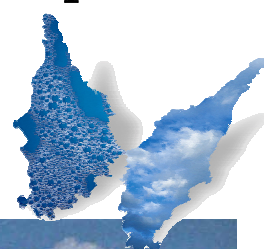


REGIONE  
TOSCANA



**ARPAT**

# Controllo e tutela delle acque costiere in Toscana





# Controllo e tutela delle acque costiere in Toscana



*A cura di:*

Antonio Melley & Marisa Iozzelli

## Controllo e tutela delle acque costiere in Toscana

A cura di:

**Antonio Melley e Marisa Iozzelli**

### Autori:

Mario **Bucci**, Marco **Cruscanti**, Lucio **De Maio**, Fabio **Gambassi**, Luisa **Gori**, Michele **Magri**, Antonio **Melley**, Stefano **Nocciolini**, Silvio **Nuti**, Andrea **Valentini**, Daniela Verniani (*ARPAT*); Marisa **Iozzelli**, Paolo **Matina** (*Regione Toscana*)

### Hanno collaborato:

Gilberto Baldaccini, Antonio Benelli, Andrea Bernini, Bruno Borghini, Gastone Ferri, Ivano Gartner, Giulietta Luchetti, Paolo Righini, Giuseppe Sansoni, Giancarlo Sbrilli, Luigi Spadafina (*ARPAT*)

Redazione: Antonio Melley, ARPAT

Realizzazione editoriale: Centro Stampa 2P, Firenze

Elaborazioni cartografiche: Antonio Melley, ARPAT

Finito di stampare nel mese di dicembre 2002

*In copertina:*

Costa della Versilia

Con questo nuovo rapporto, che si inserisce nel panorama più vasto della 7<sup>a</sup> Conferenza Regionale sull'Ambiente, vogliamo dare, ancora una volta, un significativo contributo alla diffusione della conoscenza sullo stato delle acque marine nella nostra regione, nella convinzione che la trasparenza e le informazioni sono già una garanzia di tutela ambientale.

Con queste pagine mettiamo così a disposizione i dati raccolti nel corso degli anni da ARPAT, nella sua veste istituzionale di agenzia regionale deputata ai controlli. Offriamo, cioè, a lettori, che auspichiamo non solo specialisti e addetti al settore, il frutto di un impegno dell'Agenzia che, peraltro in stretto raccordo col Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali della Regione Toscana, è assai più vasto e imperniato sul diritto-dovere della trasparenza e dell'informazione diffusa.

I dati raccolti e pubblicati si riferiscono alla qualità delle acque marine in relazione alla loro idoneità alla balneazione ed al loro stato ambientale. Ovviamente si tratta di una conoscenza assolutamente non fine a se stessa. Serve ai cittadini, serve agli operatori turistici e a quanti vorranno tuffarsi consapevolmente nelle acque del mare toscano. E serve moltissimo agli amministratori, perché i controlli e le analisi svolte dall'Agenzia Regionale, e più complessivamente l'insieme delle attività di monitoraggio delle acque marine costiere, rappresentano la base conoscitiva necessaria per la predisposizione dei Piani di tutela delle acque, ai sensi della normativa vigente.

I risultati, soprattutto se confrontati con i dati raccolti nei primi anni di monitoraggio, sono più che confortanti, ma di fronte abbiamo altre grandi sfide.

La Toscana si attende dal nostro impegno una rapida attuazione della riforma dell'organizzazione del servizio idrico integrato, avviata con la legge Galli, insieme ad azioni significative di contenimento della pressione sugli attingimenti da falda lungo la costa e di riduzione degli scarichi non depurati a mare.

Ripeto, sono sfide impegnative, ma alle quali possiamo guardare con fiducia. Questo stesso volume è di per se stesso una prova non solo della strada percorsa, ma anche del fatto che in Toscana possiamo ritenere davvero raggiungibili gli obiettivi di qualità delle acque determinati dal D.Lgs 152/99 per i prossimi anni. Di più: sono convinto che sapremo bruciare i tempi, anticipando le scadenze fissate dalla normativa.

*L'Assessore all'Ambiente della Regione Toscana*

Tommaso Franci



La Toscana è una regione con un notevole sviluppo costiero, una spiccata vocazione turistica ed una lunga tradizione di traffici marittimi, oltre che ricca di ambienti litoranei assai diversificati (coste sabbiose e scogliere, lagune costiere ed isole). Nelle sue acque si possono ritrovare sia zone fortemente influenzate dalle attività umane (industriali, portuali, residenziali) che aree del tutto integre e naturali (per esempio, alcune delle isole dell'Arcipelago Toscano).

Essa può, quindi, configurarsi come rappresentativa delle diverse situazioni che si incontrano lungo le coste italiane, per delineare le quali occorrono strumenti conoscitivi e di controllo idonei a permetterne una razionale gestione per quanto concerne la zona marino – costiera. Per questi motivi Regione Toscana e ARPAT si sono da tempo poste il problema di come affrontare in modo razionale ed efficace la questione del controllo e della protezione del mare costiero regionale.

Il monitoraggio delle acque destinate alla pratica balneare costituisce, ormai, “storia” in tema di controlli e ci sentiamo di poter affermare che la sintonia tra ARPAT, Regione e Ministero della Salute assicura un intervento veramente ottimale, i risultati del quale, tra l'altro, sono ampiamente visibili.

Ma il mare non rappresenta soltanto ambiente di svago e ricreazione, esso è, invece, un ambiente complesso, ben diverso dal microecosistema costituito dalle acque di balneazione, selezionate in funzione del loro utilizzo e scarsamente influenzate dal regime delle correnti e dalle condizioni meteomarine.

Si è reso, quindi, necessario caratterizzare e controllare gli ecosistemi marini costieri nella loro accezione più completa, anche al fine di quantificare le deviazioni dalla norma prodotte da fenomeni di inquinamento. Per questo, la Regione ha affidato ad ARPAT il monitoraggio delle acque costiere che, prima in base alla Legge 979/82 poi anche per il D.Lgs 152/99, rappresenta il principale strumento di conoscenza e tutela per il mare toscano.

Però, l'impegno congiunto di Agenzia e Regione per garantire la salute dei bagnanti e per tutelare la qualità degli ambienti costieri non si è fermato al consolidamento dei monitoraggi previsti dalle normative, ma si è voluto andare oltre, avviando una fase progettuale di innovazione dei sistemi di controllo. In particolare, questa ulteriore spinta in avanti si è realizzata sia attraverso i progetti speciali per la sperimentazione di nuovi indicatori per le acque marine, sia ipotizzando l'applicazione di tecnologie di telerilevamento, sia utilizzando al meglio le informazioni già disponibili in un'ottica di gestione integrata.

La maturazione di tutte queste esperienze potrà consentire in un futuro immediato un miglior utilizzo delle risorse ed una maggior rispondenza alle esigenze di tutela ambientale per meglio conciliare lo sviluppo economico e la conservazione della biodiversità in una zona “critica” qual'è la fascia costiera.

Alessandro Lippi  
*Direttore Generale ARPAT*





# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GLI ELEMENTI NATURALI</b>	<b>4</b>
2.1	Definizione fascia costiera	4
2.2	Caratterizzazione delle coste toscane	5
2.2.1	Morfologia costiera e batimetria	5
2.2.2	Caratteristiche idrologiche	6
2.2.3	Condizioni climatiche	8
2.2.4	I bacini idrografici	8
<b>3</b>	<b>I FATTORI DI PRESSIONE SULLA COSTA</b>	<b>11</b>
3.1	La popolazione	11
3.2	Il turismo	11
3.3	Le aree industriali	12
3.3.1	Zona di Livorno	13
3.3.2	Zona di Rosignano	14
3.3.3	Zona di Piombino	14
3.4	Porti e traffico marittimo	15
3.5	Agricoltura	17
<b>4</b>	<b>I FATTORI DI ALTERAZIONE</b>	<b>18</b>
4.1	Gli apporti fluviali	18
4.2	Scarichi e depurazione	22
4.3	Apporti di tipo diffuso	26
<b>5</b>	<b>IL CONTROLLO DELLE ACQUE COSTIERE</b>	<b>28</b>
5.1	Normative	28
5.2	Le acque di balneazione	28
5.2.1	Il piano di monitoraggio	28
5.2.2	L'idoneità alla balneazione	31
5.2.3	La proposta di nuova direttiva europea	33
5.3	Il controllo delle acque marino costiere	35
<b>6</b>	<b>I RISULTATI DI UN ANNO (2001-2002)</b>	<b>38</b>
6.1	Le caratteristiche trofiche	38

<b>6.2</b>	<b>L'influenza degli apporti in mare</b>	<b>40</b>
<b>6.3</b>	<b>La biomassa fitoplanctonica</b>	<b>42</b>
<b>6.4</b>	<b>Lo zooplancton</b>	<b>45</b>
<b>6.5</b>	<b>I sedimenti</b>	<b>47</b>
<b>6.6</b>	<b>Il bioaccumulo</b>	<b>48</b>
<b>6.7</b>	<b>Le praterie di Posidonia oceanica</b>	<b>49</b>
<b>6.8</b>	<b>Le zone a Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC)</b>	<b>50</b>
<b>6.9</b>	<b>Balneabilità delle coste toscane</b>	<b>53</b>
<b>6.10</b>	<b>Indice di Qualità Batteriologica (IQB)</b>	<b>55</b>
<b>6.11</b>	<b>La balneazione e i divieti</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>LE DIFFERENZE TRA LE COSTE TOSCANE</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>L'INNOVAZIONE NEI CONTROLLI</b>	<b>63</b>
<b>8.1</b>	<b>I Progetti speciali</b>	<b>63</b>
8.1.1	Progetto VABIC	63
8.1.2	I progetti Interreg	64
8.1.3	La sperimentazione della nuova direttiva sulla balneazione	65
8.1.4	Progetto MAT	66
<b>8.2</b>	<b>Il telerilevamento</b>	<b>67</b>
8.2.1	Progetto pilota di telerilevamento da satellite	67
8.2.2	L'Osservatorio regionale	68

## **1 INTRODUZIONE**

Per poter impostare un corretto sistema di controlli ambientali, su cui basare scelte politiche ed un'efficace programmazione territoriale, è necessario, innanzitutto avere una profonda e dettagliata conoscenza dell'ambiente su cui si agisce, dei fenomeni che vi si sviluppano e di tutte le problematiche che la presenza dell'uomo comporta o che potrebbe causare.

Un tale sistema deve avere come obiettivi prioritari la conservazione dell'ambiente per le generazioni future (come prescrivono il 5° ed il 6° Programma Quadro della Comunità Europea), la tutela delle risorse naturali, attuando in tempi certi risanamento e miglioramento della qualità, e la contemporanea cura della salute pubblica. Tutto ciò, inoltre, dovrà essere perseguito facendo in modo che non vengano compromessi i rapporti sociali ed economici delle popolazioni che insistono su quel territorio, per garantire uno sviluppo sostenibile ed armonioso di tutte le componenti, umane e non.

In questo rapporto, pertanto, oltre a mettere in luce quali siano i dettami di legge ed i conseguenti adempimenti che la Regione Toscana, da una parte, e l'ARPAT, dall'altra, hanno attuato per porre in essere un sistema di controllo e di tutela della qualità delle acque costiere, si è voluto fornire gli elementi sui quali è stato costruito il piano di monitoraggio ed ai quali devono riferirsi le interpretazioni dei dati.

I criteri selettivi sono stati identificati nelle principali caratteristiche naturali della costa (morfologia, idrologia, batimetria, climatologia, idrografia, ecc.), nei fattori che possono esercitare od esercitano una pressione sulle risorse idriche, sostanzialmente tutti derivati dall'attività antropica (popolazione, turismo, sviluppo industriale, commercio, traffico) e nel modo con cui queste pressioni possono influenzare la qualità delle acque costiere (carichi organici e trofici, scarichi, apporti fluviali).

Sulla base di questi elementi, appunto, e di ciò che le diverse normative prevedono è stato pianificato il sistema di controlli, sia per le acque di balneazione che per quelle costiere vere e proprie. I dati prodotti da questi monitoraggi sono stati utilizzati per fornire un'interpretazione delle problematiche in atto e del livello qualitativo della risorsa marina, in un'ottica integrata e multidisciplinare.

Nella parte finale, infine, sono stati illustrati i possibili sviluppi tecnologici (telerilevamento), tecnici (nuovi indicatori) e normativi.

## 2 GLI ELEMENTI NATURALI

### 2.1 DEFINIZIONE FASCIA COSTIERA

Le zone costiere costituiscono degli ambienti complessi, influenzati da vari fattori (idrologici, geomorfologici, socio-economici), sia nelle componenti terrestri che marine, sia di origine naturale che antropica, e necessitano ovviamente di una gestione integrata che consideri tutti questi aspetti.

Per poter comprendere, valutare e gestire i vari fenomeni che si sviluppano sulla fascia costiera, è necessario, innanzitutto definirne i limiti territoriali, fisiologici ed ecologici degli ambienti considerati. Naturalmente, dovendo applicare un modello concettuale ed interpretativo

a situazioni naturali, sono necessarie schematizzazioni e semplificazioni che riducono la variabilità intrinseca, permettendo comunque un'analisi dei fenomeni.

Il problema della definizione della “fascia costiera” e “zona costiera”, considerando l'estensione terrestre e quella marina da prendere in esame, è ancora ampiamente dibattuto a livello mondiale. Generalmente, le zone costiere vengono definite come estensioni “marine”: “dal limite di marea fino alla parte più esterna della piattaforma continentale”, “zona che circonda il continente per 200 miglia nautiche della zona economica esclusiva”, “zona di circa 120 miglia che si estende verso il mare includendo ecosistemi come le praterie di fanerogame, e le barriere coralline e che comunque incorpora gli estuari e le acque salmastre”. Tali definizioni difficilmente si adattano a situazioni particolari quali quella mediterranea.

Per ciò che riguarda l'estensione “terrestre”, il limite interno della zona costiera viene spesso esteso all'interno dei bacini dei fiumi che defluiscono in mare perché il flusso d'acqua dolce insieme al carico dei sedimenti e della sostanza organica trasportata fanno parte integrante della dinamica costiera. Tale considerazione è stata recepita dalle nuove legislazioni ambientali in materia di tutela delle acque, sia italiana (D.Lgs 152/99) che europea (Dir. 2000/60/CE), che richiedono una correlazione fra le acque marino costiere ed i bacini fluviali pertinenti.

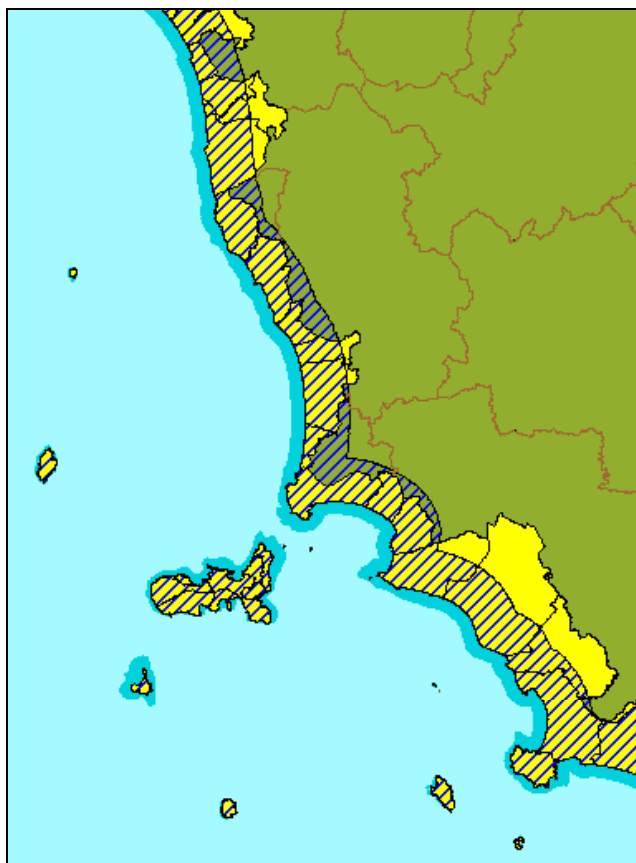


Figura 1 - confronto tra fascia costiera di 10km (diagonale blu) e comuni costieri (in giallo)

L'approccio integrato al controllo delle acque richiesto fornisce sicuramente maggiori elementi di valutazione per la qualità delle acque marine, ma non è esaustivo ed anzi sottovaluta l'apporto delle pressioni lungo la fascia costiera in situazioni, molto comuni alle coste italiane (soprattutto meridionali) e a gran parte della fascia costiera mediterranea, dove l'apporto fluviale è decisamente scarso (se non assente) mentre le pressioni demografiche ed economiche sono forti e spesso in aumento.

Una definizione inerente alla parte "terrestre" della fascia costiera generalmente utilizzata, soprattutto per cercare di uniformare l'estensione spaziale, è quella di considerare una fascia terrestre di 10 km di larghezza all'interno della linea di costa. Tale approccio è stato utilizzato ad esempio nei rapporti della Commissione Europea e dell'Agenzia Europea per l'Ambiente.

Approcci metodologici per una valutazione integrata e più realistica possibile sullo stato dell'ambiente marino costiero sono in corso di sperimentazione, a vari livelli, e richiedono l'analisi di diverse componenti distribuite nel tempo.

Vista la notevole indeterminatezza della definizione di "fascia costiera" o, comunque, la notevole complessità di una trattazione ben rispondente a tutte le diverse situazioni territoriali, morfologiche, economiche e demografiche, ci siamo visti costretti a restringere il campo di indagine ai soli comuni che possedessero almeno un piccolo tratto di costa, sia continentale che insulare. In tal modo abbiamo avuto due vantaggi: avere un criterio oggettivo ed uniforme per tutto il territorio regionale e, soprattutto, poter riferirci all'entità amministrativa "comune", presente in moltissime banche dati da cui abbiamo prelevato i dati necessari alla costruzione degli indicatori. Naturalmente, un criterio così restrittivo, peraltro già utilizzato dall'ISTAT nella classificazione delle caratteristiche territoriali dei comuni italiani ("litoraneo"), presenta i suoi limiti quando si vanno ad analizzare situazioni puntuali o di particolare rilevanza, anche in considerazione della notevole diversità che presentano le coste italiane.

## **2.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE COSTE TOSCANE**

### **2.2.1 Morfologia costiera e batimetria**

La costa toscana si estende per circa 400 km nella sola parte continentale, da Marina di Carrara alla foce del torrente Chiarone, e per oltre 600 km, se comprendiamo tutte le isole dell'Arcipelago Toscano, rappresentando quasi un terzo delle coste tirreniche della penisola. Sui litorali e sull'Arcipelago insiste un considerevole volume di attività sociali che dipendono dal mare come via di comunicazione, come risorsa turistica, come sistema produttore di risorse alimentari, come sistema ricettore dispersivo e purificatore di materia ed energia residue della produzione sociale.

Dal punto di vista morfologico il litorale toscano si presenta differenziato abbastanza nettamente in tre tipologie fondamentali:

- 1) litorali caratterizzati da coste basse e sabbiose, con fondali a debole pendenza e scarsa profondità anche a notevole distanza dalla costa.

Queste condizioni sono caratteristiche del litorale apuo-versiliese-pisano, di quello livornese tra Rosignano e San Vincenzo, del Golfo di Follonica, della costa grossetana tra Castiglione della Pescaia e Marina di Alberese (all'interno del Parco Regionale della Maremma), dei tomboli della Laguna di Orbetello e del litorale di Capalbio.

Trattasi di coste a bassa energia, con modeste possibilità di mescolamento delle acque e di dispersione degli inquinanti;

- 2) litorali a costa alta, con batimetriche ravvicinate e profondità notevoli già in vicinanza della riva.

Tali caratteristiche si riscontrano nel tratto compreso tra Livorno e Castiglioncello, nel Promontorio di Piombino, nella zona di Punta Ala, in quella di Talamone e dell'Argentario.

Si tratta di coste a elevata energia, con notevoli capacità di mescolamento e dispersione degli inquinanti;

- 3) litorali dell'Arcipelago, con assoluta prevalenza di costa alta e rocciosa, a elevata energia.

Questa particolare conformazione, insieme alla presenza dell'Arcipelago - che si frappone tra la parte meridionale e quella settentrionale della costa - ed alla particolare distribuzione delle foci dei principali corsi d'acqua regionali, permette di suddividere la costa medesima abbastanza nettamente in una zona settentrionale (a nord dell'arcipelago), con le caratteristiche dei litorali a bassa energia e con discreto apporto di nutrienti, nella zona dell'arcipelago ed in quella continentale che lo fronteggia, con le caratteristiche opposte di alta energia e scarso apporto di nutrienti, in una zona meridionale, con caratteristiche assai simili alla seconda.

### **2.2.2 Caratteristiche idrologiche**

La circolazione delle acque tra il Mare Tirreno Settentrionale e il Mar Ligure è fortemente influenzata dalla diminuzione batimetrica che si riscontra in corrispondenza dell'Arcipelago Toscano, con conseguente riduzione di un efficace mescolamento delle acque a nord e a sud dell'Arcipelago medesimo.

La presenza dell'Arcipelago, nella zona di transizione tra Mar Ligure e Mar Tirreno, insieme ai canali di Corsica (tra Corsica e Capraia) e dell'Elba (tra Capraia e Elba), gioca pertanto un ruolo fondamentale nel determinare i flussi di corrente.

Il flusso di corrente è quasi sempre diretto dal Mar Tirreno verso il Mar Ligure, con un'intensità variabile con le stagioni e con la profondità.

La direzione del flusso è determinata dalla differenza di temperatura tra il bacino ligure (più freddo) e quello tirrenico; tale gradiente tende ad accentuarsi in inverno e perdura per tutta la primavera, stagioni durante le quali sono concentrati per la massima parte gli scambi.

Al contrario, durante l'estate ed i primi mesi autunnali, il minor gradiente termico, le difficoltà di comunicazione tra i due bacini, rappresentate dalle soglie poco profonde e anguste del Canale di Corsica, e il minor apporto dei venti, indeboliscono fortemente il flusso, che talora cessa del tutto.

La temperatura del mare toscano durante il periodo inverno - primaverile oscilla intorno ai 13-14°C in tutta la colonna d'acqua, mentre la salinità aumenta, anche se in modo lieve, dalla superficie verso il fondo, con un massimo localizzato nello strato intermedio delle Acque

Levantine<sup>1</sup>. In alcuni punti, corrispondenti alla zona costiera compresa tra la foce del Magra e quella dell'Arno, si riscontrano acque superficiali fredde e poco aline.

Con il procedere della primavera, per l'irraggiamento solare, comincia a formarsi un certo gradiente termico nello strato superficiale, fino all'instaurarsi, durante la stagione estiva, di un netto termoclino tra 10 e 50 m, che fa passare la temperatura da 26°C in superficie fino a 13–14°C a 100 m, con una netta stratificazione della colonna d'acqua. Verso la fine dell'estate la stratificazione inizia a regredire, finché a fine autunno il raffreddamento superficiale riattiva i processi di mescolamento verticale.



Figura 2 - Schema semplificato della circolazione superficiale del Mar Tirreno toscano

<sup>1</sup> Nei bacini del Mediterraneo occidentale si individuano tipicamente 3 grandi masse d'acqua che circolano in modo autonomo: uno strato superficiale (0-200m) di acque provenienti dall'Atlantico, più o meno modificate; uno intermedio (200-1000m) di provenienza dal bacino orientale (Acque Levantine); uno profondo (1000-5000m), di acque di formazione indipendente e variabile. A queste si aggiungono nel Tirreno, soprattutto nella stagione estiva, acque molto superficiali di origine locale.

### 2.2.3 Condizioni climatiche

Il territorio della regione presenta una grande variabilità climatica legata alle sue caratteristiche orografiche e alla sua particolare disposizione geografica in relazione alla catena Appenninica ed al Mar Tirreno. Le possibilità climatiche sono quindi molteplici, anche se genericamente in letteratura vengono classificate come climi mediterranei. Le mappe di piovosità climatologiche della Toscana (periodo 1951 - 1994) evidenziano regimi pluviometrici con stagionalità molto marcata: due massimi in primavera e in autunno e un minimo in estate, tipico della classe dei climi mediterranei. Valutazioni in termini percentuali riferite al quinquennio 1995 - 2000 rispetto al valore medio climatologico, indicano un decremento delle precipitazioni estive, più marcato lungo la zona costiera. A questo fa fronte un rilevante incremento della pioggia autunnale, più sensibile nelle aree dove è più forte il contributo pluviometrico legato alle caratteristiche orografiche e topografiche, come nel bacino dell'Arno.

Per quanto concerne gli eventi pluviometrici intensi (sopra i 40 mm in primavera e 60 mm in autunno) l'evoluzione su base secolare è in aumento in due aree chiave, Versilia e bacino fiorentino.

Per quanto concerne la temperatura regionale, è evidente l'effetto mitigante del mare, che tende a ridurre i valori in estate e a incrementarli in inverno. Nell'ultimo quinquennio (1995 - 2000) si evidenzia una riduzione abbastanza accentuata nelle aree costiere meridionali, riconducibile a un aumento generale della copertura nuvolosa estiva o comunque a un maggior grado di estinzione della radiazione solare diretta. E' confermato il riscaldamento generale invernale, anche se occorre ricordare la presenza dell'effetto isola di calore nelle rilevazioni termometriche a terra, all'interno o nelle immediate vicinanze del tessuto urbano di talune città.

### 2.2.4 I bacini idrografici

I bacini idrografici che interessano la fascia costiera toscana, anche se di diverso livello (quelli considerati sono tutti di I° ordine ai sensi del D. Lgs. 152/99, ma con rilevanza nazionale, interregionale o regionale) sono tutti compresi all'interno del territorio regionale, con l'eccezione del Magra a Nord, che scorre in parte in Toscana e sfocia in Liguria, e del Fiora a Sud, che sfocia nel Lazio. Di seguito, vengono presentate schematicamente le principali caratteristiche idrologiche, geologiche ed alcuni dati sulla qualità ambientale dei principali corsi d'acqua (per Fiora e Magra i dati si riferiscono solo ai tratti toscani): la classificazione ambientale (D.Lgs. 152/99) è stata effettuata sulla base del LIM (livello inquinamento da macrodescrittori), dell'IBE e talvolta del SECA (stato ecologico dei corsi d'acqua).

- Magra. Sviluppo dell'asta fluviale: 62 km. Superficie totale del bacino, per la parte toscana: 990 km<sup>2</sup>. Regime idrico dipendente dalle piogge, abbondanti e distribuite specialmente in autunno e in primavera, periodi nei quali si registrano le massime piene (generalmente 3 – 5 in un anno). La minor portata si registra in estate.

Nel tratto toscano, a monte della foce la qualità è sostanzialmente buona (SECA 2).

- Serchio. Sviluppo dell'asta fluviale 102 km. Superficie totale del bacino 1'614 km<sup>2</sup>; bacino imbrifero 1.408 km<sup>2</sup>. La portata media in prossimità della chiusura di bacino è pari a 46 m<sup>3</sup>/s. Nel bacino sono presenti numerosi invasi ENEL e gole rocciose strette e profonde, con ripide pareti calcaree



Nel tratto lucchese lo stato ecologico è buono (SECA 2) con una tendenza al peggioramento verso la zona pisana, dove il livello di qualità peggiora nettamente (LIM 3 e 4), mantenendosi al limite del sufficiente fino alla foce.

- Arno. Sviluppo dell'asta fluviale: 241 km. Superficie totale del bacino: 9'047 km<sup>2</sup>; bacino imbrifero: 8'228 km<sup>2</sup>. Tipo pluviometrico da sub – litoraneo appenninico nelle parti più elevate a marittimo nella fascia più prossima alla costa tirrenica. I deflussi seguono le caratteristiche delle precipitazioni nella irregolarità di distribuzione e sono caratterizzati da due massimi (dicembre – marzo) e da un minimo assoluto (agosto). Il deflusso totale medio annuo dell'intero bacino è pari a circa 3 miliardi di m<sup>3</sup> con una portata media di 100 m<sup>3</sup>/s in chiusura di bacino.

Nel tratto iniziale (provincia di Arezzo) il LIM resta relativamente basso (livello 2) e la qualità è buona. Il peggioramento inizia a valle di Firenze dove la qualità varia da scarsa a sufficiente (LIM inizialmente livello 4, poi 3), mentre nel tratto pisano, la qualità è costantemente scarsa fino alla foce (livello 4) e talvolta pessima.

- Cecina. Sviluppo dell'asta fluviale: 78 km. Superficie totale del bacino: 765 km<sup>2</sup>. Il fiume presenta lunghe magre durante l'estate e forti piene da novembre a primavera.

Inizialmente, tratto senese, la qualità del fiume è elevata (SECA 1), mentre procedendo verso la foce si passa prima ad un livello buono (LIM 2) ed infine sufficiente (LIM 3). Si notano valori mediamente elevati di solfati e di cloruri.

- Cornia. Sviluppo dell'asta fluviale: 50 km. Superficie totale del bacino: 435 km<sup>2</sup>. La sua valle costituisce un serbatoio naturale di acqua dolce, localizzato in un acquifero costituito da depositi alluvionali, alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche, dai deflussi di subalveo del fiume e da alcuni torrenti minori.

Inizialmente lo stato ecologico è al limite del buono (SECA 2-3), mentre vicino alla foce è appena sufficiente (SECA 3).

- Bruna. Sviluppo dell'asta fluviale: 47 km. Superficie totale del bacino: 441 km<sup>2</sup>. Canalizzato per quasi tutto il suo corso.

Non è stato possibile stimare il LIM, mentre l'IBE ha permesso di esprimere un giudizio di qualità di ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione (classe III/II).

- Ombrone grossetano. Sviluppo dell'asta fluviale: 161 km. Superficie totale del bacino: 4'422 km<sup>2</sup>. Regime pluviometrico caratterizzato da marcata stagionalità. Presenta la maggior portata di sedimenti in sospensione dei fiumi toscani, dovuta all'alta erodibilità delle rocce. Questo bacino è interessato da acque provenienti dal Monte Amiata e risente della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

Nel tratto senese del bacino la qualità oscilla tra buona e sufficiente (LIM e IBE tra 2 e 3), successivamente, nel grossetano, si mantiene su un livello buono fino alla foce.

- Albegna. Sviluppo dell'asta fluviale: 66 km. Superficie totale del bacino: 748 km<sup>2</sup>. L'alta valle presenta una geomorfologia varia e accidentata, con pareti rocciose di calcare massiccio. Il fiume nasce in prossimità del Monte Amiata, risentendo quindi della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

Nel tratto più a monte l'indice di qualità biologica (IBE) rivela uno stato elevato (classe I), per poi scendere fino a classe III (ambiente alterato) nel tratto inferiore.

- Fiora. Sviluppo dell'asta fluviale in Toscana: 57 km. Superficie totale del bacino in Toscana: 420 km<sup>2</sup>. Scorre quasi interamente sul fondo di profonde forre calcaree e tufacee. Nasce sul Monte Amiata, risentendo quindi della anomalia geochimica da mercurio di questa area.

L'IBE mostra, nel tratto toscano, un ambiente inizialmente non inquinato (Classe I) e, verso il confine con il Lazio, con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione (classe II).

### **3 I FATTORI DI PRESSIONE SULLA COSTA**

#### **3.1 LA POPOLAZIONE**

La popolazione residente nei comuni costieri toscani è rimasta sostanzialmente invariata negli ultimi 10 anni, con le sole variazioni di rilievo concentrate nei comuni più grandi e, soprattutto, a vocazione industriale, quali Pisa, Livorno e Piombino, fatto spiegabile con la crisi occupazionale che ha investito negli ultimi vent'anni i settori produttivi dell'industria pesante. Il calo demografico, seppur contenuto, non è stato sufficientemente compensato, a livello provinciale, dall'aumento registrato in tutte le altre "piccole" località della costa toscana, fenomeno diffuso a livello nazionale ed in tutto il bacino mediterraneo di incremento della popolazione della fascia costiera, soprattutto se interessata da fattori di crescita economica dovuti alla risorsa turistica.

Le maggiori concentrazioni di popolazione si trovano nel settore settentrionale della costa. Infatti, nel tratto compreso tra Carrara e Cecina, che rappresenta solo il 22% della lunghezza della costa toscana, si addensa oltre il 70% degli abitanti della fascia costiera, con densità medie di oltre 720 abitanti/km<sup>2</sup> e punte di oltre 1500 Ab/km<sup>2</sup> nei comuni di Viareggio e Livorno. Nella restante parte della costa, sia continentale che insulare, le densità sono mediamente poco superiori a 120 Ab/km<sup>2</sup>, cioè quasi 6 volte inferiori; il valore più elevato (Follonica) è, addirittura, circa la metà del valore medio riscontrato a Nord del Cecina. Per avere un termine di paragone su che cosa possano significare questi valori, si ricorda che la densità di popolazione media dell'Italia è intorno a 190 Ab/km<sup>2</sup> (tra 1991 e 1999) e quella della Toscana è poco superiore a 150 Ab/km<sup>2</sup>.

La situazione a livello di singolo comune mostra come all'interno di ciascuno dei due gruppi ci siano situazioni diverse. Vi sono infatti comuni che non sembrerebbero eccessivamente popolati, ma che, invece, rispetto alla superficie occupata mostrano densità ragguardevoli, mentre vi sono comuni che dispongono di un territorio sufficiente a disperdere gran parte dei residenti, abbassando sensibilmente la loro densità di popolazione, come Pisa o Grosseto.

#### **3.2 IL TURISMO**

Analizzando i dati a livello comunale, appare evidente come vi siano alcune realtà dove il fenomeno turistico raggiunge valori di presenze nettamente emergenti rispetto alla restante costa, situazioni, peraltro, ben facilmente prevedibili, conoscendo la tradizione e la vocazione turistica che da lungo tempo queste località hanno: principalmente Massa, Viareggio, Pisa, Castiglione della Pescaia, Grosseto, Argentario, Isola d'Elba. Vi è poi un altro gruppo, molto numeroso, di comuni che hanno presenze turistiche importanti, ma non come le prime, con valori mediamente compresi tra 300 e 600mila: questo secondo gruppo comprende gli altri comuni della Versilia, tutta la costa tra Livorno e Follonica ed alcune zone dell'Elba.

Una caratteristica saliente è l'aumento che si osserva tra 1992 e 2000 per tutta la costa: questo fenomeno, come si è già messo in evidenza per la popolazione, è una tendenza diffusa a livello di bacino mediterraneo, vuoi proprio per il sempre maggior sfruttamento delle risorse turistiche balneari e marine, vuoi per un aumentata competitività del trasporto marittimo e della navigazione di tipo crocieristico. In particolare, in alcune località, anche già ben conosciute,

assisting to a real and proper doubling in the number of tourists between 1992 and 2000: Massa, Pisa, Cecina and San Vincenzo, without counting those with low levels but more than doubled in the course of the years.



Figura 3 – Popolazione residente, presenze turistiche ed incidenza del turismo sulla popolazione nelle APT della costa toscana

### 3.3 LE AREE INDUSTRIALI

Le concentrazioni industriali e portuali di Massa e Carrara, Livorno, Rosignano e Piombino costituiscono senza dubbio “aree critiche” per quanto concerne la qualità delle acque marine costiere; in particolare, in riferimento agli scarichi industriali, hanno rilevanza le ultime tre, in quanto Massa e Carrara non presentano industrie di questa tipologia.

Per Livorno e Piombino, la necessità di approfondire le problematiche legate al rischio industriale in tali “aree ad elevata concentrazione industriale” è stata riconosciuta formalmente

nel 1995, in occasione di uno dei tanti, reiterati decreti di modifica del DPR 175 del 1988, che ha recepito in Italia la direttiva “Seveso”.

Livorno e Piombino sono due poli produttivi di primaria importanza, caratterizzati da una elevata densità di industrie a rischio di incidente rilevante, in stretta relazione funzionale con un complesso sistema di trasporti terrestri, imperniato sul binomio porto–infrastrutture viarie terrestri.

La “criticità” derivante dalla presenza delle industrie a rischio e dalla ingente movimentazione di sostanze pericolose ha reso necessaria la predisposizione di piani di intervento, con l’indicazione di azioni di mitigazione dei rischi.

Con Legge 9 dicembre 1998, n. 426 “Nuovi interventi in campo ambientale”, è stata individuata una serie di siti di interesse nazionale nei quali sono necessari primi interventi di bonifica. Come riporta la legge essi sono “quelli compresi nelle seguenti aree industriali e siti ad alto rischio ambientale i cui ambiti sono perimetrati, sentiti i comuni interessati, dal Ministero dell’Ambiente...”. Tra gli interventi di bonifica di interesse nazionale, in Toscana sono presenti Piombino, Massa Carrara e l’area ex Sitoco della Laguna di Orbetello. E’ stata recentemente avanzata l’ipotesi di inserimento del canale industriale di Livorno.

### **3.3.1 Zona di Livorno**

L’apporto a mare di acque reflue della città di Livorno e della zona circostante si può scomporre in due distinti settori, quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi (polo industriale, servizi e produzione energetica).

Il porto di Livorno è costituito da due grandi sistemi di bacini, il porto industriale, di recente fondazione, e quello commerciale; al suo interno è localizzato anche il cantiere navale L. Orlando. Gli accessi navigabili sono le due aperture foranee, dalle quali transita il traffico marittimo, e la piccola apertura del canale dei Navicelli.

A servizio del traffico portuale sono presenti sulle darsene alcuni impianti di trattamento delle acque di zavorra e di sentina delle navi e numerose aziende scaricano i loro reflui depurati nel bacino portuale.

Per quanto riguarda l’apporto inquinante da insediamenti civili, l’impatto più significativo è quello dell’impianto di depurazione della città di Livorno: anch’esso recapita nel bacino portuale e tratta anche un certo numero di scarichi provenienti da insediamenti produttivi.

L’acqua di raffreddamento della Centrale Termoelettrica ENEL viene attualmente immessa, in via provvisoria, nel sistema dei Fossi Medicei, al fine di garantire, aumentando la velocità di scorrimento delle acque, il ricambio delle stesse.

L’AGIP Petroli invia a spot le acque trattate in un canale secondario, che poi si immette nel canale Scolmatore e da qui in mare.

L’ambiente portuale, quindi, riceve la quasi totalità degli scarichi trattati, civili e industriali, fungendo come una sorta di immenso sedimentatore per i solidi sospesi, ma le sue aperture foranee mettono in comunicazione le acque portuali con il mare aperto.

### 3.3.2 Zona di Rosignano

L'area industriale di Rosignano comprende, all'interno dello stabilimento della Solvay, vari impianti produttivi appartenenti alle società Solvay Chimica Italia S.p.A e Solvay Polyolefins Europe Italia S.p.A. E' presente, inoltre, un impianto di Cogenerazione EE – vapore della ROSEN S.p.A.

Le unità produttive sono le seguenti:

- Sodiera: produzione di carbonato di sodio, bicarbonato di sodio, cloruro di calcio;
- Elettrolisi: produzione di cloro, idrogeno, soda caustica;
- Polietilene: produzione di resine con differenti caratteristiche;
- Perossidati: produzione di acqua ossigenata, percarbonato di sodio, perborato di sodio tetraidrato;
- Prodotti clorati: produzione di clorometani e acido cloridrico.

Tra tutte queste linee produttive sono particolarmente rilevanti, ai fini dell'impatto sul mare costiero, la sodiera (processo Solvay) e l'impianto per la produzione di cloro, idrogeno e soda caustica per via elettrolitica (celle a catodo di mercurio).

Comune a entrambi i processi è la necessità di disporre di soluzioni concentrate di cloruro di sodio (salamoia), per la purificazione del quale si producono grandi quantità di carbonato di calcio in soluzione acquosa (solidi sospesi), che si aggiungono alla rilevante frazione di solidi sospesi prodotta dalla sodiera; la frazione solida (circa 200.000 tonnellate/anno) è poi convogliata, attraverso lo scarico di stabilimento, direttamente in mare, dove produce una caratteristica "macchia bianca". I processi sono, poi, caratterizzati da specifici stadi, con la produzione di ulteriori residui di lavorazione. L'immissione in mare di mercurio, assai rilevante nel passato, è drasticamente diminuita a partire dal 1976, residuando comunque una consistente contaminazione da parte di questo metallo negli strati più profondi del sedimento.

### 3.3.3 Zona di Piombino

Il territorio di Piombino è caratterizzato dalla presenza di un polo industriale di notevoli dimensioni: la sola industria siderurgica occupa una superficie di 8 milioni di m<sup>2</sup>. Le principali Aziende presenti sul territorio, che oltre tutto hanno forti interconnessioni con l'ambiente marino, sono:

- Lucchini S.p.A. Azienda siderurgica a ciclo integrale, principale polo italiano per la produzione di laminati lunghi;
- I.S.E. S.p.A. (Ilva Servizi Energetici). Controlla e gestisce le Centrali termoelettriche ubicate all'interno dello stabilimento Lucchini;
- La Magona d'Italia. Azienda metalmeccanica, tra i principali produttori italiani di lamiere zincate e/o verniciate;
- SOL S.p.A. Per la produzione di gas tecnici e medicali: ossigeno, azoto, argon;
- Dalmine. Per la produzione di tubazioni zincate e con rivestimento plastico;

- Centrale Termoelettrica ENEL di Torre del Sale, alimentata a olio combustibile (4 gruppi da 320 MW ciascuno);
- Porto di Piombino. Per il traffico di materie prime o di merci prelaborate destinate alle attività industriali, merci alla rinfusa, traffico di collegamento con le isole e sistema di approvvigionamento di olio combustibile per la CTE ENEL.

Anche per Piombino l'apporto di acque reflue si può scomporre in due distinti settori, considerando quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi. A differenza di Livorno, le acque di scarico civile non recapitano nelle acque portuali ed è in via di completamento un progetto, finanziato in ambito europeo, per il loro riutilizzo nei processi produttivi dell'area industriale.

Gli effluenti industriali confluiscono nella quasi totalità (uno della Magona e quattro della Lucchini) nel bacino portuale e da qui indirettamente nel Golfo di Follonica; i rimanenti (ENEL, Dalmine, Lucchini) recapitano direttamente nelle acque del Golfo di Follonica.

Anche qui, come per Livorno, il porto, anche se di dimensioni decisamente meno rilevanti, va a costituire il sedimentatore di una gran parte dei materiali solidi apportati dagli scarichi, nonché la via di uscita a mare di eventuali sostanze contaminanti in soluzione. Date le elevatissime diluizioni che si verificano nell'ambiente marino, è l'apporto solido, con le sostanze contaminanti che lo accompagnano, a costituire il principale veicolo degli inquinanti a mare. Si deve inoltre considerare l'apporto a mare di solidi provenienti non da scarichi, ma dalle emissioni in atmosfera provenienti in prevalenza dall'impianto siderurgico (polveri sedimentabili in uscita dai camini, spolveramento durante le operazioni di scarica delle navi carboniere, spolveramento dai carbonili e dai parchi materie prime).

Nel Golfo di Follonica, oltre all'intera area industriale e portuale di Piombino, insistono anche le industrie chimiche del Casone di Scarlino (Tioxide, produttrice di biossido di titanio, e Nuova Solmine, produttrice di acido solforico), con scarico congiunto diretto in mare, attraverso un canale emissario appositamente realizzato

### **3.4 PORTI E TRAFFICO MARITTIMO**

I maggiori porti toscani, dal punto di vista delle caratteristiche infrastrutturali (vedi tabella) sono, in ordine di grandezza, Livorno, Piombino, Marina di Carrara e Portoferraio. Questi stessi porti, tutti insieme, contribuiscono ad oltre il 95% del traffico marittimo regionale sia come tonnellaggio delle navi transitate che come tonnellate di merci movimentate; da essi transita oltre l'80% dei passeggeri.

La differenza tra tipologie portuali risulta ben evidente anche esaminando i dati dei movimenti effettuati ogni anno nei principali porti che rappresentano tra il 70 ed il 100% del totale toscano, a seconda del parametro considerato. Infatti, se come numero di navi, a parte Marina di Carrara che è sensibilmente inferiore a tutti gli altri (e lo è per tutte le grandezze del traffico), i tre porti di Livorno, Piombino e Portoferraio sembrano abbastanza equivalenti, analizzando il tonnellaggio appare come Livorno sia nettamente superiore agli altri due.

Per quanto concerne, nello specifico, i porti di Livorno e Piombino, si è già detto nel paragrafo precedente. Tra questi porti si distacca nettamente, per tutti i parametri considerati, quello livornese e la cosa può risultare ancor più rilevante se consideriamo la vicinanza delle altre installazioni di Viareggio e Marina di Carrara e la difficoltà nel ricambio idrodinamico di

queste acque. Quindi è presumibile che il forte impatto ambientale di Livorno debba essere assorbito quasi interamente da una ristretta fascia litorale, con tutte le conseguenze che ne possono derivare.

*Tabella 1 - Infrastrutture portuali dei porti toscani*

Porto	Prov.	Merci e passeggeri Accosti		Piazzali m <sup>2</sup>
		n°	metri	
Marina di Carrara	MS	4	1'600	145'470
Viareggio	LU	1	250	13'105
Livorno	LI	17	6'413	611'700
Piombino	LI	10	2'340	90'200
Portoferraio	LI	7	739	6'750
Capraia Isola	LI	1	12	0
Rio Marina	LI	1	123	0
Porto Azzurro	LI	1	83	0
Follonica	GR	1	700	0
Castiglione della Pescaia	GR	1	120	2'400
Talamone	GR	3	149	3'000
Porto S. Stefano	GR	6	685	3'700
Isola del Giglio	GR	1	40	0

(Fonte: Ministero Trasporti e Navigazione, 1995)

*Tabella 2 - Movimenti di navi, di merci e di passeggeri nei principali porti toscani, calcolati come media mensile nel periodo 1996-98*

Porto	Prov.	Navi				Merci		Passeggeri	
		n°		TSN <sup>1</sup>		t		n°	
Marina di Carrara	MS	125	2%	346'955	4%	240'434	9%	26	0%
Livorno	LI	1'096	22%	5'253'929	63%	1'712'248	70%	110'857	23%
Piombino	LI	1'364	27%	1'497'028	18%	470'023	19%	155'506	32%
Portoferraio	LI	996	20%	1'027'793	12%	54'915	2%	136'431	28%
<b>TOSCANA</b>		<b>5'016</b>	<b>100%</b>	<b>8'336'793</b>	<b>100%</b>	<b>2'340'469</b>	<b>100%</b>	<b>484'052</b>	<b>100%</b>

(Fonte: ISTAT)

Le navi movimentate nel porto livornese sono essenzialmente dedicate al trasporto merci, con un rapporto di 3-4 volte maggiore rispetto a Piombino (analogo a quello del TSN) ed ancora più elevato per Portoferraio.

Se, infine, osserviamo i dati del traffico passeggeri troviamo un'altra volta un sostanziale equilibrio tra i tre porti. Però, se consideriamo il fatto che i porti di Piombino e Portoferraio sono praticamente di fronte, divisi solo dal Canale di Piombino, e che scambiano tra loro la quasi totalità del traffico passeggeri, possiamo, in pratica, ritenere che si tratti di un unico fattore di pressione e che l'incidenza sull'ambiente sia quella del solo Piombino.

<sup>1</sup> TSN = Tonnellate di stazza netta, è un parametro utilizzato per quantificare dimensioni e capacità del naviglio



Per quanto concerne il traffico “di transito”, non espressamente diretto nei porti toscani, non disponiamo dei dati. Possiamo comunque rilevare che il canale di Piombino costituisce un rilevante nodo per numerose rotte marittime.

Dal momento, poi, che il porto di Livorno (in parte anche di quello di Piombino) costituisce un importante scalo per prodotti petroliferi e sostanze chimiche, un elevato numero di navi petroliere e, in parte, chimichiere, sono costantemente in navigazione nelle vicinanze delle coste toscane. Questo fatto, insieme a quello più generale delle navi che solcano le acque mediterranee per trasportare i prodotti petroliferi dai paesi produttori (principalmente il Medio Oriente e l’Africa settentrionale) verso i paesi europei che si affacciano sulle sue rive, fa sì che il problema principale delle fonti di inquinamento da mare sia proprio costituito dal trasporto di tali prodotti e dal loro rilascio a mare, accidentale e non. Queste navi sono, in gran parte, di vecchia concezione (si stima che oltre il 60% abbia più di 15 anni di età) e, quindi, spesso non dotate di misure di sicurezza per prevenire sversamenti (sistemi di svuotamento di cisterne ed acque di sentina “top and load”) ed incidenti (doppio scafo): ogni anno vengono immesse nelle acque mediterranee oltre 630 mila tonnellate di petrolio.

Da segnalare un episodio che, anche se non avvenuto nel Mediterraneo, interessava direttamente le coste toscane; si tratta del caso della Erika, che naufragata sulle coste della Bretagna nel 1999, era diretta a Livorno ed avrebbe dovuto rifornire le industrie di Piombino. Inoltre sempre più numerosi lungo le coste toscane sono le segnalazioni relative a spiaggiamenti di materiali di natura petrolifera od alla presenza di macchie oleose in mare, come è accaduto nel 2000 all’Isola d’Elba (Fetovaia) o nel 2001 al largo dell’Isola di Capraia.

### **3.5 AGRICOLTURA**

Le zone dove le attività agricole hanno un peso significativo sull’economia e sullo sviluppo delle zone costiere si ritrovano soprattutto nel tratto meridionale. Infatti, la costa maremmana, soprattutto nella provincia di Grosseto, è stata oggetto di intense bonifiche nel secolo scorso per risanare le zone costiere paludose e dedicare le aree così ricavate alla coltivazione agricola, anche di tipo intensivo. Questo fenomeno, oltre a modificare tutto il regime dei piccoli corsi d’acqua costieri ed il ciclo delle acque in genere, ha comportato cambiamenti nel trasporto solido verso il mare e nell’immissione nell’ambiente di elementi nutritivi.

Le maggiori concentrazioni delle coltivazioni agricole si hanno nella zona compresa tra Piombino e Follonica (Valle del Cornia), nella piana compresa tra la foce del Bruna e dell’Ombrone Grossetano e nei pressi dell’Albegna.

Nel tratto settentrionale della costa toscana, invece, non si hanno grandi estensioni coltivate, ma prevalgono, talvolta, sistemi di coltura intensiva in serra. Nel tratto versiliese - pisano questa tipologia risulta particolarmente sviluppata e, nonostante le aree dedicate non siano paragonabile a quelle maremmane, a causa della diversa pratica agricola, l’impatto che queste coltivazioni possono avere sulle risorse idriche, sia come prelievo ed uso delle acque che come immissioni inquinanti, è notevole.

Un fenomeno che desta una certa preoccupazione nella zona costiera è l’intrusione salina, cioè la penetrazione di acqua salata in falde idriche costiere comunicanti con il mare, a causa dell’eccessivo prelievo.

## 4 I FATTORI DI ALTERAZIONE

### 4.1 GLI APPORTI FLUVIALI

I quantitativi trasportati dai corsi d'acqua al mare sarebbero l'elemento fondamentale per completare il quadro di tutti gli apporti inquinanti, provenienti o no dalle attività antropiche, immessi nelle acque costiere. Per condurre una corretta analisi, quindi, è condizione fondamentale possedere almeno una stima dei carichi dei principali fiumi, tralasciando quelli di limitata capacità, anche se talvolta importanti qualitativamente e se considerati complessivamente.

Però, la rete idrologica di misurazione delle portate fluviali è ancora assai lontana dall'essere completata, così come prevedrebbe lo stesso D.Lgs 152/99, ed attualmente esistono dati affidabili e disponibili solo per il fiume Arno, limitando, così, la nostra analisi al calcolo del carico fluviale di questo unico, seppur il principale, fiume della Toscana.

I dati di portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) vengono rilevati giornalmente dal Servizio Idrografico e Mareografico Regionale presso la stazione automatica di S. Giovanni alla Vena, località del comune di Vicopisano (PI) ad Est della città di Pisa, posta a circa 2,5 km di distanza dalla foce dell'Arno. Questa localizzazione è considerata idonea per valutare la portata a chiusura di bacino, pur non essendo nelle immediate vicinanze della foce, in quanto da questo punto in poi il corso dell'Arno è considerato pensile, cioè è situato ad un livello più elevato del territorio che attraversa e non può, ovviamente, ricevere altri apporti. Inoltre, la distanza dal mare evita i problemi di intrusione delle acque marine in risalita, che potrebbero far variare la misurazione idrologica.

I dati di concentrazione, rilevati dall'ARPAT (Dipartimento di Pisa), sono relativi a due punti di campionamento posti nelle immediate vicinanze della stazione idrologica: uno leggermente a monte presso Calcinaia e l'altro presso lo stesso S. Giovanni alla Vena. Abbiamo scelto di utilizzare 2 gruppi di dati qualitativi, in quanto la stazione di Calcinaia è campionata fin dal 1990, mentre l'altra è stata istituita solo a partire dal 1995.

Per poter calcolare i carichi, avendo dati idrologici e chimici campionati con frequenza assai diversa (giornaliera per 10 anni i primi e meno che mensile i secondi), abbiamo dovuto calcolare delle medie mensili. Inoltre, dato che lo scopo principale dell'indicatore è di vedere in che modo la pressione delle sostanze inquinanti vari nel confronto temporale tra 1991 e 2000, abbiamo riferito i dati chimici ad un andamento medio delle portate fluviali dal 1990 al 2000, evitando la variabilità dovuta a differenti regimi tra i due periodi.

Tra l'altro, come dimostra la Figura 4, l'andamento stagionale dell'Arno, fiume a regime torrentizio, ha una sua regolarità mantenuta in quasi tutti gli anni esaminati e l'andamento interpolato è ben rappresentativo di questa struttura stagionale.

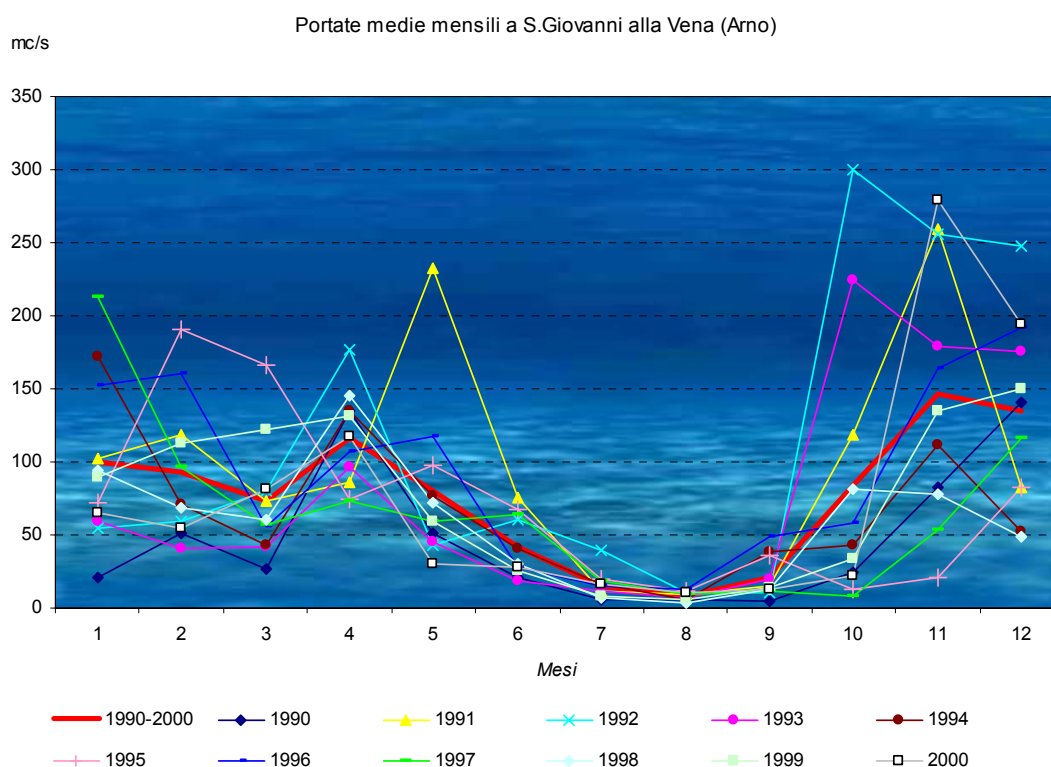


Figura 4 – Andamento temporale della portata (medie mensili) del fiume Arno a S. Giovanni alla Vena dal 1990 al 2000 e andamento medio 1990-2000 – dati Regione Toscana

Quindi, riassumendo:

1. dai dati giornalieri di portata, abbiamo calcolato le portate medie mensili del periodo 1990-2000
2. abbiamo moltiplicato i dati mensili, rispettivamente del 1991, del 2000 e della media tra 1991 e 2000, di concentrazione di COD, Azoto (come somma di nitriti, nitrati ed ammonio) e Fosforo (dati di ortofosfati o fosforo totale) per le medie mensili di portata;
3. il carico istantaneo mensile (in kg/s), così ottenuto al punto precedente, è stato moltiplicato per i secondi contenuti in ogni mese, ottenendo il carico complessivo mensile (in tonn/mese);
4. infine, il carico fluviale annuale (t/anno) è la somma dei carichi complessivi dei 12 mesi;
5. per trasformare il COD in AbEq abbiamo usato la seguente equazione

$$1 \text{ AbEq} = 130 \text{ g/giorno di COD} = 47.45 \text{ kg/anno COD}$$

Dal punto di vista trofico si vede (Tabella 3) come l'Arno da solo apporta una quantità di azoto (circa 10mila tonnellate all'anno) pari quasi a tutto quello stimato proveniente dai comuni costieri toscani, poco oltre le 13mila t/anno (Tabella 8). Se consideriamo, poi, che questa quantità viene sversata in un ben determinato punto del litorale, dove la circolazione delle correnti ed i fattori climatici e geomorfologici non consentono una grande dispersione del pennacchio fluviale (vedi par. 2.2), possiamo capire quanto ciò influisca sulle caratteristiche delle acque marine.

Le quantità di fosforo, invece, sono paragonabili a quanto viene prodotto dai comuni limitrofi alla foce: Pisa e S. Giuliano Terme insieme superano le 540 t/anno, mentre l'Arno ne trasporta da 400 a 600 t/anno.

Tabella 3 – Carichi fluviali dell'Arno alle stazioni di prelievo di Calcinaia e S. Giovanni alla Vena nel 1991, nel 2000 e mediati nel periodo 1991-2000

Periodo	Stazione	COD t/anno	Carico Organico AbEq	Azoto t/anno	Fosforo t/anno
1990-2000	Calcinaia	64'718	1'363'922	9'657	462
1995-2000	S. Giovanni alla Vena	61'219	1'290'181	10'057	411
1991	Calcinaia	66'898	1'409'867	8'040	431
1991	S. Giovanni alla Vena	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2000	Calcinaia	58'485	1'232'553	10'023	601
2000	S. Giovanni alla Vena	59'878	1'261'926	10'683	553

Possiamo, poi, confrontare i carichi da noi calcolati con quelli potenziali, sia trofici che organici, calcolati, per il bacino dell'Arno e per gli altri fiumi che sboccano a mare in Toscana (dati ARPAT – CTN\_AIM), con la stessa metodologia utilizzata in questo lavoro.

Il dato più interessante, però, è quello che risulta dal confronto del carico organico (in AbEq) che ha l'Arno alla foce rispetto a quanto ipotizzato che gli possa arrivare dai carichi organici potenziali civili e industriali, dopo che questi stessi sono stati depurati.

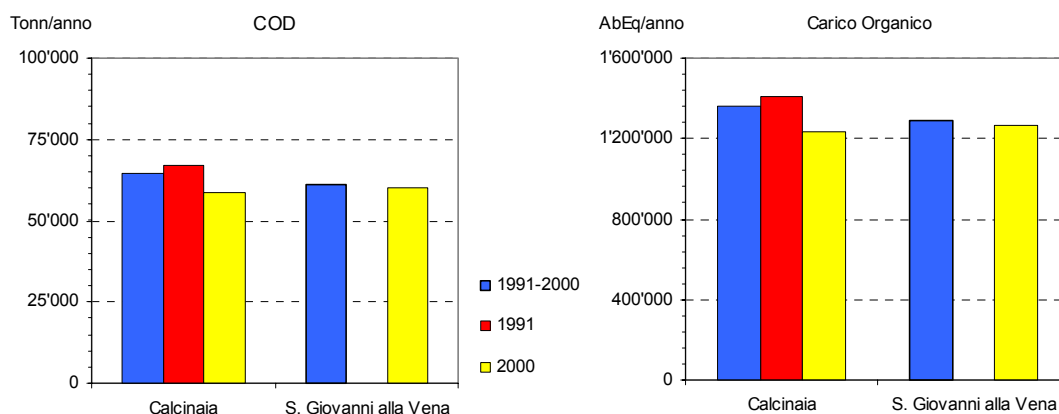


Figura 5 – Carico di sostanza organica, come COD (a sinistra) e come AbEq (a destra), del fiume Arno presso le stazioni di Calcinaia e S. Giovanni alla Vena nel 1991, nel 2000 e come media del periodo 1991-2000

Il calcolo di questo “Bilancio depurativo” ci presenta un deficit stimato, per l'anno 2000, in 1'215'383 AbEq, senza contare che gli impianti di trattamento delle acque non hanno mai percentuali di abbattimento completo delle quantità in ingresso (al massimo si arriva al 90%) e, quindi, i loro scarichi costituiscono un ulteriore carico per il fiume.

Inoltre, nel Bilancio, non sono compresi, per ovvie ragioni, i carichi organici prodotti dal settore zootecnico, che per l'Arno nel 2000 ammontano a quasi 700mila AbEq e che, secondo il CNR-IRSA (Quaderno 90, 1991), arrivano realmente alle acque solo in minima parte (5%).

Pertanto, se al deficit depurativo aggiungiamo una percentuale del 10-15% sul carico trattato e depurato, cioè oltre 600'000 AbEq, e quello che viene immesso dalla zootecnia, in

pratica non più di 35mila AbEq, otteniamo un carico organico complessivo in arrivo all'Arno di quasi 1'900'000 AbEq: il carico che il fiume porta a mare è di quasi 1'300'000 AbEq, cioè la gran parte di quello che gli viene immesso, riuscendo, probabilmente, ad autodepurarsi per 1/3 del carico.

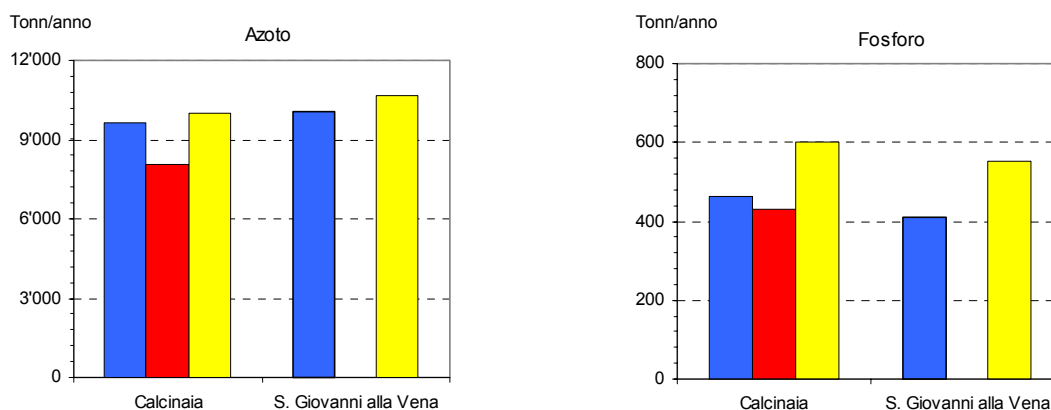


Figura 6 – Carico totale di azoto (a sinistra) e fosforo (a destra) del fiume Arno presso le stazioni di Calcinaia e S. Giovanni alla Vena nel 1991, nel 2000 e come media del periodo 1991-2000

Invece, se proviamo ad utilizzare lo stesso criterio per i nutrienti, ci troviamo di fronte alla difficoltà di quantificare esattamente quanta parte possa essere quella trasferita dalle fonti potenziali al fiume, non avendo dati disponibili in tal senso.

Comunque, resta il fatto che, almeno per il fosforo, sembra improbabile che le quantità generate possano essere abbattute da impianti di depurazione o da altri trattamenti al punto di diminuire di circa 20 volte, cioè di essere assimilabili al carico immesso in mare. Infatti, se per la sostanza organica i tempi di degradazione e/o di sedimentazione sono tali da non essere compatibili con un assorbimento totale delle enormi quantità immesse nel fiume, per i nutrienti e, soprattutto, per il fosforo, elemento spesso limitante negli ecosistemi acquatici e con velocità di riciclo molto elevate, esiste una certa possibilità che il fiume da solo ne riesca ad utilizzare la quasi totalità, scaricando in mare solo una minima parte di eccedenza.

Tabella 4 – Carichi organici potenziali e trofici dei principali fiumi toscani che sfociano in mare

Bacino	Carico organico potenziale AbEq		Carico di Azoto t/anno		Carico di Fosforo t/anno	
	1990-91	2000	1990-91	2000	1990-91	2000
Serchio	1'031'368	941'152	4'363	3'569	1'539	1'164
Arno	8'417'030	7'477'779	42'977	34'950	17'461	13'496
Cecina	160'294	114'169	2'393	1'874	1'200	959
Cornia	91'141	78'110	1'212	1'014	585	478
Bruna	138'252	86'791	1'505	1'168	707	547
Ombrone	1'578'029	1'157'308	19'245	14'909	9'462	7'382
Albegna	300'114	220'219	3'658	2'934	1'797	1'478

(elaborazione su dati ISTAT e Regione Toscana)

Se proviamo a trasferire il risultato ottenuto per l'Arno, in termini di carico organico fluviale corrispondente a 2/3 del potenziale depurato ed a non più del 20% del totale, possiamo stimare, in modo del tutto approssimativo nei valori assoluti, ma, probabilmente, abbastanza congruo nell'ordine di grandezza delle quantità in gioco, i carichi degli altri fiumi toscani.

Da questa estrapolazione, risulterebbe che (Tabella 5), relativamente all'anno 2000, il peso dei carichi fluviali sul tratto di costa considerato varia in modo diverso rispetto alle dimensioni del bacino e cambiano in maniera significativa le pressioni esaminate a livello comunale solo nel caso di Arno, Serchio ed Ombrone. Di questo fatto non si può non tenere conto nella discussione dei dati complessivi degli apporti antropici.

*Tabella 5 – Stima dei carichi fluviali organici e della loro importanza rispetto ai carichi comunali*

Bacino	Carico organico potenziale AbEq	Carico fluviale stimato <sup>1</sup> AbEq	Carico potenziale dei comuni costieri <sup>2</sup> AbEq	Carico comunale / Carico fluviale %
Serchio	941'152	188'230	77'234	41
Arno	7'477'779	1'495'556	251'911	17
Cecina	114'169	22'834	61'804	271
Cornia	78'110	15'622	67'127	430
Bruna	86'791	17'358	24'275	140
Ombrone	1'157'308	231'462	236'746	102
Albegna	220'219	44'044	147'030	334

(elaborazione su dati ISTAT e Regione Toscana)

In pratica, rispetto a quanto esposto a proposito dei carichi organici potenziali e dei carichi trofici, si ha che i carichi di Serchio ed Arno, che rappresentano oltre l'80% degli apporti fluviali così stimati, insistono su un tratto di costa già fortemente interessato da pressioni: tra Livorno e Viareggio si concentrano carichi organici per oltre 1/3 del totale costiero e trofici per circa 1/5. L'Ombrone, d'altra parte, incide, per la maggior parte, sul litorale di Grosseto che è secondo solo a Pisa e Livorno per abitanti equivalenti e di gran lunga il comune con il maggior apporto di nutrienti.

Quindi, per i tre maggiori fiumi si tratta di aggiungere pressione a zone già "sufficientemente stressate", mentre il resto del litorale toscano non sembra soffrire di ulteriori carichi significativi.

## 4.2 SCARICHI E DEPURAZIONE

E' da considerare che in Toscana gli scarichi diretti in mare, o nel tratto terminale di corsi d'acqua nelle immediate vicinanze del mare, sono per la massima parte sottoposti a trattamento depurativo; al fine di identificare la tipologia e l'entità degli apporti si ritiene pertanto opportuno indicare tutti i depuratori presenti in ciascun comune costiero.

<sup>1</sup> la stima è stata riferita ai 2/3 del carico potenziale

<sup>2</sup> i comuni costieri considerati sono quelli di pertinenza della sola area foceale e, al massimo, due comuni per ciascun bacino

Bisogna tener presente altresì che i valori reali dei carichi depurati sono mediamente molto al di sotto di quelli potenziali, in quanto questi ultimi sono previsti per sopportare i forti aumenti sporadici che possono verificarsi soprattutto nel periodo di massimo afflusso turistico.

I dati sono stati raggruppati per comune e per provincia in ordine Nord - Sud, con la sola eccezione dei comuni facenti parte dell'Arcipelago Toscano, che sono stati raggruppati nella parte finale della tabella.

Tabella 6 - Potenzialità depurative dei comuni costieri toscani (aggiornamento al 2001)

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq. di progetto      serviti	
MS	Carrara	Bergiola	fanghi attivi	f. Canale (Frigido)	600	472
MS	Carrara	Castelpoggio	fanghi attivi	T. Parmignola	600	600
MS	Carrara	Colonnata	fanghi attivi	T. Carrione	500	322
MS	Carrara	Fontia	fanghi attivi	T. Carrione	320	200
MS	Carrara	Fossa Maestra	fanghi attivi	T. Parmignola	65'000	25'000
<b>MS</b>	<b>Carrara</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>67'020</b>	<b>26'594</b>
MS	Massa	Lavello	fanghi attivi	T. Lavello	93'600	64'000
MS	Massa	Querce	fanghi attivi	F. Frigido	50'000	50'000
MS	Massa	Forno	fanghi attivi	F. Frigido	800	600
MS	Massa	Casette	fanghi attivi	f. Bastera	800	600
MS	Massa	Antona	fanghi attivi	f. Antona	600	450
MS	Massa	Altagnana	fanghi attivi	f. Altagnana	600	450
MS	Massa	Resceto	fanghi attivi	f. Tambura	250	200
<b>MS</b>	<b>Massa</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>146'650</b>	<b>116'300</b>
MS	Montignoso	Cinquale	fanghi attivi	T. Cinquale	200	200
<b>MS</b>	<b>Totale prov.le</b>				<b>213'870</b>	<b>143'094</b>
LU	Camaione	Lido Camaione	fanghi attivi	f. Lama (Motrone)	50'000	19'600
LU	Camaione	Capoluogo	fanghi attivi	Rio Camaione (Abate)	18'000	12'000
LU	Camaione	Secco	fanghi attivi	f. del Teso (Motrone)	8'000	8'000
LU	Camaione	Capezzano	fanghi attivi	f. Argin Vecchio (Motrone)	2'000	1'800
LU	Camaione	S. Lucia	fanghi attivi	in dismissione	500	
LU	Camaione	Monteggiori	fanghi attivi	in dismissione	500	
LU	Camaione	Gombitelli	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	Fibbiano	fanghi attivi	F. Serchio	500	
LU	Camaione	Valpronaro	fanghi attivi	T. Freddana (Serchio)	500	
LU	Camaione	Fibbialla	fanghi attivi	F. Serchio	500	
<b>LU</b>	<b>Camaione</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>81'000</b>	<b>41'400</b>
LU	Forte dei Marmi	Capoluogo	fanghi attivi	f. Fiumetto	10'000	2'500
LU	Pietrasanta	Pollino	fanghi attivi	f. Fornazione (Motrone)	80'000	30'000
LU	Pietrasanta	Valdicastello	fanghi attivi	fosso (Motrone)	1'000	
<b>LU</b>	<b>Pietrasanta</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>81'000</b>	
LU	Viareggio	Capoluogo	fanghi attivi	f. Faravola (Burlamacca)	83'000	54'000
<b>LU</b>	<b>Totale prov.le</b>				<b>255'000</b>	<b>127'900</b>
PI	Pisa	La Fontina	fanghi attivi	F. Morto	30'000	25'000
PI	Pisa	S. Iacopo	fanghi attivi	F. Morto	35'000	25'000
PI	Pisa	Tirrenia	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	35'000	5'000
PI	Pisa	Marina di Pisa	fanghi attivi	f. Lamone (Navicelli)	10'000	5'000
PI	Pisa	Oratoio	fanghi attivi	f. Stecchi (Navicelli)	10'000	10'000
<b>PI</b>	<b>Pisa</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>120'000</b>	<b>70'000</b>
PI	S. Giuliano Terme					
PI	Vecchiano	Migliarino	sedimentazione	L. Massaciuccoli	3'000	250
PI	Vecchiano	Capoluogo	fanghi attivi	L. Massaciuccoli	9'000	8'500
<b>PI</b>	<b>Vecchiano</b>	<b>Totale comunale</b>			<b>12'000</b>	<b>8'750</b>

<sup>1</sup> In questa colonna vengono riportati i corpi idrici nei quali recapitano direttamente i depuratori (o la località sulla costa se diretto in mare) e, se diversi, quelli che veicolano i carichi in mare, indicati tra parentesi, con le seguenti: b. = botro; c. = canale; em. = emissario; F. = fiume; f. = fosso; L. = lago; l. = laguna; T. = torrente

CONTROLLO E TUTELA DELLE ACQUE COSTIERE IN TOSCANA

Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. di progetto	Eq. serviti
<b>PI</b>	<b>Totale prov.le</b>				<b>132'000</b>	<b>78'750</b>
LI	Bibbona	La California	fanghi attivi	f. della Madonna	35'000	3'000
LI	Castagneto C.cci	Marina Castag.	fanghi attivi	f. di Bolgheri	41'000	6'000
LI	Castagneto C.cci	Fontanelle	fanghi attivi	f. dei Mulini (Bolgheri)	2'000	1'300
LI	Castagneto C.cci	Bolgheri	fanghi attivi	b. Fornaci	400	250
<i>LI</i>	<i>Castagneto C.cci</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>43'400</i>	<i>7'550</i>
LI	Cecina	Marina di Cecina	fanghi attivi	f. Nuovo	38'500	25'000
LI	Cecina	Pacchione	fanghi attivi	f. degli Impiccati*	500	150
<i>LI</i>	<i>Cecina</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>39'000</i>	<i>25'150</i>
LI	Livorno	Livorno Rivellino	fanghi attivi	zona portuale (mare)	239'000	160'000
LI	Livorno	Quercianella	fanghi attivi	T. Chioma	5'000	1'500
LI	Livorno	Livorno Paduletta	fanghi attivi	f. della Botticina (zona portuale)	5'000	4'000
<i>LI</i>	<i>Livorno</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>249'000</i>	<i>165'500</i>
LI	Piombino	Ferriera	Fanghi attivi	P.ta Semaforo (mare)	50'000	20'000
LI	Piombino	Loc. Salivoli	grigliatura	Salivoli (mare)	20'000	13'000
LI	Piombino	Montegemoli	Fanghi attivi	f. Corniaccia	2'000	1'600
LI	Piombino	Populonia Staz.	Fanghi attivi	f. Allacciante	1'000	1'000
LI	Piombino	Riotorto	Fanghi attivi	f. Corniaccia Nord	2'000	2'000
<i>LI</i>	<i>Piombino</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>75'000</i>	<i>37'600</i>
LI	Rosignano M.mo	Rosignano S.	fanghi attivi	zona spiaggia Solvay	60'000	20'000
LI	Rosignano M.mo	Castelnuovo M.	fanghi attivi	f. San Giorgio (Fine)	2'000	1'000
LI	Rosignano M.mo	Gabbro	fanghi attivi	b. Sanguigna (Fine)	2'000	1'000
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	300	300
LI	Rosignano M.mo	Nibbiaia	filtri percolatori	f. di campagna (Fine)	800	800
<i>LI</i>	<i>Rosignano M.mo</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>65'400</i>	<i>25'400</i>
LI	San Vincenzo	Guardamare	Fanghi attivi	b. ai Marmi	20'000	10'000
LI	San Vincenzo	La Valle	Fanghi attivi	Punta Sud (mare)	18'000	9'000
LI	San Vincenzo	San Carlo	Fanghi attivi	f. delle Rozze	500	300
LI	San Vincenzo	Zona Industriale	Fanghi attivi	b. del Bufalone	150	100
<i>LI</i>	<i>S. Vincenzo</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>38'650</i>	<i>19'400</i>
<b>LI</b>	<b>Totale prov.le</b>				<b>510'450</b>	<b>280'600</b>
GR	Capalbio	Acqua Salsa	Fanghi attivi	f. della Carige (Chiarone)	1'500	1'500
GR	Capalbio	Borgo Carige	Fanghi attivi	f. della Carige (Chiarone)	4'000	3'979
GR	Capalbio	Capalbio	Fanghi attivi	vari fossi (L. Burano)	600	156
GR	Capalbio	Capalbio Scalo	Fanghi attivi	f. Melone (L. Burano)	1'000	602
GR	Capalbio	Chiarone	Fanghi attivi	F. Chiarone	500	400
GR	Capalbio	Poggetti	Fanghi attivi	F. Chiarone	60	60
GR	Capalbio	Selva nera	Fanghi attivi	F. Chiarone	35	35
GR	Capalbio	Pescia Fiorentina	Imhoff	sub irrigazione	50	32
GR	Capalbio	Torba		c. Tagliata (L. Burano)	1'000	40
<i>GR</i>	<i>Capalbio</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>8'745</i>	<i>6'804</i>
GR	Cast. Pescaia	Buriano		f. Rigo (Bruna)	32	32
GR	Cast. Pescaia	Le Paludine	fanghi attivi	f. La Valle (Bruna)	35'000	10'000
GR	Cast. Pescaia	Punta Ala	fanghi attivi	Punta Ala (mare)	300	300
GR	Cast. Pescaia	Tirli		f. Zeva	200	200
GR	Cast. Pescaia	Vetulonia		vari fossi (Bruna)	300	300
<i>GR</i>	<i>Cast. Pescaia</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>35'832</i>	<i>10'832</i>
GR	Follonica	Campo Cangiolo	fanghi attivi	c. Solmine	104'000	21'060
GR	Grosseto	Alberese	Biologico	f. Seccatore (Ombrone)	1'184	1'184
GR	Grosseto	Batignano	Biologico	f. Salica (Ombrone)	1'000	732
GR	Grosseto	Braccagni	biologico	f. La Laura (Bruna)	1'000	1'077
GR	Grosseto	S. Giovanni	Biologico	f. Razzo (Ombrone)	100'000	57'000
GR	Grosseto	Istia d'Ombrone	Fanghi attivi	f. Sellari (Ombrone)	6'000	1'694
GR	Grosseto	Marina Grosseto	Percolatore	em. S. Rocco	25'000	3'100
GR	Grosseto	Montepescali		vari fossi (Bruna)	336	336
GR	Grosseto	Principina a Mare	fanghi attivi	f. Razzo (Ombrone)	5'000	187
GR	Grosseto	Rispeccia		f. Rispeccia (Ombrone)	1'000	1'000
GR	Grosseto	Roselle	Percolatore	c. Molla (mare)	6'000	2'305
<i>GR</i>	<i>Grosseto</i>	<i>Totale comunale</i>			<i>146'520</i>	<i>68'615</i>
GR	Magliano	Magliano	sedimentatore	vari fossi	1'000	880



Prov.	Comune	Depuratore	Tipo	Recettore diretto <sup>1</sup>	Ab. Eq. di progetto      serviti	
GR	Magliano	Montiano	imhoff	F. Osa	500	465
GR	Magliano	Pereta	fitodepurazione		250	230
GR	Magliano	Totale comunale			1'750	1'575
GR	Monte Argentario	Terrarossa	fanghi attivi	l. Orbetello (mare)	30'000	20'000
GR	Orbetello	Albinia	fitodepurazione	Suolo	4'600	4'600
GR	Orbetello	Ansedonia	imhoff e fito dep	Suolo	300	300
GR	Orbetello	Fonteblanda	fanghi attivi	f. Fonteblanda (mare)	4'000	1'350
GR	Orbetello	Giannella	dep Terrarossa		1'000	1'000
GR	Orbetello	Neghelli	fanghi attivi	l. Orbetello	15'000	9'000
GR	Orbetello	Quattro strade	fanghi attivi	piccoli fossi	200	200
GR	Orbetello	Talamone	fanghi attivi	Talamone	450	450
GR	Orbetello	Totale comunale			25'550	16'900
GR	Scarlino	Le Case	fanghi attivi	c. Allacciante	50	50
GR	Scarlino	Puntone	fanghi attivi	c. Solmine	400	400
GR	Scarlino	Scarlino	fanghi attivi	f. Fontino (Allacciante)	700	700
GR	Scarlino	Scarlino Scalo	fanghi attivi	c. Allacciante	800	800
GR	Scarlino	Totale comunale			1'950	1'950
GR	Totale prov.le				354'347	147'736
LI	Campo nell'Elba	Marina di campo	fanghi attivi - condotta sottom.	Golfo di Campo	20'000	
LI	Campo nell'Elba	Fetovaia	condotta sottom.	Fetovaia	1	
LI	Campo nell'Elba	Seccheto	condotta sottom.	Seccheto	2	
LI	Campo nell'Elba	loc. Bonalaccia	fanghi attivi	f. della Galea	2'000	
LI	Campo nell'Elba	Totale comunale			22'000	
LI	Capoliveri	Lacona-Margidore	Fanghi attivi condotta sottom.	Golfo di Lacona	4'500	
LI	Capoliveri	Lido	condotta sottom.		8	
LI	Capoliveri	Naregno	condotta sottom.		8	
LI	Capoliveri	loc. Vaccarelle	fanghi attivi	f. dei Salici	4'600	
LI	Capoliveri	Totale comunale			9'100	
LI	Capraia Isola	Capraia isola	fanghi attivi		5'500	100
LI	Marciana	loc. Costarella	fanghi attivi	f. Pedalta	1'500	
LI	Marciana	Chiessi	fanghi attivi	f. Gnaccarina	800	
LI	Marciana	Pomonte	condotta sottom.	Pomonte	8	
LI	Marciana	Procchio	condotta sottom.	Procchio	7'000	500
LI	Marciana	S. Andrea	condotta sottom.	S. Andrea	8	
LI	Marciana	Poggio	fanghi attivi	f. Nevera	1'500	
LI	Marciana	Totale comunale			10'800	500
LI	Marciana Marina	Capoluogo	condotta sottom.	porto	8	
LI	Porto Azzurro	Capoluogo	fanghi attivi	porto	20'000	
LI	Portoferraio	loc. Grigolo	condotta sottom.		8	
LI	Portoferraio	Bonalaccia	fanghi attivi	mare	2'000	
LI	Portoferraio	Schiopparello	fanghi attivi	f. Fabbrello	2'000	850
LI	Portoferraio	Totale comunale			4'000	850
LI	Rio Marina	Capoluogo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	loc. Cavo	condotta sottom.		8	
LI	Rio Marina	Totale comunale				
LI	Rio nell'Elba	loc. Padreterno	fanghi attivi	Rio Ortano	4'000	3'000
GR	Isola del Giglio	Campese	condotta a mare		120	120
GR	Isola del Giglio	Giglio Castello	fanghi attivi	a dispersione	1'000	650
GR	Isola del Giglio	Giglio Porto	condotta a mare		1'000	780
GR	Isola del Giglio	Totale comunale			2'120	1'550
Totale Arcipelago					77'520	6'000
Totale regionale					1'543'187	784'080

(elaborazione su dati ARPAT e Regione Toscana)

<sup>1</sup> le condotte sottomarine sono state conteggiate, anche se non si tratta di un impianto di depurazione “sensu strictu” e delle quali non sono disponibili i dati di carichi trattati, in quanto la L.R.T. 5/86 regola il loro utilizzo per veicolare a mare scarichi parzialmente trattati

### 4.3 APPORTI DI TIPO DIFFUSO

Per fornire un quadro completo delle pressioni che insistono sulla fascia costiera si presentano i dati dei carichi organici potenziali (in AbEq) e dei carichi trofici di Azoto e Fosforo prodotti a livello di ogni singolo comune dai diversi settori.

Tabella 7 - Carico organico potenziale dei comuni costieri toscani nel 2000)

Prov.	Comune	Carico organico potenziale (AbEq)			
		Civile	Industriale	Zootecnico	Totale
MS	Carrara	65'589	38'440	693	104'722
MS	Massa	72'174	64'581	1'701	138'456
MS	Montignoso	10'111	5'354	664	16'129
MS	<i>Totale provinciale</i>	<i>147'875</i>	<i>108'375</i>	<i>3'058</i>	<i>259'308</i>
LU	Forte dei Marmi	9'876	4'827	80	14'782
LU	Pietrasanta	25'872	16'585	1'735	44'191
LU	Camaione	32'087	20'834	2'914	55'835
LU	Viareggio	61'717	57'863	2'283	121'863
LU	<i>Totale provinciale</i>	<i>129'551</i>	<i>100'108</i>	<i>7'011</i>	<i>236'671</i>
PI	Vecchiano	11'452	6'710	4'772	22'934
PI	San Giuliano Terme	30'243	18'302	5'753	54'299
PI	Pisa	96'131	137'735	18'045	251'911
PI	<i>Totale provinciale</i>	<i>137'827</i>	<i>162'747</i>	<i>28'571</i>	<i>329'145</i>
LI	Livorno	162'140	121'209	2'396	285'745
LI	Rosignano Marittimo	31'785	100'948	6'583	139'316
LI	Cecina	28'169	15'313	1'264	44'746
LI	Bibbona	5'032	4'482	7'544	17'058
LI	Castagneto Carducci	10'126	7'863	5'895	23'884
LI	San Vincenzo	8'385	5'822	1'406	15'613
LI	Piombino	35'826	24'305	6'996	67'127
LI	<i>Totale provinciale</i>	<i>281'463</i>	<i>279'942</i>	<i>32'085</i>	<i>593'489</i>
GR	Follonica	22'775	20'065	1'129	43'969
GR	Scarlino	3'313	14'927	5'292	23'532
GR	Castiglione d. Pescaia	10'823	5'407	8'045	24'275
GR	Grosseto	75'257	52'063	109'426	236'746
GR	Magliano in Toscana	3'803	1'302	62'772	67'876
GR	Orbetello	17'718	17'902	43'533	79'154
GR	Monte Argentario	13'367	6'396	-	19'763
GR	Capalbio	4'102	3'993	42'246	50'341
GR	<i>Totale provinciale</i>	<i>151'159</i>	<i>122'055</i>	<i>272'443</i>	<i>545'657</i>
LI	Capraia Isola	442	400	90	932
LI	Portoferraio	13'822	6'967	323	21'112
LI	Marciana Marina	2'288	902	30	3'220
LI	Marciana	2'982	1'290	4	4'276
LI	Campo nell'Elba	6'120	2'748	195	9'063
LI	Capoliveri	5'698	1'130	22	6'850
LI	Porto Azzurro	3'954	1'423	540	5'917
LI	Rio Marina	2'651	1'779	38	4'467
LI	Rio nell'Elba	1'315	105	-	1'420
GR	Isola del Giglio	1'827	1'029	382	3'238
	<i>Arcipelago Toscano</i>	<i>41'098</i>	<i>17'772</i>	<i>1'625</i>	<i>60'495</i>
	<b>Totale regionale</b>	<b>888'973</b>	<b>790'998</b>	<b>344'793</b>	<b>2'024'763</b>

(elaborazione su dati ISTAT e Regione Toscana)

Tabella 8 - Carichi trofici di Azoto (N) e di Fosforo (P) in t/anno nei comuni costieri: anno 2000

Prov. Comune	Carico trofico di Azoto (t/anno)					Carico trofico di Fosforo (t/anno)				
	Civile	Industr.	Zootecn.	Agricolt.	Totale	Civile	Industr.	Zootecn.	Agricolt.	Totale
MS Carrara	295'151	52'500	3'531	22'301	<b>373'484</b>	43'945	4'375	566	12'624	<b>61'510</b>
MS Massa	324'785	56'030	6'825	133'487	<b>521'127</b>	48'357	4'565	1'028	82'509	<b>136'459</b>
MS Montignoso	45'501	4'840	3'977	13'403	<b>67'721</b>	6'775	664	578	8'453	<b>16'469</b>
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>665'437</b>	<b>113'370</b>	<b>14'334</b>	<b>169'191</b>	<b>962'332</b>	<b>99'076</b>	<b>9'604</b>	<b>2'172</b>	<b>103'586</b>	<b>214'438</b>
LU Forte dei Marmi	44'441	2'180	481	2'742	<b>49'844</b>	6'617	577	79	1'772	<b>9'046</b>
LU Pietrasanta	116'422	24'980	10'277	34'978	<b>186'657</b>	17'334	1'635	1'820	22'317	<b>43'105</b>
LU Camaiore	144'392	14'940	17'924	109'314	<b>286'569</b>	21'498	2'047	2'550	69'171	<b>95'267</b>
LU Viareggio	277'725	38'090	10'335	40'746	<b>366'895</b>	41'350	3'945	1'534	26'174	<b>73'004</b>
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>582'980</b>	<b>80'190</b>	<b>39'016</b>	<b>187'780</b>	<b>889'966</b>	<b>86'799</b>	<b>8'204</b>	<b>5'984</b>	<b>119'434</b>	<b>220'422</b>
PI Vecchiano	51'536	4'280	30'305	149'057	<b>235'178</b>	7'673	763	4'258	94'052	<b>106'746</b>
PI San Giuliano Terme	136'095	7'030	34'062	219'289	<b>396'477</b>	20'263	2'000	4'954	140'672	<b>167'889</b>
PI Pisa	432'591	62'120	105'106	469'260	<b>1'069'077</b>	64'408	6'162	14'626	298'042	<b>383'239</b>
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>620'222</b>	<b>73'430</b>	<b>169'474</b>	<b>837'607</b>	<b>1'700'732</b>	<b>92'344</b>	<b>8'926</b>	<b>23'838</b>	<b>532'766</b>	<b>657'874</b>
LI Livorno	729'631	82'840	12'297	63'316	<b>888'083</b>	108'634	10'806	2'021	36'404	<b>157'865</b>
LI Rosignano Marittimo	143'031	28'440	38'690	289'325	<b>499'485</b>	21'296	2'043	5'783	184'378	<b>213'500</b>
LI Cecina	126'759	8'300	8'026	129'751	<b>272'836</b>	18'873	1'773	1'205	82'939	<b>104'789</b>
LI Bibbona	22'645	730	39'754	160'421	<b>223'550</b>	3'372	203	6'015	101'419	<b>111'009</b>
LI Castagneto Carducci	45'565	3'370	41'392	301'365	<b>391'692</b>	6'784	558	5'760	185'599	<b>198'701</b>
LI San Vincenzo	37'734	1'250	9'360	70'459	<b>118'803</b>	5'618	458	1'296	45'130	<b>52'503</b>
LI Piombino	161'217	49'090	44'679	325'797	<b>580'783</b>	24'003	2'313	6'581	208'058	<b>240'956</b>
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>1'266'582</b>	<b>174'020</b>	<b>194'198</b>	<b>1'340'432</b>	<b>2'975'232</b>	<b>188'580</b>	<b>18'155</b>	<b>28'661</b>	<b>843'928</b>	<b>1'079'324</b>
GR Follonica	102'489	7'220	7'925	82'221	<b>199'855</b>	15'260	1'453	1'117	52'503	<b>70'332</b>
GR Scarlino	14'909	3'400	25'566	207'037	<b>250'911</b>	2'220	207	3'804	127'001	<b>133'232</b>
GR Castiglione d. Pescaia	48'702	2'370	41'006	286'928	<b>379'006</b>	7'251	500	5'965	178'408	<b>192'123</b>
GR Grosseto	338'658	27'710	570'066	1'689'427	<b>2'625'861</b>	50'422	4'864	82'337	1'082'403	<b>1'220'026</b>
GR Magliano in Toscana	17'112	320	246'993	912'805	<b>1'177'230</b>	2'548	251	38'014	580'564	<b>621'377</b>
GR Orbetello	79'733	4'340	246'276	603'064	<b>933'413</b>	11'871	1'021	35'117	383'705	<b>431'714</b>
GR Monte Argentario	60'151	3'350	-	25'311	<b>88'812</b>	8'956	875	-	14'480	<b>24'311</b>
GR Capalbio	18'460	1'300	164'116	631'659	<b>815'535</b>	2'749	262	24'810	400'608	<b>428'428</b>
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>680'215</b>	<b>50'010</b>	<b>1'301'947</b>	<b>4'438'452</b>	<b>6'470'624</b>	<b>101'276</b>	<b>9'433</b>	<b>191'163</b>	<b>2'819'671</b>	<b>3'121'543</b>
LI Capraia Isola	1'990	90	367	516	<b>2'964</b>	296	23	56	333	<b>709</b>
LI Portoferraio	62'198	4'570	2'056	33'482	<b>102'306</b>	9'261	804	326	20'472	<b>30'862</b>
LI Marciana Marina	10'294	220	90	1'530	<b>12'134</b>	1'533	127	17	951	<b>2'627</b>
LI Marciana	13'417	310	10	1'600	<b>15'337</b>	1'998	153	2	1'005	<b>3'157</b>
LI Campo nell'Elba	27'539	1'140	1'383	28'221	<b>58'284</b>	4'100	290	200	17'297	<b>21'888</b>
LI Capoliveri	25'643	330	151	9'039	<b>35'162</b>	3'818	212	28	5'132	<b>9'189</b>
LI Porto Azzurro	17'795	360	3'562	5'187	<b>26'904</b>	2'649	230	529	3'172	<b>6'581</b>
LI Rio Marina	11'928	270	234	930	<b>13'362</b>	1'776	152	32	569	<b>2'529</b>
LI Rio nell'Elba	5'916	50	-	3'856	<b>9'821</b>	881	67	-	2'475	<b>3'423</b>
GR Isola del Giglio	8'221	440	2'328	1'983	<b>12'971</b>	1'224	104	408	1'216	<b>2'952</b>
<b>Arcipelago Toscano</b>	<b>184'941</b>	<b>7'780</b>	<b>10'181</b>	<b>86'343</b>	<b>289'245</b>	<b>27'536</b>	<b>2'162</b>	<b>1'597</b>	<b>52'623</b>	<b>83'917</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>4'000'376</b>	<b>498'800</b>	<b>1'729'149</b>	<b>7'059'805</b>	<b>13'288'131</b>	<b>595'612</b>	<b>56'485</b>	<b>253'414</b>	<b>4'472'008</b>	<b>5'377'518</b>

(elaborazione su dati ISTAT e Regione Toscana)

## 5 IL CONTROLLO DELLE ACQUE COSTIERE

### 5.1 NORMATIVE

I controlli delle acque marine costiere sono regolamentati da quattro importanti atti legislativi.

In ordine cronologico il primo è costituito dal D.P.R. 8 giugno 1982, n. 470 “*Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione*”, il secondo riguarda la Legge 31 dicembre 1982, n. 979 “*Disposizioni per la difesa del mare*”, il terzo è costituito dal Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 “*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*”, e infine il quarto riguarda l'articolo 18 della Legge 29 dicembre 2000, n. 422 “*Legge comunitaria 2000*”.

### 5.2 LE ACQUE DI BALNEAZIONE

Il recepimento della direttiva CEE n. 76/160 con il citato D.P.R. n. 470/82 colma una lacuna legislativa in materia igienico-sanitaria delle acque di balneazione interne e marine; non esistevano infatti precedenti normative specifiche, fatte salve le generiche disposizioni del Regio Decreto n. 726/1895 sugli stabilimenti balneari, del Testo Unico delle Leggi Sanitarie del 1934 e della Circolare del Ministero della Salute 400/5/79 del 1979 che, anticipando il D.P.R. citato, contiene le prime disposizioni specificatamente attinenti alla balneazione.

La Regione Toscana anticipa, fin dal 1980, lo spirito del D.P.R. n. 470/82 dando operatività al contenuto della Circolare Ministeriale ed attivando, attraverso i Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale delle Unità Sanitarie Locali, il controllo delle acque di balneazione.

Il Decreto riconosce alle Regioni un ruolo centrale nella gestione del controllo attribuendo ad esse, tra l'altro:

- la competenza di individuare, sulla base delle analisi, le zone idonee o non idonee alla balneazione (art. 4 lettera b),
- la facoltà di richiedere al Ministero della Salute le deroghe ai limiti imposti ad alcuni parametri (art. 4 lettera e),
- l'individuazione dei punti di campionamento (art. 14 lettera a) senza però fissare nessuna modalità operativa.

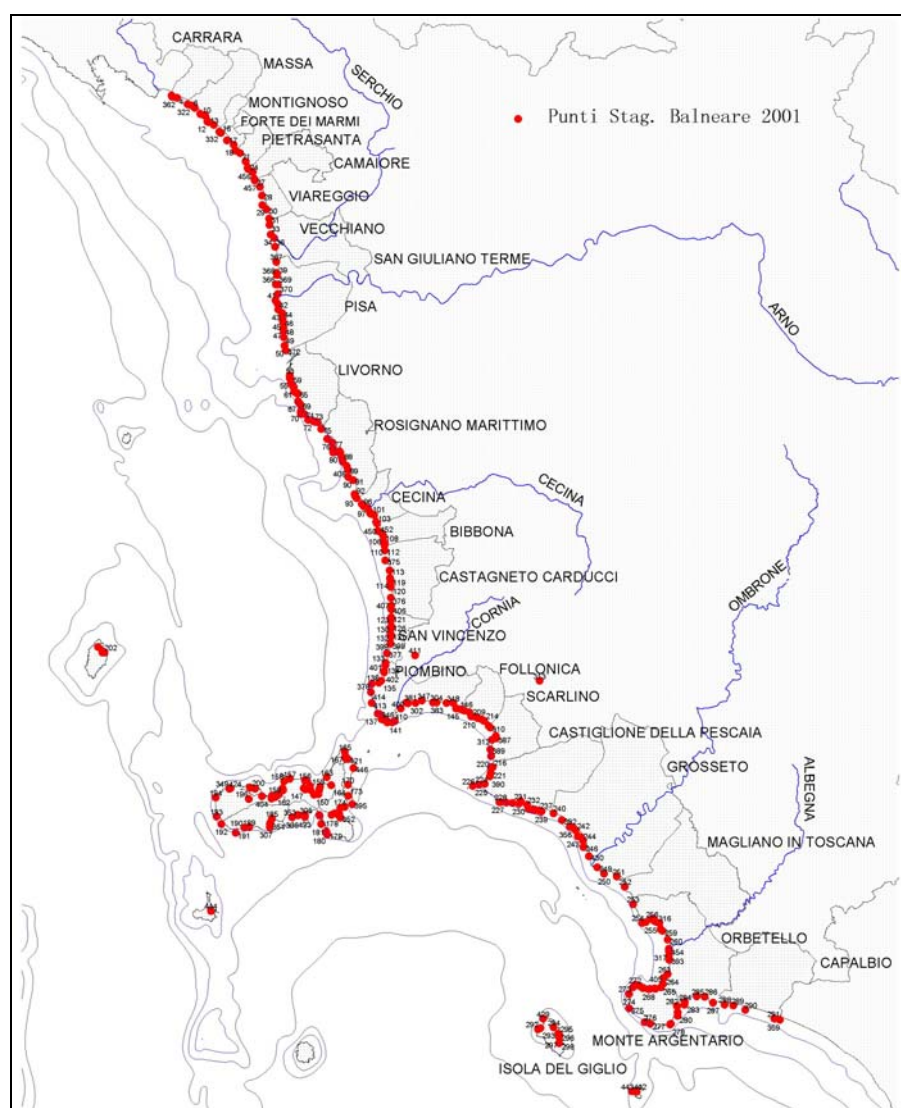
#### 5.2.1 Il piano di monitoraggio

Sulla scorta delle segnalazioni ed in stretta collaborazione con i tecnici delle Unità Sanitarie Locali, che già dal 1970 sottoponevano la costa toscana a controlli periodici, la Regione ha individuato fin dal 1983 circa 300 punti di campionamento lungo i 633 chilometri di costa.

I criteri sui quali si fondò la scelta dei punti furono sostanzialmente:

- densità di popolazione balneare,
- presenza di strutture adibite alla balneazione,
- accessibilità dei luoghi da terra,
- consuetudini balneari della popolazione,
- fonti di possibile inquinamento da terra.

Grazie alla stretta e fattiva collaborazione tra Enti Locali, Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale, prima, e Dipartimenti ARPAT, poi, Regione e Ministero della Salute, i criteri seguiti si sono dimostrati validi, utili e garantistici per la sorveglianza igienico-sanitaria e la tutela della salute.



Prov.	Comune	Punti
MS	Carrara	4
MS	Massa	13
MS	Montignoso	4
LU	Forte dei Marmi	4
LU	Pietrasanta	4
LU	Camaione	3
LU	Viareggio	5
PI	Vecchiano	3
PI	S. Giuliano T.	2
PI	Pisa	16
LI	Livorno	25
LI	Rosignano M.	22
LI	Cecina	10
LI	Bibbona	7
LI	Castagneto C.	13
LI	S. Vincenzo	17
LI	Piombino	28
GR	Follonica	9
GR	Scarlino	8
GR	Castiglione della P.	22
GR	Grosseto	13
GR	Magliano in T.	1
GR	Orbetello	28
GR	Monte Argentario	17
GR	Capalbio	5
LI	Capraia Isola	5
LI	Portoferraio	17
LI	Rio nell'Elba	2
LI	Rio Marina	9
LI	Porto Azzurro	4
LI	Capoliveri	14
LI	Campo nell'Elba	9
LI	Marciana	10
LI	Marciana Marina	3
GR	Isola del Giglio	10
<b>Totale mare</b>		<b>365</b>
LI	Campiglia Marittima	1
GR	Massa Marittima	1
FI	Barberino Mugello	2
FI	Signa	2
<b>Totale regionale</b>		<b>371</b>

Figura 7 - Punti di prelievo per il controllo delle acque di balneazione in Toscana nel 2001 ed elenco dei punti per comune nel 2002

A partire dalla stagione balneare 1995, le Isole di Gorgona e di Pianosa sono state dichiarate permanentemente non balneabili per motivi indipendenti da inquinamento in quanto sedi di colonie penali e perciò non accessibili; ugualmente non balneabile per motivi indipendenti da inquinamento è stata dichiarata l'Isola di Montecristo perché riserva naturalistica integrale. Con Decreto Ronchi del 1998 anche l'Isola di Pianosa, ormai rimossa la colonia penale, è stata dichiarata riserva naturalistica integrale.

Durante la stagione balneare 2002, su 633 chilometri di costa, alla quale concorrono zone inaccessibili per varie ragioni, quali le coste dell'Arcipelago Toscano, del promontorio dell'Argentario, del Parco dell'Uccellina, sono stati controllati 365 punti di balneazione.

I controlli hanno riguardato anche sei punti di balneazione interna, uno sul Laghetto Calidario in comune di Campiglia Marittima (LI), uno sul Lago dell'Accesa in comune di Massa Marittima (GR), due sull'invaso di Bilancino in comune Barberino di Mugello (FI) e due sui laghetti dei Renai in comune di Signa (FI).

Inoltre, a maggior tutela della salute dei bagnanti, ogni anno (dal 1996) vengono effettuati 2 campionamenti non "routinari" (uno ad aprile-maggio ed uno a luglio-agosto), su tutti i tratti normalmente non controllati perché non frequentati ed irraggiungibili: si tratta di zone rocciose, impervie, con scogliere a picco, localizzate su coste incontaminate ed isolate. I parametri monitorati sono gli stessi di quelli dei campionamenti "routinari" ed i prelievi riguardano 74 punti distribuiti su circa 130km di costa (il 75% nelle isole)

*Tabella 9 – Punti di controllo "straordinario" delle acque di balneazione suddivisi per comune*

Comune	Costa non controllata (km)	Punti
Rio Marina	9.0	7
Capoliveri	18.3	11
Campo nell'Elba	15.2	6
Marciana	5.7	3
Marciana Marina	1.1	1
Capraia Isola	20.5	12
Capalbio	4.2	2
Isola del Giglio	22.7	16
Castiglione della Pescaia	5.1	3
Grosseto	1.8	3
Magliano in Toscana	3.6	1
Monte Argentario	11.1	6
Orbetello	3.3	3

Nella Figura 8 viene fornito un esempio (Isola di Capraia) delle zone di costa toscana normalmente non sottoposte a prelievo quindicinale per il controllo delle acque di balneazione e dei punti di controllo non "routinario" effettuato 2 volte a stagione: come si può vedere si tratta di zone dove può essere presente solo qualche imbarcazione di turisti, non essendoci strade che vi conducono, e sono tutte ad una certa distanza da qualsiasi infrastruttura ricettiva. Si può anche notare, invece, come nella zona prospiciente il centro abitato vi siano, oltre al divieto permanente per il porto di Capraia (diagonale blu), 4 zone controllate e risultate sempre idonee alla balneazione (in verde).

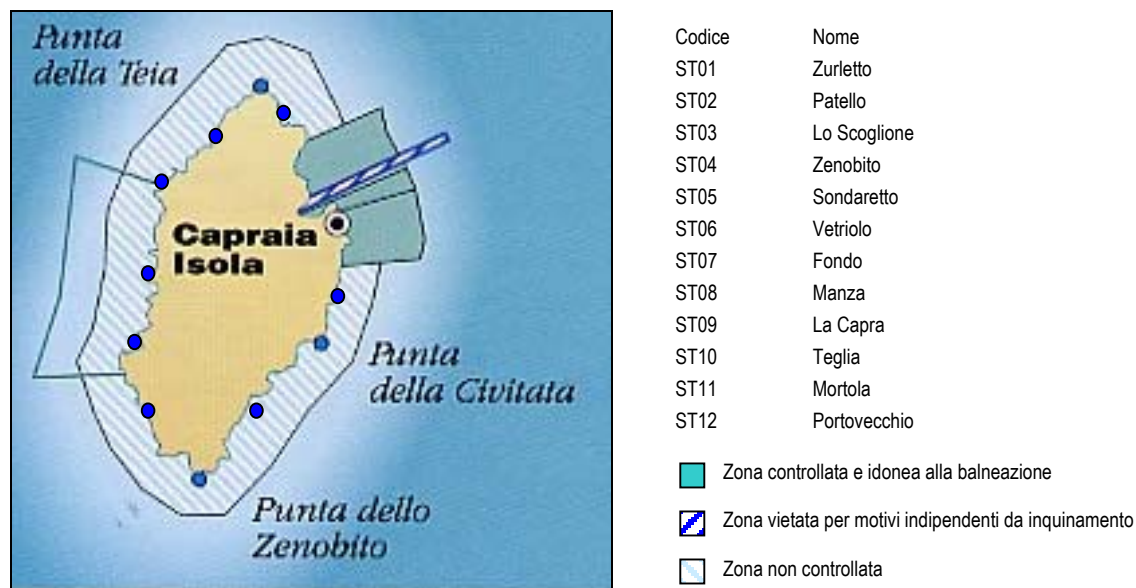


Figura 8- Punti di controllo non “routinario” (●) per le acque di balneazione dell’Isola di Capraia:

### 5.2.2 L’idoneità alla balneazione

La suddetta normativa considera prevalentemente l’aspetto sanitario della questione; in conseguenza di ciò gli 11 parametri da ricercare nelle acque sottoposte ad analisi sono così suddivisi:

- 4 parametri di natura microbiologica (coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, salmonella),
- 7 parametri di natura chimica-fisica (pH, ossigeno disciolto, colorazione, trasparenza, oli minerali, tensioattivi, fenoli).

I prelievi vengono eseguiti ogni 15 giorni nel periodo compreso fra il 1° aprile e il 30 settembre, e per ogni singolo punto di campionamento, i prelievi sono opportunamente distanziati durante il mese.

Ciascun punto di campionamento risulta idoneo alla balneazione, durante la stagione estiva in corso, se tutti i parametri ricercati sono conformi ai valori previsti dal DPR 470/82; se anche un solo parametro risulta non conforme, il punto viene sottoposto a 5 campionamenti suppletivi e, in caso di ulteriore non conformità di almeno 2 di essi, viene emessa ordinanza sindacale di temporanea non idoneità.

Per la determinazione dell’idoneità all’inizio della stagione balneare, ci si riferisce alle analisi effettuate durante l’anno precedente: le acque sono considerate idonee alla balneazione quando hanno avuto il 90% dei campioni in cui tutti i parametri sono rientrati nei limiti di legge (per i microbiologici è sufficiente l’80%) e i casi di non conformità (per colorazione, pH, temperatura, fenoli, oli minerali e sostanze tensioattive) non hanno avuto valori superiori del 50% dei limiti (Tabella 10).

Tutte le percentuali devono essere calcolate solo sul totale dei campioni “routinari” (che sono generalmente 12 a stagione per ogni punto di prelievo).

Il permanere dell'idoneità durante la stagione è garantito dalle condizioni di conformità verificate attraverso la continuazione del monitoraggio, mentre, nel caso il punto sia risultato non idoneo all'inizio della stagione, si potrà rimuovere il divieto temporaneo dopo la conformità di due campionamenti.

*Tabella 10 - Quadro riassuntivo dei parametri, dei limiti e dei criteri di determinazione dell'idoneità alla balneazione in base al DPR 470/82 ed alla L. 422/2000*

Parametro	Unità	Limiti		% minima di conformità	Scostamento ammesso dei valori non conformi.	
		Min	Max			
Coliformi totali	ufc/100 ml	-	2.000 <sup>1</sup> Se >10.000	80% 95%		
Coliformi fecali	ufc /100 ml	-	100 <sup>1</sup> Se >2.000	80% 95%		
Streptococchi fecali	ufc /100 ml	-	100	80%		
pH		6	9	90%		
Colorazione		0		90%		
Trasparenza	m	1	-	90%	< 50%	< 0,5
Oli minerali	mg/l		0,5	90%	< 50%	<0,075
Sostanze tensioattive	mg/l		0,5	90%	< 50%	< 0,075
Fenoli	mg/l		0,05	90%	< 50%	< 0,075
Ossigeno disciolto	% saturazione	70	120	90%		

Dall'esame dei parametri appare già l'intendimento del legislatore, rivolto a elaborare un protocollo normativo teso alla tutela dei bagnanti. Se si considera, poi, che i prelievi devono essere effettuati in acque comprese entro fondali non superiori ai 120 cm di profondità, in caso di coste sabbiose, od entro 5 m dalla costa, nel caso di scogliere, e, comunque, in zone prevalentemente adibite alla pratica ricreativa, è chiaro come si vada in realtà a indagare un microecosistema costituito da acque prossime alla battigia, scarsamente influenzate dal regime delle correnti e dalle condizioni meteomarine selezionate in funzione del loro utilizzo.

Il D.P.R. n. 470/82 non ha subito nessuna modifica fino alla emanazione della Legge 29 dicembre 2000, n. 422 che, con l'articolo 18, ha dettato nuove e più severe norme in materia di acque di balneazione:

- quando per i coliformi totali e fecali vengano superati rispettivamente i valori di 10'000 e 2'000 ufc/100ml, la percentuale dei campioni conformi passa dall'80 al 95%;
- se sono stati effettuati campionamenti routinari in numero inferiore a quelli previsti, la zona dovrà essere vietata alla balneazione per tutta la stagione balneare successiva;
- se per due stagioni consecutive un punto dimostra la non conformità alla balneazione, tale zona deve essere vietata e, contemporaneamente, devono essere attuate misure di miglioramento volte a rimuovere le cause dell'inquinamento.

Pertanto, se per un verso la Legge n. 422/2000 ha fatto notevoli passi avanti a vantaggio della prevenzione e del miglioramento delle acque di balneazione imponendo limiti più severi e

<sup>1</sup> modifiche introdotte dalla L. 422/2000



restrittivi dei precedenti, ha anche imposto delle regole talvolta troppo punitive e assolutamente non giustificate.

Va, comunque, apprezzato il merito di questa norma di aver riconosciuto il ruolo delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale, a distanza di sei anni dalla loro istituzione, perlomeno in Toscana.

### **5.2.3 La proposta di nuova direttiva europea**

Da tempo è stata avvertita la necessità di modificare l'attuale Direttiva Europea 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione e, in seguito alle conclusioni a cui si è giunti nel corso di diversi seminari internazionali e italiani, è stata stabilita l'esigenza di una sua revisione. Nel 1994 il Consiglio dell'Unione Europea ha pertanto presentato una proposta di nuova Direttiva che modificava parzialmente quella attuale ma che, ritenuta insoddisfacente, è stata poi respinta nel 1999 da quattordici Stati membri dell'Unione su quindici.

Finalmente il 24 ottobre 2002 la Commissione Acque di Balneazione delle Comunità Europee ha presentato la proposta di “DIRETTIVA DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO relativa alla qualità delle acque di balneazione”, direttiva che prevede un approccio innovativo e conforme alle più recenti politiche di programmazione e gestione delle risorse ambientali nell'ambito di quanto proposto dall'OMS e congruente alle disposizioni inserite nella Direttiva Quadro sulle acque.

Una Direttiva, cioè, in grado di individuare e riconoscere tutti i meccanismi responsabili dell'eventuale superamento dei limiti stabiliti e i processi che determinano la qualità dell'acqua e la sua variabilità per potere minimizzare l'impatto delle attività antropiche tramite interventi di gestione mirati al miglioramento della qualità delle acque; mediante l'interpretazione delle interrelazioni tra caratteristiche del territorio e determinazioni analitiche di un più ristretto numero di più specifici parametri a carattere sanitario, potrà permettere di elaborare modelli più coerenti e significativi di previsione, valutazione e gestione del rischio associato alla balneazione.

In questo documento, recependo i suggerimenti dell'OMS, vengono introdotti 2 nuovi parametri microbiologici, Enterococchi intestinali (EI) ed *Escherichia coli* (EC), considerati più sensibili e significativi per valutare il rischio per la salute pubblica durante l'attività di balneazione e gli altri usi ricreativi della risorsa idrica (surf, windsurfing, kayaking). Di fatto, i nuovi sostituiscono tutti i parametri utilizzati finora, lasciando un ruolo accessorio (per determinare “qualità buona” od “eccellente”) ad altri già presenti (oli minerali; pH, solo nelle acque interne; fioriture algali, solo nelle zone a rischio) o di nuova introduzione (residui bituminosi, catrame; materiale galleggiante: legname, plastica, vetro, gomma, ecc.).

La stessa Commissione evidenzia che *“la drastica riduzione dei parametri prescelti nella nuova direttiva sulle acque di balneazione comporterà ingenti riduzioni dei costi, eviterà duplicazioni, ma non porterà ad alcuna riduzione nel grado di protezione dei cittadini”*.

La determinazione della conformità e, quindi, dell'idoneità alla balneazione, dovrà essere relativa al rispetto dei limiti dei nuovi parametri (EI = 100 ufc/100ml per qualità eccellente e 200 per buona; EC = 250 e 500 ufc/100ml) e dovrà essere calcolato il 95° percentile sulla base di 3 anni di prelievi. Il fatto che i nuovi limiti siano difficili da confrontare con quelli degli attuali parametri microbiologici, per quanto esistano dei coefficienti di conversione, e che non si prenderà in considerazione solo i risultati dell'ultima stagione estiva, sono considerazioni che

rendono incerta la previsione di quale possa essere l'impatto di questa direttiva sulla situazione toscana.

*Tabella 11 – Parametri da controllare nelle acque di balneazione previsti dalla norma italiana attualmente in vigore (DPR 470/82) e dalla proposta di direttiva europea (COM(2002)581.def)*

Parametri in vigore <b>DPR 470/82</b> <u>TUTTI VALIDI PER CALCOLO CONFORMITÀ</u>	Parametri indicati dalla <b>COM(2002)581.def</b>
1. <b>Coliformi totali</b> /100 ml	<u>VALIDI PER CALCOLO CONFORMITÀ</u>
2. <b>Coliformi fecali</b> /100 ml	1 <b>Enterococchi intestinali</b> (EI) in ufc/100 ml
3. <b>Streptococchi fecali</b> /100 ml	2 <b>Escherichia coli</b> (EC) in ufc/100 ml
4. <b>Salmonelle</b> /1 L <sup>1</sup>	<u>VALIDI PER CLASSIFICAZIONE (DA BUONO A ECCELLENTE)</u>
5. <b>pH</b>	1 Oli minerali
6. <b>Colorazione</b>	2 Residui bituminosi
7. <b>Trasparenza</b> m	3 pH <sup>2</sup>
8. <b>Oli minerali</b> mg/l	4 Materiale galleggiante come legname, plastica, vetro, gomma o altri rifiuti
9. <b>Sostanze tensioattive</b> che reagiscono al blu di metilene mg/l (laurilsolfato)	5 Fioriture di fitoplancton o proliferazione di macroalghe <sup>3</sup>
10. <b>Fenoli</b> mg/l (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	
11. <b>Ossigeno disciolto</b> % saturazione O <sub>2</sub>	

Inoltre, la classificazione in diversi livelli di “qualità” (eccellente, buona e scarsa), del tutto innovativa in questo settore, determinata, come abbiamo visto, anche dai parametri secondari e dall'utilizzo che viene fatto delle acque, comporterà una diversa frequenza del monitoraggio. Infatti, a differenza di adesso, con differenze tra 12 o 6 campionamenti stagionali, nel caso dell'Italia, dove la stagione dura 5 mesi (maggio-settembre), si potrà arrivare, nella migliore delle ipotesi (qualità eccellente), a soli 3-4 campioni all'anno. Questa condizione, se presente in un numero significativo di siti (come è il caso della costa Toscana, dove già oltre il 75% dei punti può usufruire della riduzione del campionamento), potrebbe portare ad una diminuzione dello sforzo e delle risorse necessarie al controllo delle acque di balneazione, con una conseguente miglior efficienza ed uguale tutela dell'ambiente.

La Commissione nella stessa proposta di direttiva, rendendosi conto che la sua applicazione potrebbe cambiare anche sostanzialmente il sistema di controllo e la situazione di molte zone di balneazione, vuole venire incontro agli operatori ed agli amministratori locali, agevolandone i compiti e l'uso delle risorse, ed introduce la possibilità di anticipare i tempi di recepimento a livello nazionale della direttiva. Infatti, all'art. 7, punto 3, viene previsto che “*gli Stati membri possono cominciare a monitorare i parametri indicati nell'allegato I nel corso della prima stagione balneare completa successiva all'entrata in vigore della presente direttiva e possono utilizzare i risultati ottenuti per costituire i set di dati sulla qualità delle acque di cui all'articolo 8. Non appena gli Stati membri procedono al monitoraggio ai sensi della presente direttiva possono cessare di verificare i parametri di cui all'allegato della direttiva 76/160/CEE*”.

<sup>1</sup> La ricerca di salmonelle sarà effettuata quando, a giudizio della autorità di controllo, particolari situazioni facciano sospettare una loro eventuale presenza.

<sup>2</sup> Solo per le acque dolci

<sup>3</sup> Solo per i siti sensibili a specifiche fioriture tossiche di alghe (ad es. Dinophysis, Alexandrium, alghe blu)

La conoscenza di tutti i diversi fattori, caratteristiche e specificità del territorio capaci di avere effetto sulla qualità dell'ambiente, capaci di concorrere alla variabilità delle condizioni ambientali, potrà permettere di promuovere il miglioramento progressivo della qualità ambientale per predisporre le più appropriate misure di prevenzione e tutela della salute pubblica. Inoltre, questo nuovo approccio potrebbe portare ad una modifica del principio, attualmente adottato e predisposto dalle norme in vigore, di "punizione/chiusura delle spiagge, quando si verifichi un superamento dei valori dei parametri", con il principio di "punizione/chiusura delle spiagge, legata a mancati interventi di miglioramento e risanamento delle aree in risposta a dati di non conformità ai valori dei parametri".

### **5.3 IL CONTROLLO DELLE ACQUE MARINO COSTIERE**

La Legge n. 979/82, prima norma italiana, in ordine di tempo, che stabilisce criteri e competenze per il monitoraggio ed il controllo del mare, è indirizzata ad un controllo ambientale più ampio ed ha tra i principali obiettivi quello di:

- attivare programmi di monitoraggio marino,
- predisporre piani di pronto intervento contro gli inquinamenti da idrocarburi,
- istituire riserve marine.

Il Ministero dell'Ambiente ha proprio per questo stipulato, a partire dal 1997, con le regioni marittime italiane specifiche convenzioni triennali al fine di dare attuazione ai programmi di monitoraggio in mare previsti dalla Legge citata.

Il programma di monitoraggio della Regione Toscana, realizzato in convenzione con il Ministero dell'Ambiente ed affidato all'ARPAT, ha avuto inizio con il primo triennio dal maggio 1997 al dicembre 2000, e prosegue con il nuovo programma triennale, che va ad integrarsi con il monitoraggio previsto dal D.Lgs 152/99, con inizio nel giugno 2001 e termine previsto nel maggio 2004.

Il D.Lgs. 152/99, invece, inserendosi su questo impianto normativo senza abrogarlo, ma rinnovando ed integrando, richiama i nuovi concetti di tutela della qualità delle acque costiere e di ecosistemi marini attraverso l'adozione e lo sviluppo di nuovi metodi per l'identificazione delle sorgenti di inquinamento e la conoscenza delle cause e del degrado dello stesso, nelle sue diverse manifestazioni.

Uno degli elementi di novità introdotti è il concetto di una politica ambientale volta al perseguimento e/o al mantenimento di prefissati obiettivi di qualità dell'ambiente marino costiero, in accordo con gli attuali orientamenti comunitari.

Il criterio nuovo - contenuto nella normativa attuale - che chiarisce e informa la natura stessa del monitoraggio delle acque in genere, e quindi anche del mare costiero, è chiaramente evidente nell'introduzione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali, che per le acque marine costiere, è definito sulla base di:

- stato chimico, che deve essere definito in base alla presenza di sostanze chimiche pericolose nei sedimenti e negli organismi bioaccumulatori (*molluschi bivalvi*)
- stato ecologico, che deve essere definito sulla base dello stato trofico, che corrisponde all'applicazione dell'indice TRIX, dello stato chimico e delle caratteristiche delle biocenosi

(prateria di *Posidonia oceanica*, coralligeno, comunità dei fondi mobili, ecc.) e tramite l'uso di altri indici biologici.

Soprattutto innovativa è stata l'introduzione dell'indice trofico TRIX ai fini della classificazione delle acque marine costiere (allegato 1 D.Lgs. 152/99) che permette di esplicitare la dinamica e le distribuzioni spazio-temporali dei parametri fondamentali di uno stato trofico (indicatori trofici).

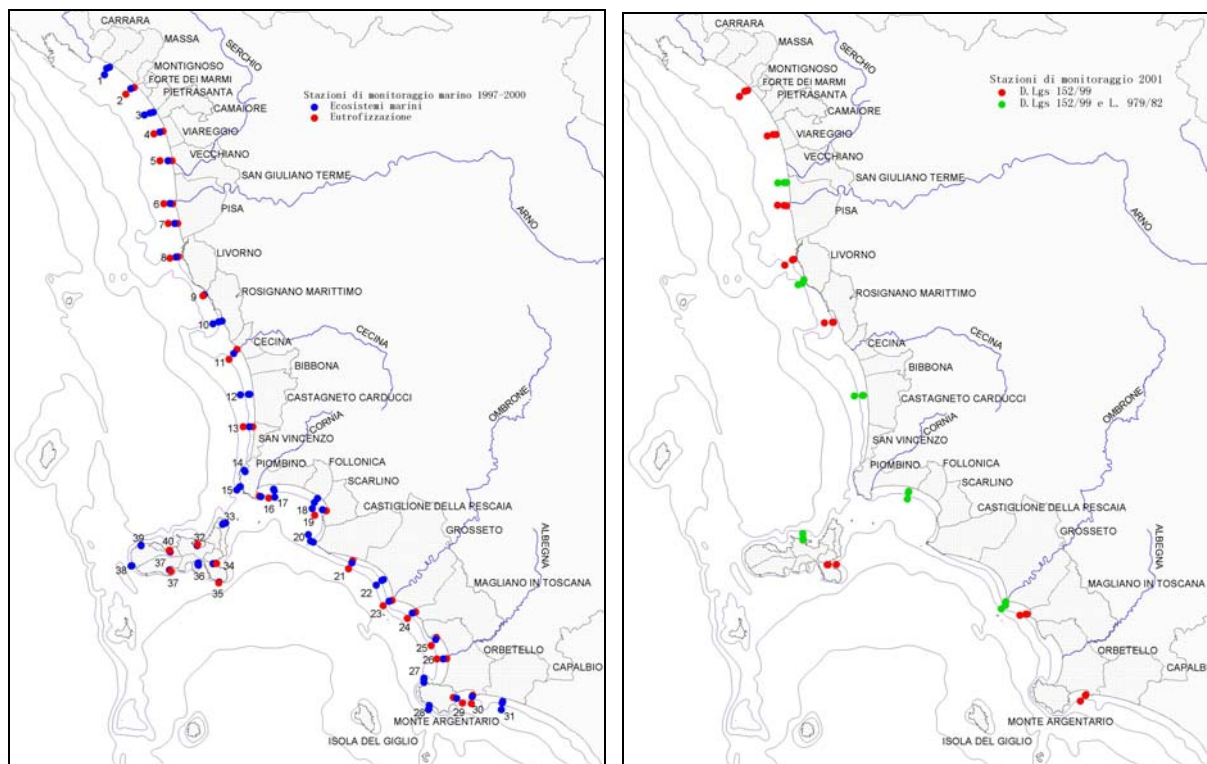


Figura 9 - Stazioni di monitoraggio delle acque marine costiere della Toscana nel periodo 1997-2000 (a sinistra) ed a partire dal giugno 2001 (a destra)

L'adozione di questa filosofia comporta, e ha comportato, una radicale revisione di tutto il sistema del controllo, sia per quanto riguarda le stazioni da sottoporre a monitoraggio, sia per ciò che concerne le frequenze di campagna da adottare, le matrici da esaminare, i parametri da determinare, i dati da elaborare, i risultati da produrre.

L'individuazione dei transetti e delle stazioni non è quindi avvenuta sulla base di un semplice criterio chilometrico, ma all'interno di opportune aree critiche e aree di riferimento definite lungo la costa regionale, nelle quali, oltre alle acque (dove sarà indagato anche lo zooplancton) e ai molluschi bivalvi bioaccumulatori, dovranno essere esaminati i sedimenti, anche mediante indagini ecotossicologiche, nonché lo stato delle biocenosi bentoniche, in particolare le praterie di fanerogame, il coralligeno, le biocenosi dei fondi mobili.

Le aree, critiche e di riferimento, sono state individuate, di comune accordo tra Regione, ARPAT e Ministero dell'Ambiente, fondamentalmente sulla base dei risultati del precedente monitoraggio, relativo a tre fattori:

- presenza di sostanze chimiche pericolose negli organismi bivalvi;

- stato trofico, che corrisponde all'applicazione dell'indice TRIX;
- individuazione di biocenosi di pregio.

I prelievi delle acque sono previsti bimensilmente per tutti i mesi per un totale di 24 ogni anno su ognuna delle tre stazioni previste per ogni transetto individuato, mentre le biocenosi sono campionate annualmente ed i sedimenti ed i bivalvi semestralmente.

Le aree individuate lungo la costa toscana sono le seguenti (14 aree di indagine: 12 aree critiche e 2 aree di riferimento):

1. Area del Cinquale;
2. Area antistante il porto di Viareggio;
3. Area compresa tra il fiume Serchio e il fiume Arno;
4. Area antistante la foce del fiume Arno;
5. Area portuale di Livorno;
6. Area compresa tra il porto di Livorno e Rosignano Marittimo;
7. Area interessata dallo scarico di sodiera e cloro alcali Solvay – Rosignano;
8. Area compresa tra Cecina e S. Vincenzo;
9. Area compresa tra il porto di Piombino e il porto di Fiumara;
10. Area del Golfo di Mola all'Isola d'Elba;
11. Area antistante la foce del fiume Ombrone;
12. Area marina adiacente la Laguna di Orbetello, lato sud;
13. Isola d'Elba, costa nord, che fungerà da area di controllo (o bianco);
14. Parco della Maremma, che fungerà da area di controllo (o bianco).

La Figura 9 evidenzia le aree in questione, differenziando tra quelle previste ai sensi del D.Lgs. n. 152/99 e della Legge n. 979/82, facenti parte della rete di monitoraggio nazionale (in verde) e quelle previste solo dal D.Lgs. n. 152/99, di competenza esclusivamente regionale (in rosso). All'interno di ognuna delle aree sono stati tracciati i transetti, lungo i quali sono state identificate le stazioni da utilizzare per il monitoraggio (tre per ciascun transetto).

## 6 I RISULTATI DI UN ANNO (2001-2002)

### 6.1 LE CARATTERISTICHE TROFICHE

Tra gli obiettivi primari dell'attività di monitoraggio, nello studio della matrice "acqua", si pone la caratterizzazione trofica, cioè la determinazione dei "nutrienti", intendendo con questo termine tutti i sali inorganici disciolti assimilabili dagli organismi autotrofi per il loro sviluppo e riproduzione. Per semplicità di rappresentazione e per maggiore significatività presenteremo alcune osservazioni relative all'azoto inorganico, confrontando i valori medi su base annuale misurati nelle stazioni sottocosta (che sono le più significative per questo tipo di parametri) di ogni transetto; prenderemo, inoltre, in considerazione l'andamento delle medie stagionali del fosforo totale in relazione alla concentrazione di fitoplancton totale.

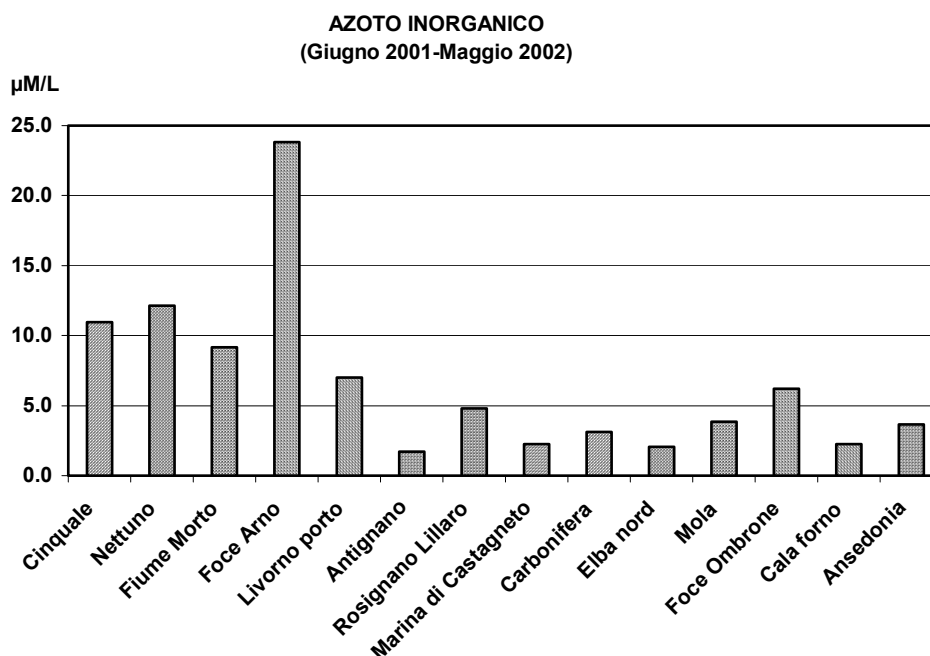


Figura 10 - Azoto inorganico: valori medi su base annuale misurati nelle stazioni sottocosta

I dati ottenuti in questo primo anno di attività mostrano che i valori maggiori di azoto inorganico si riscontrano nella zona compresa tra il Cinquale e Livorno Porto e nella zona della Foce dell'Ombrone.

Questa ultima osservazione concorda con quanto già riscontrato durante il monitoraggio marino svolto nel triennio 1997 – 2000, quando, anche se le stazioni di misura non erano poste esattamente negli stessi punti di quelle attuali, l'elevato numero di stazioni distribuite lungo la costa toscana permetteva di apprezzare un andamento quasi continuo, con un trend in diminuzione procedendo da nord verso sud.

L'andamento temporale del fosforo totale risente fortemente degli apporti estivi proveniente dagli insediamenti costieri, specialmente nei tratti urbanizzati o caratterizzati da

notevole presenza turistica. In questo senso è spiegabile la sua alta variabilità e la presenza di valori elevati anche durante il periodo estivo e poco piovoso.

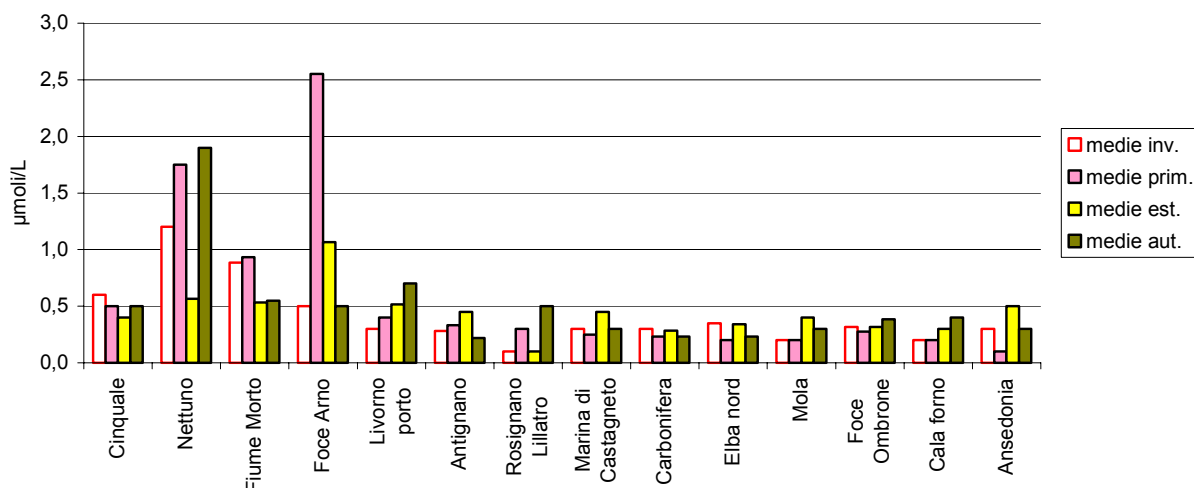


Figura 11 - Medie invernali, primaverili, estive ed autunnali di Fosforo totale relative alle stazioni a terra

Le concentrazioni di Fosforo totale, oltre che dipendere dai regimi fluviali, risentono del particolato organico in sospensione nella colonna d'acqua, sia esso di origine detritica che fitoplanctonica.

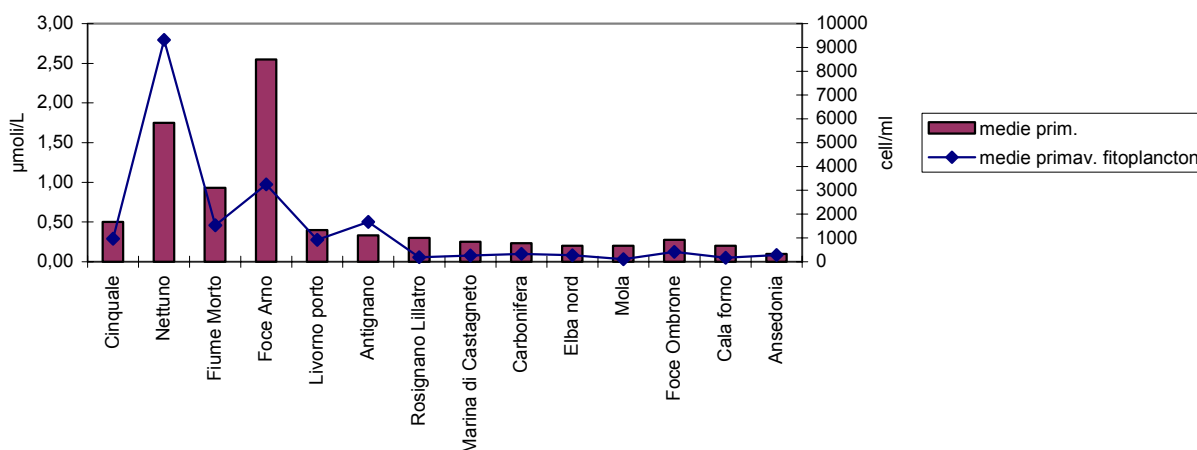


Figura 12 - Andamento delle medie primaverili di Fosforo totale rispetto al fitoplancton totale relativo alle stazioni a terra

Comunque, sia per i nutrienti azotati che per quelli fosforati le maggiori concentrazioni si riscontrano nel tratto settentrionale della costa toscana e, in particolare, alla foce dell'Arno e nel litorale viareggino (Nettuno). Nel resto della costa i valori sono nettamente più bassi, con qualche episodio di arricchimento nei pressi della foce dell'Ombrone e di Livorno, dove si somma l'influenza del porto e della città a quella del Calambrone.

L'andamento spaziale delle medie annuali dell'indice di stato trofico TRIX, che utilizza oltre ai dati dei nutrienti, quelli di ossigeno disciolto e clorofilla, per il periodo giugno 2001 – maggio 2002, nelle stazioni sottocosta, intermedie e del largo, conferma quanto visto sinora.

In base alla scala trofica di questo indice, tutta la zona settentrionale viene classificata (D.Lgs 152/99) in uno stato trofico tra buono e mediocre (Figura 13), con i livelli di maggior trofia nel tratto sotto costa tra Nettuno e la foce dell'Arno, quest'ultimo transetto mediocre anche al largo. Per il resto solo nei pressi della foce dell'Ombro e del canale di Ansedonia si osservano valori di TRIX al limite dello stato elevato, ma diminuiscono procedendo dalla costa verso il largo (miglioramento dello stato).

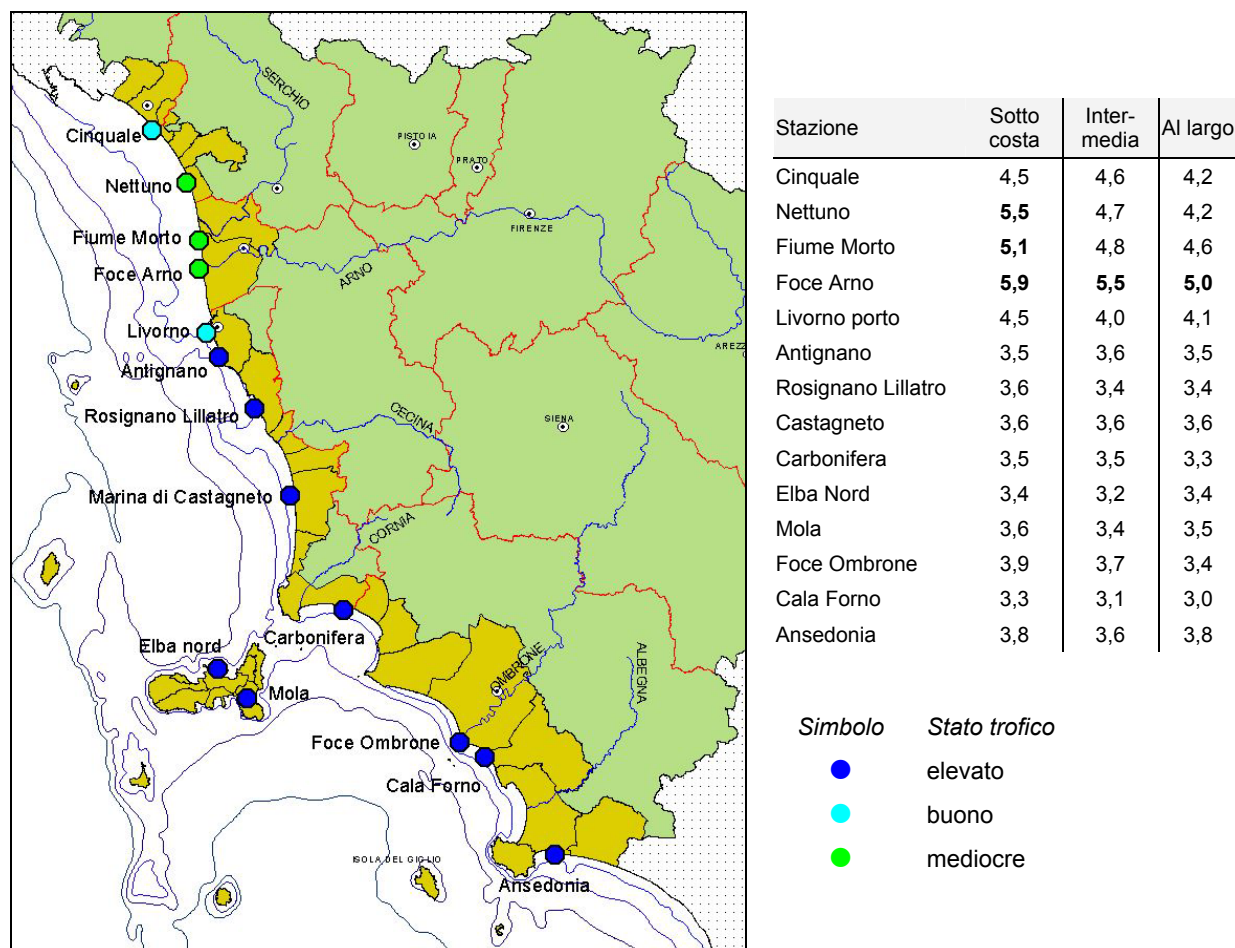


Figura 13 - Indice trofico TRIX lungo la costa toscana nel periodo 2001-2002 (medie annuali)

La massa d'acqua compresa tra la linea di costa e la distanza di 500 metri corrisponde alla zona di interscambio tra il continente e il mare; pertanto, questa è la zona in cui i parametri che caratterizzano la massa d'acqua stessa sono maggiormente variabili, poiché sono maggiormente soggetti alle alterazioni indotte dagli apporti continentali.

## 6.2 L'INFLUENZA DEGLI APPORTI IN MARE

Nell'analisi dei risultati ottenuti sulla colonna d'acqua, al di là delle considerazioni sulle concentrazioni di nutrienti che sono state riscontrate, è stata rilevata l'importanza che rivestono gli aspetti di tipo fisico che caratterizzano gli ambienti marini costieri in termini di

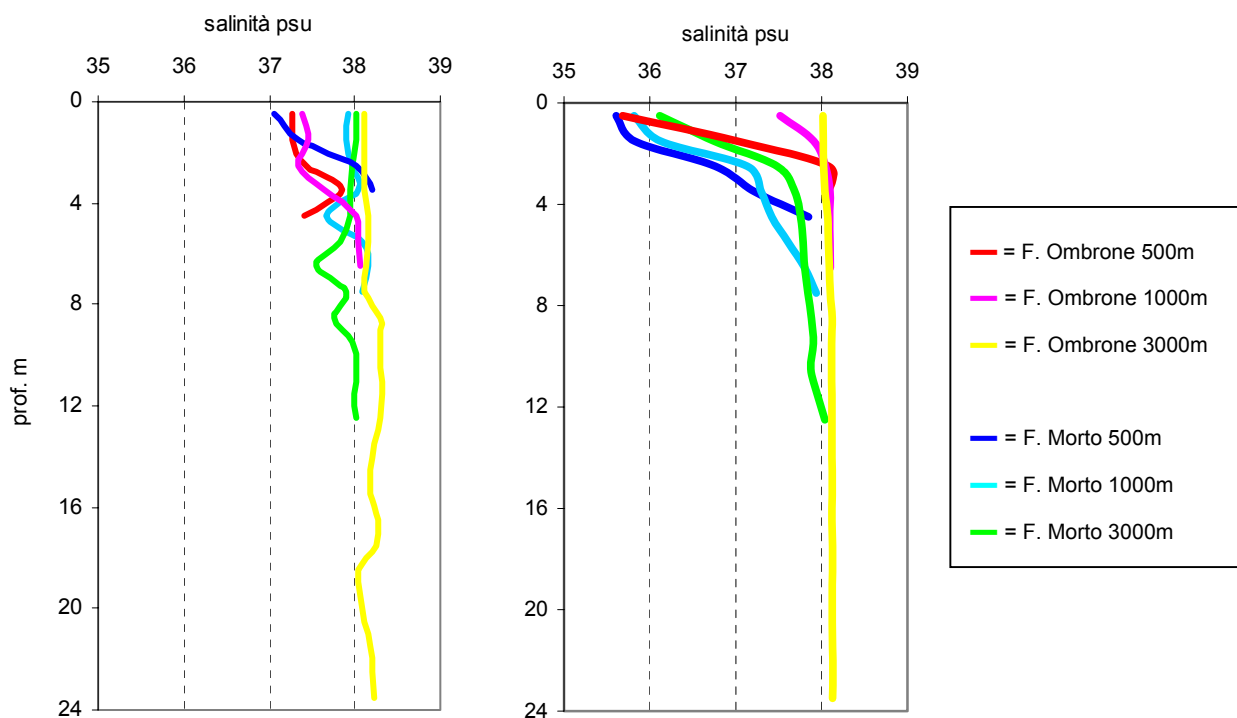


idrodinamismo. Si è ritenuto, quindi, essenziale considerare l'importanza che riveste, in termini di qualità delle acque marine costiere, la presenza sotto costa di acqua con le caratteristiche di "acqua del largo". Tali problematiche devono essere affrontate anche in relazione all'influenza dei venti (spesso condizionata dall'orografia della costa) e alla morfologia del fondo del bacino, nonché alla sua profondità, che è direttamente proporzionale alla massa dell'ambiente ricettore in cui si diluisce l'apporto inquinante.

Un modo per poter valutare fino a che distanza dalla costa gli apporti terrigeni estendono la loro influenza, può essere fornito dalla caratterizzazione termoalina delle masse d'acqua: dai profili di salinità rilevati nelle tre stazioni di un transetto è possibile seguire il minimo di salinità, che può essere considerato un tracciante conservativo degli apporti di acqua continentale, a differenza dei nutrienti che sono soggetti a fenomeni di metabolizzazione.

A solo scopo esemplificativo, sono stati confrontati i profili di salinità rilevati nel transetto della zona del Fiume Morto e in quello della foce dell'Ombrone (Figura 14).

Ad agosto 2001, si osserva che la variazione di salinità per i sei profili considerati è modesta, con i valori minimi vicino alla costa e la stazione al largo dell'Ombrone sembra non risentire dell'influenza dell'acqua continentale.



*Figura 14 - Profili di salinità presso la foce del fiume Morto e dell'Ombrone a Marzo 2002 (sinistra) ed Agosto 2001 (destra).*

Nel marzo 2002 la salinità, presenta una variabilità maggiore: il valore minimo della stazione più vicino alla costa dell'Ombrone è simile a quello alla foce del Fiume Morto: nel primo profilo il gradiente alino è molto più forte e si raggiungono i massimi valori di salinità già a circa due metri dalla superficie; per il secondo profilo, il minimo di salinità rimane quasi costante per i primi metri, poi aumenta gradualmente conservando valori più bassi a parità di profondità. Si nota, inoltre, che a parità di profondità la salinità nelle tre stazioni del Fiume

Morto sono sempre inferiori a quelli assunti nelle corrispondenti stazioni della Foce del Fiume Ombrone: in particolare, la stazione al largo di questa zona, anche per questo mese, sembra non risentire in modo sensibile degli apporti terrigeni.

Quindi, nonostante che le portate del Fiume Ombrone, secondo fiume della Toscana, siano ampiamente superiori a quelle del Morto, dalle precedenti osservazioni, risulterebbe che quest'ultimo estende la sua influenza ad una distanza maggiore dalla costa rispetto al primo. Questo fatto mette in risalto l'importanza di aspetti di tipo fisico che caratterizzano gli ambienti marini costieri in termini di idrodinamismo. Si deve quindi considerare tali problematiche anche in relazione all'influenza dei venti, spesso condizionata dall'orografia della costa, e alla morfologia del fondo del bacino, nonché alla sua profondità, che è direttamente proporzionale alla massa dell'ambiente ricettore in cui si diluisce l'apporto inquinante.

### 6.3 LA BIOMASSA FITOPLANCTONICA

Nelle stazioni di Cinquale e Nettuno la componente predominante è costituita dalle Bacillariophyceae, mentre alla foce dei fiumi Arno e Morto si osservano anche elevate concentrazioni di “*altro fitoplancton*”, intendendo con questo termine tutto il fitoplancton che non rientra né nelle Bacillariophyceae, né nei dinoflagellati. Questi ultimi risultano, in tutte le stazioni osservate, sempre poco abbondanti

Tabella 12 - Medie annuali della densità totale del fitoplancton lungo la costa regionale

Stazioni	Diatomee cell/L	Dinoflagellati cell/L	Altro fitoplancton cell/L	Fitoplancton totale cell/L
Cinquale	1'715'028	512'458	277'855	2'505'340
Nettuno	8'598'585	103'159	610'370	9'312'028
Foce Arno	519'386	39'177	2'689'272	3'247'835
Fiume Morto	1'215'693	18'952	1'224'427	2'591'507
Livorno porto	216'403	31'897	667'763	916'974
Antignano	76'138	3'216	642'260	721'614
Rosignano Lillatro	101'010	137'480	131'770	370'259
Marina di Castagneto	4'306	1'800	222'259	228'365
Carbonifera	2'478	1'589	253'840	257'908
Mola	4'835	1'965	305'857	312'657
Elba nord	3'687	1'070	180'202	184'968
Foce Ombrone	23'455	4'119	257'896	285'470
Cala forno	16'830	2'230	147'219	166'279
Ansedonia	43'169	7'295	324'529	410'330

Procedendo verso Sud, la densità fitoplanctonica diminuisce gradualmente fino alla stazione di Antignano, dopo la quale si ha un calo repentino ed una sostanziale uniformità dei valori per la restante parte di stazioni.

La zona che comprende Marina di Castagneto, Carbonifera e l'Elba è molto povera sia in diatomee che in dinoflagellati (Figura 15): questi due raggruppamenti fitoplanctonici tendono a essere di nuovo più rappresentati nella parte più a sud della Toscana, in prossimità della Foce dell'Ombrone e del Canale Ansedonia.

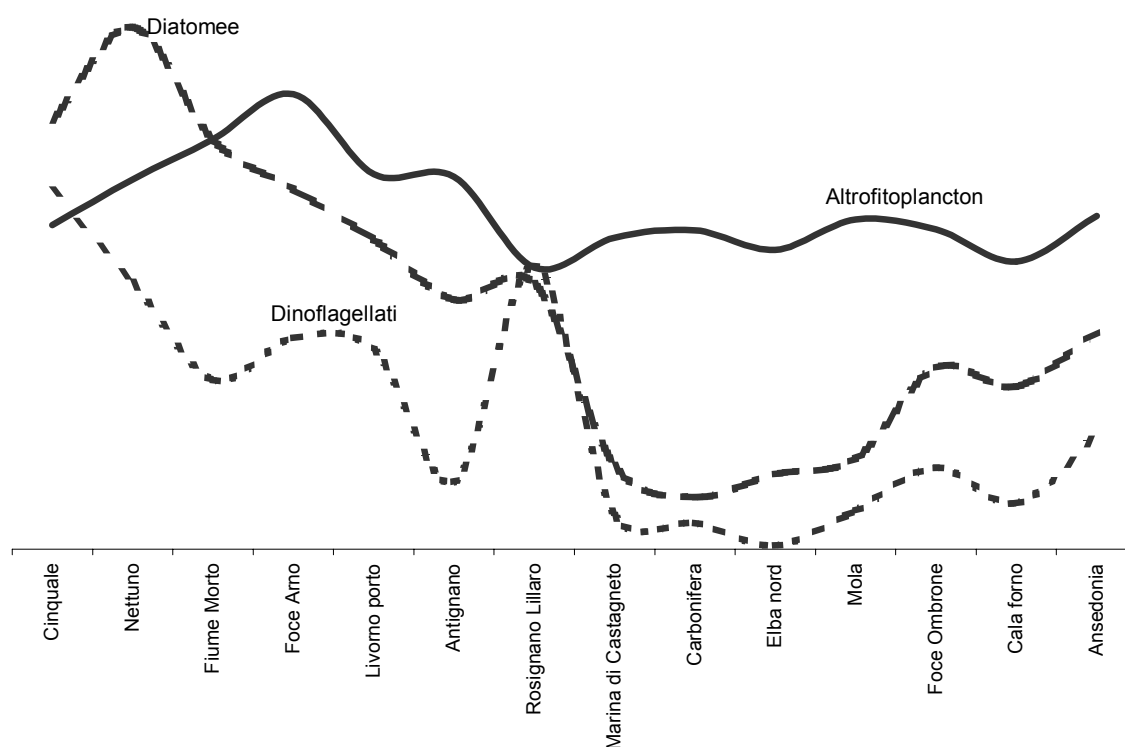


Figura 15 - Andamenti spaziali lungo la costa regionale delle medie annuali di fitoplancton (logaritmo delle densità)

La stazione del Cinquale è caratterizzata da una elevata componente di diatomee che, in autunno, raggiunge il massimo della densità con le specie *Nitzschia delicatissima* Complex, *Nitzschia seriata* Complex.

La stazione localizzata all'entrata del porto di Viareggio (Nettuno) è quella che presenta la più alta densità fitoplanctonica (67'723'840 cell/L nell'autunno 2001): la componente principale in questo caso è data dalle specie *Nitzschia longissima* e *Nitzschia delicatissima* Complex.

La stazione localizzata alla foce del Fiume Morto, Parco di San Rossore, ha concentrazioni di diatomee e di altro fitoplancton simili. Si hanno due massimi di densità fitoplanctonica, uno, in corrispondenza della I campagna di ottobre, dovuto essenzialmente al genere *Chaetoceros* sp. (4'712'302 cell/L) e l'altro, a marzo, per la presenza di *Skeletonema costatum* (3'300'393 cell/L) e *Skeletonema menzelii* (3'677'057 cell/L) rispettivamente nella prima e seconda campagna del mese.

La foce del fiume Arno presenta il suo picco massimo nel mese di agosto dovuto soprattutto ai fitoflagellati (18'238'820 cell/L). La concentrazione più alta di diatomee è raggiunta durante il mese di luglio per la presenza di *Skeletonema costatum* (1'448'490 cell/L).

La stazione situata all'interno del porto di Livorno, ha un picco massimo di densità algale in luglio: la componente principale è data da altro fitoplancton (2'063'415 cell/L).

La stazione di Antignano presenta il picco massimo di densità algale in agosto: la componente principale è data da altro fitoplancton (2'739'358 cell/L), mentre il picco delle

diatomee è dovuto ad alghe appartenenti all'ordine delle Coscinodiscineae, in particolar modo a *Skeletonema costatum* e *Leptocylindrus danicus*.

Le comunità fitoplanctoniche che troviamo a sud di Antignano sono caratterizzate da una più bassa densità, che non supera mai il milione di cellule/litro.

Rosignano Lillatro, situata di fronte al pontile Solvay, presenta il suo massimo di densità algale nel periodo estivo con 747'260 cell/L: è l'unico caso in cui la componente principale è data dai dinoflagellati (*Gymnodinium* sp.) in genere poco abbondanti nelle rimanenti stazioni. In generale, nell'arco dell'anno, le 3 componenti sono ugualmente rappresentate.

La componente fitoplanctonica principale della stazione Marina di Castagneto è costituita da altro fitoplancton, con un picco massimo di densità durante il mese di giugno. In generale le diatomee in questa stazione presentano il massimo di crescita nel periodo estivo, con punte massime in corrispondenza della II campagna di agosto: in questo periodo si osservano soprattutto Bacillariineae del tipo *Nitzschia seriata* Complex e *Nitzschia delicatissima* Complex (complessivamente 37'661 cell/L).

Nei mesi estivi e autunnali, la stazione di Carbonifera, localizzata nel Golfo di Follonica, presenta una densità del fitoplancton totale intorno a 300'000 cell/L, dovuta essenzialmente ad altro fitoplancton. Le diatomee hanno un picco di crescita massima a novembre (7'670 cell/L) dovuto a *Nitzschia seriata* Complex.

La stazione localizzata presso Portoferraio, Isola d'Elba, presenta un unico picco massimo a giugno (407'087 cell/L - valore mediato sulle due campagne): la componente principale è data da altro fitoplancton; il picco delle diatomee è dovuto alla presenza di *Proboscia alata* e *Leptocylindrus minimus*.

L'altro punto monitorato all'Isola d'Elba è Mola, all'interno del Golfo di Porto Azzurro: la maggior densità algale si trova nel periodo estivo (609'608 cell/L) ed è dovuta essenzialmente ad altro fitoplancton, mentre il picco delle diatomee (10'620 cell/L) si ha in inverno, con organismi appartenenti al raggruppamento delle *Nitzschia delicatissima* Complex.

La stazione situata di fronte alla foce del Fiume Ombrone ha un massimo di densità di fitoplancton totale nel mese di giugno (605'669 cell/L) la cui componente principale è costituita da altro fitoplancton. Le diatomee presentano invece un picco massimo nel periodo aprile – maggio, dovuto alle specie *Leptocylindrus danicus* e *Leptocylindrus minimus*.

Il punto di campionamento localizzato all'interno del Parco dell'Uccellina (Cala di Forno) e quello di Ansedonia, di fronte alla Laguna di Orbetello, presentano una densità massima del fitoplancton totale nel periodo autunnale (rispettivamente 211'990 e 554'555 cell/L) dovuta ad altro fitoplancton, e un picco di diatomee in primavera (rispettivamente 55'680 e 132.494 cell/L) dovuto essenzialmente a *Leptocylindrus minimus*.

In generale, quindi, si delinea così una situazione in cui il tratto regionale più settentrionale, rappresentato da Cinquale, Nettuno, Foce Arno e Fiume Morto, sembra, per quanto concerne il fitoplancton, avere un comportamento completamente diverso dal resto delle stazioni costiere.

Se mettiamo in relazione i valori della densità fitoplanctonica con quelli del TRIX (medie annuali), si vede che i loro andamenti hanno praticamente lo stesso comportamento lungo la costa (Figura 16).

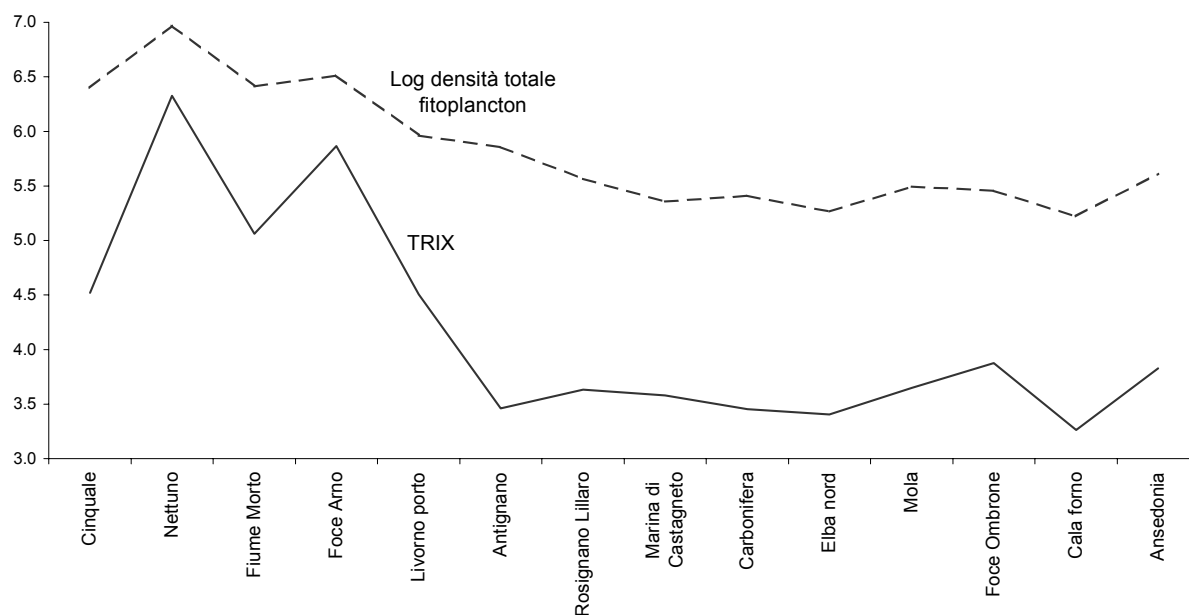


Figura 16 - Medie annuali di TRIX e della densità fitoplanctonica (logaritmo) lungo la costa toscana

Osservando i dati relativi alla densità totale del fitoplancton riscontrata in questo primo anno di attività (giugno 2001 – maggio 2002) si nota che le stazioni situate sulla costa settentrionale della toscana presentano valori medi molto elevati, che superano notevolmente il milione di cellule /litro con un massimo, nel caso di Nettuno (Viareggio) di quasi a 10 milioni cell/L. Questa è anche la zona costiera più ricca in diatomee, raggruppamento che tende a decrescere notevolmente procedendo verso sud.

La stazione di Rosignano Lillaro si differenzia da tutte le altre per essere ugualmente rappresentata da diatomee, dinoflagellati e altro fitoplancton. La zona che comprende Marina di Castagneto, Carbonifera e l'Elba è molto povera sia di diatomee che di dinoflagellati; questi due raggruppamenti fitoplanctonici tendono a risalire nella parte più a sud della Toscana in prossimità della Foce dell'Ombrone e del Canale Ansedonia.

#### 6.4 LO ZOOPLANKTON

Considerata la novità e la complessità dell'analisi tassonomica del mesozooplankton, per il primo anno di attività era richiesto il conteggio dei tre gruppi: Cladoceri, Copepodi e "altro zooplankton", per poi passare, a partire dal secondo anno di attività, alla lista delle specie.

Le concentrazioni di organismi zooplantonti, espresse come medie mensili di tutto il tratto campionato, raggiungono i valori più alti durante il periodo fine inverno – primavera (Figura 17), con un massimo, in maggio, che sfiora i 7'000 ind./m<sup>3</sup>. In questo stesso periodo i Copepodi, presenti durante tutto l'anno in quantità significative, raggiungono le densità più elevate, in particolare nella stazione di Carbonifera. Anche se in misura meno importante, lo stesso si può dire per il gruppo "altro zooplankton", con valori che però sembrano essere meno variabili nel corso dell'anno; probabilmente ciò è dovuto alla grande eterogeneità degli organismi

che ricadono in questa categoria (Chetognati, Tunicati, Molluschi, Echinodermi ecc.) e dal sovrapporsi delle variabilità delle abbondanze specie specifiche, governate dagli andamenti dei singoli cicli vitali. Il gruppo dei Cladoceri, invece, raggiunge le densità massime nel periodo primaverile - estivo, con il riscaldamento delle acque, per scendere a livelli minimi, con valori di abbondanza veramente scarsi, nel periodo fine autunno - inverno.

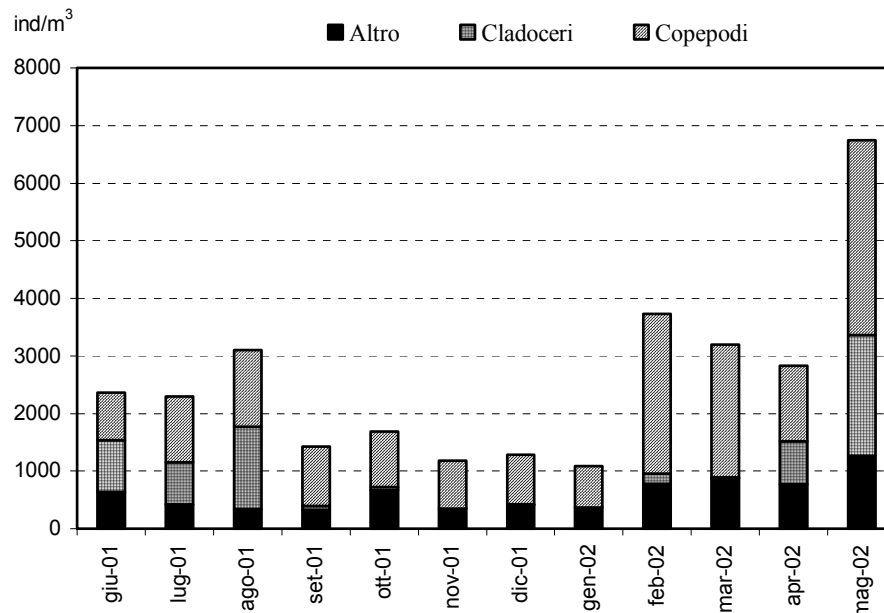


Figura 17 - Mesozooplancton: valori medi mensili delle acque marine costiere toscane

Nella stazione di Carbonifera, i Cladoceri compaiono nel periodo estivo, ma con densità molto scarse e picchi meno frequenti rispetto alle altre stazioni (Figura 18); questa considerazione è ovviamente preliminare in quanto si riferisce a un periodo di campionamento abbastanza limitato nel tempo, ma i dati raccolti nell'estate 2002 sembrano confermarla.

Considerando perciò i dati raccolti a partire del mese di agosto 2001, si possono fare alcune considerazioni sulle variazioni stagionali dei generi di Copepodi più significativi. Gli individui dello stadio giovanile dei generi *Paracalanus*, *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*, che a questo stadio del ciclo vitale non sono riconoscibili nemmeno a livello di genere, se non da un occhio molto esperto, sono sempre abbastanza abbondanti (spesso il gruppo di Copepodi più abbondante) con picchi nei mesi primaverili - estivi (valore medio più alto di circa 1'500 ind/m³ nel maggio 2002).

I due generi più abbondanti sono *Paracalanus* e *Acartia*, con i valori massimi intorno agli 800 ind/m³ nei mesi primaverili. Questi due generi sono indicati in letteratura come tipicamente costieri. Seguono *Centropages*, *Clausocalanus*, *Isias*, *Oithona*, meno abbondanti, ma con i valori massimi che vengono sempre raggiunti nel periodo fine inverno - primavera. Il genere *Temora* è, invece, relativamente abbondante nella tarda primavera e nel periodo fine estate - autunno, con un andamento abbastanza caratteristico. Anche *Oncaea* presenta una distribuzione piuttosto particolare, con un picco massimo in primavera, ma con valori invernali relativamente elevati.

Alcune considerazioni si possono fare anche sulla presenza di generi più rari. Per esempio, nei mesi invernali, saltuariamente, possono "comparire", in numero piuttosto basso, generi quali *Pleuromamma*, *Euchaeta*, *Lucicutia*, *Candacia*, *Calanus*, tipici di acque del largo:

ciò potrebbe indicare proprio lo spostamento sotto costa di acque del largo, per esempio in seguito a eventi meteorologici. A livello di specie, invece, se ne possono segnalare alcune abbastanza rare e localizzate. E' il caso di *Acartia discaudata* var. *mediterranea* e *Acartia negligens*, delle quali sono stati ritrovati pochi individui maturi, e di *Labidocera wollastoni* e *Parapontella brevicornis*, queste ultime rinvenute con individui maturi solo nelle stazioni di Marina di Castagneto e Carbonifera.

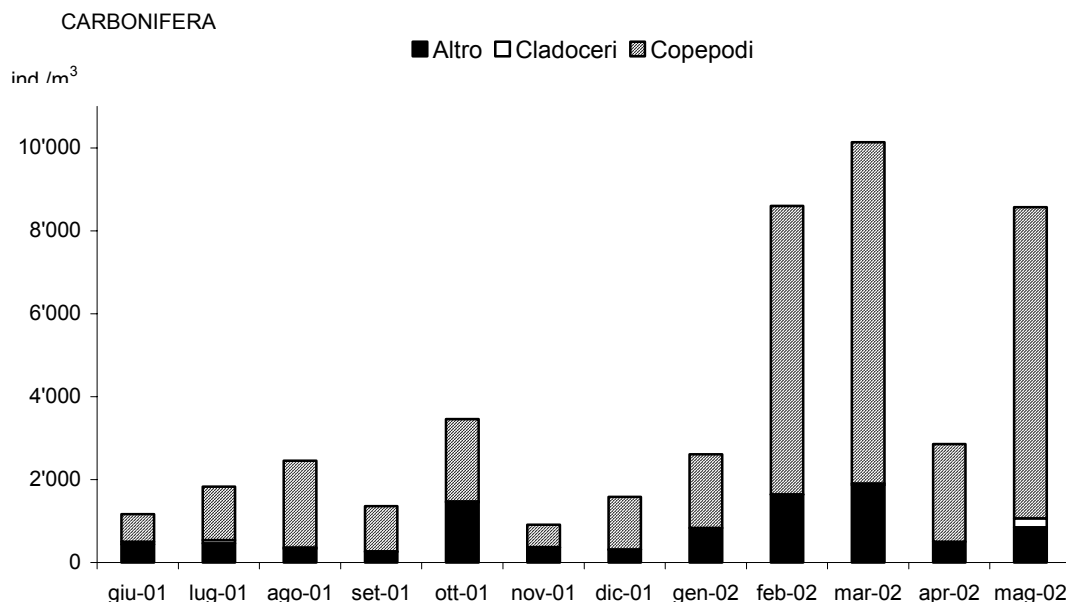


Figura 18 - Carbonifera: valori medi mensili del mesozooplankton

Tali considerazioni potranno essere approfondite ed eventualmente confermate, nonché estese ad altri gruppi tassonomici (per esempio larve di invertebrati marini), con il proseguimento dell'attività di monitoraggio e con il raggiungimento di livelli di esperienza sempre maggiori.

## 6.5 I SEDIMENTI

I campionamenti sono stati eseguiti prelevando porzioni superficiali di sedimento in stazioni individuate, a seconda della geomorfologia del tratto costiero considerato, in corrispondenza della fascia di sedimentazione della frazione pelitica.

La Tabella 13 mostra come nella stazione di Antignano (a 2.000 metri dalla costa) si riscontra la più elevata concentrazione di mercurio. Tale dato trova conforto in precedenti rilievi effettuati da altri Istituti ed è verosimilmente da mettere in relazione alla perdurante attività di produzione di cloro – alcali presente nella zona, in special modo alla produzione effettuata dalla costruzione degli impianti sino all'emanazione della cosiddetta Legge Merli (celle a catodo di mercurio; inizio attività nel 1940; fino al 1970 senza impianti di trattamento degli scarichi). Anche il dato di Ansedonia, per quanto concerne il mercurio, è confrontabile con quelli rilevati in precedenti ricerche e campagne di monitoraggio ed è caratteristico dei sedimenti marini della Toscana meridionale (anomalia da mercurio conseguente ai depositi di cinabro del Monte Amiata e alla passata attività estrattiva).

Tabella 13 - Concentrazioni di alcuni metalli pesanti nei sedimenti delle varie aree.

Stazioni	Peliti (< 0,063 mm) %	Mercurio µg/kg	Cadmio µg/kg	Piombo µg/kg	Arsenico µg/kg
Cinquale	47,0	60,5	68,0	10938,5	81145,7
Nettuno	99,5	109,2	87,6	14623,4	8288,6
Foce Arno	99,6	394,1	138,3	18006,9	7682,6
Fiume Morto	99,2	74,4	105,3	15179,8	7954,0
Livorno porto	88,3	612,4	196,4	25022,0	13449,3
Antignano	97,9	2526,8	208,9	21979,2	15641,7
Rosignano Lillatro	82,3	310,3	146,8	11807,0	15540,8
Marina di Castagneto	74,9	492,6	189,2	9089,4	10870,4
Carbonifera	95,7	795,4	160,6	28447,1	20236,6
Mola	82,5	525,7	217,8	30480,6	27816,8
Elba nord	95,1	500,7	371,2	64692,4	119504,1
Foce Ombrone	98,0	658,3	107,0	19214,9	14499,3
Cala forno	97,5	798,5	144,0	18134,3	15149,3
Ansedonia	65,1	1080,1	105,8	22105,7	21881,9

I saggi biologici eseguiti con *V. fischeri* (fase solida e liquida) e *D. tertiolecta* (fase liquida) forniscono un riscontro sostanzialmente negativo (assenza di tossicità nella quasi totalità dei campioni, bassa tossicità alla *D. tertiolecta* in Fiume Morto e Marina di Castagneto).

## 6.6 IL BIOACCUMULO

Sono state effettuate misure di bioaccumulo su *Mytilus galloprovincialis* che, nella stazione di riferimento Elba nord, è stato campionato da impianto artificiale appositamente allestito. Le medie annuali delle concentrazioni di alcuni metalli pesanti e del tributilstagno (TBT) sono riportate nella Tabella 14.

Tabella 14 - Concentrazioni di alcuni metalli pesanti e di TBT nei mitili (medie annuali).

Stazioni	Mercurio µg/kg	Cadmio µg/kg	Piombo µg/kg	Arsenico µg/kg	TBT (Sn) (ng/g peso fresco)
Cinquale	<100	615,7	5972,2	9450,9	
Nettuno	<100	603,0	8348,2	9815,2	
Foce Arno	<100	725,8	6979,2	7397,9	
Fiume Morto	433,4	246,9	969,2	1159,2	58.13
Livorno porto	415,0	1362,8	13916,4	13087,2	69.07
Antignano	486,9	291,5	1465,3	4683,6	
Rosignano Lillatro	461,2	1220,7	29520,7	11888,1	
Marina di Castagneto	592,7	249,1	976,4	4539,7	144.94
Carbonifera	326,7	1113,5	1938,1	3300,9	38.44
Mola	248,6	935,1	5110,8	21601,4	
Elba nord	239,3	363,3	549,0	18819,3	26.79
Foce Ombrone	417,6	304,5	1959,0	4626,7	28.24
Cala forno	<100	693,9	8416,9	9133,2	
Ansedonia	2214,4	431,2	1319,0	4379,6	



## **6.7 LE PRATERIE DI POSIDONIA OCEANICA**

La prateria di *Posidonia oceanica* è stata indagata in 3 stazioni:

a) zona di Antignano.

Il limite inferiore della prateria è a circa 20 metri di profondità, di fronte ad un insediamento urbano, con presenza sul litorale di *banquette*, ed è di tipo 3 (erosivo), cioè può essere condizionato da correnti di fondo e non dall'incidenza della luce, come conferma l'elevata trasparenza lungo tutta la colonna d'acqua. A valle del limite il fondale presenta un sedimento misto di ghiaia e sabbia grossolana, mentre a monte la prateria è continua e presenta un ricoprimento intorno al 70%. La percentuale di rizomi plagiotropi è del 60% e la stima dello scalzamento è del 35%.

Dall'analisi della densità assoluta dei fasci fogliari, la prateria 233,75 fasci/m<sup>2</sup> che la fanno rientrare nella classe 4 (prateria molto rada) secondo Giraud (1977), mentre secondo la scala proposta da Pergent et al. (1995), dove la densità della prateria è in funzione della profondità, risulta essere una prateria densa.

Lo studio fenologico della prateria, in grado di descrivere la vitalità delle piante, mostra un numero medio di foglie per ciuffo di 5,10, un indice fogliare per fascio di 115,42, un indice fogliare per m<sup>2</sup> di 2,69 ed un coefficiente A totale di 0,43.

b) Elba nord

Il limite inferiore si trova ad una profondità di circa 22,50 metri ed è di tipo 2, cioè progressivo e non si rileva la presenza di matte. La prateria è discontinua e presenta un ricoprimento intorno al 50%. La percentuale di rizomi plagiotropi è del 70% e la stima dello scalzamento è del 40%.

La densità fogliare (95 fasci/m<sup>2</sup>) è caratteristica della classe 5 (semiprateria) secondo Giraud (1977) oppure di una "prateria rada" secondo da Pergent et al. (1995).

Lo studio mostra un numero medio di foglie per ciuffo di 5,50, un indice fogliare per fascio di 15,25, un indice fogliare per m<sup>2</sup> di 0,14 ed un coefficiente A totale di 0,34.

c) Carbonifera

Il limite della prateria è di tipo 1 (netto), con un fronte che termina bruscamente su un fondale a sabbia fine a circa 20 metri di profondità. La prateria è continua e presenta un ricoprimento intorno all'80%. La percentuale di rizomi plagiotropi è del 60% e la stima dello scalzamento è del 25%.

La prateria in esame presenta 223,75 fasci/m<sup>2</sup> che la fanno rientrare nella classe 4 (prateria molto rada) secondo Giraud (1977), mentre secondo la scala di Pergent et al. (1995) risulta essere una prateria densa.

Il numero medio di foglie per ciuffo è 6,70, l'indice fogliare per fascio 175,08, l'indice fogliare per m<sup>2</sup> di 3,92 ed il coefficiente A totale 0,38.

Lo studio della prateria a *Posidonia oceanica* sembra indicare una discreta differenziazione in relazione alle tre aree di indagine.

Infatti la prateria di fronte ad Antignano risulta essere decisamente più densa rispetto a quella di Elba nord, che rappresenta l'area di riferimento, e leggermente più densa di quella di fronte a Carbonifera. Anche il limite appare diverso (erosivo per Antignano, progressivo per Elba, netto per Carbonifera). Tenuto conto delle differenze riscontrate, vista l'insufficienza, al momento, del controllo (una sola campagna eseguita), si ritiene di non poter ancora esprimere pareri, neppure parziali, sull'argomento.

## 6.8 LE ZONE A SABBIE FINI BEN CALIBRATE (SFBC)

Lo studio delle comunità macrozoobentoniche, nelle 3 stazioni di prelievo, ha permesso di identificare 3'779 individui appartenenti a 56 specie diverse. Di seguito vengono riportati i risultati relativi alle singole stazioni.

### a) Fiume Morto.

L'analisi tassonomica dei campioni di macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 610 individui appartenenti a crostacei (38% del totale), policheti (29%), molluschi (19%) e echinodermi (14%) (Figura 19). L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 1,57, un indice di ricchezza specifica di 3,11, un indice di equiripartizione di 0,35 ed un indice di dominanza di 0,41.

La biocenosi è rappresentata da 8 specie caratteristiche (i molluschi *Pharus legumen* ed *Acanthocardia tuberculata*, i policheti *Aricidea capensis bansei*, *Owenia fusiformis* e *Paradoneis armata*, i crostacei *Liocarcinus vernalis* e *Diogenes pugilator*, l'echinoderma *Echinocardium cordatum*) pari al 53% delle specie caratteristiche complessivamente rinvenute. Tali specie sono accompagnate da elementi misticoli (20%) tipici di fondi eterometrici, da elementi tipici di substrati molli (20%) e da elementi minuticoli (7%) legati sia a sabbia fine che a fango.

L'analisi dei gruppi trofico ecologici (Figura 20) evidenzia una comunità caratterizzata dai detritivori superficiali (42%), con un'a forte presenza dei carnivori - onnivori (29%) e dei filtratori (29%).

### b) Marina di Castagneto.

Sono stati identificati 1'907 individui appartenenti a policheti (31%), crostacei (26%), molluschi (26%) ed echinodermi (17%), per un totale di 35 specie. L'indice di diversità è 2,09, l'indice di ricchezza specifica 4,5, l'indice di equiripartizione 0,4 e l'indice di dominanza 0,68.

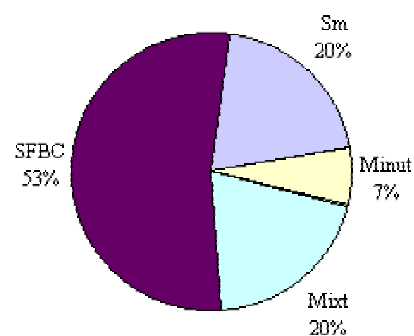
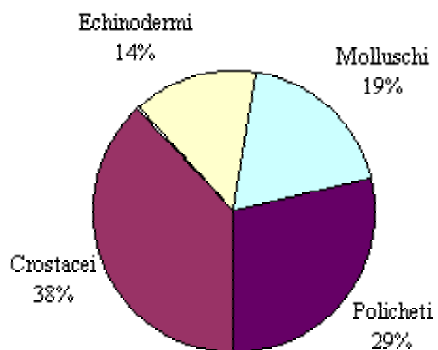
Vi sono 13 specie caratteristiche (43% del totale): i molluschi *Acteon tornatilis*, *Nassarius mutabilis*, *Neverita josephina*, *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula* e *Tellina pulchella*; i policheti *Nephtys hombergii*, *Owenia fusiformis*, *Paradoneis armata*, *Prionospio caspersi* e *Spiophanes bombyx*, il crostaceo *Liocarcinus vernalis*, l'echinoderma *Echinocardium cordatum*. Queste sono accompagnate da specie limicole (17%), a larga ripartizione ecologica (10%), misticole (3%) tipiche di fondi eterometrici, di fondi molli (7%) e da specie minuticole (3%) legate sia a sabbia fine che a fango, e da specie tipiche di altre biocenosi: Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (7%), Sabbie Fini Superficiali (7%), Fanghi Terrigeni Costieri (3%),

La comunità è caratterizzata da detritivori superficiali (57%), ma non è trascurabile la presenza sia dei carnivori - onnivori (25%) che dei filtratori (18%).

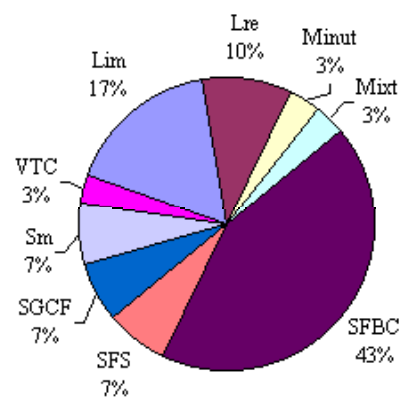
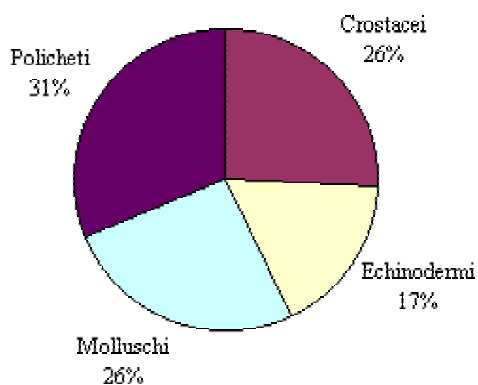
**COMPOSIZIONE TASSONOMICA**

**COMPOSIZIONE BIONOMICA**

Fiume Morto



Marina di Castagneto



Foce Ombrone

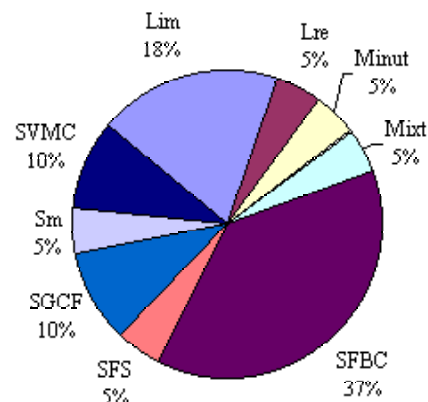
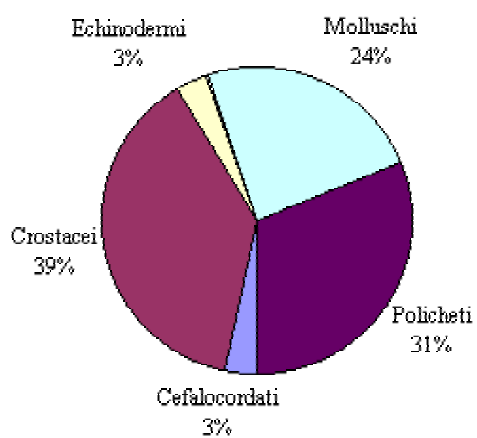


Figura 19 - Composizione tassonomica (fila di sinistra) e bionomica (a destra) delle biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate nelle tre stazioni monitorate

c) Foce Ombrone.

I 1'262 individui identificati appartengono ai seguenti gruppi: crostacei (il 39% del totale), policheti (31%), molluschi (24%), echinodermi (3%) e cefalocordati (3%).

L'analisi dei parametri strutturali della comunità mostra un indice di diversità di 2,14, un indice di ricchezza specifica di 4,06, un indice di equiripartizione di 0,43 ed un indice di dominanza di 0,62.

La biocenosi è rappresentata da 8 specie caratteristiche (37% delle rinvenute): i molluschi *Neverita josephina*, *Spisula subtruncata* e *Tellina fabula*, i policheti *Aricidea capensis bansei*, *Owenia fusiformis* e *Paradoneis armata*, i crostacei *Diogenes pugilator* e *Liocarcinus vernalis*). Le specie accompagnatrici appartengono alle biocenosi delle Sabbie Fangose superficiali di Moda Calma (10%), delle Sabbie Grossolane e ghiaie fini sotto l'influenza di Correnti di Fondo (10%), come il *Branchiostoma lanceolatum* (Anfiosso), delle Sabbie Fini Superficiali (5%). Vi sono, poi, specie misticole (5%) tipiche di fondi eterometrici, minuticole (5%) legate sia a sabbia fine che a fango, limicole (18%), elementi tipici di substrati molli (5%) e specie a larga ripartizione ecologica (5%).

Dal punto di vista trofico la comunità è caratterizzata dai detritivori superficiali (45%), con una significativa presenza dei carnivori - onnivori (32%) e dei filtratori (23%).

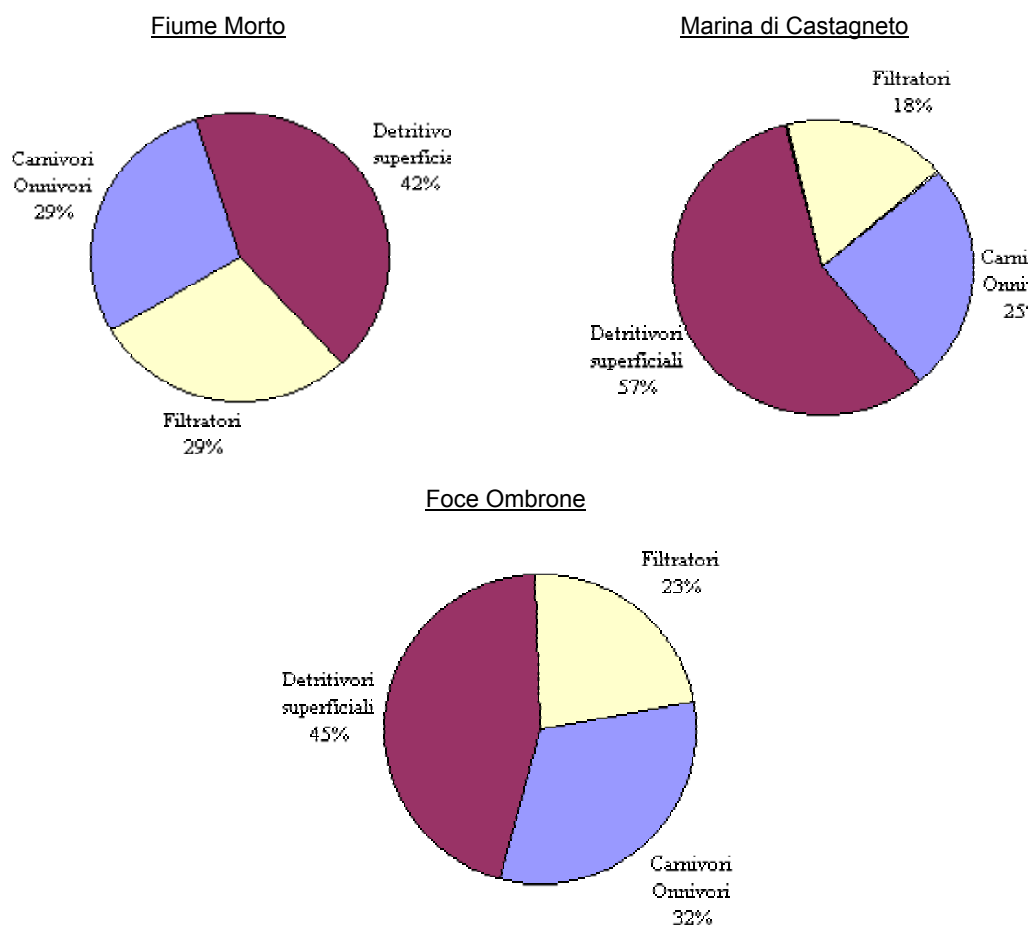


Figura 20 - Gruppi trofico - ecologici delle tre stazioni monitorate

L'analisi tassonomica dei campioni del macrozoobenthos ha portato all'identificazione di 56 specie appartenenti a 5 maggiori taxa: policheti (20 specie), molluschi (15 specie), crostacei (11 specie), echinodermi (9 specie), cefalocordati (1 specie). Dall'analisi dei parametri strutturali delle tre comunità, si osservano, nel complesso, valori più elevati nella stazione di Marina di Castagneto, dove si registrano il maggior numero di specie e di individui. L'analisi dei gruppi trofico-ecologici evidenzia tre comunità molto simili caratterizzate dai detritivori superficiali, legati alla presenza di sostanza organica; da sottolineare la totale assenza di organismi scavatori.

La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate caratterizza le comunità macrozoobentoniche di tutte le stazioni monitorate. I popolamenti sono caratterizzati, in particolar modo, dalla predominanza dei molluschi *Acanthocardia tuberculata*, *Spisula subtruncata*, *Tellina pulchella*, *Tellina fabula* e *Pharus legumen*, del polichete *Owenia fusiformis*, del crostaceo *Liocarcinus vernalis* e dell'echinoderma *Echinocardium cordatum*.

Particolarmente significativa appare la presenza dell'Anfiosso (*Branchiostoma lanceolatum*) nella stazione Foce Ombrone. Questa specie è considerata di particolare interesse, non solo per la sua posizione filogenetica, ma, soprattutto, per le sue esigenze ecologiche: l'Anfiosso, infatti, è presente solo in sedimenti in cui il contenuto in sabbia è superiore al 95%. Mentre nei mari a forti maree l'Anfiosso è distribuito su ampie aree, la sua presenza in Mediterraneo è poco segnalata, spesso in modo puntiforme e limitatamente ad aree di particolare interesse naturalistico.

## 6.9 BALNEABILITÀ DELLE COSTE TOSCANE

Per valutare il grado di rispondenza alla normativa delle acque di balneazione (DPR 470/82 e L. 422/2000), in base a quanto esposto nel par. 5.2.2, al termine di ogni anno si possono fare delle elaborazioni di due tipi, entrambe a livello comunale o provinciale:

- si può calcolare la percentuale di punti idonei per l'inizio della stagione successiva;
- oppure si può calcolare la percentuale dei campionamenti conformi sul totale dei "routinari".

La prima modalità dà maggior conto della tutela della salute pubblica, in quanto diretta conseguenza dell'applicazione della normativa, mentre la seconda ha un carattere leggermente più "ambientale", considerando che un punto può risultare idoneo pur avendo avuto episodi di inquinamento delle acque. Inoltre, nel primo caso, l'idoneità può essere determinata anche da fattori non direttamente collegati ai risultati analitici (campionamento insufficiente) e quindi fornire indicazioni diverse rispetto a questi.

La Toscana dispone di una serie storica di dati informatizzati di ben 13 anni di campionamenti completi, dal 1990 al 2002, e le elaborazioni possono essere condotte sia su tutto l'arco temporale, sia selezionando le stagioni più significative sia limitando l'analisi a solo quelle più recenti.

Partendo dall'analisi a livello provinciale dell'idoneità alla balneazione nel corso degli ultimi anni, diverse province hanno registrato la totale idoneità (100%): Massa Carrara durante la stagione 1998 e 1999, Lucca durante la stagione 1997, 1998, 1999 e 2000, Pisa dalla stagione 1997 alla attuale e Grosseto durante la stagione 2000 e 2001.

Anche la stagione 2002, comunque, nonostante le avverse condizioni atmosferiche e meteomarine che hanno negativamente condizionato tutta la stagione balneare, solo 9 punti su 371 non hanno raggiunto le condizioni per essere dichiarate idonee alla balneazione; e di questi,

2 punti dovranno essere dichiarati non balneabili perché sottocampionati a causa di lavori straordinari di manutenzione della battigia, e non perché inquinati.

Tabella 3- Percentuale di punti idonei al termine delle stagioni balneari dal 1997 al 2002 suddivisi per provincia e come totale della Toscana

Provincia	Anno	1997 %	1998 %	1999 %	2000 %	2001 %	2002 %
Massa Carrara		96,0	100,0	100,0	90,5	95,2	90,5
Lucca		100,0	100,0	100,0	100,0	93,8	93,8
Pisa		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Livorno		98,5	96,0	95,5	97,5	98,0	98,0
Grosseto		96,4	94,7	98,3	100,0	100,0	98,3
<b>Totale</b>		<b>97,9</b>	<b>96,4</b>	<b>97,0</b>	<b>98,1</b>	<b>98,4</b>	<b>97,6</b>

Merita, soprattutto, di essere sottolineato che durante il periodo di campionamento 2002, così come era già accaduto durante quello 2000, la Regione Toscana non si è avvalsa dell'ampliamento del limite previsto dal D.P.R. n. 470/82 per il parametro "ossigeno disciolto" relativamente al litorale Versiliese; non è stato in realtà mai registrato alcun superamento del limite della percentuale di ossigeno disciolto lungo tutta la fascia costiera versiliese sottoposta a regime di deroga.

L'elaborazione dei risultati analitici aggregati a livello regionale, mostra chiaramente che la percentuale dei punti idonei si è mantenuta costantemente elevata nell'ultimo decennio (sempre superiore alla media nazionale che si aggira sul 94-95%) fino a raggiungere il massimo storico nel 2001.

Livello di conformità

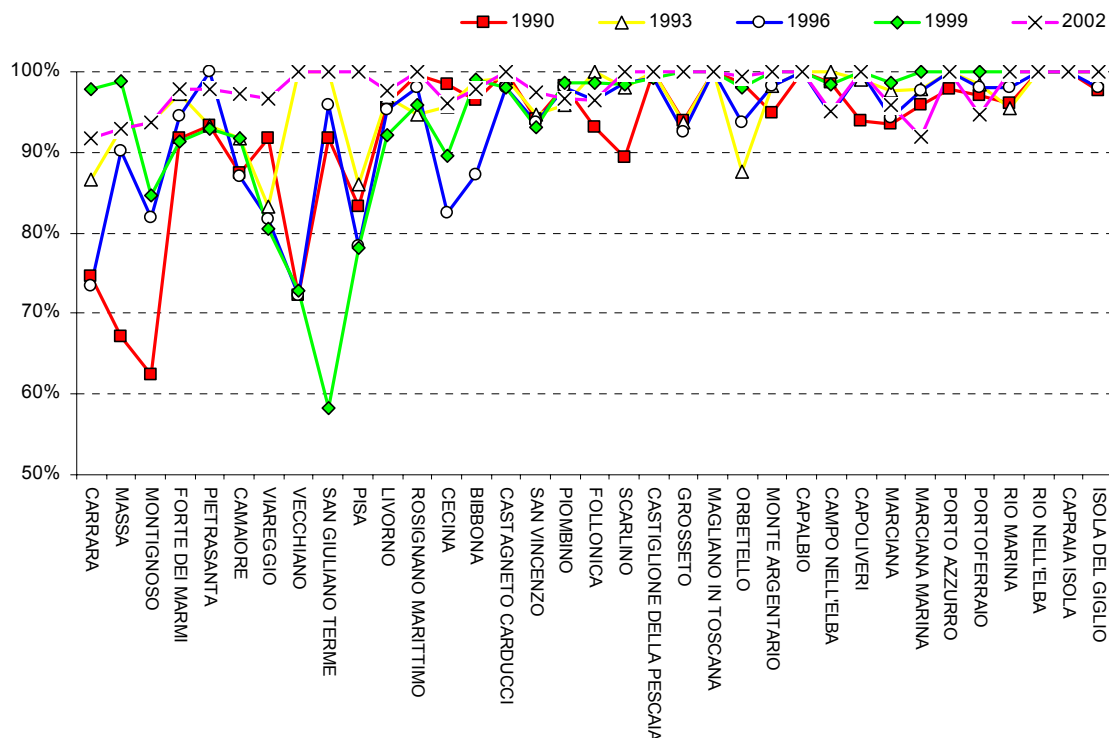


Figura 21 – Percentuali di prelievi risultati conformi ai limiti normativi nei comuni costieri toscani nelle stagioni 1990, 1993, 1996, 1999 e 2002

Andando, poi, ad osservare il comportamento a livello comunale della percentuale di campioni conformi durante alcune stagioni tra 1990 e 2002 (Figura 21), si può notare come vi sia un andamento spaziale abbastanza deciso con un aumento medio progressivo da Nord verso Sud: nel tratto settentrionale (tra Carrara e Livorno) si hanno spesso valori al di sotto del 90% di campioni conformi, mentre nella restante costa toscana siamo quasi sempre oltre il 95%, con i valori migliori concentrati nella zona dell'Arcipelago.

Da un anno all'altro vi sono oscillazioni significative, così come da un comune all'altro, ma la tendenza è quella di un certo miglioramento complessivo, in particolare se confrontiamo i due periodi più distanti (1990 e 2002), a significare che, nonostante il perdurare di problemi a livello locale, una consistente opera di risanamento e di tutela è stata portata a termine in questi anni, soprattutto nel campo della depurazione e del controllo degli scarichi.

## **6.10 INDICE DI QUALITÀ BATTERIOLOGICA (IQB)**

Per quel che riguarda la valutazione dello stato della risorsa marina costiera, è stato anche elaborato un indice di tipo indiretto: non misura direttamente il livello qualitativo, ma ne fornisce indirettamente un secondo grado di lettura, mirato alla individuazione degli effettivi livelli di stress a cui questa è sottoposta, permettendo anche una valutazione relativa alla serie storica.

I parametri che determinano la qualità delle acque di balneazione sono prevalentemente quelli batteriologici, che non hanno una vera rilevanza di tipo sanitario (cioè non sono direttamente responsabili di patologie legate all'attività balneare), ma servono per valutare la potenziale pericolosità delle acque per la salute pubblica, in quanto legati alla presenza di contaminazione civile e fecale delle acque. Questi batteri, in sintesi, vengono ricercati per l'indicazione che forniscono sulla possibile presenza di altri organismi (batteri e virus) associati a questo tipo di inquinamento, veramente patogeni ma impossibili da rilevare o da identificare in un monitoraggio routinario per l'estrema variabilità temporale e spaziale. Con questo stesso significato, di indicatore ambientale, sono stati utilizzati i dati microbiologici per elaborare un indice che desse conto del livello di alterazione delle acque di balneazione e, quindi, delle acque costiere causata da immissioni di acque contaminate da scarichi civili.

I *Coliformi fecali* e *Streptococchi fecali* sono responsabili di quasi il 90% dei casi di superamento dei limiti normativi in tutta Italia e in particolare i *Coliformi fecali* da soli o insieme agli altri sono responsabili dell'82% del totale di "fuori norma" (FN): sono stati, quindi, scelti come indicatore privilegiato di contaminazione. Si è tenuto conto sia della frequenza con la quale compaiono nei campioni prelevati, sia delle quantità con le quali si presentano, sia della rispondenza ai limiti normativi (limiti del DPR 470/82 e valori Guida e Imperativi della direttiva CEE/76/160). Inoltre, per ampliare la potenzialità dell'indice si sono integrate queste informazioni con quelle fornite dagli *Streptococchi fecali*, batteri caratteristici di provenienza agro-zootecnica, in modo analogo ai coli fecali, ma valutandone un minor impatto.

In base a queste ed altre considerazioni, sono stati attribuiti i diversi pesi ai valori calcolati per ciascun parametro ed è stata creata una classificazione in base al punteggio totale, secondo gli schemi seguenti: tale classificazione si può riferire ad un singolo punto od alle entità amministrative di competenza (comune, provincia, ecc.), considerando tutti i punti di balneazione esistenti su quel territorio.

Tabella 15 – Attribuzione del punteggio per il calcolo dell'IQB alle diverse modalità di comparsa dei batteri fecali nei campioni delle acque di balneazione

		UFC/100ml	Presenza nei campioni routinari	Punteggio
Coliformi fecali	Assenti	<5	>95%	125
			71-95%	100
			50-70%	75
			<50%	50
	Fuori norma (> valore <b>Guida</b> CEE/76/160)	101-2000	1-5%	-5
			6-25%	-15
			>25%	-30
Streptococchi fecali	Assenti	<5	1-5%	-20
			>5%	-50
	Fuori norma (> valore <b>Imperativo</b> CEE/76/160)	>2000	1-25%	-10
			>25%	-25

Una volta calcolata la percentuale di comparsa di ciascuno dei parametri, in base alle diverse caratteristiche considerate (assenza, abbondanza, fuori norma), i punteggi vanno sommati ed il totale darà luogo alla classe di valutazione (vedi sotto). Questa elaborazione può essere fatta sia a livello di ogni singolo punto (poco significativa), sia a livello di zona balneare o costa comunale (da preferire), sia a livello provinciale (per necessità di sintesi). Anche dal punto di vista temporale, l'analisi può essere condotta ampliando o riducendo la scala (1 o più stagioni, alcuni mesi, ecc.) senza per questo perdere di significatività, ma solo variando le finalità e gli aspetti da considerare.

Tabella 16 - Classificazione dell'IQB in base al punteggio totale attribuito

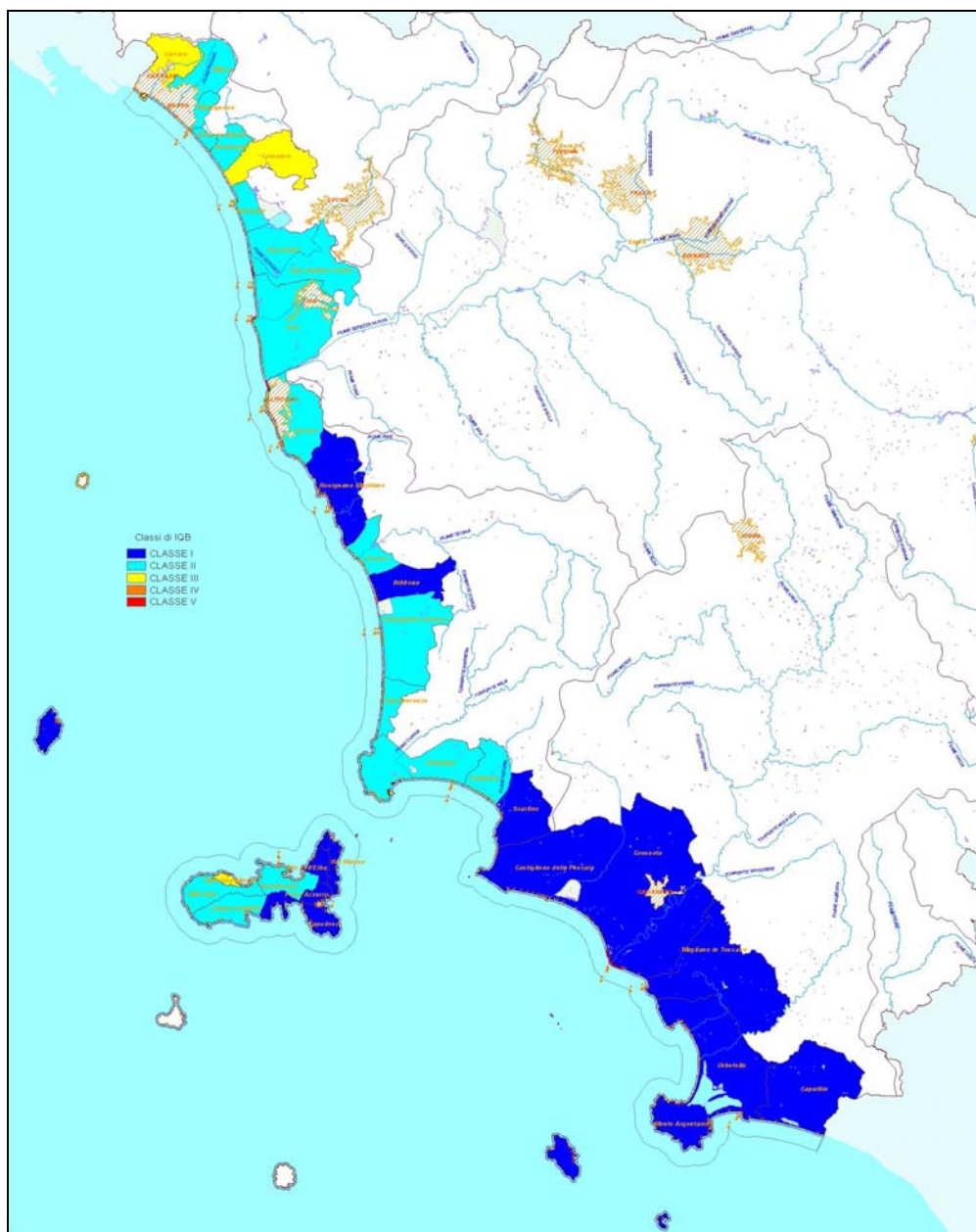
	Min	Max	Classe	Giudizio
Punteggio totale	120	150	1	Incontaminato
	90	119	2	Sufficiente
	60	89	3	Mediocre
	30	59	4	Contaminato
	-65	29	5	Fortemente contaminato

Questi dati, che hanno una validità statistica, possono essere aggiornati e ulteriormente implementati anno dopo anno; si può mantenere costante il livello di valutazione della qualità nel tempo, ampliare il range qualitativo dell'indicatore (ad esempio aggiungere anche l'indicatore per la qualità dei parametri chimici) e calcolare l'indice anche rispetto ai singoli punti di campionamento o alle singole coste comunali e provinciali.

Occorre, infine, puntualizzare IQB e balneabilità (soprattutto se calcolata come percentuale di punti idonei) hanno un significato diverso: da una parte l'idoneità alla balneazione è solo un giudizio emesso per salvaguardare un tipo specifico di utilizzo della risorsa marina ed una sua mancanza è l'effetto più evidente che una eventuale alterazione delle acque costiere



apporta alle attività antropiche inerenti su essa (l'impatto, appunto), con una semplificazione di tipo dualistico antitetico ("nero o bianco", "buono o cattivo"); dall'altra l'IQB rende conto di un fenomeno di contaminazione, da scarichi civili, delle acque marine che, senza dubbio, ne altera in tutto o in parte le caratteristiche naturali, sia chimiche che biologiche, ed è orientato verso una tutela della qualità complessiva degli ecosistemi più che allo sfruttamento della risorsa, con una interpretazione di tipo probabilistico.



*Figura 22 - Indice di Qualità Batteriologica (classi) dei comuni toscani al termine della stagione 2002*

Dall'analisi a livello comunale per quanto riguarda la stagione 2002 (Figura 22) si vede chiaramente che l'IQB migliore si registra nei comuni della costa grossetana (classe I) e in alcuni della provincia di Livorno, in particolare dell'Arcipelago toscano, tutti compresi nelle prime 2 classi tranne Marciana Marina. Si deve, peraltro, riconoscere che, complessivamente la

situazione regionale è più che soddisfacente, avendo solo 3 comuni in qualità “mediocre” (Carrara, Camaiore e Marciana Marina) e nessuno nelle classi peggiori.

Utilizzando, invece, il livello provinciale per dare un quadro sintetico della tendenza su scala temporale più ampia, dal 1990 al 2002 (Figura 23), si nota una forte variabilità interna, con oscillazioni da una stagione all'altra anche di due classi.

Questo comportamento è particolarmente evidente per le province settentrionali, dove i cambiamenti più repentini si verificano nelle stesse stagioni e, in particolare, tra 1996 e '97 e tra 2000 e 2001. In queste stesse province le caratteristiche delle acque di balneazione mostrano, in generale, una qualità inferiore a quelle meridionali, in alcuni casi al limite della classe peggiore: Massa Carrara è quella che sta complessivamente peggio, considerando l'intero periodo, ma mostra una certa tendenza al miglioramento, anche se con molte discontinuità; Pisa è quella che, nel tratto settentrionale, ha mostrato un cambio in positivo più netto, mentre Lucca sembra collocarsi nel mezzo, ma con un aumento di inquinamento nelle ultime stagioni.

Questi fatti, potrebbero star a significare che non in tutte le province sono stati fatti sufficienti progressi nel controllo degli scarichi e nel campo della depurazione, partendo da diverse situazioni ambientali (fiumi, ricambio idrico, batimetria) ed antropiche (popolazione, turismo, infrastrutture, ecc.), e che, in definitiva, vi è ancora una gestione non ottimale del ciclo integrato delle acque. Tali carenze vengono, probabilmente, messe in evidenza ed accentuate in stagioni caratterizzate da condizioni meteorologiche non consuete (precipitazioni, venti, ecc.).

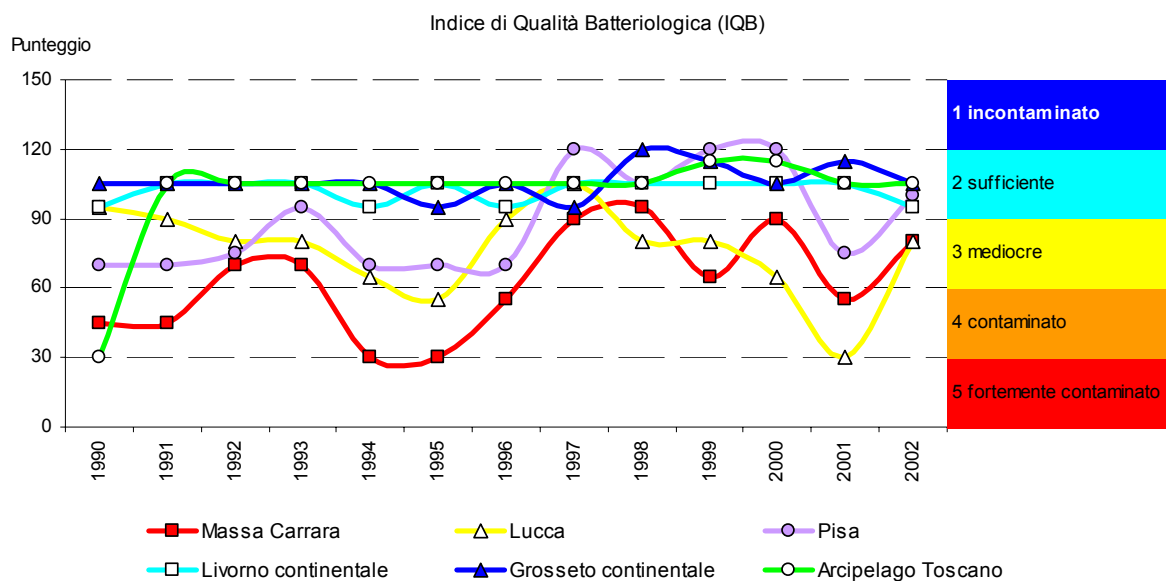


Figura 23 – Indice di Qualità Batteriologica (IQB) delle acque di balneazione delle province toscane dal 1990 al 2002

Discorso diverso per la zona a Sud di Pisa e della costa insulare, dove sia le condizioni ambientali sicuramente migliori sia la minore pressione a cui sono complessivamente sottoposti questi litorali sia, forse, una maggior tutela della risorsa marina e balneare, dovuta alla forte importanza relativa del turismo sull'economia costiera in queste zone, hanno portato ad un livello di qualità più che soddisfacente in modo costante:

- tutte le 3 zone sono allineate fin dall'inizio sui medesimi livelli di qualità sufficiente;

- le oscillazioni sono di limitata entità e compensate nel corso della stagione successiva;
- non si osservano tendenze a medio o lungo termine se non un miglioramento per la costa continentale della provincia di Grosseto.

Come solo appunto a questa situazione è quella di non arrivare quasi mai ad una condizione ottimale di ambiente incontaminato (classe 1), nonostante le ottime premesse, come se vi fosse un certo appagamento di risultato e non si ritenesse premiante uno sforzo ulteriore.

## 6.11 LA BALNEAZIONE E I DIVIETI

I divieti permanenti di balneazione che interessano la costa toscana sono stati individuati ai sensi del D.P.R. n. 470/82, sia per motivi indipendenti da inquinamento (porti, servitù militari, colonie penali, riserve naturalistiche), che per motivi igienico sanitari (principalmente in corrispondenza delle foci dei maggiori corsi d'acqua).

Mentre per quanto riguarda i divieti istituiti per motivi indipendenti da inquinamento nessuna misura di risanamento può, ovviamente essere adottata, per quanto riguarda la seconda tipologia di divieti, l'art. 9 del D.Lgs. n. 152/99 impone l'identificazione delle cause del fenomeno inquinante, nonché le misure di risanamento che dovranno essere adottate per ripristinare, in tempi ragionevolmente compatibili con la gravità dell'inquinamento, l'idoneità alla balneazione. In base a questo articolo, alle Regioni è richiesto annualmente di comunicare al Ministero dell'Ambiente tutte le informazioni relative alle cause e alle misure necessarie per rimuovere il divieto e la Regione Toscana, prima dell'inizio di ogni stagione balneare, fa il punto sugli interventi eseguiti e su quelli programmati per tutte le zone sottoposte a divieto, affidando contemporaneamente ai Dipartimenti ARPAT competenti per territorio la verifica delle condizioni igienico sanitarie delle acque. Infatti, nonostante si tratti di zone dove la balneazione è permanentemente vietata, i controlli sono mantenuti con frequenza mensile nella zone foceale, per verificare la possibilità di una riduzione od eliminazione del divieto stesso.

L'opera di sensibilizzazione della Regione nei confronti delle Amministrazioni Locali sta già dando i primi frutti, tanto che, in base ai risultati forniti dai controlli mensili, in questi ultimi anni sono stati rimossi ben 6 divieti permanenti di balneazione ed altri 2 hanno subito una significativa diminuzione del tratto interessato.

*Tabella 17 – divieti permanenti di balneazione sottoposti a revisione in questi ultimi anni*

Tratto vietato	Modifica divieto	Anno
foce fiume Serchio	Revoca totale	2001
foce fosso della Madonna	Revoca totale	2001
foce fosso Nuovo	Revoca totale	2001
foce Rio Maggiore	Revoca totale	2002
foce Lillatro	Riduzione estensione da 1'000 a 200 m	2002
moletto Punta Sud	Revoca totale	2003
foce canale Ansedonia	Revoca totale	2002
foce fiume Ombrone	Riduzione estensione da 2'000 a 500 m	2003

Analizzando la situazione lungo la costa e le isole, dal punto di vista dei divieti permanenti per inquinamento, possiamo osservare come ci sia un netto gradiente nella densità di divieti, con il tratto settentrionale (costa apuana) in cui si ha mediamente più di 1 divieto ogni 10

km, che scende a meno di 1 ogni 40 km per la costa maremmana, fino alla situazione ottimale delle isole dell'Arcipelago, dove non è presente alcun divieto.

Questo fatto si può motivare con la maggior pressione antropica che grava sul tratto apuo-versiliese-pisano e con le caratteristiche idrologiche e morfologiche che avvantaggiano naturalmente, sia per ricambio idrico che per dispersione degli inquinanti, le coste meridionali ed insulari.

*Tabella 18 – distribuzione dei divieti permanenti di balneazione per motivi di inquinamento nel 2003*

Zona <sup>1</sup>	Costa km	Divieti permanenti		Divieti permanenti per inquinamento		
		Nr.	km/divieto	Nr.	Costa vietata	km/divieto
Provincia di Massa	16.7	5	3.3	4	3%	4.2
Provincia di Lucca	21.2	1	21.2	0	0%	> 21.2
Provincia di Pisa	27.5	3	9.2	3	16%	9.2
Costa livornese	136.2	11	12.4	4	1%	34.0
Costa grossetana	166.1	11	15.1	4	3%	41.5
Arcipelago Toscano	265.5	8	33.2	0	0%	> 265.5

<sup>1</sup> nel caso di Livorno e Grosseto abbiamo separato i tratti di costa continentale da quelli facenti parte dell'Arcipelago Toscano, a causa delle forti differenze di tipo idrologico ed antropico

## 7 LE DIFFERENZE TRA LE COSTE TOSCANE

È stata presa in considerazione la possibilità di confermare, tramite l'analisi dei cluster, quella differenziazione tra parte settentrionale e parte centro meridionale della costa toscana, che già risultava abbastanza evidente dall'elaborazione e analisi dei dati ricavati in diversi anni di attività di monitoraggio.

Per il macrozoobenthos, il modello di classificazione (Figura 24) basato su valutazioni numeriche della similarità (specie-individui) tra le comunità monitorate, evidenzia, una maggiore similarità tra le stazioni di Foce Ombrone e Marina di Castagneto rispetto a Fiume Morto.

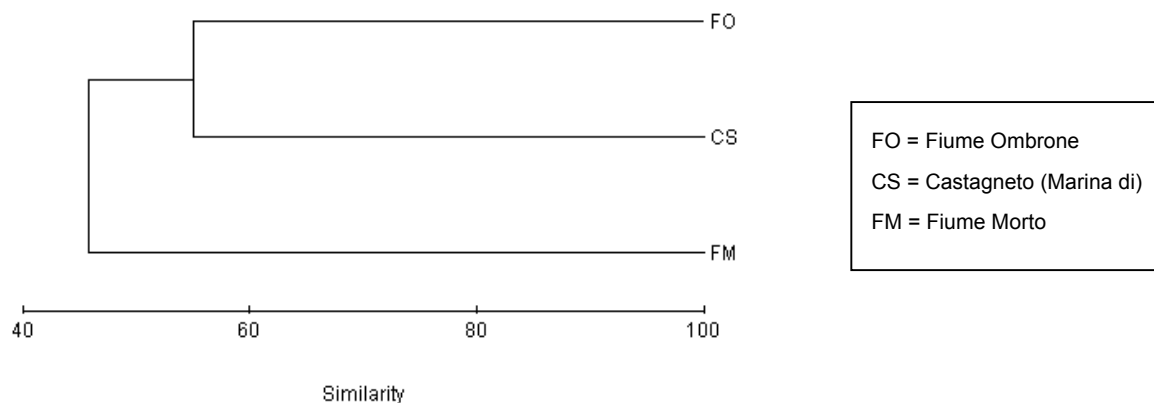


Figura 24 - Dendrogramma relativo al confronto delle comunità macrozoobentoniche delle tre stazioni monitorate per il macrozoobenthos

Analizzando sia i valori dell'indice TRIX che quelli di densità del fitoplancton attraverso lo stesso modello di classificazione (Figura 25), si evidenziano in entrambi i casi due raggruppamenti di stazioni con diversa similarità: un cluster di stazioni situate a Nord ed uno di stazioni al centro-sud della costa regionale.

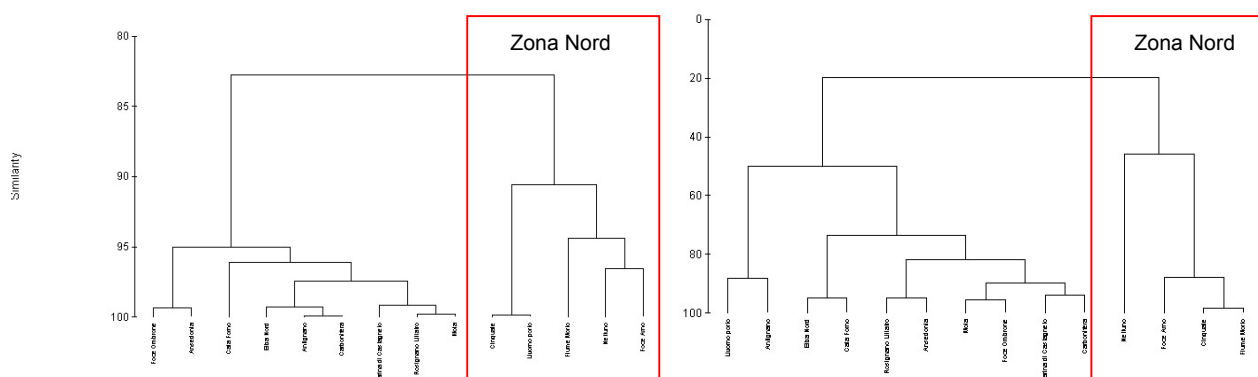


Figura 25 - Dendrogramma relativo al confronto dell'indice TRIX (a sinistra) e della densità fitoplanctonica (a destra) delle stazioni monitorate lungo la costa regionale

Questo tipo di analisi statistica conferma quanto evidenziato nella valutazione delle singole caratteristiche sia delle acque costiere che di quelle di balneazione, a riprova che sono entrambe influenzate dagli stessi fattori, anche se con modalità (temporali e spaziali) ed intensità diverse.

Infatti, nel tratto settentrionale, approssimativamente compreso tra la foce del Magra ed il comune di Livorno, si vanno a determinare condizioni naturali e antropiche particolari e, soprattutto, uniche nel panorama regionale toscano.

Da una parte, le caratteristiche idrologiche e morfologiche (vedi par. 2.2) fanno sì che sia un'area con un ricambio idrico complessivamente scarso, a causa del ridotto gradiente batimetrico e della separazione tra acque tirreniche e liguri (almeno sottocosta e per molti mesi all'anno), causata dalle isole dell'Arcipelago. A questo si aggiunge la presenza di ben 3 grandi fiumi che sfociano in un tratto di costa relativamente corto: dalla foce del Magra a quella del Serchio e dell'Arno vi sono poco più di 50km. Il tutto comporta che le acque fluviali tendono a rimanere fortemente confinate lungo una ristretta fascia e, sebbene il loro volume non sia confrontabile con quello, per esempio, dei fiumi del bacino adriatico, vanno ad influenzare queste acque per lunghi periodi. Inoltre, dobbiamo tener presente che, a differenza dell'Adriatico, il Mediterraneo occidentale, di cui Ligure e Tirreno fanno parte, è un mare sostanzialmente oligotrofico e, quindi, i carichi trofici in arrivo dal continente lo arricchiscono relativamente in modo più rapido ed accentuato, facendone variare, laddove vi è l'immissione, le caratteristiche della produzione primaria.

Quindi, siamo, in una zona già "normalmente" più sensibile all'influenza da terra e la concomitante presenza di un notevole sviluppo urbano costiero (praticamente da Marina di Carrara a Viareggio è un solo agglomerato, a cui aggiungere i due grandi centri di Pisa e Livorno) e di alcuni insediamenti industriali e portuali (Livorno, Viareggio, Carrara) ne rendono ancora più problematica la gestione. Infatti, sia il turismo che gli altri fattori di sviluppo economico e demografico fanno sentire la loro pressione proprio lungo tutto questo litorale (vedi cap. 3), piuttosto che altrove e, di conseguenza, i numerosi corsi d'acqua, anche di piccola entità (fossi, botri, canali, ecc.) sono il principale veicolo a mare degli effetti di queste attività (vedi cap. 4). Di questo risente, principalmente, la qualità delle acque di balneazione, soprattutto se il sistema di depurazione e di collettamento degli scarichi non è completo ed efficiente, ma tutti gli ecosistemi marini costieri, se, come in questo caso, il fenomeno è di lunga durata, alla lunga vengono influenzati negativamente.

Risulta, quindi, "prevedibile" che la parte settentrionale della costa sia quella maggiormente a rischio di eutrofizzazione, dove il livello di biodiversità è più basso, soprattutto nelle biocenosi macrozoobentoniche (vedi par. 6.8) ed anche quella dove si addensano maggiormente i divieti di balneazione per inquinamento (vedi par. 6.11) e minore è la qualità delle acque (vedi par. 6.10).

La possibilità di migliorare questa situazione, intervenendo sui fattori di alterazione antropica, si concretizza innanzitutto nel completamento e adeguamento della situazione depurativa dell'area pisana (interventi previsti e già finanziati) e di tutto il bacino dell'Arno, zona fiorentina compresa. Ulteriori risultati di miglioramento potrebbero ottenersi con una gestione integrata della fascia costiera, sviluppando politiche di programmazione che diluiscano nel tempo e nello spazio la pressione del turismo, dell'industria, della pesca e dei traffici marittimi e che consentano una maggior tutela del patrimonio naturale.

## 8 L'INNOVAZIONE NEI CONTROLLI

### 8.1 I PROGETTI SPECIALI

#### 8.1.1 Progetto VABIC

Tra il 2000 ed il 2002, in collaborazione con il Museo di Storia Naturale di Firenze è stato condotto uno “Studio delle biocenosi litorali rocciose ai fini della valutazione dell’impatto ambientale”.

Sulla base delle conoscenze e dei dati acquisiti con i piani di monitoraggio sono state identificate 5 diverse aree omogenee (Versilia, Livorno, Piombino, Elba e Argentario) lungo la costa toscana, all’interno di ognuna delle quali sono stati individuati 3 siti (2 di controllo ed 1 impattato), per valutare la struttura delle comunità algali che ricoprono le scogliere (abbondanze relative delle specie).

Utilizzando tecniche di analisi statistica (ANOVA, nMDS, ANOSIM, SIMPER) è stato ricavato un indice in grado di classificare i siti in aree di bassa ed elevata qualità, denominato RIBI (Rocky Intertidal Biotic Index). Questo indice ha il vantaggio di essere rapido, con prelievi di facile esecuzione e di elevata sensibilità a differenti generi di impatto antropico.

E’ stata individuata e confermata una lista ristretta di taxa algali che, da soli, discriminano in maniera ottimale i siti di alta da quelli di bassa qualità ambientale ed è stato elaborato, tra i tanti modelli possibili, un indice numerico che integra in maniera pesata le informazioni derivanti dalla presenza o dalla assenza dei taxa in questione.

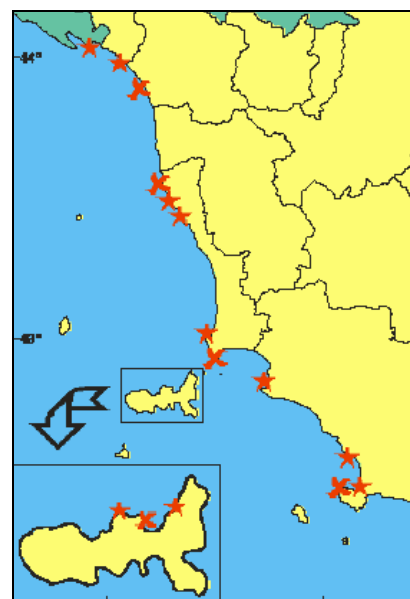


Figura 26 - Siti indagati dal progetto VABIC

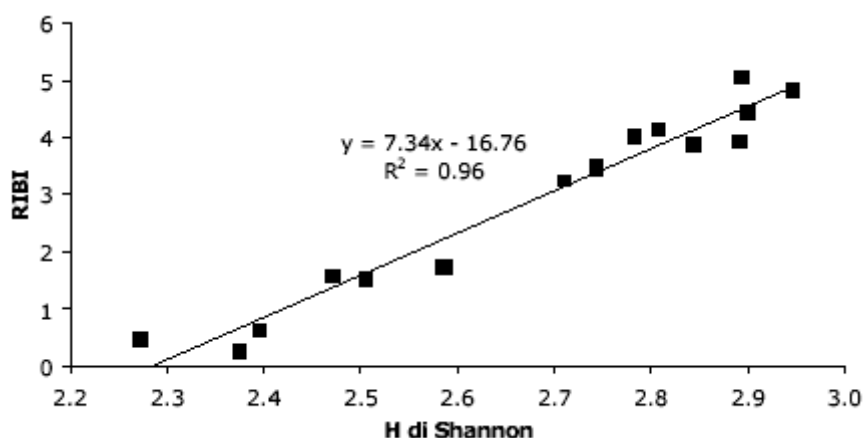


Figura 27 - Relazione tra i valori dell’indice RIBI e dell’indice di diversità H di Shannon-Wiener

L'indice RIBI così elaborato ha dimostrato di essere in ottimo accordo con un indice ben affermato in ecologia quale quello di Shannon-Wiener, che, è importante notarlo, non si basa su tutte le informazioni integrate nel RIBI, ma tiene conto solamente della composizione in specie delle comunità. Il buon accordo con l'indice di Shannon-Wiener non significa che il RIBI debba essere considerato un semplice "doppione", il nuovo indice è infatti della famiglia degli indici biotici di ultima generazione e quindi non si basa solo sulla varietà e diversità delle comunità ma soprattutto sulla frequenza di specie che hanno dimostrato di essere indicatrici di salute della comunità stessa.

*Tabella 19 - Valori dell'indice RIBI, dell'indice H di Shannon-Wiener e del giudizio di qualità.*

Sito	RIBI	H	Qualità dei siti
Livorno porto	0,26	2,37	Fortemente inquinato
Porto S.Stefano	0,46	2,27	
Viareggio	0,63	2,40	
Bocca di Magra	1,55	2,51	Inquinato
Marina di Massa	1,56	2,47	
Piombino porticciolo	1,75	2,59	
Talamone	3,25	2,71	Sufficiente
Portoferraio	3,47	2,74	
Calafuria	3,87	2,84	
Cala Violina	3,94	2,89	
Enfola	4,04	2,78	Incontaminato
Nisporto	4,15	2,81	
Villa Domizia	4,45	2,90	
Populonia	4,81	2,95	
Castiglioncello	5,03	2,89	

Secondo l'indice proposto le acque di gran lunga più inquinate sono quelle dei porti di Livorno, di Viareggio e di Porto S. Stefano, tutte al di sotto del valore 1. C'è poi un secondo gruppo di siti, con valori attorno al 1,5 che comprende gli altri siti versiliesi e le acque del porticciolo di Piombino, che si pone a metà strada tra i siti davvero molto inquinati e tutti gli altri che totalizzano valori al di sopra del 3 o del 4. Questi gruppi, venutisi a creare a posteriori del calcolo facilitano notevolmente la comprensione di un indice di questo tipo e posso facilmente essere ridotti a quattro classi, definibili, ad esempio, come siti molto inquinati, relativamente inquinati, puliti e molto puliti: è importante sottolineare che i dati derivanti dai monitoraggi delle acque costiere (D.Lgs 152/99 e L. 979/82) sono del tutto coerenti con entrambi questi indici.

### 8.1.2 I progetti Interreg

I progetti svolti in ambito Interreg da parte della Regione Toscana e di ARPAT sono stati e, probabilmente, continueranno ad essere un potente strumento di indagine e di approfondimento delle tematiche ambientali riferite al controllo ed alla gestione della fascia costiera.

L'opportunità di poter usufruire di finanziamenti significativi per finalità di ricerca e di scambio delle informazioni, unite alla caratteristica fondamentale di dover confrontare realtà locali (progetti transfrontalieri), regionali e nazionali assai diverse tra loro e coordinare ed integrare obiettivi ed impostazioni altrettanto diversificate, hanno fatto sì che questi progetti



rappresentassero un importante banco di prova e di crescita, sia scientifica che culturale, per tutti i soggetti coinvolti.

Nella fase II dell'iniziativa comunitaria Interreg (1992-99) ARPAT ha partecipato a 2 progetti sul tema della tutela degli ecosistemi marini:

- Interreg IIC “Salvaguardia Preventiva dell'Ecosistema Costiero ed Insulare Toscano” (in collaborazione con Università di Pisa, CNR di Pisa e Università di Trento): è stata indagata la componente microrganismica eucariotica ad alghe, funghi e protozoi degli ecosistemi marini dell'Isola d'Elba e della costa continentale toscana, per mezzo sia della raccolta di animali filtratori (mitili) nell'area colonizzata dai microrganismi oggetto di interesse, sia mediante l'allestimento di colture di laboratorio di ceppi di specie ritenute interessanti per la valutazione di bioattività di loro estratti grezzi, attraverso un processo di isolamento e identificazione dei principi attivi, con il traguardo finale di un loro isolamento allo stato puro.
- Interreg IIC “Controllo della contaminazione marina costiera” (in collaborazione con la Regione Toscana): l'obiettivo del progetto è stato quello di valutare le possibilità offerte dalla metodologia di saggio algale (prova di laboratorio concettualmente molto semplice) di classificare le acque marine - costiere in funzione dello stato trofico.

Sfruttando l'esperienza maturata durante questi primi esempi di confronto con le altre regioni dell'area mediterranea ed i risultati dal punto di vista tecnico e scientifico che in quest'ambito sono stati conseguiti, ARPAT, in accordo con le istituzioni locali (Provincia di Livorno e Regione Toscana) si è attivata per dare l'avvio ad una seconda stagione di progetti.

Attualmente sono in via di definizione 2 progetti per la fase III di Interreg, uno in ambito transfrontaliero (IIIA) per lo studio delle Secche della Meloria e dei potenziali fattori di alterazione (in collaborazione con la Provincia di Livorno ed il CNR di Pisa) ed uno in ambito interregionale (IIIB – MedOcc) per il monitoraggio integrato del mare costiero, sperimentando un nuovo approccio multidisciplinare e nuovi indicatori biologici (in collaborazione con Regione Toscana, Università di Firenze e Università di Pisa).

In particolare quest'ultimo aspetto sui nuovi bioindicatori vedrà fortemente coinvolto il personale dell'Agenzia, con fasi operative e sperimentali sulle acque costiere non solo toscane (il progetto dovrebbe coinvolgere anche Sicilia, Liguria, Corsica e Catalogna) ed il sistema che verrà messo a punto potrà servire per modificare od implementare l'attuale monitoraggio.

### **8.1.3 La sperimentazione della nuova direttiva sulla balneazione**

Attualmente, la normativa italiana (DPR470/82, come modificato dalla L. 422/2000) prevede che l'idoneità alla balneazione venga attribuita in base al rispetto dei limiti di 11 parametri (vedi par. 5.2.2), di cui 4 microbiologici (Coliformi totali, Coliformi fecali, Streptococchi fecali e Salmonelle), tutti con uguale dignità, anche se in pratica influenti in maniera diversa (mediamente quasi il 90% dei casi di non conformità è dovuta ai soli parametri batteriologici).

La nuova direttiva, invece, di fatto, sostituisce tutti quelli utilizzati finora con i soli Enterococchi intestinali ed *Escherichia coli*, lasciando un ruolo accessorio (per determinare “qualità buona” od “eccellente”) ad altri già presenti (oli minerali; pH, solo nelle acque interne; fioriture algali, solo nelle zone a rischio) o di nuova introduzione (residui bituminosi, catrame; materiale galleggiante: legname, plastica, vetro, gomma, ecc.). Diventa, quindi, estremamente

importante poter avviare una sperimentazione sui nuovi parametri, sia per acquisire un sufficiente bagaglio di conoscenze tecniche e metodologiche, rendendo le strutture operative in grado di rispondere in modo pronto ed efficiente alle imminenti variazioni normative, sia per fornire agli amministratori gli elementi su cui sviluppare politiche e fare previsioni. Naturalmente, considerato che la nuova direttiva non è ancora stata approvata (e non si possono fare previsioni su una data certa), è necessario prevedere che l'analisi ed il prelievo di questi nuovi parametri avvenga in parallelo a quelli attualmente in vigore secondo il DPR 470/82, con la necessità di attivare risorse aggiuntive.

Grazie ad una unità di vedute e di intendimenti, Regione Toscana ed ARPAT hanno messo a punto un progetto di sperimentazione dei nuovi parametri microbiologici previsti nella nuova Direttiva. Questo progetto, finanziato dalla Regione Toscana, partirà nel 2003 ed avrà come scopo quello di valutare l'impatto delle modifiche sulla situazione toscana e sul sistema di controllo..

I nuovi parametri Enterococchi intestinali ed *Escherichia coli*, verranno analizzati in tutti i punti e con le stesse frequenze dei parametri previsti dal D.P.R. 470/82 e secondo le metodiche standard (ISO 7899 per EI e ISO 9308-1 per EC).

#### 8.1.4 Progetto MAT

A partire da giugno 1999 è attivo un programma nazionale di monitoraggio e studio sui "Processi di formazione delle Mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno" (MAT), finanziato dal Ministero dell'Ambiente e coordinato dall'ICRAM: per la parte tirrenica è svolto da ARPAT, Università di Firenze e Università di Genova.

I punti di prelievo sono tre: Secca di Pinocchi nel Golfo del Campese all'Isola del Giglio; Formiche di Grosseto, stazione in seguito sostituita con Punta Secca all'Isola di Giannutri; stazione posta circa ad 11 miglia a Ovest di Giannutri, con fondale di circa 300 metri, con funzione di "bianco".



Figura 28 – Punti di campionamento delle mucillagini nel Mar Tirreno settentrionale nell'ambito del progetto MAT: sono indicati i siti di indagine(★) e la stazione "bianco" (▲)

I dati, a differenza di quelli del monitoraggio marino costiero, non forniscono una rappresentazione spaziale, ma solo serie temporali, a causa del limitato numero di stazioni di campionamento. In questo caso la sequenza spaziale viene ricomposta in seno all'intero progetto nell'ambito dei due bacini, Adriatico e Tirreno appunto, in virtù delle attività di tutte le Unità Operative che, insieme all'ARPAT, vi partecipano.

Le campagne di monitoraggio prevedono, oltre alla rilevazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua, anche l'effettuazione di immersioni con ARA per la determinazione della presenza di aggregati mucillaginosi, la definizione della consistenza e della ricopertura del fondo e per l'esecuzione di prelievi di materiale.

Dai nostri dati risulta che l'andamento generale del fenomeno, nel corso dei tre anni di studio (1999-2001), è stato chiaramente condizionato dalle condizioni meteo marine e che in generale la formazione degli aggregati mucillaginosi è governato dalla concomitanza di diversi fattori di tipo fisico (temperatura dell'acqua, stratificazione o meno della massa d'acqua, idrodinamismo, fotoperiodo, ecc.), chimico (nutrienti, ossigeno disciolto, ecc.) e biologico (composizione specifica), ma, mentre sembra di aver ormai individuato le condizioni necessarie, non appare altrettanto semplice determinare quali siano le condizioni sufficienti.

## **8.2 IL TELERILEVAMENTO**

Bisogna non dimenticare che lungo la costa sono presenti diffuse cause di rischio per l'ambiente marino in relazione agli insediamenti urbani, industriali e portuali.

I fenomeni di inquinamento sono rappresentati, ad esempio, dallo scarico "bianco" della Solvay di Rosignano, dal pennacchio termico della CTE ENEL di Torre del Sale a Piombino, dagli idrocarburi sversati in mare e riscontrati frequentemente sui litorali regionali.

La sorveglianza costante di tali fenomeni è necessaria sia per disporre del quadro costante della situazione e dell'evoluzione delle noxae inquinanti, sia per permettere, in certi casi, agli organi preposti di intervenire rapidamente.

Per conseguire tali obiettivi bisogna disporre di un sistema che consenta l'analisi contemporanea di diversi parametri, con frequenza costante e su aree estese. Per ottenere un monitoraggio così configurato, la sola possibilità è rappresentata dal telerilevamento da parte di satelliti orbitanti, settore nel quale negli ultimi anni sono stati compiuti significativi passi in avanti, tali da renderne l'uso immediatamente applicabile a molte realtà ambientali e non.

### **8.2.1 Progetto pilota di telerilevamento da satellite**

Nel 2000 hanno preso l'avvio due progetti sperimentali che vedono coinvolta ARPAT sul monitoraggio da satellite dell'ambiente marino:

- il **Progetto MIR** (Metodologie integrate di indagine in aree di pregio ambientale mirate alla valorizzazione e gestione delle risorse), cofinanziato dal Ministero della ricerca scientifica, e dai soggetti partecipanti, tra i quali ARPAT e numerosi istituti di ricerca universitari, con il coordinamento del Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa), iniziato ufficialmente il 5 giugno 2000 e che vede ARPAT coinvolta nella fase operativa dal settembre 2001;
- il **"Progetto pilota di monitoraggio dell'ambiente marino tramite telerilevamento dati da satellite"**, che vede la partecipazione di ARPAT, del Dipartimento di Elettronica e

Telecomunicazioni (DET) della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e della Stazione di Telerilevamento da Satellite del PIN Srl di Prato, iniziato nel settembre 2000.

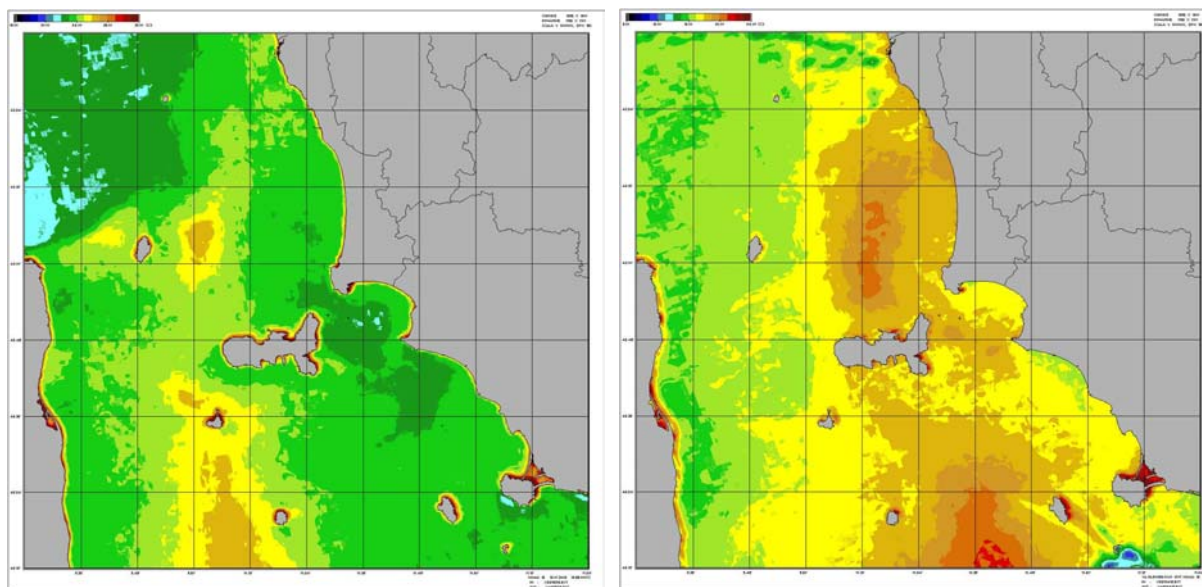
In pratica, con alcune differenze di tempistica, aree di interesse e di tecniche impiegate, entrambi i progetti sono rivolti alla realizzazione di un sistema di monitoraggio in continuo del mare, tramite l'utilizzo di satelliti che garantiscano una copertura spaziale e temporale adeguata ed una buona risoluzione sulla superficie marina.

Il sistema, attualmente è costituito da una stazione locale presso la sede ARPAT di Piombino collegata via Internet al Laboratorio di Telerilevamento di Prato, dal quale riceve le mappe georeferenziate dei parametri rilevati per procedere ad una loro validazione e verifica sulla base dei dati rilevati dal battello oceanografico "Poseidon" di ARPAT, anche con campagne specifiche. Il progetto prevede (dal 2002) la costituzione di una stazione presso l'Ente Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, collegata con Piombino e con Prato, per mettere a disposizione del Parco le informazioni rilevate e validate.

**Area:** Mar Tirreno settentrionale (Arcipelago Toscano) e Mar Ligure

**Parametri:** temperatura superficiale e correnti superficiali (radiometro AVHRR); torbidità e colore del mare (sensore SeaWiFS)

**Frequenza:** i passaggi dei satelliti NOAA sono in media 2-3 al giorno, mentre quelli del SeaStar sono in genere 2 al mese

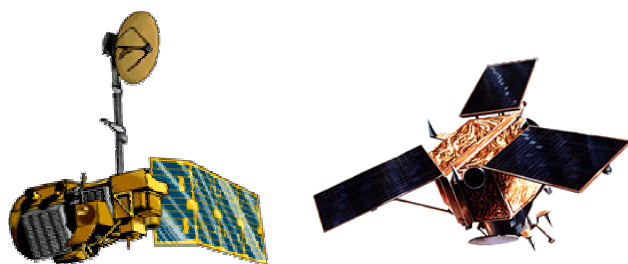


*Figura 29 - Esempio della temperatura superficiale del mare rilevata dal NOAA il 14 maggio (a sinistra) e il 18 luglio 2002 (a destra)*

### 8.2.2 L'Osservatorio regionale

L'11 settembre scorso, con la firma delle convenzioni della Regione Toscana con ARPAT e IBIMET-CNR (La.M.M.A.), è partito un ambizioso progetto sperimentale della durata di un anno che permetterà di incrociare le scene del satellite Landsat e Ikonos relative ai passaggi

sull'area di studio con le analisi dei campioni di acqua marina raccolti dai tecnici ARPAT sulla medesima area.



*I satelliti LANDSAT (a sinistra) e Ikonos (a destra)*

Il progetto è complementare a quello che utilizza i satelliti NOAA e SeaStar, che, oltre a monitorare altri parametri, hanno caratteristiche di minor risoluzione a terra ma maggior frequenza di rilevamento e ampiezza d'area indagata, e dovrebbe permettere di evidenziare sorgenti localizzate di diffusione vicino alle coste (distretti urbani o industriali) e gli apporti fluviali.

**Area:** la costa continentale della Toscana e le maggiori isole dell'Arcipelago

**Parametri:** particolato, pigmenti clorofilliani, sostanza organica disciolta

**Frequenza:** i passaggi dei satelliti sulla zona avvengono in media ogni 2-3 settimane, ma si stima di poter avere immagini utili solo ogni 2 mesi

Al termine della sperimentazione sarà possibile valutare le effettive potenzialità dei dati rilevati da satellite per il controllo della qualità delle acque marine: la conoscenza della concentrazione del particolato in sospensione, dei pigmenti e della sostanza organica disciolta, stimati dal satellite, consentirà una miglior valutazione delle acque.

Nel caso delle acque oceaniche esistono modelli efficienti di propagazione della luce in funzione dei parametri marini, mentre per le acque costiere le concentrazioni dei parametri in gioco sono assai variabili e spesso non consentono una descrizione analitica esatta delle caratteristiche ottiche delle acque marine rendendo, pertanto, necessarie misure in mare per ottenere una stima corretta dei parametri marini dalle immagini satellitari.



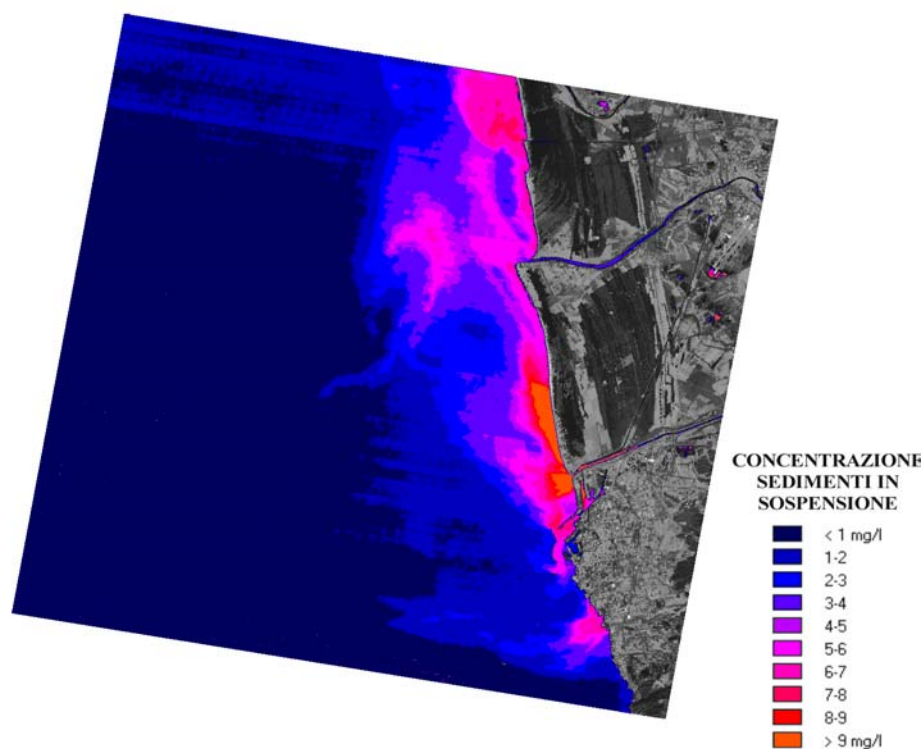
*Figura 30 – Esempio di immagine del satellite LANDSAT (Frame 192/30) relativa alla zona di Cecina del 6 luglio 2000*

Lo studio si compone di tre fasi temporali:

1. definizione di un modello per la stima di concentrazione dei parametri marini utilizzando le immagini dei satelliti LANDSAT e le misure in mare raccolte da ARPAT dal 1997 ad oggi,
2. verifica e taratura degli algoritmi di stima con le misure dei parametri eseguite da ARPAT in concomitanza dei prossimi passaggi del satellite,
3. applicazione del modello di stima dei parametri ad immagini ottenute da sensori di nuova generazione (MODIS, MERIS od HYPERION)

e si propone di sviluppare una metodologia operativa per la caratterizzazione delle proprietà ottiche delle acque Toscane e, in particolare, la determinazione su vaste superfici marine delle concentrazioni di sedimenti, pigmenti e sostanza gialla consentirà la valutazione della qualità delle acque con dettagli spaziali e temporali migliori di quelli attualmente ottenibili con metodi tradizionali.

E' da considerare comunque come le tecniche di monitoraggio basate sul telerivamento non intendano, almeno nell'immediato, sostituirsi a quelle convenzionali, ma vadano viste come complementari a queste per un miglior controllo delle risorse ambientali.



*Figura 31 – Esempio di applicazione di un algoritmo standard per la misura della concentrazione dei sedimenti sospesi in acque costiere nella zona tra la foce dell'Arno e Livorno*