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 2007

realizzato in collaborazione con

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

aprile 2008

INDICE

1 INTRODUZIONE

2 MATERIALI E METODI

2.1 Piano di campionamento 4

2.2 Parametri chimico-fisici 5

2.3 Parametri meteorologici 6

2.4 Coliformi fecali 6

2.5 Azoto ammoniacale 6

3 RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Caratteristiche generali del sistema portuale 7

3.2 L'anno 2007 11

3.3 Le aree "critiche": confronto con gli anni precedenti 23

4 CONSIDERAZIONI FINALI

BIBLIOGRAFIA

APPENDICE

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, la Servizi Ecologici Porto di Genova spa (SEPG) effettua 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 prevede l'utilizzo di sonde multiparametriche montate su mezzi di proprietà della società stessa, che forniscono dati relativi a temperatura, salinità e ossigeno disciolto. I mezzi della SEPG sono regolarmente impegnati in attività di disinquinamento e pulizia degli specchi acquei portuali e ogni giorno acquisiscono e trasmettono dati relativi alle zone in cui stanno operando. Con il sistema satellitare (GPS) è possibile individuare l'esatto punto di rilevazione dei dati che vengono poi trasmessi ad una banca dati, consentendo di avere in tempo reale i principali indicatori dello stato chimico-fisico delle acque e quindi studiare particolari fenomeni stagionali come le fioriture algali, anossie estive con conseguenti morie della fauna portuale, e altri fenomeni connessi all'ambiente e alle sue specie biologiche.

I dati raccolti durante l'anno 2007 rappresentano quindi il secondo anno completo di monitoraggio effettuato con il sistema di acquisizione in continuo 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 2007, 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.

Per una descrizione dettagliata del Porto di Genova, delle principali attività portuali, dei fattori di impatto ambientale, del clima della zona e della circolazione costiera si fa riferimento alla relazione annuale relativa all'anno 2006.

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) vengono utilizzate due sonde multiparametriche B&C Electronic posizionate direttamente allo scafo di imbarcazioni della SEPG, a circa un metro di profondità, con acquisizione dati ogni due minuti. La metodica di campionamento utilizzata permette mediamente l'acquisizione in circa 300 punti distribuiti all'interno dell'area portuale, 80 dei quali coincidono con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005. In 20 di questi punti, scelti in base alla loro collocazione rispetto ai principali apporti di acqua dolce proveniente da terra, 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.

Nella Figura 3.1 si riporta l'ubicazione degli 80 punti di campionamento coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005.

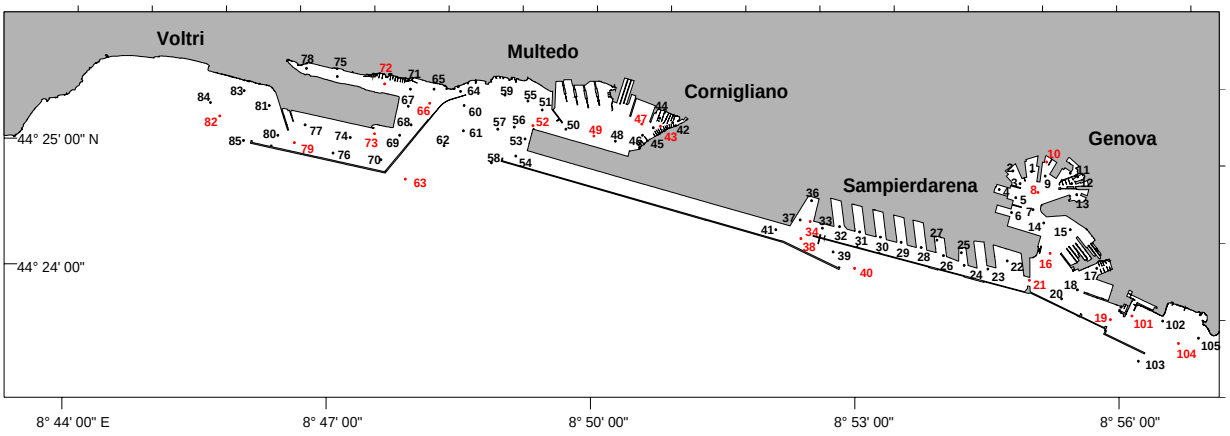


Fig.2.1 Punti di campionamento coincidenti con quelli relativi al monitoraggio antecedente al 2005; in rosso sono evidenziati i punti in cui vengono prelevati campioni di acqua sub-superficiale.

I mezzi utilizzati per il monitoraggio sono due (Fig. 3.2), ciascuno dei quali dotato di una propria sonda multiparametrica e di una propria area di azione. Uno è destinato alla zona compresa tra Punta Vagno e la foce del Polcevera, l'altro ai bacini di Multedo e Voltri.



Fig. 2.2 Imbarcazione utilizzata per il monitoraggio

2. 2 Parametri chimico-fisici

Per la rilevazione dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua sub-superficiale (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) vengono utilizzate due sonde multiparametriche B&C Electronic (mod. SA 8065.101, Fig. 3.3).



Fig. 2.3 Sonda B&C electronics, modello SA 8065.101

In tabella 3.1 vengono riportate le specifiche dei sensori delle sonde.

	Tipo sensore	*Scala*	*Risoluzione dato*
Temperatura	RTD Pt1000	-5/+55 °C	0.01 °C
Conducibilità	Cella K=1.00	6.000/60.000 mS	0.001 mS
Ossigeno disciolto	Cella polarografica	0.000/20.000 mg/l	0.001 mg/l

Tab. 2.1 Specifiche dei sensori della sonda SA 8065.101, B&C

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.), che aveva come obbiettivi:

- l'analisi ed intercalibrazione del sistema di monitoraggio in continuo (sonde multiparametriche) posizionato su mezzi nautici della SEPG;
- la realizzazione di un protocollo di utilizzo ottimale della strumentazione.

2. 3 Parametri meteorologici

I dati relativi alla piovosità annuale e alla temperatura dell'aria provengono dal "Dipartimento di Ingegneria Ambientale dell'Università di Genova" (www.diam.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'APAT (www.idromare.com) e dal sito di meteorologia Eurometeo (www.eurometeo.com) e sono stati elaborati con il software WRPLOT View 5.2.1.

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 del numero più probabile o dei tubi multipli (MPN), descritto nel manuale IRSA/CNR.

Con questo metodo, che consiste in una prova presuntiva e in una prova di conferma, viene calcolata la densità dei coliformi fecali in campioni di acqua tramite una stima statistica, determinata sulla base della combinazione di tubi positivi e negativi ottenuti inoculando aliquote diverse del campione in terreno colturale liquido. Il risultato può essere ricavato, in base alle diverse combinazioni, dall'apposita tabella già predisposta .

Il metodo è particolarmente adatto per l'esame di acque che presentano un'elevata torbidità. Il risultato ottenuto viene riportato come MPN/100 mL di campione.

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 2007 sono riportati nelle relazioni mensili (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 caratterisitiche 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 3 °C rispetto al resto del bacino.

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

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.

L'andamento della clorofilla-a nelle acque portuali segue 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. 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 sempre 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 considerati; 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, 35-37) si caratterizzano per una bassa salinità, basse concentrazioni di ossigeno disciolto e 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 (72, 75, 78), posizionate nel canale di Prà, sono caratterizzate da più elevate concentrazioni di clorofilla-a; le stazioni poste in corrispondenza dell'imboccatura portuale di levante (59-65) risentono dell'influenza degli scarichi del depuratore di Pegli e sono caratterizzate da concentrazioni di ammoniaca e coliformi fecali più elevate; le stazioni poste in corrispondenza dell'imboccatura portuale di ponente sembrano non risentire dello scarico del depuratore di Voltri.

Tramite l'analisi dei fattori principali è possibile identificare dei 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 si 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 43-45 (foce Chiaravagna), 35-37 (foce Polcevera), 10 (scarico depuratore Darsena)
2	Stazioni 24 e 25 (scarico centrale Enel sampierdarena)
3	11-13 (zona interna porto Antico), 46-50 (bacino di Multedo),
4	19, 101-105 (zona esterna levante Darsena), 39-40 (zona esterna Polcevera), 79-85 (zona esterna ponente Voltri), 51-64 (zona esterna levante Voltri)
5	Stazioni intermedie tra le zone più interne e le bocche dei bacini

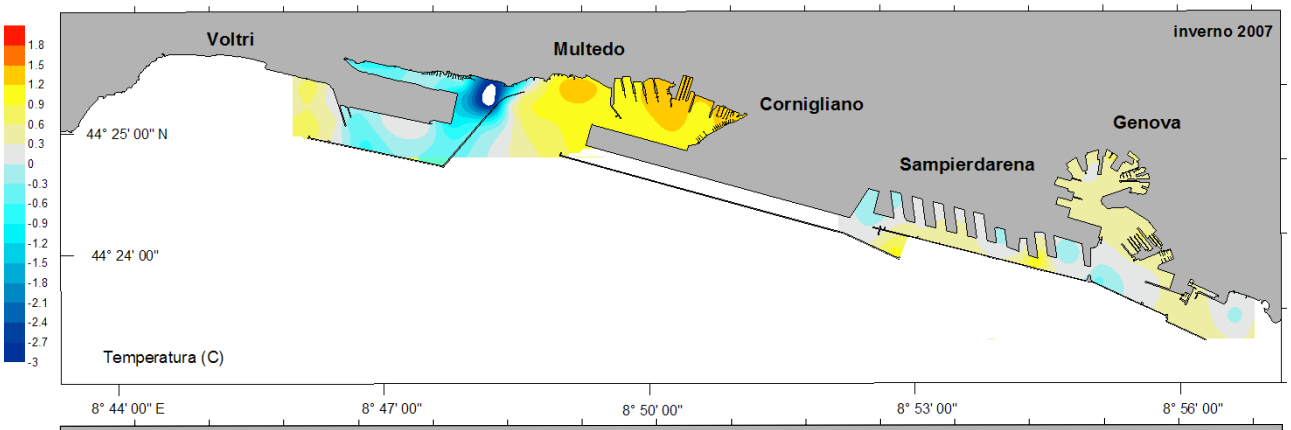
Tabella 3.1 Associazione tra ogni fattore e ogni gruppo di stazioni

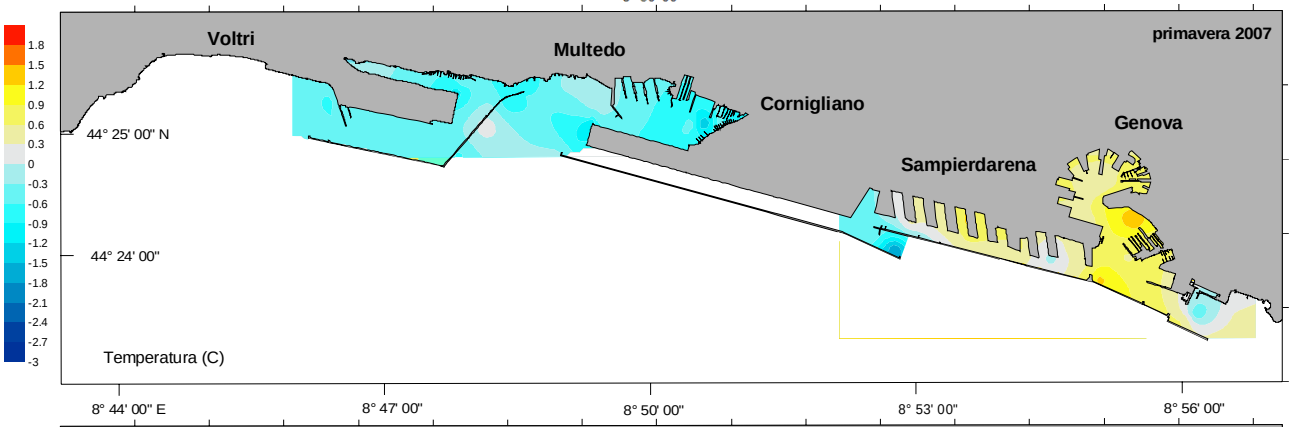
3.2 L'anno 2007

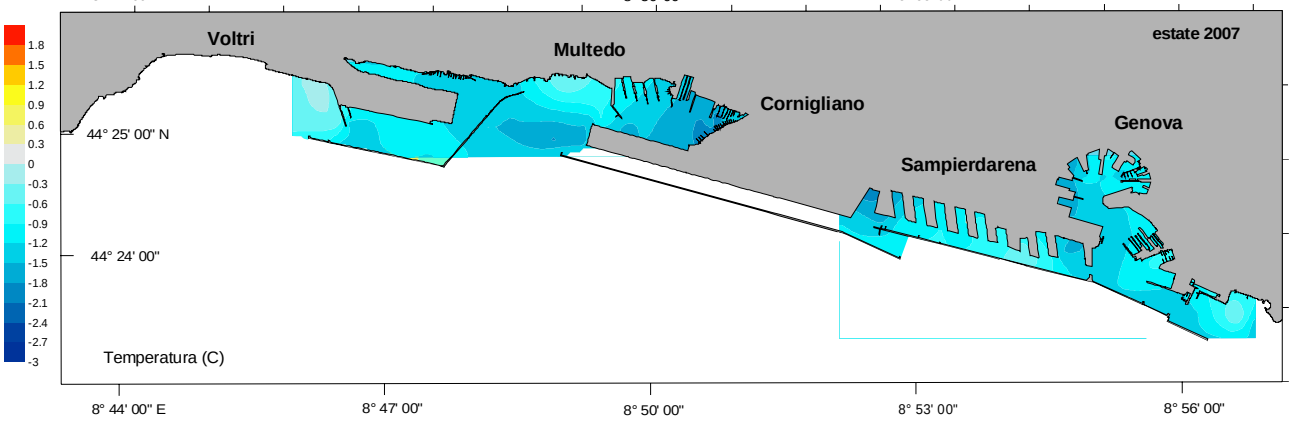
La sequenza di eventi descritti nella sezione 3.1, così come la classificazione delle stazioni del monitoraggio, è stata riscontrata in maniera evidente anche nel 2007, seppure con alcune variazioni. Maggiori dettagli sui dati raccolti nel 2007 sono riportati in appendice.

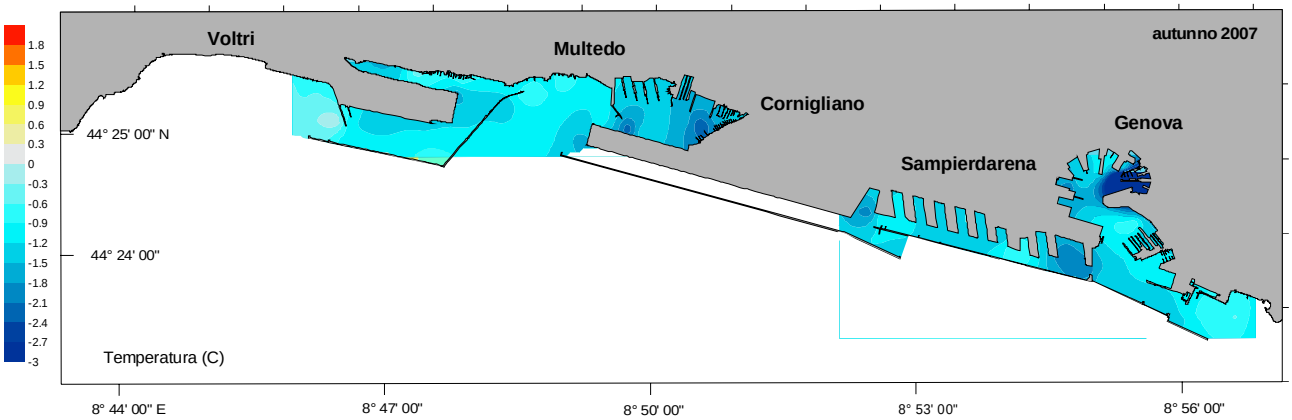
Per meglio evidenziare la presenza di alcune differenze nei risultati del monitoraggio relativo all'anno 2007 rispetto agli anni precedenti, si riportano le distribuzioni spaziali delle anomalie stagionali dei parametri (calcolate rispetto ai dati 1998-2006). Il confronto tra le diverse evoluzioni annuali 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, alla temperatura atmosferica e alla direzione e intensità dei venti.

In Fig. 3.1 sono riportate le anomalie della temperatura delle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie della temperatura atmosferica, sempre per il 2007.


inverno 2007
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


primavera 2007
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


estate 2007
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"


autunno 2007
Voltri
Multedo
Cornigliano
Genova
Sampierdarena
44° 25' 00" N
44° 24' 00"
Temperatura (C)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1.2
-1.5
-1.8
-2.1
-2.4
-2.7
-3
8° 44' 00" E
8° 47' 00"
8° 50' 00"
8° 53' 00"
8° 56' 00"

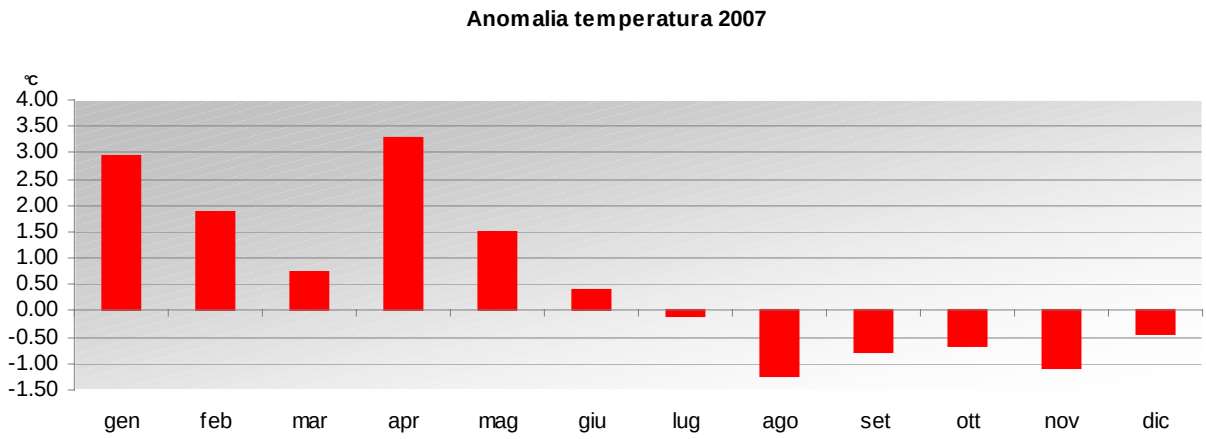
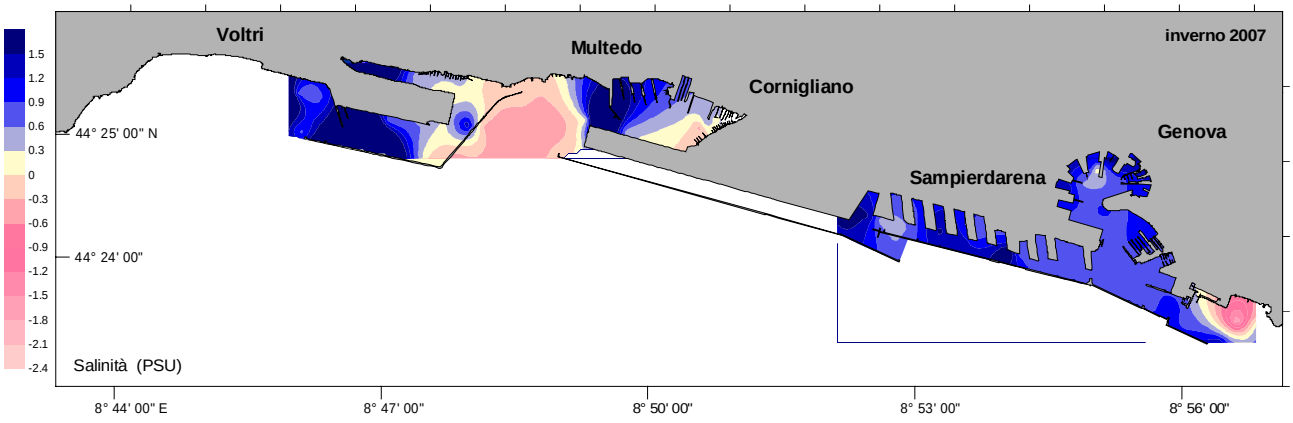
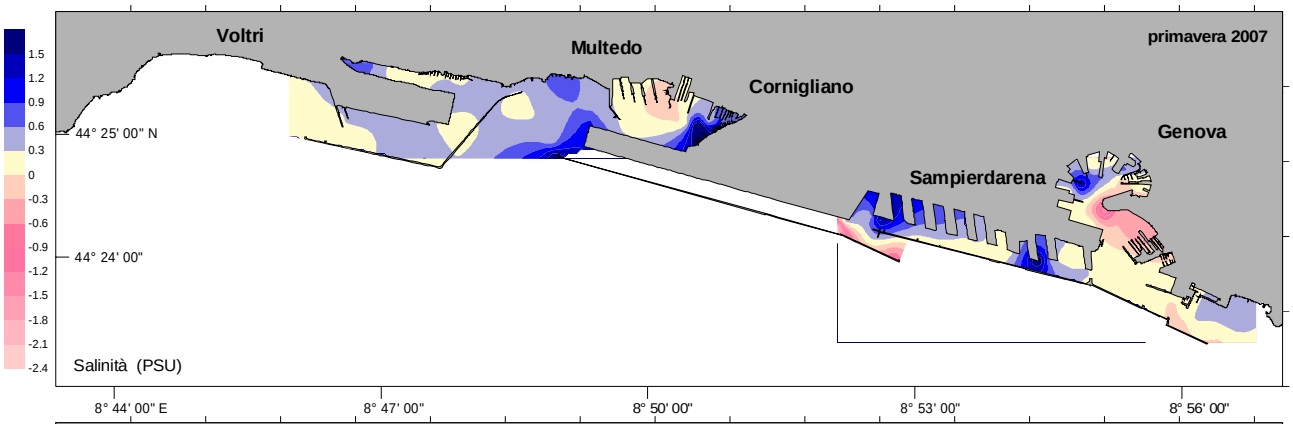


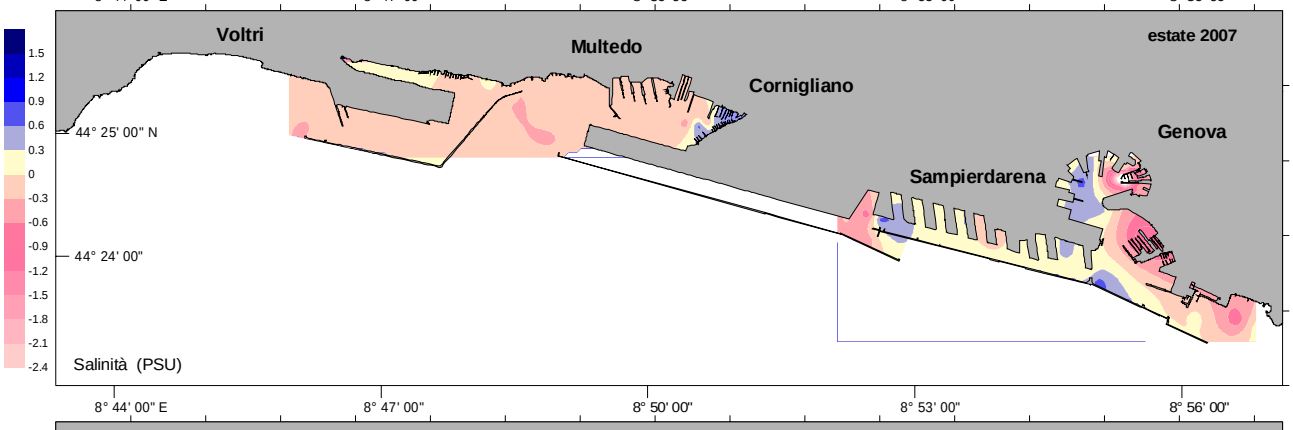
Fig. 3.1 Distribuzione spaziale delle anomalie della temperatura dell'acqua e della temperatura atmosferica nel 2007

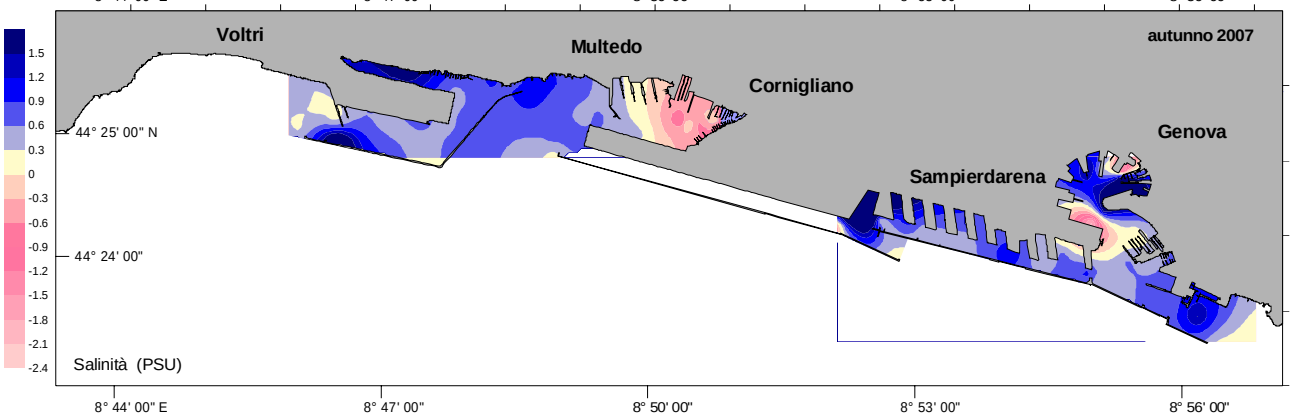
Per quanto riguarda la temperatura atmosferica, l'anno 2007 è stato in generale caratterizzato da temperature decisamente più elevate rispetto alle medie climatiche nel periodo che va da gennaio a giugno. Da luglio a dicembre, invece, la temperatura media mensile è sempre stata inferiore alla media climatica. Le anomalie della temperatura dell'acqua invernali e primaverili sono leggermente positive o vicino allo zero, mentre diventano negative nel secondo periodo dell'anno, in accordo con la temperatura atmosferica.

In Fig. 3.2 sono riportate le anomalie della salinità delle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre), e le anomalie delle precipitazioni, sempre per il 2007.









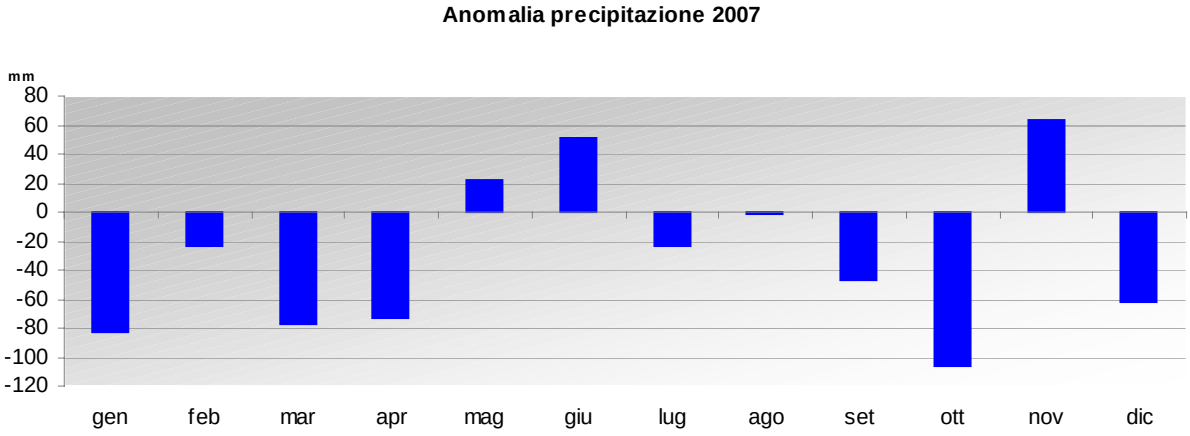
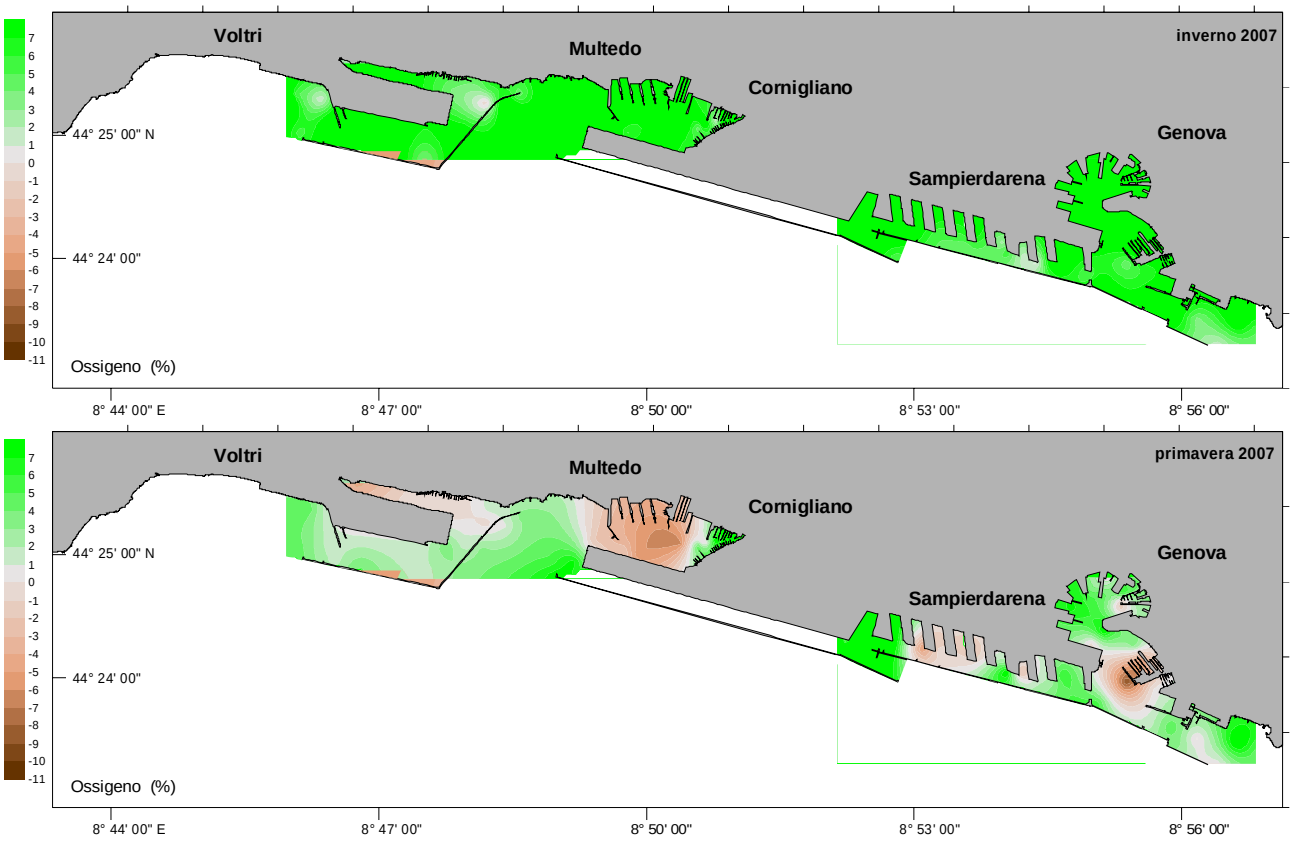


Fig. 3.2 Distribuzione spaziale delle anomalie della salinità e delle precipitazioni atmosferiche nel 2007

L'anno 2007, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato generalmente da basse precipitazioni; solamente maggio, giugno e novembre sono stati più piovosi rispetto alla media. Nel periodo invernale e autunnale, l'anomalia delle precipitazioni è stata decisamente negativa, in maniera molto evidente ad ottobre, mese di solito caratterizzato da intense precipitazioni.

L'anomalia della salinità segue l'andamento delle precipitazioni: si sono infatti riscontrate anomalie prevalentemente positive nelle stagioni invernale e autunnale, e leggermente negative in primavera ed estate, quando le precipitazioni sono state leggermente superiori o vicine alla media.

In Fig. 3.3 sono riportate le anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto nelle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



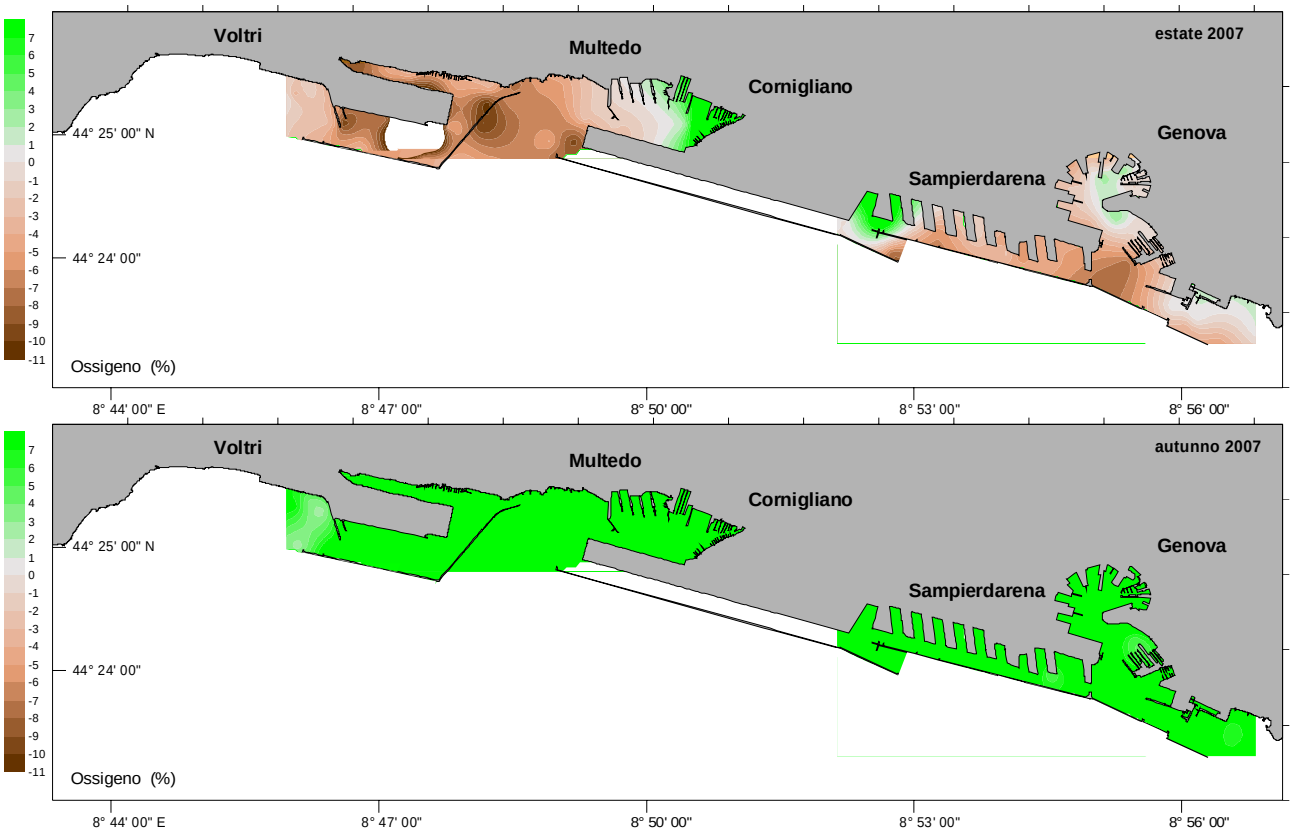


Fig. 3.3 Distribuzione spaziale delle anomalie della percentuale di saturazione dell'ossigeno nel 2007

L'ossigeno disciolto, espresso come anomalia della percentuale di saturazione, presenta un'anomalia positiva in tutta l'area portuale, in inverno e autunno, e anomalie negative in primavera estate. 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).
L'inverno 2007 ha registrato anomali negative di salinità: il minore apporto di acque dolci provenienti da terra, con conseguente diminuzione del carico organico, può aver ridotto il consumo di ossigeno, contribuendo quindi all'anomalia positiva di tale parametro. Lo stesso discorso vale anche per l'autunno, periodo nel quale si è anche riscontrato una diminuzione della temperatura e un leggero aumento della concentrazione di clorofilla a (stima della biomassa fitoplanctonica). In primavera ed estate, l'anomalia negativa della salinità indica un aumento degli apporti di acqua dolce da terra, con aumento del carico si sostanza organica da essi trasportata; unito ad una diminuzione della clorofilla a, questo fattore può aver determinato l'anomalia negativa della percentuale di saturazione dell'ossigeno.

In Fig. 3.4 sono riportate le anomalie della concentrazione di clorofilla a nelle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).

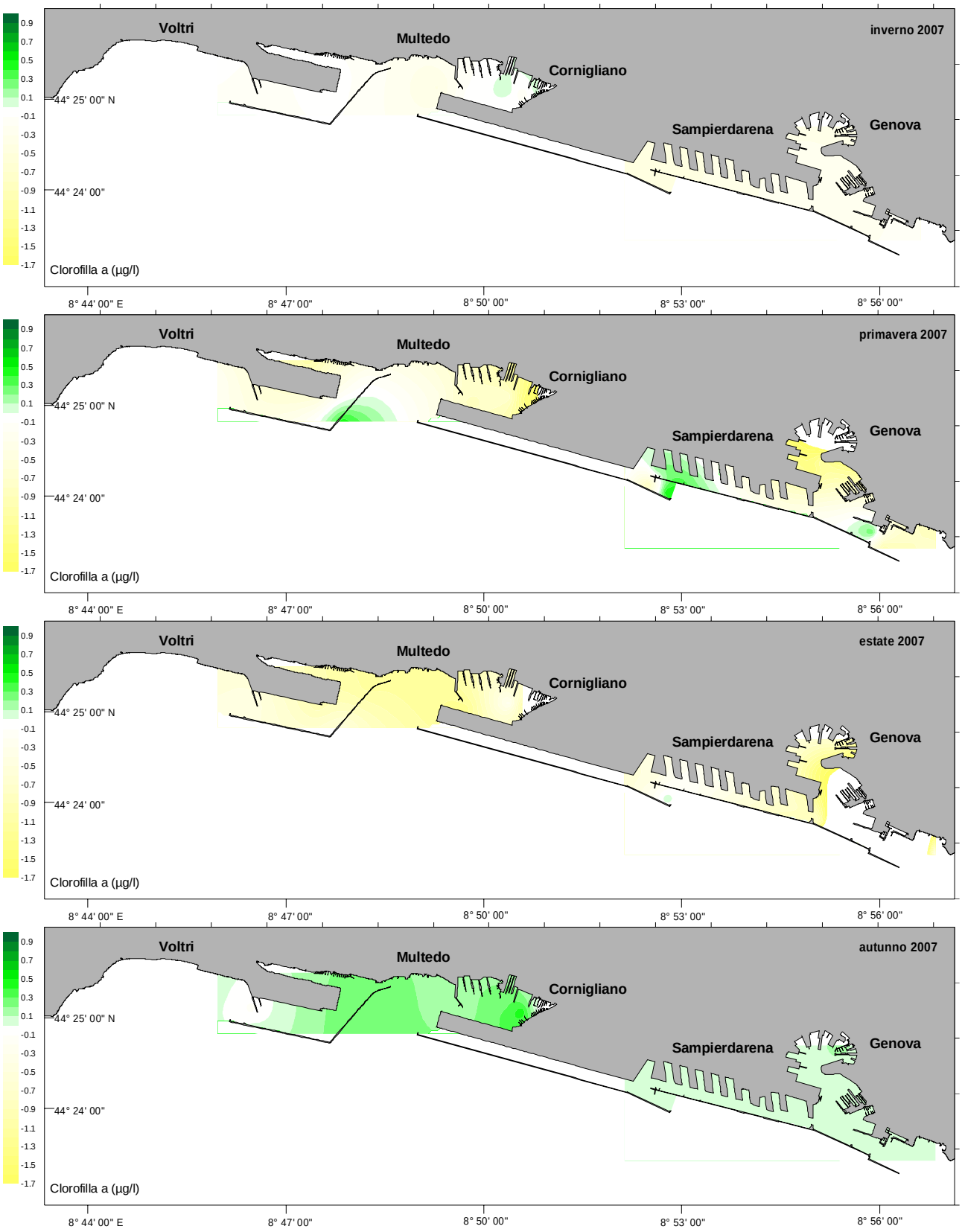
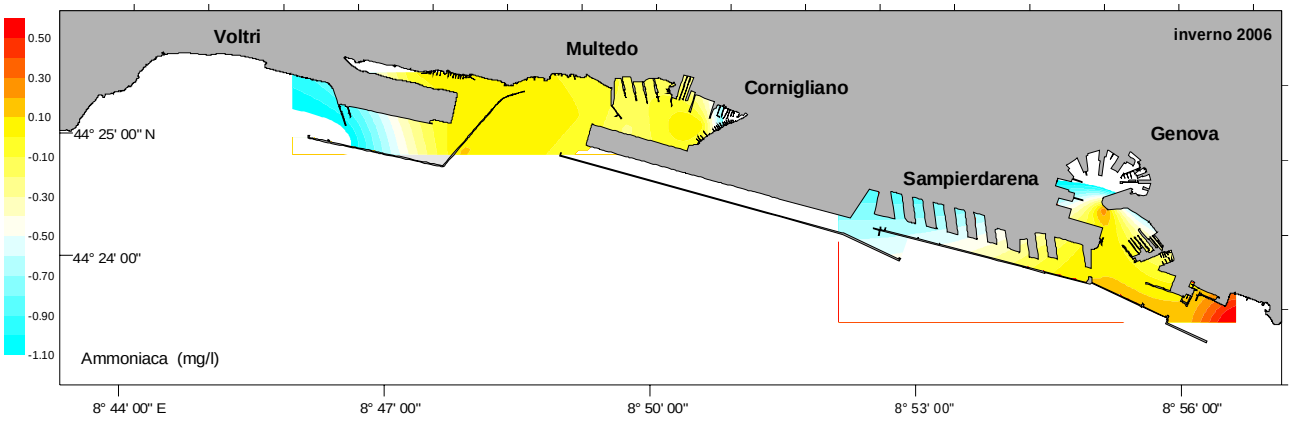
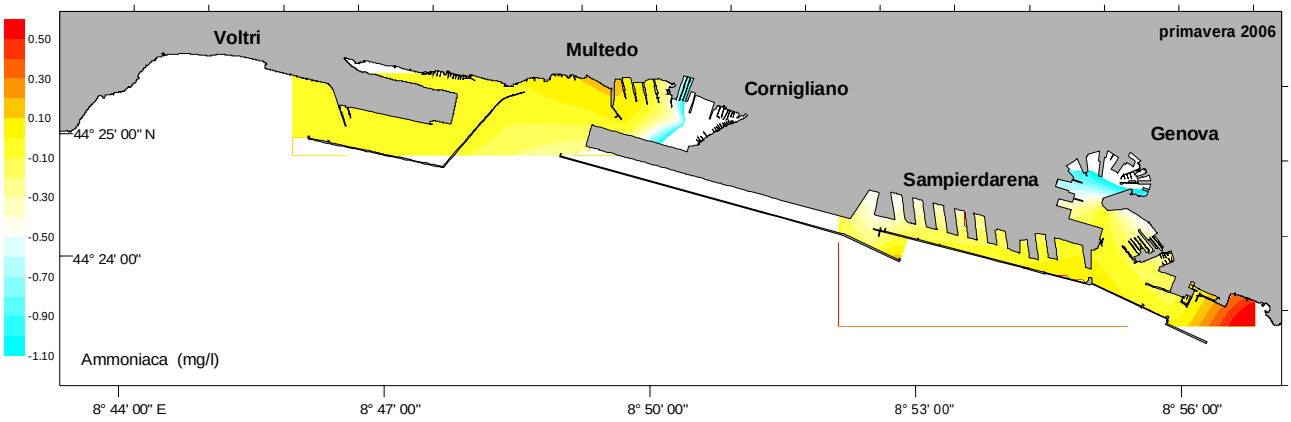


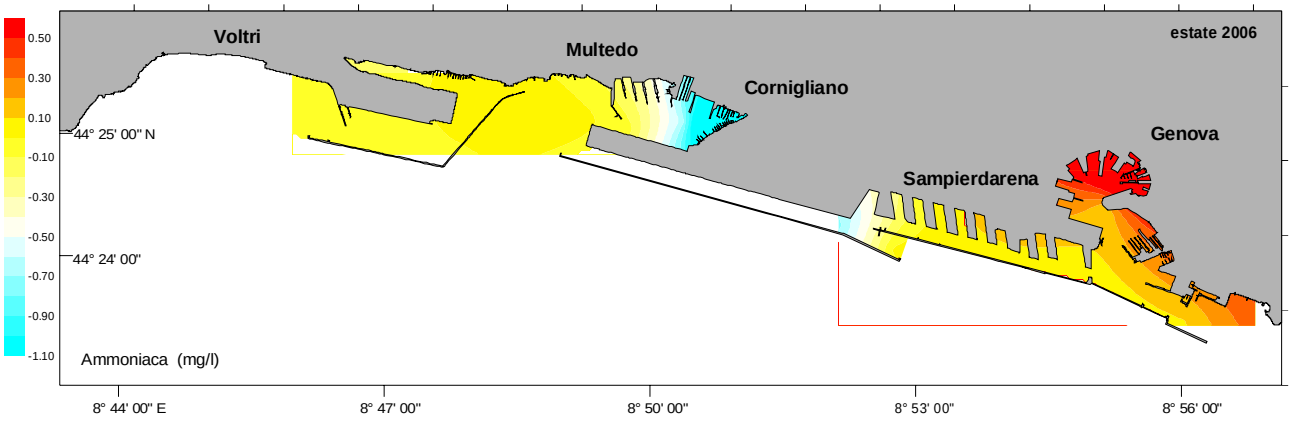
Fig. 3.4 Distribuzione spaziale delle anomalie della clorofilla a nel 2007

L'anomalia della clorofilla-a risulta negativa in tutta la zona portuale per gran parte dell'anno. Solamente in autunno l'anomalia diventa positiva, soprattutto nella zona di Multedo e Voltri

In Fig. 3.5 sono riportate le anomalie della concentrazione di ammoniaca nelle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).







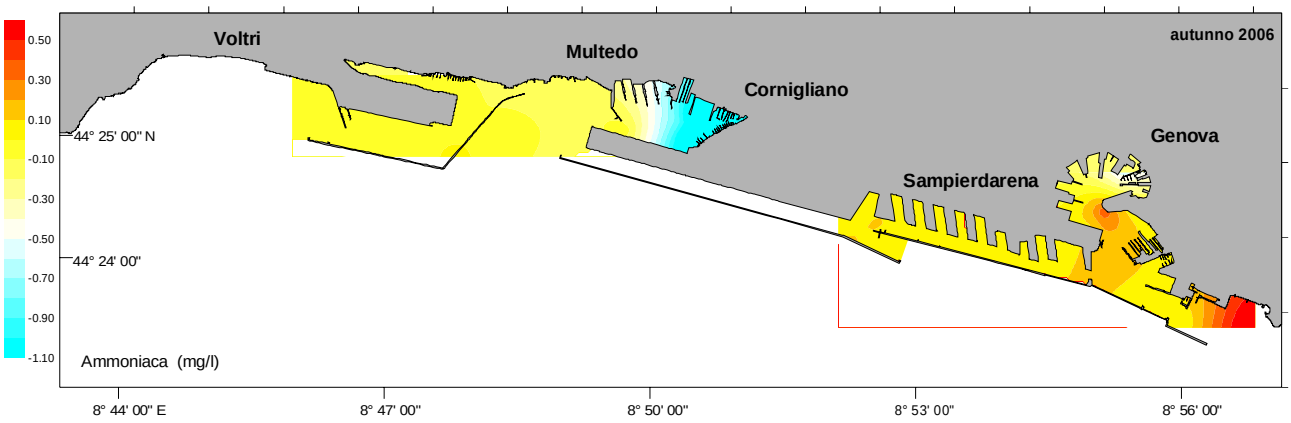
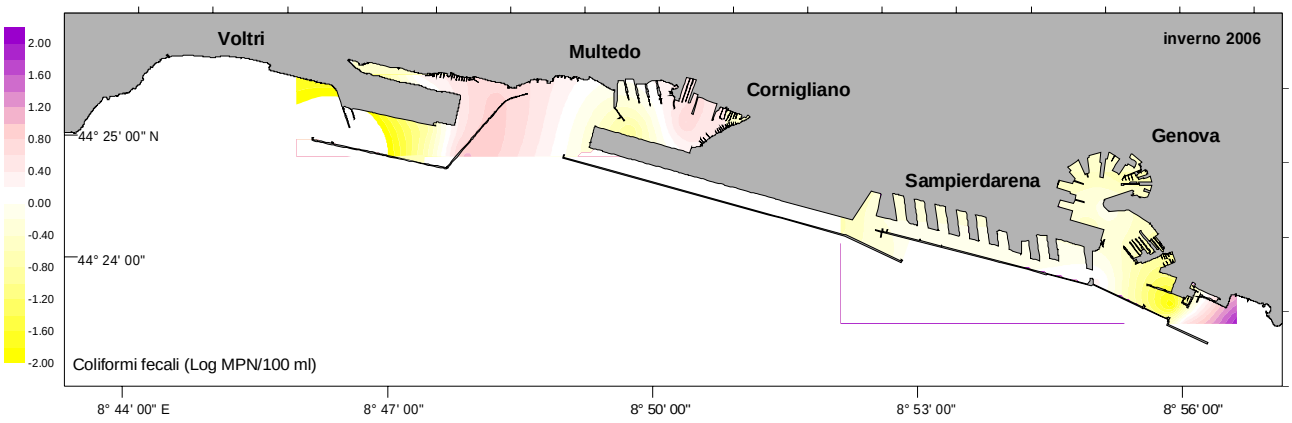


Fig. 3.5 Distribuzione spaziale delle anomalie dell'ammoniaca nel 2007

L'ammoniaca presenta in generale anomalie negative in corrispondenza degli scarichi da terra, tutto l'anno per quanto riguarda la zona di Multedo, in corrispondenza della foce del Chiaravagna; tutto l'anno ad eccezione dell'autunno alla foce del Polcevera e solamente in inverno e primavera in Darsena. Nel resto dei bacini le concentrazioni di ammoniaca si assestano intorno ai valori medi.

In Fig. 3.6 sono riportate le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali nelle acque portuali nel 2007, in inverno (gennaio-marzo), primavera (aprile-giugno), estate (luglio-settembre) e autunno (ottobre-dicembre).



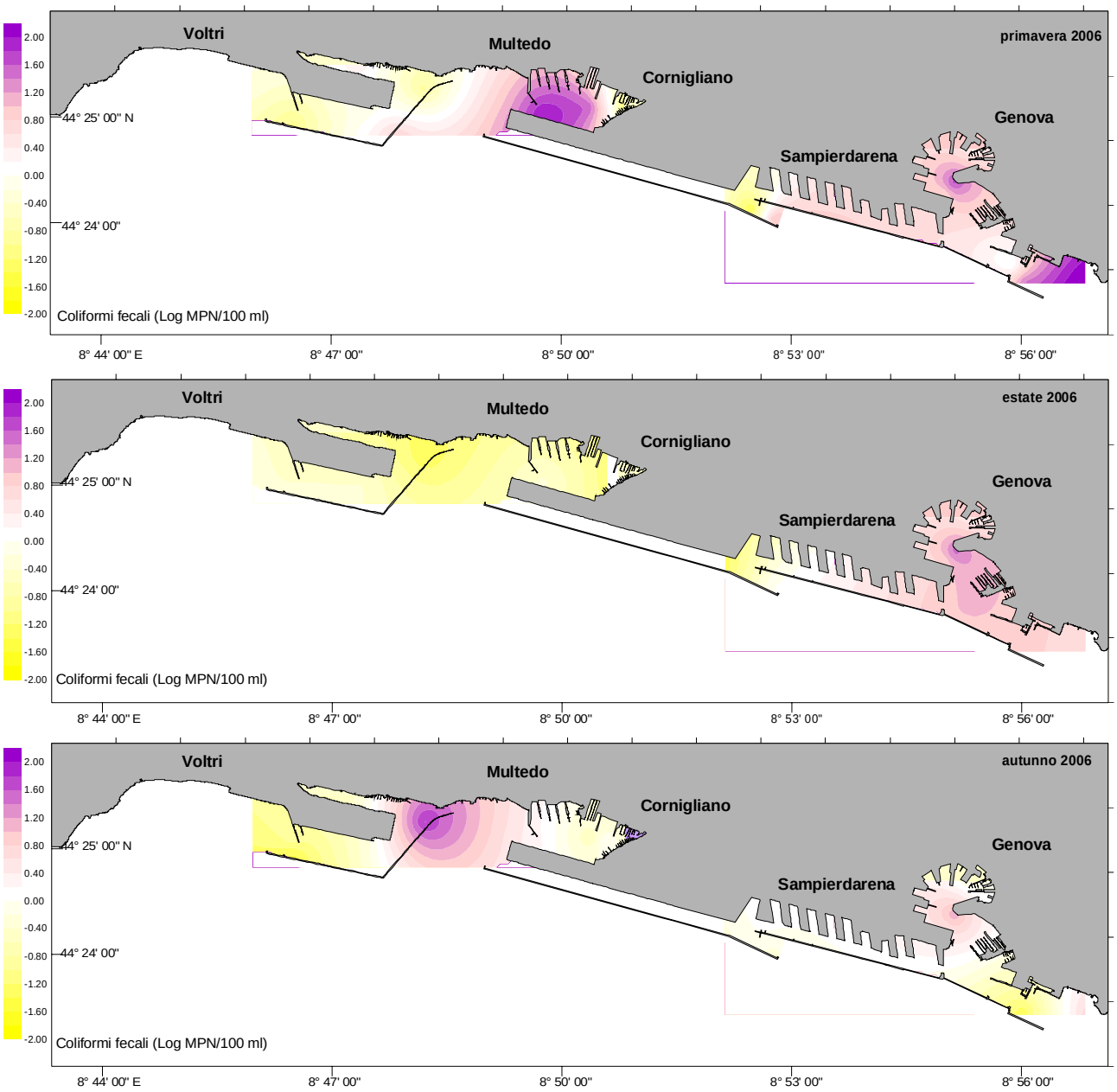


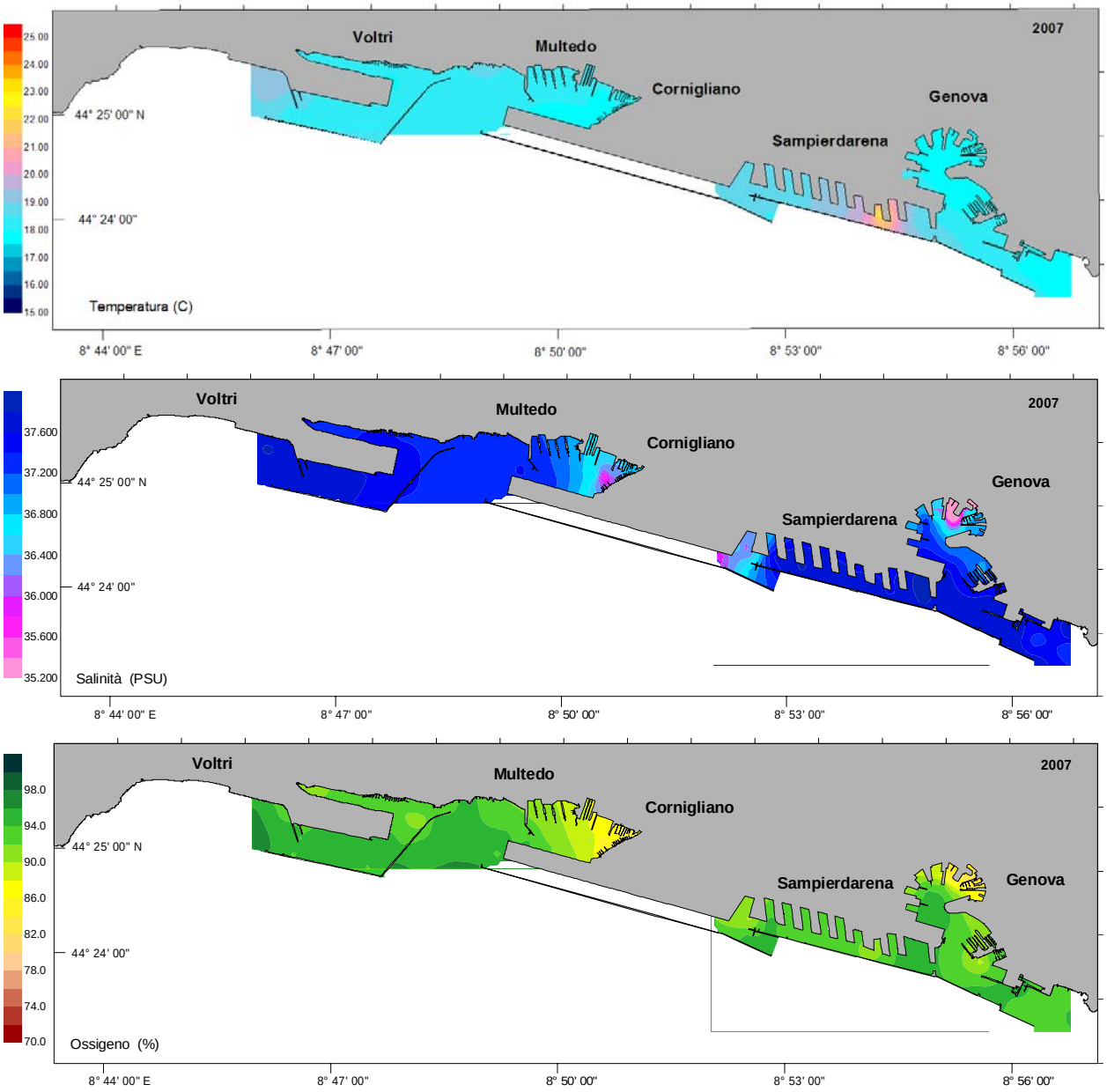
Fig. 3.6 Distribuzione spaziale delle anomalie dei coliformi fecali nel 2007

Infine, le anomalie della concentrazione dei coliformi fecali, risultano essere piuttosto variabili, sia nel tempo che nello spazio. Si evidenziano anomalie generalmente positive in Darsena e in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta vagno, a Multedo nel periodo primaverile e a Voltri, vicino all'imboccatura di levante, in autunno.

Lo studio della variabilità spaziale dei parametri monitorati nel porto di Genova durante l'anno 2007 (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. Le configurazioni spaziali così emerse

sono state confrontate con quelle ottenute dall'analisi statistica multivariata, effettuata su tutti i dati provenienti dal monitoraggio del Porto di Genova, a partire dal 1998.

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. 3.7).



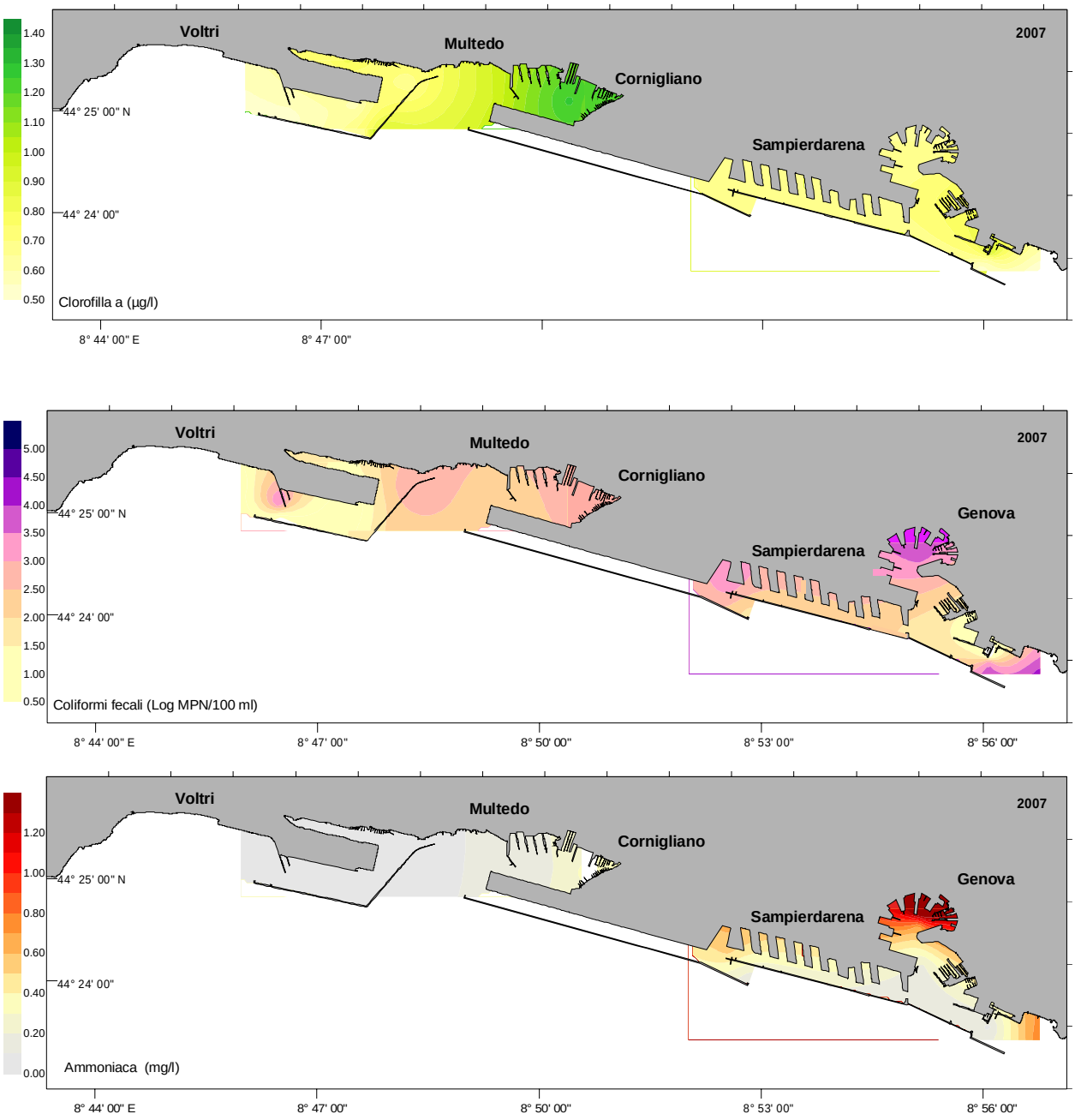


Fig. 3.7 Distribuzioni spaziali (media annuale) di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, clorofilla-a, coliformi fecali e ammoniaca

La distribuzione della temperatura evidenzia, nella Darsena e a Multedo, un gradiente crescente verso le bocche portuali, ad indicare una minore temperatura degli scarichi provenienti da terra. Le stazioni poste in corrispondenza dello scarico dell'acqua di raffreddamento della centrale termoelettrica dell'Enel a Sampierdarena, si distinguono per la temperatura più elevata di almeno 3 °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. Anche nella zona più interna del bacino di Multedo, dove sfocia il Chiaravagna, si registrano valori più bassi di salinità, anche se meno evidenti a causa della bassa portata del

torrente. Il bacino di Voltri ha, in generale, una salinità più elevata ed uniforme, simile a quella del mare aperto e gli apporti di acqua dolce che giungono nelle zone più interne, come il canale di Prà, sembrano non avere un'influenza significativa su questo parametro.
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, in corrispondenza dei maggiori apporti da terra. Nella zona del Porto Antico, nonostante il notevole apporto di nutrienti provenienti dallo scarico del depuratore, le concentrazioni di clorofilla a, in media, non superano 1 μg/l. Ciò indica che non sempre l'ecosistema risponde alla maggior disponibilità di nutrienti sviluppando una comunità micro-algale più abbondante. Questo fatto evidenzia che la concentrazione di nutrienti non è l'unico fattore che determina l'entità della fioritura planctonica, e che altri fattori, quali la temperatura, la trasparenza dell'acqua, la profondità e il tempo di residenza sono parametri importanti.
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 dei depuratori in Darsena e a Punta Vagno e, in maniera meno marcata, 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.

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. Altri parametri, quali clorofilla e 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.
I siti che presentano 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 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 2007, dei principali parametri 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 1998-2006) dei parametri nelle stesse stazioni. Inoltre, poichè 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 profondita' 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 puo' autorizzare gli scarichi nelle acque portuali dei depuratori siti in Darsena ed in Sestri Ponente purche' gli stessi rispettino i limiti di cui alla tabella A allegata alla legge 10 maggio 1976 n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni e purche' non siano di ostacolo o di limite alla manovra e alla operativita' 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 3.8)

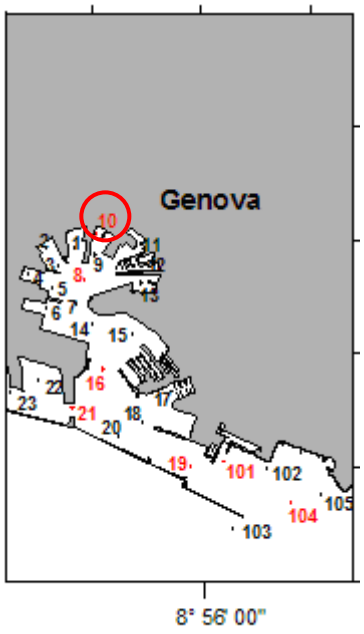


Fig. 3.8 Localizzazione della stazione numero 10, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore in Darsena

In figura 3.9 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2007 si evidenziano il mese di aprile, più caldo, e il mese di agosto, più freddo. In entrambi i casi, le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2007 è stata caratterizzata da un'intensa anomalia positiva ad aprile (circa 3 °C) e negativa ad agosto (circa 1 °C).

La salinità è compresa tra 28,0 e 37,5 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni.

L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, soprattutto nella prima metà dell'anno. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente più bassa, e soprattutto manca nel 2007 il picco primaverile- estivo che solitamente caratterizza l'area.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, e solamente in tre campionamenti (aprile, maggio ed agosto) 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 quasi sempre superato, con concentrazioni anche molto elevate (80000 MPN/100 ml).

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

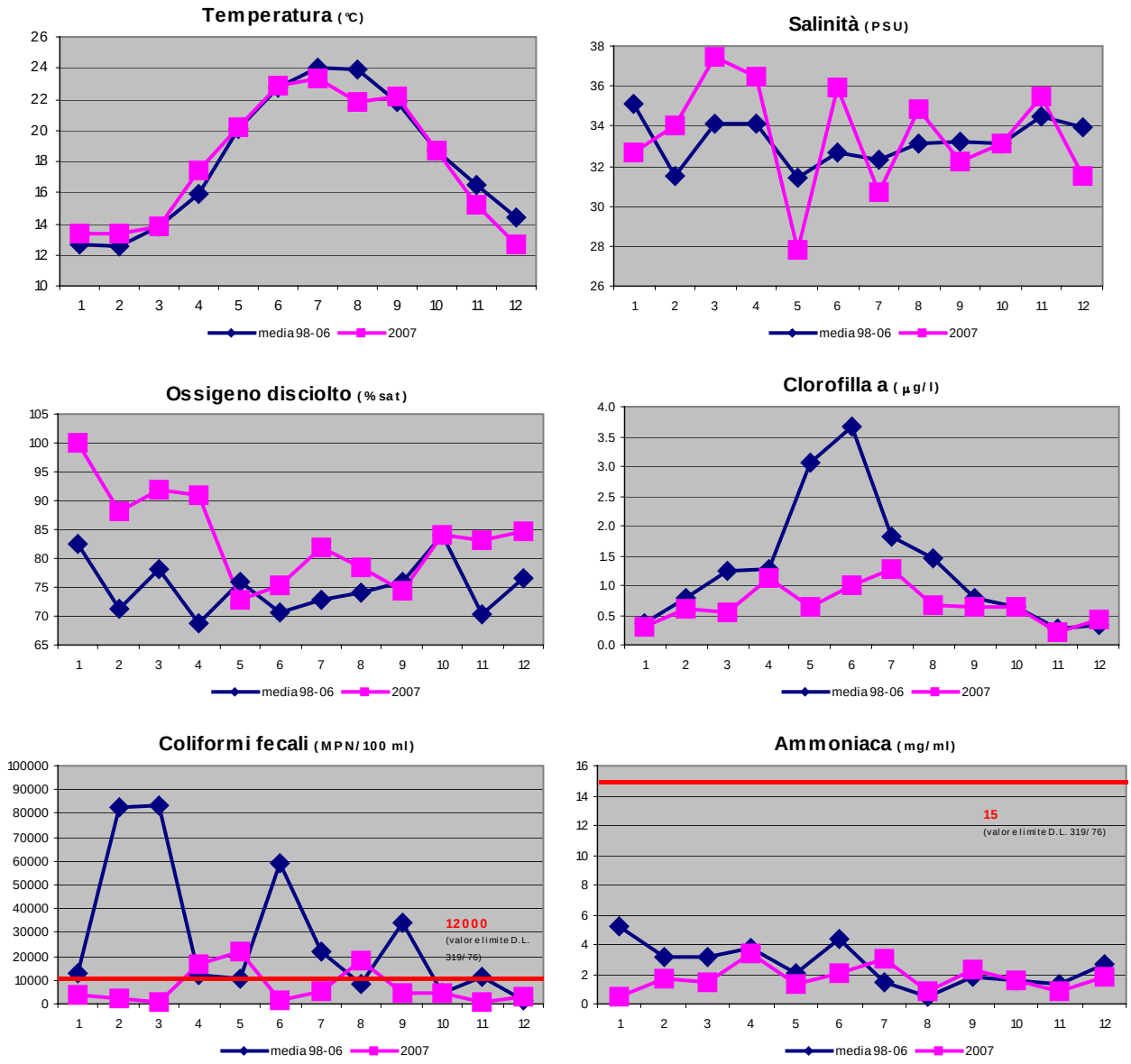


Fig. 3.9 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006 (stazione 10)

Foce del Bisagno e Punta Vagno

La stazione di campionamento posta in corrispondenza dello scarico del depuratore è la numero 104 (vedi figura 3.10)

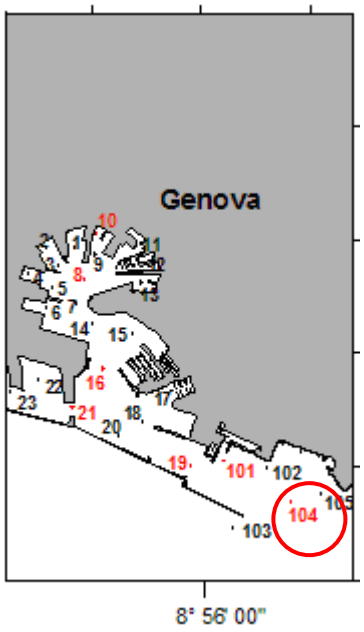


Fig. 3.10 Localizzazione della stazione numero 104, posta in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta Vagno

In figura 3.11 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2007 si evidenziano il mese di aprile, più caldo, e i mesi estivi, più freddi. In entrambi i casi, le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2007 è stata caratterizzata da un'intensa anomalia positiva ad aprile (circa 3 °C) e negativa in estate (circa 0,5-1 °C).

La salinità è compresa tra 36,0 e 37,5 PSU, valori paragonabili a quelli medi, tenendo conto della variabilità di questo parametro, legata essenzialmente al regime delle precipitazioni.

L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, soprattutto nella prima metà dell'anno. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente paragonabile a quella media.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale è molto simile a quella media, e solamente in tre campionamenti (febbraio, marzo e dicembre) 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 leggermente superiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

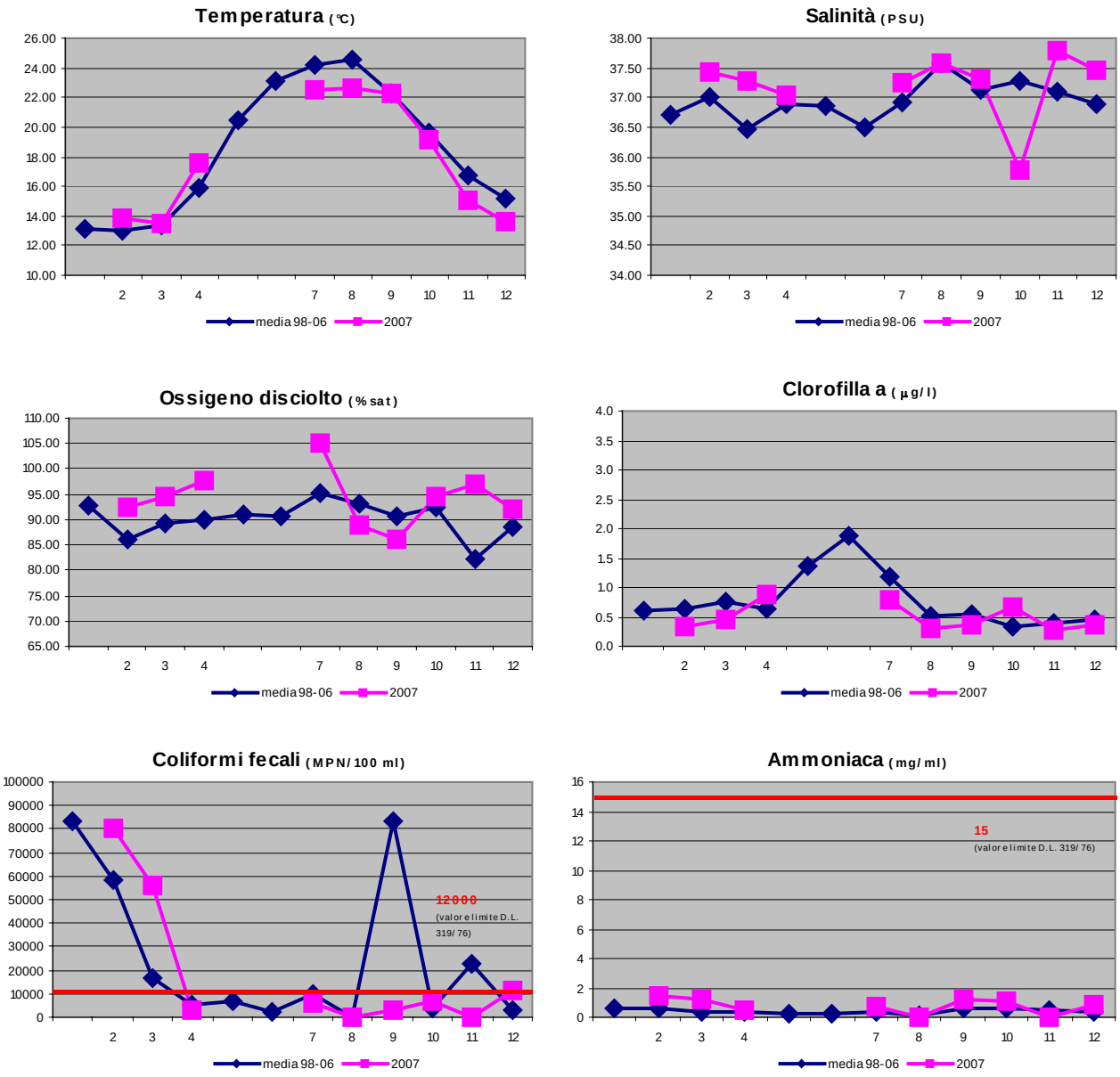


Fig. 3.11 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006 (stazione 104)

Foce del Polcevera

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foceo del Polcevera è la numero 34 (vedi figura 3.12)

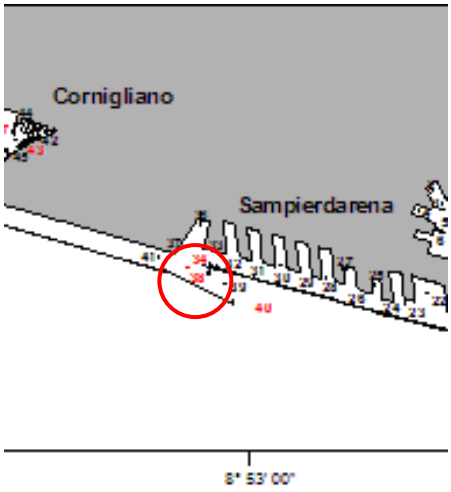


Fig. 3.12 Localizzazione della stazione numero 34, posta in corrispondenza della foce del Polcevera

In figura 3.13 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2007 si evidenziano il mese di aprile, più caldo, e i mesi estivi, più freddi. In entrambi i casi, le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2007 è stata caratterizzata da un'intensa anomalia positiva ad aprile (circa 3 °C) e negativa in estate (circa 0,5-1 °C).

La salinità è compresa tra 31,0 e 38 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.

L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente inferiore alla media, ad eccezione del mese di aprile.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media e solamente in un campionamento (gennaio) è stato raggiunto ie valori limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).

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

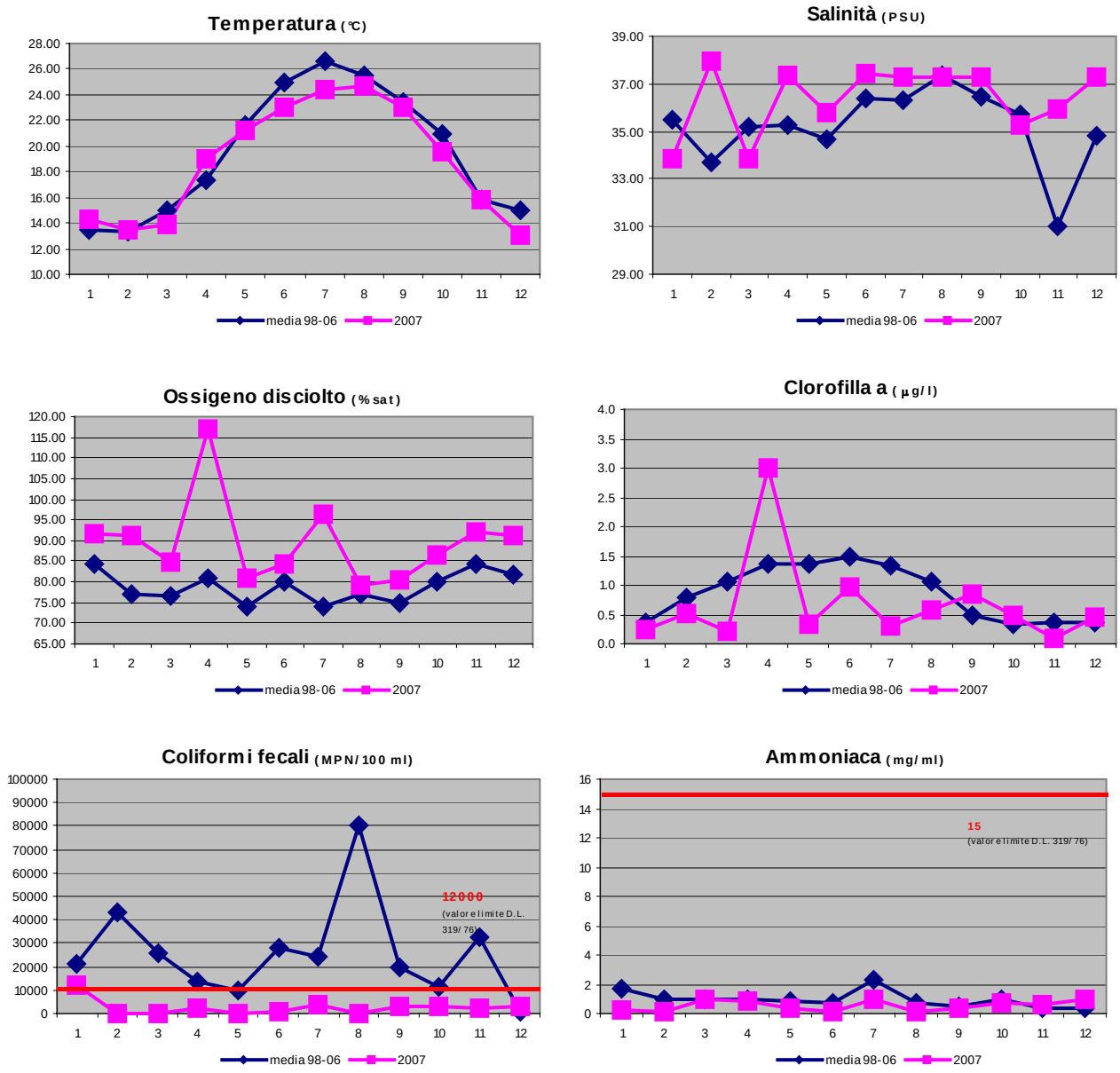


Fig. 3.13 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006 (stazione 34)

Foce del Chiaravagna

La stazione di campionamento posta in corrispondenza della foceo del Chiaravagna è la numero 43 (vedi figura 3.14)

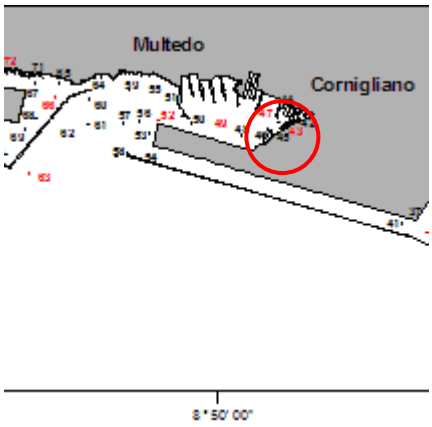


Fig. 3.14 Localizzazione della stazione numero 43, posta in corrispondenza della foce del Chiaravagna

In figura 3.15 viene riportata l'evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006.

La temperatura dell'acqua segue il normale andamento stagionale, con un minimo nei mesi invernali ed un massimo estivo; rispetto alla media, nel 2007 si evidenziano i primi mesi dell'anno, più caldi, e i mesi estivi, più freddi. In entrambi i casi, le differenze sono dovute alle variazioni della temperatura atmosferica, che nel 2007 è stata caratterizzata da un'anomalia positiva ad aprile (circa 1-3 °C) e negativa in estate e autunno (circa 0,5-1 °C).

La salinità è compresa tra 35,0 e 37,5 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.

L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media. La concentrazione della clorofilla a generalmente paragonabile alla media.

Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media e solamente in un campionamento (giugno) è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato quasi sempre superato, con concentrazioni anche molto elevate (120000 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).

La foce del Chiaravagna, tra le zone definite a "rischio", è l'unica nella quale si è riscontrato un deciso miglioramento rispetto al passato, basandosi sulle concentrazioni di ossigeno disciolto, ammoniaca e coliformi fecali.

Il Chiaravagna è stato sicuramente il corso d'acqua più degradato della zona genovese, in quanto raccoglieva il percolato della discarica urbana di Scarpino. Negli anni passati, infatti, sia l'indagine chimica, sia quella bentonica (mediante indici EBI) avevano evidenziato una situazione di inquinamento molto grave. Negli ultimi anni sono stati effettuati 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 effetivo

miglioramento delle acque del Chiaravagna e di conseguenza del bacino di Multedo, dove sfocia il torrente.

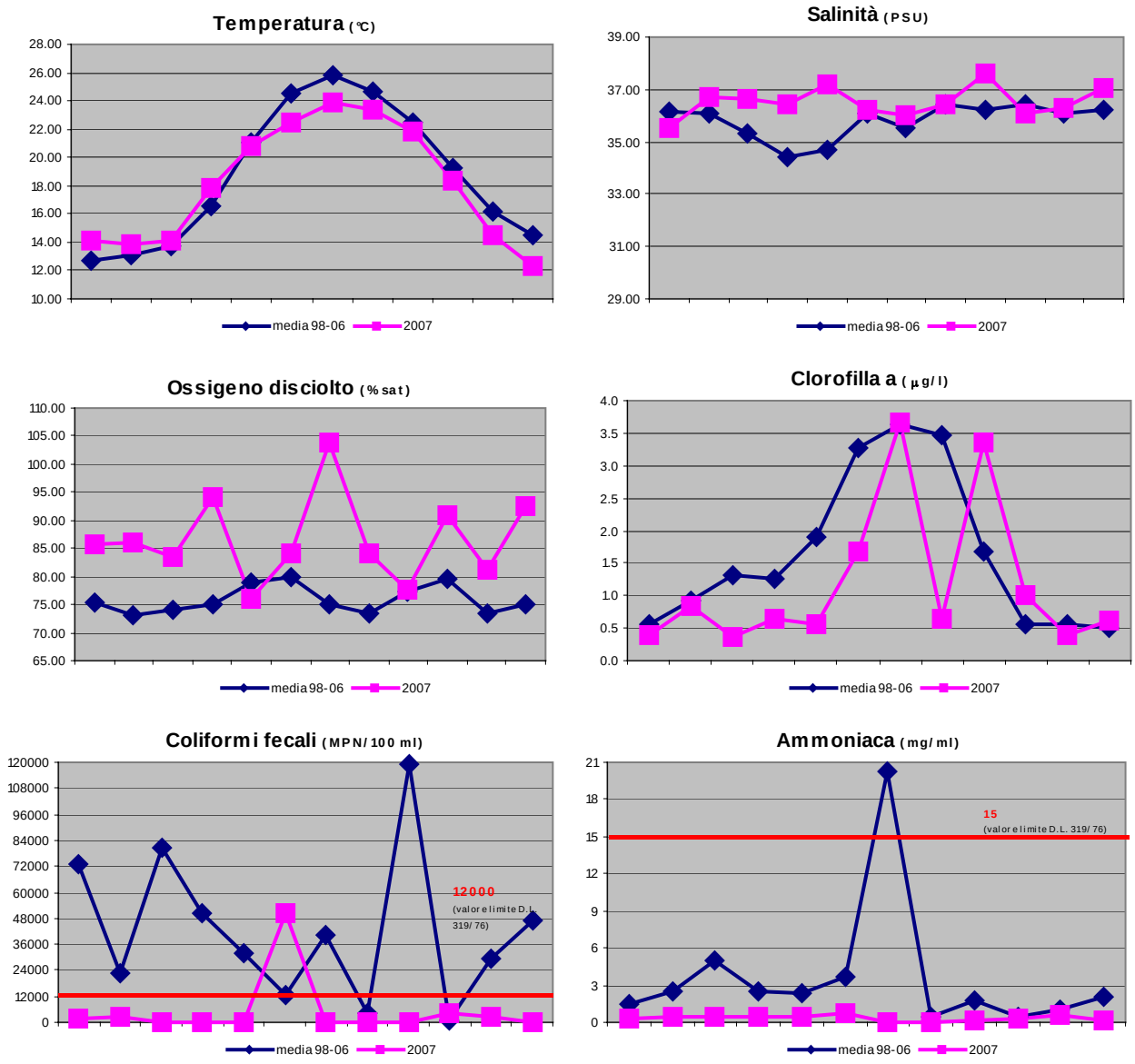


Fig. 3.15 Evoluzione annuale dei parametri provenienti dal monitoraggio 2007 rispetto alla media calcolata nel periodo 1998-2006 (stazione 43)

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Poichè le distribuzioni spaziali dei valori medi di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, ammoniaca, clorofilla-a e coliformi fecali annuali provenienti dal monitoraggio del 2007 risultano qualitativamente simili a quelle degli anni precedenti, nonostante le differenze quantitative inter-annuali, valgono le principali considerazioni fatte per il monitoraggio del 2006. Infatti, 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.

Riassumendo:

- 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 e primaverili è stata leggermente superiore alla media, mentre nel secondo periodo dell'anno è risultata inferiore, in accordo con l'evoluzione della temperatura atmosferica. Infatti, l'anno 2007 è stato in generale caratterizzato da temperature atmosferiche più elevate rispetto alle medie climatiche nel periodo che va da gennaio a giugno, mentre da luglio a dicembre la temperatura media mensile è sempre stata inferiore alla media climatica. 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 3 °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 2007, rispetto alla media climatica, è stato caratterizzato generalmente da basse precipitazioni; solamente maggio, giugno e novembre sono stati più piovosi rispetto alla media. Nel periodo invernale e autunnale, l'anomalia delle precipitazioni è stata decisamente negativa, in maniera molto evidente ad ottobre, mese di solito caratterizzato da intense precipitazioni. L'andamento della salinità nei bacini ha generalmente seguito quello delle precipitazioni: si sono infatti riscontrate salinità più elevate nelle stagioni invernale e

autunnale, e leggermente inferiori in primavera ed estate, quando le precipitazioni sono state di poco superiori o vicine alla media.

- L'evoluzione stagionale dell'ossigeno disciolto è da ricercare in una combinazione dei fattori che ne determinano la concentrazione; tali fattori sono sia di natura fisica (temperatura dell'acqua), che biologica (sviluppo della biomassa fitoplanctonica), che chimica (apporto di sostanza organica, proveniente in questo caso dagli scarichi da terra). Durante il 2007 le concentrazioni di ossigeno disciolto sono state superiori alla media in tutta la zona portuale in inverno e autunno e inferiori in primavera ed estate.
- 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 2007 le concentrazioni di clorofilla-a sono state inferiori alla media in tutta la zona portuale e per gran parte dell'anno. Solamente in autunno si sono riscontrati valori più elevati, soprattutto nella zona di Multedo e Voltri.
- L'ammoniaca ha presentato in generale concentrazioni inferiori in corrispondenza degli scarichi da terra, tutto l'anno per quanto riguarda la zona di Multedo, in corrispondenza della foce del Chiaravagna; tutto l'anno ad eccezione dell'autunno alla foce del Polcevera e solamente in inverno e primavera in Darsena. Nel resto dei bacini le concentrazioni di ammoniaca si sono assestate intorno ai valori medi.
- La concentrazione dei coliformi fecali, è risultata essere piuttosto variabile, sia nel tempo che nello spazio. Si sono riscontrati aumenti in Darsena e in corrispondenza dello scarico del depuratore a Punta vagno, a Multedo nel periodo primaverile e a Voltri, vicino all'imboccatura di levante, in autunno.

La classificazione dei siti determinata dall'analisi statistica multivariata effettuata sul set di dati 1998-2006 risulta valida anche per il 2007 ed ha 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. Altri parametri, quali clorofilla e 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.

I siti che presentano 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 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.

Per verificare se ci siano state variazioni all'interno di queste aree critiche rispetto agli anni passati, è stato effettuato un confronto tra i dati provenienti dal 2007 e l'andamento medio (calcolato sul set di dati 1998-2006). Inoltre, poichè 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 si è visto che in tutte le aree definite critiche, non si sono riscontrati peggioramenti rispetto al passato. Analizzando nel dettaglio:

- In Darsena l'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, soprattutto nella prima metà dell'anno. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente più bassa, e soprattutto manca nel 2007 il picco primaverile- estivo che solitamente caratterizza l'area. Per quanto riguarda i coliformi fecali, si può in generale affermare che le concentrazioni sono inferiori alla media, e solamente in tre campionamenti (aprile, maggio ed agosto) sono stati superati i valori limite rdi legge (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato quasi sempre superato, con concentrazioni anche molto elevate (80000 MPN/100 ml). L'ammoniaca presenta concentrazioni inferiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).
- A Punta Vagno L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta in generale più elevato rispetto alla media, soprattutto nella prima metà dell'anno. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente paragonabile a quella media.
  Per quanto riguarda i coliformi fecali, l'evoluzione stagionale è molto simile a quella media, e solamente in tre campionamenti (febbraio, marzo e dicembre) 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 leggermente superiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).

- Alla foce del Polcevera l'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media. La concentrazione della clorofilla a, invece, è generalmente inferiore alla media, ad eccezione del mese di aprile.

  Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media e solamente in un campionamento (gennaio) è stato raggiunto ie valori limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml).

  L'ammoniaca presenta concentrazioni leggermente inferiori o paragonabili alla media, e comunque sempre decisamente al di sotto del valore limite previsto dalla legge 10 maggio 1976 n. 319 (15 mg/l).
- Alla foce del Chiaravagna L'ossigeno disciolto, espresso come percentuale di saturazione, risulta sempre più elevato rispetto alla media. La concentrazione della clorofilla a generalmente paragonabile alla media.

  Per quanto riguarda i coliformi fecali, le concentrazioni sono decisamente inferiori rispetto alla media e solamente in un campionamento (giugno) è stato superato il valore limite riportato nella tabella A allegata legge 10 maggio 1976 n. 319 (12000 MPN/100 ml). Negli anni precedenti, in media, tale valore limite è stato quasi sempre superato, con concentrazioni anche molto elevate (120000 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).

La foce del Chiaravagna, tra le zone definite a "rischio", è l'unica nella quale si è riscontrato un deciso miglioramento rispetto al passato, basandosi su concentrazioni di ossigeno disciolto, ammoniaca e coliformi fecali. Infatti, negli ultimi anni sono stati effettuati dei piani di risanamento ambientale, che hanno previsto la realizzazione di un convogliamento del percolato della discarica di Scarpino, che in passato raggiungeva le acque del Chiaravagna. Questo intervento ha portato ad un effetivo miglioramento delle acque del Chiaravagna e di conseguenza del bacino di Multedo, dove sfocia il torrente.

BIBLIOGRAFIA

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

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

DIAM-1998-2006 Meteorologic data. In: http://www.diam.unige.it/~meteo/cambiaso

euroMETEO. http://www.eurometeo.it

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: Il sistema dei depuratori urbani - http://www.mediterraneadelleacque.it /depurazione.htm