Servizi Ecologici Porto di Genova s.p.a.

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 2010

realizzato in collaborazione con

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DIP.TE.RIS.)
Università degli Studi di Genova

Maggio 2011

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 MATERIALI E METODI **4**

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 5

2.3 Parametri meteorologici 5

2.4 Coliformi fecali 6

2.5 Azoto ammoniacale 6

3 RISULTATI E DISCUSSIONE 7

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 7

3.2 L'anno 2010 13

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

3.3.1 Mann-Kendall Test 42

4 CONSIDERAZIONI FINALI 44

5 PROSPETTIVE FUTURE 47

BIBLIOGRAFIA 50

APPENDICE 51

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 2010 rappresentano il monitoraggio condotto effettuando campionamenti mensili in circa 90 stazioni (da ottobre 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 2010, 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 ed 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 90 punti distribuiti all'interno dell'area portuale coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005. 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.

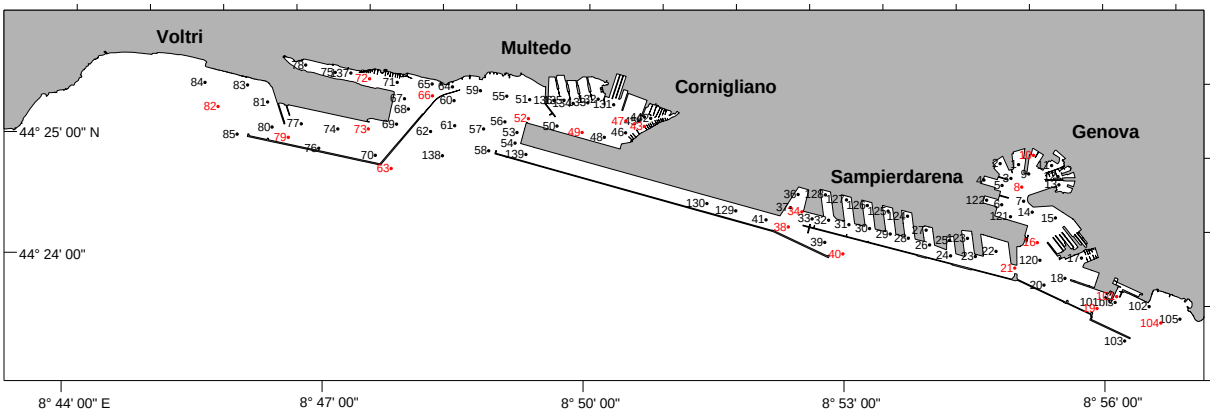


Fig. 2.1 Punti di campionamento dell'anno 2010; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni d'acqua sub-superficiale e in blu i punti introdotti da ottobre 2010.

Il mezzo utilizzato per il monitoraggio è stata l'imbarcazione Ecoboat 2 (Fig. 2.2).



Fig. 2.2 Ecoboat 2.

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

I dati relativi ai principali parametri chimico-fisici dell'acqua sono stati validati nell'ambito di una collaborazione tra la SEPG e l'Università degli Studi di Genova (DIP.TE.RIS.).
Si segnala che nei mesi di maggio e giugno non è stato possibile effettuare la misura dell'ossigeno disciolto a causa di problemi tecnici.

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.idromare.com).

2. 4 Coliformi fecali

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

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

Il numero di coliformi totali isolati si calcola in base al numero di colonie contate, ed eventualmente sottoposte a conferma, considerando 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'AMGA 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 ed 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 ed 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 2010 sono riportati nelle relazioni mensili e trimestrali (CD allegato); le rappresentazioni grafiche mensili dei parametri monitorati e dei parametri meteorologici sono riportate nell'appendice 1.

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale

Nel corso del programma di monitoraggio, in atto ormai da 10 anni, sono emersi alcuni andamenti generali delle caratteristiche delle acque portuali, sia spaziali che 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 ed un massimo estivo fra luglio ed agosto, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate, e segue l'evoluzione della temperatura atmosferica.

In 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, 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 ad 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 di 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; successivamente, 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 più o meno 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 ad oggi, tramite l'utilizzo di alcune analisi statistiche multivariate (analisi delle componenti principali e l'analisi dei fattori principali) si è giunti ad 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 ed 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 ad elevata temperatura;
- Fattore 3: stazioni ad 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 ad 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.

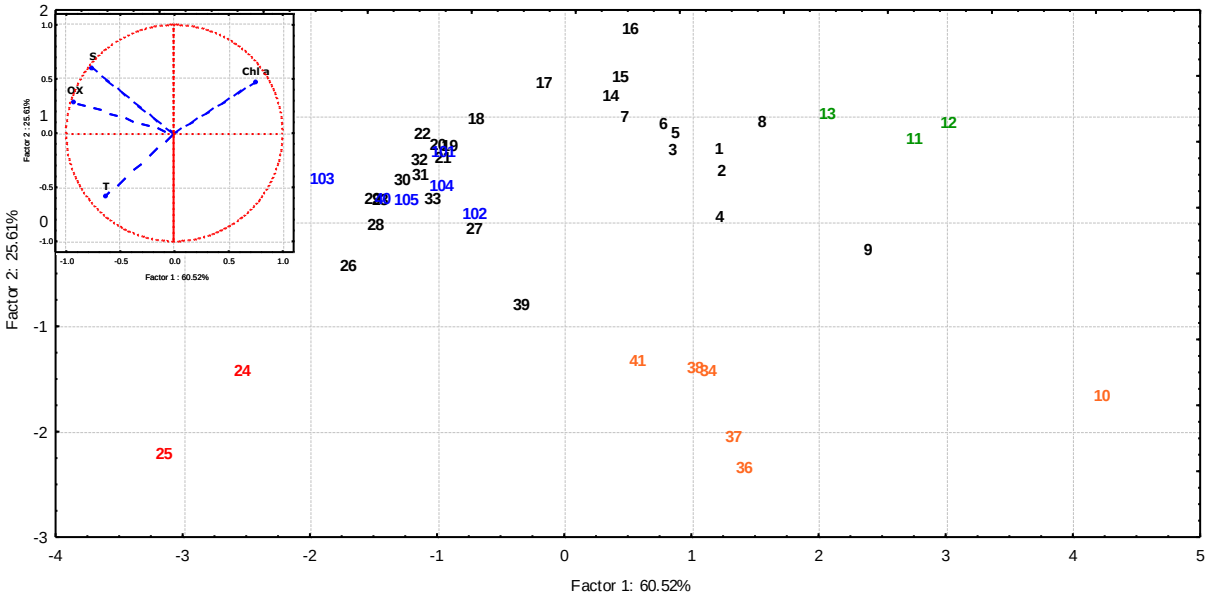


Fig 3.1 a

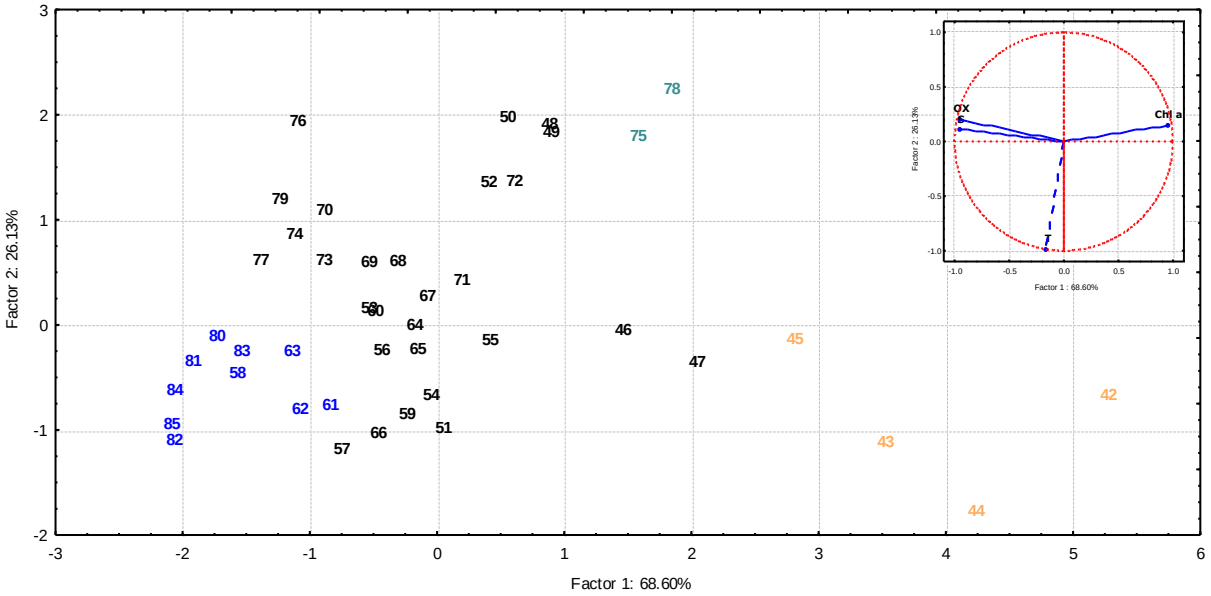


Fig 3.1 b

Fig. 3.1 a-b analisi delle componenti principali porto di Genova 2010

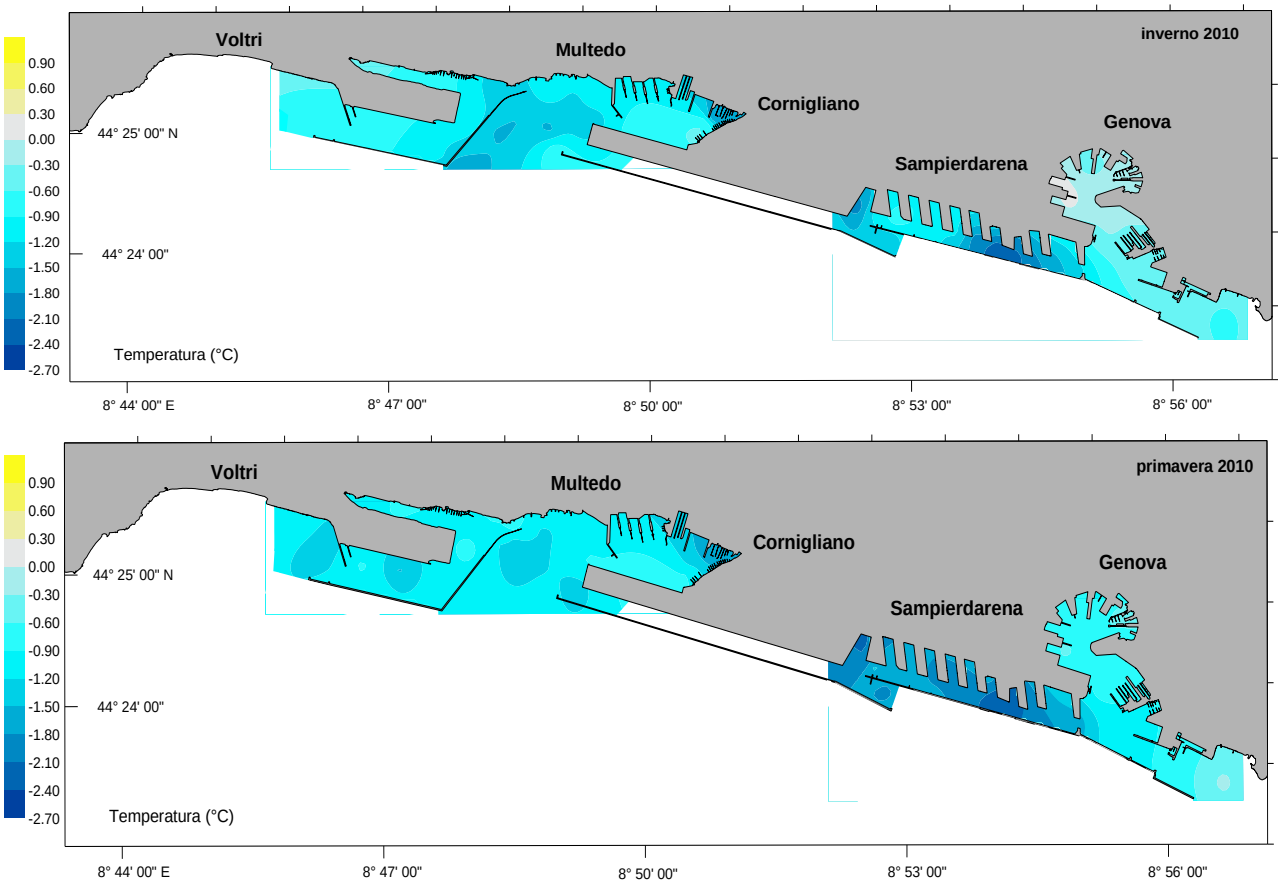
3.2 L'anno 2010

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 2010, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2010 sono riportati in appendice.

Nel 2010 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. Bisognerà aspettare però 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 2010 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2009). 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 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2010.



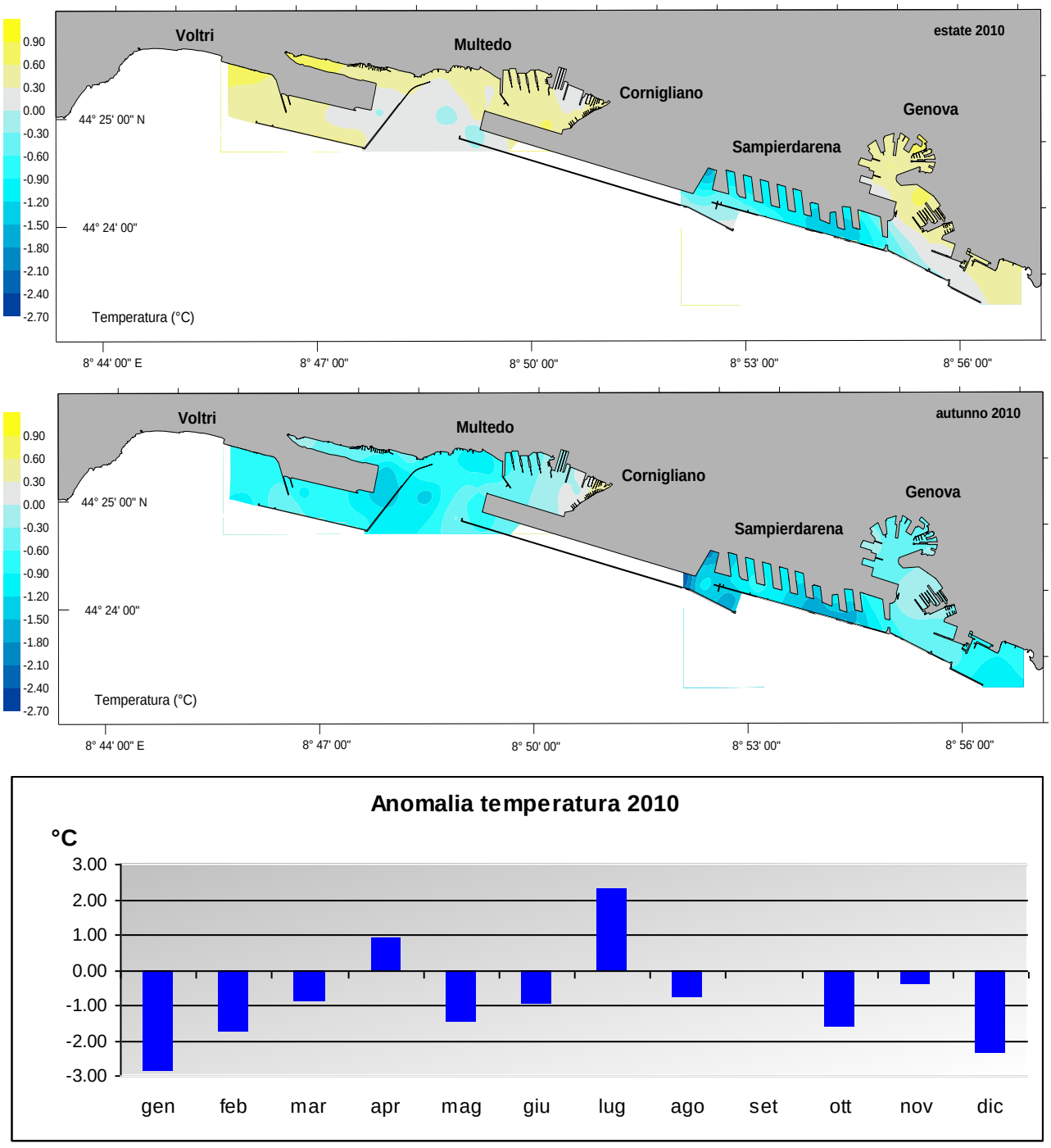
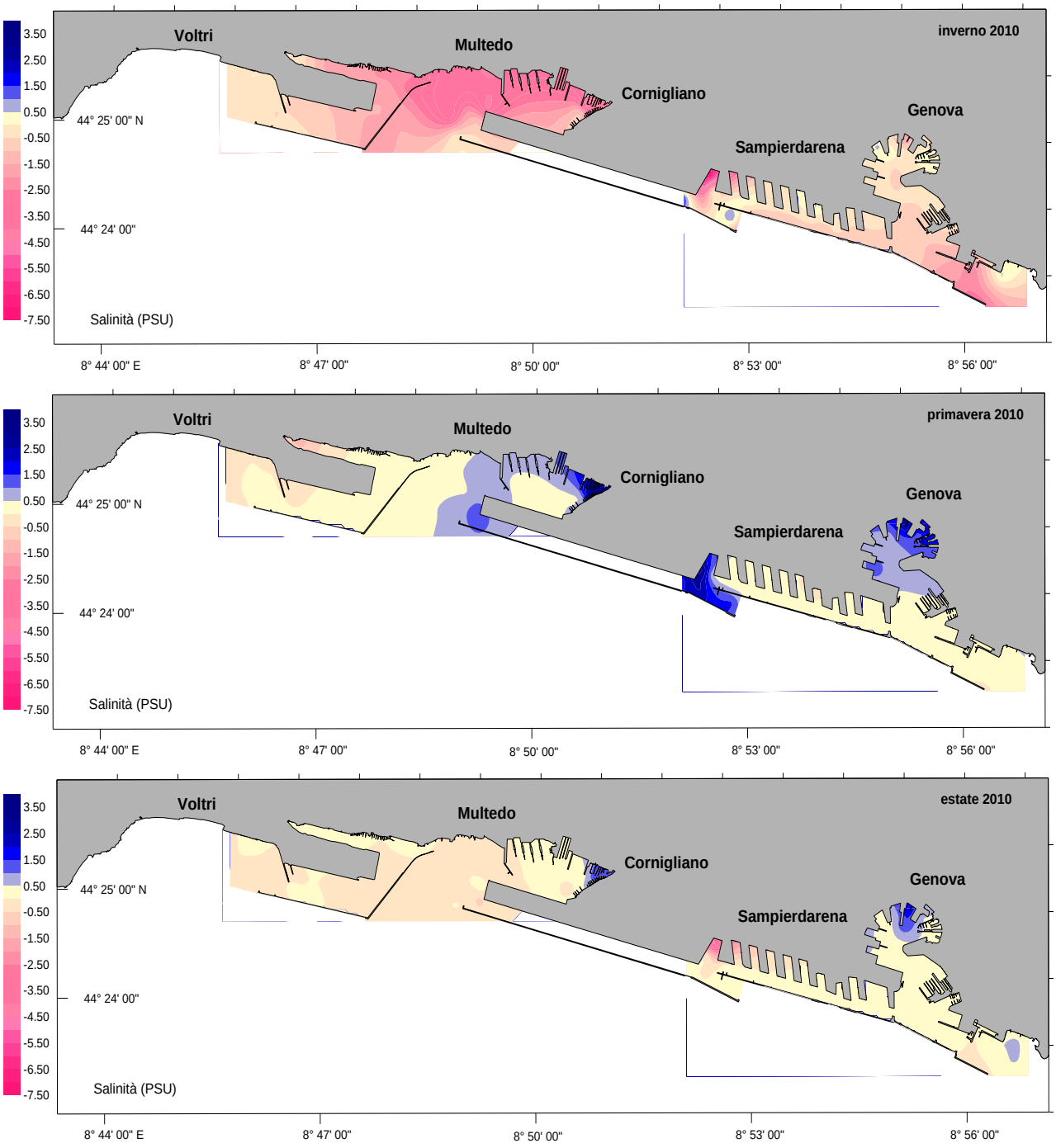


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2010

Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2010 è stato in generale caratterizzato da temperature abbastanza discordanti dalla media a parte per i mesi di settembre e novembre. Nei mesi di aprile e luglio si sono registrate temperature superiori alla media, mentre per i restanti mesi si hanno temperature inferiori alla media. Le anomalie della temperatura dell'acqua invernali, primaverili e autunnali sono maggiormente negative o vicino allo zero. Le anomalie estive sono per la maggior parte

positive o vicine allo zero tranne che per la zona tra la foce del Polcevera e la zona di Sampierdarena che presenta anomalie negative. Per tutte le stagioni l'andamento delle anomalie della temperatura dell'acqua è abbastanza in accordo con quello delle anomalie della temperatura atmosferica, in particolare per la stagioni invernali e autunnali.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2010



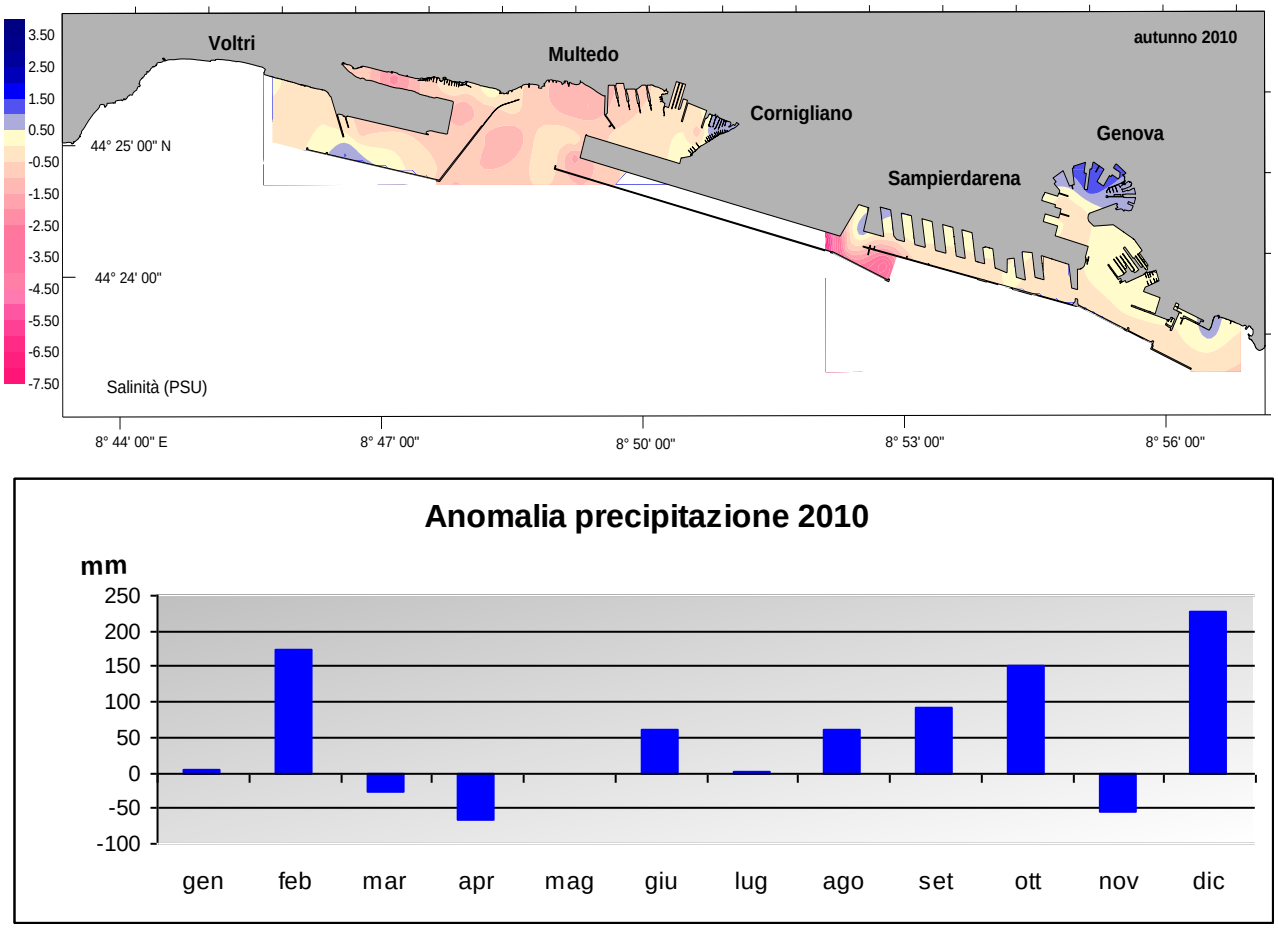


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2010

L'anno 2010, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato da precipitazioni spesso superiori alla media. In particolare nei mesi estivi e autunnali si sono registrate precipitazioni superiori alla media del periodo mentre nei mesi invernali e primaverili le precipitazioni sono state al di sotto della media; fanno eccezione i mesi di febbraio e giugno con precipitazioni superiori alla media e il mese di novembre con precipitazioni inferiori alla media. Per quanto riguarda la salinità si sono riscontrate anomalie prevalentemente positive nella stagione primaverile, tranne che per la zona di Voltri dove le anomalie sono prossime allo zero o leggermente negative. In estate e autunno le anomalie sono negative tranne che per le zone presso il depuratore della darsena e la foce del Chiaravagna, dove sono positive nonostante le precipitazioni siano superiori alla media. L'anomalia della salinità è negativa nella stagione invernale dove si evidenzia un febbraio con precipitazioni superiori alla media.

In Fig. 3.4 sono riportate le anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque portuali nel 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

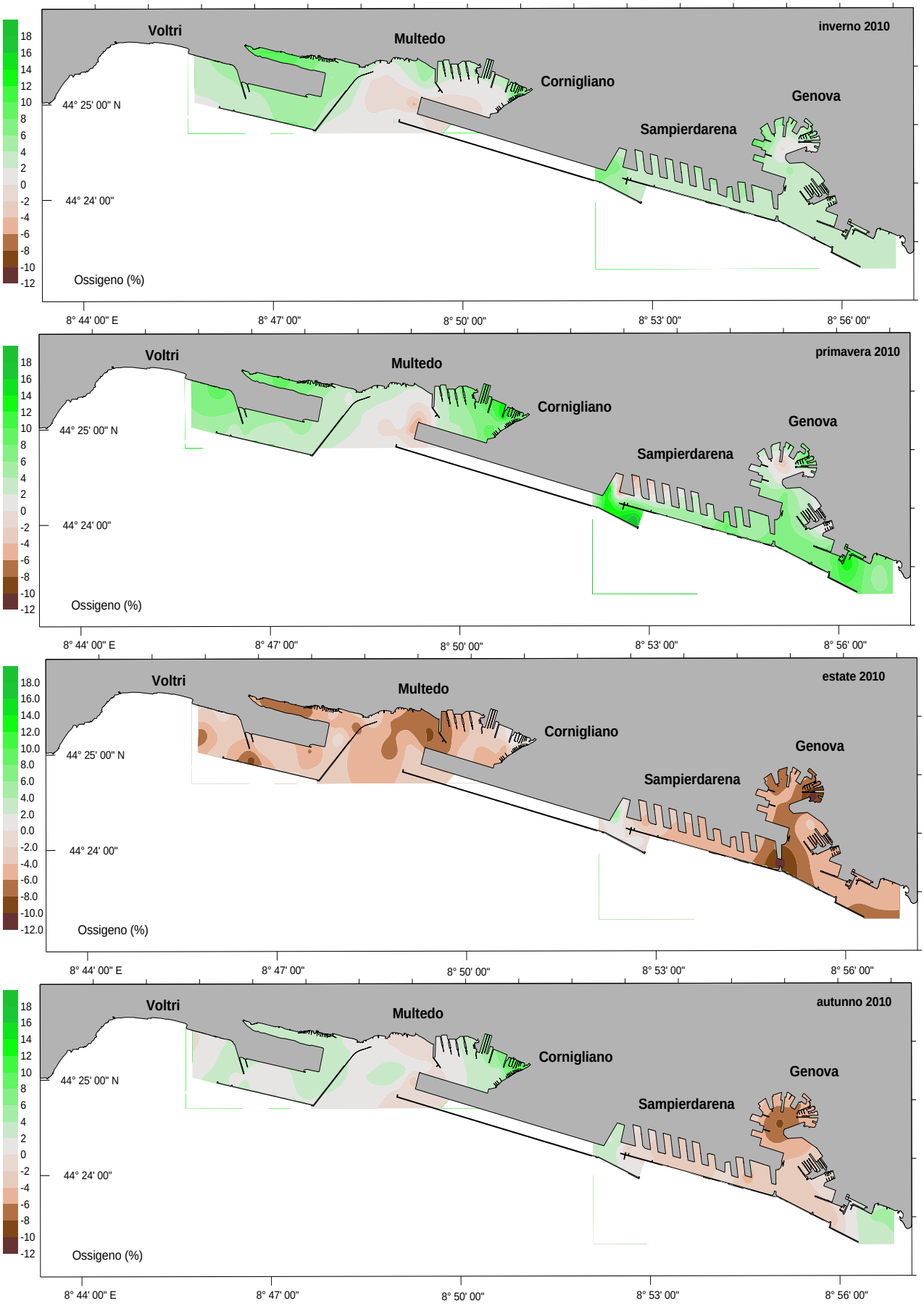
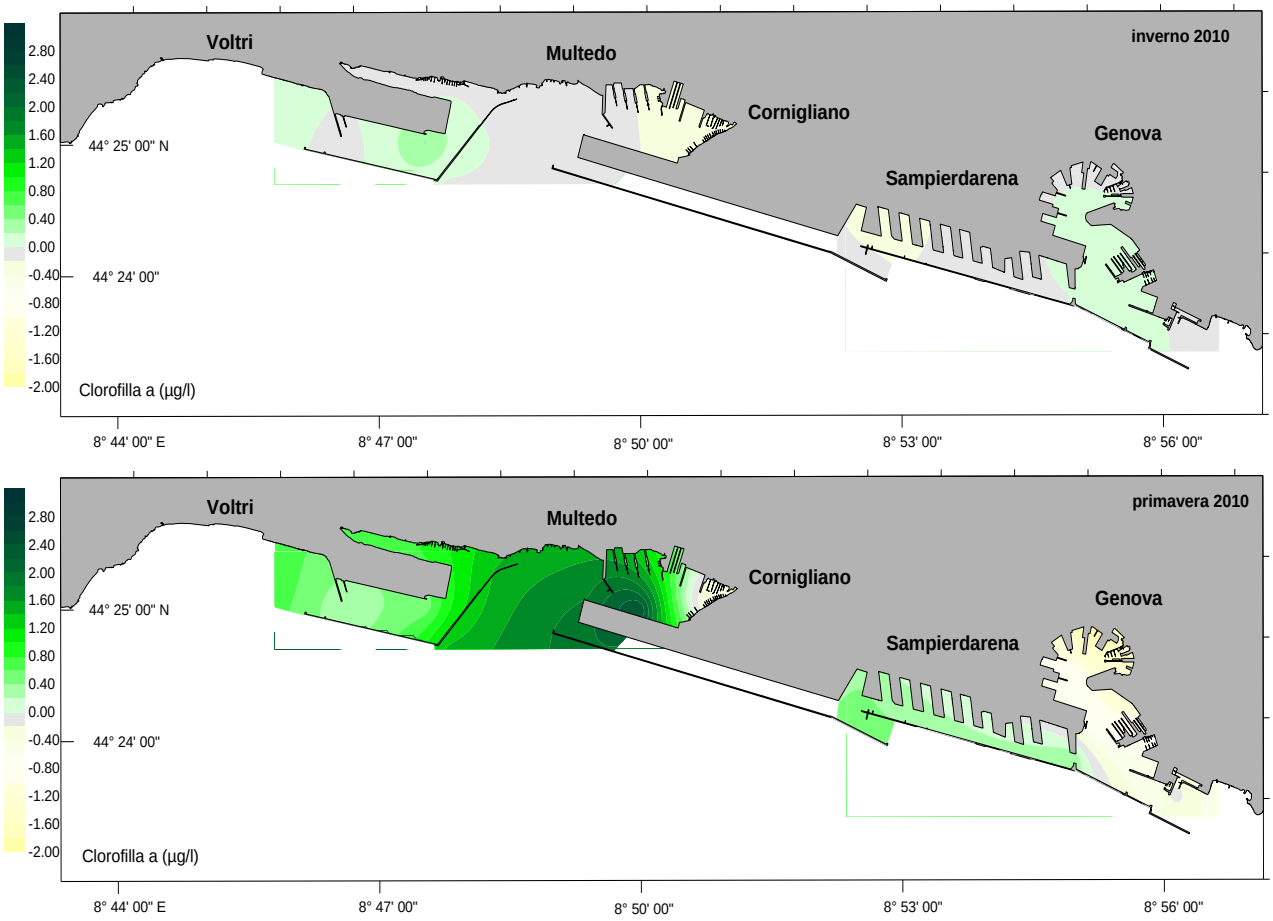


Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2010

L'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, presenta un'anomalia positiva in tutta l'area portuale in inverno e primavera fatta eccezione per la zona tra il bacino di Voltri e quello di Multedo dove l'anomalia è prossima a zero o leggermente negativa. In estate presenta anomalie decisamente negative in tutta l'area portuale, tranne che alla foce del Polcevera. In autunno presenta un anomalia positiva per quanto riguarda la zona di Multedo e Voltri, mentre a Genova presenta un anomalia negativa, tranne alle due imboccature dove l'anomalia è leggermente positiva. L'evoluzione stagionale dell'ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell'acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra).

In Fig. 3.5 sono riportate le anomalie della concentrazione di clorofilla a nelle acque portuali nel 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



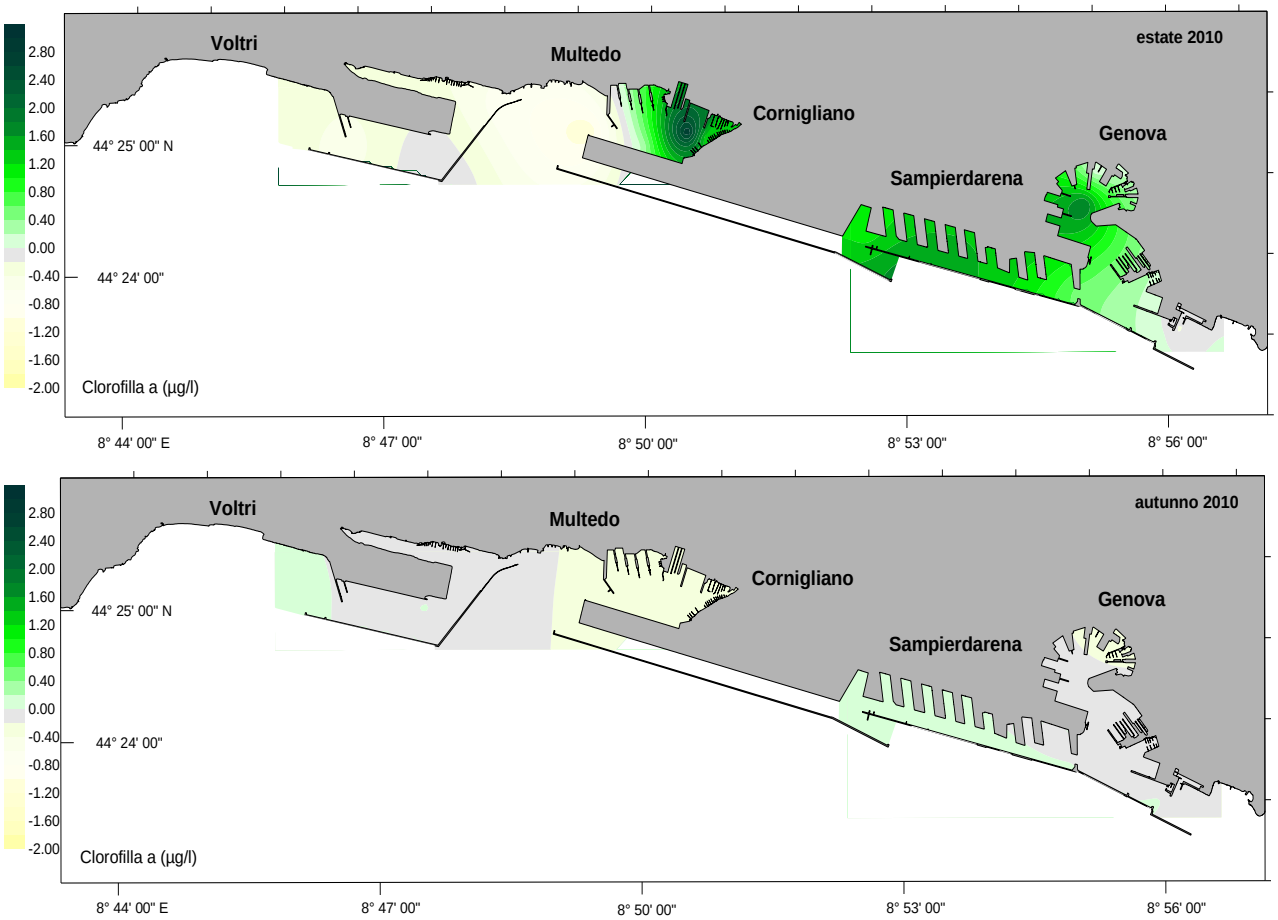
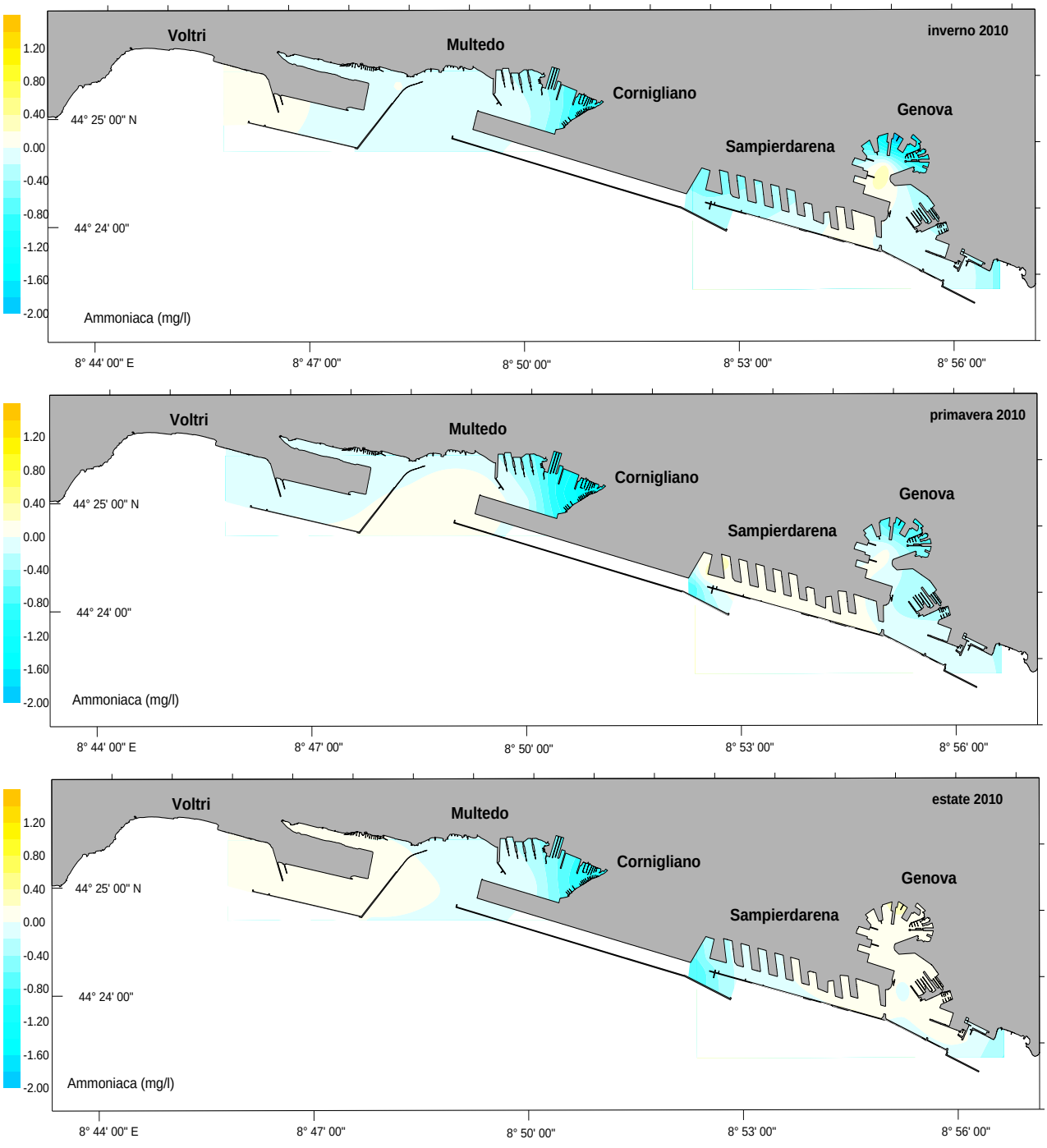


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2010

L'anomalia della clorofilla-a si assesta su valori medi nel periodo invernale in tutta la zona portuale, con anomalie leggermente positive nella zona del Porto Antico e nel bacino di Voltri, e leggermente negative alle foci del Chiaravagna del Polcevera. In primavera l'anomalia è fortemente positiva nella zona di Multedo-Voltri, nella zona di Sampierdarena è leggermente positiva mentre nel Porto Antico è leggermente negativa. In estate si hanno anomalie positive nel bacino di Genova e in quello di Multedo, mentre a Voltri presenta valori intorno allo zero. In autunno l'anomalia presenta valori leggermente positivi o intorno allo zero in tutta la zona portuale.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



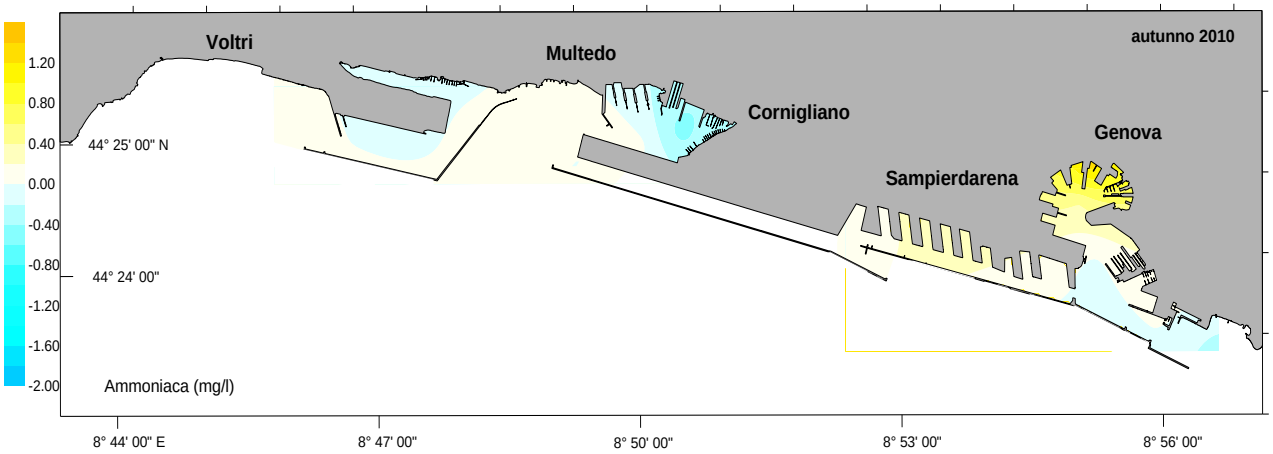
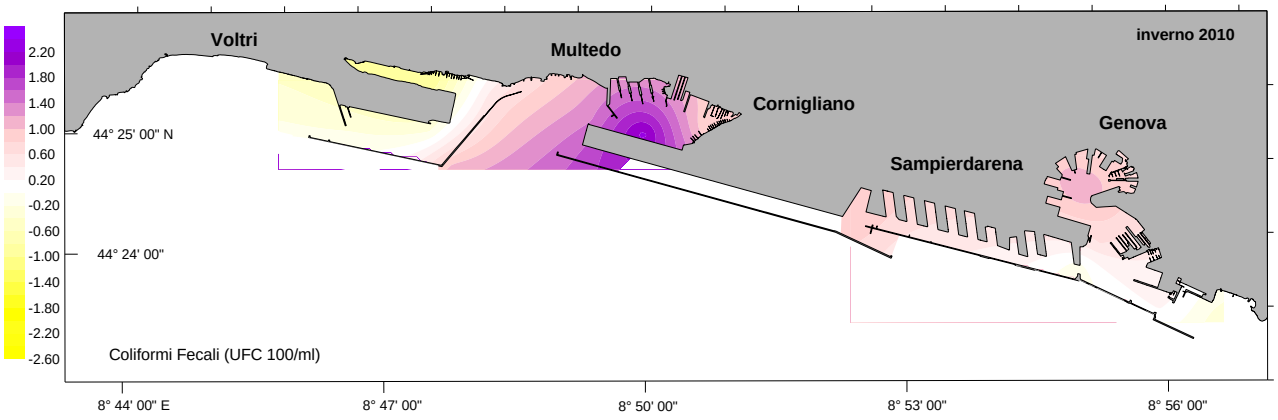


Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2010

L'ammoniaca presenta durante tutto l'anno anomalie negative o intorno alla media nella zona di Multedo-Voltri. In inverno, primavera ed estate si registrano anomalie negative o prossime allo zero anche nel bacino di Genova. In autunno si notano anomalie positive nella zona che va dalla foce del Polcevera alla zona del Porto Antico mentre presenta anomalie negative nella zona di Punta Vagno.

In Fig. 3.7 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2010, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



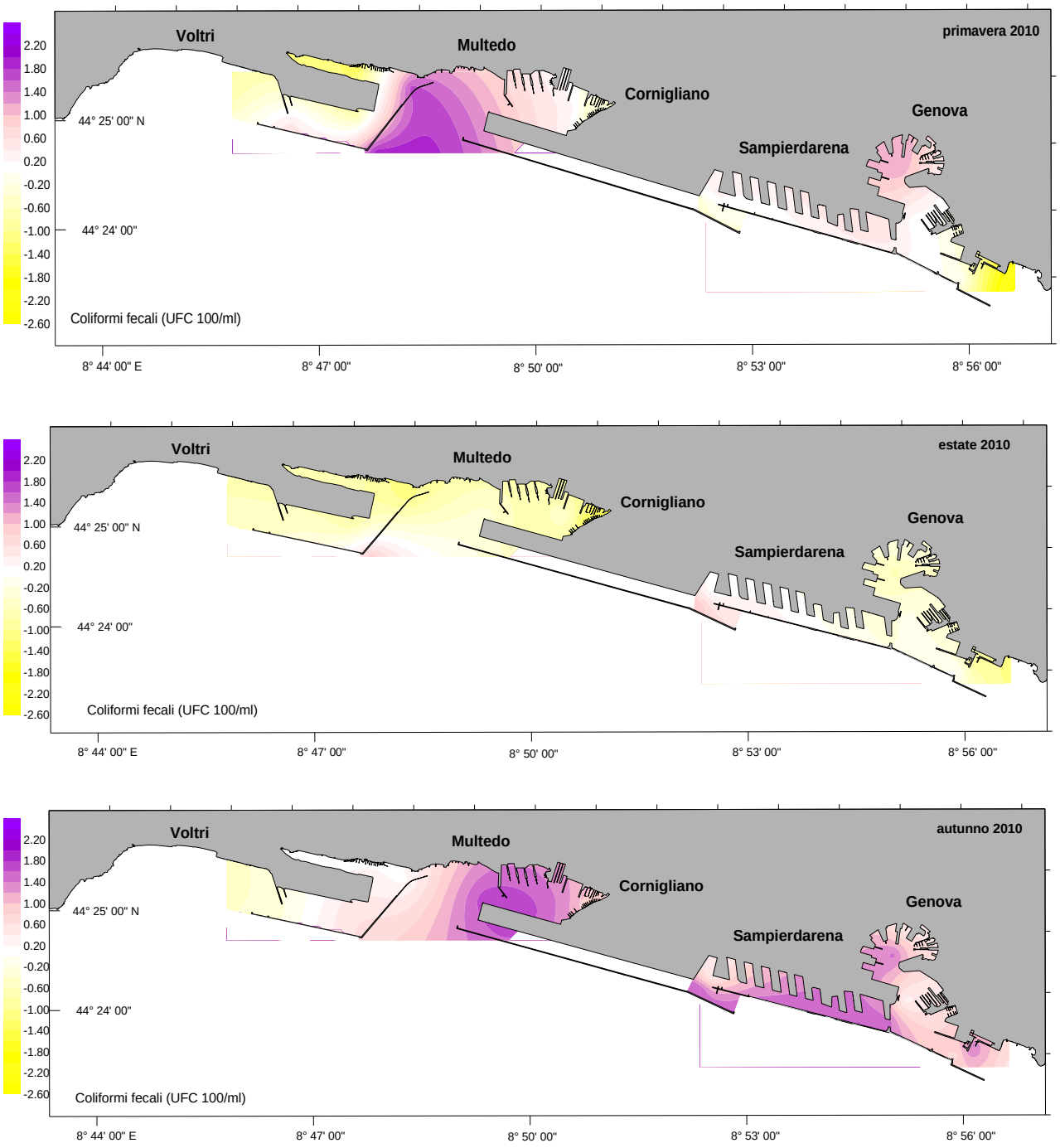
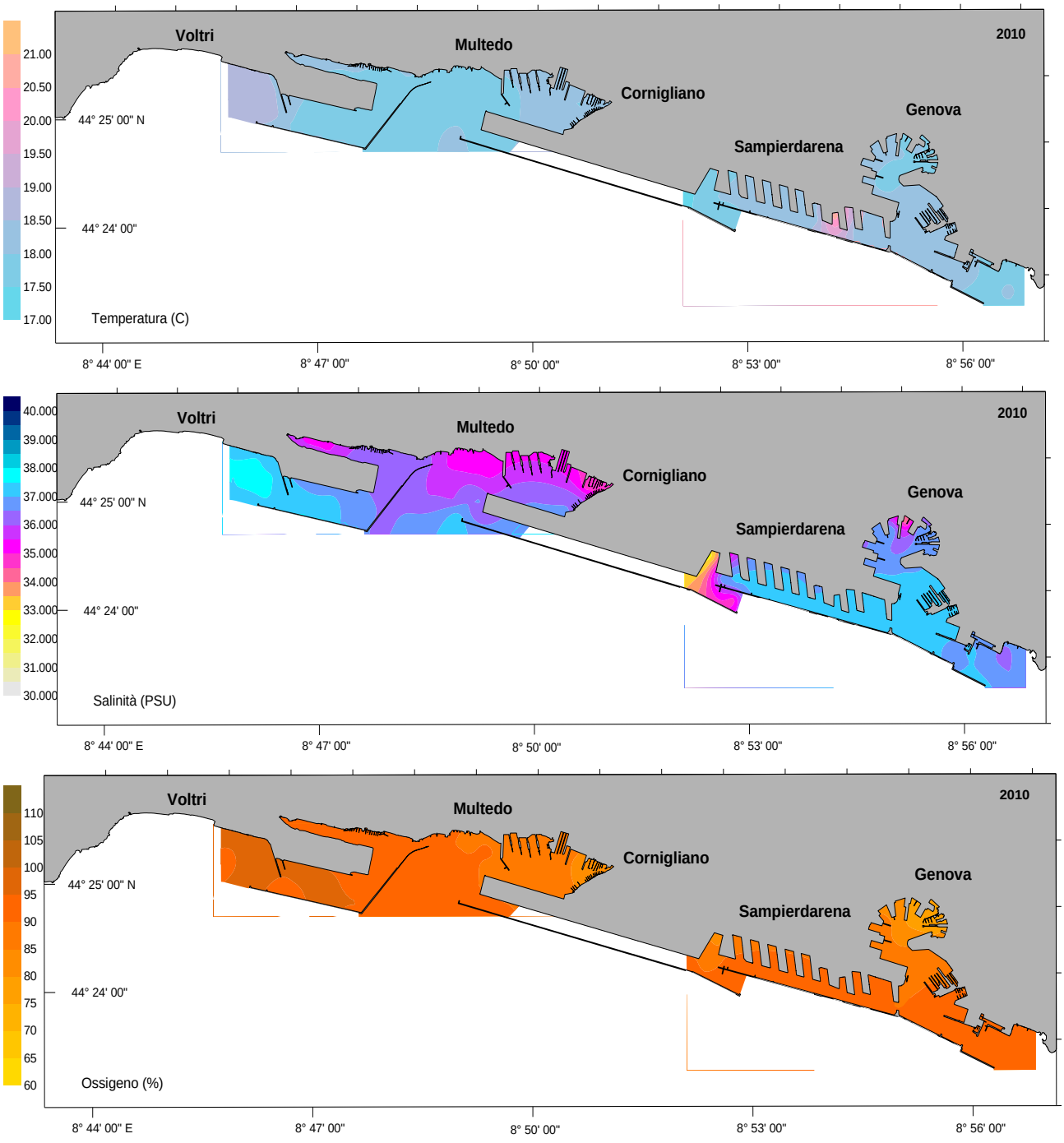


Fig. 3.7 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2010

La concentrazione di coliformi fecali presenta in inverno, primavera ed estate anomalie positive in quasi tutta l'area portuale. Fanno eccezione la zona di Voltri che presenta una leggera anomalia negativa durante tutto l'anno e la zona di Punta Vagno che presenta anomalie negative primavera e estate. In estate tutta la zona portuale presenta anomalie leggermente negative o vicine allo zero tranne che alla foce del Polcevera dove l'anomalia è leggermente positiva.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2010 (salinità, temperatura, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali) è stato condotto utilizzando le distribuzioni dei dati, in maniera da evidenziare a livello qualitativo la presenza di gradienti di concentrazione.

I valori medi annuali dei parametri nei siti di campionamento sono stati interpolati mediante il programma grafico Surfer 8 (Goldensoftware), ottenendo delle mappe che evidenziano in maniera intuitiva i principali tratti della loro variabilità spaziale (Fig. 3.8).



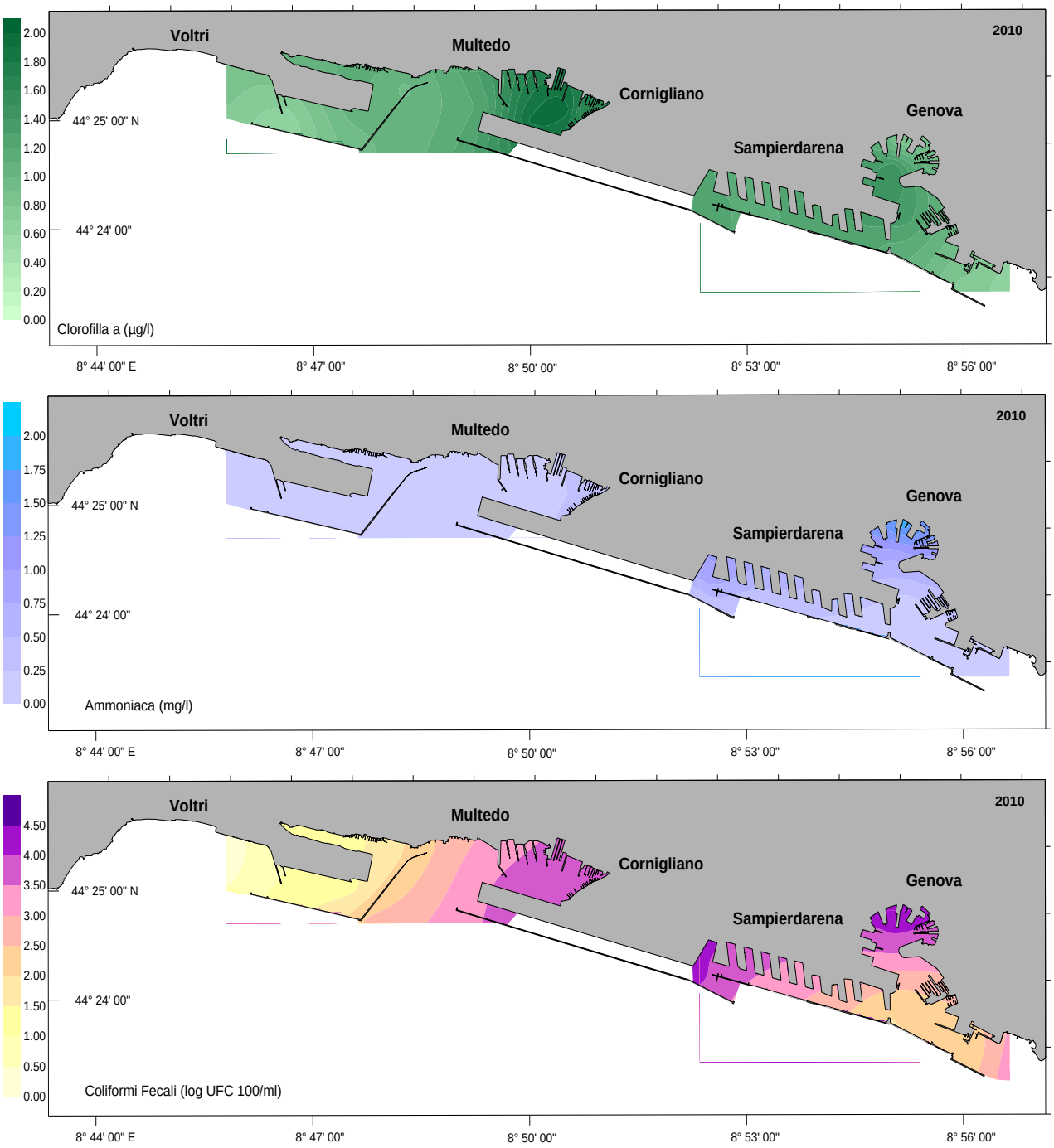


Fig. 3.8 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, ammoniaca e coliformi fecali.

La distribuzione della temperatura evidenzia, nella Darsena e a Multedo, un gradiente crescente verso le bocche portuali, ad indicare una minore temperatura degli scarichi provenienti da terra. Confrontando i dati con quelli dell'anno precedente si nota come tale gradiente sia meno evidenziato nel 2010. 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 almeno 2.50°C rispetto al resto del bacino.

La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci e, infatti, i valori minimi si trovano in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena e alla foce del Polcevera. Nella zona di Multedo-Voltri i valori più bassi di salinità si trovano alla foce del Chiaravagna, in prossimità del depuratore di Pegli e nel canale di Prà, dove sfociano i torrenti Branega e San Pietro. Il bacino di Voltri ha, in generale, una salinità più elevata ed uniforme, simile a quella del mare. Rispetto agli anni precedenti si è notata una maggior influenza degli apporti da terra nella zona di Pegli e Prà.
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.
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.

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.

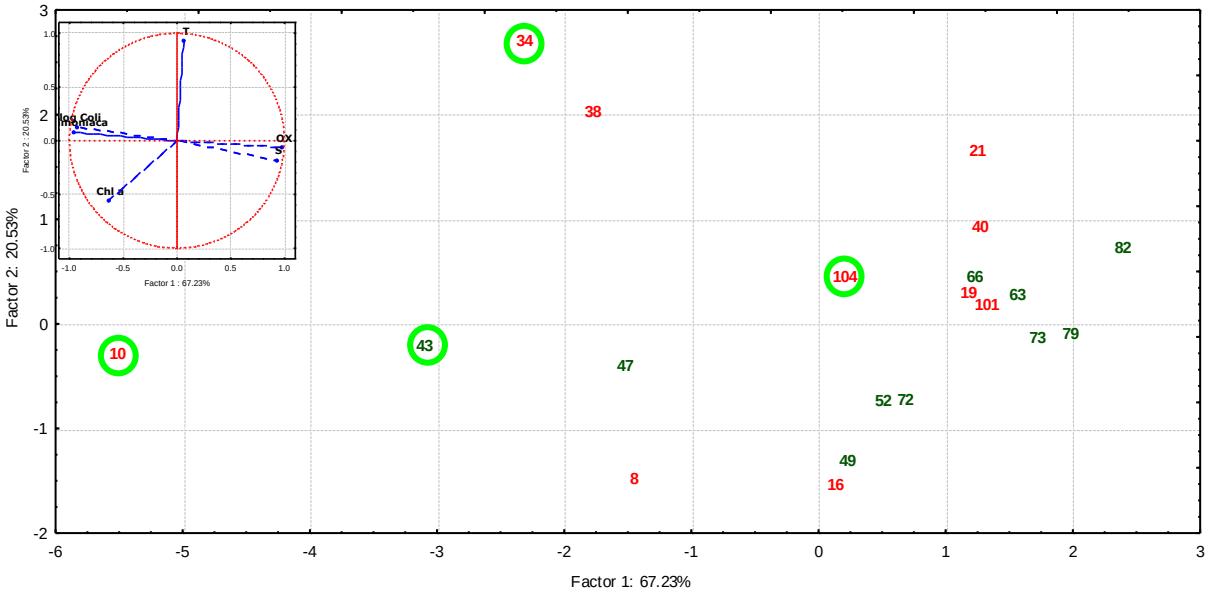


Fig 3.9 Analisi delle componenti principali applicata ai bacini di Genova(rosso) e Multedo-Voltri (verde) per le sole stazioni in cui si eseguono le analisi di ammoniaca e coliformi fecali; sono cerchiati i 4 siti critici.

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 ed industriali;
- Punta Vagno, area a possibile rischio ambientale di origine biologica, in quanto 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 2010, 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 1998-2009) 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 ed 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 ed 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 alla 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)

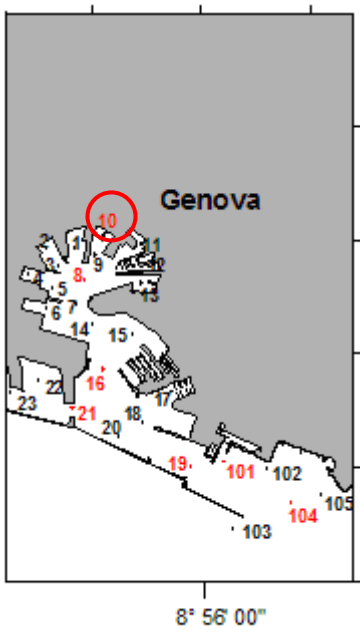


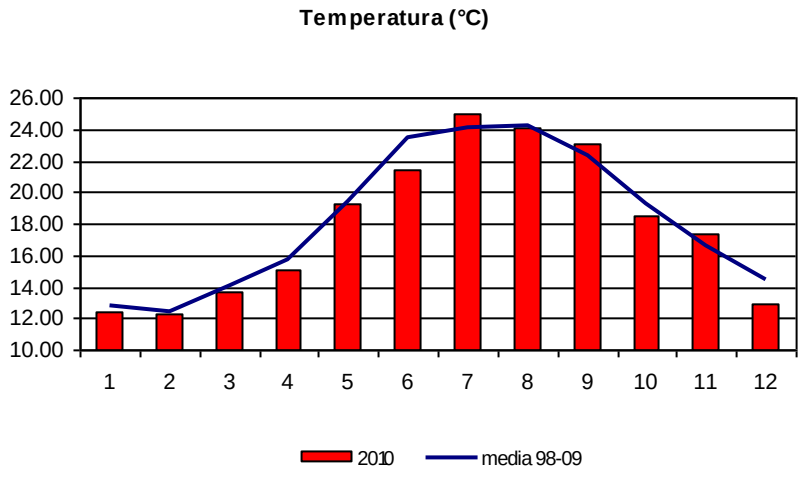
Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

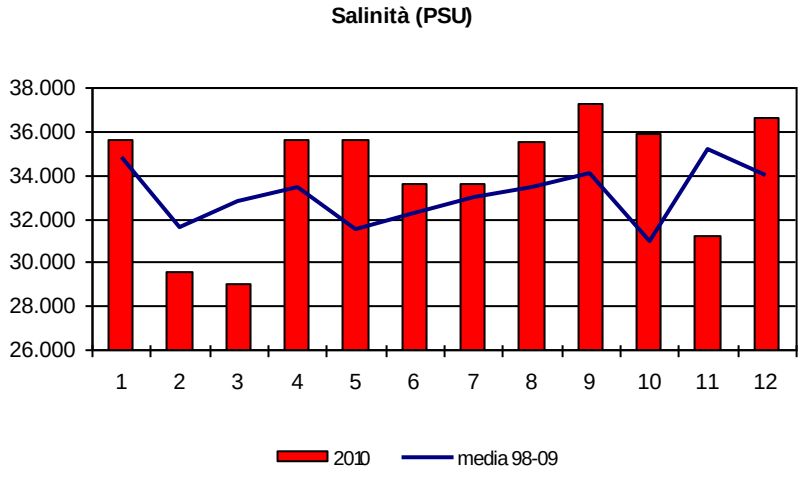
In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2010 si evidenziano i mesi di giugno e dicembre, più freddi, e il mese di luglio, più caldo. Tranne che per il mese d giugno si riscontra però una correlazione con la temperatura atmosferica in quanto le anomalie riportate corrispondono a quelle della temperatura atmosferica.
La salinità è compresa tra 29,000 e 37,500 PSU, valori in generale più alti rispetto a quelli medi, tranne che per i mesi di febbraio, marzo e novembre dove la salinità ha dei valori molto più bassi della media. Solo per il mese di febbraio si nota una correlazione tra le basse salinità e l'anomalia delle precipitazioni, fenomeno che non si nota negli altri due mesi.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, tranne che per i mesi di luglio, settembre, novembre e dicembre dove i valori sono fortemente sotto la media.
La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente molto più bassa o paragonabile alla media, e soprattutto il picco primaverile-estivo che solitamente

caratterizza l'area risulta ritardato di circa un mese, e si possono notare valori molto superiori alla media nel mese di luglio.

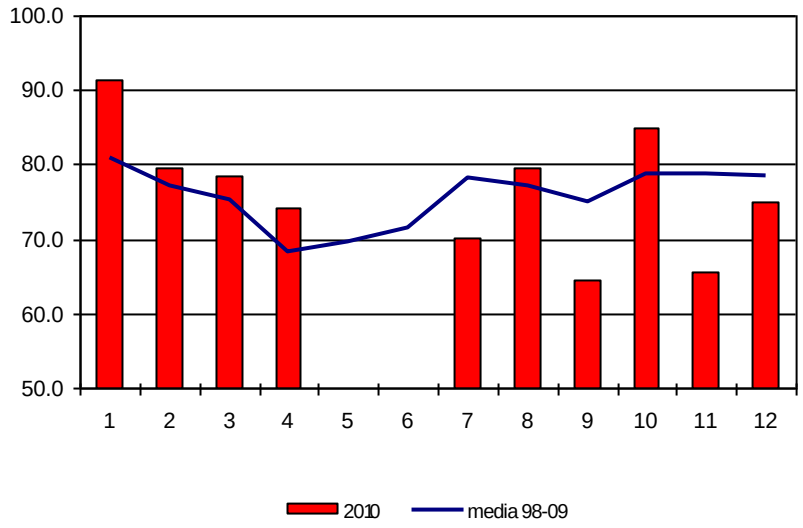
Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, tranne che per i mesi di gennaio, febbraio, maggio e novembre. Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, maggio, giugno, novembre e dicembre sono stati superati i valori limite riportati nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato sempre superato, tranne che nel mese di luglio con concentrazioni anche molto elevate (112000 MPN/100 ml).

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

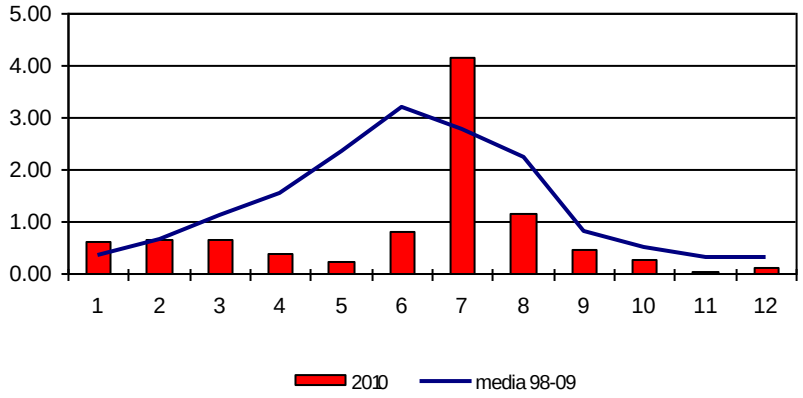




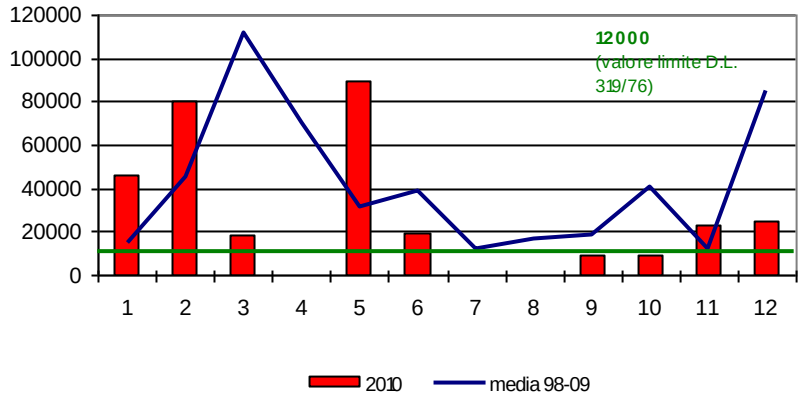
Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



Coliformi fecali (UFC/100 ml)



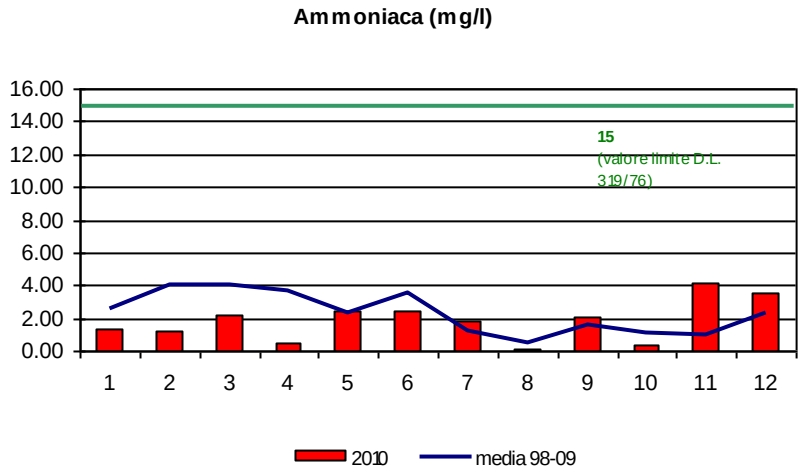


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009 (stazione 10)

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)

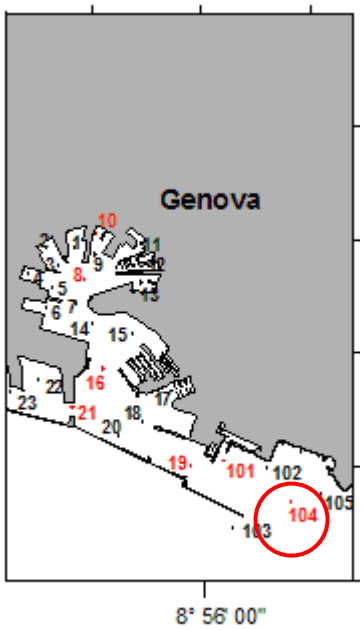
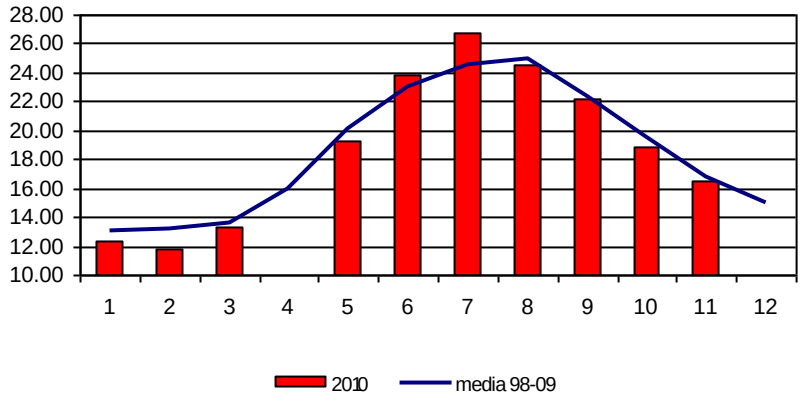


Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 104, posta in prossimità dello scarico del depuratore a Punta Vagno

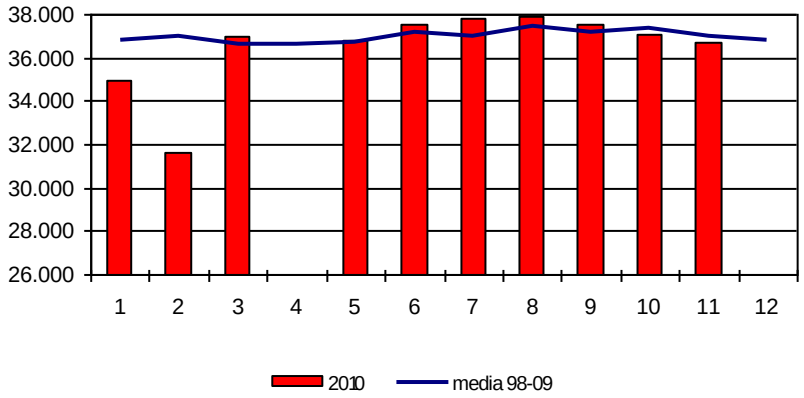
In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009.
Nei mesi di aprile e dicembre non è stato possibile effettuare i campionamenti nel punto a causa delle condizioni meteo avverse.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo. Solo nel mese di luglio si nota una temperatura al di sopra della media, in accordo all'anomalia di temperatura dell'aria.
La salinità è compresa tra 31,500 e 38,000 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni. I mesi di gennaio e febbraio sono gli unici due che si discostano dalla media, con valori notevolmente inferiori, in accordo con l'andamento delle precipitazioni.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta più elevato rispetto alla media nei mesi di marzo e novembre; nei mesi di febbraio, luglio e settembre presenta valori inferiori alla media, mentre nei restanti mesi i valori sono paragonabili a quelli medi. La concentrazione della clorofilla a, invece, è al di sotto della media tranne nei mesi di marzo, giugno,agosto e novembre, solo nel mese di settembre si hanno valori superiori alla media. Si evidenzia come l'andamento del 2010 non segua del tutto il picco estivo riscontrato nella media, in quanto a giugno si hanno valori bassi; si nota inoltre un picco nel mese di settembre.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale ha valori molto inferiori a quelli medi, tranne che nei mesi di ottobre e novembre, dove i valori sono simili alla media. 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 è riscontrato un deciso miglioramento rispetto al passato, basandosi sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali, che conferma l'andamento osservato nel 2009. Negli anni precedenti questa stazione era caratterizzata dalla presenza 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 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 iniziare ad associare ai parametri che indicano uno scambio con il mare aperto (salinità, ossigeno disciolto, reazione inversa con azoto ammoniacale e coliformi fecali).

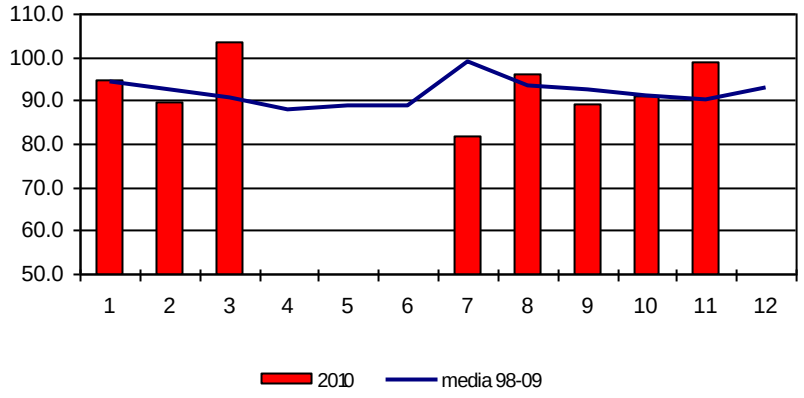
Temperatura (°C)

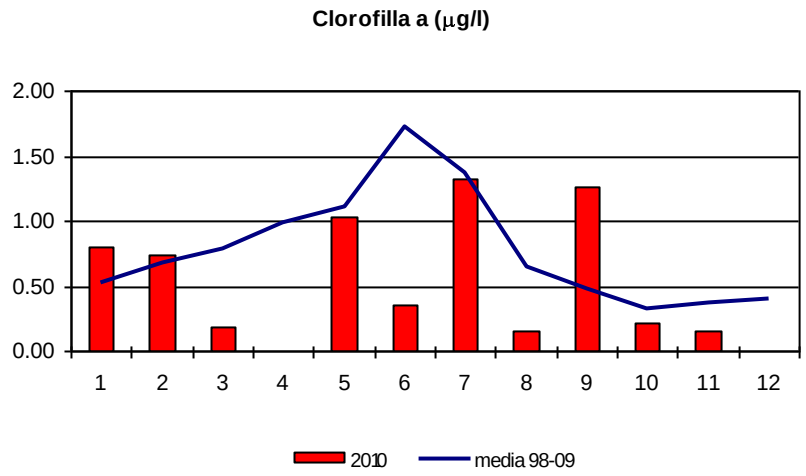


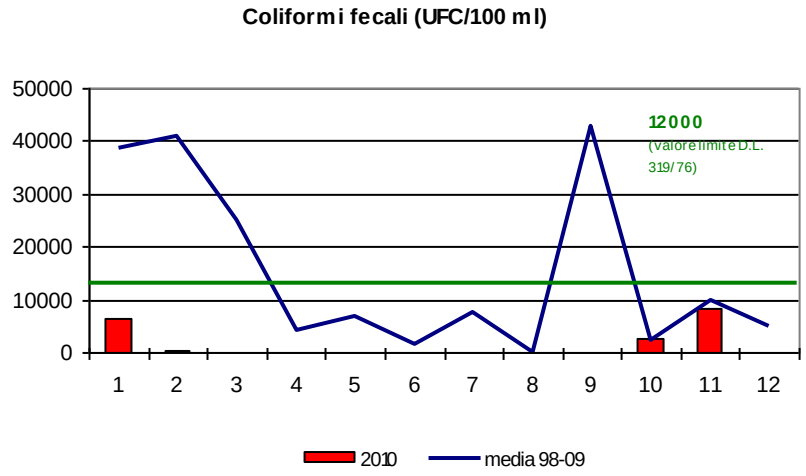
Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)







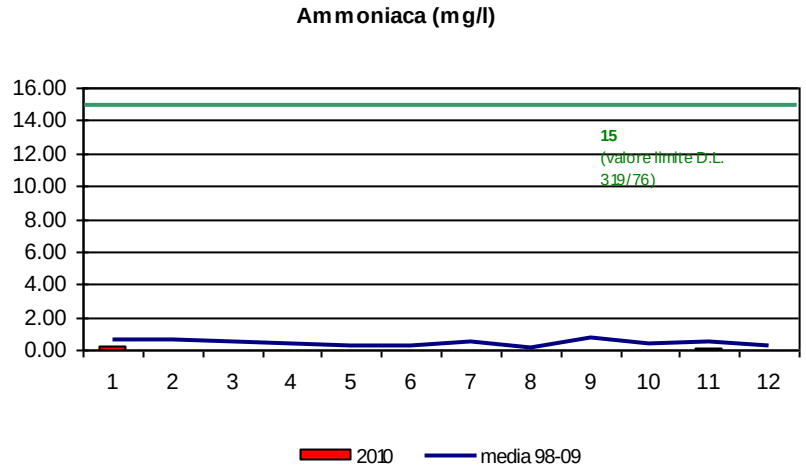


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009 (stazione 104)

Foce del Polcevera

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

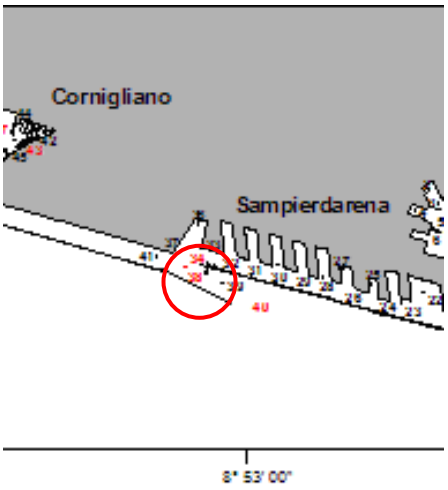
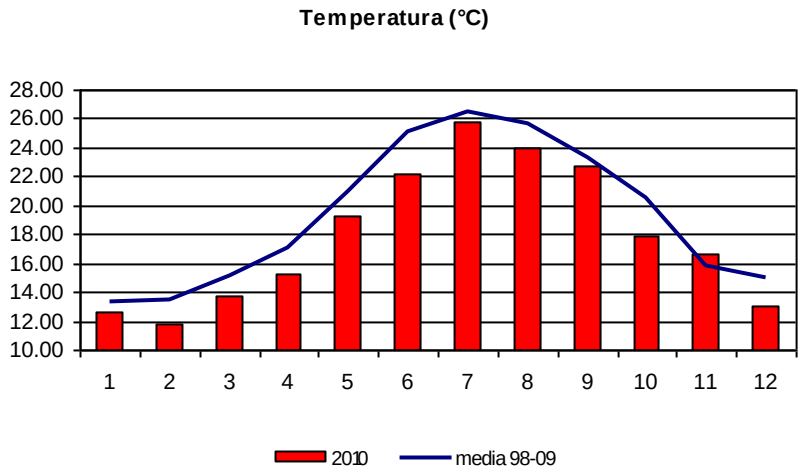


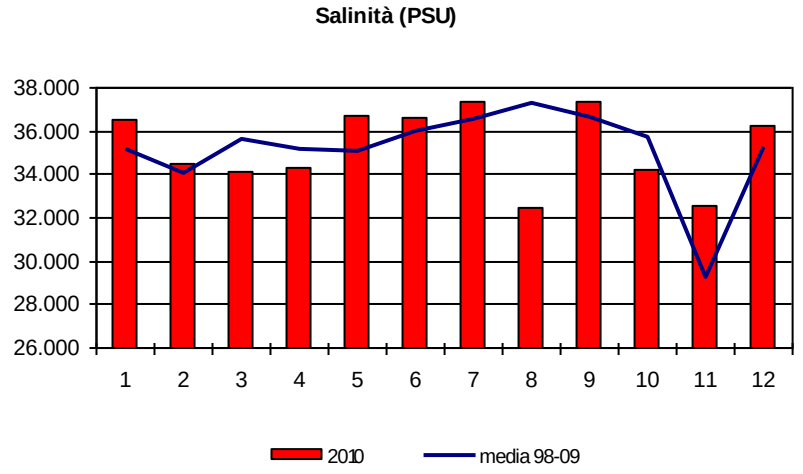
Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009.
La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2010 si evidenziano temperature leggermente più fredde della media, tranne che per il mese di novembre.
La salinità è compresa tra 32,500 e 37,500 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 l'imboccatura portuale. Si evidenziano i mesi di maggio e novembre, che si discostano dalla media, presentando valori superiori. Nei mesi di marzo, aprile ed agosto si riscontrano valori anche molto inferiori alla media.
L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media, tranne che nei mesi di aprile e agosto.
La concentrazione della clorofilla a è inferiore alla media nei primi 6 mesi dell'anno, ad eccezione del mese di maggio dove risulta essere notevolmente superiore, mentre nel restante periodo presenta valori superiori o simili alla media. Il picco presene nella media risulta essere spostato di un mese. Si evidenziano i mesi di agosto e settembre con valori molto superiori alla media.
Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono simili alla media nei mesi di marzo, giugno e dicembre. L'unico mese che presenta valori notevolmente superiori alla media è gennaio. I restanti mesi presentano valori inferiori alla media. Il valore limite

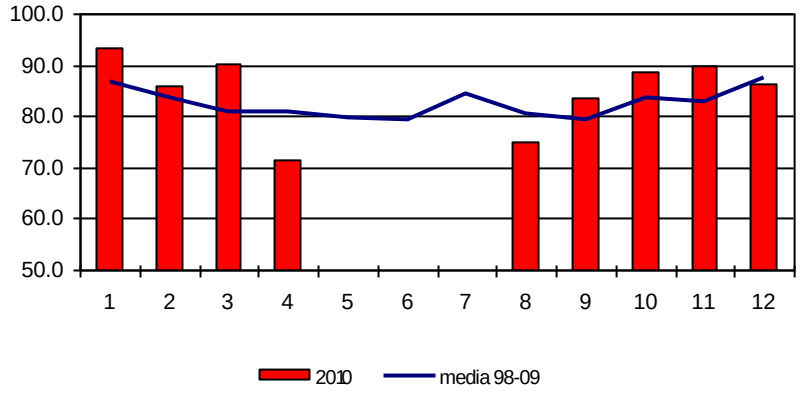
riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml) è stato superato nei mesi di gennaio, marzo e giugno.

L'ammoniaca presenta nei mesi di febbraio e ottobre concentrazioni leggermente inferiori alla media, nei restanti mesi presenta invece valori superiori 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).

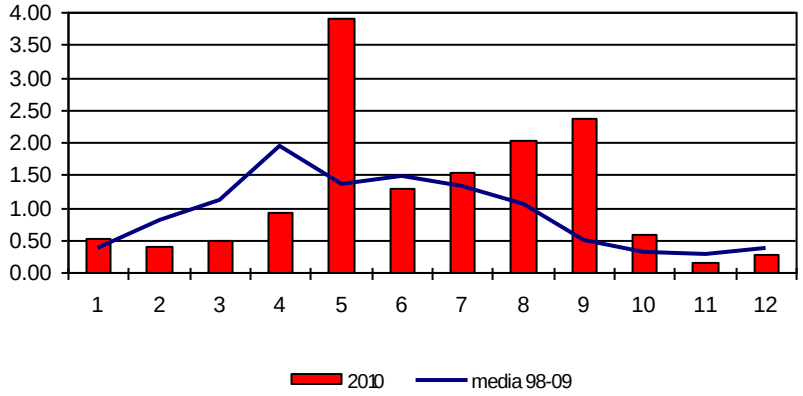




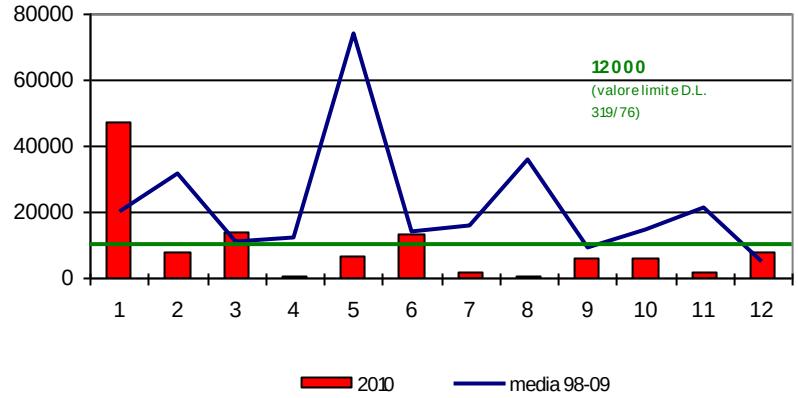
Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



Coliformi fecali (UFC/100 ml)



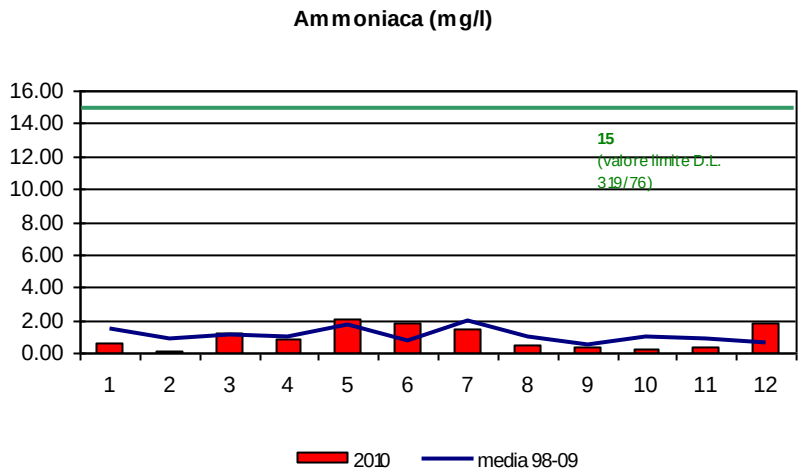


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

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

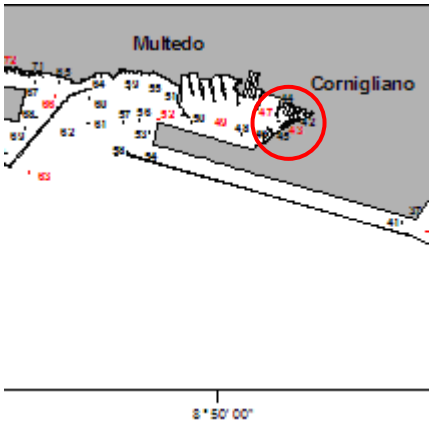


Fig. 3.16 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

In figura 3.17 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2010 si evidenzia il mese di giugno più freddo ed il mese luglio più caldo. Per entrambi i mesi si nota una buona correlazione con i dati di anomalia della temperatura atmosferica.

La salinità è compresa tra 33,500 e 37,500 PSU, valori 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, febbraio e novembre caratterizzati da valori di salinità inferiori alla media. I mesi di luglio e ottobre presentano invece valori maggiori alla media.

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

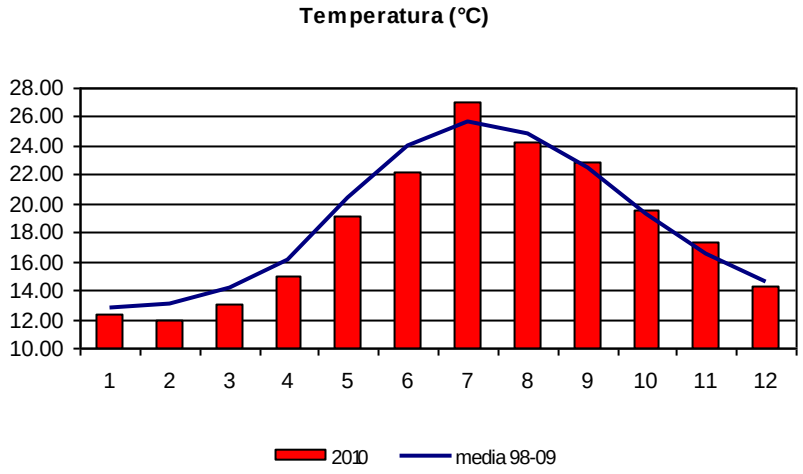
La concentrazione della clorofilla a presenta valori generalmente inferiore alla media, tranne che nei mesi di aprile e luglio dove si riscontrano valori superiori alla media. Il picco presente nella media corrisponde a quello del 2010 anche se con valori diversi.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media tranne che nei mesi di gennaio, febbraio e ottobre che sono anche 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).

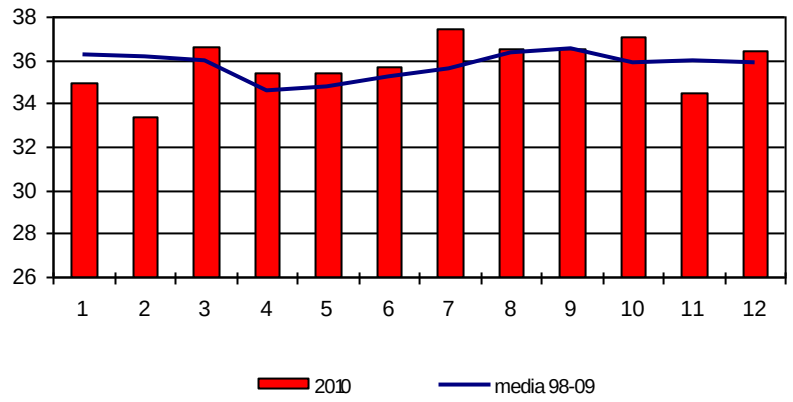
L'ammoniaca presenta generalmente concentrazioni inferiori alla media, e comunque sempre notevolmente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

Alla foce del Chiaravagna si è continuato a riscontrare un miglioramento rispetto al passato, come già riscontrato nel 2008 e nel 2009, basandosi sulle concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali.

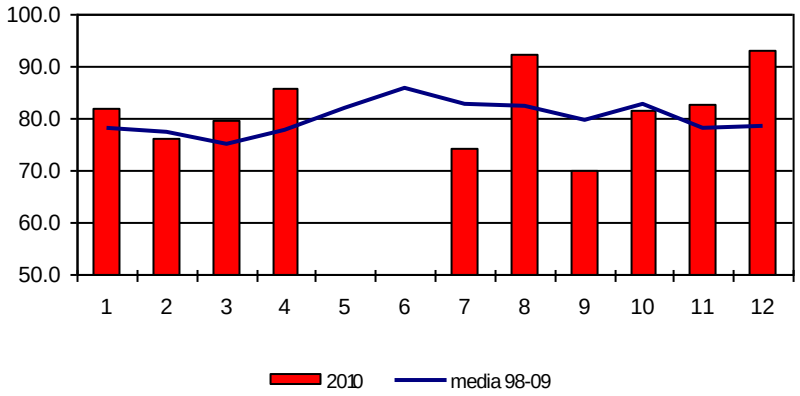
Negli ultimi anni sono stati compiuti dei piani di risanamento ambientale, che hanno previsto la realizzazione di un convogliamento del percolato all'interno del depuratore di Cornigliano. Questo intervento ha portato ad un effettivo miglioramento delle acque del Chiaravagna e di conseguenza del bacino di Multedo, dove sfocia il torrente.



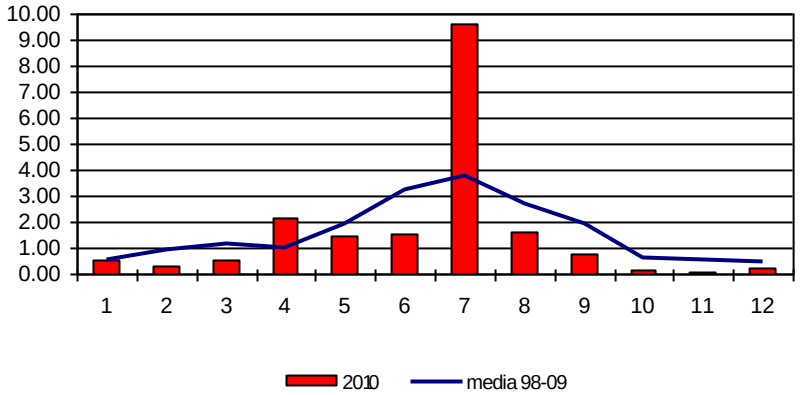
Salinità (PSU)



Ossigeno disciolto (% sat)



Clorofilla a (µg/l)



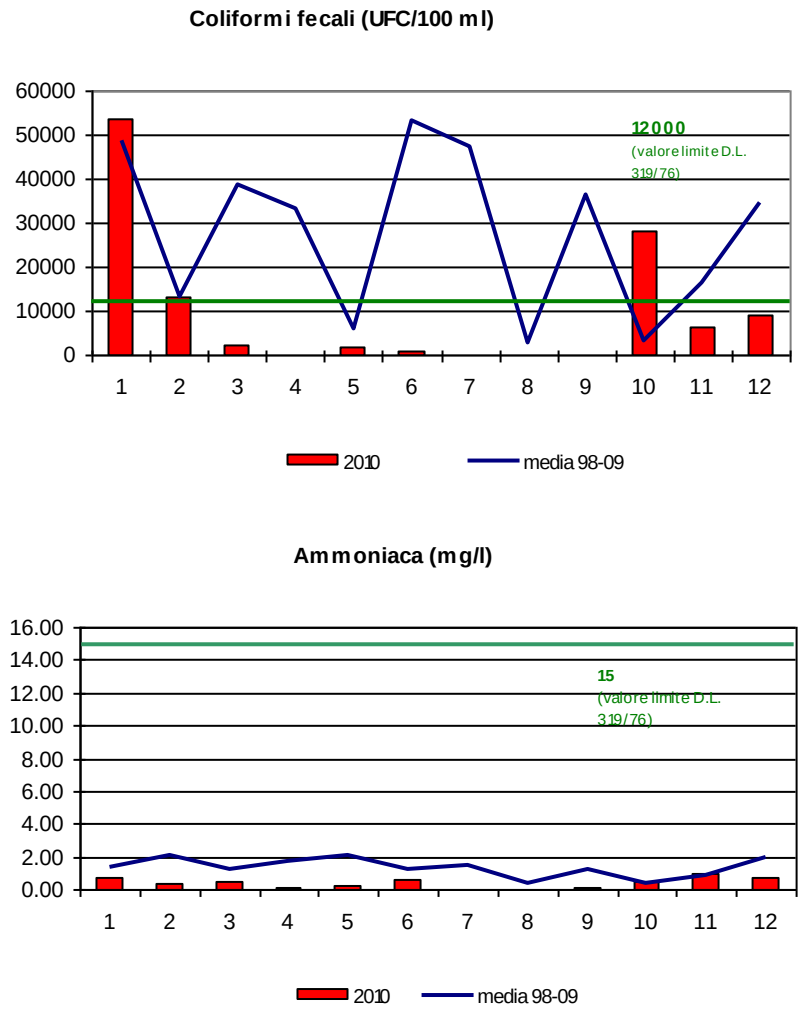


Fig. 3.17 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2010 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2009 (stazione 43)

3.3.1 Mann-Kendall Test

Sulle serie dei dati 1998-2010 (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 15.

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 percentuale dell'ossigeno disciolto, che può indicare un miglioramento della circolazione e ossigenazione delle acque interne al porto antico.
- Stazione 104: 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.

- 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.

Considerando che la serie di dati storici disponibili è ormai decennale è possibile applicare ad 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 2010 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 ed un massimo estivo, così come generalmente osservabile alle latitudini temperate. Rispetto agli anni passati, la temperatura dell'acqua nei mesi invernali, primaverili e autunnali è stata inferiore alla media mentre nei mesi estivi è risultata superiore. In tutte le stagioni nelle stazioni 24 e 25, poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica Enel a Sampierdarena, è stata riscontrata una temperatura più elevata di circa 2.50 °C rispetto al resto del bacino.
- La salinità può essere considerata un tracciante delle immissioni di acque dolci provenienti da terra; la distribuzione spaziale della salinità superficiale, infatti, evidenzia in tutti i mesi i principali scarichi che interessano l'area portuale. L'evoluzione temporale di questo parametro è legata principalmente all'andamento delle precipitazioni, soprattutto per quanto riguarda la foce del Polcevera e la zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna; entrambi i corsi d'acqua, infatti, hanno spiccato regime torrentizio e generalmente basse portate. Anche lo scarico del depuratore in Darsena, risente del regime delle precipitazioni in quanto raccoglie l'apporto della maggior parte dei piccoli rivi tombinati inseriti nel tessuto urbano. L'anno 2010 è stato caratterizzato per quasi tutto l'anno da 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 autunnale e superiori in primavera. 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 2010 le concentrazioni di ossigeno disciolto sono state superiori alla media in tutta la zona portuale in inverno e primavera e autunno 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 2010 le concentrazioni di clorofilla-a sono state vicine alla media in tutta la zona portuale nel periodo invernale e autunnale. In primavera e 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 estate. In autunno si registrano valori superiori alla media nella zona del Porto Antico, mentre nelle restanti zone del bacino di Genova si hanno valori inferiori o simili alla media.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è risultata essere piuttosto variabile, sia nel tempo che nello spazio. Si sono riscontrati diminuzioni in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta Vagno durante tutto l’anno, fatta eccezione per la stagione autunnale, che però registra un aumento anche nelle altre zone. In primavera e estate si riscontra un aumento, soprattutto per la zona di Multedo. Nella stagione estive si evidenziano invece concentrazioni inferiori alla media in tutto il bacino.

La classificazione dei siti determinata dall’analisi statistica multivariata compiuta sul set di dati 1998-2009 risulta valida anche per il 2010 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 2010 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2009). 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.

5 PROSPETTIVE FUTURE

La necessità di coniugare la tutela dell'ambiente con la costante crescita delle aree portuali in coerenza con le logiche di sviluppo sostenibile è stato già affermato sia nella conferenza delle Nazioni Unite sullo Stato dell'Ambiente e sullo Sviluppo (UNCED, 1992) che in un parere del Comitato economico e sociale europeo sulla politica portuale comunitaria (ISPRA, 2010)

Di fronte alla complessità del problema non sempre le soluzioni adottate dalla varie autorità delegate alla tutela dell'ambiente si sono rivelate di effettiva utilità. Molto spesso, infatti, si é fatto ricorso a provvedimenti estemporanei non inseriti in un quadro programmatico globale, non suffragati dalla necessaria conoscenza ambientale e quindi non in grado di risolvere situazioni di degrado ormai consolidate. Sarebbe invece necessario pianificare gli interventi e adottare un approccio sistematico, basato su competenze interdisciplinari, poiché solo attraverso una visione articolata e completa è possibile migliorare la conoscenza e sviluppare quel processo decisionale che individua indirizzi programmatici validi e soluzioni progettuali adeguate.

Obiettivo primario del monitoraggio deve essere quello di consentire il controllo di tutti i processi rilevanti in atto nei bacini portuali, fino alla loro completa comprensione, includendo le possibili fluttuazioni naturali (caratteristiche idrodinamiche e meteoclimatiche) o collegate alle attività portuali, o ancora alla presenza di apporti fluviali, scarichi, etc. La scala di osservazione e monitoraggio deve prevedere l'acquisizione sia di informazioni a breve termine, che consentano l'applicazione di interventi tempestivi di tutela ambientale, sia a medio-lungo termine, per la valutazione dei possibili effetti indotti nel tempo.

Il monitoraggio effettuato fino ad oggi nel Porto di Genova è scaturito dalla consapevolezza dei potenziali impatti negativi connessi con le attività portuali e con la presenza di scarichi idrici, sia naturali che non, e quindi dalla volontà di salvaguardare l'ambiente e di prevenire la contaminazione della colonna d'acqua e qualunque impatto negativo sul comparto biotico, nonché dalla necessità di controllare che, nel caso vengano riscontrati disturbi all'ambiente, siano utilizzati tutti gli accorgimenti necessari a minimizzarli.

Le indagini ambientali marine nell'ambito portuale genovese, negli ultimi anni, sono state effettuate prendendo come riferimento parte delle indicazioni relative ai controlli attuati nelle acque marine costiere con riferimento agli atti legislativi D.P.R. 470/82, L. 979/82, D.Lgs. 152/99, D.M. 367/03, DPR 470/82 e D.L. 155/88.

Ultimamente però con l'applicazione del D.Lgs 152/06 (che recepisce la direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente D.Lgs 152/99) vengono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marine costiere sono previsti nuovi elementi per la definizione

dello Stato Ecologico e la ricerca di contaminanti inorganici e organici nella matrice acqua per la definizione dello Stato Chimico. Per le indagini da effettuare sui sedimenti resta quanto previsto dal D.M. 367/03 alla tab. 2 e concorrono anch'esse alla definizione dello Stato Chimico. Per gli inquinamenti derivanti dagli scarichi di origine fognaria dovrà essere preso in considerazione per completezza di informazione il recentissimo recepimento della Direttiva D. 2006/7/CE con il D.Lgs 116/2008 e D.M. 30.3.2010 con le indicazioni delle nuove variabile da prendere in esame. Inoltre la Direttiva 2008/56/CE (Marine strategy), recepita in Italia con il D.Lgs 190/2010, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per mantenere o conseguire un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2020.

In relazione quindi ai risultati degli studi effettuati (Povero *et al.*, 2005, Ruggieri *et al.*, 2005, Ruggieri *et al*, 2011, Fabiano *et al.*, 2003, Gallizia *et al*., 2005) ed alle modificazioni legislative avvenute in quest'ultimo periodo si propone una revisione nella struttura del piano di monitoraggio portuale con particolare attenzione alle stazioni posizionate al di fuori dell'area portuale. Tali modificazioni si riferiscono non solo al piano di campionamento, ma in modo particolare alle variabili da prendere in considerazione.

In questa prima fase si prevede una implementazione graduale del piano relativo alla caratterizzazione ambientale di base del comparto acqua e del comparto meteo-marino.

Un'analisi dettagliata dello stato chimico del comparto acqua e sedimento e delle condizioni correntometriche è già oggetto di studio nell'ambito delle attività di controllo ambientale che vengono effettuate durante le operazioni di dragaggio. La possibilità da parte dell'ufficio ambiente APGe di usufruire di tali informazioni può portare all'integrazione con i dati ambientali raccolti nel monitoraggio mensile proposto.

Le nuove strategie adottate dovranno portare all'applicazione di un approccio ecosistemico del problema ambientale, come richiesto dalla CE, per una corretta gestione delle attività umane, assicurando che la pressione collettiva di tali attività sia mantenuta entro livelli accettabili e compatibili e che la capacità *dell'ecosistema porto* di reagire ai cambiamenti indotti dall'uomo sia compromessa il meno possibile.

Per raggiungere gran parte degli obiettivi primari attesi da questo nuovo tipo di attività sarà necessario:

- implementare e/o modificare variabili analizzate per consentire una nuova completa caratterizzazione ambientale dell'area;
- non limitare allo strato sub-superficiale le indagine del comparto acqua;
- potenziare la raccolta di informazioni meteo-marine;
- rivedere la frequenza spaziale e temporale dei campionamenti
- sviluppare ed utilizzare reti di stazioni di misura automatica in "aree critiche", che forniscano in continuo dati ambientali utili a monitorare situazioni particolarmente problematiche per l'area portuale

E' importante inoltre che le eventuali implementazioni tengano conto della strutturazione passata del monitoraggio al fine di non interrompere la serie storica di raccolta di dati ambientali marini, un patrimonio di notevole valore tecnico-scientifico.

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

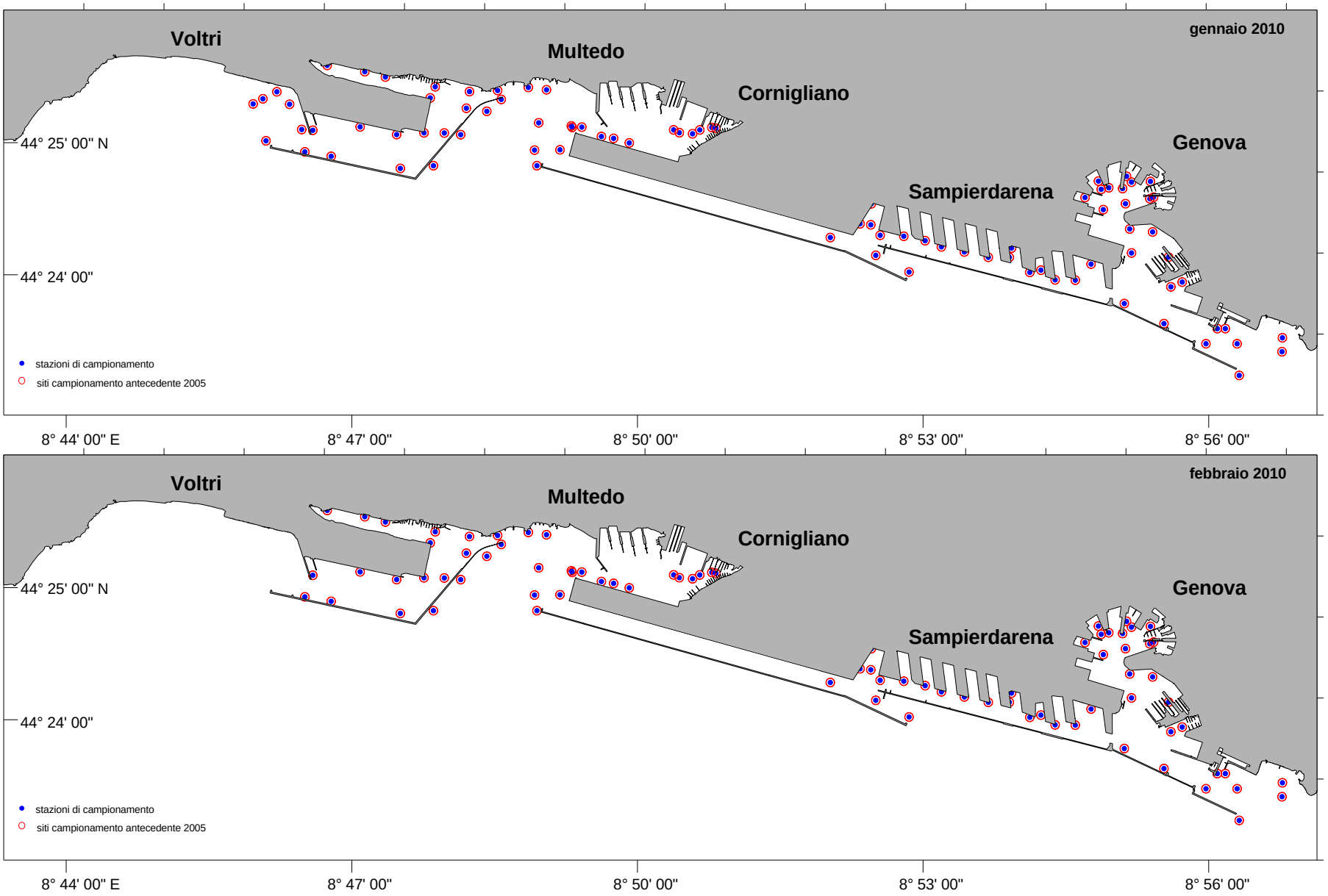
http://www.mediterraneadelleacque.it/comunicati_stampa_det

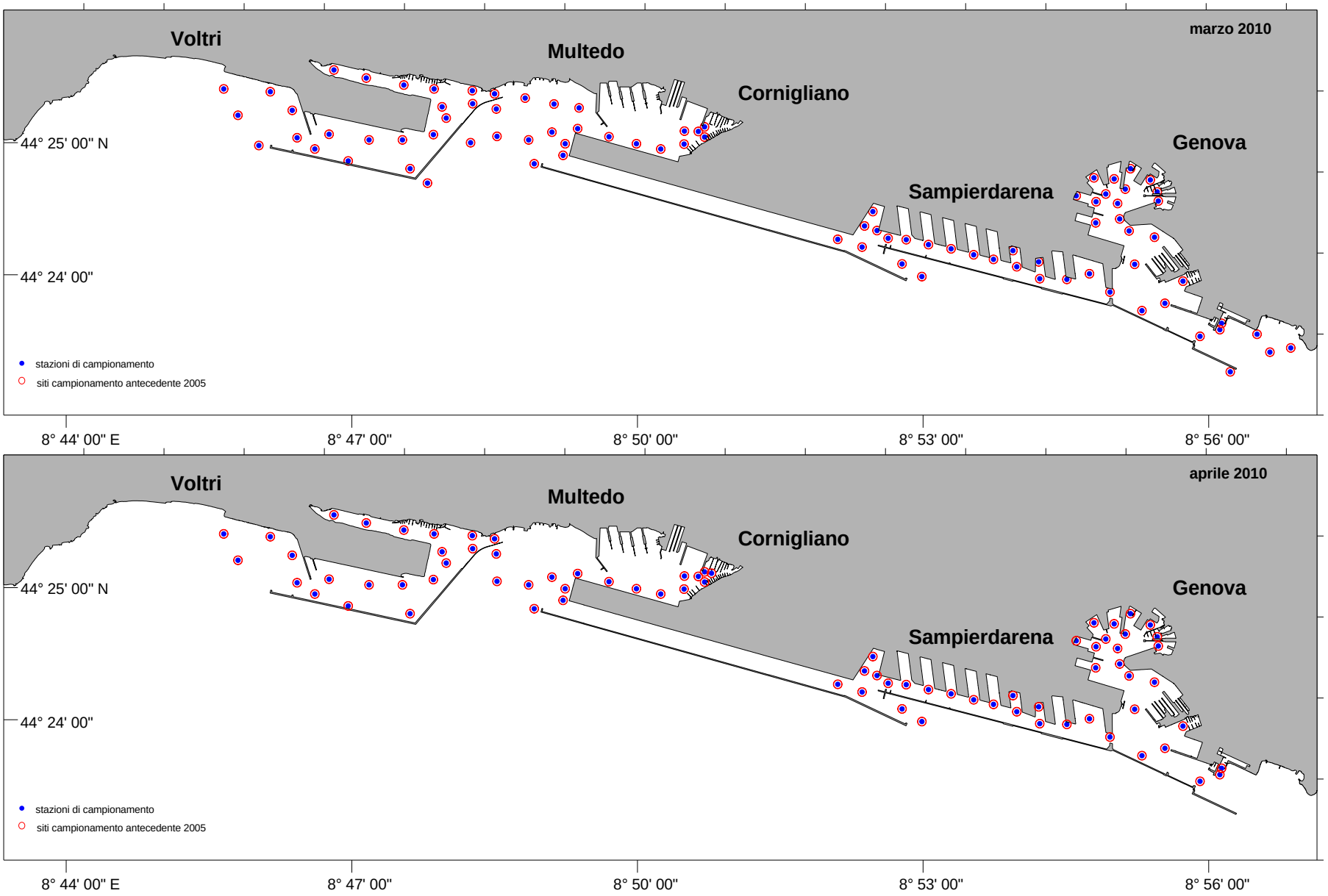
Povero P., Ruggieri N., Misic C., Castellano M., Rivaro P., Conio O., Derqui E., Maggi S., Fabiano M., (2005). Port of Genoa. LOICZ Report & Studies No. 28, 1-157 pages, LOICZ, Texel, the Netherlands.

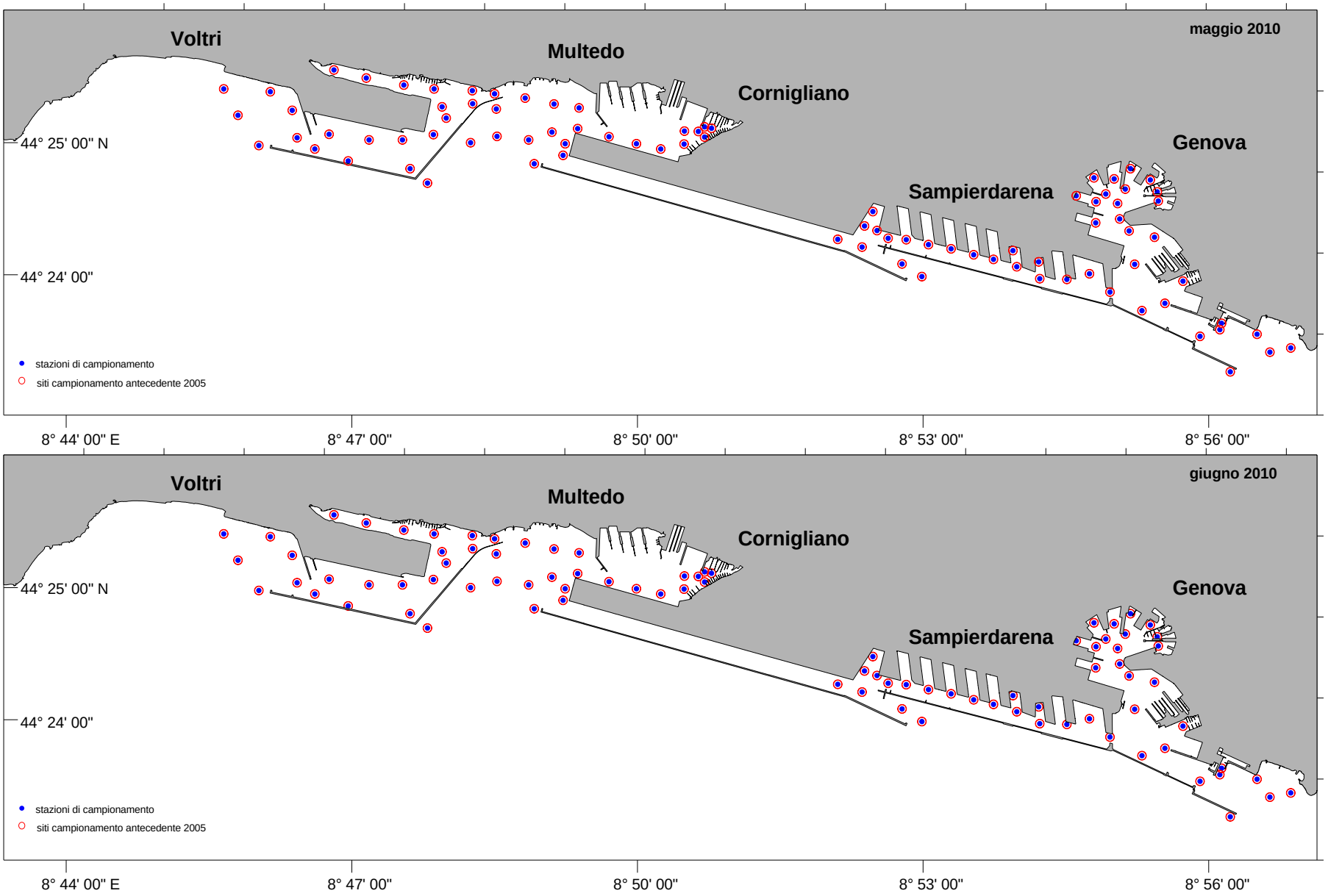
Ruggieri N., Castellano M., Capello M, Maggi S., Povero P. (2011). Seasonal and spatial variability of water quality parameters (Port of Genoa). Marine Pollution Bulletin 62, 340–349

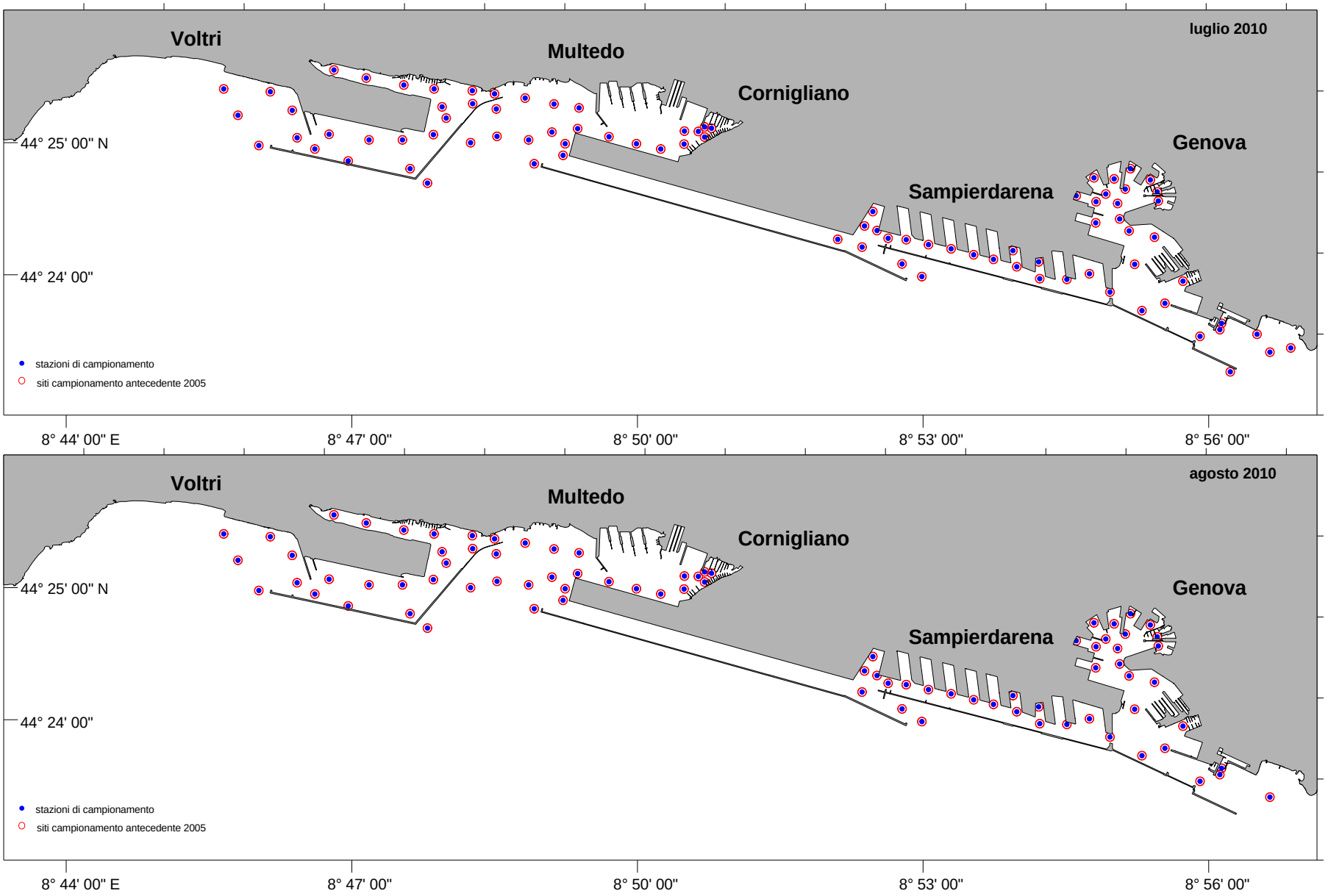
Ruggieri N., Castellano M., Taruffi M., Fabiano M., . Misic C., Maggi S., Povero P., (2005). Water and Nutrients Budget in a Semi-enclosed area of the coastal Ligurian Sea: the Port of Genoa. LOICZ II Inaugural Open Science Meeting, Egmond aan Zee, Netherlands, 27-29 June.

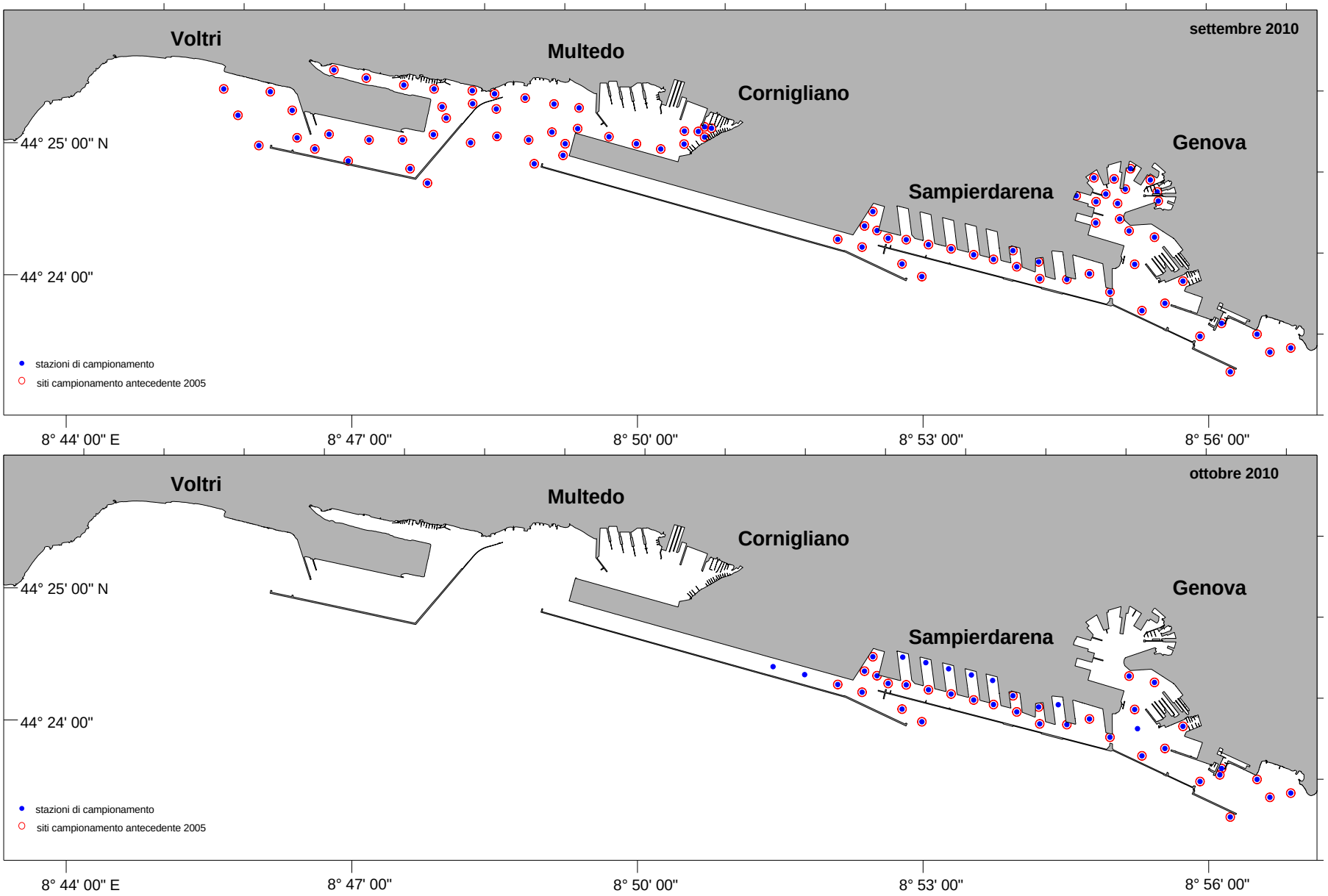
APPENDICE 1

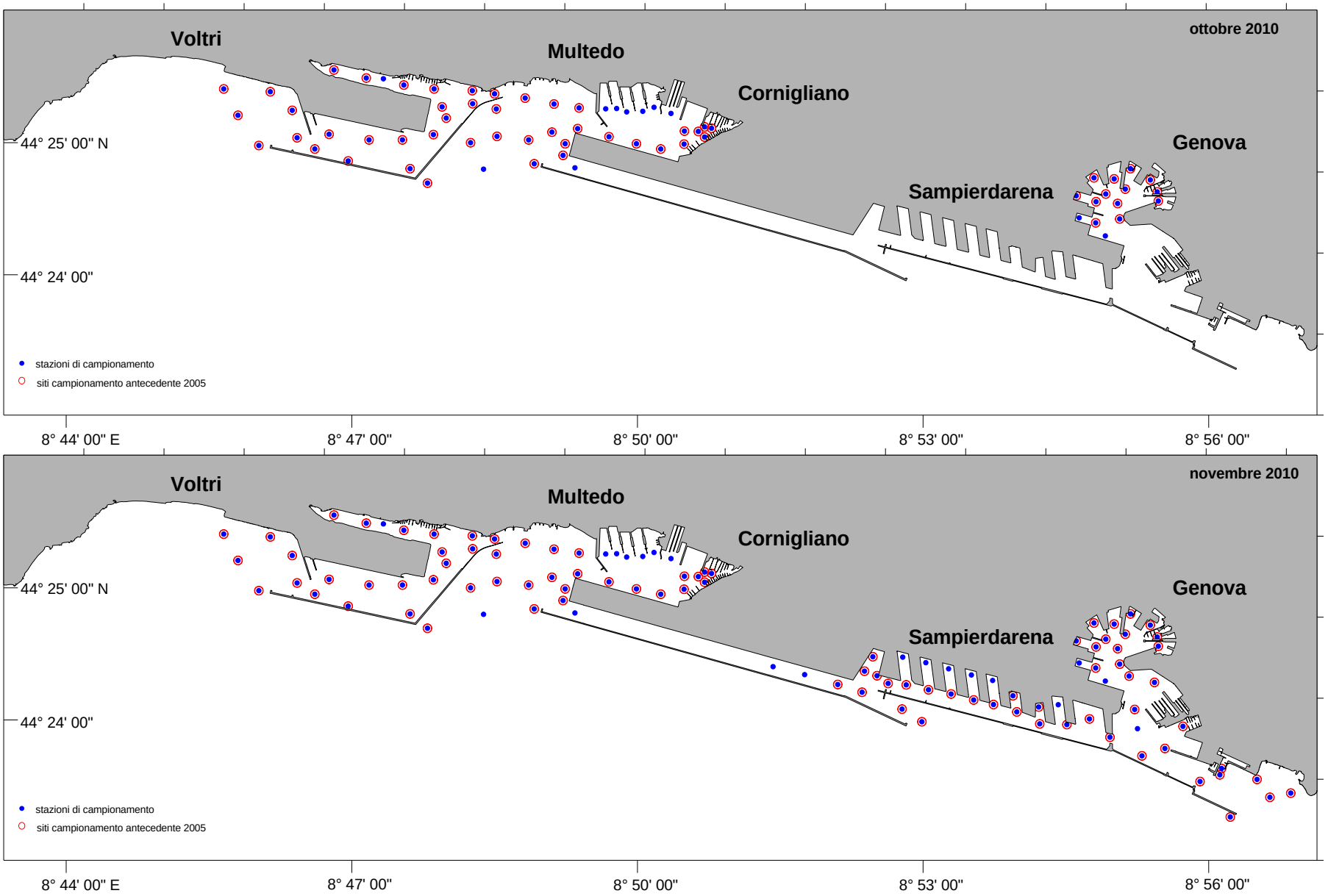

gennaio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

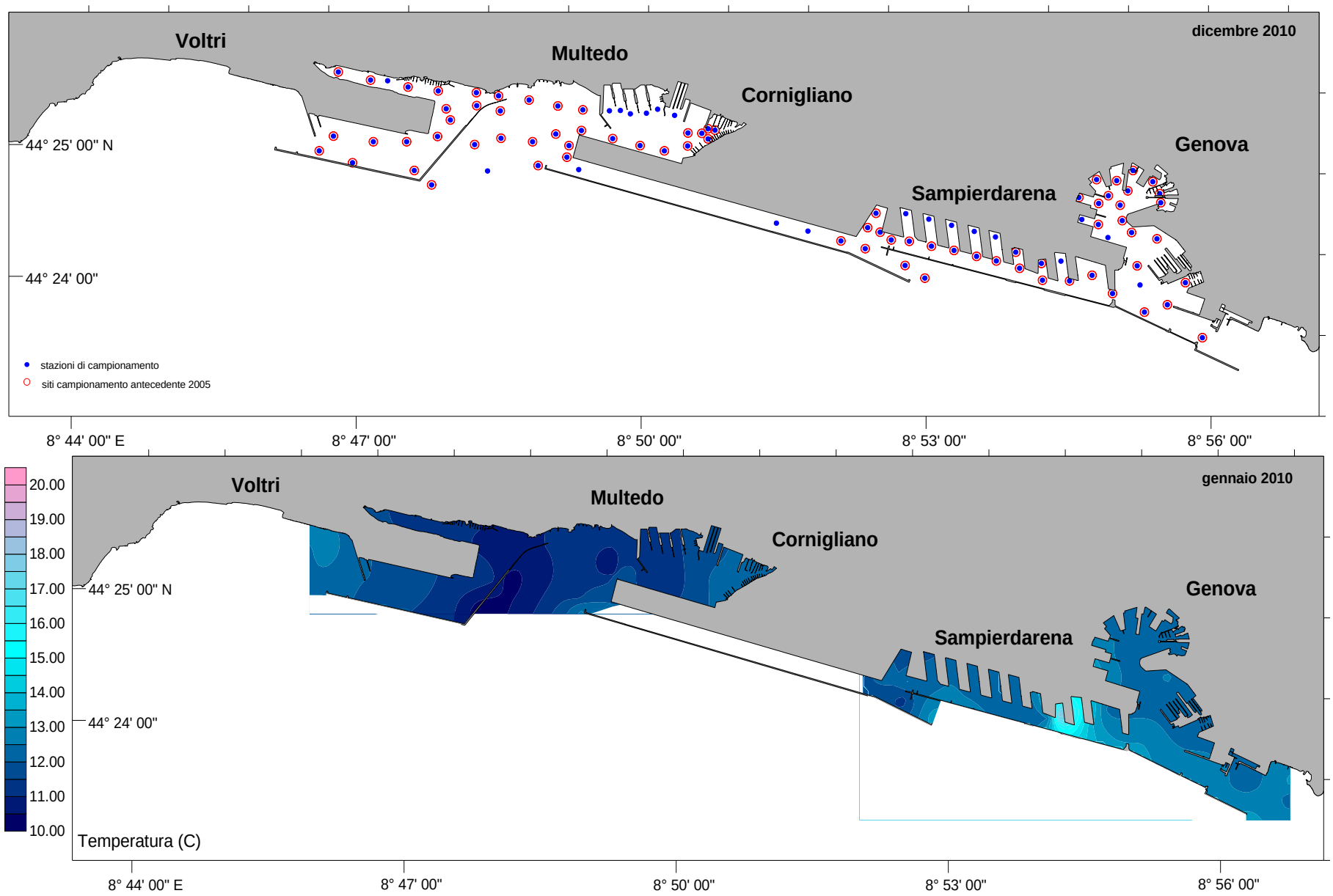

marzo 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

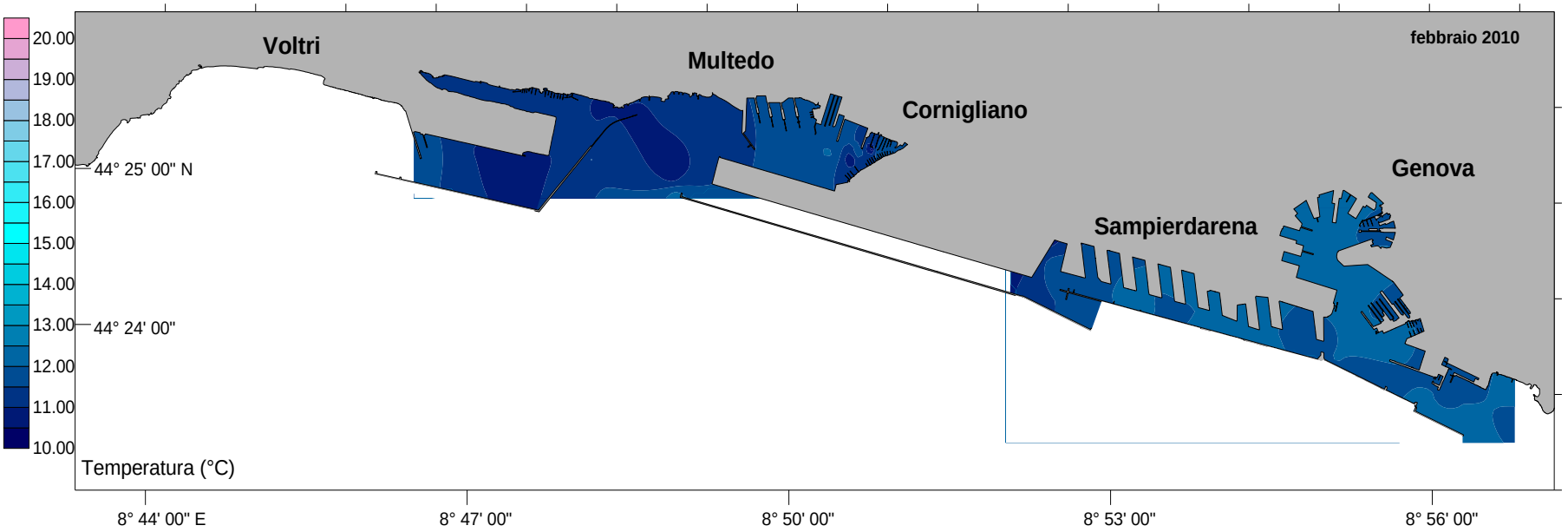

maggio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

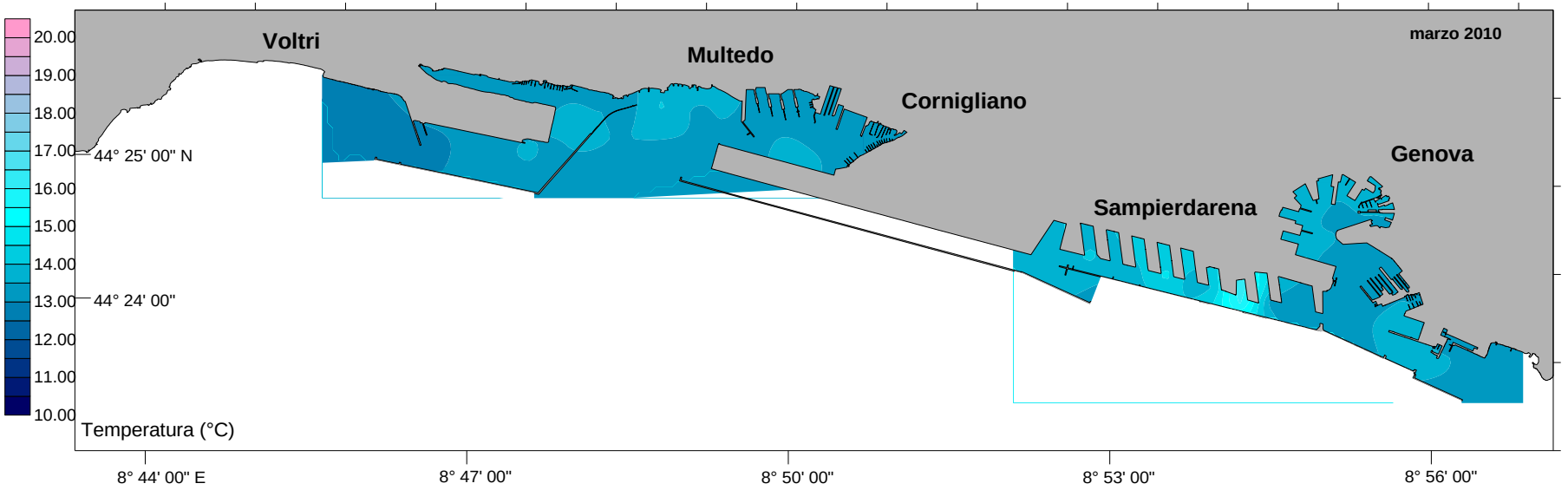

luglio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

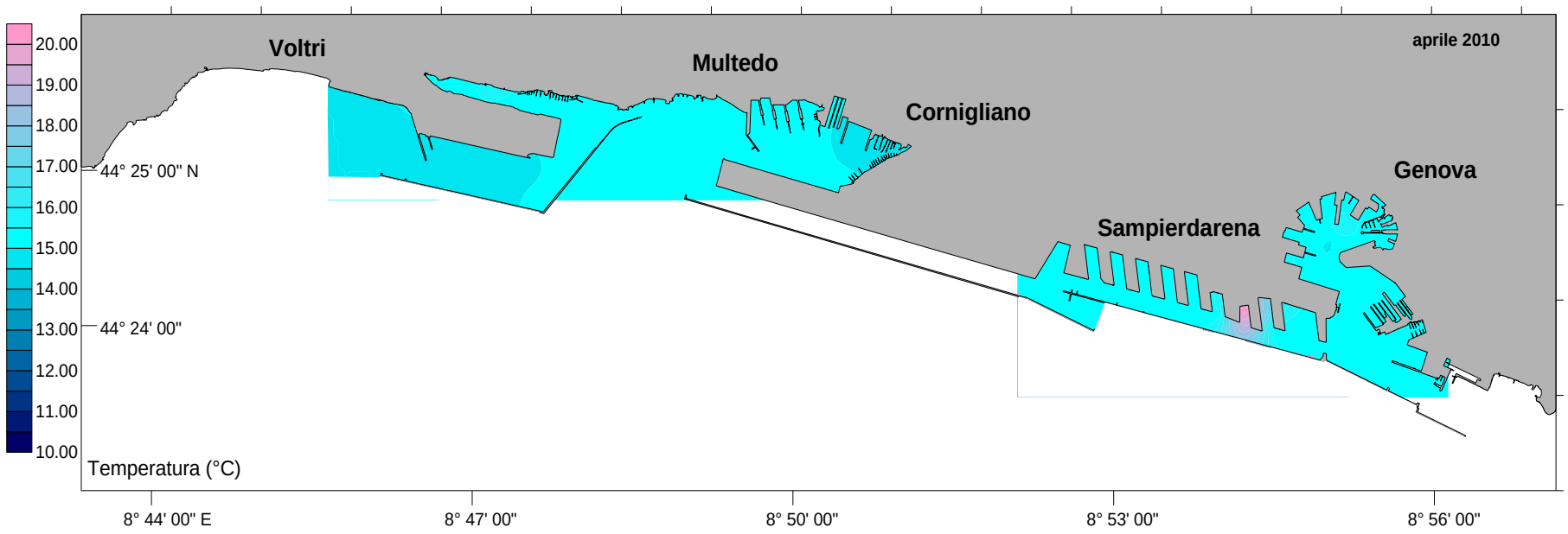

settembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

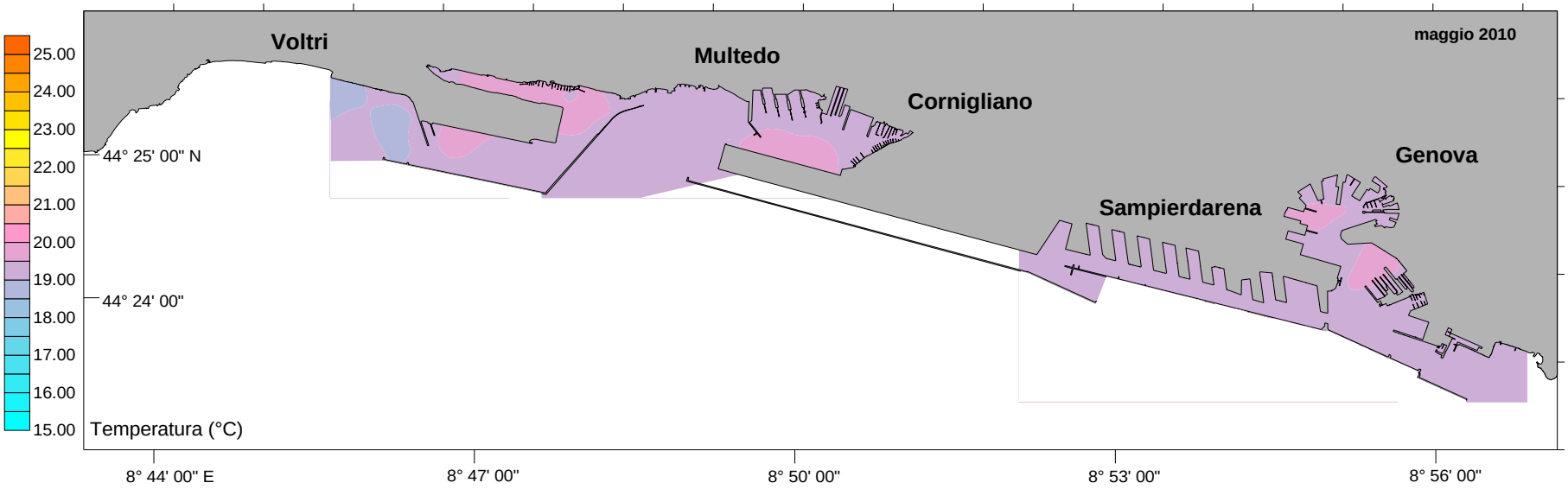

ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
novembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

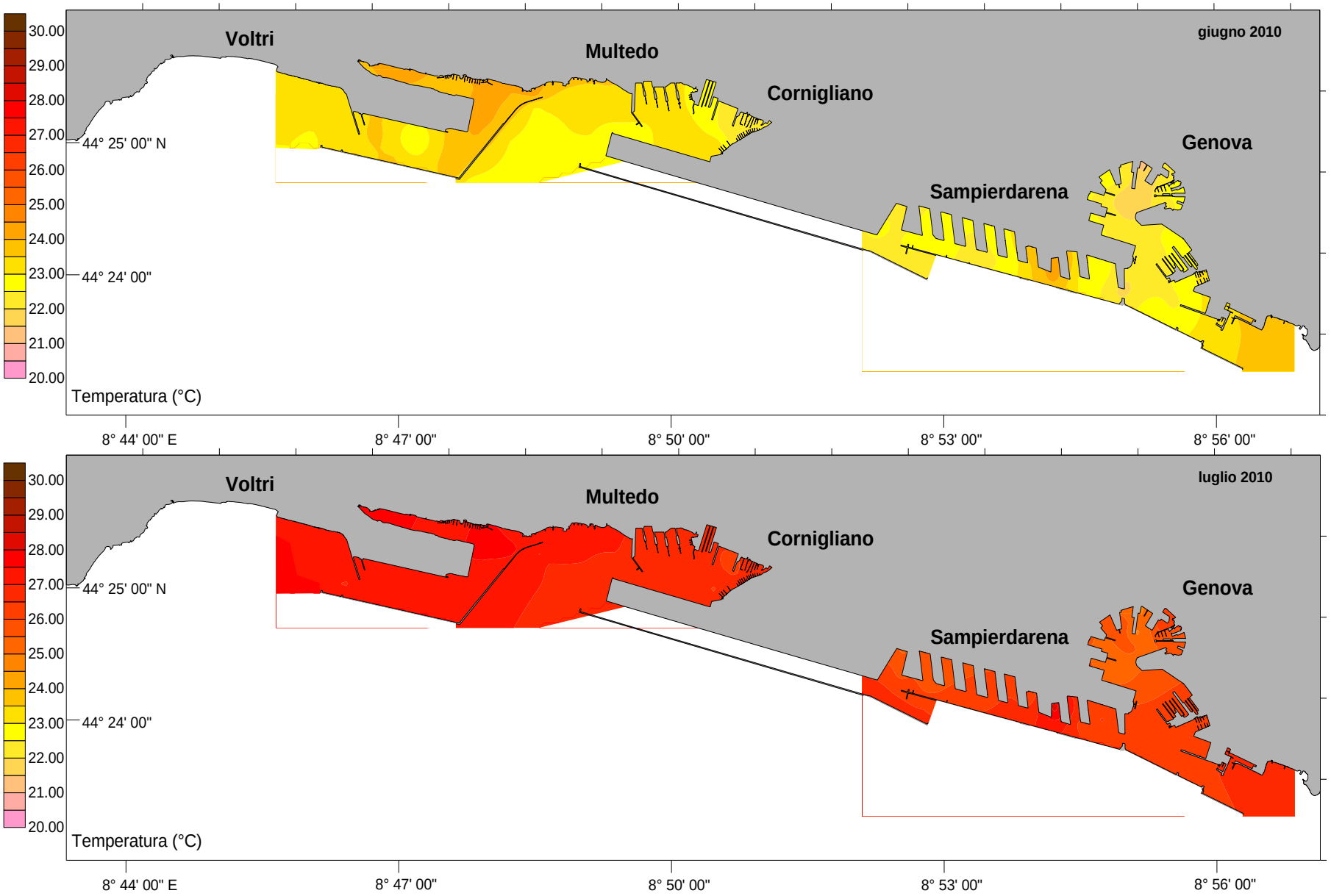

dicembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
stazioni di campionamento
siti campionamento antecedente 2005
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
gennaio 2010
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (C)

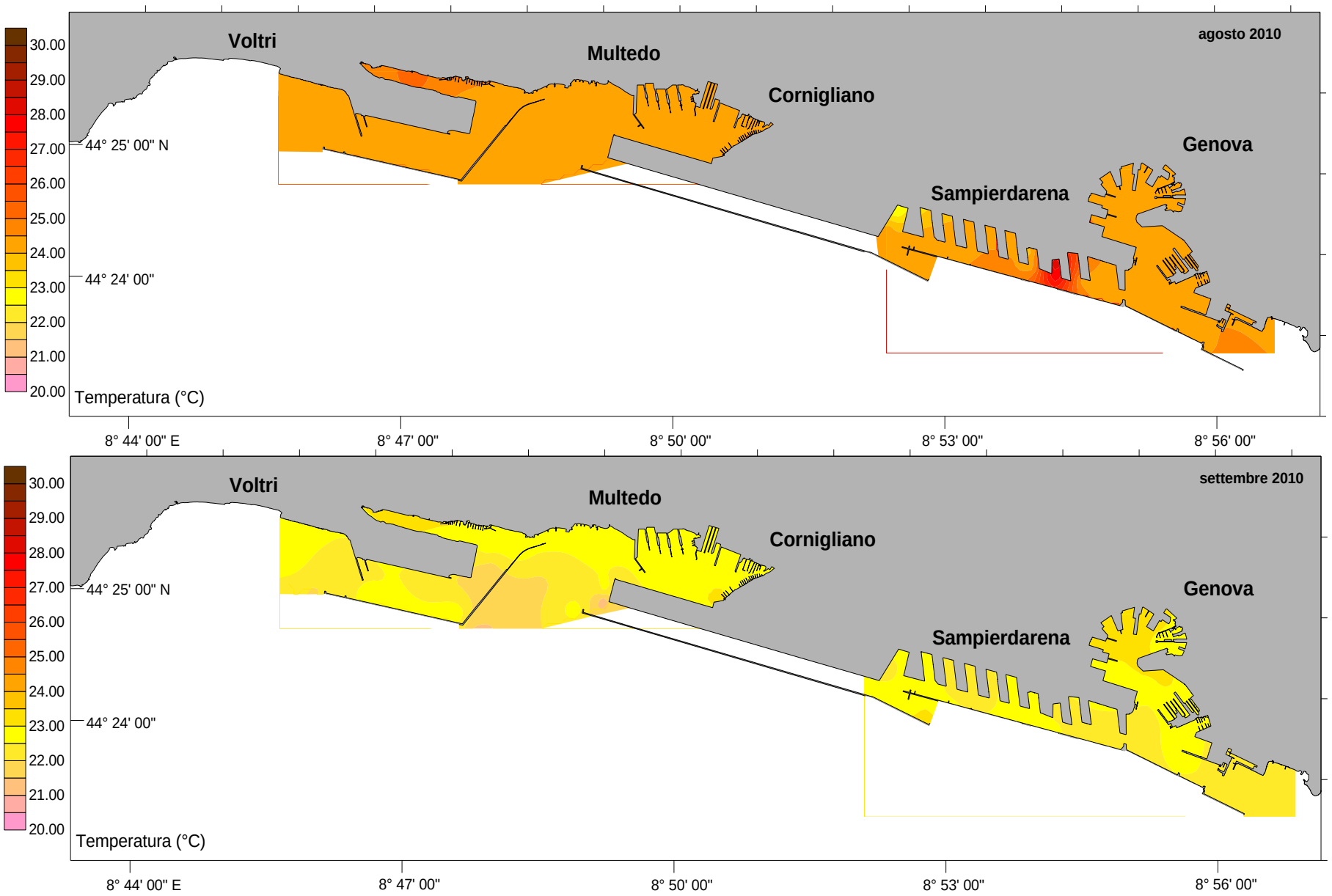

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

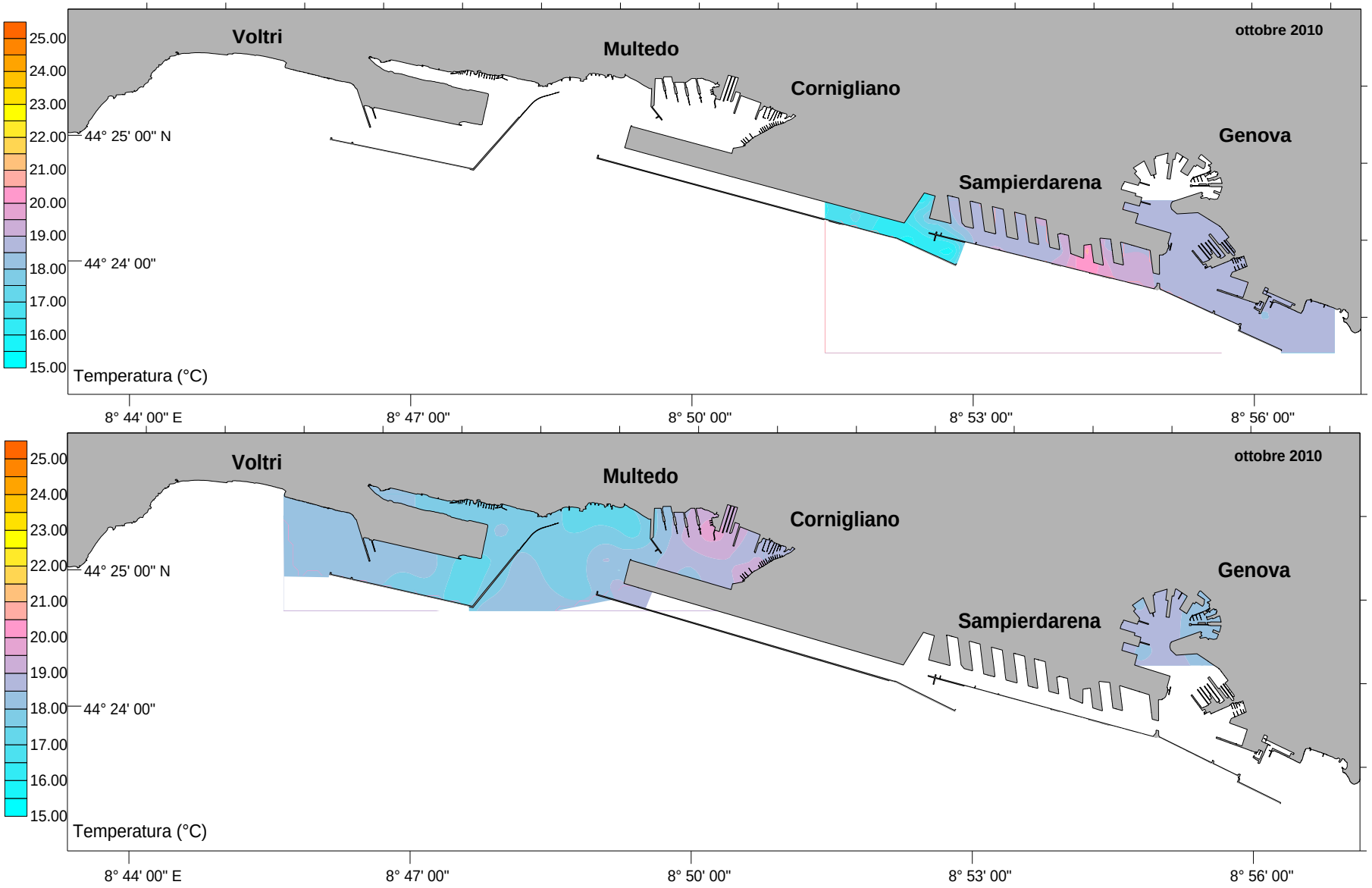

20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

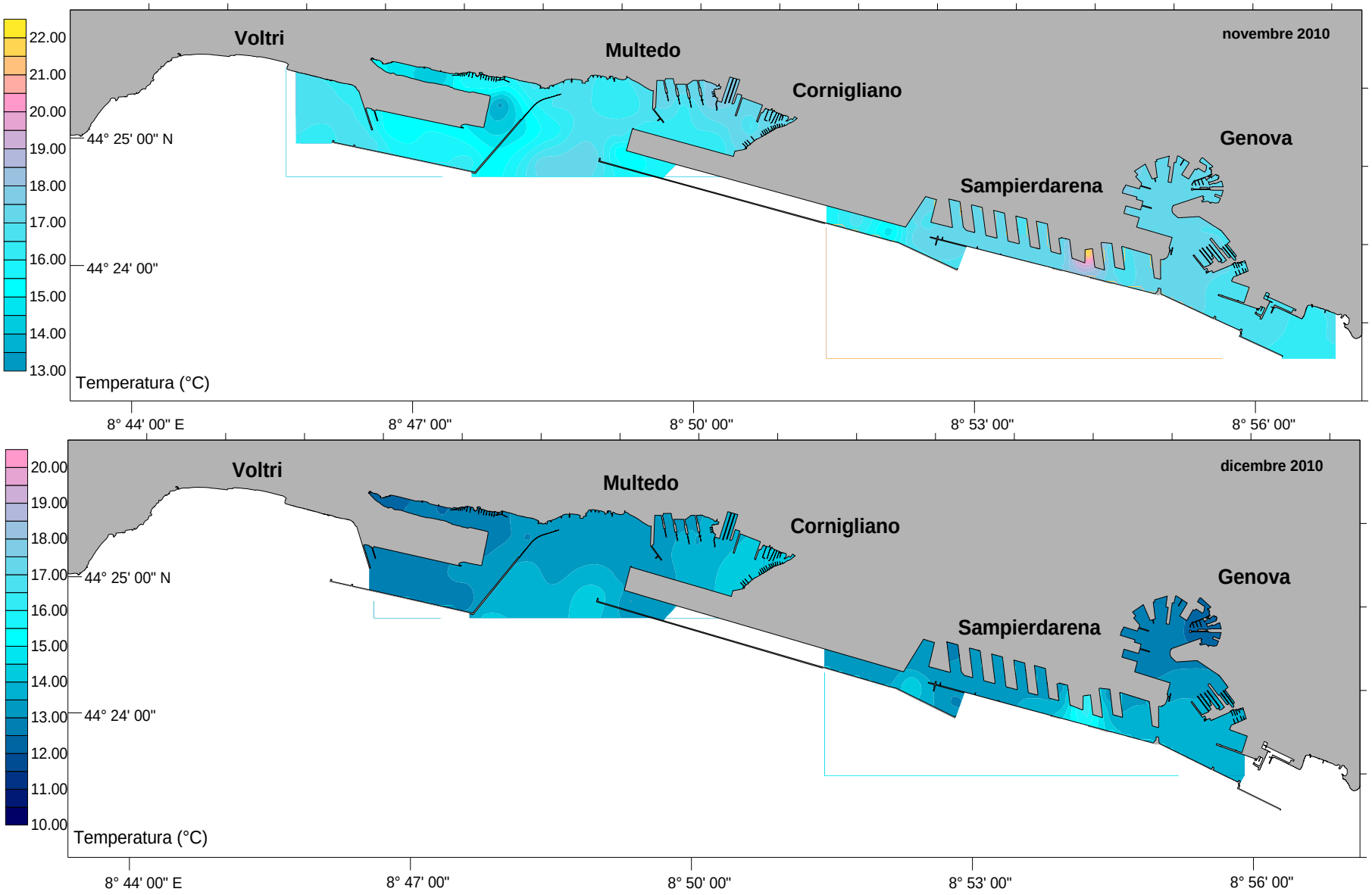

aprile 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

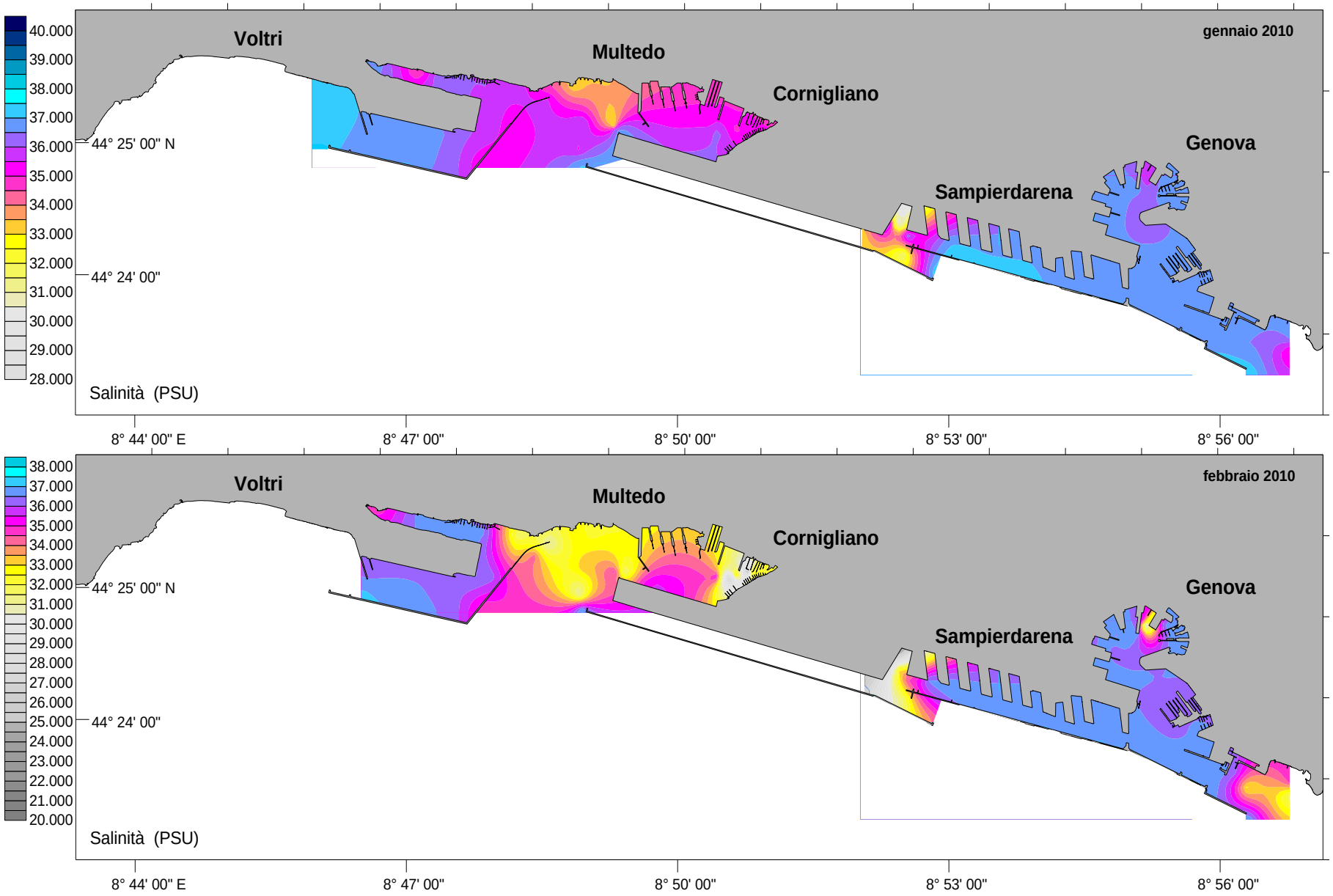

maggio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

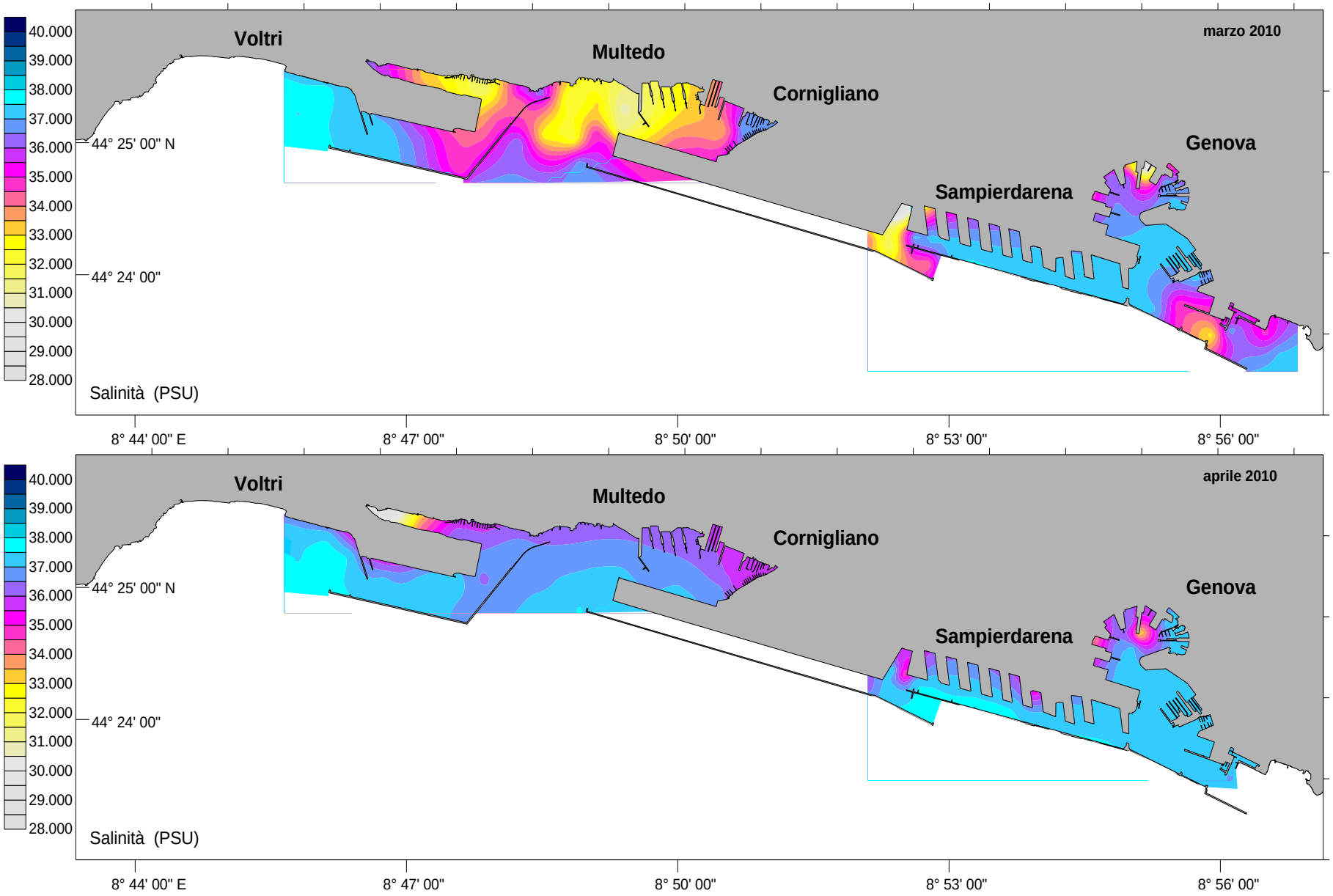

giugno 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
luglio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
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"

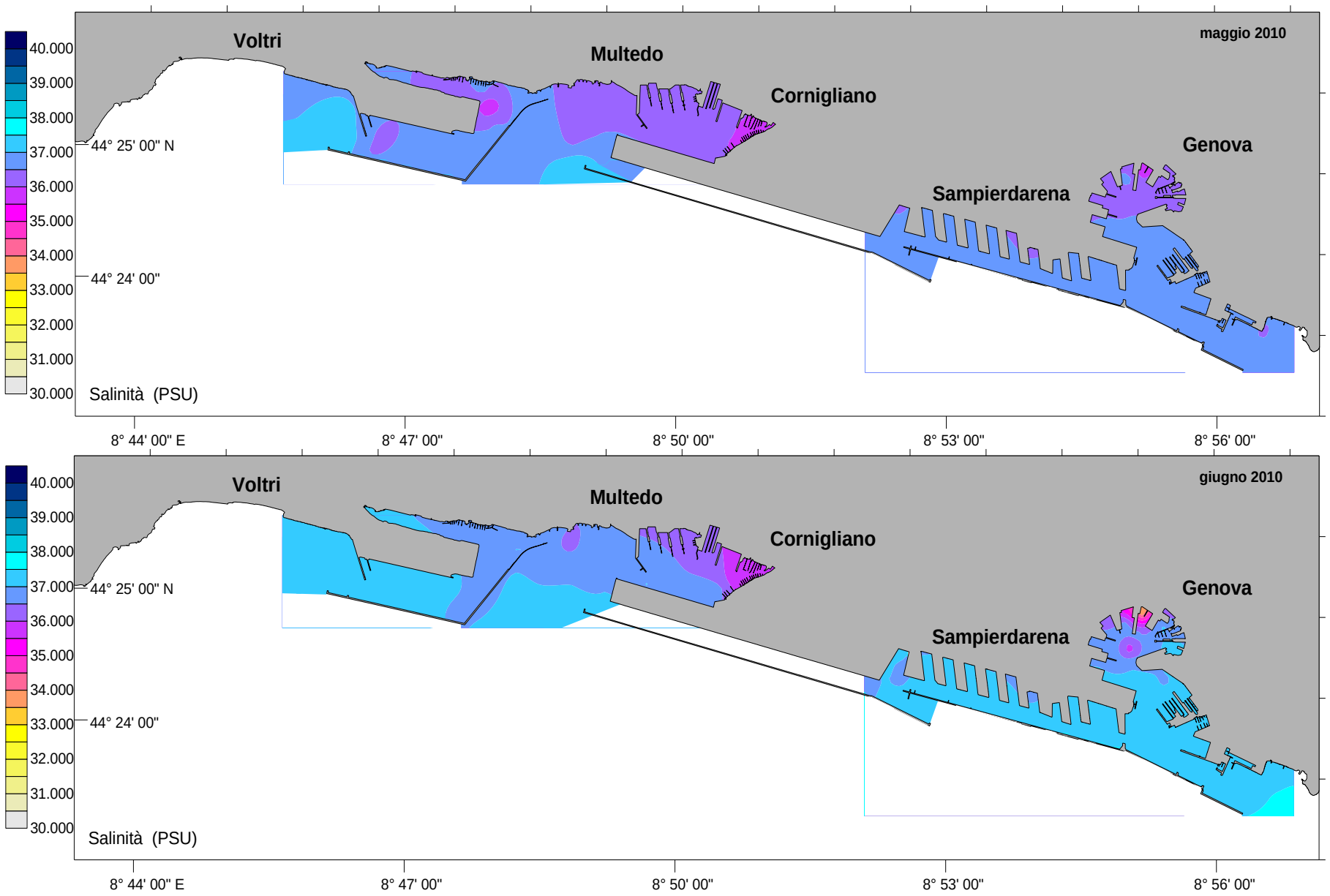

agosto 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
settembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
30.00
29.00
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"

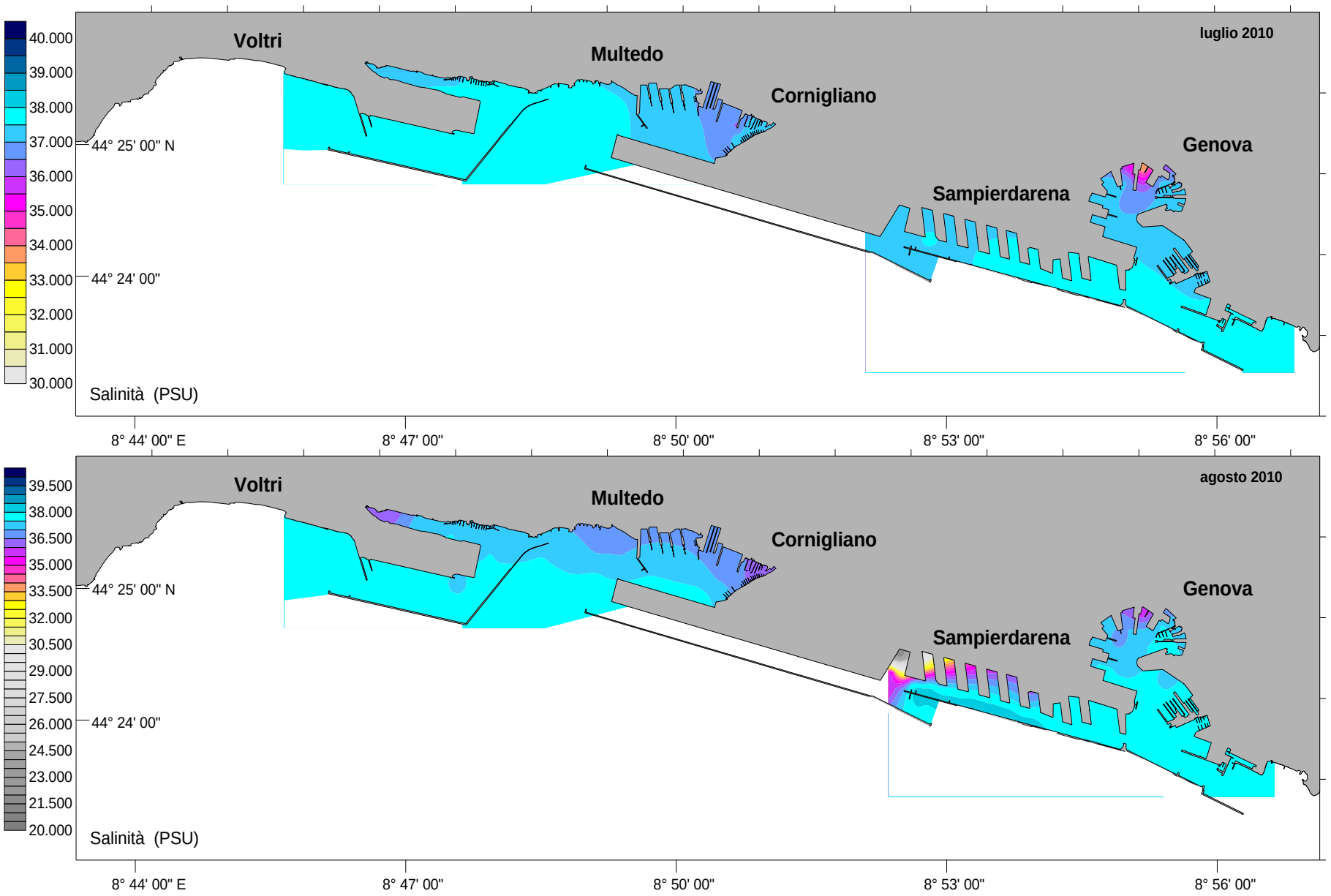

ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
25.00
24.00
23.00
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
Temperatura (°C)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

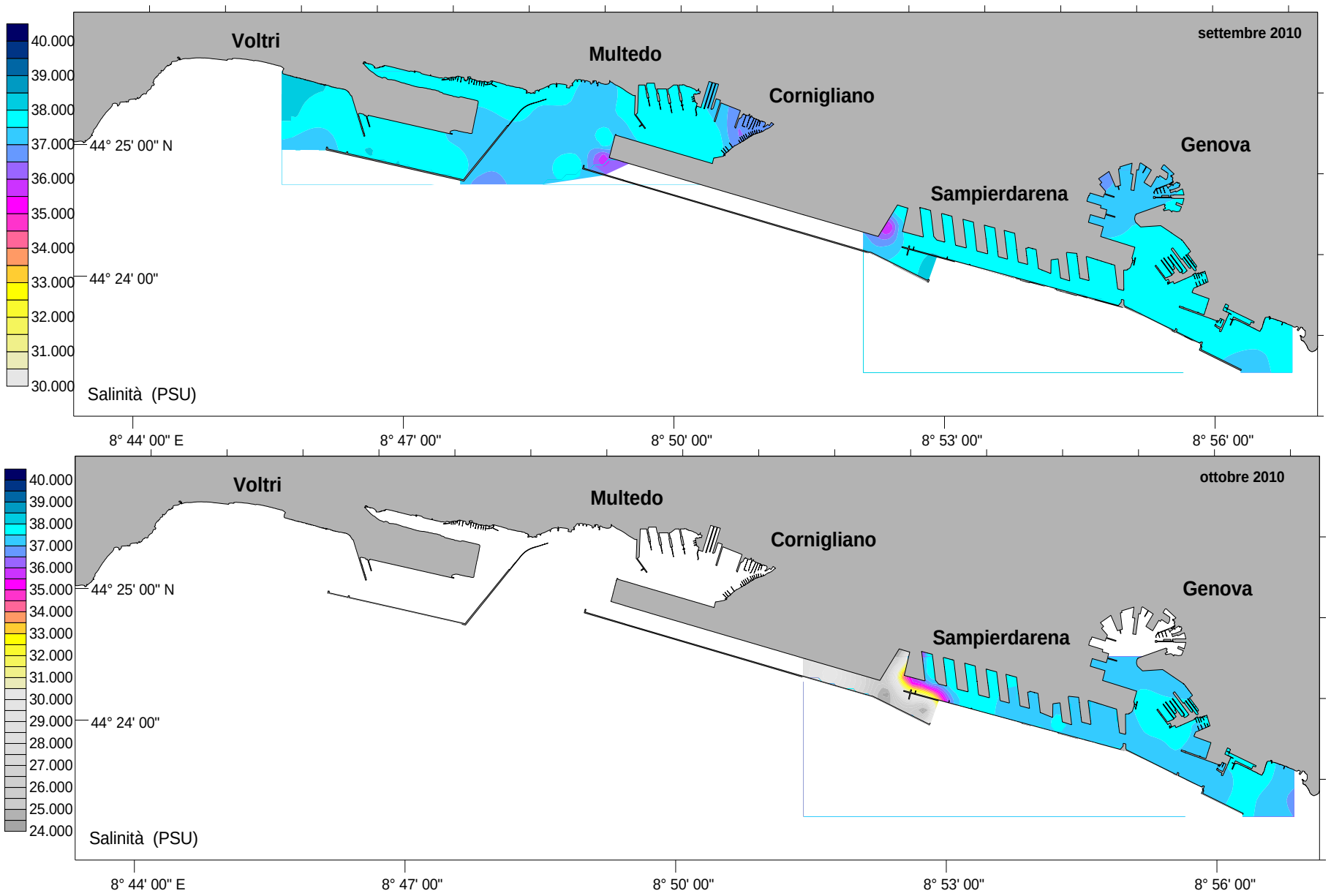

novembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
22.00
21.00
20.00
19.00
18.00
17.00
16.00
15.00
14.00
13.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (°C)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
20.00
19.00
18.00
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"

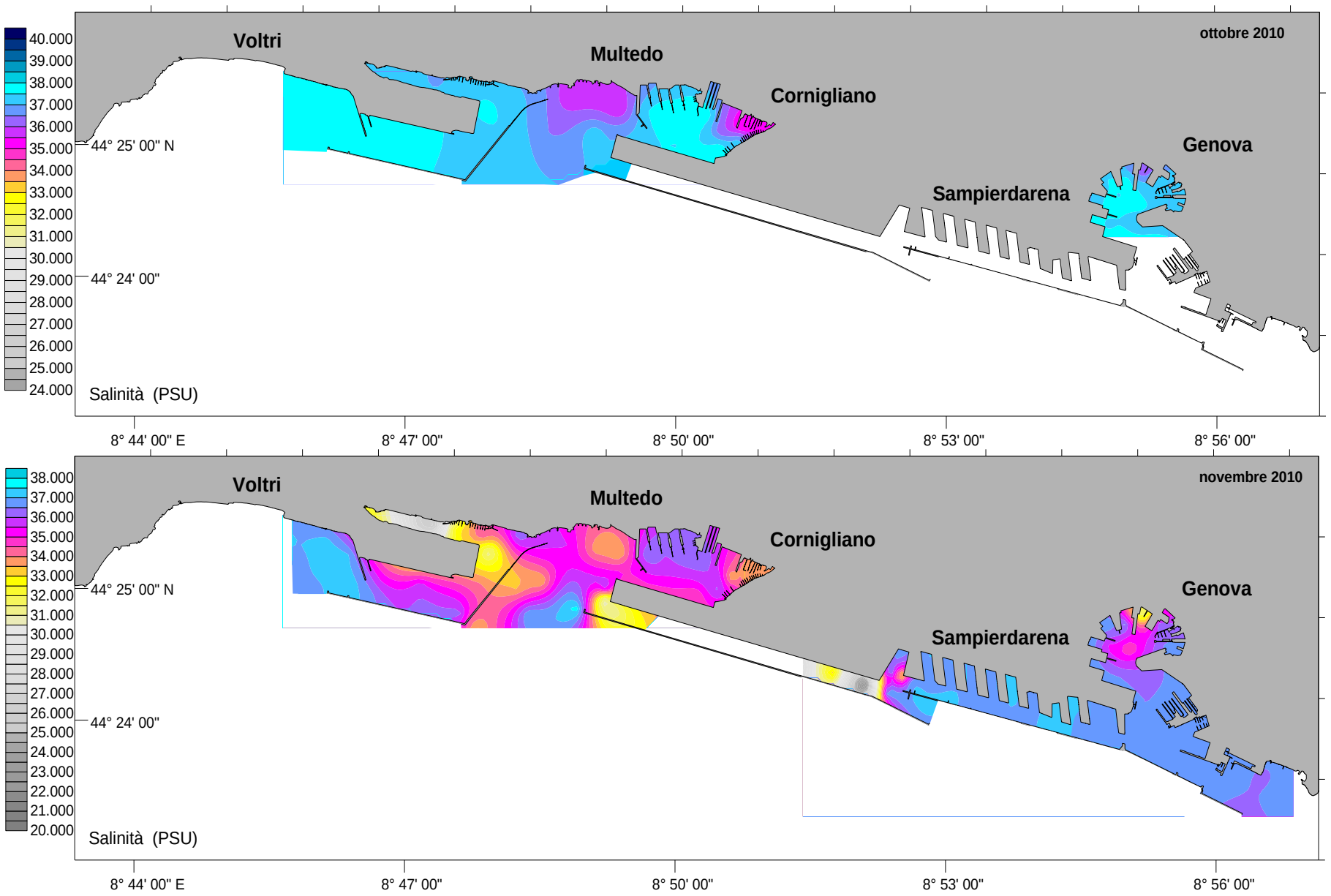

gennaio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
febbraio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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
23.000
22.000
21.000
20.000
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"

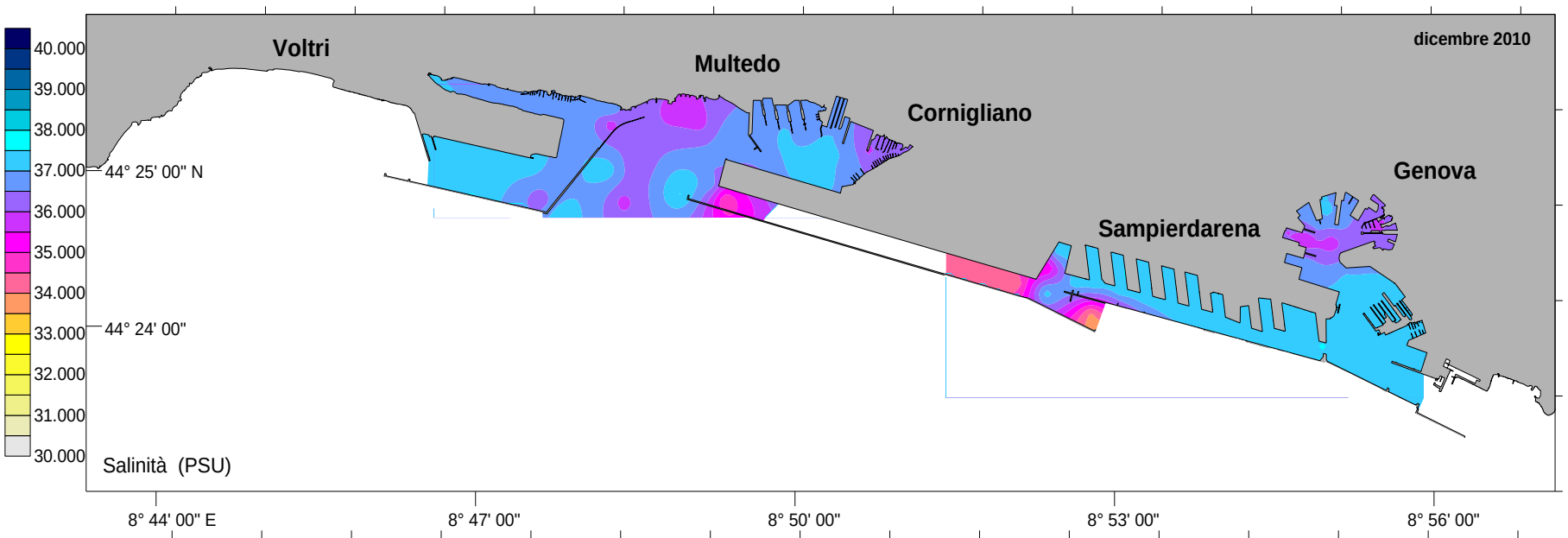

marzo 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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
29.000
28.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

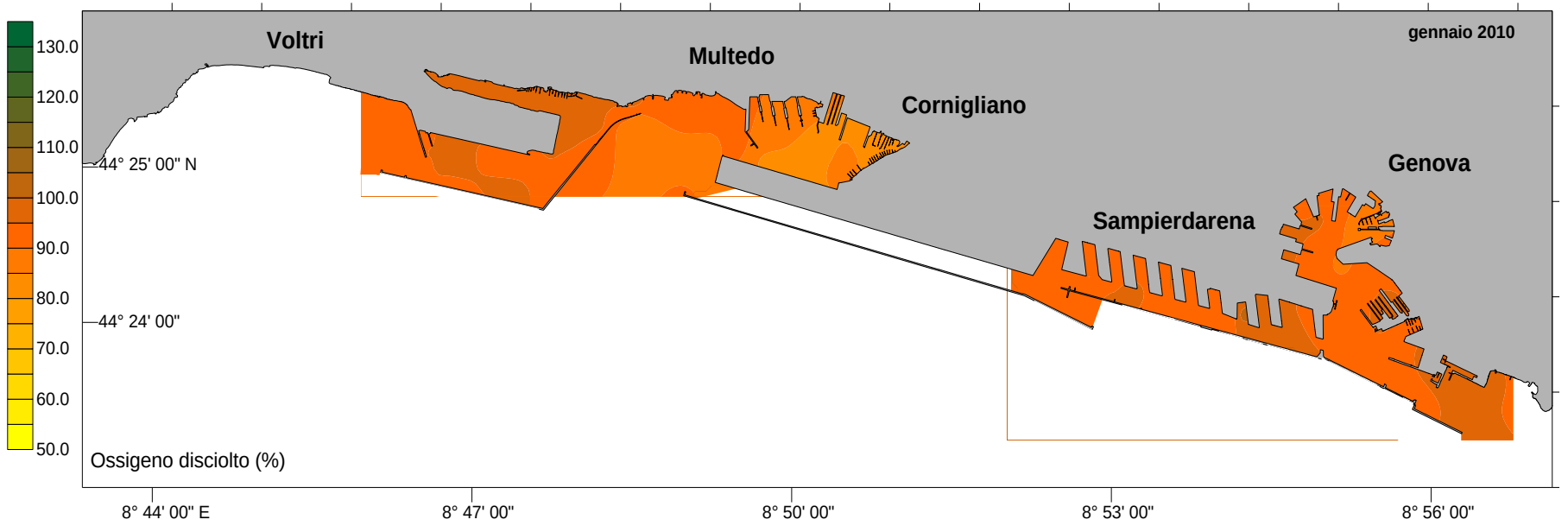

maggio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 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"

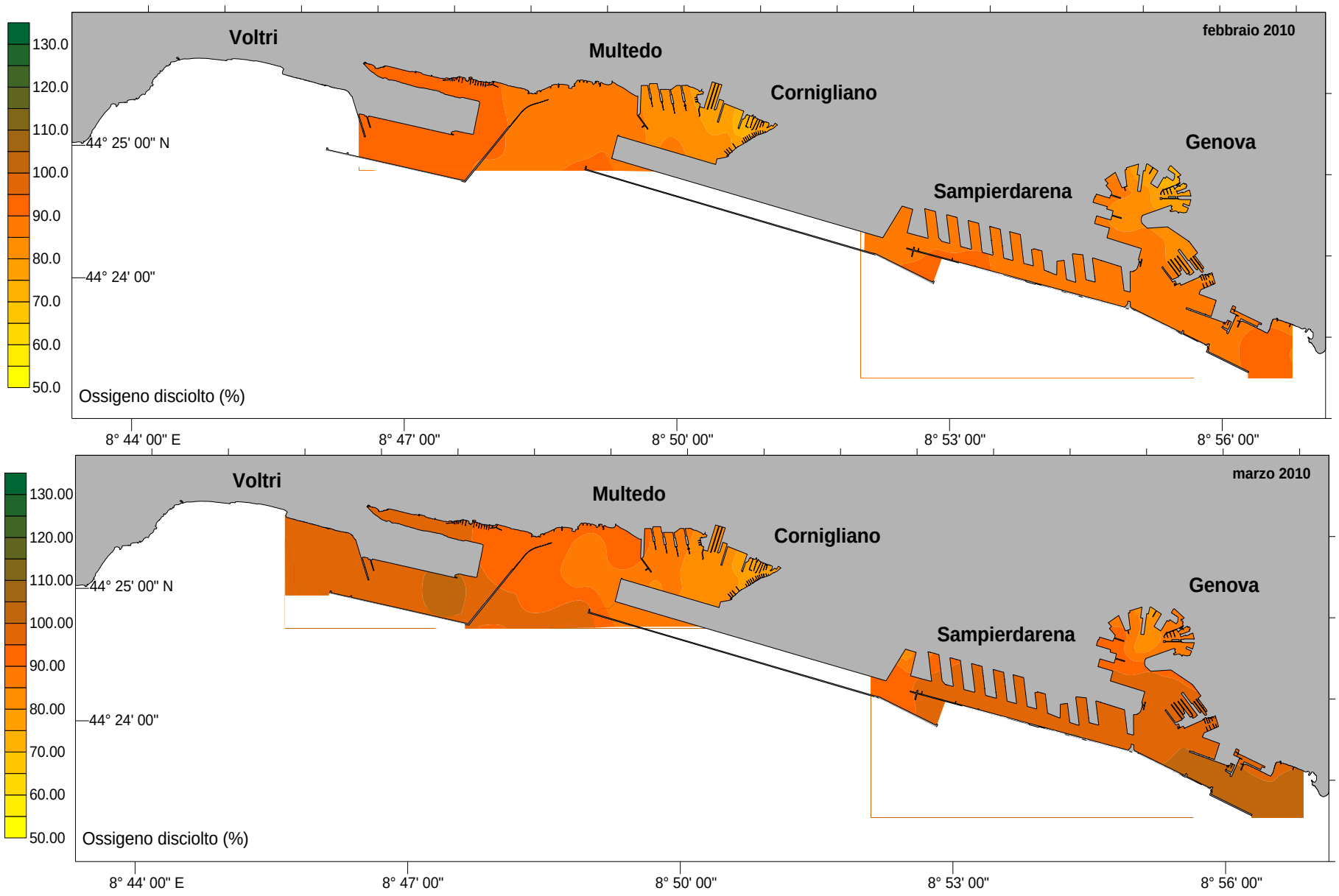

luglio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
agosto 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
39.500
38.000
36.500
35.000
33.500
32.000
30.500
29.000
27.500
26.000
24.500
23.000
21.500
20.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

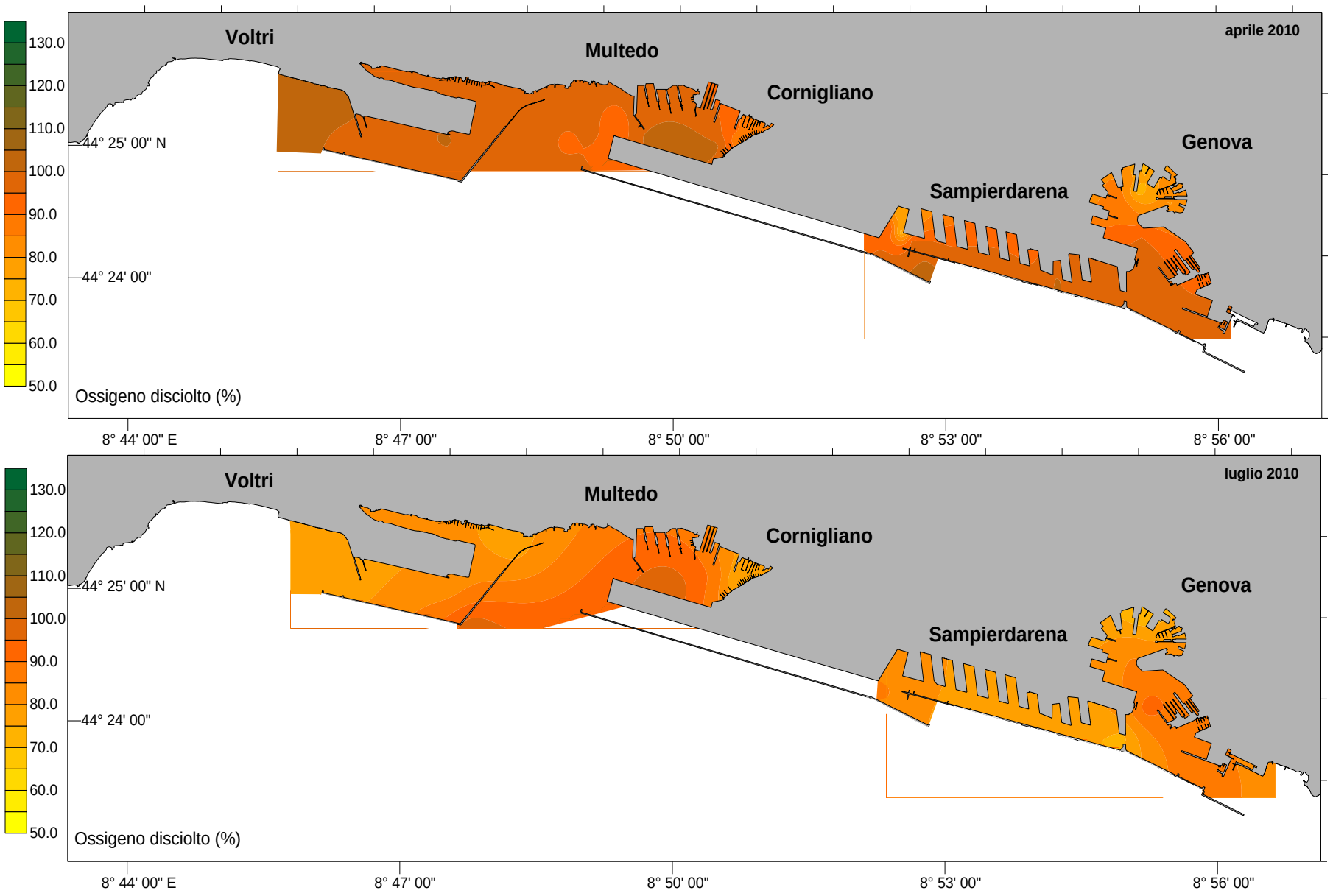

settembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
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"

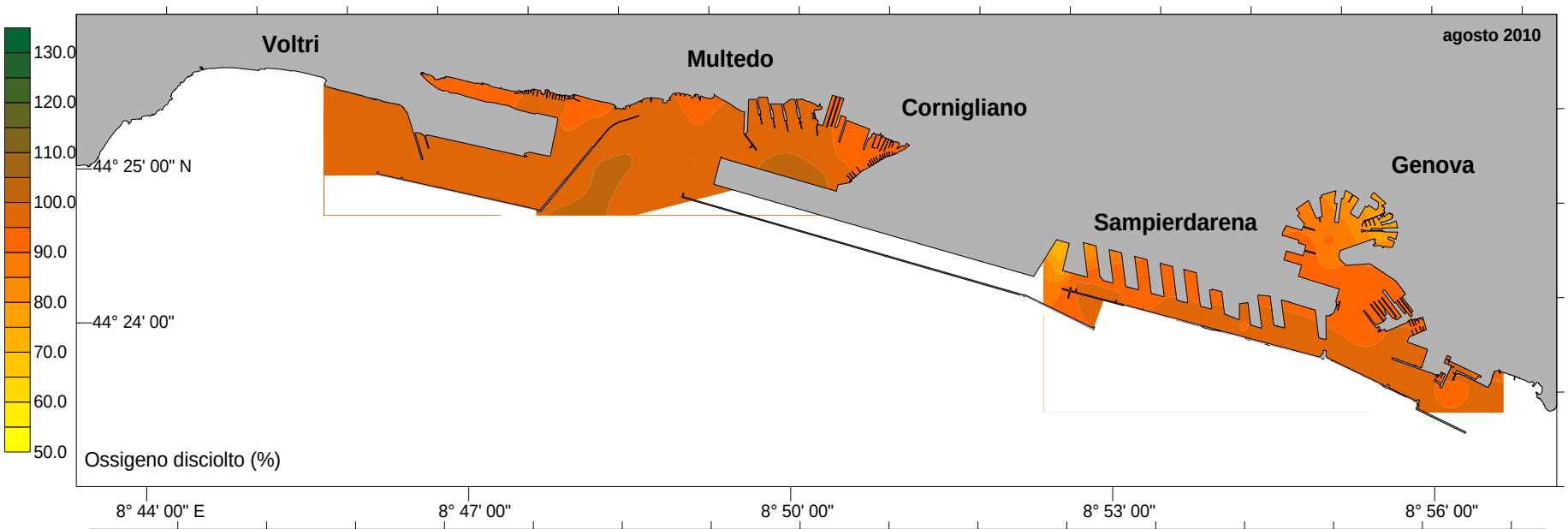

ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
27.000
26.000
25.000
24.000
Salinità (PSU)
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
novembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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
23.000
22.000
21.000
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"

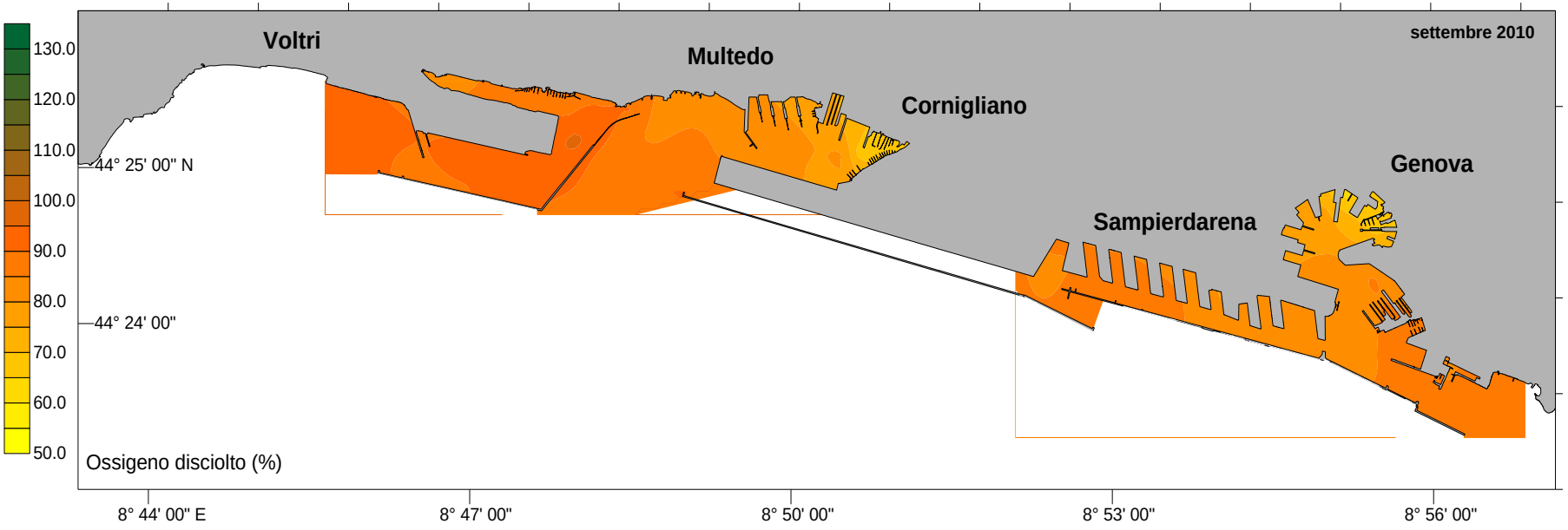

dicembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Salinità (PSU)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

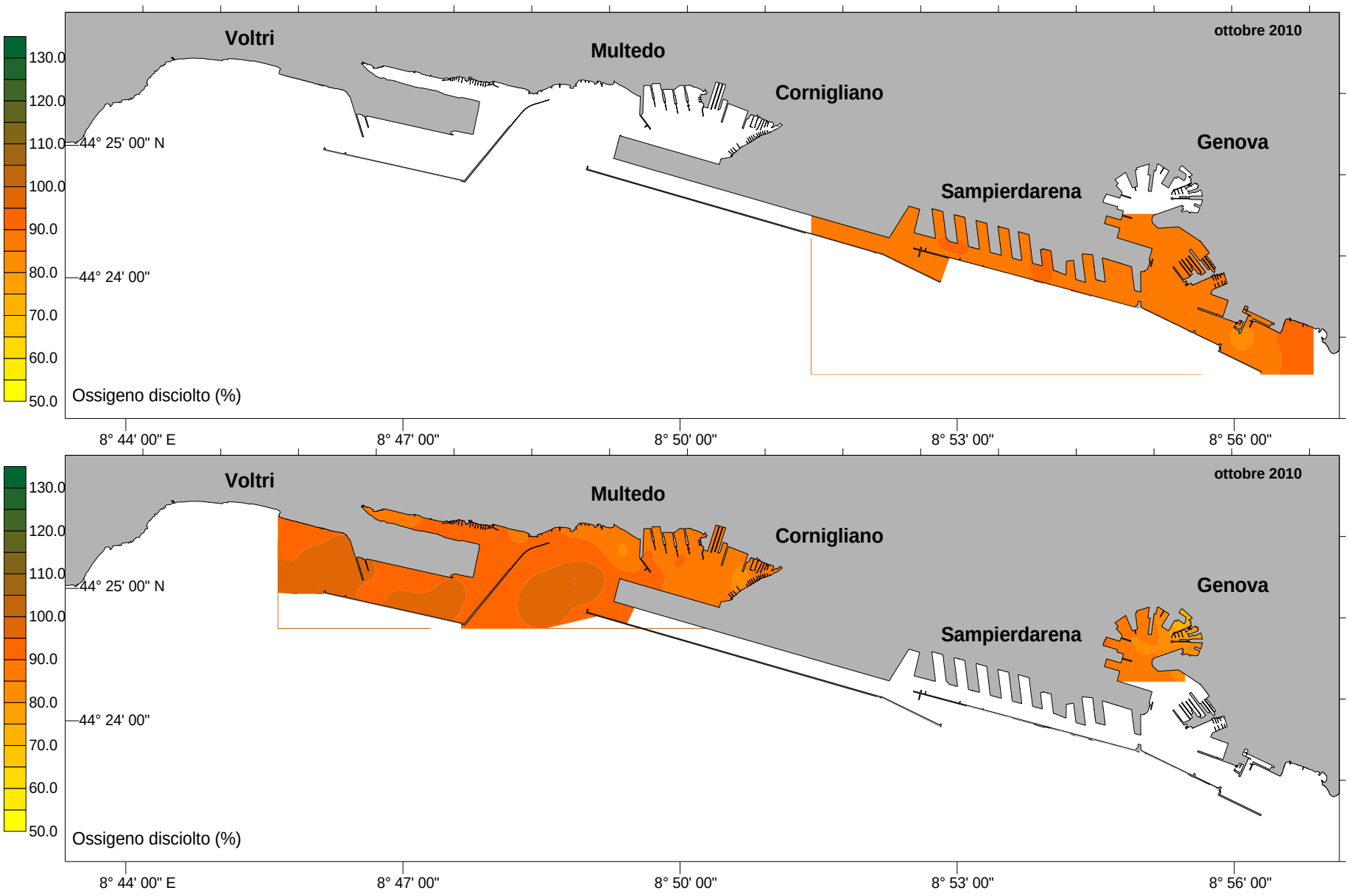

gennaio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

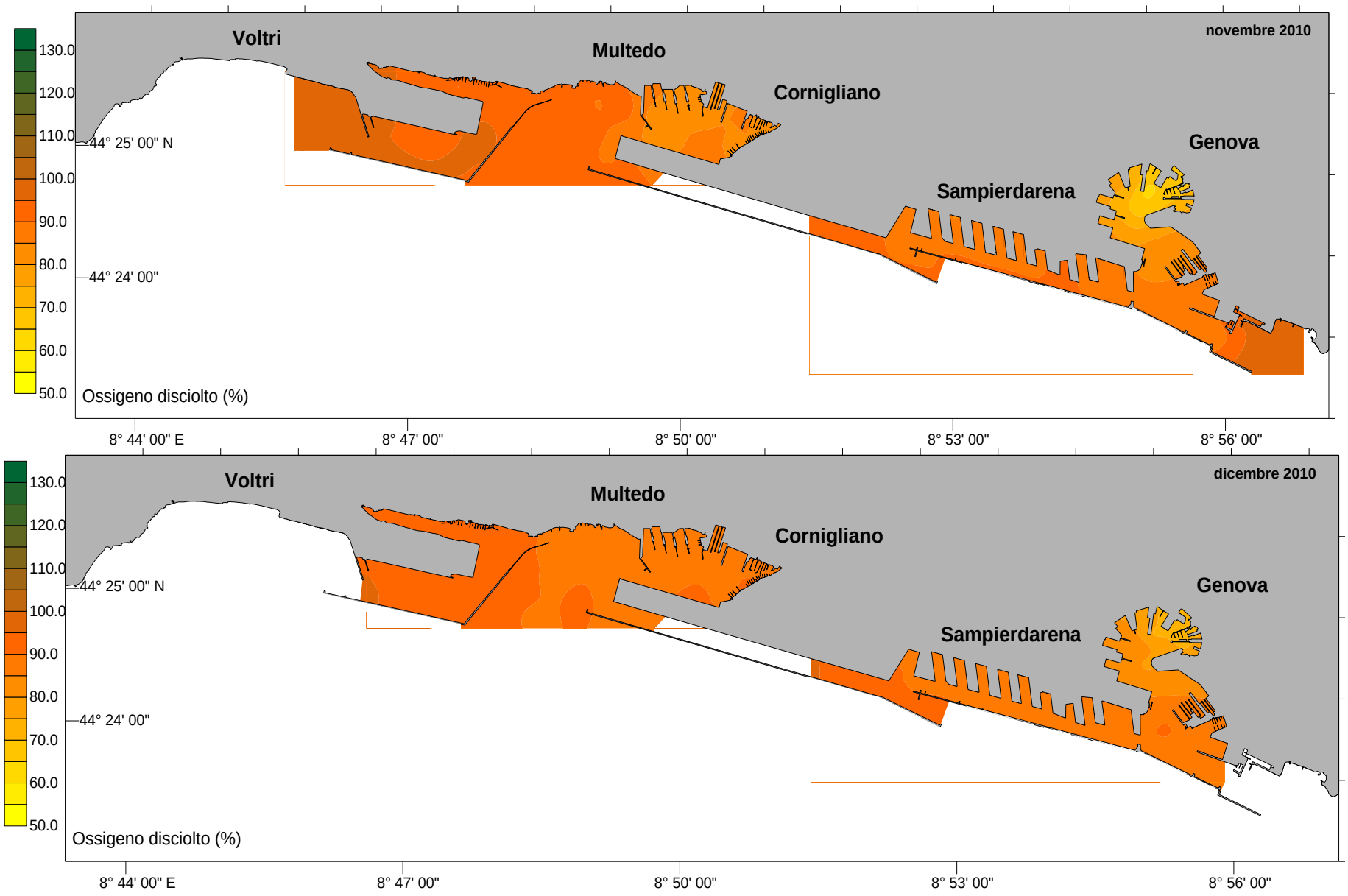

130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
Ossigeno disciolto (%)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
Ossigeno disciolto (%)
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

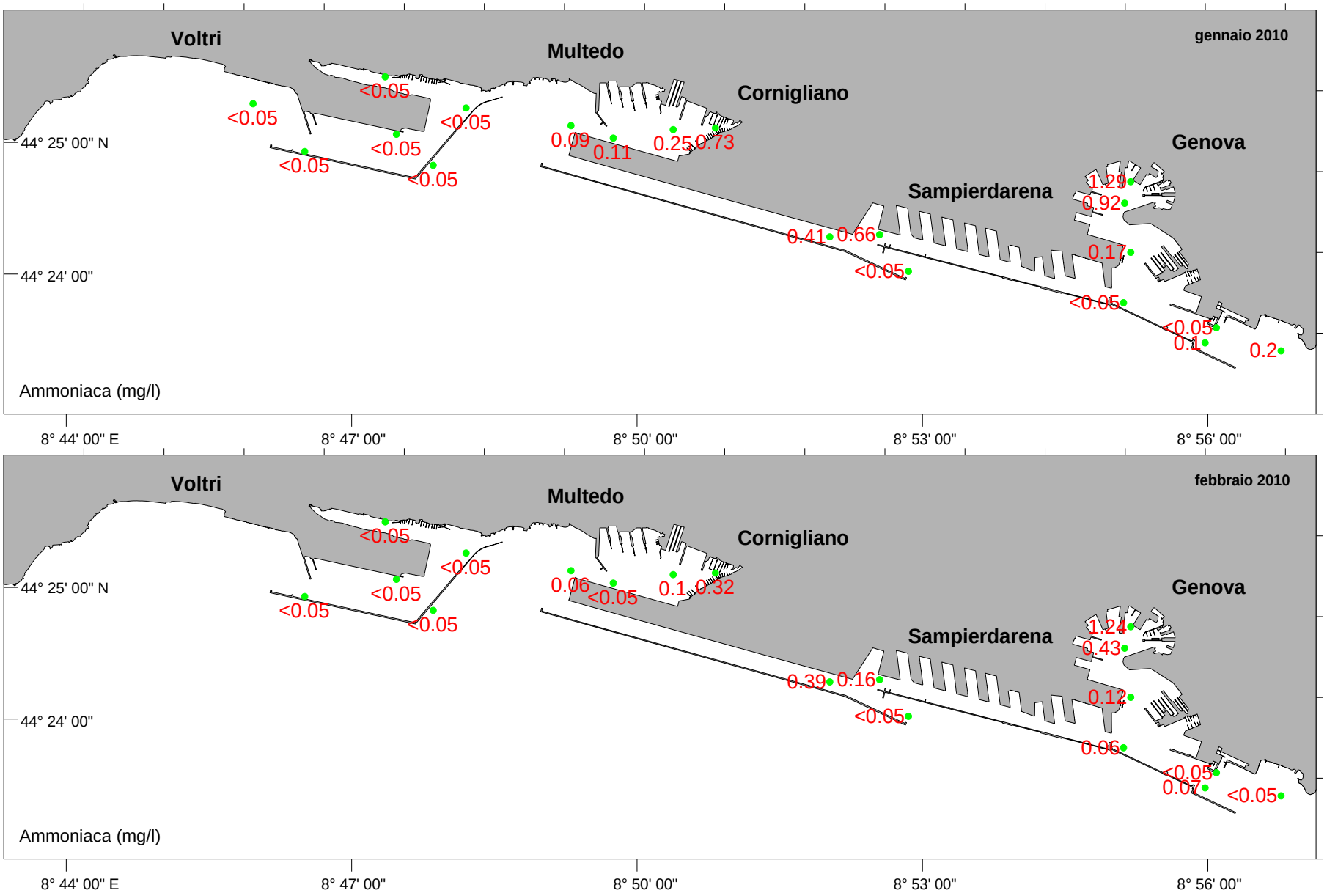

aprile 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
luglio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
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"

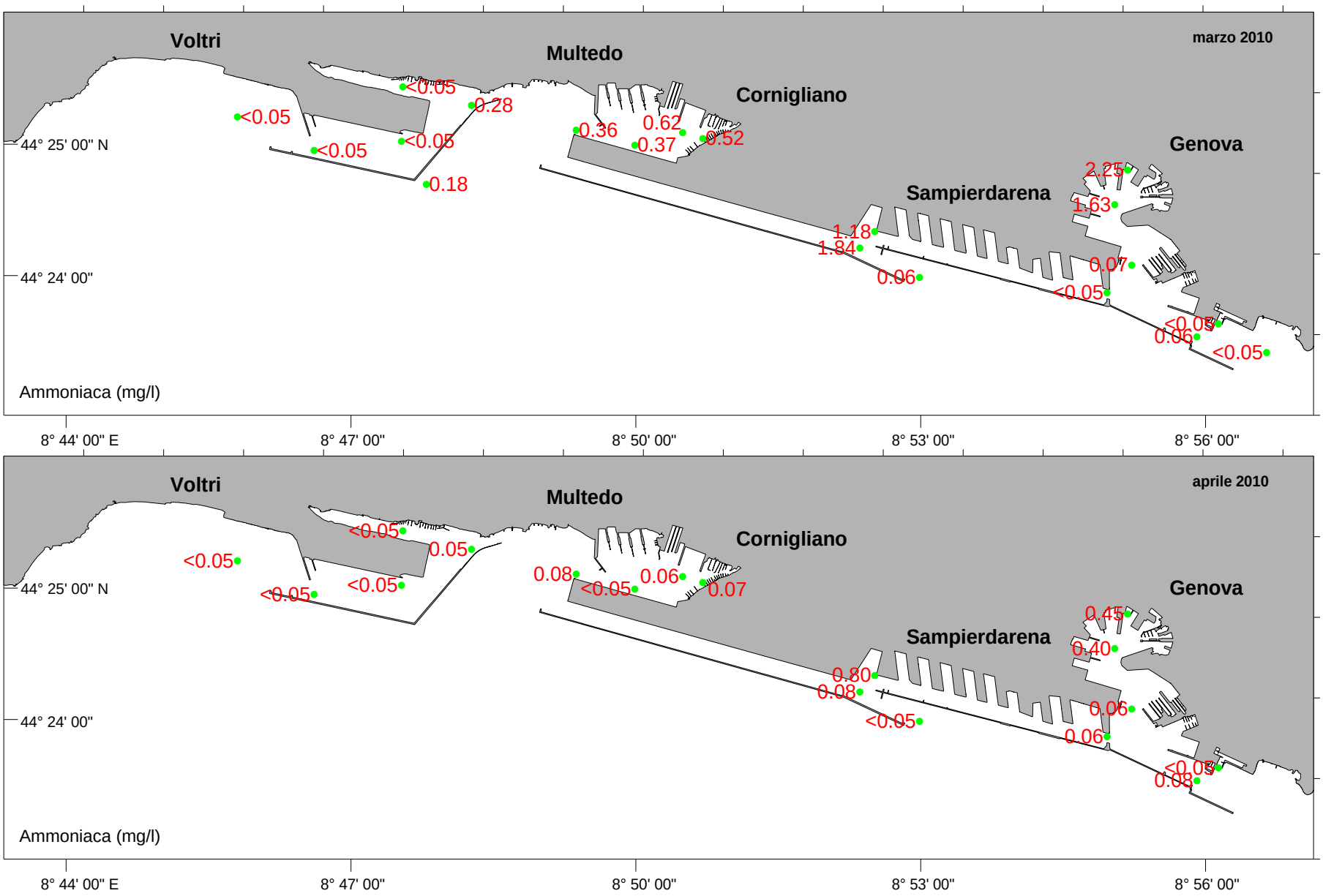

agosto 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

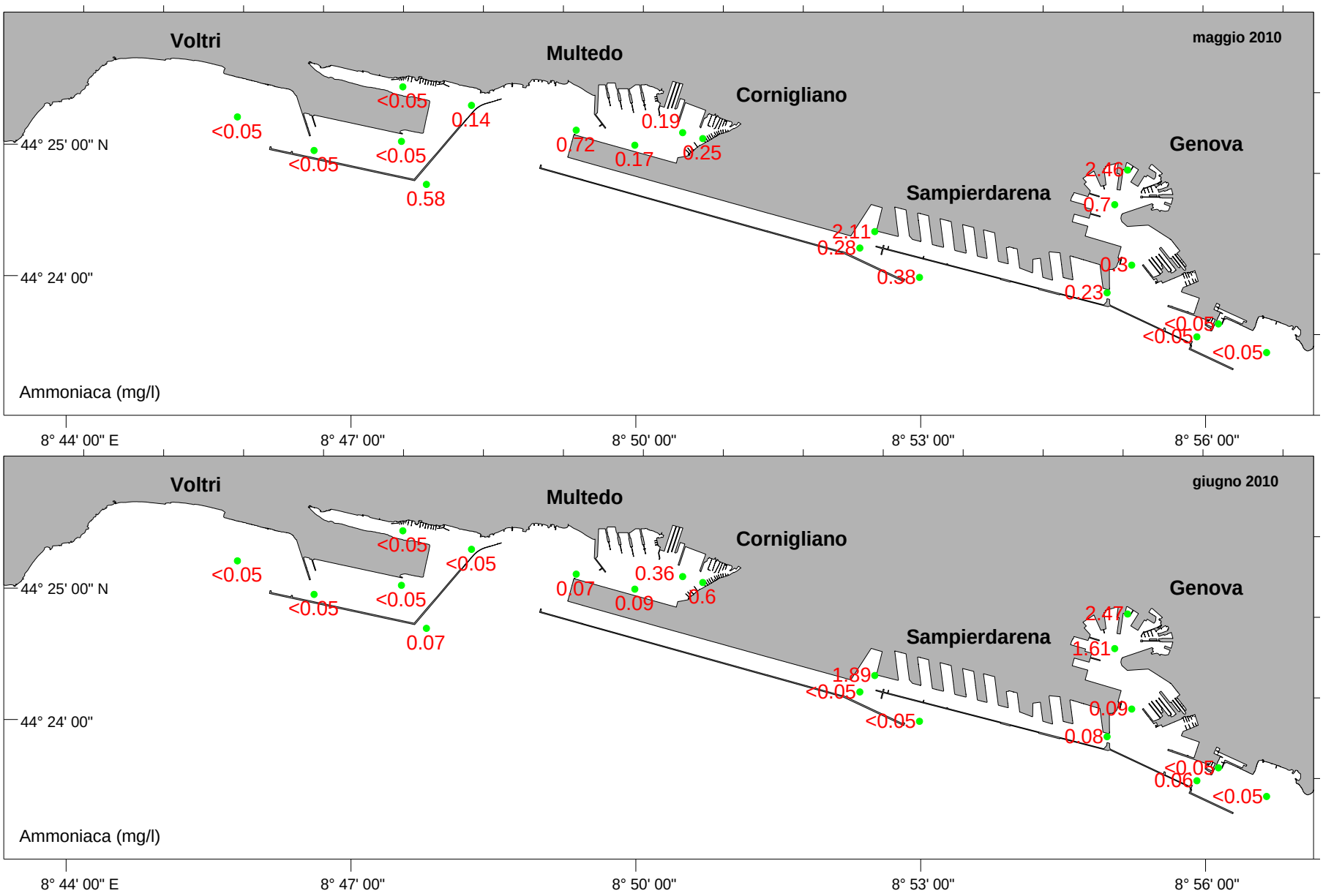

settembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

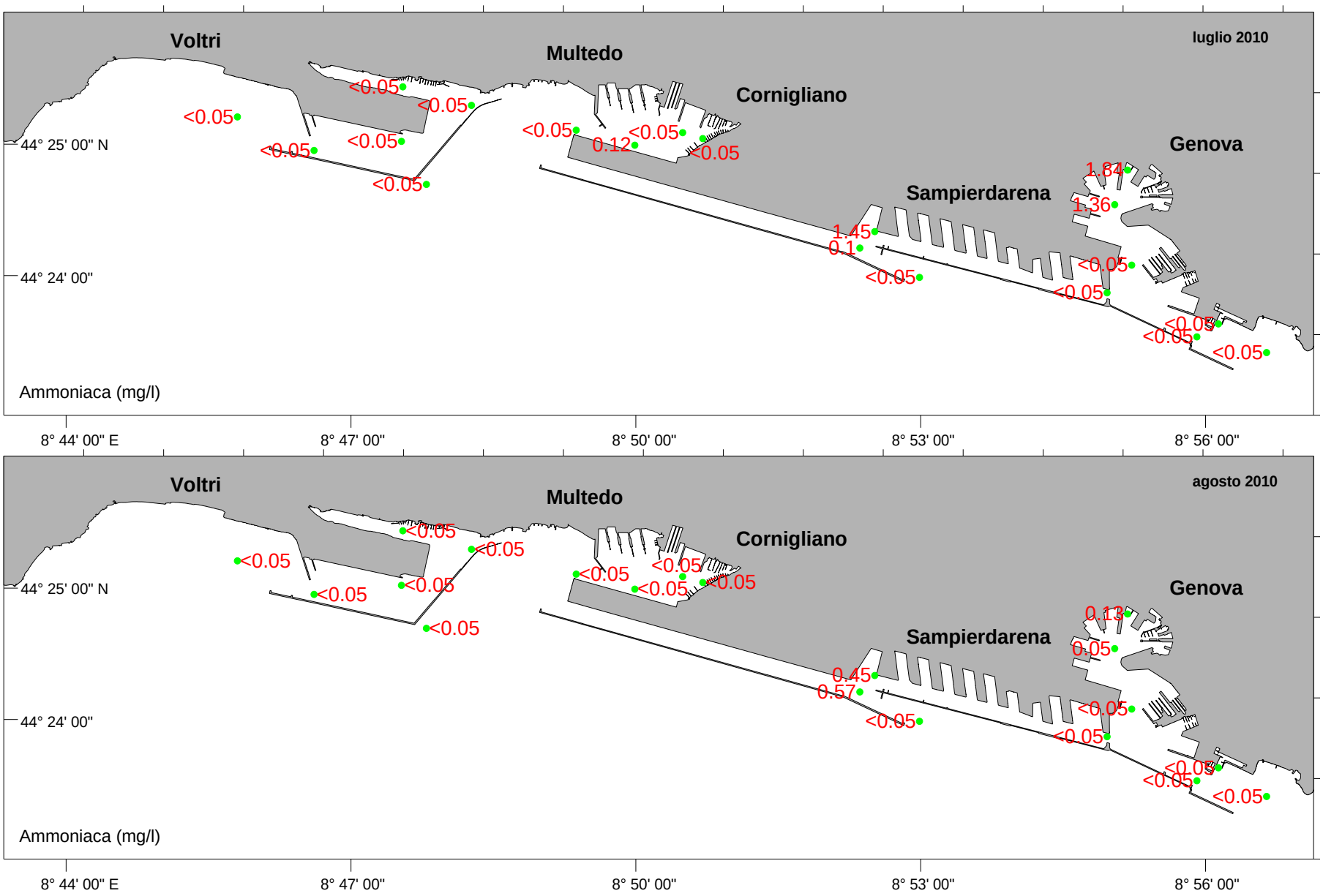

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2010
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

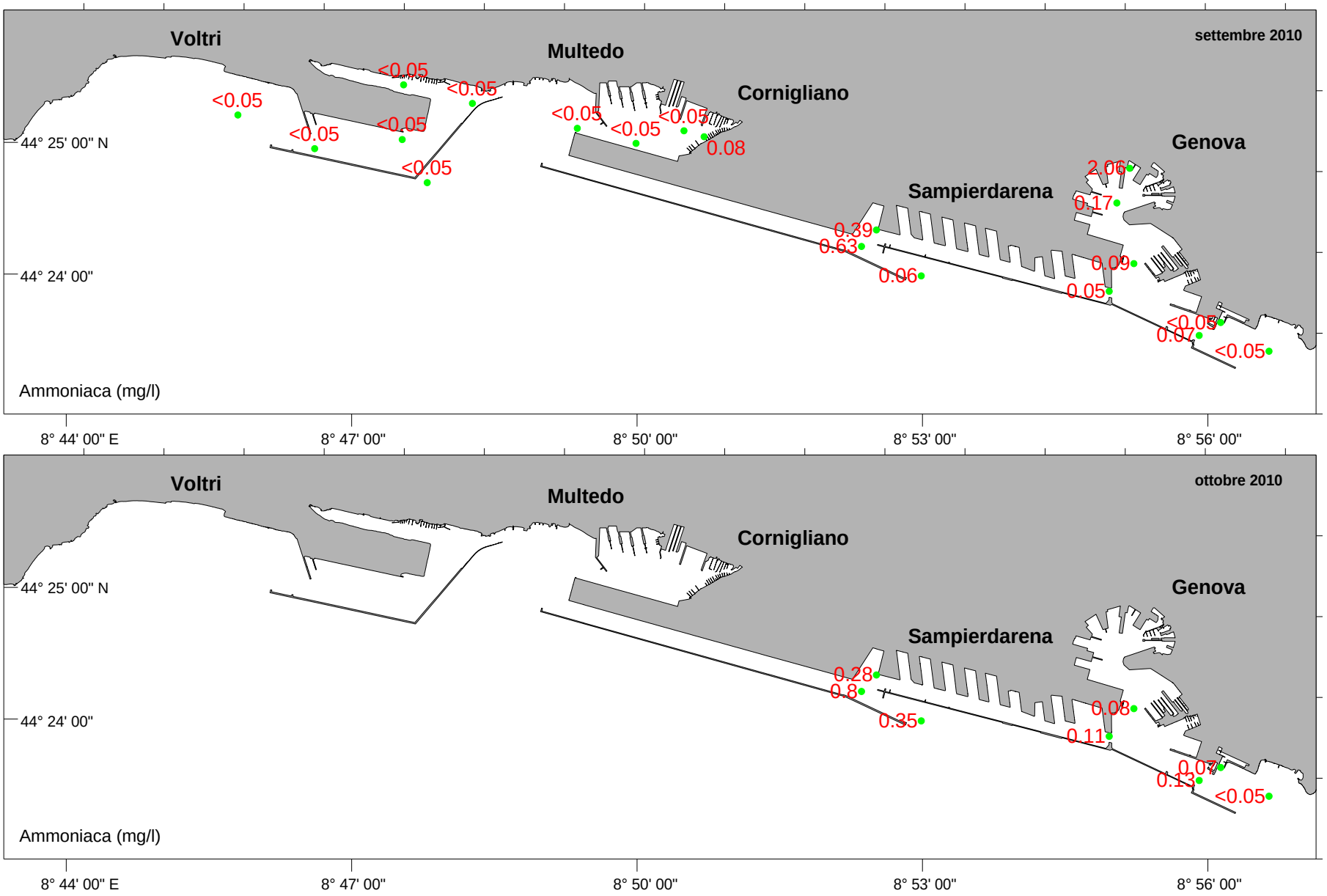

novembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ossigeno disciolto (%)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
dicembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
130.0
120.0
110.0
100.0
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"

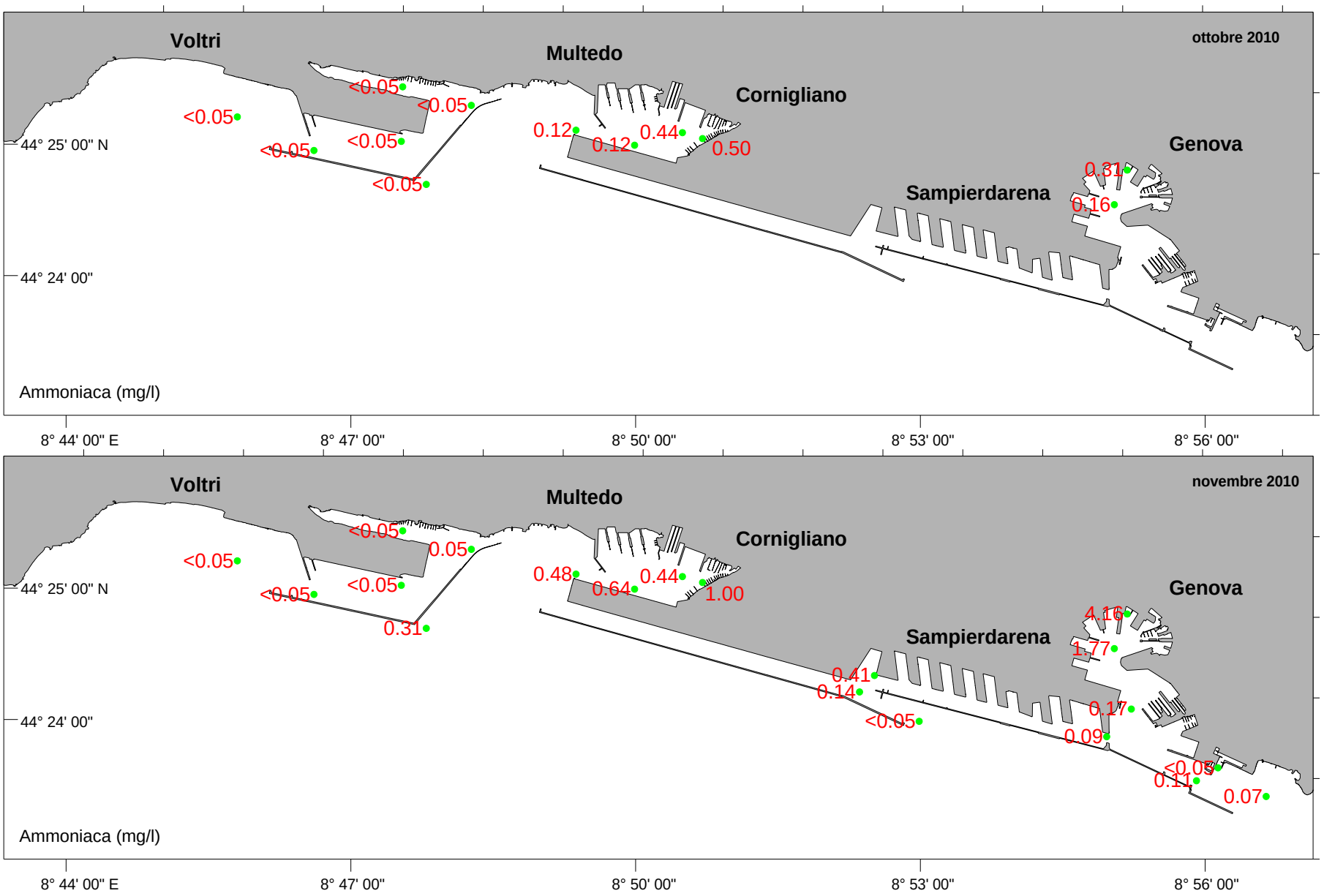

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.09
0.11
0.25
0.73
0.41
0.66
<0.05
1.29
0.92
0.17
<0.05
<0.05
0.1
0.2
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.06
<0.05
0.1
0.32
0.39
0.16
<0.05
1.24
0.43
0.12
0.06
<0.05
0.07
<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"

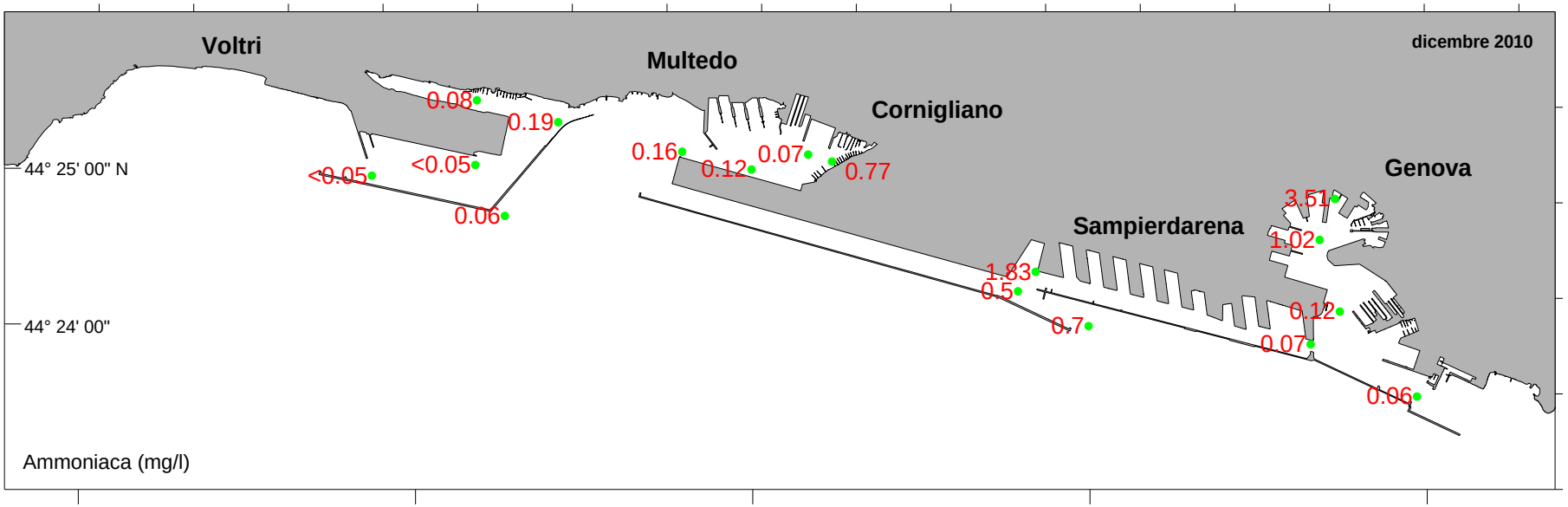

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.28
0.18
0.36
0.37
0.62
0.52
2.25
1.63
1.18
1.84
0.06
0.07
<0.05
<0.05
0.06
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.05
0.08
<0.05
0.06
0.07
0.45
0.40
0.80
0.08
<0.05
0.06
0.06
<0.05
0.08
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"

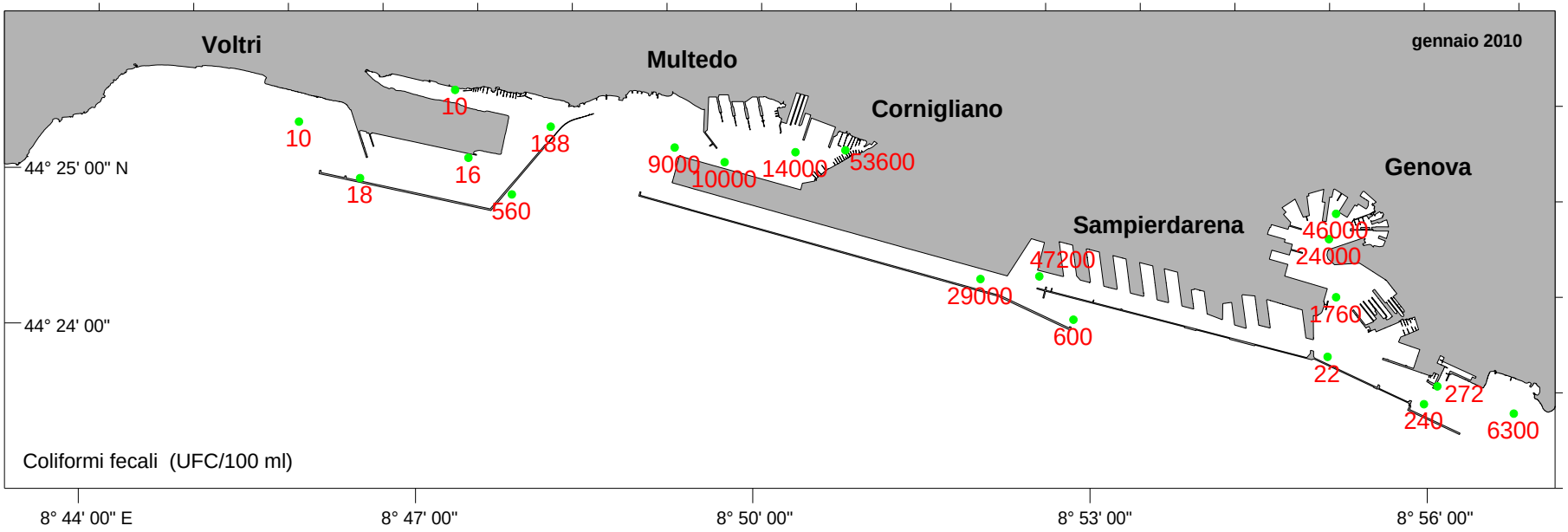

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2010
<0.05
<0.05
0.14
<0.05
<0.05
0.58
0.72
0.17
0.19
0.25
2.46
0.7
2.11
0.28
0.38
0.3
0.23
<0.05
<0.05
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.07
0.07
0.09
0.36
0.6
2.47
1.61
1.89
<0.05
<0.05
0.09
0.08
<0.05
0.06
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

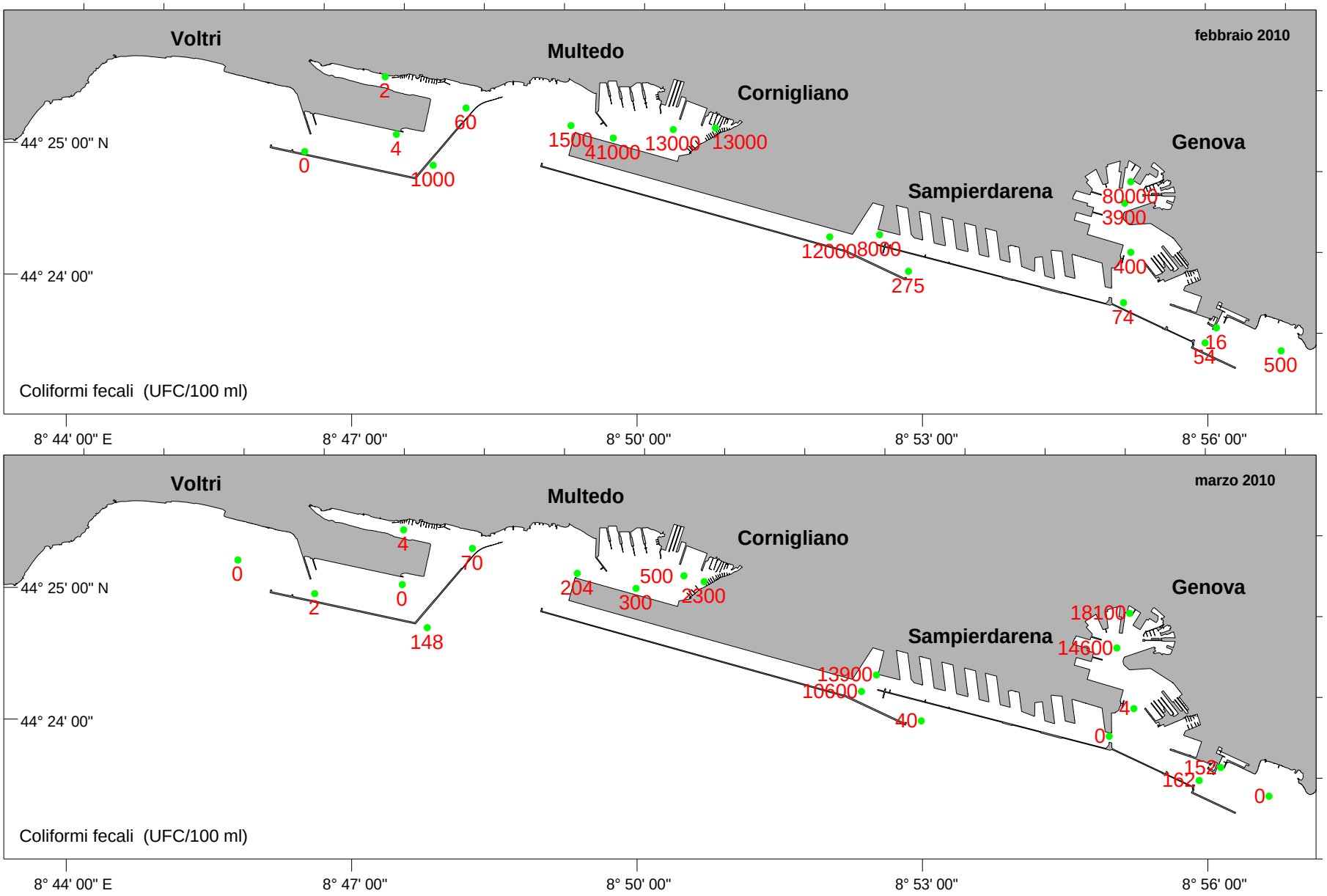

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.12
<0.05
1.45
0.1
<0.05
1.84
1.36
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.45
0.57
<0.05
0.13
0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

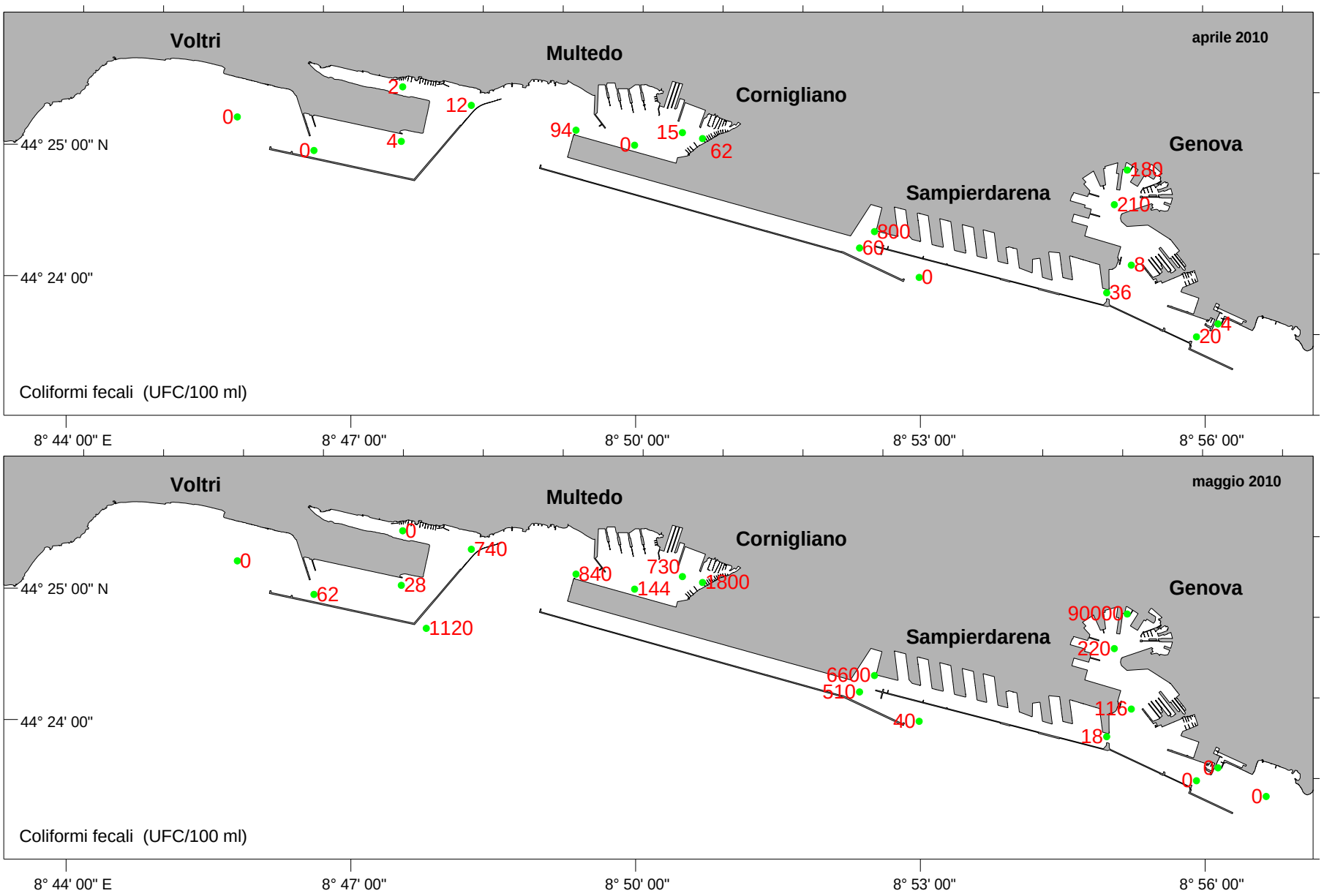

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.08
2.06
0.17
0.39
0.63
0.06
0.09
0.05
<0.05
0.07
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2010
0.28
0.8
0.35
0.08
0.11
0.07
0.13
<0.05
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

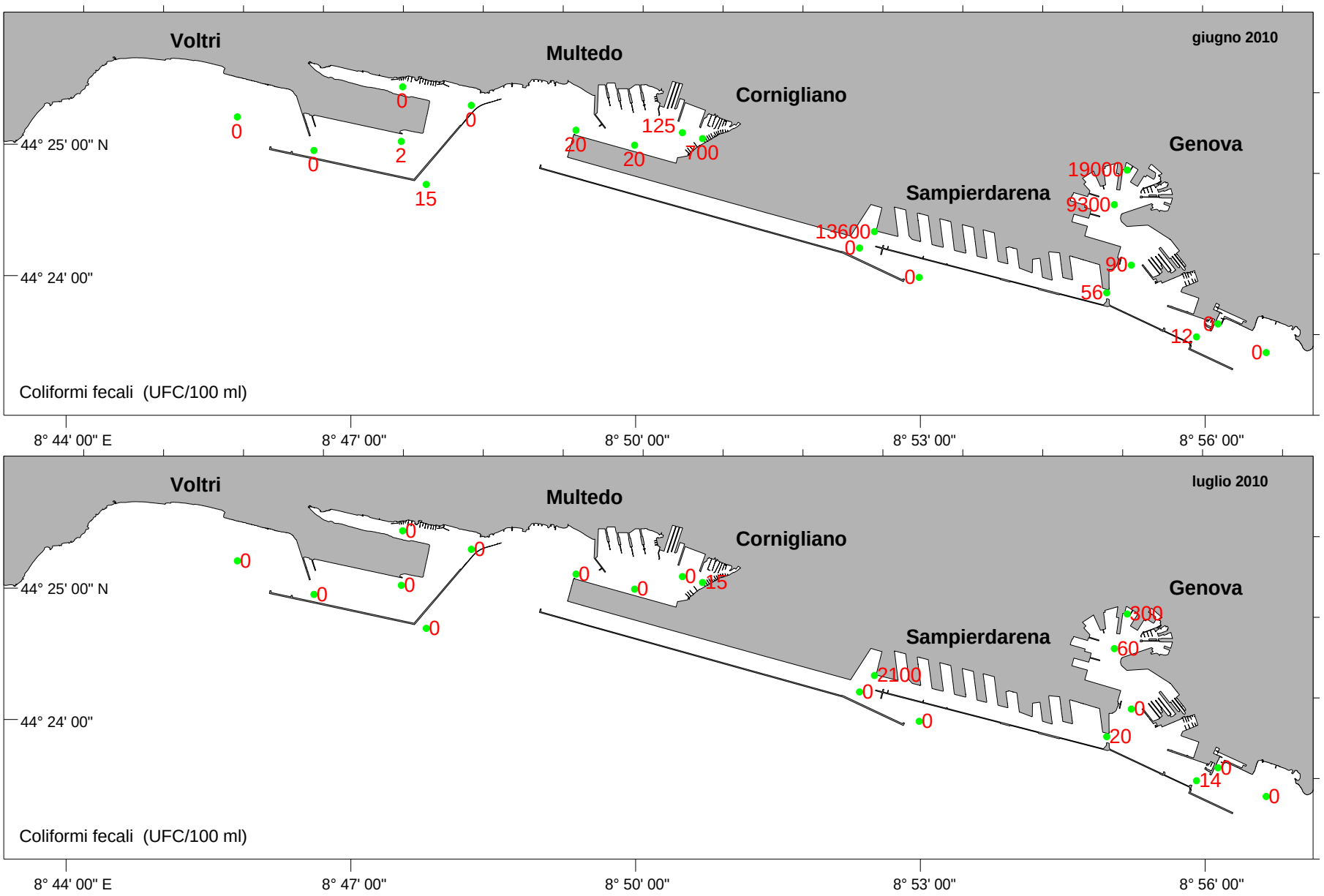

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.12
0.12
0.44
0.50
0.31
0.16
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2010
<0.05
<0.05
<0.05
<0.05
0.05
0.31
0.48
0.64
0.44
1.00
4.16
1.77
0.41
0.14
<0.05
0.17
0.09
<0.05
0.11
0.07
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"

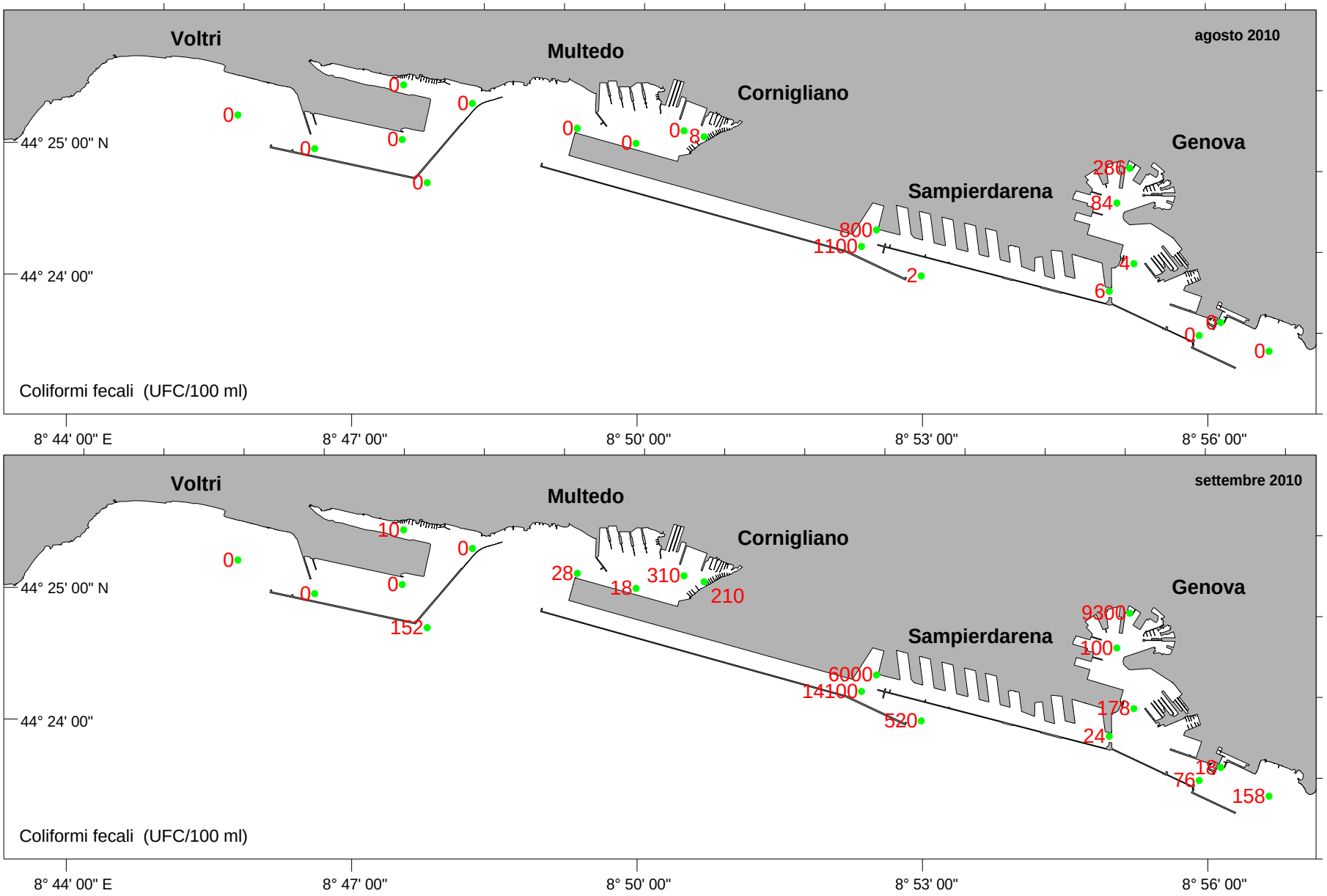

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2010
0.08
0.19
0.16
0.12
0.07
0.77
<0.05
<0.05
0.06
3.51
1.02
1.83
0.5
0.7
0.12
0.07
0.06
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Ammoniaca (mg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

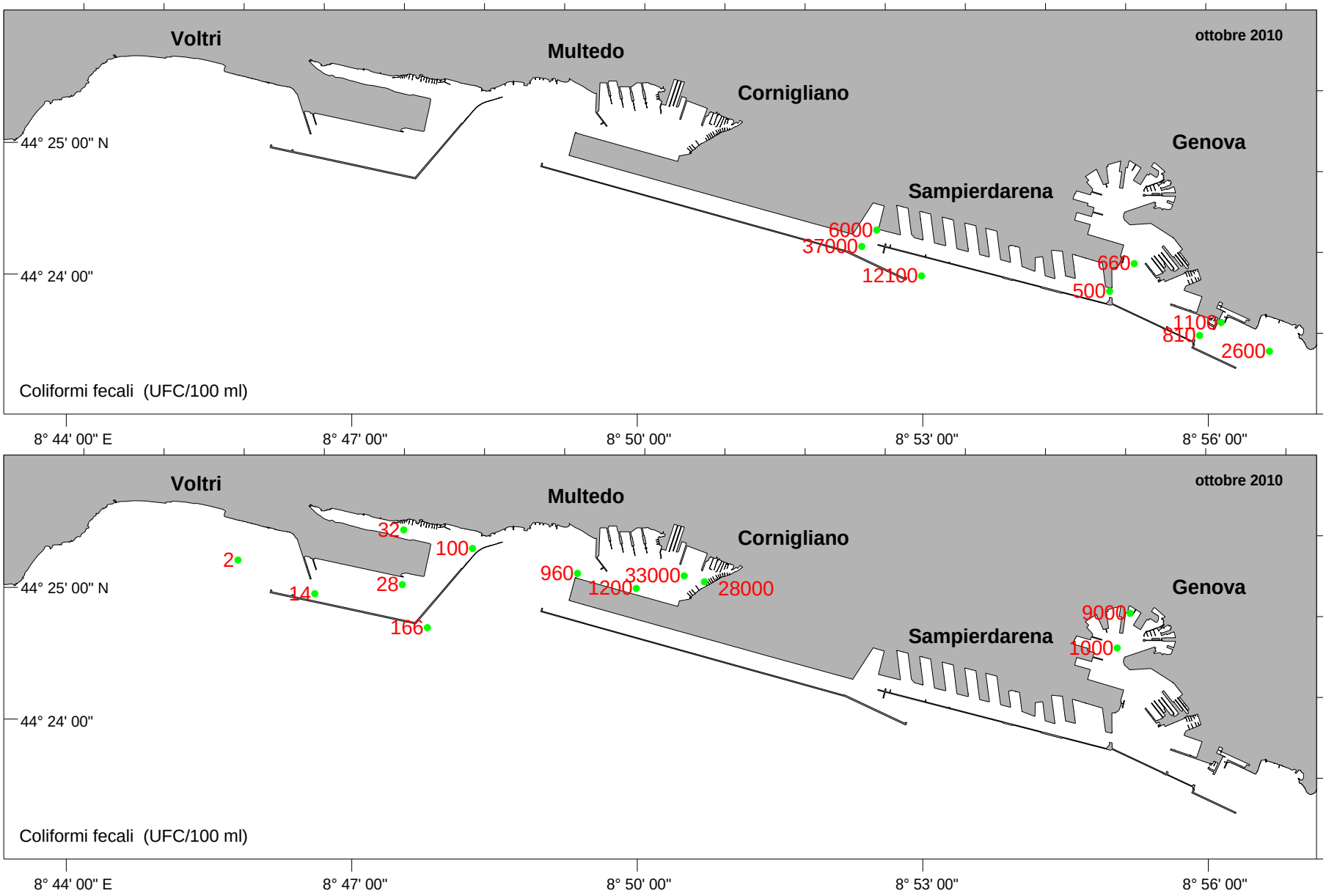

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
gennaio 2010
10
10
188
16
18
560
9000
10000
14000
53600
46000
24000
47200
29000
600
1760
22
272
240
6300
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

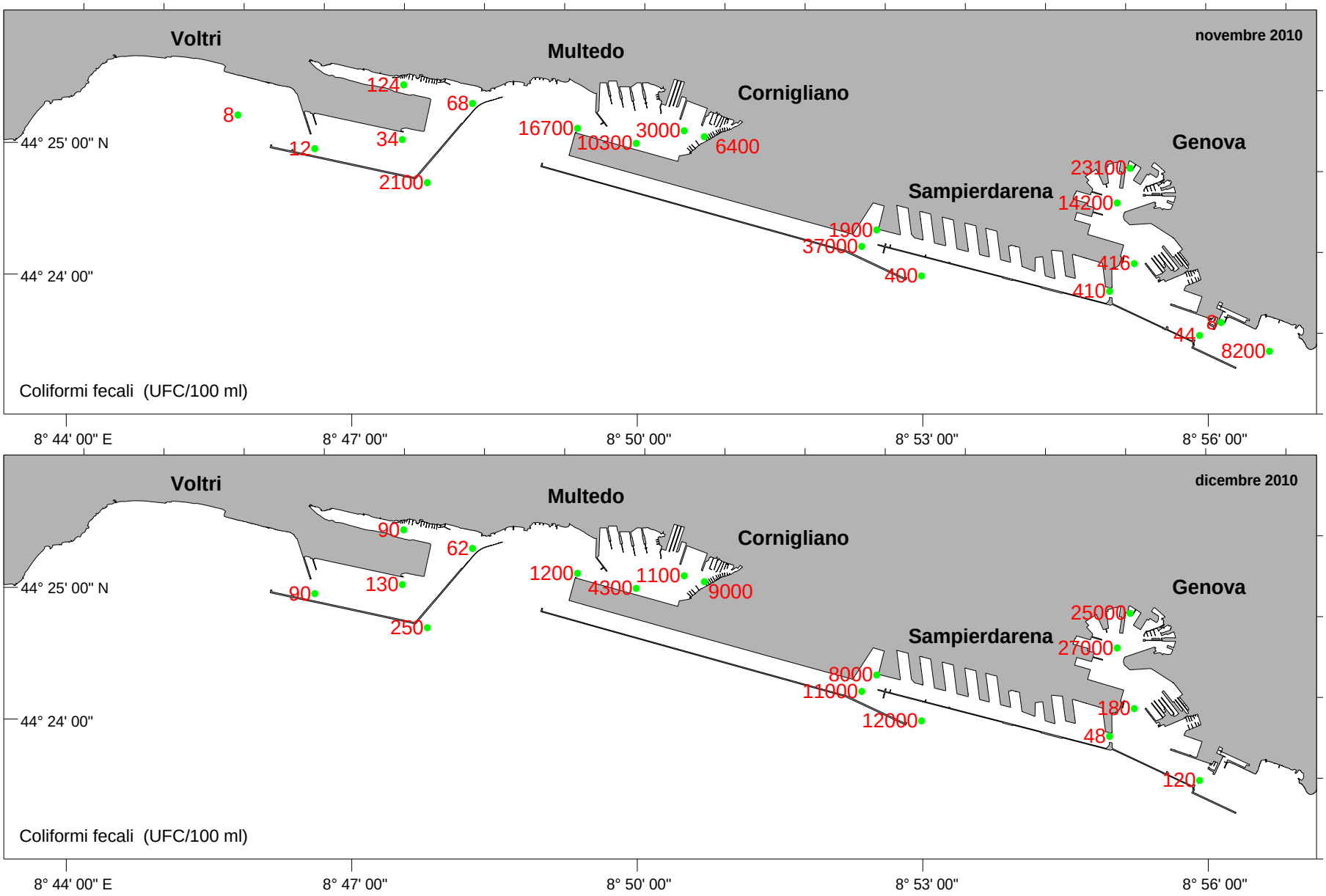

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
febbraio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
2
60
4
0
1000
1500
41000
13000
13000
12000
8000
275
80000
39000
400
74
16
54
500
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
marzo 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
4
70
0
2
0
148
204
500
300
2300
13900
10600
40
18100
14600
4
0
152
162
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

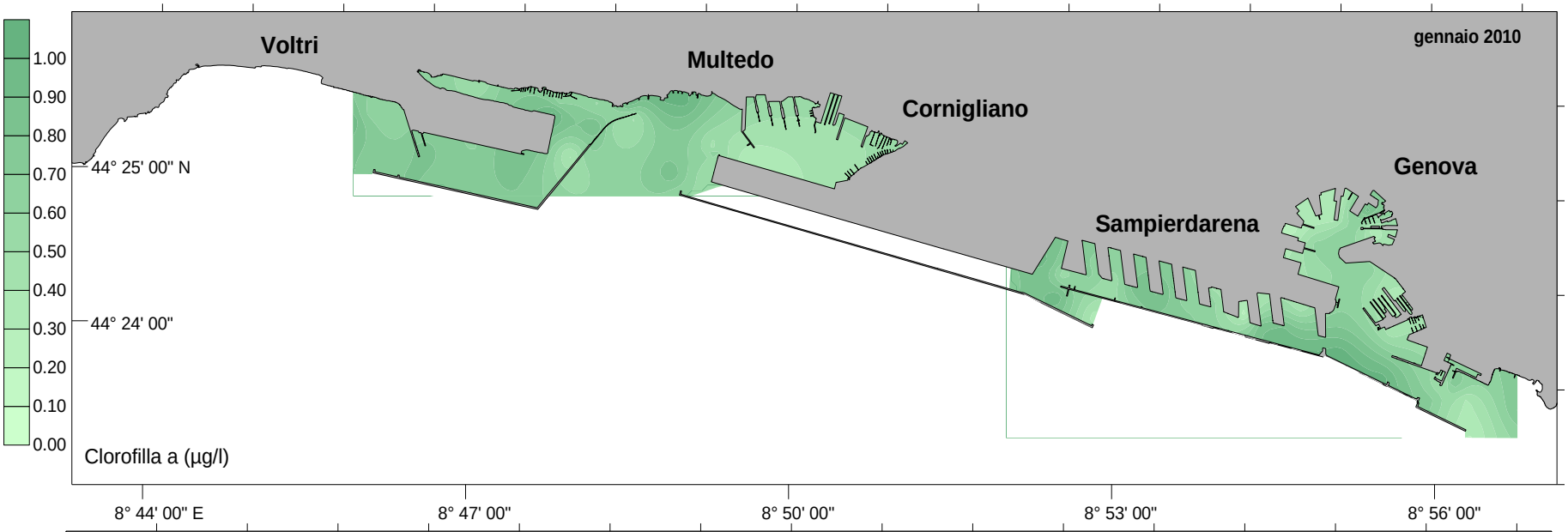

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
aprile 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
2
12
0
4
94
15
0
62
180
210
300
60
0
8
36
4
20
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
maggio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
62
28
1120
740
840
730
144
1800
90000
220
6600
510
40
116
18
0
0
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

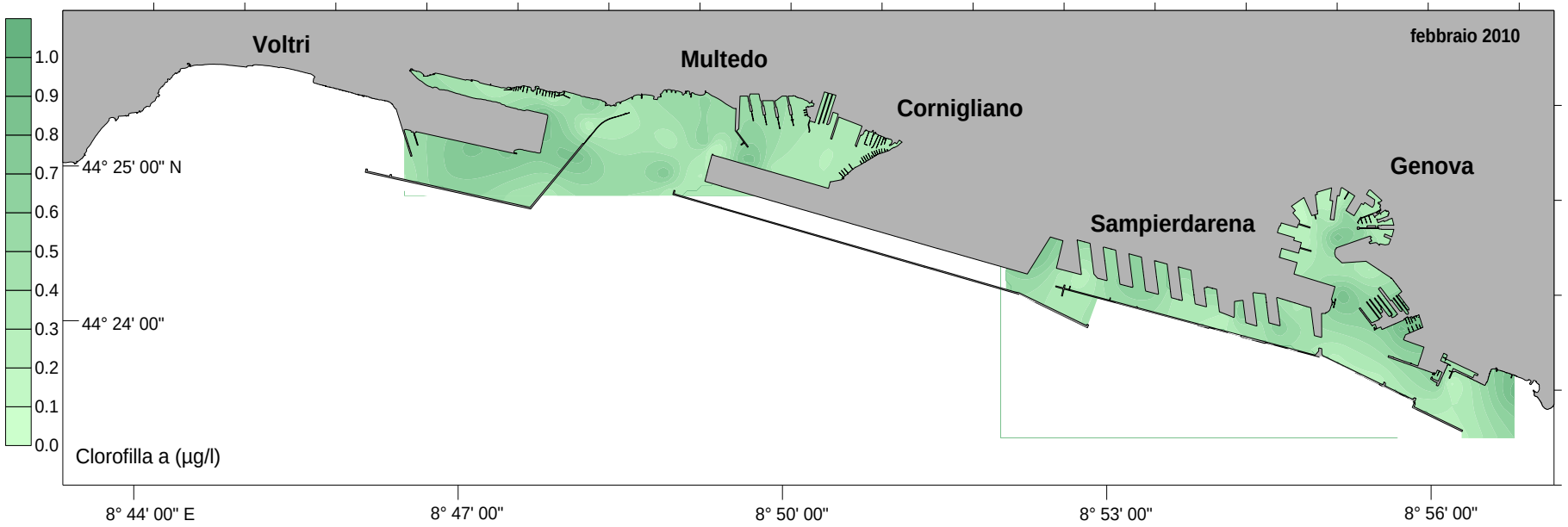

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
giugno 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
2
0
15
0
20
125
20
700
13600
0
0
19000
9300
90
56
0
12
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
luglio 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
0
0
15
2100
0
0
300
60
0
20
0
14
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

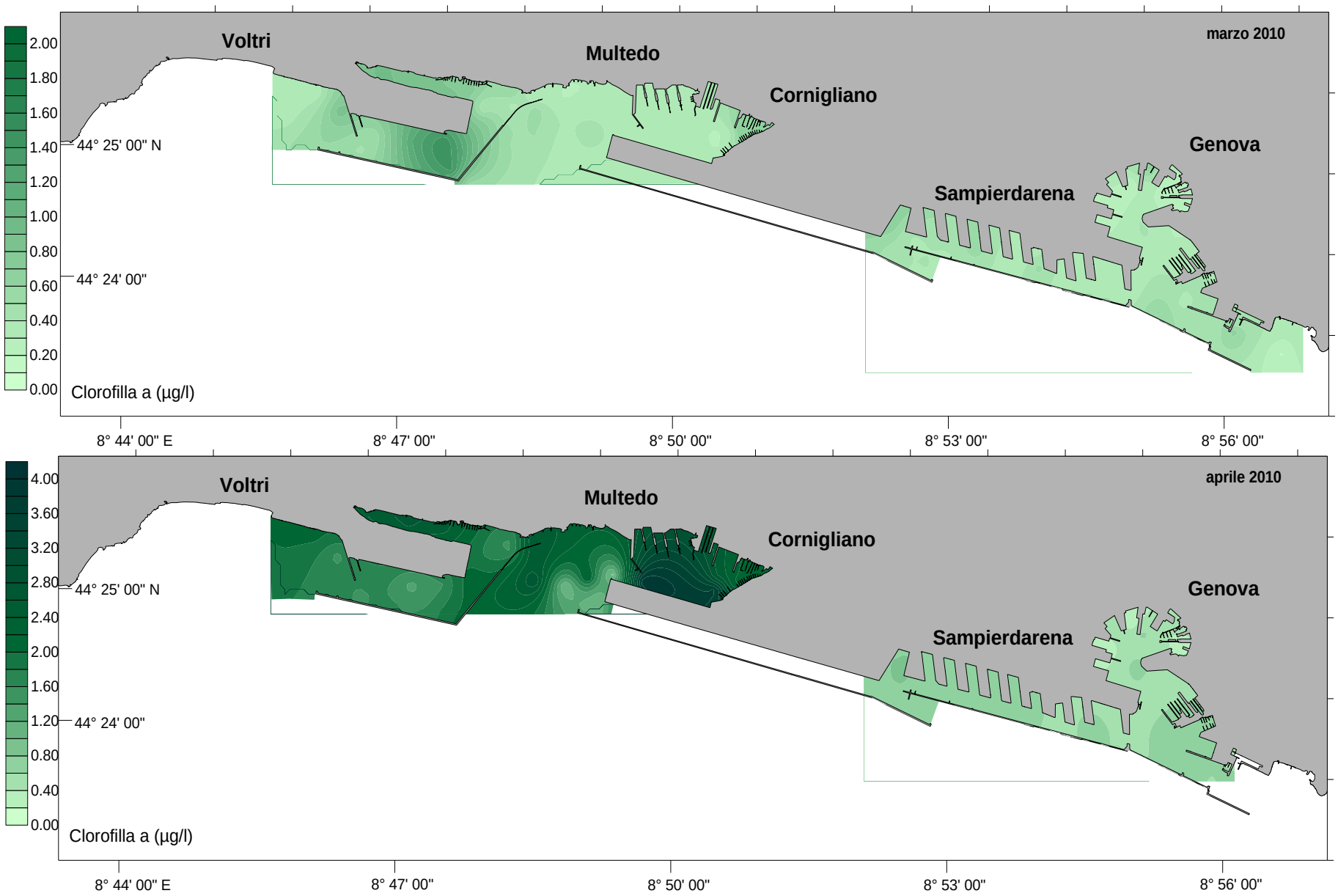

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
agosto 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
0
0
0
0
0
0
0
0
8
286
84
800
1100
2
4
6
0
0
0
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
settembre 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
10
0
0
0
152
28
18
310
210
9300
100
6000
14100
520
178
24
76
18
158
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

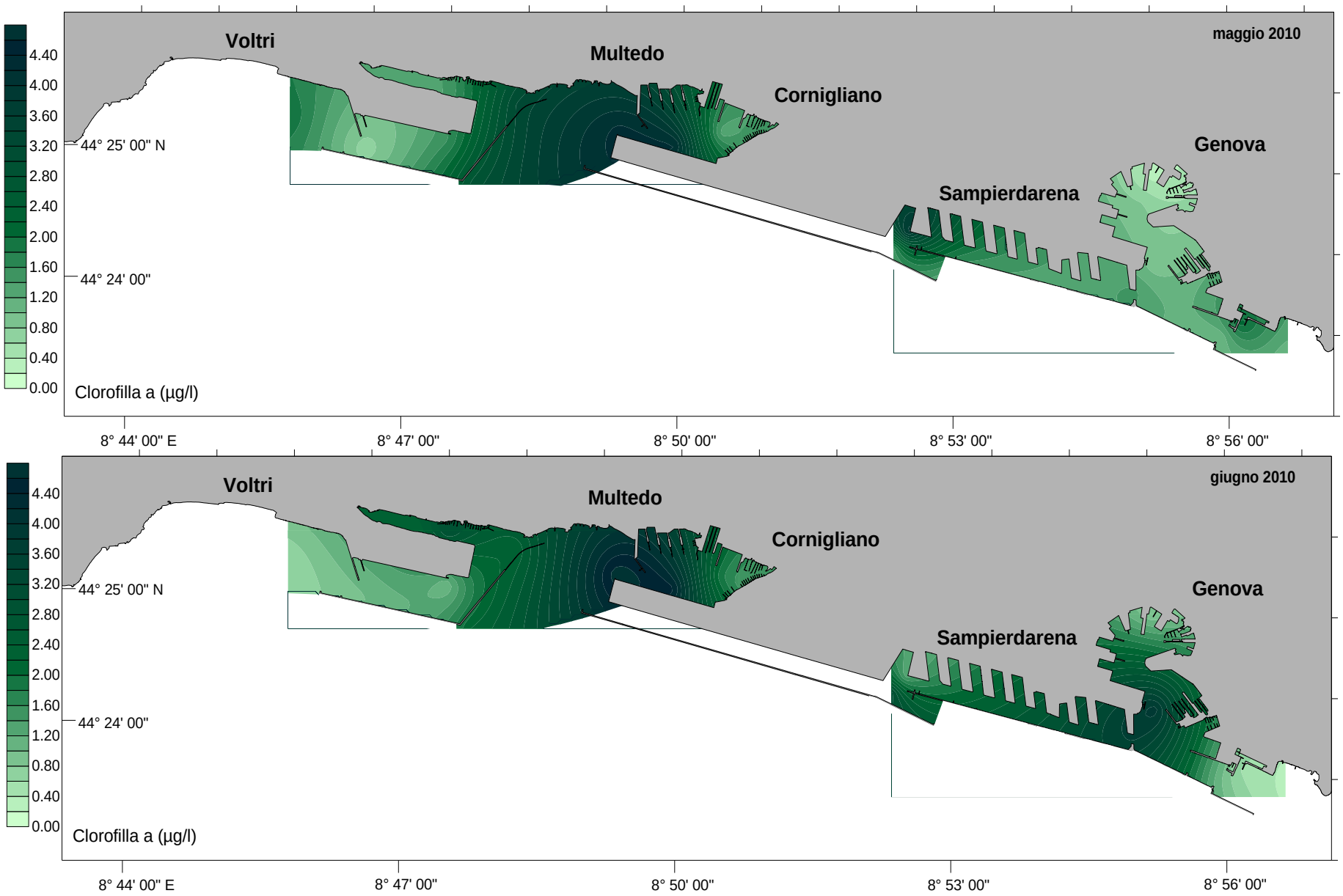

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
6000
37000
12100
660
500
1100
810
2600
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
ottobre 2010
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
2
32
100
14
28
166
960
1200
33000
28000
9000
1000
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

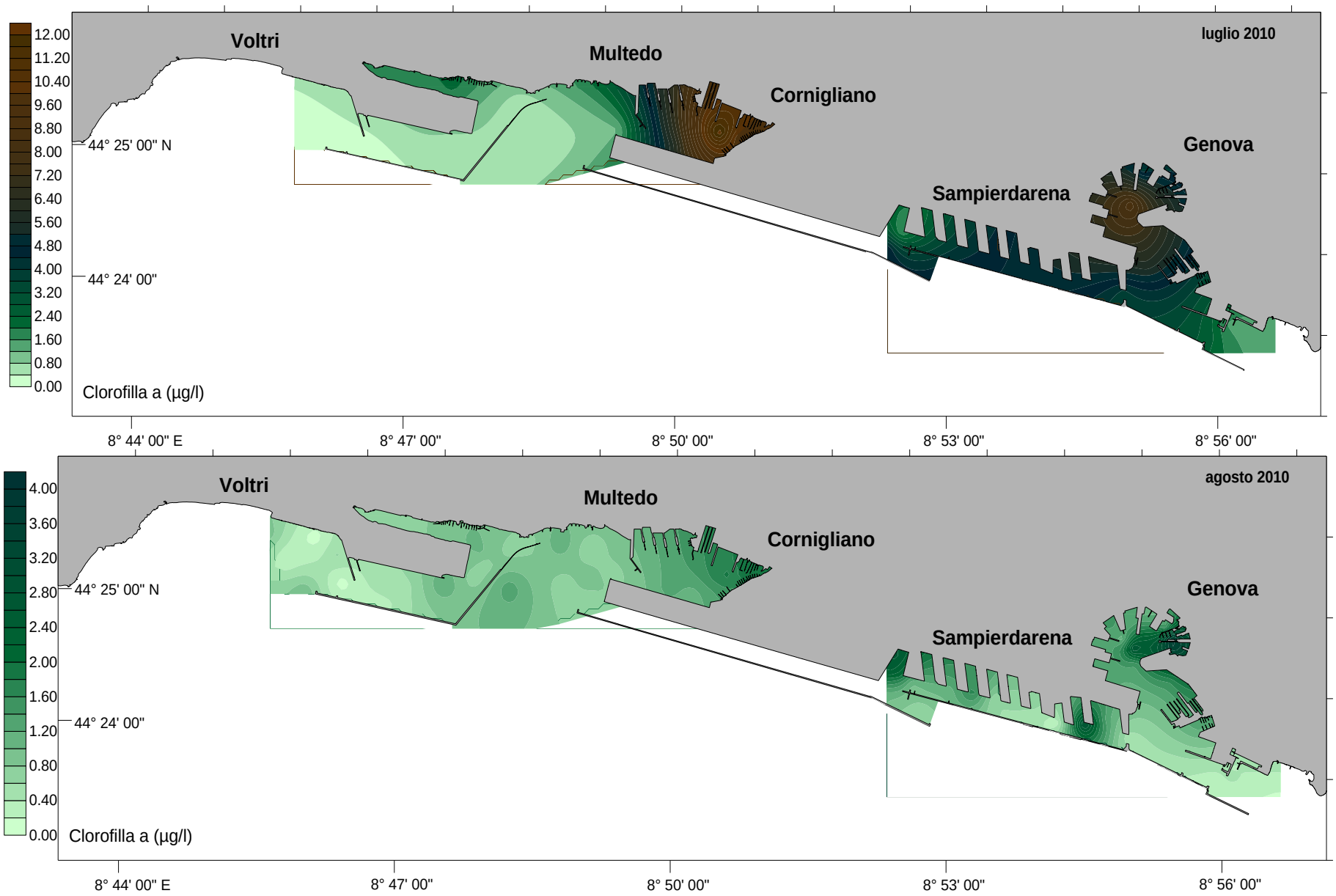

Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
novembre 2010
124
68
8
34
12
2100
16700
3000
10300
6400
23100
14200
1900
37000
400
416
410
8
44
8200
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Coliformi fecali (UFC/100 ml)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
Voltri
Multedo
Cornigliano
Sampierdarena
Genova
dicembre 2010
90
62
130
90
250
1200
1100
4300
9000
25000
27000
8000
11000
12000
180
48
120
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"

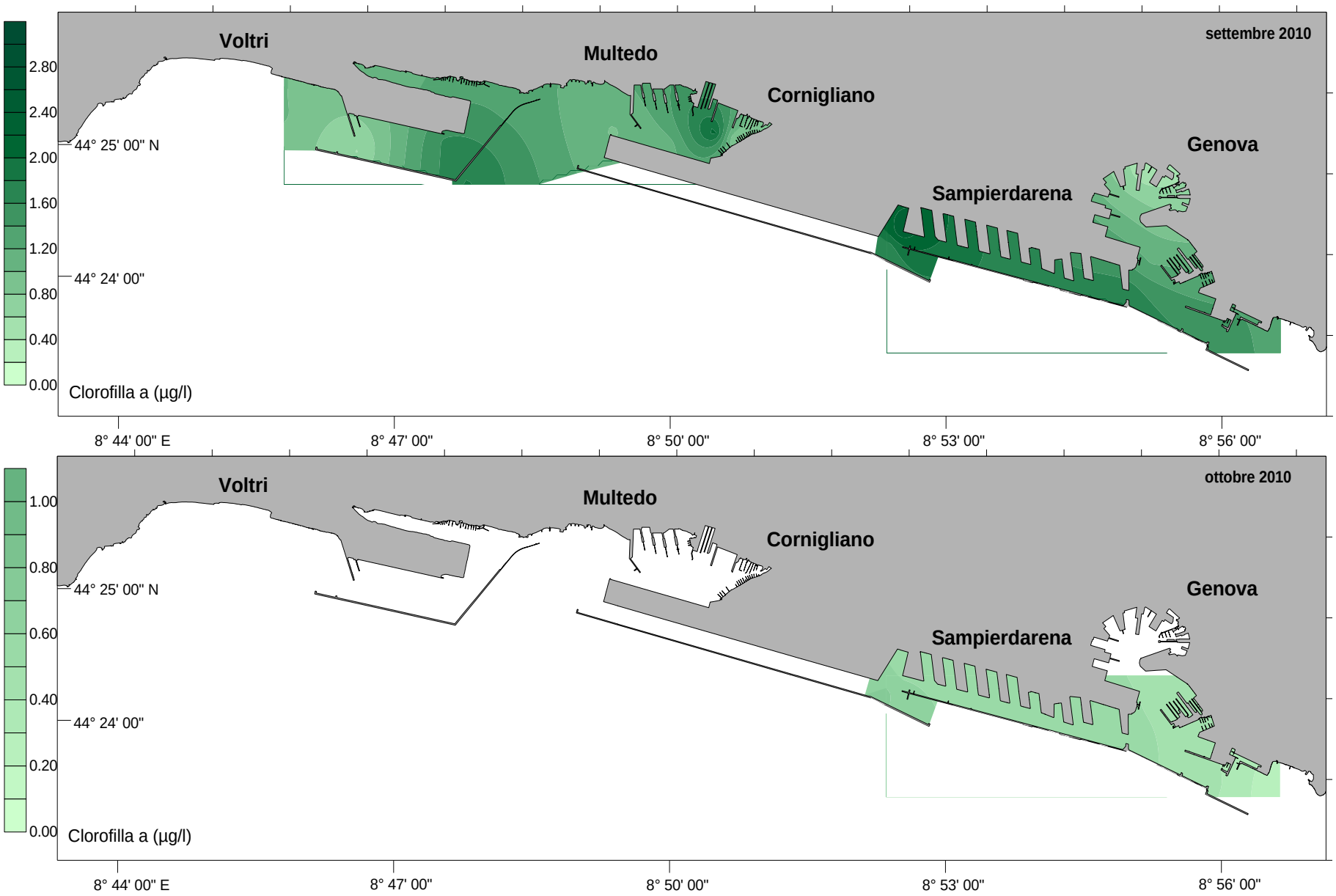

gennaio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

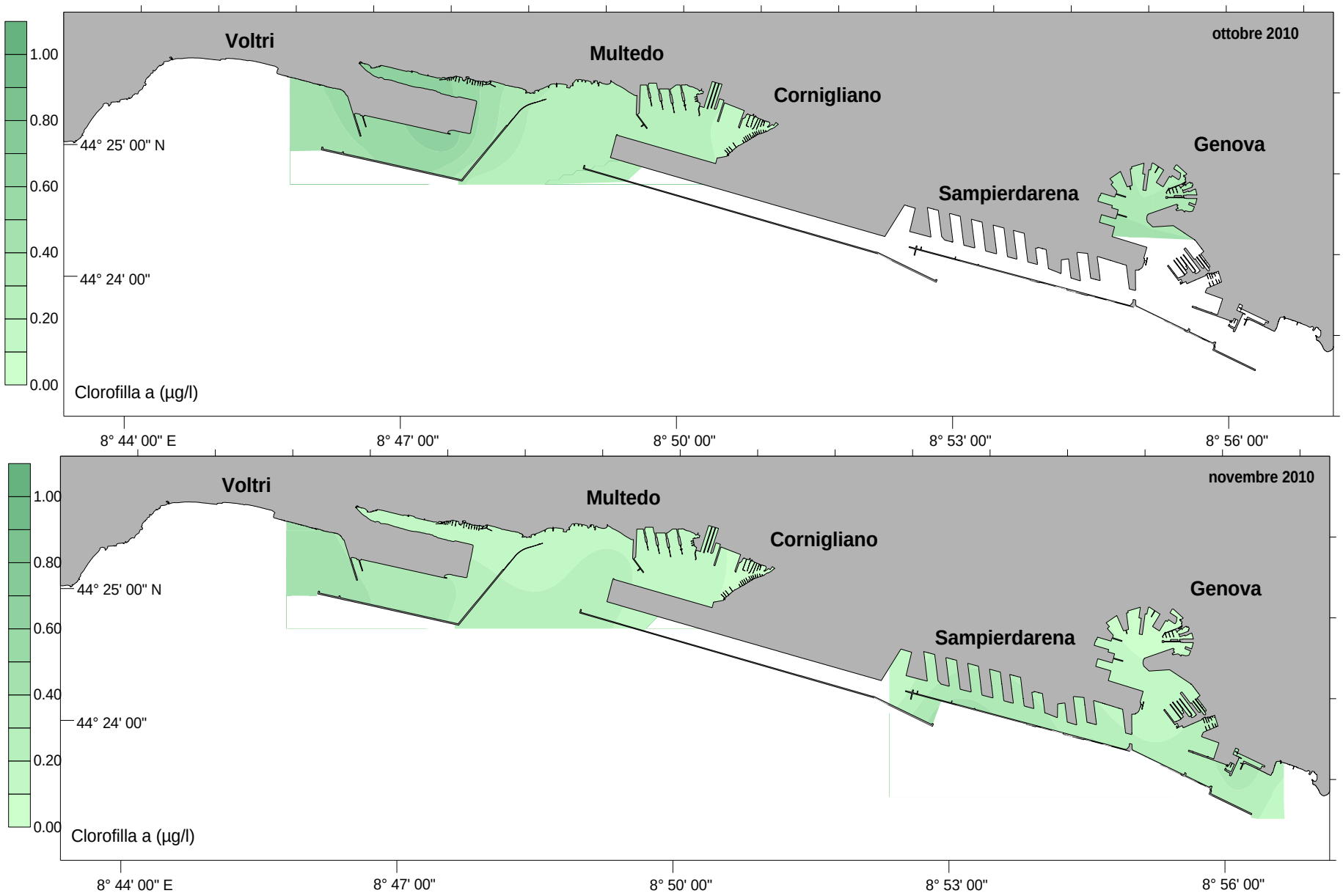

febbraio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

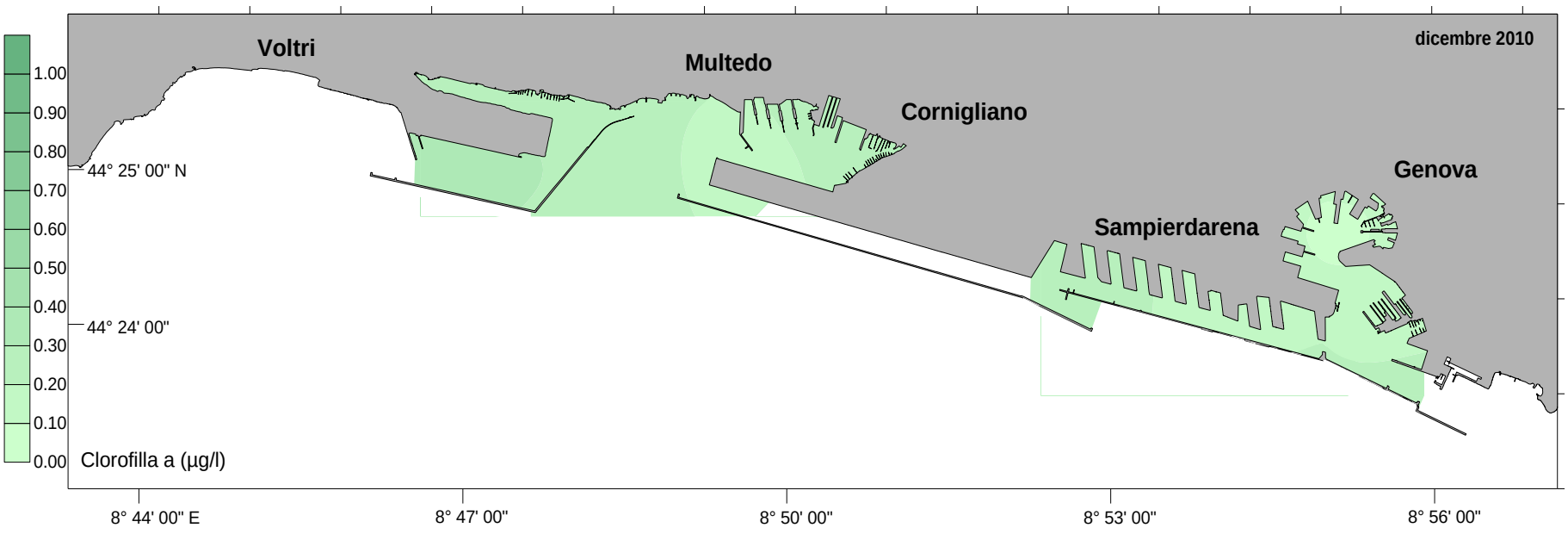

marzo 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
aprile 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


maggio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
4.40
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
giugno 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
4.40
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


luglio 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
12.00
11.20
10.40
9.60
8.80
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"
agosto 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
4.00
3.60
3.20
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
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 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
2.80
2.40
2.00
1.60
1.20
0.80
0.40
0.00
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Clorofilla a (µg/l)
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"
ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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"


ottobre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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"
novembre 2010
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
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"


dicembre 2010
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"