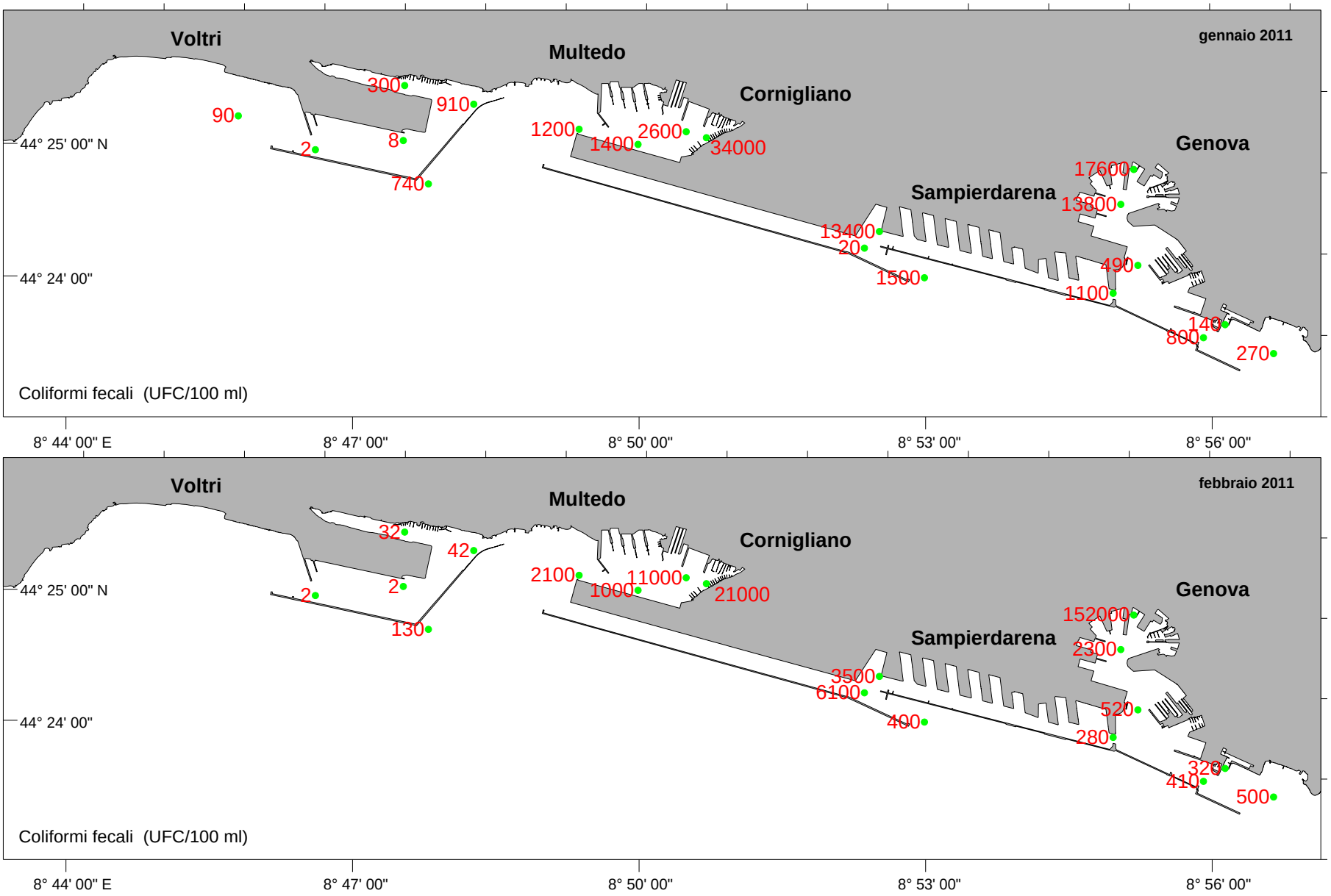

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2011
<0.05
0.19
0.26
0.06
0.06
0.32
0.13
0.50
0.92
1.01
1.60
1.62
0.06
2.26
0.52
0.17
0.12
0.07
0.11
0.37
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2011
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.72
0.13
0.56
0.61
0.49
0.27
0.16
2.05
0.18
0.10
<0.05
<0.05
<0.05
0.11
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"

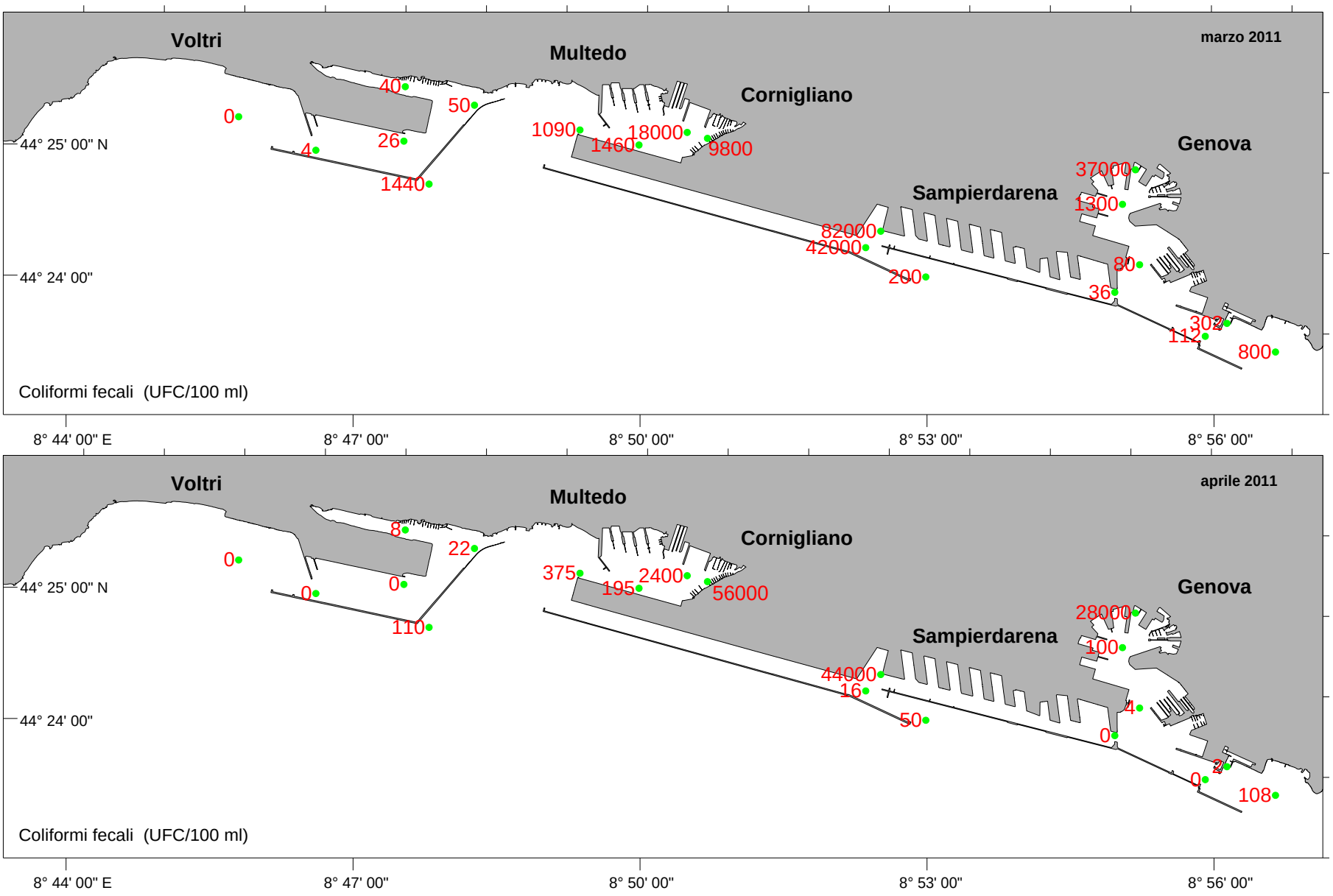

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2011
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.41
0.08
0.18
0.33
0.35
3.89
0.66
0.82
0.29
0.64
0.09
0.10
<0.05
0.53
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2011
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.12
0.10
0.36
0.41
6.84
1.19
5.78
0.11
<0.05
<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"

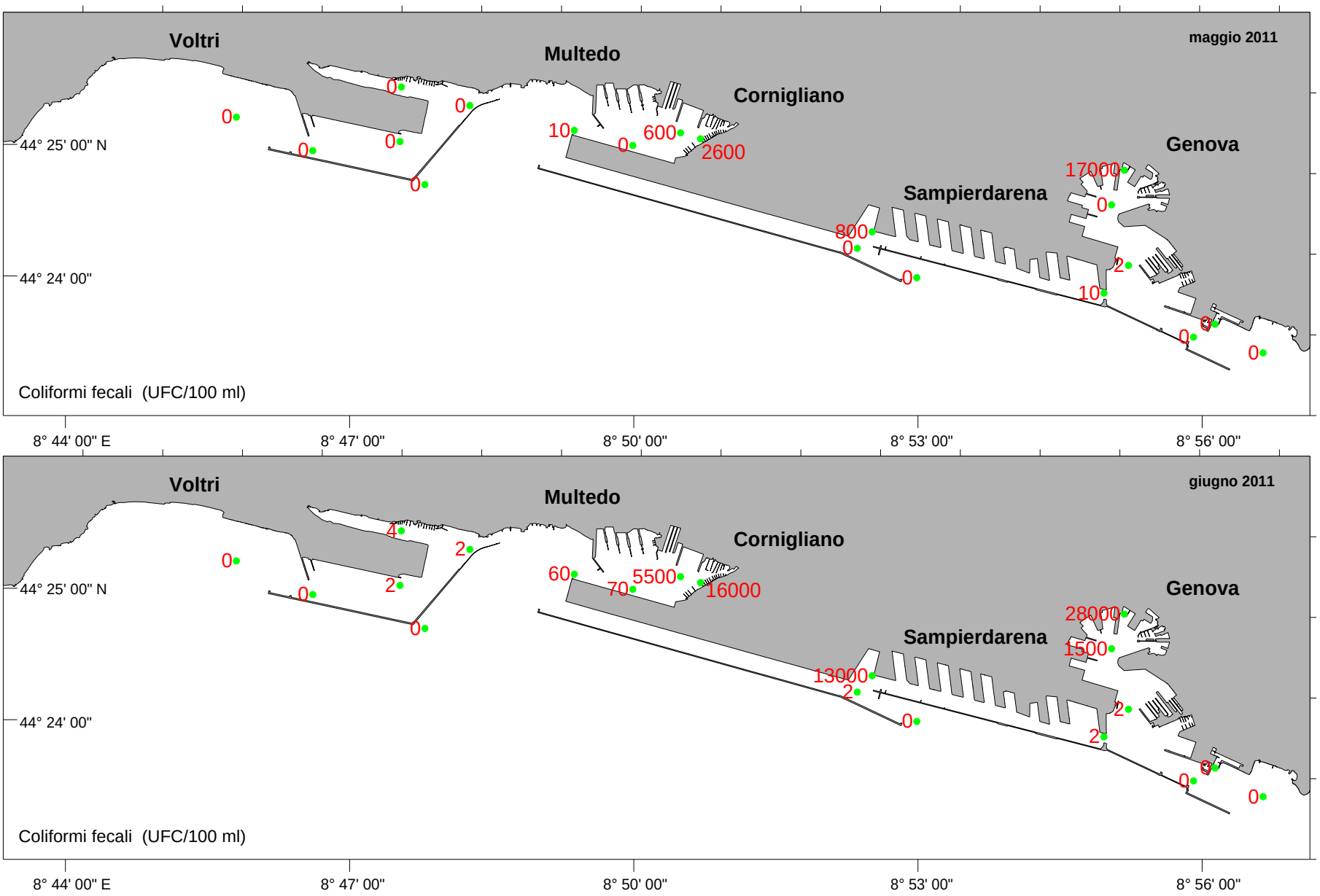

luglio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
0.23
0.22
1.66
0.21
<0.05
0.21
0.16
0.95
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
0.07
0.17
0.84
0.29
0.12
0.39
0.22
0.40
0.06
<0.05
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"

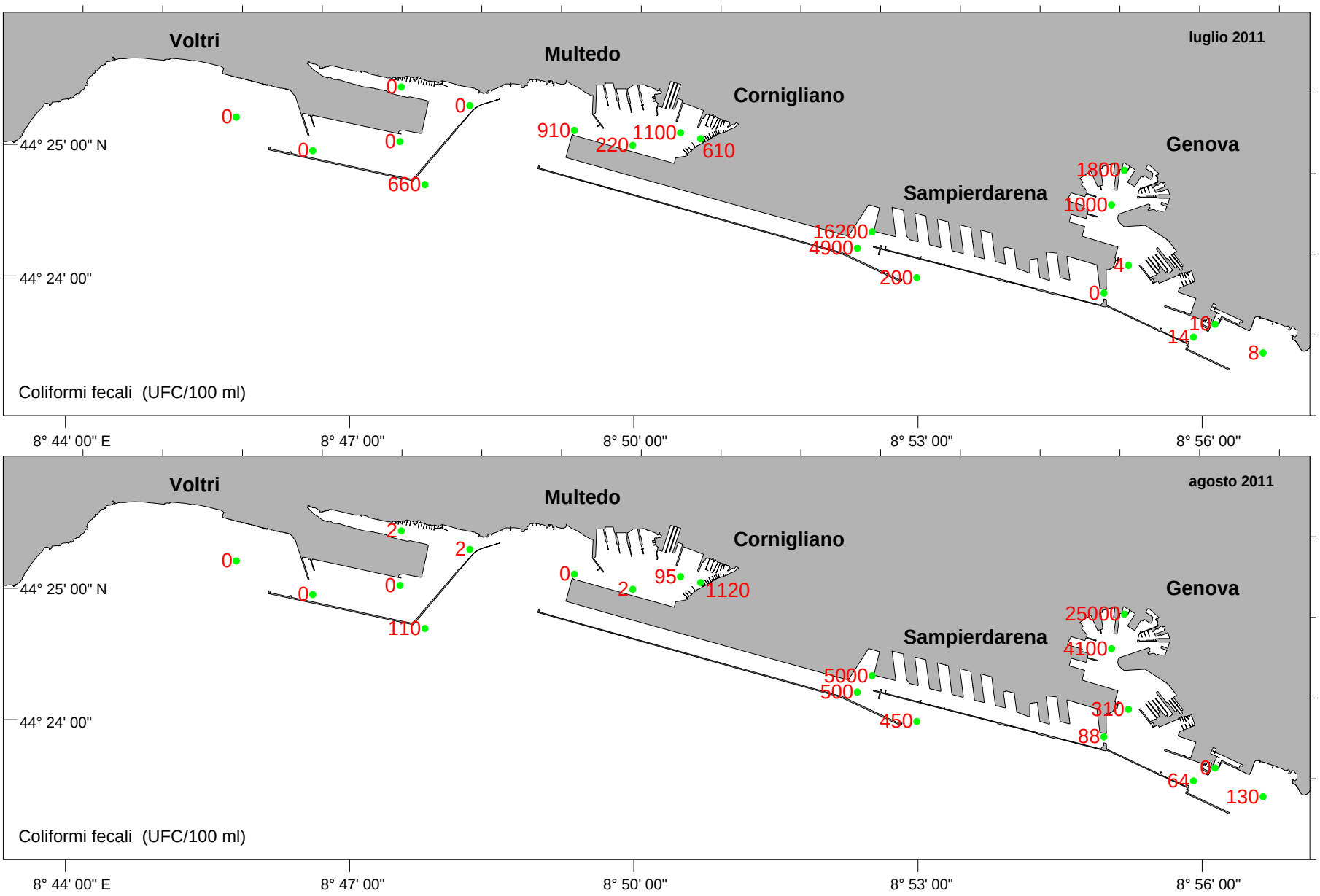

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2011
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.09
0.10
1.00
0.22
0.07
0.60
0.21
0.07
<0.05
0.06
0.10
0.06
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2011
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
0.17
0.36
0.26
0.08
0.05
0.07
0.12
<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"

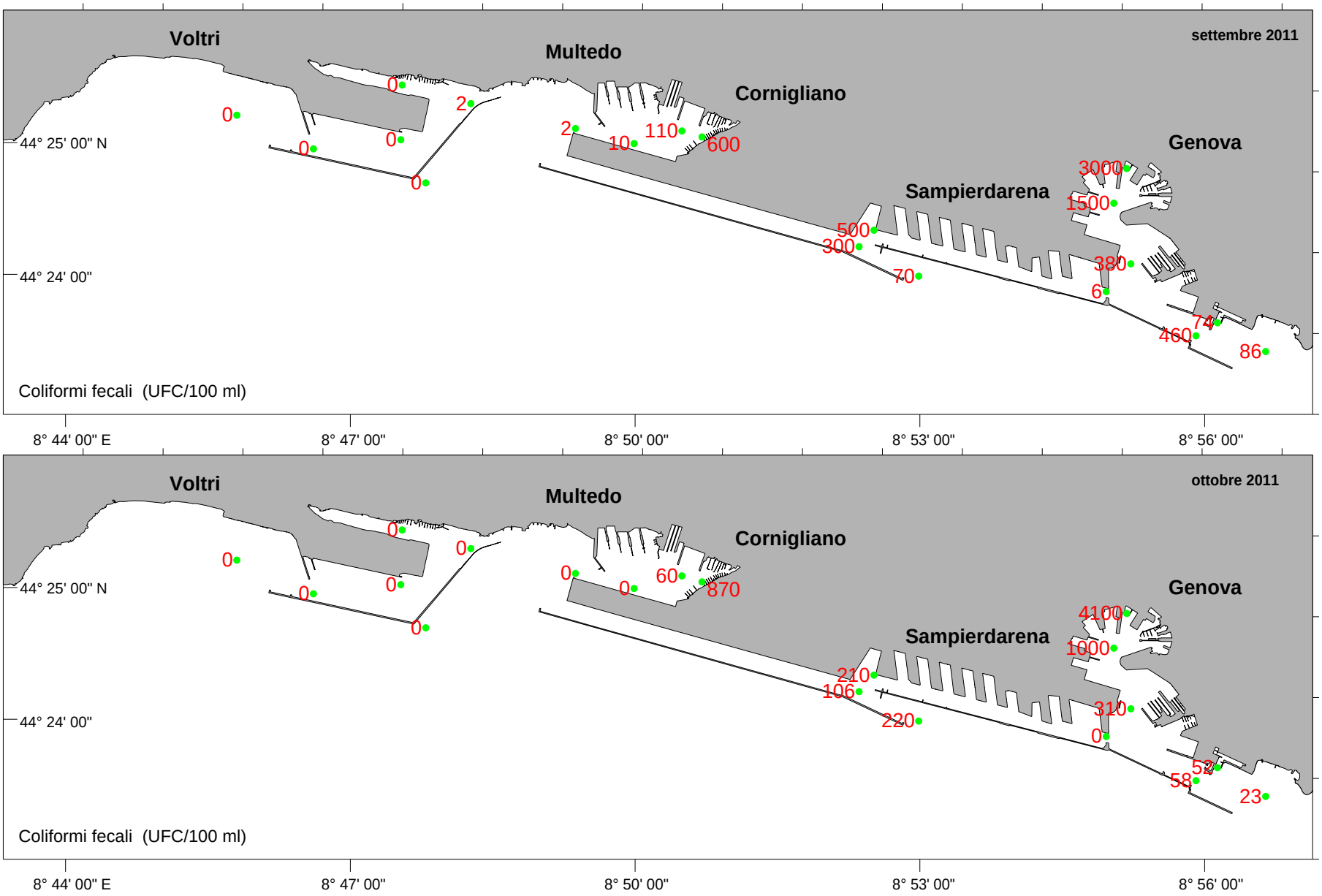

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2011
0.10
0.09
<0.05
<0.05
<0.05
0.16
0.07
0.11
0.14
0.19
6.07
1.31
2.39
0.48
0.56
0.15
0.25
<0.05
0.08
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2011
0.09
0.06
<0.05
<0.05
<0.05
0.11
0.12
0.24
0.26
1.95
2.32
0.22
0.31
<0.05
0.38
0.18
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

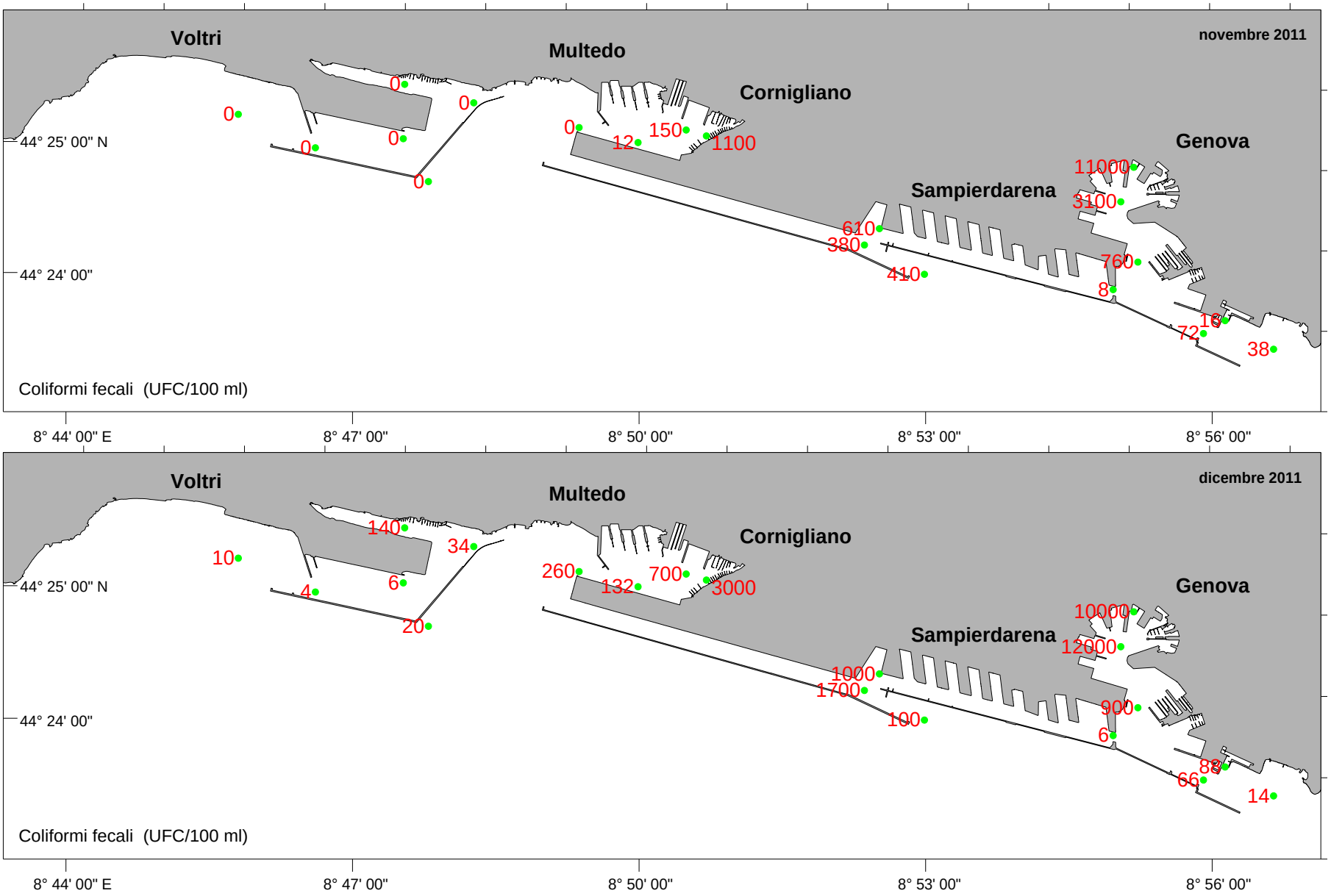

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2011
90
300
910
2
8
740
1200
1400
2600
34000
17600
13800
13400
20
1500
490
1100
140
800
270
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2011
32
42
2
2
130
2100
1000
11000
21000
152000
2300
3500
6100
400
520
280
320
410
500
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"

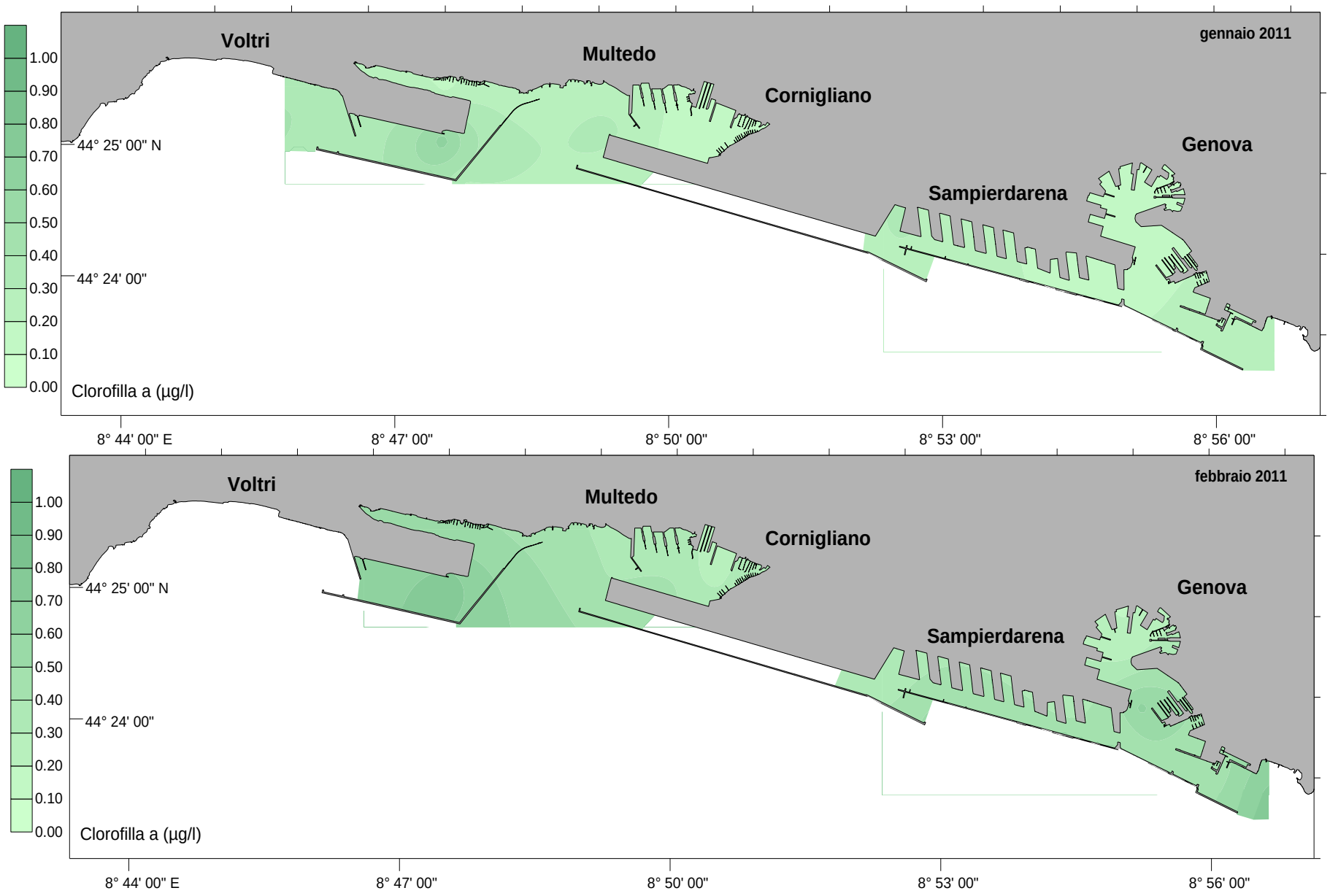

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2011
40
0
50
26
4
1440
1090
18000
1460
9800
37000
1300
82000
42000
200
80
36
302
112
800
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2011
8
0
22
0
0
110
375
2400
195
56000
28000
100
44000
16
50
4
0
2
0
108
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"

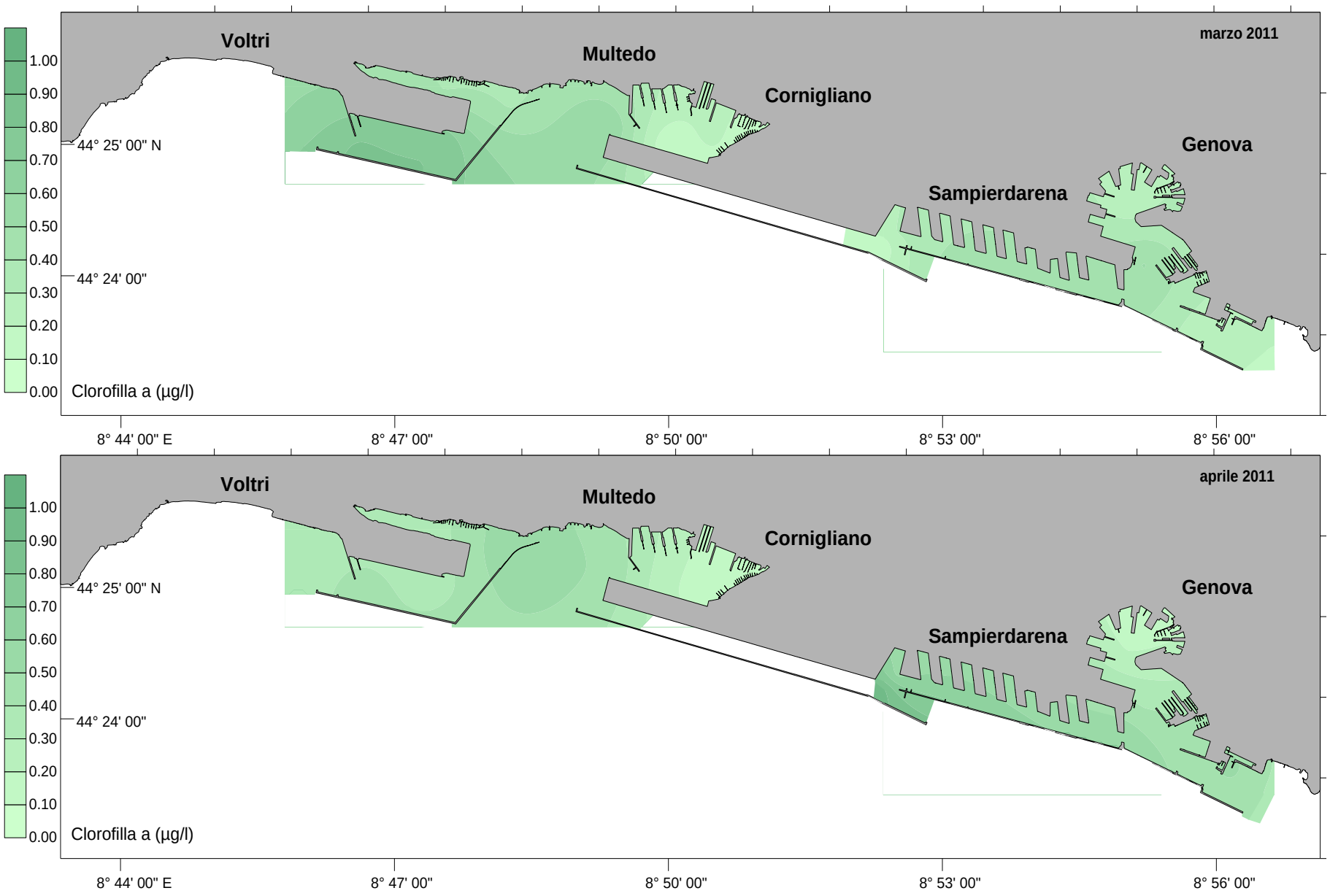

maggio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
10
600
0
2600
800
0
0
17000
0
2
10
0
0
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
4
2
0
2
0
60
70
5500
16000
13000
2
0
28000
1500
2
2
0
0
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

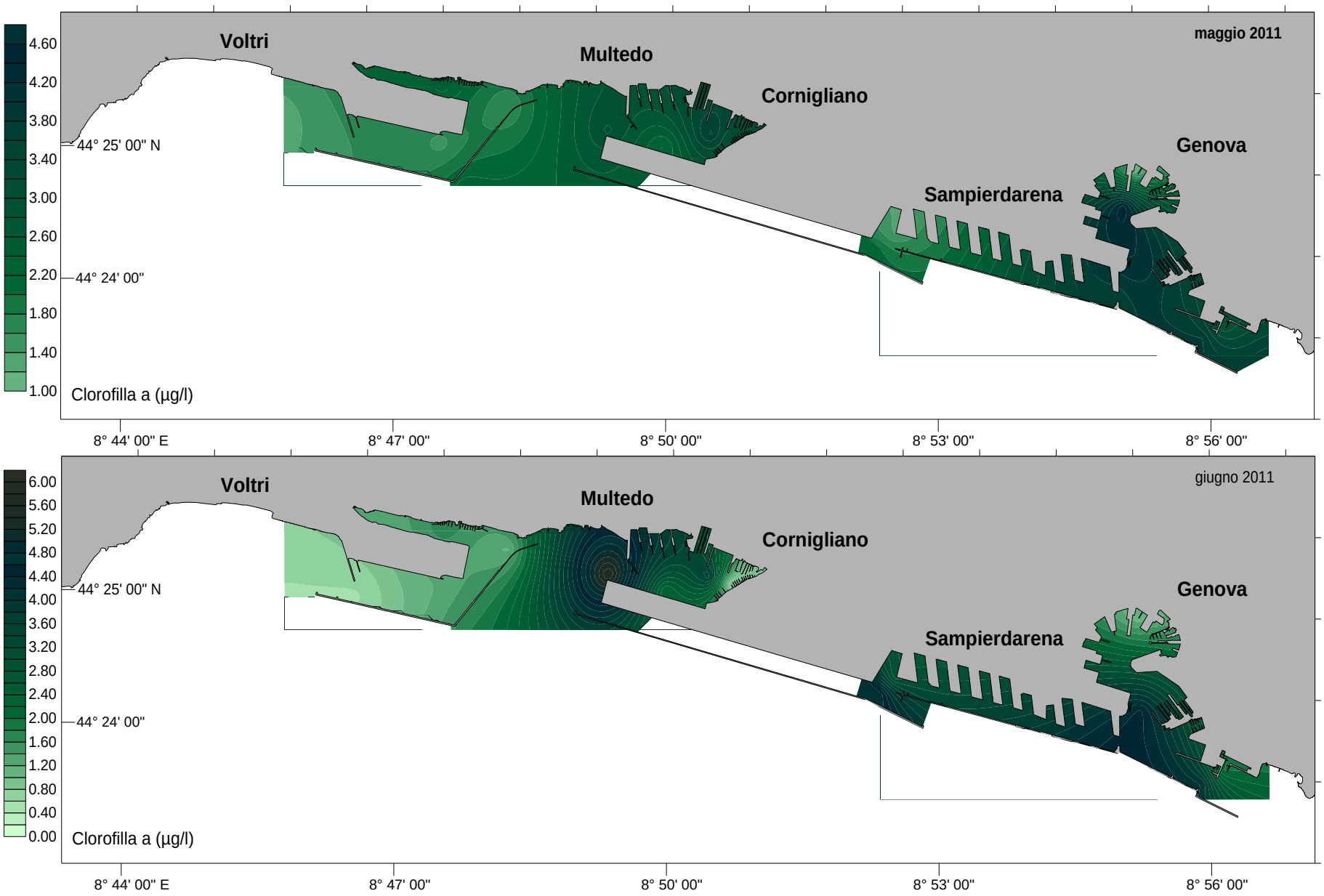

luglio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
0
0
0
0
0
660
910
220
1100
610
16200
4900
200
1800
1000
4
0
10
14
8
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
0
2
2
0
0
110
0
2
95
1120
5000
500
450
25000
4100
310
88
0
64
130
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"

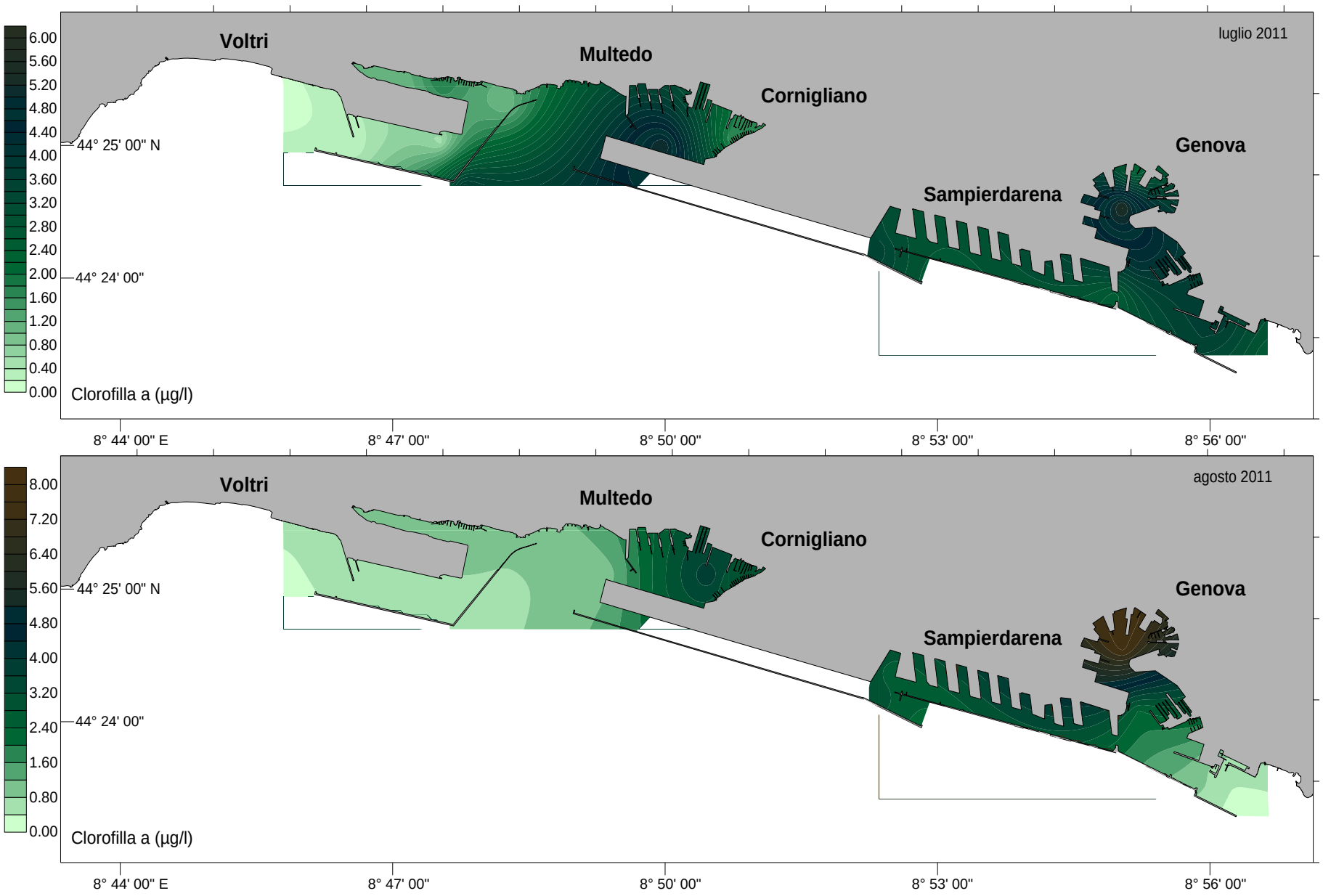

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2011
0
0
0
0
0
2
2
10
110
600
500
300
70
3000
1500
380
6
74
460
86
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2011
0
0
0
0
0
0
0
60
870
210
106
220
4100
1000
310
0
52
58
23
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"

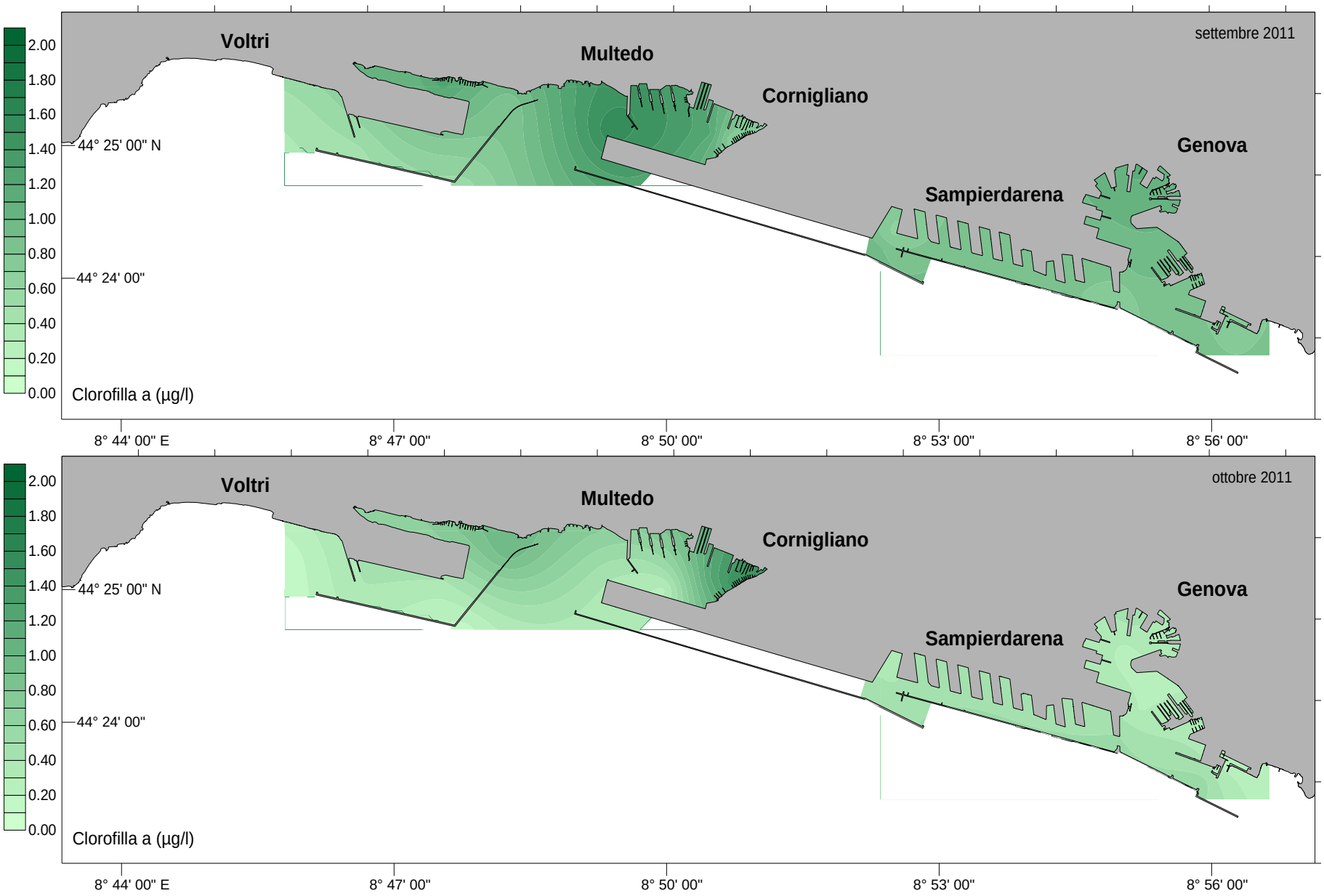

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2011
0
0
0
0
0
0
12
150
1100
610
380
410
11000
3100
760
8
16
72
38
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2011
10
140
34
4
6
20
260
132
700
3000
1000
1700
100
10000
12000
900
6
88
66
14
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"

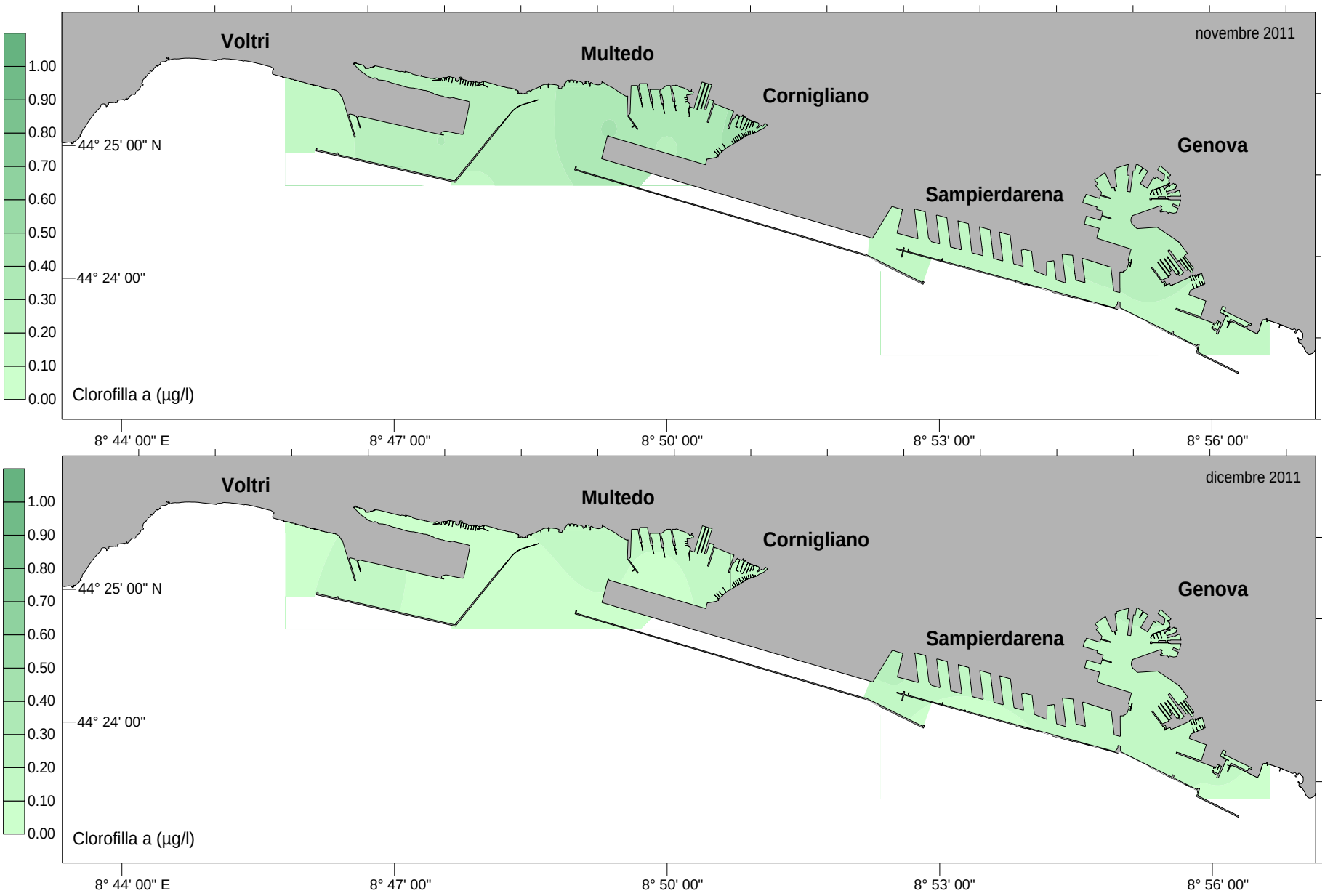

gennaio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
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 2011
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"
aprile 2011
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"


maggio 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
4.60
4.20
3.80
3.40
3.00
2.60
2.20
1.80
1.40
1.00
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 2011
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"


luglio 2011
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"
agosto 2011
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"


settembre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
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)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2011
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
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)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


novembre 2011
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"
dicembre 2011
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"