

## INDICE

<b>1. STUDIO SULLO STATO DI QUALITÀ DELLE ACQUE MARINE .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. oceanografia fisica e chimica .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Plancton .....</b>	<b>3</b>
1.2.1. <i>Fitoplancton</i> .....	3
1.2.2. <i>Zooplancton</i> .....	3
<b>1.3. Geomorfologia e bionomia bentonica.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Analisi dei sedimenti .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Influsso dell'assetto litomorfológico dei bacini dei fiumi cecina e fine sui caratteri ambientali e sullo stato della piattaforma costiera di rosignano solvay.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Macrozoobenthos di fondo mobile .....</b>	<b>7</b>
<b>1.7. La fauna vagile associata alla prateria di posidonia oceanica .....</b>	<b>8</b>
<b>1.8. Macroalghe .....</b>	<b>9</b>
<b>1.9. Pesca e fauna ittica .....</b>	<b>10</b>
<b>1.10. Analisi delle immagini telerilevate.....</b>	<b>11</b>

## **1. STUDIO SULLO STATO DI QUALITÀ DELLE ACQUE MARINE**

Lo studio di qualità delle acque marine di seguito descritto è riportato nel documento "L'Ottimizzazione della compatibilità ambientale dell'immissione di fanghi inerti nell'ecosistema marino costiero di Rosignano" dell'Università di Roma.

### **1.1. OCEANOGRAFIA FISICA E CHIMICA**

Le stazioni di prelievo per lo studio dei parametri chimico-fisici sono 50 e coincidono con quelle scelte per il plancton. In tutte le stazioni sono stati prelevati campioni di acqua per la misura della concentrazione dei nutrienti e sono state effettuate misure di parametri fisici, chimici e biologici con sonde multiparametriche. In due stazioni site al largo del refluo sono state poste due catene correntometriche.

Le concentrazioni dei nutrienti non hanno registrato fluttuazioni di rilievo nel corso delle due campagne di campionamento e si attestano su valori alquanto contenuti. Il segnale più interessante da un punto di vista ecologico è costituito dall'elevata variabilità dei parametri misurati, che non ha evidenziato alcun gradiente di larga scala; ciò indica l'assenza di un effetto diretto rilevante del refluo Solvay sull'ecosistema pelagico ricevente.

Per quanto riguarda i profili effettuati con le sonde multiparametriche, i risultati non hanno messo in luce nessun elemento di potenziale interesse.

I dati correntometrici sono risultati facilmente interpretabili, con una direzione dei flussi relativamente costante e parallela alla linea di costa.

Nelle variazioni osservate la componente stagionale risulta molto più marcata di quella spaziale.

## **1.2. PLANCTON**

### *1.2.1. Fitoplancton*

Per lo studio della struttura della comunità fitoplanctonica sono state individuate 50 stazioni di prelievo posizionate in una griglia di forma rettangolare, nella quale le stazioni più esterne sono poste a circa 3 miglia dalla costa; la distanza tra le stazioni aumenta man mano che ci si allontana dallo scarico a mare della Solvay. Sono state effettuate due campagne di campionamento: nel settembre 2000 e nel giugno 2001.

Il popolamento è risultato caratterizzato prevalentemente dall'abbondanza del raggruppamento composto da criptofitee, prasinofitee, crisofitee e piccoli flagellati indeterminati, in cui dominano questi ultimi. Le differenze quantitative tra i due periodi di campionamento sono risultate poco significative. Il popolamento fitoplanctonico si è rivelato poco abbondante, il che, associato alla prevalente dominanza di piccole forme flagellate seguite da coccolitoforidi e dinoflagellati, è tipico di acque tirreniche oligotrofiche.

Per quanto riguarda la struttura del popolamento, è stata osservata una netta disgiunzione fra il momento tardo-primaverile e quello tardo-estivo, non indipendente dalle condizioni fisiche della colonna d'acqua. Non sono state evidenziate relazioni tra la struttura e/o l'abbondanza del popolamento e la distanza dal refluo della Solvay.

### *1.2.2. Zooplancton*

Le stazioni di prelievo e la tempistica per lo studio della comunità zooplanctonica coincidono con quelle scelte per il fitoplancton. In tutte le stazioni sono state effettuate retinate orizzontali per raccogliere il plancton superficiale; in otto, anche retinate verticali su tutta la colonna d'acqua.

I valori di densità osservati nello zooplancton superficiale nel corso della prima campagna di campionamento indicano la presenza di tre diverse fasce di stazioni. La fascia posta a una profondità compresa tra i 5 e i 30 metri è la zona a più elevata densità. Esiste, inoltre, un marcato gradiente di densità da sud verso nord, con i valori maggiori nell'area a nord del refluo della Solvay. Nel corso della seconda campagna la comunità zooplanctonica superficiale presenta densità più elevate rispetto a quelle osservate nel mese di settembre. La ripartizione delle abbondanze tra le stazioni non evidenzia un netto gradiente costa-largo.

Per quanto concerne lo zooplancton presente lungo l'intera colonna d'acqua, nel settembre 2000 i valori più elevati sono stati riscontrati nelle stazioni poste in prossimità delle Secche di Vada. In questo periodo stagionale i Copepodi costituiscono il 90% del popolamento analizzato. Nella campagna del giugno 2001 la comunità zooplanctonica presenta, come nel caso delle retinate orizzontali, valori di densità più elevati rispetto alla precedente.

### **1.3. GEOMORFOLOGIA E BIONOMIA BENTONICA**

Per la determinazione della morfologia e della batimetria dei fondali e per l'individuazione dei limiti delle praterie di *Posidonia oceanica* sono state eseguite indagini batimorfologiche per mezzo di Side Scan Sonar e di ecoscandaglio singlebeam. Per la definizione delle biocenosi bentoniche distribuite nei fondali dell'area d'indagine è stata utilizzata, come base di riferimento, la carta prodotta dall'interpretazione delle immagini Side Scan Sonar, integrata dall'indagine diretta mediante immersione subacquea di personale specializzato.

La fisionomia dei fondali dell'area d'indagine può essere ricondotta a due principali unità fisiografiche. Nell'unità settentrionale, che si estende da Punta Castiglioncello al pontile "Vittorio Veneto", la piattaforma continentale interna ha un andamento abbastanza regolare. L'unità meridionale va dal pontile a due chilometri circa a Sud di Punta del Tesorino, e al largo comprende le Secche di Vada; i fondali sono molto articolati per la presenza di una densa prateria di *Posidonia* su matte e su roccia.

I fondali presenti nell'area di indagine hanno una fisionomia complessa e articolata. L'eterogeneità ambientale si è tradotta, a livello bionomico, nella presenza di una notevole ricchezza floristica e faunistica. La più importante tra le biocenosi presenti è la prateria di *Posidonia*, che appare molto degradata sotto costa; in prossimità del refluo la matte morta non viene ricolonizzata dalle alghe fotofile ma appare ricoperta da sedimenti bianchi di origine industriale.

Per quanto riguarda l'effetto degli scarichi del refluo Solvay sulle comunità di fondo mobile, i materiali scaricati provocano modificazioni quali-quantitative delle biocenosi conseguenti alle alterazioni granulometriche del sedimento; questa distorsione è interpretabile come una transizione evolutiva reversibile.

#### **1.4. ANALISI DEI SEDIMENTI**

I fondali marini antistanti il tratto di costa in esame sono prevalentemente composti di sabbia e/o fango tranne che per delle limitate emergenze rocciose.

Come in quasi tutti i fondali caratterizzati da un substrato incoerente la componente fangosa aumenta con la profondità in quanto il moto ondoso rimette e mantiene in sospensione i granuli di sedimento più fini. Nell'area di studio è però evidente che esiste una forte perturbazione degli equilibri sedimentari naturali, causata dall'immissione di materiale inerte ad opera del refluo che la Solvay versa in mare. Questo materiale, di granulometria variabile e comunque in gran parte più fine del limite inferiore delle sabbie (63  $\mu\text{m}$ ), viene disperso nell'area antistante il refluo e di qui verso il lago, con fenomeni di risospensione anche molto intensa legati alle condizioni meteomarine più estreme.

Per lo studio dei sedimenti è stata definita una griglia di campionamento, composta di 137 punti, estesa fra Castiglioncello, a Nord, e le secche di Vada a Sud, in modo tale da essere centrata sul refluo dello stabilimento Solvay.

Verso il largo l'area di campionamento è limitata dall'isobata dei 50 m.

Dalle analisi effettuate, in primo luogo, è stata evidenziata una composizione granulometrica che, al di là della tendenza alla riduzione delle granulometrie in prossimità del refluo Solvay, presenta caratteristiche del tutto normali rispetto alla natura del sito studiato. In prossimità delle Secche di Vada e della grande prateria di Posidonia oceanica che le ricopre, infatti, domina nel sedimento la componente bioclastica, che è presente anche in alcuni siti prossimi a substrati solidi primari o secondari presenti nell'area prospiciente il refluo Solvay. Quest'ultimo apporta certamente granulometrie fini, che si disperdono nei fondali antistanti il refluo stesso, con fenomeni locali di forte compattazione degli stessi.

E' stato interessante, infine, notare come la concentrazione di molti metalli, nonché quella della sostanza organica e dell'azoto organico siano inversamente correlate con il grado di influenza del particolato immesso dalla Solvay rispetto all'intera matrice sedimentaria, che è stato inferito sulla base di indagini diffrattometriche ai raggi X.

Quest'ultima evidenza è del tutto coerente con la provenienza del materiale immesso dalla Solvay, che costituisce il risultato di processi industriali adattati nel tempo in modo da ridurre al minimo l'impatto prodotto nel passato, ad esempio in termini di concentrazione di mercurio.

**1.5. INFLUSSO DELL'ASSETTO LITOMORFOLOGICO DEI BACINI DEI FIUMI CECINA E FINE SUI CARATTERI AMBIENTALI E SULLO STATO DELLA PIATTAFORMA COSTIERA DI ROSIGNANO SOLVAY**

L'area d'indagine ricade dal punto di vista fisiografico nella parte orientale del bacino dell'Arcipelago Toscano. Le Secche di Vada suddividono questa parte del fiume in due sottobacini: meridionale, più grande, che si estende dalle Secche di Vada all'Elba ed un sottobacino settentrionale, minore, circoscritto fra le Secche di Vada e le Secche della Meloria.

La circolazione generale nel sottobacino settentrionale è in senso antiorario mentre nel sottobacino meridionale avviene in senso orario. Le correnti litoranee sono dirette principalmente verso sud.

Il fiume Fin è tributario maggiore del sottobacino settentrionale mentre il fiume Cecina di quello meridionale. L'ambiente litoraneo è sottoposto ad una rapida trasformazione con lo sviluppo dell'antropizzazione. Infatti, il sistema di stagni e lagune è stato progressivamente colmato dai detriti prodotti per la deforestazione intensiva e per lo sviluppo agricolo.

La costa si articola morfologicamente in un tratto piano roccioso, che si estende a mare a formare le Secche di Vada, ed in una falcata sabbiosa estesa da Rosignano a Populonia. La zona sabbiosa è soggetta ad estesi fenomeni di erosione causati, essenzialmente, da impropri interventi nei bacini alimentatori e direttamente sulle spiagge. Lo sversamento in mare dei reflui cartonatici Solvay rappresenta un elemento favorente il mantenimento di una certa stabilità del settore costiero.

La spiaggia, nelle componenti emersa e sommersa, è la sede della deposizione dei materiali detritici grossolani, le sabbie. La piattaforma continentale è invece la prima sede deposizionale delle particelle fini, limi ed argille, potenziali ricettori di contaminanti.

Per quanto riguarda la distribuzione dei metalli pesanti, essi risultano assenti dai sedimenti cartonatici biogenici delle parti periferiche esterne del bacino dell'Arcipelago Toscano. Gli stessi metalli interessano per conto sia i fondi argillosi delle parti centrali del bacino, sia le sabbie delle parti del bacino adiacenti al continente. L'arricchimento dei metalli pesanti negli strati contaminati non è in fondo eccessivamente elevato.

**1.6. MACROZOOBENTHOS DI FONDO MOBILE**

Lo studio del macrobenthos di fondo mobile si è svolto in due aree: l'area d'indagine vera e propria, situata nel tratto di mare antistante il litorale che va da Castiglioncello a Vada, e un'area di controllo, nel tratto di mare prospiciente la spiaggia di Marina di Cecina. Ciascuno dei taxa rinvenuti è stato scritto a una categoria trofica; nella biocenosi la biomassa è costituita per la quasi totalità da Detritivori Obbligati e Carnivori. L'aumento della frazione fine del sedimento superficiale nelle stazioni a bassa profondità causato dal materiale inerte immesso dalla Solvay sembra favorire l'insediamento dei detritivori obbligati anche a basse profondità, ma non incide sulla distribuzione delle specie sospensivore.

Pertanto il benthos dell'area d'indagine ha, a determinate profondità, caratteristiche affini a quelle che, nell'area di controllo, si trovano a profondità leggermente superiori, ma le differenze tra le due aree non sono staticamente significative. Ciò implica l'assenza di una degradazione del popolamento macrozoobenctonico, il quale è ben adattato alle immissioni di materiale inerte, ed assume le caratteristiche che, in una condizione imperturbata, gli sono proprie ad una profondità leggermente superiore.

L'assetto complessivo del popolamento, comunque, non mostra indicazioni di eutrofia né di forzanti con le quali il sistema non sia attualmente in equilibrio.

Infine, sotto l'ipotesi di una possibile riallocazione del refluo verso il lago, sono state valutate delle collocazioni alternative che consentano di contenere la torpidità della colonna d'acqua; tra le stazioni poste a 25 m è stata selezionata quella che, per tessitura dei sedimenti e composizione del popolamento, mostra la massima somiglianza con la stazione più vicina al refluo fra quelle disponibili.

**1.7. LA FAUNA VAGILE ASSOCIATA ALLA PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA**

Il campionamento della fauna vagile è stato effettuato in 50 stazioni selezionate tra quelle utilizzate per lo studio della prateria di Posidonia e distribuite in tre zone:

- L'area più distante dagli scarichi dello stabilimento, al largo di Punta de Tesorino, con un gruppo di 18 stazioni;
- L'area centrata sul pontile di Vada, in cui sono ubicate 27 stazioni;
- L'insenatura di Castiglioncello, con 4 stazioni.

Le principali variazioni nella struttura della comunità si osservano in rapporto alla posizione delle stazioni lungo un asse che descrive simultaneamente la distanza dal margine settentrionale della prateria e la distanza dal refluo Solvay. Risulta difficile, dunque, distinguere gli effetti di queste due potenziali cause di strutturazione della comunità.

Nel rapporto con altre praterie la fauna vagile della prateria di Rosignano mostra la massima somiglianza con quella di Capo Testa. Questa somiglianza, pur non assoluta, è certamente interessante, soprattutto se si considera che la seconda è una prateria di gran pregio ecologico.

**1.8. MACROALGHE**

Lo studio ha comportato la raccolta e l'analisi di 100 campioni, raccolti in immersione a profondità variabile tra 1 e 10 m circa su un quadrato di 20 cm di lato. Ogni campione è stato fotografato in situ e la flora raccolta è stata portata in laboratorio per l'analisi tassonomica. L'analisi del ricoprimento è stata effettuata sulle immagini fotografiche, tenendo conto delle specie fisionomicamente più rilevanti.

Per quanto riguarda la vegetazione algale macrofitica bentonica, si può affermare che la scomparsa della preesistente prateria di Posidonia nell'area direttamente sottoposta agli effetti dello scarico Solvay ha determinato anche la possibilità per alcune specie di trovare condizioni favorevoli per il proprio insediamento. Si tratta soprattutto di specie come *Caulerpa prolifera* e di specie invasive come *Acrothamnion preissii* e *Caulerpa racemosa* che hanno trovato nella matte morta di Posidonia il substrato ideale per il proprio insediamento.

L'intorbidimento accentuato che si verifica periodicamente ha determinato una notevole riduzione della diversità specifica favorendo di converso lo sviluppo di specie particolarmente resistenti ed a forte adattabilità come *Laurencia obtusa* o *Corallina uranifera*. In generale si può affermare che la flora algale dell'area indagata, per quanto riguarda il numero di specie, non si discosta in maniera particolarmente evidente da zone analoghe lungo la costa toscana. Le particolari condizioni di forte sedimentazione e di accentuata torpidità comportano comunque un incremento di specie ad alta adattabilità che spesso hanno valori di ricoprimento molto elevati se non superiori al 100% del substrato.

**1.9. PESCA E FAUNA ITTICA**

L'indagine sulla fauna ittica si è svolta nel tratto di mare compreso tra Punta Castiglioncello e le secche di Vada (area Solvay) e per, confronto, nel tratto di mare antistante all'abitato di Cecina (area di controllo). E' stato utilizzato il tramaglio, mestiere comunemente adoperato dalle barche che praticano la piccola pesca artigianale nella zona.

Le catture effettuate nelle due aree non differiscono in termini di numero di individui catturati. La differenza fra le medie delle biomasse totali del pescato è invece più rilevante, con un valore più alto nell'area di controllo. Per ciò che concerne la ricchezza specifica, quella osservata nell'area di Solvay è tendenzialmente superiore a quella dell'area di controllo.

Questa evidenza è stata confermata da tutte le analisi effettuate, che hanno anche mostrato come, specialmente dal punto di vista della struttura del popolamento ittico, le differenze tra le catture effettuate nelle due aree siano significative, con una maggior diversità ed un maggior pregio delle catture nell'area esposta al refluo Solvay, probabilmente dovuti alla ridotta pressione delle attività di pesca.

Le specie che maggiormente caratterizzano l'area di controllo sono certamente Raja asterias e Aspitrighia oscura. Diplodus annularis e Mullus barbatus tra gli Osteiti e Squilla mantis tra i Crostacei, sono invece le specie più strettamente associate all'area prospiciente lo stabilimento Solvay.

Inoltre, è stata rilevata una diminuzione nella pigmentazione degli animali catturati nel tratto di mare antistante il refluo della Solvay, il che ne riduce il valore commerciale. Tale peculiarità, pur essendo determinata con tutta probabilità da un semplice adattamento degli animali al colore più chiaro dei sedimenti dell'area, è più evidente in alcune specie dotate di spiccato mimetismo, come ad esempio la sogliola.

I test ecotossicologici non hanno evidenziato alcun effetto su larve di orata in condizioni normali, cioè con il particolato sedimentato sul fondo di vasche da 250 litri.

**1.10. ANALISI DELLE IMMAGINI TELERILEVATE**

I solidi sospesi nella colonna d'acqua, soprattutto in ambienti marini costieri, possono produrre alterazioni molto pronunciate delle caratteristiche ottiche delle acque superficiali e, di conseguenza, nella radiazione solare riflessa da queste ultime. Attraverso l'analisi di immagini telerilevate è possibile studiare qualitativamente tale fenomeno in maniera accurata, soprattutto in assenza di una forte stratificazione della colonna d'acqua.

Lo scopo di questa linea di studio è stato, pertanto, quello di quantificare l'estensione dell'area soggetta a riduzione della trasparenza della colonna d'acqua a causa del trasporto e della risospensione di materiale Solvay e di mettere in relazione questi fenomeni con le condizioni meteomarine del sito.

In questo studio sono state analizzate le immagini fornite dal satellite Landsat 7 ETM+, dotato di un sensore che acquisisce dati su otto bande, procedendo a ritroso nel tempo dalla primavera 2002 all'estate 1999.

L'analisi delle immagini Landsat 7 ETM+ ha mostrato come questa piattaforma sia estremamente valida per il supporto ad attività di analisi degli ecosistemi costieri.

Le tipologie di impatto della risospensione del materiale immesso dalla Solvay in mare sono ben descritte dalle immagini acquisite ed è stato possibile riconoscere sia patterns ben chiari e ricorrenti, sia l'effetto delle formazioni attualmente presenti nell'area nel determinare e/o nel vincolare i fenomeni di risospensione e di trasporto. In primis, appare evidente l'effetto della prateria di Posidonia oceanica, la cui presenza rappresenta un importante vincolo per l'espansione della zona in cui si manifesta il fenomeno delle "acque bianche", soprattutto in rapporto al suo contenimento verso sud.