



**“Sapienza”**  
Università di Roma

Dottorato di Ricerca in  
**ENERGETICA**  
20° ciclo

Titolo della ricerca:

**Analisi delle problematiche ambientali  
connesse alla filiera dell'energia in Italia:  
il caso del traffico marittimo degli Idrocarburi  
e i possibili strumenti di gestione del rischio**

**Arch. Federico CINQUEPALMI**  
Dottorando, 3° ed ultimo anno di Corso

---

Docente Guida  
**Prof. Ing. Maurizio CUMO**

**Relazione Finale**  
**A.A. 2007/2008**

*Dedicata ad Andreina Zitelli,  
che per prima ha creduto in me.*



## Indice

---

<b>1. Premessa .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Il quadro energetico Nazionale .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Il contesto Mediterraneo .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Il quadro ambientale e normativo internazionale di riferimento .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Gli effetti del petrolio in mare.....</b>	<b>26</b>
<b>6. Gli strumenti di gestione del rischio: le Environmental Sensitivity Index Maps (ESImaps).....</b>	<b>29</b>
<b>7. Gli strumenti di gestione del rischio: le mappe di sensibilità italiane.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Calcolo Matriciale degli indici di Sensibilità Ambientale (ESI).....</b>	<b>36</b>
8.1 Matrice 1: Caratteristiche morfologico naturali delle linee di costa.....	37
8.2 matrice 2: Specchi d'acqua.....	39
8.3 Matrice 3: Strutture artificiali .....	41
8.4 Lettura delle matrici.....	42
<b>9. Casi studio per l'applicazione delle mappature di sensibilità costiere agli sversamenti di petrolio in mare .....</b>	<b>46</b>
9.1 Il caso studio del Golfo di Pozzuoli (Analisi di campo - anno 2006) .....	47
9.2 Il caso studio della Penisola Cilentana (Analisi di campo - anno 2007).....	56
<b>10. L'elaborazione delle Mappe di Sensibilità.....</b>	<b>60</b>
<b>11. Conclusioni.....</b>	<b>64</b>
<b>Bibliografia web .....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>68</b>



## 1. Premessa

---

La crisi d'identità del settore produttivo energetico italiano, iniziata negli anni settanta in concomitanza con le difficoltà dell'approvvigionamento petrolifero conseguente agli eventi bellici della Guerra dei sei Giorni<sup>1</sup>, e sicuramente anche connessa alla scelta fatta con referendum popolare dal Paese, di abbandonare totalmente il combustibile nucleare per gli impianti di produzione energetica nel nostro paese, ha creato in Italia, a partire dalla seconda metà del XX Secolo, una pericolosa dipendenza del settore energetico e industriale dalle decisioni e necessità dei paesi produttori di petrolio<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Nell'ottobre del 1973, il giorno dello Yom Kippur (da cui il nome Guerra del Kippur), gli eserciti egiziano e siriano attaccarono simultaneamente Israele dalla penisola del Sinai e dalle alture del Golan. Dopo i primi giorni di confusione nei quali l'esercito Israeliano si trovò in grave difficoltà la reazione da parte di quest'ultimo fu fortissima su entrambi i fronti, tanto da conquistare interamente il Sinai ed arrivare a minacciare Il Cairo. La guerra finì con la proclamazione di un cessate-il-fuoco tra le due parti. Lo schieramento compatto di tutti i paesi Arabi produttori di petrolio a favore di Siria ed Egitto e viceversa il sostegno dato dagli Stati Uniti e dai loro alleati ad Israele provocarono da parte dei Paesi dell'OPEC di un embargo delle esportazioni di petrolio verso tutto l'occidente industrializzato. Questo evento bellico ebbe come immediata conseguenza l'impennata dei prezzi del petrolio fino al triplo del suo costo antecedente alla guerra arabo-israeliana. L'Italia, gravemente colpita come tutti i paesi europei occidentali da tale embargo (il petrolio del mare del Nord non era ancora stato scoperto e sfruttato) varò allora un piano di emergenza energetica che divenne noto sotto il nome di austerità economica o "austerità" che prevedeva divieti di circolazione per gli autoveicoli privati la domenica, riduzione degli orari delle emissioni radiotelevisive e riduzione dell'illuminazione pubblica. Tale piano prevedeva inoltre un forte impulso alla politica di produzione energetica nucleare già notevole nel nostro Paese, anche a livello mondiale (cfr. nota 2).

<sup>2</sup> Il primo reattore nucleare in Italia porta la data del 1959 e venne realizzato ad Ispra in provincia di Varese. In realtà inizialmente tale scelta di produzione energetica incontrò un considerevole favore sia da parte della grande industria che dei cittadini, favore generalizzato che permise di raggiungere la ragguardevole produzione di 3,9 chilowatt/ora



Da questo semplice quadro si evince chiaramente come le legittime preoccupazioni in merito, sia ai rischi di inquinamento “cronico”, sia a quelli di un macro incidentalità, legati al trasporto di petrolio via mare su grande scala, siano pienamente giustificabili.

Il transito quindi degli idrocarburi in mare, elemento fondamentale della filiera di produzione energetica nel nostro paese, è da tempo uno dei temi di maggior interesse per la comunità scientifica nazionale, in relazione alla tutela degli ecosistemi marino/costieri e alla salvaguardia della biodiversità.

In particolare nel Mar Mediterraneo, data la sua peculiare conformazione di bacino chiuso, con un tempo di ricambio complessivo delle acque tra gli ottanta e i cento anni<sup>3</sup>, l'attenzione a tale problematica risulta particolarmente urgente, in considerazione del fatto che circa 400 milioni di tonnellate di idrocarburi sono stimati transitarvi annualmente esponendo la penisola italiana ad un elevatissimo rischio ambientale, connesso inevitabilmente alla pericolosità intrinseca al traffico petrolifero via mare nonché ai possibili eventi accidentali da sversamento di idrocarburi in mare che a tale trasporto sono connessi: i dati relativi agli incidenti di

---

già nel 1966 facendo del nostro paese il terzo produttore al mondo di energia atomica. Alla prima centrale ne seguiranno altre fino ad un numero complessivo di quattro di cui l'ultima realizzata fu quella di Caorso in provincia di Piacenza, nel 1980. l'incidente del 1979 della centrale di Three Miles Island (Pennsylvania - Stati Uniti) dette una scossa considerevole alla fiducia illimitata della popolazione nei confronti della scelta nucleare come risoluzione della carenza di risorse energetiche fossili da parte del nostro Paese, ma sarà nel 1986 l'esplosione del reattore della centrale di Cernobyl (località dell'ex-Unione Sovietica ora in Bielorussia), i cui effetti a livello globale non sono ancora stati compresi appieno nella loro complessità. Tale evento disastroso causò nel nostro paese l'arrestarsi dell'applicazione del già definito piano energetico nazionale con la conseguente decisione di non procedere alla realizzazione delle già progettate nuove centrali nucleari.

Sull'onda di tale disastro nel 1987 tre referendum abrogativi di iniziativa popolare sancirono di fatto da parte del Governo la rinuncia alla prosecuzione del programma nucleare nel nostro Paese, la conseguente chiusura delle centrali esistenti e la sostanziale fine del programma nucleare italiano.

<sup>3</sup> Il Mediterraneo è un mare dal ricambio difficile, infatti per scambiare tutta la sua acqua con quella dell'Atlantico, attraverso l'unico valido collegamento dello stretto di Gibilterra, (largo quindici Km.) ci vorrebbero cento anni (la validità del canale di Suez è per questo scopo insignificante). Ciò significa che il Mediterraneo ha una limitata capacità di autodepurazione e nell'adriatico per esempio l'apporto di acque atlantiche è scarsissimo (fonte CNR).



maggior gravità (oltre le 5000 tonn) riportati nella tabella di seguito, danno un chiaro quadro dell'entità di tale rischio:

Spill / Tanker	Location	Data	Tonnellate di crude oil
<i>Gulf War oil spill</i>	Persian Gulf	January 23, 1991	136,000 - 1,500,000
<i>Ixtoc I oil well</i>	Gulf of Mexico	June 3, 1979- March 23, 1980	454,000 - 480,000
<i>Atlantic Empress / Aegean Captain</i>	Trinidad and Tobago	July 19, 1979	287,000
<i>Fergana Valley</i>	Uzbekistan	March 2, 1992	285,000
<i>Nowruz oil field</i>	Persian Gulf	February 1983	260,000
<i>ABT Summer</i>	700 nautical miles (1,300 km) off Angola	1991	260,000
<i>Castillo de Bellver</i>	Saldanha Bay, South Africa	August 6, 1983	252,000
<i>Amoco Cadiz</i>	Brittany, France	March 16, 1978	223,000
<i>Amoco Haven tanker disaster</i>	Mediterranean Sea near Genoa, Italy	1991	144,000
<i>Odyssey</i>	700 nautical miles (1,300 km) off Nova Scotia, Canada	1988	132,000
<i>Sea Star</i>	Gulf of Oman	December 19, 1972	115,000
<i>Torrey Canyon</i>	Scilly Isles, UK	March 18, 1967	80,000 - 119,000
<i>Irenes Serenade</i>	Navarino Bay, Greece	1980	100,000
<i>Urquiola</i>	A Coruña, Spain	May 12, 1976	100,000

Fonte: US National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)

Per queste ragioni la protezione dei mari è uno dei temi sollevati con grande urgenza a livello internazionale, non solo nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite sulle Leggi del Mare (UNCLOS)<sup>4</sup>, ma anche nell'ambito del dibattito più generale sulla tutela mondiale della Biodiversità.

4 United Nations Convention on Law of the Sea (UNCLOS), anche chiamata Law of the Sea Convention o Convenzione di Montego Bay, È un accordo internazionale aperto alla firma a Montego Bay (Jamaica) nel 1982 ed entrato in vigore nel 1994 grazie alla ratifica di 154 nazioni e dell'Unione Europea. La Convenzione stabilisce regole per l'uso dei mari, che coprono oltre il 70% del globo e rimpiazzava il trattato ONU del 1958 ormai considerato superato. Della convenzione non sono Parte contraente gli Stati Uniti in quanto da essi accusata di essere sfavorevole alla sicurezza ed all'economia del loro paese. La Convenzione definisce i diritti e le responsabilità delle Nazioni in relazione agli usi del mare e stabilisce linee guida per il commercio, la protezione dell'ambiente marino, e la gestione sostenibile delle risorse naturali dei mari e dei fondali oceanici al di fuori delle acque territoriali.



In particolare tale problema è stato sollevato con marcata evidenza dalla Convenzione sulla Diversità Biologica delle Nazioni Unite<sup>5</sup>, durante il primo Working Group sulle aree protette svoltosi a Montecatini Terme nello Giugno del 2005 e patrocinato dal Governo italiano<sup>6</sup>, ed ovviamente per venire ad un contesto di regime internazionale di tutela più vicino a noi, nell'ambito della Convenzione di Barcellona<sup>7</sup>

Non si può dimenticare, da tale punto di vista, l'impegno italiano nell'ambito dell'organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione la Scienza e la Cultura (UNESCO)<sup>8</sup> con riferimento non solo alla

---

<sup>5</sup> La Convenzione sulla Diversità Biologica (Convention for Biological Diversity o CBD) adottata il 5 giugno del 1992 al Summit Mondiale delle Nazioni Unite di Rio de Janeiro su Ambiente e Sviluppo. Dalla sua adozione ad oggi 187 Paesi hanno ratificato o aderito alla Convenzione, rendendola uno degli accordi internazionali più importanti non solamente in materia ambientale. Nel ratificare la Convenzione, le Parti contraenti, riunite nell'organo di governo della Convenzione, la Conferenza delle Parti, si sono impegnate a intraprendere misure nazionali e internazionali finalizzate al raggiungimento di tre obiettivi: la conservazione in situ ed ex situ della diversità biologica (a livello di geni, popolazioni, specie, habitat ed ecosistemi), l'uso sostenibile delle sue componenti e l'equa condivisione dei benefici derivanti dall'utilizzazione delle risorse genetiche.

<sup>6</sup> Alla settima riunione della Conferenza delle Parti della Convenzione sulla Diversità Biologica (COP7-CBD), tenutasi a Kuala Lumpur nel febbraio 2004 la COP ha adottato con decisione VII/28 un programma di lavoro sulle Aree Protette. Nel paragrafo 25 di tale Decisione la COP decise di stabilire un Ad Hoc Open-ended Working Group sulle Aree Protette (AHOEWG-PA) per supportare e rivedere l'implementazione del Programma di lavoro e di riferirne alla Conferenza delle Parti. La prima riunione del WG si è tenuta a Montecatini (Italia) nel giugno del 2005 e la seconda avrà luogo a Roma nel febbraio del 2008.

<sup>7</sup> La Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo dai rischi dell'inquinamento, o Convenzione di Barcellona è lo strumento giuridico e operativo del Piano d'Azione delle Nazioni Unite per il Mediterraneo (MAP). La Convenzione è stata firmata a Barcellona il 16 febbraio 1976 da 16 governi ed è entrata in vigore nel 1978. L'Italia l'ha ratificata il 3 febbraio 1979 con legge 25.1.1979, n. 30. La Convenzione ha una Unità di Coordinamento (denominata MEDU) che ha sede ad Atene ed opera come Segretariato. Svolge inoltre funzioni di coordinamento con i 6 Centri Regionali d'Attività (RAC), organizza le principali riunioni e gestisce i fondi per il Piano d'Azione del Mediterraneo. Ad Atene ha sede anche l'ufficio della Convenzione denominato MED POL (Mediterranean Pollution) che non è ufficialmente né un RAC né un ufficio del Segretariato, comunque è responsabile della parte più importante di tutta la Convenzione occupandosi dei protocolli LBS, Hazardous Wastes e Dumping

<sup>8</sup> L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura (UNESCO, dall'acronimo inglese United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) è stata fondata dalle Nazioni Unite il 16 novembre 1945 per incoraggiare la collaborazione tra le nazioni nelle aree dell'educazione, scienza, cultura e comunicazione.

Sono membri dell'UNESCO, al marzo 2005, 191 paesi più 6 membri associati. Il quartier generale dell'UNESCO è a Parigi, Francia, ed opera programmi di scambio educativo, scientifico e culturale da 60 uffici regionali sparsi per tutto il mondo. I progetti sponsorizzati dall'UNESCO comprendono programmi scientifici internazionali; programmi di



Lista del Patrimonio dell'Umanità, a carattere più spiccatamente culturale, ma anche alle riserve *Man and Biosfere*, oltre che nell'ambito della *Intergovernmental Ocean Commission* (IOC) dove ad oggi il nostro Paese guida alcuni dei processi decisionali internazionali di maggior rilievo quale ad esempio quello per il rischio Tsunami<sup>9</sup> nel Mediterraneo e nel Nord Atlantico.

*i*

---

alfabetizzazione, tecnici e di formazione degli'insegnanti; progetti regionali e di storia culturale; e cooperazioni internazionali per conservare il patrimonio culturale e naturale del pianeta e per preservare i diritti umani.

Fu responsabile della fondazione dell'OANA. L'UNESCO fornisce fondi al Consiglio Internazionale della Scienza.

Una delle missioni dell'UNESCO è quella di mantenere una lista di patrimoni dell'umanità. Questi sono siti importanti culturalmente o dal punto di vista naturalistico, la cui conservazione e sicurezza è ritenuta importante per la comunità mondiale.

<sup>9</sup> La prima riunione dell'Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas (ICG/NEAMTWS- I - UNESCO/IOC) ha avuto luogo a Roma il 21-22 November 2005.



## 2. Il quadro energetico Nazionale

---

Una delle maggiori sfide economico sociali delle società contemporanee ad alto sviluppo, consiste certamente nella ricerca di nuove risorse energetiche per sostenere la crescita e lo sviluppo economico globale, arrecando il minor impatto possibile all'ambiente. Una strategia vincente potrebbe prevedere una transazione verso un sistema energetico sostenibile che preveda soluzioni attuative volte alla mitigazione dei processi di cambiamento climatico in atto, particolarmente evidenziati nel rapporto "Climatic change 2007" dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change<sup>10</sup>), i cui effetti di natura economica erano stati precedentemente sottolineati dal rapporto commissionato nell'ottobre del 2006 dal Governo Britannico all'economista Sir Nicholas Stern<sup>11</sup>.

---

10 L'Intergovernmental Panel on Climate Change (Comitato intergovernativo sul mutamento climatico, IPCC) è il comitato scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, la World Meteorological Organization (WMO) e l'United Nations Environment Programme (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale. I "rapporti di valutazione" periodicamente diffusi dall'IPCC sono alla base di accordi mondiali quali la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e il Protocollo di Kyōto che la attua. Nel 2007 il comitato ha vinto il premio Nobel per la pace (in data 12 ottobre).

11 Lo "Stern Review on the Economics of Climate Change" è un rapporto di circa 700 pagine pubblicato il 30 ottobre 2006 dal Governo Britannico e redatto sotto la guida di uno dei più insigni economisti inglesi Sir Nicholas Stern, con le finalità di chiarire gli effetti del cambiamento climatico e del riscaldamento globale sull'economia globale. Nelle sue conclusioni Stern ipotizza che l'1% del prodotto globale lordo economico possa essere investito per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, al fine di evitare un collasso del sistema economico globale del pianeta, conseguente al possibile verificarsi del più spaventoso crollo dei mercati mai verificatosi sino ad oggi. Stern afferma che "... le nostre azioni nei prossimi decenni possono creare il rischio di un collasso delle attività economiche e sociali alla fine di questo secolo o al principio del prossimo, in una scala paragonabile a quello causato dalle due guerre mondiali ed alla grande depressione della prima metà del XX secolo.



Il Protocollo di Kyoto, che rappresenta il primo strumento per la riduzione concordata a livello internazionale delle emissioni di gas serra, ha assegnato all'Italia un obiettivo di riduzione delle emissioni degli stessi gas, da realizzarsi entro il 2012, del 6.5% rispetto ai livelli del 1990. Purtroppo, ad oggi le emissioni in Italia, lungi dal diminuire, sono invece considerevolmente aumentate, soprattutto nel settore dei trasporti e della produzione di energia termoelettrica.

Nel corso del 2007, la Commissione Europea ha stilato un documento strategico chiamato "Una politica energetica per l'Europa" in cui sostiene che il fulcro della politica energetica è individuato nella sostenibilità e nella lotta ai cambiamenti climatici, e presenta quindi un pacchetto di interventi energetici da promuovere per accelerare una transazione energetica verso una crescita a basse emissioni di carbonio<sup>12</sup>.

Una delle vie prioritarie è quella delle fonti di energia rinnovabile, presentata nella "Tabella di marcia per le energie rinnovabili", in cui si propone di ridurre i costi delle fonti rinnovabili di portarle al 20% entro il 2020.

Nello specifico, il quadro energetico italiano delinea una situazione in cui la domanda complessiva d'energia è in crescita, insieme al ricorso al gas naturale, mentre risulta stabile l'energia elettrica importa, e in calo l'utilizzo del carbone.

L'aumento della domanda energetica nel nostro paese riguarda soprattutto i settori residenziale e terziario, a causa di un incremento dei consumi di gas per il riscaldamento ambientale e dei consumi elettrici per la climatizzazione estiva; infatti, l'analisi per settori mostra una tendenza al rallentamento della crescita nel settore dell'industria e dei trasporti.

Inoltre, l'aumento dei prezzi del greggio ha incrementato ulteriormente la fattura energetica italiana che nel 2005 ha sfiorato i 40 miliardi di euro, con un aumento di oltre il 30% rispetto al 2004.

---

12 Comunicazione della Commissione al Consiglio Europeo e al Parlamento Europeo - Una politica energetica per l'Europa {SEC(2007) 12} /\* COM/2007/0001 def. \*/



Occorre comunque sottolineare che l'Italia fino alla fine degli anni novanta ha fatto segnare valori dell'intensità energetica finale più bassi della media europea, e che un confronto attuale con la situazione dei Paesi dell'Unione Europea mostra una progressiva riduzione del beneficio derivatale da tale posizione favorevole, non riuscendo a seguire il passo della maggior parte dei Paesi europei che pur avendo una maggior crescita economica, sono riusciti a ridurre le loro intensità energetiche in modo considerevole.

Nella strategia verso un sistema energetico maggiormente sostenibile ha un importante ruolo l'investimento in attività di ricerca mirate a sviluppare tecnologie più efficienti e a bassa intensità carbonica, in modo da ridurre conseguentemente la dipendenza energetica dall'estero.

Difatti, la riduzione della spesa pubblica in ricerca e sviluppo nel settore energetico in Italia avvenuta nell'ultimo decennio, ha ulteriormente danneggiato la situazione già di per sé critica precedentemente riassunta.

Anche nell'ambito delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, l'Italia sta retrocedendo nella graduatoria competitiva europea, manifestando in questo campo una specifica forma di dipendenza tecnologica simile a quanto verificatosi nell'ambito dei processi di ammodernamento tecnologico.

Il quadro descritto di dipendenza tecnologica, unito a quello altrettanto presente di dipendenza energetica, può essere modificato solo attraverso l'incentivazione delle politiche orientate alla ricerca ed allo sviluppo tecnologico descritte in precedenza.

Alla luce della situazione energetica nazionale, emerge più che mai la necessità di promuovere in Italia delle soluzioni che soddisfino la domanda energetica in forte crescita basate non sulle tecnologie tradizionali che aumentano ulteriormente la pressione ambientale ma su soluzioni innovative frutto di valide attività di ricerca.

Tra queste, quelle ad oggi su cui si scommette maggiormente per un futuro energetico *carbon free* includono l'eolico, il solare

fotovoltaico, il solare termico e a concentrazione, e l'uso energetico della biomassa.

Come già delineato in premessa, ad oggi, circa l'88% della energia consumata in Italia proviene da combustibili fossili (carbone e derivati, gas naturale, petrolio e derivati), circa il 5% viene importato dall'estero ed è di produzione nucleare, e solo circa il 7% proviene da fonti di energia rinnovabili (figura 1).

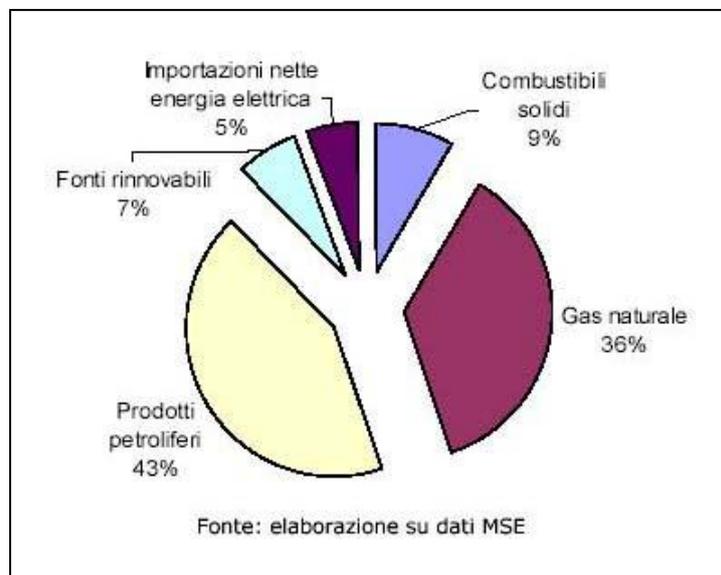


Figura 1 - Consumi di energia per fonte in Italia(2005)

Un'analisi degli impatti ambientali complessi derivanti da tale stato di cose risulterebbe perlomeno fuorviante se si prendessero in considerazione esclusivamente gli effetti sull'ecosistema derivanti dalle

emissioni dei singoli impianti, o anche tenendo in considerazione le possibili ricadute nel medio lungo periodo di impianti produttivi al di fuori del contesto nazionale, quali quelli legati alla produzione di energia svolta nei paesi dai quali l'Italia effettua importazione di energia elettrica.



Ai sensi delle direttive Europee in materia di Valutazione dell'impatto Ambientale (VIA), ma soprattutto di Valutazione Ambientale Strategica (VAS)<sup>13</sup>, apparentemente di assai difficile implementazione allo stato attuale nel sistema normativo nazionale per complesse ragioni economico sociali.

In effetti, mancando a tutt'oggi una vera pianificazione strategica dello sforzo di produzione dell'energia nazionale, ovvero un piano energetico, risulta oltremodo difficile applicare a tale settore i criteri della VAS che si applica in maniera precipuo ai piani e programmi di vasta scala.

---

13 La Direttiva europea 85/337/EEC sulla Valutazione di Impatto Ambientale (conosciuta come la Direttiva VIA) si rivolge solo a determinate categorie di progetti. L'approccio ha dunque dei precisi limiti perché interviene solo quando decisioni dannose per l'ambiente possono essere già state prese a livello strategico. Il concetto di Valutazione Strategica è nato nell'ambito degli studi regionali e della pianificazione. La Direttiva Europea sulla VAS (2001/42/EC) imponeva a tutti gli stati membri dell'Unione Europea la ratifica della direttiva nelle normative nazionali entro il 21 luglio 2004. Molti degli Stati membri hanno iniziato a implementare la Direttiva a partire dai temi più strettamente connessi alla pianificazione territoriale, per poi estendere l'approccio a tutte le politiche con effetti rilevanti per l'ambiente.

In linea generale il processo di Valutazione Strategica precede, ma non necessariamente determina una procedura di VIA. Ciò significa che le informazioni sull'impatto ambientale di un piano devono poter fluire in tutti i passaggi della pianificazione-progettazione, ed essere utilizzabili nelle VIA. Sotto un profilo giuridico il principio guida della VAS è quello di precauzione, che consiste nell'integrazione dell'interesse ambientale rispetto agli altri interessi (tipicamente socio-economici) che determinano piani e politiche. Il principio guida della VIA è invece quello, più immediatamente funzionale, della prevenzione del danno ambientale. Sulla base di questa distinzione di principi si comprende come mai la VAS venga definita in quanto processo, mentre la VIA è una procedura, con soggetti, fasi e casistiche di esiti definibili molto più rigidamente. La Direttiva sulla VAS si applica ai piani e ai programmi, non alle politiche, benché le politiche espresse nei piani vengano valutate e la procedura di VAS possa essere applicata alle politiche, ove si ritenga di farlo. La struttura della VAS prevista dalla Direttiva si basa sulle seguenti fasi:

- Screening, verifica del fatto che un piano o programma ricada nell'ambito giuridico per il quale è prevista la VAS
- Scoping, definizione dell'ambito delle indagini necessarie per la valutazione
- Documentazione dello stato dell'ambiente, raccolta della base di conoscenze necessaria alla valutazione
- Definizione dei probabili impatti ambientali significativi, generalmente espressi in termini tendenziali, piuttosto che in valori attesi
- Informazione e consultazione del pubblico
- Interazione con il processo decisionale sulla base della valutazione
- Monitoraggio degli effetti del piano o programma dopo l'adozione.

La Direttiva europea include altri impatti a fianco di quelli ambientali, come sul patrimonio archeologico-culturale e sul paesaggio. In molti Paesi europei l'ambito di attenzione e tutela è stato ulteriormente esteso includendo elementi economici e sociali della sostenibilità dei Piani e dei Programmi.



Il paradosso energetico del nostro paese, dove un atto governativo ha liberalizzato nel 2001 la produzione energetica<sup>14</sup>, con un decreto che ha svincolato dal monopolio di Stato tale settore, è tale per cui allo stato attuale l'unico criterio di rispetto relativo alla realizzazione di nuovi impianti di produzione energetica è legato alla sua collocazione di almeno 8 chilometri da un impianto vicino, senza il minimo criterio di pianificazione sul territorio, inteso a larga scala, del sistema delle centrali. Questo significa non solo tenere conto dell'impatto generato dal singolo impianto senza svolgere un'analisi dei possibili impatti cumulabili da più impianti su di un'area vasta, ma anche non secondariamente ottenere il bizzarro risultato della quasi sostanziale paralisi della Commissione Governativa preposta alla valutazione di tali progetti di centrali<sup>15</sup>, posta presso il Ministero dell'Ambiente, ad oggi letteralmente sommersa da progetti di nuovi impianti, che con ogni probabilità non verranno mai realizzati.

Ad ogni buon conto, vi è un intero comparto di rischio, generato dal sopra citato settore di produzione energetica, che dovrebbe essere preso in considerazione nella logica VAS dell'analisi del ciclo integrato della vita di una centrale a combustibile fossile, che dovrebbe essere messo sotto esame, ed è quello del suo approvvigionamento.

<sup>14</sup> Approvato il 1° febbraio 2002, il cosiddetto "Decreto Sblocca-centrali" (Decreto Ministero delle Attività Produttive n. 55 del Gennaio 2002) anticipa parte delle norme poi contenute nella Legge Marzano. Scopo del Decreto è la semplificazione dell'iter autorizzativo per la costruzione di centrali i cui progetti siano già stati approvati dal Ministero dell'Ambiente. Le centrali di potenza superiore a 300 MW sono infatti dichiarate opere di utilità pubblica e soggette ad un'unica approvazione del Ministero delle Attività Produttive, anziché ad approvazioni diverse da parte dei singoli comuni interessati.

<sup>15</sup> La VIA nasce alla fine degli anni Sessanta del XX secolo negli USA con il nome di *Environmental Impact Assessment* (E.I.A). L'EIA introduce le prime forme di controllo sulle attività interagenti con l'ambiente (sia in modo diretto che indiretto), mediante strumenti e procedure finalizzate a prevedere e valutare le conseguenze di determinati interventi, al fine di evitare, ridurre e mitigare gli impatti. Le norme italiane che disciplinano la procedura VIA comprendono:

- Direttiva CEE 85/337
- L. 22 febbraio 1994, n. 146
- Direttiva CE 96/61
- DPR 12 aprile 1996
- Direttiva CE 97/11
- L. 15 marzo 1997, n. 59
- Dlgs. 31 marzo 1998, n. 112
- Dlgs. 3 aprile 2006, n. 152 (Testo Unico sull'ambiente)



Ad oggi infatti, proprio per la mancanza di un piano energetico nazionale cui sia possibile applicare la VAS, il trasporto degli idrocarburi dai luoghi di produzione a quelli dell'utilizzo rimane sostanzialmente negletto ed il rischio derivante da tale movimentazione di sostanze pericolose rimane un problema affrontato in tutt'altri contesti.

Quello che non viene fatta è in altre parole, la valutazione del rischio complessivo del ciclo della produzione di energia da idrocarburi, dalla loro estrazione al loro utilizzo, internalizzando nel ciclo stesso il costo ambientale potenziale che tale rischio comporta, non solo nella fase di combustione ma soprattutto in quella dell'estrazione e del trasporto, che avviene prevalentemente via mare.

Ecco dunque la ragione di un'analisi come quella oggetto di questa ricerca, che ha condotto da una prima fase di osservazione generale del sistema produttivo, alla realizzazione della necessità di elaborare strategia difensive per l'ambiente, sottoposto a tale rischio, con la relativa elaborazione di strumenti ad hoc.

### 3. Il contesto Mediterraneo

Quella del Mar Mediterraneo è una storia fatta di grandi civiltà, che si sono susseguite sulle sue sponde da nord e da sud, combattendosi a volte è vero, ma soprattutto creando alcuni degli esempi più straordinari e alti della cultura umana di ogni tempo, e questo certamente anche grazie alle ricchezze naturali e all'incomparabile bellezza paesaggistica delle sue sponde e ricchezza delle sue acque.

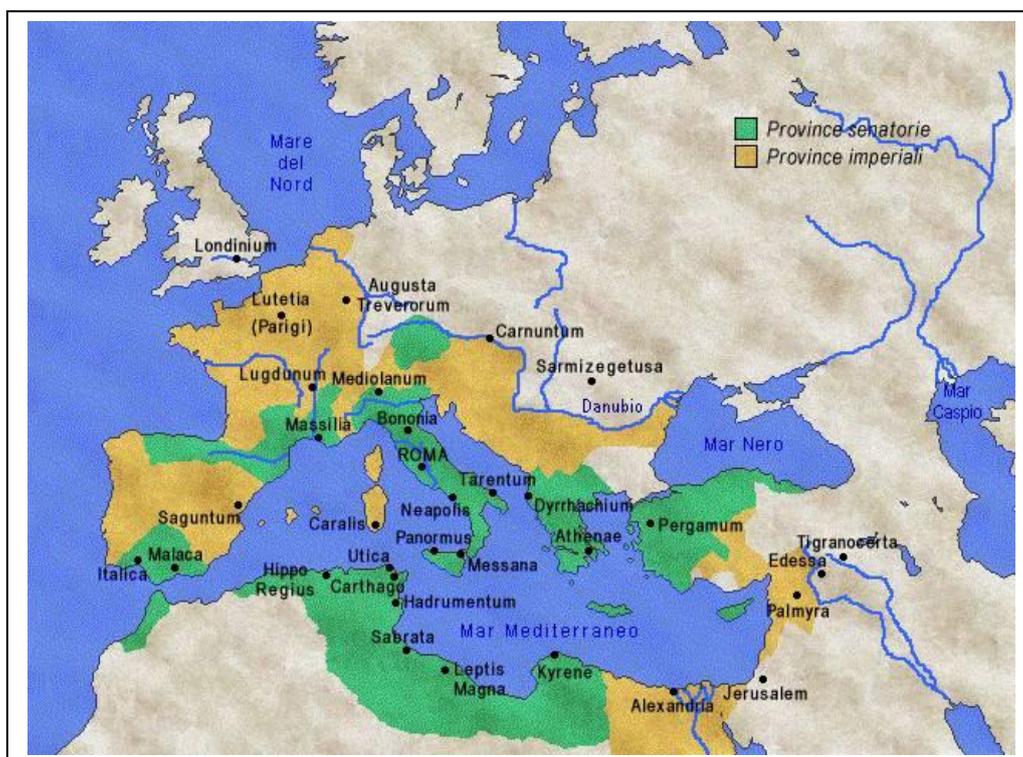


figura 2 - l'impero Romano in età augustea – 1° secolo d. C. - Atlasmundi.com



I primi insediamenti lungo la fascia costiera del Mar Mediterraneo vennero stabiliti principalmente a causa appunto della ricchezza di risorse alimentari disponibili, ma la vita sulla costa implicava anche lo scontro con nuove malattie come la malaria. I fenici, i greci e gli etruschi furono tutti popoli che incentrarono lo sviluppo delle loro civiltà sul traffico mercantile marittimo e lo scambio commerciale di materie prime e prodotti artigianali, possibili solo grazie alla particolarissima conformazione del bacino Mediterraneo che consentiva i transiti anche su lungo raggio pur con naviglio di scarso tonnellaggio. Lo sviluppo infine della civiltà romana comporterà l'unificazione delle sue sponde sotto un unico dominio (figura 2), che tale rimarrà per quasi mille anni, conferendo ai popoli di questo mare un'impronta così peculiare e tutt'oggi viva e tangibile.

Con il passar dei secoli e il frammentarsi del dominio unitario romano, in seguito alle continue incursioni piratesche, molte popolazioni rivierasche si allontanarono dal mare per insediarsi sulle alture più difendibili. Fecero eccezione alcune comunità costiere, situate in porti ben difendibili, le Repubbliche marinare, che grazie ai loro porti ben presidiati fondarono la loro potenza sui commerci marittimi nel Mediterraneo ed oltre, anche se con la scoperta dell'America e la circumnavigazione dell'Africa, il "mare nostrum" come lo chiamavano gli antichi romani, non era oramai più l'unico protagonista degli scambi via mare.

Fino alla rivoluzione industriale la costa continua ad essere la principale sede di sviluppo urbano, industriale e commerciale a livello mondiale. Il commercio ed il trasporto di materie prime, ed in particolare quelle che richiedevano e richiedono spostamenti di grandi quantità di rinfuse e liquidi continua a privilegiare il traffico marittimo, nonostante l'invenzione del trasporto ferroviario prima e di quello su gomma poi. Il traffico marittimo ed il conseguente concentrarsi di insediamenti di trasformazione industriale costiera subisce dalla seconda metà del XIX secolo un vero e proprio boom ed in particolare sulle coste del Mediterraneo.

Con il taglio del canale di Suez nella seconda metà del XIX secolo il Mediterraneo ritrova il suo ruolo centrale nel quadro del commercio marittimo internazionale, ruolo a tutt'oggi incontrastato che lo vede come luogo di transito privilegiato dei traffici mondiali via mare, la cui messa in discussione per ragioni politiche può causare gravi contraccolpi all'economia mondiale<sup>16</sup>.

Il mar Mediterraneo è un bacino attualmente a forte rischio ambientale: circa 350 milioni di persone vivono sulle sue sponde. Si tratta di un bacino chiuso, con un tempo di ricambio idrico nell'ordine degli 80 anni, e minacciato da numerosi fattori di rischio quali ad esempio l'introduzione di specie aliene, che mettono a rischio gli endemismi locali o il traffico petrolifero, che conduce ogni anno ad incrociare nelle sue acque circa 400 milioni di tonnellate di idrocarburi.

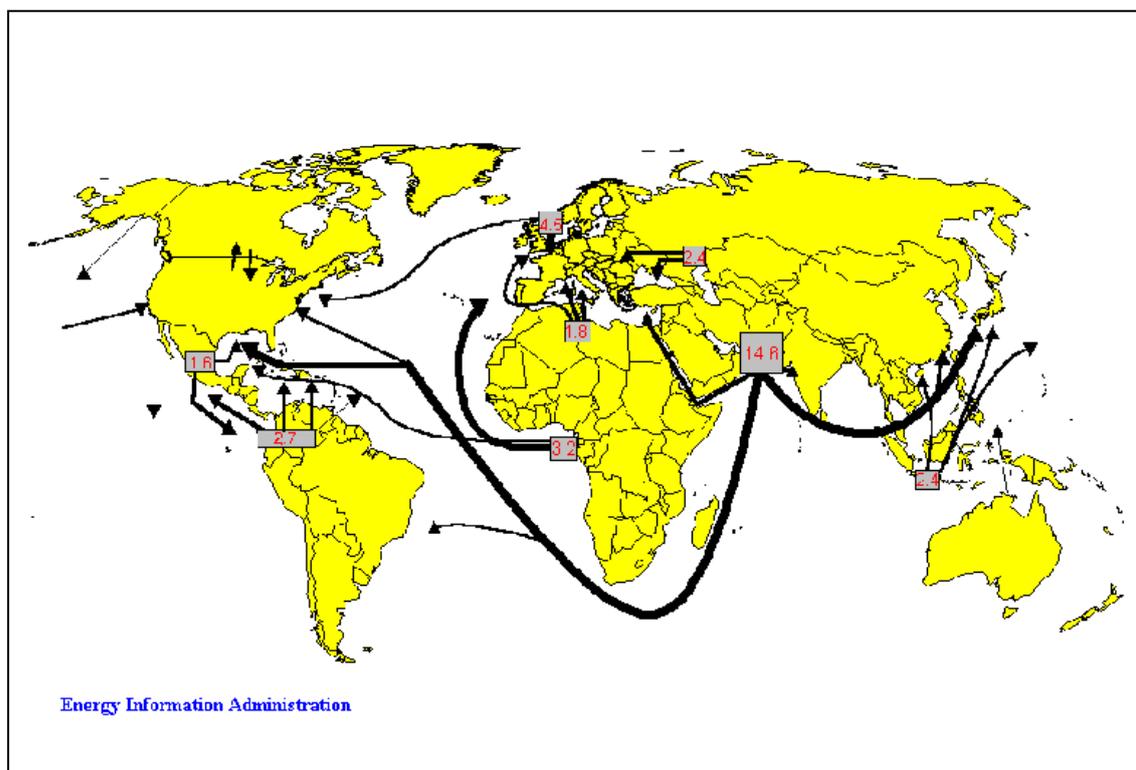


Figura 2 – schema dei principali flussi di traffico petrolifero mondiali vi mare (EIA)

<sup>16</sup> Cfr nota 1

A livello globale la movimentazione di greggio avviene all'incirca per il 60 % via mare pari a circa 30 milioni di barili al giorno (figura 2), con un trend di crescita che procede simmetricamente alla crescita del fabbisogno energetico globale, costituendo a tutt'oggi il petrolio la fonte primaria di energia della civiltà contemporanea. Si valuta che il commercio internazionale di petrolio registrerà al 2030 un sostanziale raddoppio passando da 1,6 miliardi di tonnellate annue a circa 3 miliardi di tonnellate<sup>17</sup>. Sulla base di tali percentuali si può dedurre che il suo trasporto via mare aumenterà in proiezione fino a circa 50 milioni di barili a tale data.

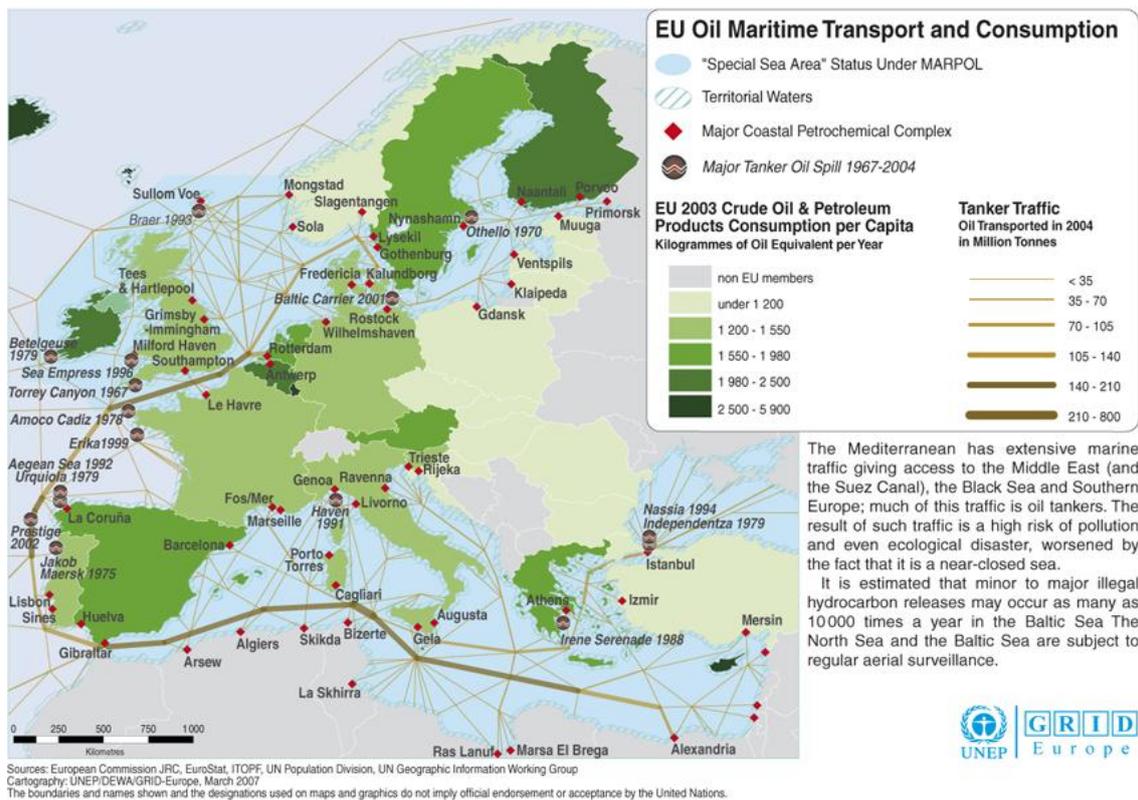


figura 3 - schema dei flussi di traffico petrolifero nel Mare Mediterraneo e Oceano Nord Atlantico

Sulle coste del Mediterraneo si attesta oggi circa il 27% della capacità di raffinazione petrolifera globale (figura 3) , sia per le

<sup>17</sup> Ugo Bilardo e Giuseppe Mureddu, "Traffico petrolifero e sostenibilità ambientale", edito dall'Unione Petrolifera, Roma 2004



ragioni storico geografiche sopradette, sia perché l'Europa, intesa nella sua accezione estesa, rappresenta ad oggi uno dei massimi consumatori di tale produzione.

Il transito di petrolio stimato attualmente nel Mar Mediterraneo si aggira intorno ai 6/8 milioni di barili di greggio al giorno, corrispondenti a circa 300/400 milioni di tonnellate, movimentate da una flotta circolante dedicata di circa 3000 tankers ogni anno, numero che non comprende però il piccolo cabotaggio locale. La stima è che tale valore dovrebbe raggiungere già nel 2010 il ragguardevole numero di circa 10 milioni di barili giornalieri pari a circa 500 milioni di tonnellate<sup>18</sup>.

Solo dalla seconda metà degli anni sessanta il continuo aumento dell'industrializzazione e dell'urbanizzazione delle coste, l'espansione dei traffici marittimi, l'inquinamento dell'aria e delle acque, e lo sfruttamento irrazionale delle risorse, hanno fatto apparire in tutta la sua evidenza il rischio del progressivo degrado dell'ambiente. Ci si è resi conto quindi della necessità di affrontare questi problemi su basi scientifiche finalizzate allo studio degli inquinanti e delle loro conseguenze sul depauperamento dei mari, sviluppando parallelamente una letteratura di tipo divulgativo che sensibilizzasse l'opinione pubblica. Si aggiunse a ciò un progressivo aumento degli studi su interventi da adottare per il risanamento, la prevenzione, la protezione dell'ambiente e la valorizzazione delle sue risorse.

Tale sviluppo, al quale si è recentemente aggiunto il turismo (con attualmente circa cento milioni di turisti all'anno), richiede oggi una sempre più accurata gestione e conservazione, che deve essere realizzata in modo da conservare le molteplici risorse biologiche, naturali e paesistiche, da sempre caratterizzanti il Mediterraneo;

---

<sup>18</sup> l'oleodotto Baku-Tbilisi-Ceyhan (abbreviato in BTC pipeline) è una line di trasporto del greggio di circa 1768 chilometri che porterà il petrolio dal Mar Caspio ad un nuovo terminal petrolifero sulle sponde del Mediterraneo passando per la capitale della Georgia Tbilisi. È il secondo oleodotto per lunghezza al mondo dopo la Druzhba pipeline, e cambierà drasticamente gli equilibri del traffico petrolifero in tutta la zona del medio oriente, comportando un ulteriore aggravio del carico di trasporto nell'area Mediterranea.



risorse già minacciate soprattutto nella prima metà del novecento, quando la mentalità corrente considerava il progresso sempre e comunque come positivo ed ineluttabile, mentre i danni ambientali venivano considerati come insignificanti rispetto alle palesi conquiste dell'era moderna.

Il Mar Mediterraneo, pur rappresentando solo lo 0,8% della superficie marina del nostro pianeta, ospita ad oggi tra il 4% e il 18% delle specie marine di tutto il mondo, in particolare il 5,5% - 7% delle specie animali ed il 16,6% delle macrofite conosciute. Si trovano inoltre un'elevatissima concentrazione di endemismi da tutelare: delle 25000 specie vegetali presenti, il 50% sono endemiche, mentre le specie ittiche endemiche raggiungono il 9% della totalità. Anche se certamente questo è uno dei bacini da sempre tra i più studiati, comunque tali percentuali fanno del Mediterraneo uno dei *Biodiversity hotspots* globali, così come riconosciuto da alcuni dei più importanti organismi ed istituzioni internazionali in materia di tutela dell'Ambiente quali l'Unione Internazionale per la Conservazione della natura (IUCN)<sup>19</sup>, il programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) e la Convenzione per la Diversità Biologica (CBD).

La penisola italiana per la posizione al centro del *Mare Nostrum* e per la sua estensione latitudinale dalle Alpi alla piattaforma continentale africana, si presenta come paradigmatica di tale grande diversità biologica terrestre e marino/costiera, in particolare come ricchezza di specie e varietà di habitat (biotopi). Per fare un esempio

---

<sup>19</sup> L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura, World Conservation Union, meglio conosciuta con il suo acronimo IUCN, è una organizzazione non governativa (ONG) internazionale con sede a Gland (Svizzera). Considerata generalmente la più autorevole organizzazione in materia di conservazione della natura, è stata fondata nel 1948 con la finalità di supportare la comunità internazionale in materia ambientale svolgendo un ruolo di coordinamento e di scambio di informazioni fra le organizzazioni membro, in un'epoca in cui tale settore era ancora in fase di sviluppo e la maggior parte dei paesi del mondo non possedeva ancora dei processi di confronto istituzionale per la tutela ambientale. L'IUCN è responsabile, fra le altre cose, della pubblicazione della Red List, ossia l'elenco delle specie animali e vegetali del pianeta e della loro attribuzione a specifiche categorie di minaccia. Il suo particolare ruolo di piattaforma per il dibattito scientifico e di raccordo tra governi, istituzioni e ONG per il riconoscimento politico delle priorità ambientali è stato riconosciuto formalmente dalle Nazioni Unite. IUCN è, infatti, l'unica organizzazione specializzata nelle tematiche dell'ambiente che ha un posto di osservatore nell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite.

le specie marine protette (uccelli esclusi) per la legislazione italiana sono: 53 vertebrati, 50 invertebrati e 16 piante. La realizzazione di piani d'azione inerenti le numerose convenzioni internazionali sul mare firmate dall'Italia costituiscono quindi un fondamentale apporto anche alla tutela e conservazione globale del Mediterraneo.

Dagli studi esistenti emerge un inquinamento sia reale che potenziale del Mediterraneo, nettamente più alto rispetto al valore medio degli oceani. Ciò è ovviamente dovuto soprattutto all'alta densità delle popolazioni e alle attività industriali, agricole e turistiche. Oltretutto, le particolari condizioni idrogeografiche del bacino non comportano un rapido smaltimento degli inquinanti con conseguente ripristino ambientale; infatti la quasi totalità degli apporti inquinanti provenienti da terra e dal traffico marittimo hanno probabilità molto ridotte di uscire attraverso lo stretto di Gibilterra (figura 4), in quanto la corrente di entrata è localizzata in superficie e

quella di uscita in profondità.

Per cui il Mediterraneo è suscettibile di ricevere un flusso inquinante dall'Atlantico, e di perdere al tempo stesso i nutrienti, che si trovano anche a profondità maggiori.



*figura 4 – lo stretto di Gibilterra visto dallo spazio (NASA)*



## 4. Il quadro ambientale e normativo internazionale di riferimento

---

L'incremento progressivo del traffico marittimo ha scaturito, a partire dagli anni sessanta, un'attenzione sempre maggiore ad un aspetto fondamentale quale la prevenzione dell'inquinamento marino da sversamento da idrocarburi in mare. In tal senso si è intervenuti a modificare ed adeguare le normative allora esistenti, OILPOL (1954), al fine di ottenere una più efficace protezione dell'ecosistema marino gravemente compromesso da sversamenti da idrocarburi accidentali e volontari verificatisi nel corso degli anni.

La Convenzione MARPOL<sup>20</sup>, adottata dall'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO)<sup>21</sup> nel 1973 e successivamente integrata dal protocollo del 1978, è stata la prima, a livello internazionale, a

---

20 MARPOL. "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships". IMO Convention, 1973 e integrata dal MARPOL PROT. "Protocol of 1978 to amend International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978". IMO, 1978.

21 L'Organizzazione Marittima internazionale (International Maritime Organization, IMO) è un'agenzia delle Nazioni Unite fondata nel 1948 a Londra, con il mandato di sovrintendere a tutto quanto concerne la navigazione marittima internazionale, promuovere la progettazione e lo sviluppo del trasporto marittimo internazionale rendendolo più sicuro ed ordinato. Nel corso degli anni l'IMO ha sviluppato vari strumenti dedicati alla verifica degli *Standard* riguardanti le regole per prevenire gli abbordi in mare (colreg), gli standard di costruzione e compartimentazione della nave, nonché le dotazioni antincendio, impiantistiche, di sopravvivenza e salvataggio (SOLAS), la formazione e certificazione del personale marittimo (STCW). Inoltre, l'IMO definisce i protocolli per le indagini sugli incidenti marittimi seguiti dalle autorità per la sicurezza del trasporto dei paesi firmatari della convenzione sulla navigazione civile internazionale. In tempi più recenti si sono sviluppati in ambito IMO vari strumenti per la protezione ambientale dei mari, anche se il mandato iniziale dell'organizzazione rimane assai più improntato alla tutela degli aspetti commerciali e del traffico. Questo anche perché il sistema delle maggioranze per il voto in seno all'assemblea dei paesi membri non è lo standard delle Nazioni Unite (ogni paese un voto), bensì è fondato sulla preminenza dei paesi con le maggiori flotte sul mare.

fissare un insieme di regole e disposizioni volte a prevenire l'inquinamento marino provocato da idrocarburi ed altre sostanze liquide nocive o pericolose trasportate in mare, sia in acque nazionali che internazionali. Oltre all'estensione della disciplina a tutte le altre possibili sostanze inquinanti, la MARPOL 73/78 ha previsto, per la prima volta, l'obbligo per tutte le navi, non solo le petroliere, di disporre di impianti per la separazione degli idrocarburi ed ha introdotto prescrizioni di limitazione o divieto di traffico per le cosiddette "aree speciali", ovvero zone particolarmente sensibili e con caratteristiche ecologiche particolari, tra le quali rientra ovviamente il mar Mediterraneo. Successive aggiunte e modifiche alla convenzione del 1973 sono state apportate nel 1997 da un ulteriore protocollo MARPOL.



*figura 5 – il naufragio dell'Amoco Cadiz (fonte: US Gov.)*

Il petrolio infatti, con una perdita di greggio in mare, secondo stime dell'UNEP (1988) di circa 635 milioni di tonnellate all'anno, vale a dire una quantità pari a circa 5 volte una catastrofe analoga a



quella occorsa alla Amoco Cadiz<sup>22</sup> (figura 5) nel 1978 e un terzo di quella perduta in tutti gli oceani presi nel loro insieme, costituiva una delle più comuni fonti d'inquinamento presente nel Mediterraneo. Questa condizione così negativa descritta dall'UNEP nel 1998 è decisamente migliorata grazie a quanto è stato fatto finora per l'ottenimento di una diminuzione del tasso di inquinanti petroliferi nel Mediterraneo. Risulta comunque fondamentale continuare a concentrare gli sforzi di ricerca per mantenere questo trend migliorativo di riduzione dell'inquinamento marino.

---

<sup>15</sup> Il 16 marzo 1978, l'Amoco Cadiz, una petroliera supertanker costruita nel 1974 immatricolata in Liberia da 234.000 tonnellate, lunga 330 metri, affittata dalla compagnia statunitense Amoco, filiale della Standard Oil, s'incagliò al largo delle coste bretoni, proprio davanti al borgo di Portsall. Il carico era: 230.000 tonnellate di petrolio greggio iraniano trasportate, alle quali si aggiunsero 3.000 tonnellate di gasolio (che verranno tutte riversate lungo 400 km di coste bretoni (Francia). Questo incidente che è il 5° per gravità nella storia delle maree nere, è sicuramente il 1° per la grande perdita di vita marina causata. I decessi non sono avvenuti immediatamente, bensì la più alta mortalità di animali avvenne nell'arco di due mesi dalla catastrofe. Già dopo un paio di settimane milioni di molluschi e echinoidee (ricci di mare) morirono, a cui si aggiunsero circa 9.000 tonnellate di ostriche. Per mesi i pescatori hanno pescato animali con ulcere e tumori alla pelle, e quelli che a "prima vista" apparivano sani, avevano uno sgradevole sapore di petrolio.

Nel 1988 venne stimato il danno ai richiedenti, Stato, comuni, singoli privati, associazioni professionali e ambientali in circa 250 milioni di dollari al turismo ed ai pescatori. Il Governo francese presentò un "conto" di 2 miliardi di dollari.



## 5. Gli effetti del petrolio in mare

---

Genericamente per inquinamento si intende *“l'immissione o il prelievo nell'ambiente di materia e/o energia tali da provocare un'alterazione persistente e talvolta irreversibile delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dell'ecosistema”*<sup>23</sup> mentre l'inquinamento marino in particolare secondo la definizione ufficiale O.N.U. consiste *“nell'introduzione diretta o indiretta, da parte dell'uomo, nell'ambiente marino, di sostanze e di energie capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime, e sulla qualità delle acque”*.

Secondo Kinne<sup>24</sup> esistono quattro principali tipi di alterazione che l'uomo apporta al mare: rimozione, cambiamento, mescolamento ed introduzione. Per rimozione si intende soprattutto lo sfruttamento delle risorse biologiche (pesca) e non biologiche come i prelievi d'acqua per il raffreddamento di centrali elettriche o per la desalinizzazione, i prelievi di minerali come petrolio, noduli di manganese, o il dragaggio. Per cambiamenti si intende la modifica dell'ambiente geofisico con opere a mare di vario tipo (moli, porti, ecc.) che possono determinare conseguenze negative sui litorali per alterazione delle correnti o cambiamenti di biocenosi. Il mescolamento si riferisce all'immissione di specie da una regione

---

<sup>23</sup> Della Croce N., Cattaneo Vietti R., Danovaro R. *“Ecologia e protezione dell'ambiente marino costiero”*. Utet Libreria, 2001

<sup>24</sup> Kinne O. *“Radioactive materials, heavy metals, and oil”*. In Marine Ecology, Kinne O. ed., %: 1091-1110. 1984.



geografica ad un'altra; ciò avviene per l'acquacoltura, per opera delle navi, o a causa dell'apertura di barriere naturali, come il taglio di istmi che, come nel caso di Suez, hanno modificato le biocenosi preesistenti di varie aree del Mediterraneo. L'ultima tipologia di alterazione apportata al mare dall'uomo è l'introduzione, cioè l'immissione, anche attraverso i fiumi, di sostanze tossiche. Gli sversamenti di idrocarburi in mare, siano essi accidentali o volontari, rappresentano una delle forme più frequenti e quindi più ingenti di quest'ultima forma d'alterazione degli ambienti marini.

I possibili effetti di contaminazione da petrolio hanno una portata più o meno rilevante in relazione alle diverse peculiarità ambientali e territoriali della località in cui si verificano. Le principali conseguenze negative si riscontrerebbero sul paesaggio costiero, riducendo sensibilmente il suo valore estetico, sugli ecosistemi, causando una drastica diminuzione della biodiversità, con conseguente instabilità degli equilibri ambientali, ed infine sulle attività connesse all'uomo (valori socio/economici e storico/culturali).

Nel particolare, dopo un ingente sversamento dovuto ad un incidente, gli idrocarburi con basse densità tenderanno a distendersi sulla superficie del mare generando uno strato sottile che provoca un ostacolo alla filtrazione dei raggi solari con conseguente riduzione del processo fotosintetico e dello scambio gassoso all'interfaccia aria-acqua; uno dei primi effetti è infatti la sottrazione di ossigeno all'ambiente, sia perchè il petrolio ne impedisce la penetrazione dall'atmosfera nelle acque marine sottostanti, sia perchè i batteri per degradare gli idrocarburi utilizzano notevoli quantità di ossigeno molecolare. Il danno apportato a tutti gli organismi che vivono negli strati più superficiali del mare è enorme, dal momento che, essendo impedita la fotosintesi, risulta compromesso lo sviluppo di fitoplancton, insostituibile primo anello per le catene trofiche in mare. Inoltre, dopo l'evaporazione delle parti più volatili, i residui tossici che precipitano interagiscono con le componenti bentoniche profonde, alterandone la struttura, e una volta raggiunte le linee costiere,



provocano la morte delle biocenosi meso e sopralitorali con cui vengono in contatto.

Non meno rilevante è il danno apportato all'avifauna e più in generale alla macrofauna marino/costiera particolarmente sensibile agli oil spills per due principali cause di mortalità: l'intossicazione diretta, per ingestione diretta di idrocarburi o per le esalazioni delle componenti volatili e la morte per ipotermia, dovuta alla perdita delle proprietà idrorepellenti del piumaggio con conseguente mancanza di isolamento termico.

L'avifauna detiene il triste primato di essere tra le componenti che hanno subito maggior impatto nelle catastrofi passate (si calcola che solo a causa dell'incidente della Exxon Valdez<sup>25</sup> in Alaska nel 1989 sono stati uccisi da 100 mila a 300 mila uccelli marini).

Oltre ai danni ambientali, le conseguenze dirette sull'uomo sarebbero comunque catastrofiche, in primis a causa dei già dimostrati problemi di bioaccumulo di sostanze tossiche cancerogene nelle specie ittiche commestibili. Se poi il danno avviene in prossimità di impianti di acquacoltura o di zone con un ingente attività turistica i danni economici sarebbero smisurati. A questi comparti d'analisi nel Mediterraneo si devono aggiungere, *last but not least* i danni che si verificherebbero qualora lo sversamento di petrolio avvenisse nei pressi di coste caratterizzate da opere o ruderi di valore storico, archeologico o paesaggistico, generando un danno potenzialmente irreversibile a manufatti di inestimabile valore storico.

---

<sup>25</sup> Exxon Valdez era il nome di una superpetroliera di proprietà della Exxon Mobil. Il 24 marzo 1989 la nave si incagliò su una scogliera dello stretto di Prince Williams in Alaska disperdendo in mare oltre 38 milioni di litri di petrolio. La nave, lunga 300 m larga 50 m e con un pescaggio di 27 m ha lo scafo in acciaio, pesa 30.000 tonnellate, dispone di un motore diesel da 31.650 cavalli vapore (24 MW) e può trasportare fino a 1,48 milioni di barili (200.000 t) di petrolio ad una velocità di 16,25 nodi (30 km/h). Fu costruita a San Diego, consegnata alla Exxon nel dicembre e destinata al trasporto del petrolio dal terminal dell'oleodotto del consorzio Alyeska situato a Valdez in Alaska negli Stati Uniti. La nave è tuttora in attività, dopo questo incidente fu rinominata Sea River Mediterranean, ma ha il divieto di entrare nello stretto di Prince Williams.



## 6. **Gli strumenti di gestione del rischio: le Environmental Sensitivity Index Maps (ESImaps)**

---

È dalla fine degli anni settanta che il Governo statunitense ha messo in atto strategie volte alla prevenzione del rischio derivante dal trasporto di petrolio via mare tramite appositi strumenti legati alla gestione integrata della fascia costiera.

Il progetto denominato “Environmental Sensitivity Index Maps (ESImaps)<sup>26</sup>” è stato sviluppato dal National Oceanographic and Atmospheric Administration<sup>27</sup> fino ad arrivare alla copertura completa dell'intera fascia costiera del Paese, compresa la regione dei Grandi Laghi e i sistemi insulari negli oceani Atlantico e Pacifico (figure 6).

Le prime mappe di sensibilità costiera statunitensi vennero redatte per le coste del Texas in occasione dell'incidente del pozzo Itoxic1 che sversò 140 milioni di galloni di *crude oil* nel Golfo del Messico.

---

<sup>26</sup> **Environmental Sensitivity Index (ESI) Maps:** Il principale obiettivo della risposta al rischio derivante da un oil spill, dopo la protezione della vita umana, è quello di ridurre le conseguenze sia dell'oil spill stesso che delle operazioni di Clean-up. A tal fine è indispensabile identificare i luoghi costieri ad alta vulnerabilità preventivamente rispetto agli incidenti al fine di stabilire priorità di protezione e identificare strategie di pulizia e raccolta del prodotto sversato.

<sup>27</sup> Il **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** è un'Agenzia scientifica del United States Department of Commerce che lavora sulla condizione degli oceani e dell'atmosfera. Il NOAA dà l'allarme in caso di grave maltempo, realizza la mappatura dei cieli e degli oceani, guida l'uso e la protezione degli oceani e delle loro risorse e conduce ricerche per migliorare la comprensione e la custodia dell'ambiente.

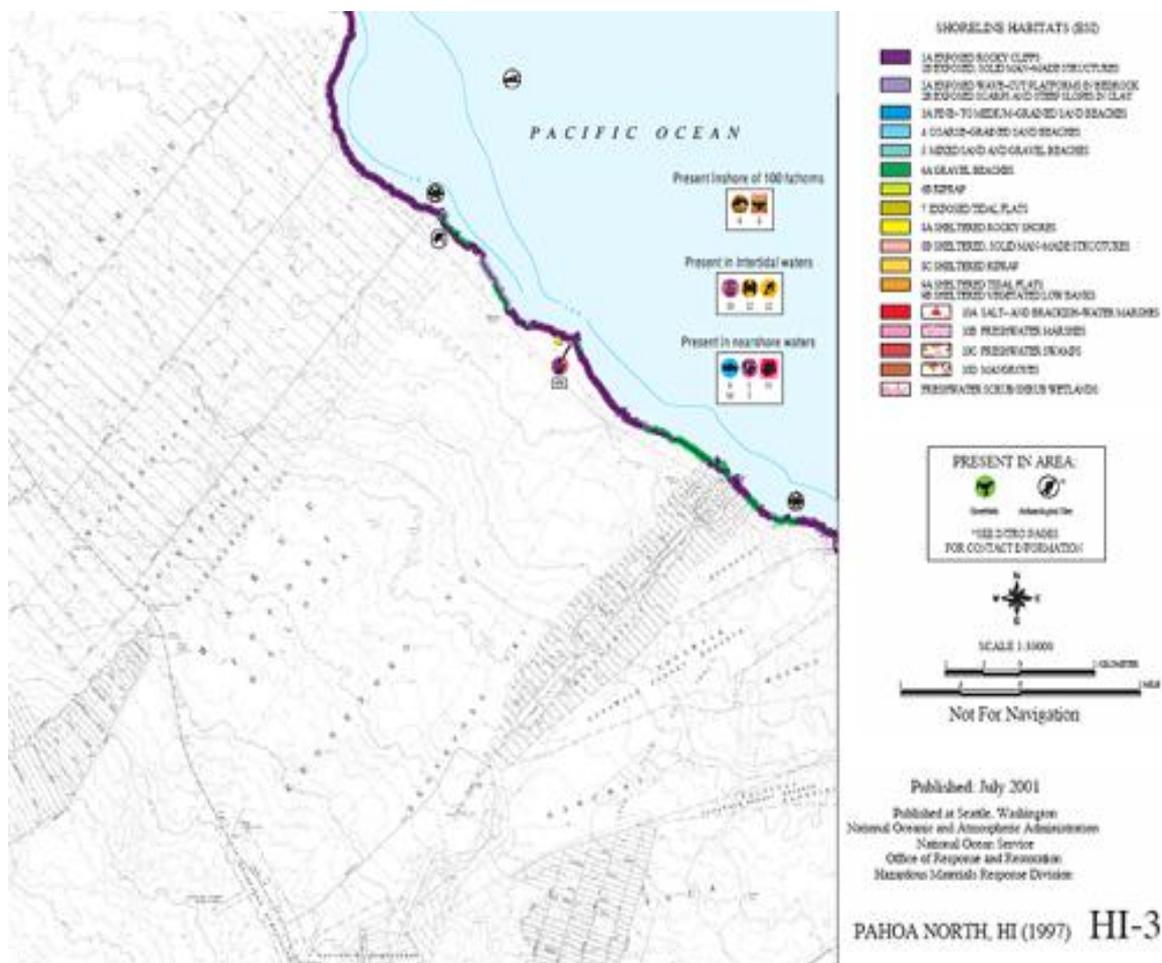


figura 6 - esempio di ESImap per la costa delle isole Hawaii (USA) - NOAA

Tali mappe erano all'inizio esclusivamente cartacee, ma evidenziarono la necessità della redazione di simili mappe per l'intero territorio nazionale. Nel 1989 il NOAA cominciò a realizzare la mappatura della sensibilità costiera utilizzando la tecnologia dei *Geographic information systems (GIS)* sistema con il quale a tutt'oggi esse vengono realizzate ed aggiornate.

La mappatura statunitense basa il suo sistema di priorità costiera prevalentemente sulle valenze ecosistemiche, ponendo comunque in evidenza, anche se in gerarchia subordinata, le valenze antropiche legate agli usi costieri per fini economici e turistici (figura 7).



*figura 7 - mappa della copertura costiera nazionale del sistema ESI maps negli Stati Uniti*

Le linee di progetto, nel corso dei tre anni, sono state elaborate mettendo in relazione il rischio connesso al traffico petrolifero con gli aspetti ambientali legati agli ecosistemi marino costieri del nostro Paese, la cui fase attuativa è consistita nella elaborazione di mappe pilota di sensibilità della fascia costiera al rischio oil-spill, studiando



e rielaborando sistemi analoghi applicati dal National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) in ambito Nordamericano, anche in collaborazione con lo stesso ente federale Statunitense.

Oltre a fornire uno strumento per la riduzione dell'inquinamento nelle acque costiere, tra le finalità del lavoro non è sicuramente secondaria la tutela della fascia costiera terrestre italiana, che rappresenta una risorsa comune di notevole importanza per i fenomeni naturali di cui è protagonista e per gli eventi economici, sociali storici e culturali che vi si sono susseguiti per millenni; è necessaria quindi una sua gestione e controllo integrato in modo che possa conservare o riconquistare la sua integrità ambientale in un'ottica di ottimizzazione dei rapporti costi-benefici e di continuo miglioramento della qualità della vita delle comunità umane che su di essa insistono.

Del progetto ha fatto parte inoltre l'elaborazione di una raccolta di *Best Available technologies* nel settore del rischio ambientale da idrocarburi, la cui finalità è il supporto alle amministrazioni sia locali che centrali, impegnate in tale settore di difesa ambientale.



## 7. Gli strumenti di gestione del rischio: le mappe di sensibilità italiane

---

Le mappe di sensibilità ambientale, come già evidenziato, sono uno dei possibili strumenti per ottenere una visione di insieme dei fattori di vulnerabilità delle coste ad un accidentale sversamento di petrolio in mare. Possono infatti costituire un utile contributo per identificare le maggiori e più sensibili priorità ambientali e storico morfologiche di tali aree, fornendo ai *decision makers* una panoramica valida per pianificare azioni preventive e risposte d'emergenza in caso d'incidenti.

Il fine è quello di poter gestire concretamente e velocemente un'imprevista fuoriuscita di idrocarburi in modo da arrecare il minor danno possibile ai valori ambientali, culturali ed economici dei litorali.

I possibili effetti di contaminazione da petrolio hanno una portata più o meno rilevante in relazione alle diverse peculiarità ambientali e territoriali della località in cui si verificano. Le principali conseguenze negative si riscontrerebbero sul paesaggio costiero, riducendo sensibilmente il suo valore estetico, sugli ecosistemi, causando una drastica diminuzione della biodiversità, con conseguente instabilità degli equilibri ambientali, ed infine sulle attività connesse all'uomo (valori socio/economici e storico/culturali).



Per quanto riguarda gli ambienti e le coste del Mediterraneo, vista la notevole diversità in termini di ecosistemi e di morfologia, nonché la plurisecolare presenza di attività ed insediamenti antropici, si è deciso di estrapolare i valori degli indici di sensibilità ambientale (ESI: *Environmental Sensitivity Index*) dalla elaborazione di matrici di sensibilità ambientale, così come è stato alcuni anni fa sperimentato nella Laguna di Venezia, nell'ambito del progetto "Sistema Lagunare Veneziano". In effetti la mancanza di veri valori storico archeologici costieri negli Stati Uniti non rendeva necessario nelle mappe colà elaborate approfondire una calibratura dei pesi di valore tra aspetti naturalistici ed antropici.

Al contrario in ambito Mediterraneo i valori storici costieri sono talvolta così inestimabili per la loro unicità ed importanza da obbligare ad una valutazione integrata degli uni e degli altri in un sistema matriciale. Quindi i valori così ottenuti hanno il vantaggio di includere in un unico numero tutte le caratteristiche qualitative e quantitative rilevate, rendendo così univoca la lettura delle mappe.

Le mappe di sensibilità ambientale vengono utilizzate come parte integrante di un progetto finalizzato alla prevenzione delle fuoriuscite accidentali di petrolio (*oil spills*) e per definire delle linee guida da seguire nell'eventualità in cui ciò accada. Le conseguenze negative da valutare investirebbero:

- la flora e la fauna,
- il paesaggio costiero (naturale ed antropizzato),
- le attività connesse all'uomo (valori socio/economici e storico/culturali)

A tal fine sono stati definiti degli indici di sensibilità ambientale (Environmental Sensitivity Index: ESI). I valori degli ESI vengono estrapolati dallo studio di diverse matrici di sensibilità ambientale (Environmental Sensitivity Matrices). Queste possono essere costruite considerando diverse caratteristiche delle località in questione tenendo presente fattori di rischio, valori di impatto e indici di danno. Le matrici possono differenziarsi in base alle



caratteristiche morfologiche del territorio, naturali (coste rocciose o sabbiose, fondali marini – Matrice 1) o artificiali (strutture portuali, reperti archeologici – Matrice 3), oppure degli specchi acquei costieri (Matrice 2).



## 8. Calcolo Matriciale degli indici di Sensibilità Ambientale (ESI)

---

Una delle principali attività del progetto, è stata l'elaborazione delle matrici idonee alla valutazione della sensibilità costiera, in relazione allo sversamento di petrolio in mare, nei diversi contesti litoranei. In particolare sono state individuate tre matrici: una per il calcolo degli indici di sensibilità ambientale inerenti alle caratteristiche morfologiche e naturali delle linee di costa (Matrix 1\_ESI for natural coastlines), una per calcolare gli ESI da attribuire agli ambienti acquatici (Matrix 2\_ESI for water stretches), ed infine l'ultima per valutare gli indici di sensibilità relativi alle componenti artificiali, sia costiere che sommerse, dei luoghi in esame (Matrix 3\_ESI for artificial features).

Nelle tre matrici sono esaminate complessivamente la totalità delle componenti naturali o artificiali per cui un eventuale contatto con idrocarburi comporterebbe un danno, e l'insieme dei fattori che alterano l'entità e il rischio del danno stesso. Gli ESI di ogni componente naturale o artificiale sono quindi estrapolati considerando i fattori di rischio (risk exposure factors), i valori d'impatto (impact values) e gli indici di danno (damage indexes).

Nella valutazione dei fattori di rischio si possono considerare fenomeni idrodinamici (moto ondoso), morfologia del territorio (pendenza della costa e profondità delle acque, altezza sul livello del mare delle opere civili), frequenza e tipologia della superficie di possibile contatto con l'inquinante. Per ogni categoria considerata



nelle matrici è stato calcolato un fattore di rischio pari alla somma dei pesi standardizzati di ciascun fattore esaminato.

La stessa standardizzazione è stata effettuata per i valori d'impatto, definiti in funzione della difficoltà della rimozione dell'inquinante dal substrato (clean up).

Gli indici di danno tengono conto del livello di importanza dell'ambiente in esame (presenza di specie protette, di attività antropiche di interesse economico, ricreazionale, storico/culturale, qualità dell'acqua...).

La suddivisione delle categorie di danno è stata elaborata su scala qualitativa, in modo da poter includere e valutare tutti gli aspetti, naturali o artificiali, che verrebbero negativamente coinvolti in un possibile incidente. Ad ogni caratteristica esaminata è stato assegnato un valore di una variabile standardizzata direttamente correlato alla classe di appartenenza, così da poter quantificare il danno in proporzione al livello di irreversibilità e gravità della perdita di valore.

I valori degli indici di sensibilità ambientale si ottengono tramite un prodotto tra una riga, gli indici di sensibilità fisica, ottenuti dalla somma dei fattori di rischio e di impatto, e una colonna, gli indici di danno, e, per ognuna delle tre matrici, verranno raggruppati in distinte classi di ESI (ESI I, ESI II, ...).

Il risultato finale sarà l'assegnazione di un indice di sensibilità ambientale per ognuna delle componenti naturali o artificiali analizzate.

### **8.1 Matrice 1: Caratteristiche morfologico naturali delle linee di costa**

Sono stati esaminati nella prima matrice gli aspetti naturali e morfologici relativi alle linee di costa (Matrice 1). In particolare sono stati considerati a grandi linee tutti i principali possibili scenari naturali costieri: scogliere (cliffs), coste rocciose (rocky shores), spiagge (beaches) e zone paludose o stagni salmastri (mudflats).

Nella valutazione dei risk exposure factors sono stati identificati due fattori, ognuno suddiviso in classi:





L'esito dipende prevalentemente dalla granulometria e dalla scabrezza del substrato stesso. Il massimo valore d'impatto è stato quindi assegnato alle spiagge (sand/mud) dove l'unico rimedio di bonifica consiste nell'asportazione della sabbia contaminata e l'immissione di arenile pulito, dal momento che il petrolio tende a penetrare all'interno del substrato sabbioso dove mantiene più a lungo le sue proprietà tossiche e dove la degradazione batterica è fortemente rallentata per la carenza di ossigeno. Gli aspetti qualitativi degli ambienti sono stati esaminati nell'indice di danno, utilizzato per descrivere la perdita parziale o totale di valori naturali, biologici, antropici o antropogenici.

In dettaglio, nella valutazione degli indici di danno per le linee costiere, si è tenuto conto dei valori naturalistici e biologici, in termini di livelli di qualità dell'acqua (low/high water quality), grado di biodiversità (biodiversity value) e produttività (biological productivity), e di quelli antropici, considerando gli aspetti economici (presence of economic activities), estetici e ricreativi (recreational aesthetic value) delle zone esaminate; sono state così individuate

## 8.2 Matrice 2: Specchi d'acqua

La seconda matrice (Matrice 2) è stata elaborata per la valutazione degli ESI negli ambienti acquatici, considerando il mare aperto (open waters), le acque costiere (coastal waters), i fondali prossimi alle linee di costa (seabed close to shore), e le acque paludose o salmastri (marshes and wetlands).

Nella valutazione dei fattori di rischio sono stati valutati due parametri, ognuno suddiviso in classi:

- Profondità dello specchio d'acqua (Depth  $\square$ ) ( $\delta$ )  
Alle quattro categorie individuate sono state associate altrettanti classi di rischio; a causa delle proprietà chimico fisiche degli idrocarburi (pressoché insolubili in acqua e con densità generalmente inferiori a quella dell'acqua marina), valori maggiori sono stati assegnati a profondità minori.



- Movimento ondoso (wave movement)  
E' stata effettuata la stessa classificazione operata nella matrice 1, suddividendo il moto in basso, medio ed alto.

MATRICE 2																
ESI PER SPECCHI D'ACQUA		CLASSI	Classi di Rischio		Mare Aperto		Acque costiere				Acque adiacenti i litorali		Aree salmastrali / paludose			
FATTORI DI RISCHIO	Profondità (δ)	0 <δ< 2 m	4	40								40,0	40,0		40,0	
		2 <δ< 5 m	3	30					30,0	30,0	30,0				30,0	
		5 <δ< 10 m	2	20			20,0	20,0	20,0							
		δ > 10 m	1	10	10,0	10,0										
			10	100												
	Movimento ondoso	Basso	1	16,7			16,7			16,7		16,7		16,7	16,7	
		Medio	2	33,3	33,3			33,3		33,3		33,3		33,3		
		Alto	3	50		50,0			50,0			50,0				
			6	100												
	Valori di Rischio					43,3	60,0	36,7	53,3	70,0	46,7	63,3	80,0	56,7	73,3	46,7
VALORI D'IMPATTO	Difficoltà rimozione inquinanti	Superficie dell'acqua	1	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3							
		Superficie dell'acqua e fondale	2	66,7						67,7	67,7	67,7	67,7	67,7	67,7	
			3	100												
Sensibilità Fisica per Impatto e Rischio					78,6	93,3	70,0	86,6	103,3	114,4	131,0	147,7	124,4	141,3	114,4	124,4
INDICI DI DANNO	Bassa qualità delle acque	1	0,25	19	23	18	22	26	29	33	37	31	35	29	31	ESI I <95
	Porti commerciali	2	0,5	38	47	35	43	52	57	66	74	62	71	57	62	
	Porticcioli turistici	3	0,75	57	70	53	65	77	85	98	111	93	106	86	93	ESI II 96>171
	Valore ricreazionale	4	1,00	77	93	70	87	103	114	131	148	124	141	114	124	
	Traffico navale	5	1,25	98	117	88	108	129	143	164	185	158	177	143	158	
	Pesca	6	1,5	116	140	106	130	155	172	197	222	187	212	172	187	
	Allevamenti di cozze	7	1,75	134	163	123	152	181	200	229	258	218	247	200	218	ESI III 172>249
	Alta qualità delle acque	8	2,00	153	187	140	173	207	229	262	296	249	283	229	249	
	Acquacoltura	9	2,25	172	210	158	195	232	257	296	332	280	318	257	280	
	Presenza di specie protette o minacciate	10	2,5	192	233	175	217	256	296	328	369	311	353	286	311	
	Alto tasso di biodiversità	11	2,75	211	257	193	238	284	315	360	408	342	389	315	342	ESI IV >250
	Praterie di fanerogame	12	3,00	230	280	210	260	310	343	393	443	373	424	343	373	

Matrice 2 - Schema di calcolo matriciale dell'Environmental Sensitivity Index (ESI) per gli specchi d'acqua costieri

Per il calcolo dell'indice della sensibilità fisica i fattori di rischio sono stati sommati ai valori d'impatto, suddivisi a seconda della necessità di ripulire solamente lo strato superficiale acquatico o anche il substrato del fondo marino. E' infatti impossibile realizzare, almeno con le tecniche attualmente conosciute, interventi di clean up nella colonna d'acqua.

Gli indici di danno sono ponderati su scala qualitativa in base agli usi antropici ed in base ai valori naturalistici e biologici di ogni ambiente acquatico. La matrice presenta quindi dieci categorie di danno che vanno da aree contraddistinte da bassa qualità dell'acqua (low water quality) a zone a elevato grado di biodiversità (high biodiversity value), considerando inoltre aspetti ricreazionali



(recreational value) ed economici, come il traffico navale (ship traffic value), la pesca (fishing / fishing facilities) e gli impianti di acquacoltura (aquaculture / mussel aquafarm).

### 8.3 Matrice 3: Strutture artificiali

In questa fase sono state valutate unicamente le componenti artificiali degli ambienti presi in esame (Matrice 3). La mappatura degli indici di sensibilità ambientale ha riguardato quindi la complessità delle strutture che possono venire a contatto con idrocarburi in caso di sversamento accidentale. Sono stati considerati sia i manufatti costieri (coastal structures) che quelli sotto il livello del mare (underwater structures).

MATRICE 3												
ESI PER STRUTTURE ARTIFICIALI		CLASSI	Classi di Rischio	Posi Standardizzati	Strutture Costiere				Strutture Sommerse			
FATTORI DI RISCHIO	Altezza sul livello del mare ( $\lambda$ )	$\lambda > 1$ m	2	13,3	13,3	13,3						
		$0 < \lambda < 1$ m	3	20			20,0	20,0				
		$-2 < \lambda < 0$ m	4	26,7					26,7			
		$-5 < \lambda < -2$ m	3	20						20,0		
		$-10 < \lambda < -5$ m	2	13,3							13,3	
		$\lambda < -10$ m	1	6,7								6,7
	Tipologia di Contatto	Verticale	1	33,3	33,3	33,3						
		Orizzontale e Verticale	2	66,7			66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
			3	100								
	Valori di Rischio					46,6	46,6	66,7	66,7	93,4	66,7	80,0
VALORI D'IMPATTO	Difficoltà rimozione inquinanti	Media	1	33,3	33,3		33,3					
		Alta	2	66,7			66,7		66,7	66,7	66,7	66,7
			3	100								
Sensibilità Fisica per Impatto e Rischio					79,9	113,3	120,0	153,4	160,1	153,4	148,7	140,1
INDICIDI DANNO	Presenza di funzioni di servizio	1	0,25	20	28	30	38	40	38	37	35	ESI I <99
		2	0,5	40	57	60	77	80	77	73	70	
	Presenza di attività economiche	3	0,75	60	85	90	115	120	115	110	105	ESI II 100>179
		4	1,00	80	113	120	153	160	153	147	140	
	Presenza di attività culturali	5	1,25	100	142	150	192	200	192	183	175	ESI III 180>259
		6	1,5	120	170	180	230	240	230	220	210	
	Valore paesistico	7	1,75	140	198	210	268	280	268	257	245	ESI III 180>259
		8	2,00	160	227	240	307	320	307	293	280	
	Presenza di strutture per pesca e acquacoltura	9	2,25	180	256	270	345	360	345	330	315	ESI III 180>259
		10	2,5	200	283	300	384	400	384	367	350	
	Strutture di valore storico architettonico monumentale	11	2,75	220	312	330	422	440	422	403	385	ESI IV >260
		12	3,00	240	340	360	460	480	460	440	420	

Matrice 3 - Schema di calcolo matriciale dell'Environmental Sensitivity Index (ESI) per le strutture costiere artificiali

L'esposizione al rischio è stata ponderata su tre fattori:



- Altezza sul livello medio del mare (level referred to m.s.l.) ( $\lambda$ )  
Sono stati individuati sei intervalli e ad ognuno è stato assegnato un valore da uno a quattro in funzione della crescente frequenza di contatto; valori maggiori sono attribuiti ad altezze prossime al livello medio del mare, dove la probabilità di contatto con idrocarburi è massima, mentre le zone che più si discostano dal livello del mare sono esposte a rischi minori.
- Contatto (Contact) - Il secondo fattore coinvolto nella valutazione del rischio riguarda il modo in cui l'inquinante viene a contatto con la struttura in questione; per i manufatti sommersi il contatto avverrà sia orizzontalmente che verticalmente, mentre per quelli sopra il livello del mare potrà verificarsi anche solo tramite superfici verticali.

I valori d'impatto dipendono dalla difficoltà, media o alta (medium / high), di rimozione dell'inquinante dai manufatti; le loro superfici hanno una capacità di assorbire il petrolio che è direttamente proporzionale allo stato di conservazione ed alla scabrezza del manufatto stesso.

Per quanto riguarda le caratteristiche antropogeniche, l'indice di danno massimo è attribuito alla perdita di valori archeologici o architettonici (features of historical monumental architectural importance). Le restanti classi, ognuna suddivisa in due sottocategorie, a bassa o alta concentrazione (L: low, H: high), descrivono le varie tipologie d'utilizzo delle strutture in questione: attività economiche (presence of economic activities), culturali (presence of cultural functions) o funzionali (presence of service functions).

#### **8.4 Lettura delle matrici**

l'analisi delle matrici permette un raggruppamento dei valori calcolati, in grado di definire, nello stesso contesto, la sensibilità



ambientale e storico/culturale dell'ambiente analizzato e di conseguenza di calcolare indici di sensibilità ambientale integrati. Per ogni tipologia analizzata, costiera, marina o artificiale, la somma dei fattori di rischio e dei valori d'impatto equivale al impact and risk for physical sensitivity. Moltiplicando questo valore per l'indice di danno che più caratterizza quella particolare area, otterrò lo specifico indice di sensibilità ambientale (ESI) per quella tipologia in quella particolare area.

In ogni matrice i valori degli ESI sono stati suddivisi in quattro categorie, da ESI I ad ESI IV, per rendere più immediata la lettura delle mappe di sensibilità ambientali in cui sono riportate tali informazioni. Il raggruppamento dei valori ottenuti dal calcolo matriciale nella quattro tipologie di ESI è stato effettuato con il seguente criterio:

In ogni matrice, la prima tipologia esaminata, caratterizzata dal valore più basso di impact and risk for physical sensitivity, presenta sempre intervalli di valore costanti tra un indice di danno ed il successivo; il valore marker di passaggio da un ESI a un altro è stato quindi convenzionato con il raggiungimento dei valori soglia (uno, due e tre) dei pesi standardizzati degli indici di danno. Tutti i restanti valori dello schema sono stati a questo punto clusterizzati come inferiori o superiori a tali valori soglia di riferimento e colorati diversamente per evidenziarli (vedi Figura 8).

La linea di demarcazione che si delinea nello schema è il margine tra gli ESI. Per esempio, tutti i valori di ESI inferiori a 100 ovvero tra 20 e 90 rientrano nella categoria ESI I mentre quelli maggiori o uguali a cento e inferiori a centottanta, ovvero compresi tra cento e centosettantacinque, delimitano l'ESI II, e così via.

In definitiva, le zone contraddistinte dal colore corrispondente ad un ESI IV saranno quelle maggiormente vulnerabili ad un oil spill, mentre quelle con ESI I evidenzieranno le aree dove uno sversamento petrolifero implicherà danno minore.



<b>0,25</b>	20	30	40	38	37	35
<b>0,5</b>	40	60	80	77	73	70
<b>0,75</b>	60	90	120	115	110	105
<b>1</b>	80	120	160	153	147	140
<b>1,25</b>	100	150	200	192	183	175
<b>1,5</b>	120	180	240	230	220	210
<b>1,75</b>	140	210	280	268	257	245
<b>2</b>	160	240	320	307	293	280
<b>2,25</b>	180	270	360	345	330	315
<b>2,5</b>	200	300	400	384	367	350
<b>2,75</b>	220	330	440	422	403	385
<b>3</b>	240	360	480	460	440	420

<b>0,25</b>	20	30	40	38	37	35	<b>Esi I</b>	<b>20&gt;90</b>
<b>0,5</b>	40	60	80	77	73	70		
<b>0,75</b>	60	90	120	115	110	105	<b>Esi II</b>	<b>100&gt;175</b>
<b>1</b>	80	120	160	153	147	140		
<b>1,25</b>	100	150	200	192	183	175	<b>Esi III</b>	<b>180&gt;240</b>
<b>1,5</b>	120	180	240	230	220	210		
<b>1,75</b>	140	210	280	268	257	245	<b>Esi IV</b>	<b>&gt;240</b>
<b>2</b>	160	240	320	307	293	280		
<b>2,25</b>	180	270	360	345	330	315		
<b>2,5</b>	200	300	400	384	367	350		
<b>2,75</b>	220	330	440	422	403	385		
<b>3</b>	240	360	480	460	440	420		

Figura 8 - Estratto dalla Matrix 3 con esempio della formazione degli ESI per categoria

Nella valutazione del fattore di rischio si possono considerare fenomeni idrodinamici (moto ondoso, maree), morfologia del territorio (pendenza e profondità della costa, altezza s.l.m. delle opere civili), frequenza e tipologia di contatto con l'inquinante. Per ognuna di queste classi si definiscono delle grandezze standardizzate che sommate restituiscono il valore finale del fattore di rischio.

I valori di impatto sono definiti in funzione della difficoltà della rimozione dell'inquinante (clean up).

Gli indici di danno, puramente qualitativi, tengono conto del livello di importanza dell'ambiente in esame (presenza di specie protette, di attività antropiche di interesse economico, ricreazionale, storico/culturale, qualità dell'acqua...).



Le matrici di sensibilità ambientale si ottengono tramite un prodotto tra una riga, gli indici di sensibilità fisica (somma dei fattori di rischio e di impatto) e una colonna, gli indici di danno.

Uno studio delle matrici permetterà un raggruppamento dei termini in grado di definire la sensibilità ambientale e storico/culturale dell'ambiente analizzato e di conseguenza i diversi Indici di Qualità Ambientale.

Questi indici verranno successivamente utilizzati per creare delle mappe di sensibilità ambientale in cui le linee e le ombreggiature permettono di identificare le linee e le aree che presentano caratteristiche di sensibilità morfologica.



## **9. Casi studio per l'applicazione delle mappature di sensibilità costiere agli sversamenti di petrolio in mare**

---

Al fine di validare la metodologia sviluppata, si è ritenuto di testarla su un caso studio dove fosse possibile riscontrare una presenza significativa di tutti i fattori esaminati nella messa a punto delle matrici sopra descritte. In tal modo, nell'ottica di un eventuale allargamento della mappatura all'intero sistema costiero nazionale, sarà possibile confermare o modificare sia i fattori esaminati nelle tre matrici, che i pesi assegnati agli stessi.

Nel corso delle due campagne scientifiche realizzate per gli anni 2006 e 2007 sono state prese in esame le zone costiere del Golfo di Pozzuoli, con particolare riferimento al Museo archeologico sommerso di Baia e della penisola Cilentana, prendendo in esame la linea di costa del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. In entrambi i casi le aree in esame presentavano, sia pure su scale d'analisi diverse, elementi che possono essere considerati paradigmatici dell'intera complessità costiera italiana, con cospicue presenze di alti valori naturalistici, storico-archeologici e economico-sociali.

## 9.1 Il caso studio del Golfo di Pozzuoli (Analisi di campo - anno 2006)

Il museo archeologico sommerso ed area marina protetta di Baia (figura 9) è stata istituita dal Ministero dell'Ambiente e da quello per i beni e le attività Culturali con un istruttoria congiunta nel 2002: quest'area protetta è infatti caratterizzata dalla presenza di numerosi resti archeologici sommersi di epoca romana.

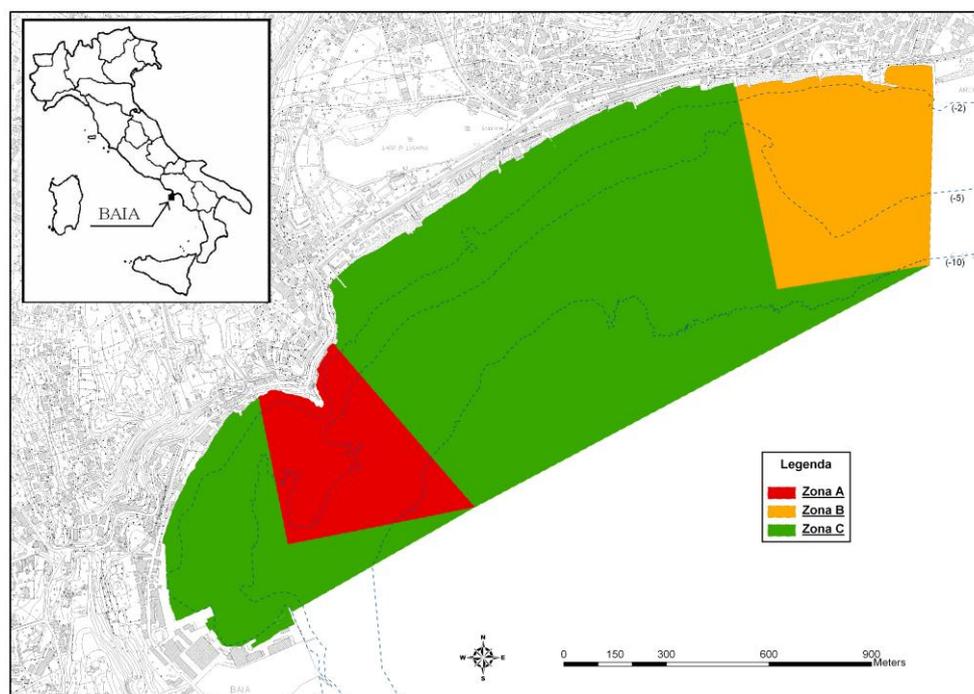


Figura 9: Parco Archeologico Sommerso di Baia.

La zona era considerata dall'aristocrazia imperiale un luogo di villeggiatura privilegiato per l'amenità del paesaggio e la presenza di acque termali. Con il passar dei secoli, i fenomeni bradisismici coinvolgenti l'intera area, hanno provocato un graduale sprofondamento della linea costiera, portando i preziosi resti romani (statue, colonne, strade e mosaici) dalla fascia affiorante fino a quella tra i sei e i dodici metri sotto il livello del mare (figura 10).



*Figura 10: Murature semisommerse di edifici romani con interpolazioni successive (Acque antistanti il promontorio del Castello Aragonese).*

Tutta l'are infatti ricade in un'area ad intensa attività vulcanica, come suggerisce lo stesso nome che deriva dal greco “φλεγραιος”, che significa “ardente”. Il vulcanesimo si è qui manifestato soprattutto sotto forma di bradisismo, lento movimento ascendente o discendente della crosta terrestre dovuto alla risalita e al raffreddamento di masse magmatiche. Lo sprofondamento delle lussuose ville, come la Villa dei Pisoni, delle antiche strutture portuali (figura 11) e delle peschiere romane, ha fatto sì che l'area divenisse uno dei siti di maggior interesse per le ricerche di archeologia subacquea in Italia.

I suddetti valori storico archeologici coesistono con ambienti marini tipici degli ecosistemi mediterranei, con una cospicua presenza di praterie di fanerogame marine (*Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*) e con altre specie e habitat considerati come prioritari dai protocolli della Convenzione di Barcellona e dalla direttiva EU “Natura 2000”.

Le praterie di *Posidonia oceanica* tra l'altro, fino a pochi decenni fa ampiamente diffuse nel Golfo di Napoli, risultano da studi più recenti fortemente ridotte nei mari della Provincia di Napoli; infatti le ultime osservazioni le confinano solamente nelle acque intorno le isole di Ischia, Procida e Capri e nell'area marina protetta di Baia.



*Figura 11: Murature romane sommerse nella zona di possibile ampliamento dell'Area Marina Protetta di Baia (Acque antistanti il promontorio del Castello Aragonese) appartenenti alle antichebanchine del porto di Baia romana.*

L'ambiente naturale che caratterizza i fondali di quest'area protetta è unico per la sua estrema varietà di microhabitat che generano un'elevata biodiversità. Tali microhabitat sono il risultato dell'interazione di processi naturali (bradisimo, erosione marina, emissione da vulcanismo secondario) e della insolita presenza di strutture archeologiche sommerse turistiche (figura 12), che rappresentano, in un fondale altrimenti limoso e sabbioso, l'unico substrato duro di impianto per organismi sia fotofili che sciafili. Tale inestimabile

patrimonio ambientale ed archeologico convive nella zona studio con tipologie paesistiche particolari, e con infrastrutture portuali e turistiche.

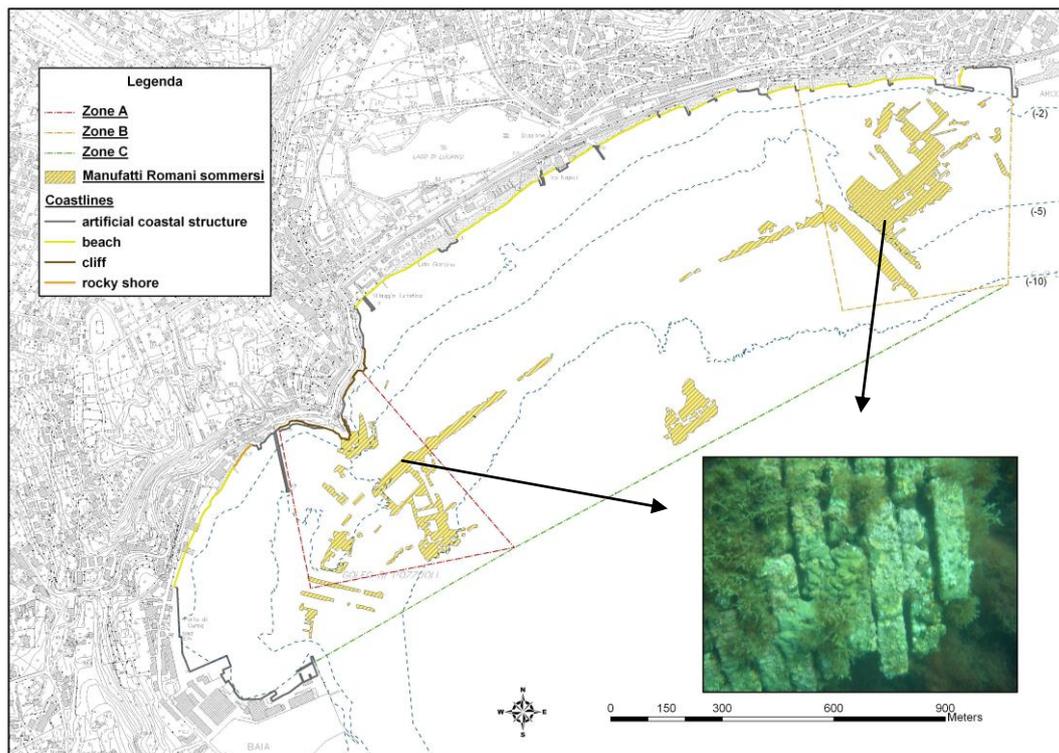


Figura 12 Parco Archeologico Sommerso di Baia: Manufatti romani sommersi e tipologie costiere

Una volta stabilita l'area di studio dove poter testare la validità della metodologia messa a punto, è stato effettuato un lavoro di campo, al fine di ottenere una raccolta di dati relativa alle morfologie costiere da elaborare per il conseguimento di validi risultati.

Sono stati pertanto raccolti, durante una campagna durata circa 10 giorni, tutti i dati utili per la compilazione delle matrici elaborate per il calcolo degli indici di sensibilità ambientale ai rischi petroliferi (ESI: *Environmental Sensitivity Index*) nel Parco Archeologico Sommerso di Baia.

L'obiettivo del lavoro di campo è stato quindi quello di acquisire dati sui vari parametri utili per la compilazione delle tre matrici.



Si è reso necessario l'utilizzo di un rilevatore GPS (modello *Garmin*) per fissare le esatte coordinate geografiche di ogni dato utile. Prima di iniziare il lavoro di campo è stato stimato l'errore del GPS registrando le coordinate di punti noti, come ad esempio i vertici delimitanti l'area marina protetta per testare il livello di accuratezza dello strumento.

In particolare per la matrice riguardante le linee di costa sono state registrate tramite GPS le coordinate di tutti i punti in cui si passava da una tipologia costiera ad un'altra (spiagge, coste rocciose, ecc) o, all'interno dello stesso tipo di costa, variava uno dei parametri per il calcolo del fattore di rischio, del valore d'impatto o dell'indice di danno.

Sono state quindi annotate le pendenze delle coste, la composizione granulometrica approssimativa dei sedimenti, ed eventuali valori aggiunti di tipo ambientale o antropico. I rilevamenti costieri, effettuati ove possibile a piedi, altrimenti grazie ad un mezzo nautico a basso pescaggio utile per l'approccio a siti impervi, sono stati inoltre utili per ottenere dati necessari alla compilazione della terza matrice, registrando per ogni struttura artificiale costiera l'altezza sul livello del mare, il tipo di possibile superficie di contatto, la funzione specifica (commerciale, di servizio, ecc) ed eventuali valori aggiuntivi (archeologici, paesaggistici, ecc).

I dati relativi agli ambienti acquatici sono stati raccolti tramite immersioni subacquee e perlustrazioni da mare, annotando le coordinate geografiche come per i dati presi a terra.

Le informazioni relative alle profondità dei fondali sono state recuperate dal software nautico "*Bluechart*", mentre quelle riguardanti i manufatti archeologici, reperite presso la Soprintendenza per i Beni Archeologici di Napoli e Caserta, hanno completato e convalidato il lavoro di campo subacqueo.

Durante questa fase di lavoro è stata inoltre effettuata un'accurata campagna fotografica dell'area di studio, in modo da integrare i dati raccolti con informazioni visive dei luoghi in esame.

Nel corso di tale campagna si è riscontrata la necessità di ampliare l'area di analisi anche ad alcune zone limitrofe all'area marina protetta, al fine di valutare un confronto tra il territorio protetto e quello esterno (figura 13).

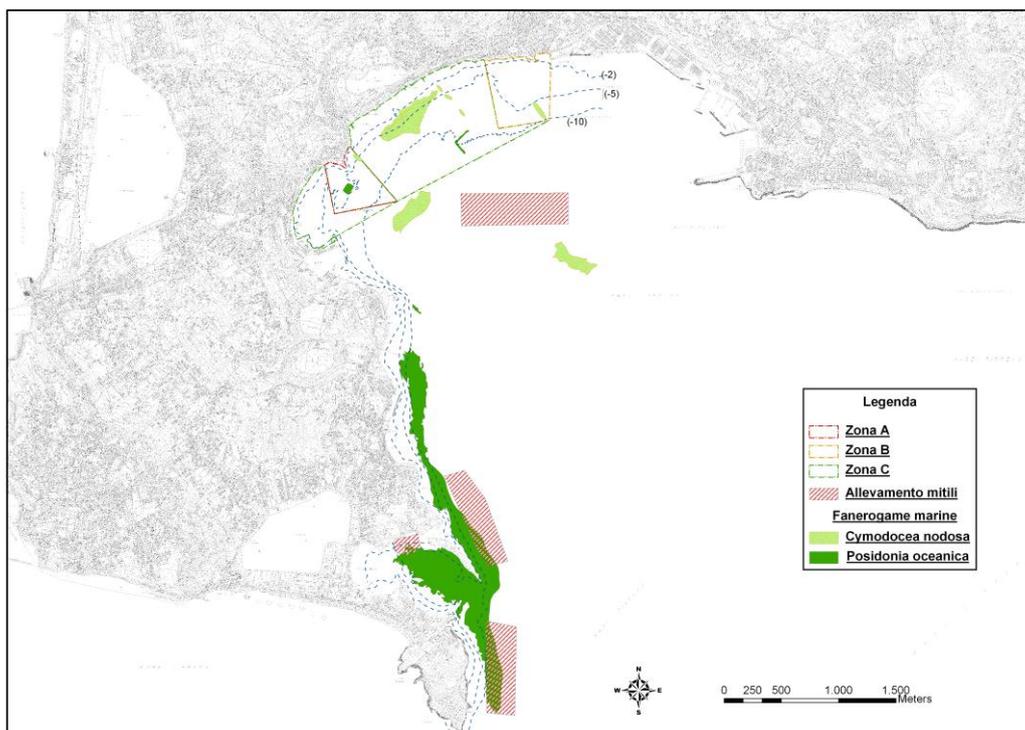


Figura 13: Strutture di acquicoltura e mappatura delle fanerogame marine nel Parco Archeologico Sommerso di Baia e zone limitrofe fino a Capo Miseno.

Da una prima analisi dei dati, ed a conferma delle referenze bibliografiche, è emersa la presenza di aree di notevole interesse sia archeologico che naturalistico anche in zone esterne al parco sommerso di Baia. In particolare sono stati infatti rilevati manufatti archeologici di notevole interesse in tutta la zona costiera e sui fondali a ridosso del castello di Baia in Direzione di Capo Miseno e una presenza significativa di specie protette come *Pinna nobilis* (figura 14), *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*.



*Figura 14: esemplare di Pinna nobilis fotografato esternamente all'Area Marina Protetta di Baia circondato da Caulerpa prolifera*

In seguito all'analisi di campo, tutte le informazioni registrate sono state riportate sul software cartografico "Arc Gis 9.1", ottenendo così una prima classificazione delle aree d'interesse in base ai differenti valori dei parametri morfologici, biologici e storico-culturali componenti le matrici.

Lavorare in ambiente GIS permette inoltre di ottenere una visione d'insieme delle varie componenti del lavoro, facendo convergere in un unico quadro le informazioni acquisite e le relative localizzazioni geografiche.

I dati riportati in GIS sono stati georeferenziati con sistema di coordinate WGS 84 e raccolti in diversi shapefiles: tipologie costiere (spiagge, scogliere naturali, strutture costiere artificiali), profondità (con i seguenti intervalli: da zero a due, da due a cinque, da cinque a dieci e maggiore di dieci metri), specchi d'acqua (strutture di

allevamento mitili, manufatti archeologici sommersi, biocenosi bentoniche e praterie di fanerogame marine).

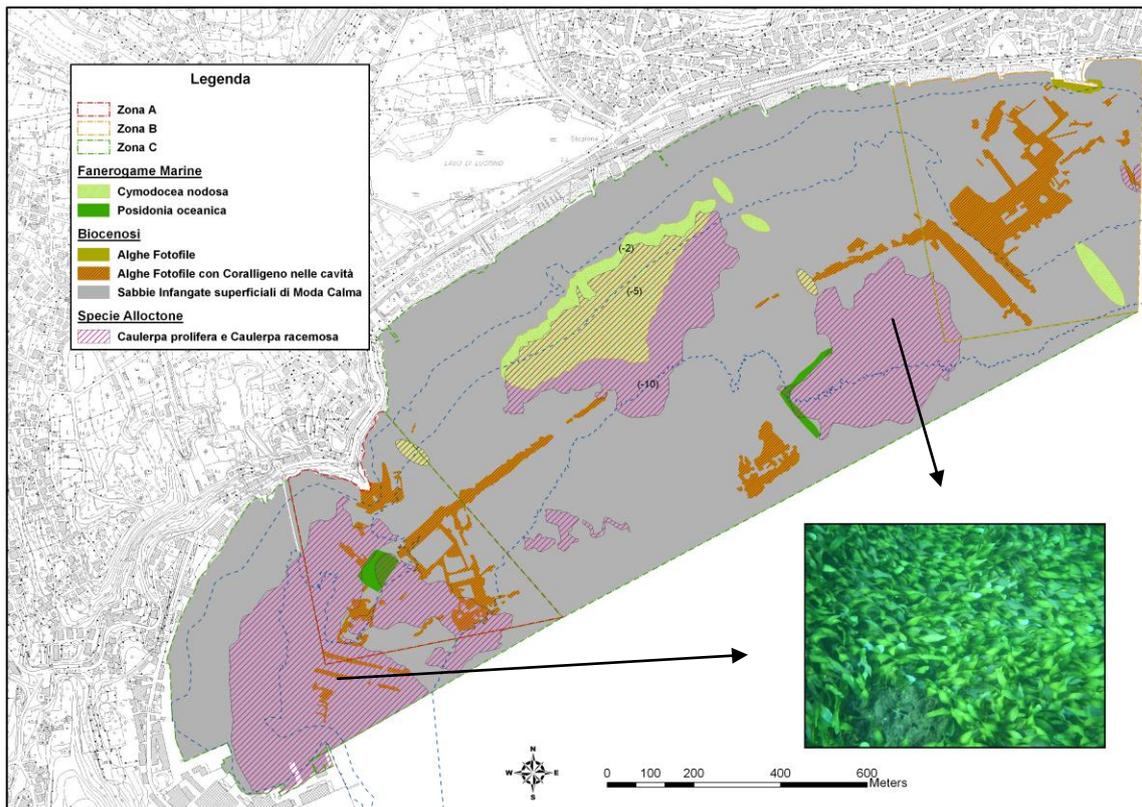


Figura 16: Parco Archeologico Sommerso di Baia: Biocenosi bentoniche, fanerogame marine e specie alloctone.

Il database elaborato dall'immissione di tutti i dati nel software Arc Gis 9.1 è stato implementato grazie ad un successivo periodo di acquisizione dati da precedenti lavori contenenti nozioni biologiche o archeologiche sull'area di studio.

Un valido contributo per l'implementazione dei dati biologico ambientali degli specchi d'acqua è stato reso dal Si.Di.Mar. (Sistema Difesa Mare), grazie alla consultazione di lavori contenenti informazioni sulle fanerogame marine presenti e sulla qualità delle acque nel Golfo di Pozzuoli.

Inoltre, la Soprintendenza per i Beni Archeologici per le province di Napoli e Caserta, ente gestore dell'area marina protetta, ha fornito

relazioni sulle biocenosi bentoniche presenti e sulla puntuale mappatura dei reperti archeologici sommersi di epoca romana. I lavori suddetti hanno inoltre confermato e convalidato i dati raccolti per la compilazione delle matrici.

Durante il lavoro di campo, è stata rilevata inoltre la fortissima presenza di due specie di alghe alloctone, di origine tropicale: la *Caulerpa prolifera* e la *Caulerpa racemosa* (figura 14) il cui effetto sulle biocenosi bentoniche è di soffocare qualsiasi altra specie autoctona.



Figura 17 - Area Marina protetta di Baia: prateria di *Posidonia oceanica* circondata dall'alga tropicale *Caulerpa prolifera*.

Queste alghe verdi, rinvenute in Italia per la prima volta solo nel 1993, sono considerate invasive e si stanno espandendo



rapidamente nel Mediterraneo. Da studi recenti risulta che la loro dispersione provoca un impoverimento della biodiversità nei nostri mari, dovuto soprattutto alla sostituzione di praterie di Posidonia oceanica e di Cymodocea nodosa con queste essenze tropicali. Dai rilevamenti subacquei effettuati nell'Area Marina Protetta di Baia è stata riscontrata una coesistenza di praterie di fanerogame ed alghe alloctone; nel particolare si evince un avanzamento delle alghe infestanti a discapito della posidonia e della cimodocea (figure 16 e 17).

Un'eventuale sversamento di idrocarburi accelererebbe la perdita di quest'ultime favorendo la colonizzazione delle alghe del genere Caulerpa, maggiormente resistenti a livelli inferiori di luminosità.

Tutti i dati raccolti sono stati inseriti in shapefiles dotati di una tabella contenente ulteriori informazioni circa la zona in questione (pendenza, altezza sul livello del mare, giorno di acquisizione del dato, dimensioni lineari e di superficie, ecc).

Tali shapefile sono stati successivamente utilizzati per creare, sempre in cartografia GIS, le mappe di sensibilità ambientale dell'Area Marina Protetta di Baia.

## **9.2 Il caso studio della Penisola Cilentana (Analisi di campo - anno 2007)**

Durante il mese di agosto 2007, è stata svolta una campagna di lavoro su campo per testare l'effettiva utilità delle stesse linee guida per la raccolta dei dati da parte del personale delle Capitanerie di Porto, cioè da parte di chi era stato fino a quel momento estraneo al progetto. L'area di studio scelta a tal scopo comprende le linee di costa e le acque costiere del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, caratterizzate da una rilevante diversità morfologico-ambientale nonché dalla presenza di importanti attività antropiche in termini di pesca, di turismo, di traffico marittimo, ecc (figura 18).



Figura 18: Esempio di cartografia GIS relativa all'area cilentana di Capo Palinuro

Per tale campagna sono state stilate delle linee guida necessarie ad enti terzi coinvolti nel progetto per espletare, in modo univoco e corretto, parte della raccolta dei dati necessari alla compilazione delle matrici sopraesposte. Nel particolare, è stato individuato il Corpo delle Capitanerie di Porto – Guardia Costiera della Marina Militare Italiana come ente ottimale per l'espletazione della fase di raccolta dati su campo.

Le linee guida contengono nel dettaglio una descrizione introduttiva sia della problematica relativa ai possibili impatti dovuti alla presenza di idrocarburi nelle coste e nei mari, sia della metodologia elaborata per il calcolo degli indici di sensibilità ambientale, descrivendo la struttura e la composizione puntuale di ogni matrice.



Inoltre, per ottimizzare il lavoro di raccolta dati, includono anche un elenco di tutte le tipologie costiere riscontrabili nel Mar Mediterraneo; per ognuna di esse vi è una descrizione fisico-morfologica, una descrizione biologica e un'illustrazione delle possibili conseguenze dovute ad un'eventuale contaminazione da idrocarburi.

Tutta la prima parte delle linee guida, appena descritta, è finalizzata a fornire al personale della Guardia Costiera importanti nozioni per compiere il lavoro di raccolta dati in modo conforme a quanto previsto dalla metodologia sviluppata.

La seconda parte, altrettanto importante ai fini di una standardizzazione metodologica, fornisce invece informazioni dettagliate su come effettuare in pratica tale lavoro su campo.

A supporto del manuale, sono state elaborate delle schede per la raccolta dati, in modo da assicurare che per ogni tratto esaminato siano state raccolte tutte le informazioni richieste e rendere più lineare il successivo lavoro di elaborazione dei dati per il calcolo degli indici di sensibilità ambientale.

Chiude il quadro descrittivo delle linee guida un glossario, elaborato per spiegare in modo prevalentemente divulgativo il significato di alcuni termini o concetti menzionati nel manuale; il glossario può essere utile tra l'altro per chi vuole approfondire la problematica degli sversamenti di idrocarburi a mare ed il conseguente deterioramento ambientale.

Le coordinate geografiche di ogni punto notevole (*waypoint*) sono state quindi registrate per mezzo di rilevatori GPS modello "Garmin GPS Map 76", ritenuti validi per l'espletazione di tale mansione, in quanto strumenti dotati di un alto grado di accuratezza poiché supportano i sistemi satellitari (WAAS e EGNOS) dotati del segnale di correzione D-GPS (*Differential GPS*) che riduce notevolmente il margine d'errore nelle misurazioni (figura 19).

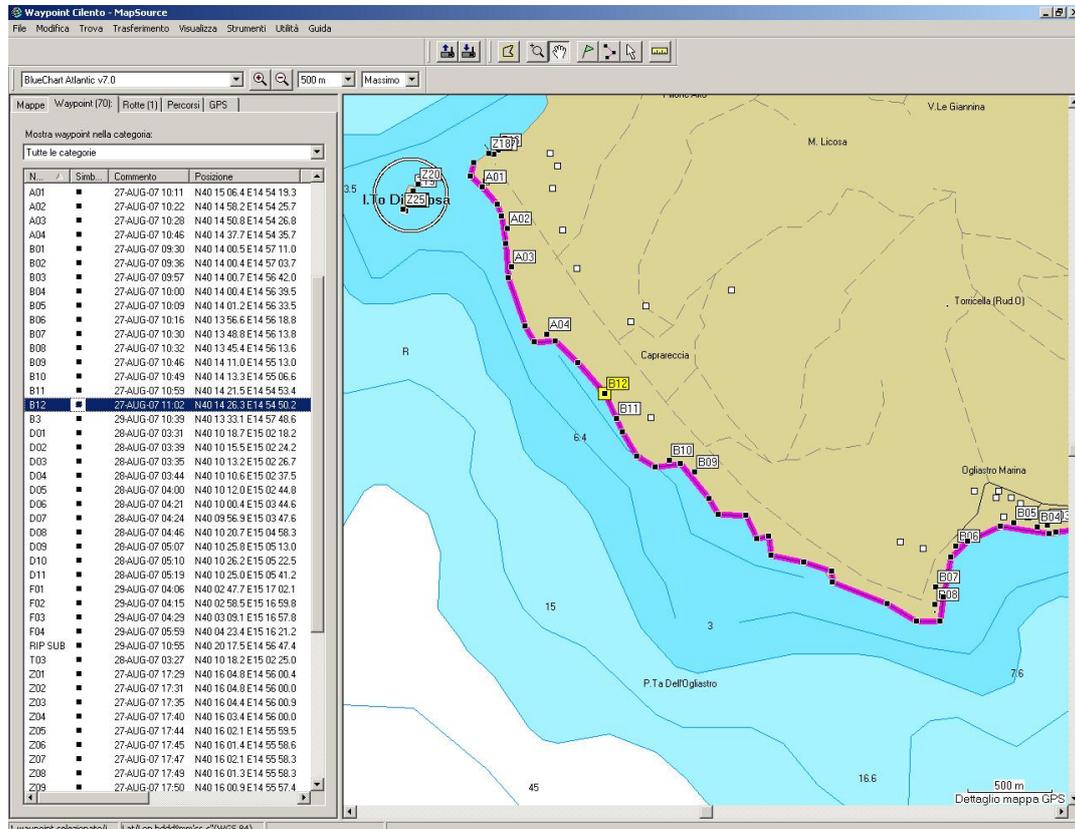


Figura 19: Utilizzo del software Map Source-Bluechart per l'interfaccia cartografica dei waypoint registrati tramite strumentazioni GPS.

Gli esiti ottenuti dall'analisi delle schede raccolte, hanno confermato la validità dei dati raccolti dal personale della Guardia Costiera, anche in termini di accuratezza nell'utilizzo dei rilevatori GPS per la registrazione delle coordinate geografiche dei punti notevoli considerati.

## 10. L'elaborazione delle Mappe di Sensibilità

Una volta elaborata la metodologia, grazie alla messa a punto delle matrici per il calcolo degli ESI, e dopo aver effettuato un lavoro di raccolta dati nell'area precedentemente stabilita come caso studio per l'anno 2006, è stato possibile creare la mappe di sensibilità ambientale per il Parco Archeologico Sommerso di Baia (Figura 18) e per una porzione del Golfo di Pozzuoli fino a Capo Miseno a nord.

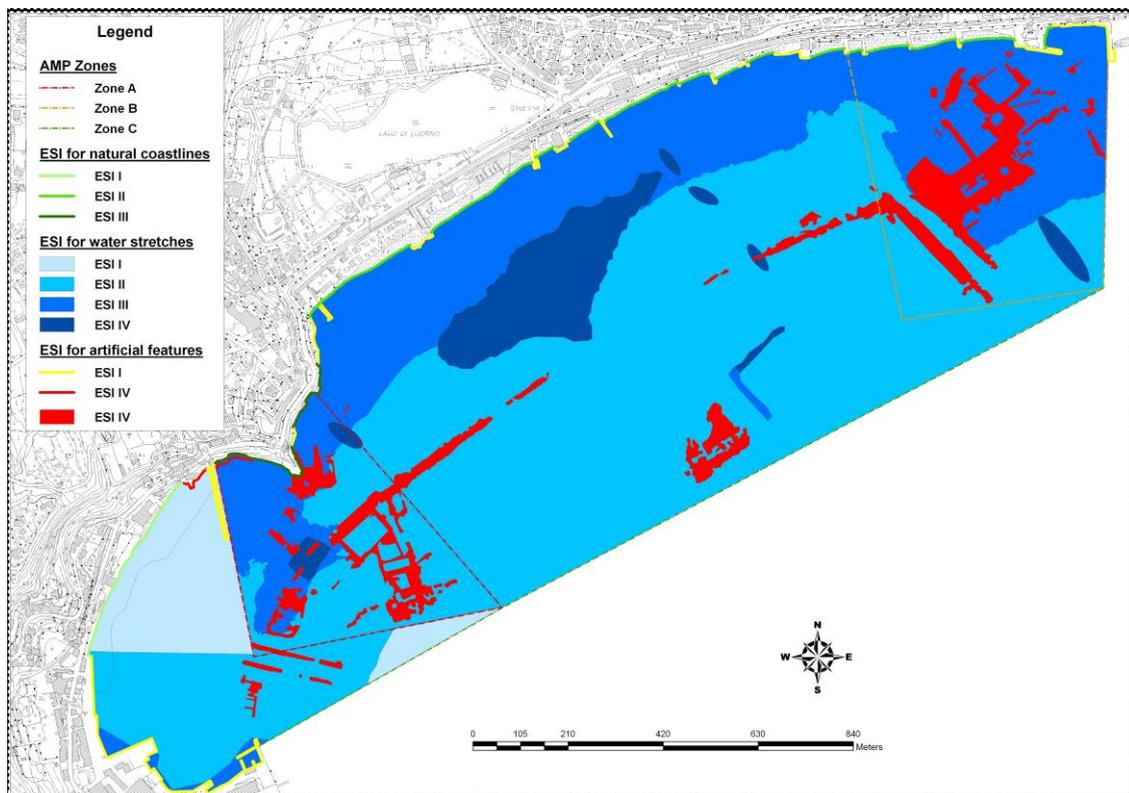


Figura 20 - Indici di sensibilità ambientale nel Parco Archeologico sommerso di Baia



Quest'ultima riassume infatti gli output ottenuti dall'analisi dei dati raccolti nell'area in esame e dallo studio delle matrici applicato a tali zone.

In particolare, gli ESI maggiori sono stati ottenuti, sia per le linee di costa che per gli specchi d'acqua, perlopiù all'interno della zona A (riserva integrale) e della zona B (riserva generale), dimostrando un'uniformità con i criteri utilizzati per definire i perimetri dell'Area Marina Protetta.

I risultati ottenuti hanno confermato la validità della metodologia, risultata idonea ad una situazione contraddistinta da un massimo di complessità, in quanto l'area esaminata gode della coesistenza di straordinari manufatti romani sommersi, specie marine protette e strutture turistiche costiere.

Il calcolo matriciale per l'ottenimento degli ESI risulta essere quindi versatile e facilmente applicabile ai contesti più o meno diversificati presenti lungo le coste italiane.

La successiva applicazione ad un area più vasta, nel corso della campagna 2007, come quella della parte settentrionale della penisola Cilentana, da Capo Palinuro fino ad Agropoli (figura 21), con il coinvolgimento sul campo delle locali unità della Guardia Costiera, ha dimostrato che la metodologia, pur nella sua discreta complessità di elaborazione, non risulta al contrario particolarmente difficoltosa nella sua parte applicativa iniziale, ovvero nella fase di raccolta dei dati bruti, necessari all'implementazione del GIS.

Il gruppo di ricerca ha collaborato con le squadre della Guardia Costiera nella georeferenziazione dei punti notevoli e nell'individuazione delle tipologie costiere su larga scala, coprendo l'intera area d'esame in pochi giorni. Inoltre in tale fase è stato approntato un documentario audiovisivo, destinato a corredare le linee guida elaborate precedentemente, al fine di rendere applicabile la metodologia sul campo anche da personale non esperto di architettura GIS.

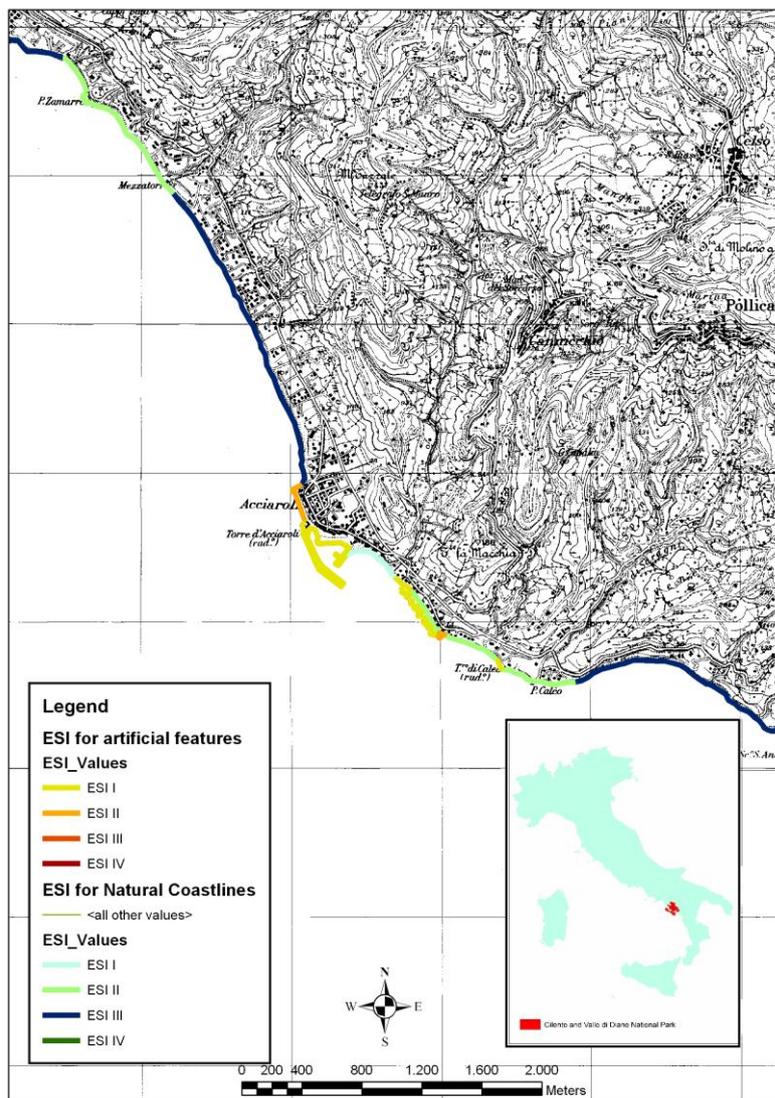


Figura 21: esempio di mappatura degli indici di sensibilità ambientale costiera relativa al Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano

La campagna di lavoro effettuata nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, non è stata finalizzata solamente alla convalidazione delle linee guida, ma ha comportato l'ottenimento di dati utili per l'elaborazione di nuove mappe di sensibilità ambientali relative alle aree marino-costiere del Parco.

A causa della maggiore estensione territoriale presa in esame, tutti i dati raccolti sono stati implementati con ulteriori informazioni di



carattere tecnico-scientifico di origine bibliografica, per l'elaborazione globale dei dati, la compilazione delle matrici per il calcolo degli indici di sensibilità ambientale, e la conseguente creazione di un database GIS di cui le mappe di sensibilità ambientale rappresentano solo uno dei prodotti finali.

Anche in questo caso il supporto del software cartografico *Map Source – Bluechart*, ed ha permesso di riportare cartograficamente tutti i waypoint registrati, ognuno con le rispettive informazioni correlate.

Tutti i dati ottenuti su *Map Source* sono stati riportati in GIS utilizzando il software *Arc Gis 9.1* e sono stati abbinati con le informazioni registrate nelle schede cartacee compilate dagli operatori nel Cilento, considerando inoltre ulteriori dati di carattere scientifico raccolti dal personale del Dipartimento di Fisica Tecnica, inerenti la qualità degli ambienti marini cilentani e la biodiversità presente.

La totalità delle informazioni sopraelencata ha permesso di elaborare un database GIS sulle coste cilentane, fornito di mappe, tabelle e documentazioni fotografiche e video. Tale prodotto, oltre ad essere uno strumento prezioso per la realizzazione concreta di una *Integrated Coastal Zone Management* nelle coste protette italiane, ha costituito le fondamenta per l'elaborazione finale delle mappe di sensibilità ambientale agli idrocarburi, che hanno implementato il database stesso.



## 11. Conclusioni

---

Gli indici di sensibilità ambientale, ottenuti dallo studio dei diversi scenari presenti nelle aree esaminate, sono stati utilizzati per creare delle mappe di sensibilità ambientale in cui le linee e i colori permettono di identificare le aree che presentano peculiari caratteristiche di vulnerabilità ad un evento accidentale. L'obiettivo a lungo termine è quello di poter applicare la metodologia a tutto il panorama costiero nazionale, considerando le aree marine protette come le aree di riferimento con le migliori caratteristiche ambientali, ovvero quelli che in terminologia biologica vengono chiamati "bianchi" dell'esperimento, così da poter localizzare in modo univoco le priorità ambientali paesistiche e culturali da tutelare.

La metodologia fornisce infatti un chiaro sistema per la localizzazione di tali priorità, al fine di operare per una particolare protezione di quelle aree che risulteranno più vulnerabili ad eventuali sversamenti di idrocarburi.

Il rischio ambientale legato alla filiere produttiva dell'energia in Italia è, con riferimento al traffico petrolifero via mare indubbiamente elevatissimo. Casi come l'esplosione della Superpetroliera "Haven" (figura 19) nel Golfo di Genova nel 1991 che ha causato lo sversamento di circa 150.000 tonnellate di petrolio in mare, anche in presenza di una nave a doppio scafo e di grande evoluzione

tecnologica, dimostra che tale sistema di trasporto non può essere in nessun caso a rischio zero<sup>28</sup>.



*Figura 22 – il relitto della Amoco Milford Haven*

<sup>28</sup> Amoco Milford Haven ribattezzata **Haven** nel 1985 era il nome di una petroliera cipriota da 250.000 tonnellate varata nel 1973. L'11 aprile 1991 mentre si trovava alla rada nel Golfo di Genova, di rientro dal Golfo Persico, alle 12:30, durante il travaso del carico da prua a centro nave, forse per il malfunzionamento di una pompa, si verificò un'esplosione che fece saltare cento metri di coperta nella parte prodiera, in un braccio di mare di 94 metri davanti a Voltri. (Pos. 44°22' 09.23"N, 008°45'01.71"E) Nell'incidente morirono quattro membri dell'equipaggio e il comandante. Durante la notte la nave in fiamme si spostò al largo di Savona, il giorno successivo fu trainata tra Cogoleto e Arenzano su un fondale di 80 metri; durante l'inizio dell'operazione si staccò la parte di prora interessata dalla esplosione lunga 95 metri che si adagiò a 470 metri di profondità. (Pos. 44°16' 22.42"N, 008°41'18.83"E) Il mattino del 13 aprile altre esplosioni scossero il relitto, esplosioni dovute probabilmente al surriscaldamento delle cisterne non ancora interessate all'incendio. Una debole brezza da settentrione limitò lo spiaggiamento del greggio nei primi giorni del disastro, e impedì al fumo di raggiungere i centri abitati sulla costa. Alle 9:30 del 14 aprile la petroliera concluse la sua agonia con un'ennesima esplosione ad un miglio e mezzo dal porto di Arenzano, tra Arenzano e Cogoleto, su un fondale di 74 metri. (Pos. 44°22'25.75"N, 008°41'59.58"E) Nei giorni seguenti l'incidente nonostante l'intervento di una eterogenea flotta di mezzi navali in missione antiinquinamento, (dai caccia della marina ai mezzi del porto di Genova), un debole scirocco travolgeva le barriere che i numerosi volontari avevano sistemato lungo i litorali più esposti, causando importanti spiaggiamenti di greggio da Arenzano a Albissola Marina. Fu il più grave disastro ecologico nel mar Mediterraneo. Bruciarono circa 90.000 tonnellate di petrolio greggio delle 144.000 presenti al momento dell'incidente oltre alle circa 1.000 tonnellate di carburante. Una parte del carico, stimata in una quantità compresa tra 10000 e 50000 tonnellate, inquina tuttora gli alti fondali tra Genova e Savona. Il relitto giace oggi a 74 metri di profondità, la coperta è a quota 42 metri e si alza fino ad una profondità di 27 metri, livello a cui è stato tagliato il fumaio che rappresentava un pericolo per la navigazione.



Non potendo per ora considerare l'ipotesi di una drastica riduzione dell'importazione di combustibili fossili, l'unico approccio sostenibile alla gestione di tale filiera produttiva dell'energia per un paese come il nostro, così fortemente esposto i virtù degli oltre 8600 chilometri di coste che ne caratterizzano il territorio, sembrerebbe quello di una pianificazione costiera legata alla gestione di tale rischio con finalità preventive, come le mappe di sensibilità ambientale sembrano essere in grado di fare.

La realizzazione infatti di piani di gestione del rischio basati su tali mappe sono la sola risposta allo stato attuale che ci si possa dare, se si intende dare seguito ai principi della gestione integrata, nell'ambito della pianificazione sostenibile della produzione energetica e della valutazione complessiva del rischio ad essa connesso.



## Bibliografia web

---

- [www.areamarinaprotettabaia.it](http://www.areamarinaprotettabaia.it)  
sito ufficiale del Museo archeologico sommerso di Baia nel Golfo di Pozzuoli.
- [www.asgdc.state.ak.us/maps/cplans/pws/esi/esi.html](http://www.asgdc.state.ak.us/maps/cplans/pws/esi/esi.html)  
sito del *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA) dedicato alle mappe sensibilità ambientale.
- [www.cbd.int](http://www.cbd.int)  
sito ufficiale della Convenzione per la Diversità Biologica, una delle tre convenzioni globali per la difesa dell'ambiente uscite dalla conferenza di Rio de Janeiro nel 1992.
- [www.enea.it](http://www.enea.it)  
sito ufficiale dell'Ente Nazionale Energie Alternative (Roma Casaccia)
- [www.iucn.org](http://www.iucn.org)  
sito ufficiale della International Union for the Conservation of the Nature (Gland, Svizzera)
- [www.imo.org](http://www.imo.org)  
sito ufficiale della Organizzazione Internazionale Marittima sita a Londra (UK)
- [www.hm-treasury.gov.uk/](http://www.hm-treasury.gov.uk/)  
sito ufficiale del ministero del Tesoro Britannico dedicato al rapporto Stern sugli effetti economici del cambiamento climatico globale.
- [www.unesco.org](http://www.unesco.org)  
sito ufficiale dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura sita a Parigi (Francia)
- [www.unepmap.gr](http://www.unepmap.gr)  
sito ufficiale del programma ambientale per il Mediterraneo del programma ambientale delle Nazioni Unite
- [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)  
sito ufficiale del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare



## Bibliografia

---

- AA. VV. "Mediterraneo. Ambienti, paesaggi, diversità". Téchne Editore. Pubblicazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.
- AA. VV. "Parchi d'Italia. Il sistema delle aree protette". Carsa Edizioni. Pubblicazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.
- AA. VV. "Sensitivity of Coastal Environments and Wildlife to Spilled Oil. Hawaii Atlas vol. I, II". NOAA, National Ocean Service, Office of Response and Restoration.
- AA.VV. Il clima dell'energia, Limes, rivista italiana di geopolitica n. 6- 2007
- Alongi G., Cormaci M., Furnari G. Giaccone G. "Prima segnalazione di *Caulerpa racemosa* (Chlorophyceae, Caulerpales) per le coste italiane". Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., Catania, 26 (342): 49-53.
- Bilardo, U., Moreddu G. *Traffico petrolifero e sostenibilità ambientale*, Roma 2004
- Carrada G., Russo G. "Analisi fenologica e della dinamica espansiva di alcuni prati di *Caulerpa racemosa*. AMP Punta Campanella. Relazione preliminare". CoNISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare.
- Cinelli F. "Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* e di altre fanerogame marine lungo le coste della Calabria, della Campania e delle piccole isole circostanti", 2003.
- Cinquepalmi F. e Altri: Sviluppo di un progetto pilota in ambito protetto ai fini della mappatura delle sensibilità costiere - Pilot project for the mapping of the environmental sensitivity to oil spills of the Italian Coastlines, stadio di avanzamento di progetto. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ottobre 2006
- Cinquepalmi F. : Oil traffic: scenarios of environmental danger, in "Biodiversità Italiana", Luglio 2006



- Cinquepalmi, F.: Traffico petrolifero nel Mediterraneo: il quadro normativo e le politiche ambientali. Atti della giornata di studi: "Biodiversità marina e strategie di riduzione del rischio connesso al trasporto di Idrocarburi", Roma "La Sapienza", ottobre 2005;
- Cinquepalmi F., Il territorio di Castellabate nel Cilento: elementi paesaggistici, storico-culturali e sociali, finalizzati ad un programma di gestione integrata della zona costiera, in "Programma di Salvaguardia e valorizzazione della fascia costiera del Comune di Castellabate (SA)", Castellabate, Salerno, 2005
- Cinquepalmi F. (a cura di), Progetto italiano mappe della sensibilità ambientale (documentario), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Generale Protezione della Natura, Dipartimento di Fisica Tecnica della "Sapienza" Università di Roma, Roma - Settembre 2007;
- Cinquepalmi F. "Traffico petrolifero nel Mediterraneo: il quadro normativo e le politiche ambientali" in Biodiversità marina e strategie di riduzione del rischio connesso al trasporto di Idrocarburi", atti della giornata di studio, Roma, ottobre 2005.
- Cinquepalmi F., Schiuma D., Tagliapietra D. Benedetti C. e Zitelli A. "Prevention of hydrocarbons sea pollution: Sensitivity Index Maps for the Venice Lagoon as integral component of oil-spill contingency planning and response". Environmental Coastal Regions. WIT Transaction of Ecology and the Environmental volume 25. WIT Press, 1998.
- CNR/IUAV: "Venice Lagoon System Project. Final CD-rom of the research project". Venice, CIRCE, DAEST, STRATEMA, 1999.
- Cognetti G., Cognetti G. "Inquinamenti e protezione del mare". Calderini editore, 1992.
- Cognetti G., Sarà M. Magazzù G. "Biologia Marina". Calderini Editore.
- De Angelis, P., Maturani, A., Cinquepalmi, F., Ciavattini, A., Bucciero, A., Marniga, B. : La Pianificazione sostenibile del Territorio, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, agosto 2005;
- Della Croce N., Cattaneo Vietti R., Danovaro R. "Ecologia e protezione dell'ambiente marino costiero". Utet Libreria, 2001.



- De Santoli L. Cinquepalmi F., Monaco A. "Guidelines for the choosing of river interventions considering environmental, archaeological and landscaping constraints". River Basin Management 2007. Fourth international conference on river basin management. Wessex Institute of Technology
- Funk G. "Die Algenvegetation des Golfs von Neapel". Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 7 (suppl.): 1-503. 1927.
- Gambi M. C., De Lauro M., Jannuzzi F. "Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree". Liguori Editore. Società nazionale di scienze, lettere e arti in Napoli.
- Gugliermetti F., Cinquepalmi F., Astiaso Garcia D. "The use of environmental sensitivity indices (ESI) maps for the evaluation of oil spill risk in Mediterranean coastlines and coastal waters". Sustainable Development 2007. Third international conference on Sustainable development and planning. Wessex Institute of Technology
- ICRAM. "Qualità degli ambienti marini costieri italiani. 1996-1999. Valutazione preliminare del monitoraggio realizzato in convenzione con le regioni costiere". Ministero dell'Ambiente – Servizio Difesa Mare.
- Manna C. (a cura di), Rapporto Energia e Ambiente 2006 – Analisi e scenari, ENEA, aprile 2007
- Mellea S. e Pucci A. "Sicurezza Marittima. Un impegno comune". Fondazione Marittima Ammiraglio Michelagnoli, 2005.
- Minelli S., Ruffo S., La Posta S. "Check list delle specie della fauna italiana". Calderini, Bologna, 1993.
- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) web site: <http://response.restoration.noaa.gov/>.
- OILPOL. "International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil". IMO Convention, 1954.
- Parenzan P. "Biocenologia dei fondi marini a zosteracee". Boll. Zool. Ital., Torino, 12: 621-637, 1956.
- Relini G. "Relazione tecnico-scientifica della convenzione – Completamento delle conoscenze naturalistiche di base". In consegna al Ministero dell'Ambiente (non pubblicato), 2002.
- Relini G. "Nuovi strumenti per la conservazione della biodiversità marina in Mediterraneo". International Workshop "Towards the



co-ordination of scientific research in marine protected areas – Afrodite WS”, Rome 1-4 July 2002.

- Russo G. “Realizzazione del Sistema Informativo Geografico (GIS). Parco Sommerso di Baia”. CoNISMa (consorzio nazionale interuniversitario per le scienze del mare) e SBAnace (soprintendenza per i beni archeologici di Napoli e Caserta).
- Russo G. e Carrada G. “Caratterizzazione bio-ecologica e bionomica. Parco Sommerso di Baia”. CoNISMa (consorzio nazionale interuniversitario per le scienze del mare) e SBAnace (soprintendenza per i beni archeologici di Napoli e Caserta).
- Schiano di Pepe, L. *Inquinamento marino da navi e poteri dello stato costiero, diritto internazionale e disciplina comunitaria*, Torino, 2007
- Stern, Sir Nicholas, *Stern Review on the Economics of Climate Change*, UK Government, Cambridge 2006
- UNEP (United Nations Environment Programme). “Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by petroleum hydrocarbons”. Atene, 130 pp., 1988.
- US Energy Information Administration (<http://www.eia.doe.gov>): *World Oil Transit Chokepoints*, Last Updated: November 2005
- Oil Spill Case Histories 1967-1991, NOAA/Hazardous Materials and Response Division, Seattle WA, 1992

In fede

Federico Cinquepalmi

Roma, 13 dicembre 2007