

# Analisi emergetica della Riserva Marina di Punta Campanella: una valutazione ecologica-economica del comparto pesca

°G. F. Russo, M. Ascione, \*P. P. Franzese

° *Istituto di Meteorologia ed Oceanografia, Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

\* *Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata*

## Riassunto

In questo articolo vengono presentati i primi risultati di una valutazione ecologica-economica della Riserva Marina di Punta Campanella (Campania), con particolare riferimento al comparto della pesca. La metodologia scelta per il caso di studio è quella dell'analisi emergetica, un approccio ecologico-termodinamico finalizzato al calcolo di indicatori in grado di descrivere le caratteristiche di rendimento, impatto e sostenibilità ambientale del sistema investigato.

I risultati ottenuti mostrano un buono stato di conservazione del comparto ittico. In particolare, la pesca professionale esercita nella Riserva marina uno *stress* ambientale moderato, mentre gli indicatori emergetici evidenziano l'impatto negativo della pesca sportiva. Inoltre, è stata ipotizzata una caratterizzazione energetica del comparto pesca in presenza di pescaturismo. Quest'ultima rappresenta un'attività di sicuro interesse per il futuro sviluppo socio-economico della Riserva marina, in quanto capace di assicurare un discreto guadagno economico alle popolazioni locali, unitamente ad un basso impatto ambientale.

## Introduzione

Il sostentamento e lo sviluppo delle attività antropiche è vincolato al prelievo di risorse e materie prime dall'ambiente naturale. Le società industrializzate hanno adottato un modello di sviluppo fondato sulla massimizzazione del profitto economico, sfruttando le risorse naturali oltre il loro tasso naturale di rigenerazione ed immettendo rifiuti nell'ambiente in misura superiore alla capacità portante degli ecosistemi (Daly, 1981). Le conseguenze di questo modello di sviluppo hanno determinato inevitabilmente un degrado generalizzato del pianeta, il quale, seppur dotato di un carattere omeostatico e resiliente, potrebbe evolvere verso nuovi stati di equilibrio non necessariamente compatibili con la presenza dell'uomo sulla Terra (Franzese et al., 2003a).

Il concetto di sviluppo sostenibile nasce quindi dall'esigenza di conciliare due necessità apparentemente in conflitto tra loro: 1) lo sviluppo delle attività antropiche, in costante incremento dal periodo della rivoluzione industriale; 2) la conser-

vazione dell'ambiente naturale e la gestione sostenibile delle sue risorse.

La risoluzione di tale "conflitto di interessi" richiede l'adozione di nuovi modelli di sviluppo tecnologico ed economico, maggiormente compatibili con una gestione sostenibile delle risorse naturali (Odum e Odum, 2001). Inoltre, per poter studiare la sostenibilità dello sviluppo da una prospettiva scientifica è necessario poter analizzare e gestire due categorie di sistemi diversi, ma interagenti fra loro: il sistema economico-produttivo ed i sistemi ecologici (Franzese et al., 2003b). Il sistema economico-produttivo è descritto dagli economisti attraverso l'analisi dei flussi monetari, utilizzando come criterio di stima il "valore economico". I sistemi ecologici, dominio degli ecologi, sono invece studiati sulla base dei flussi di materia ed energia nell'ecosistema.

Il tentativo di realizzare valutazioni integrate "ecologico-economiche" presenta numerosi problemi, in quanto le due categorie di sistemi risultano caratterizzate da parametri e linguaggi diversi, che non consentono una semplice integra-

zione delle variabili e, quindi, il bilancio globale del sistema ambiente nel suo complesso (Barone, 2003).

L'utilizzo del "valore energetico" quale criterio di stima, sebbene consenta una valutazione del capitale naturale, presenta ancora delle difficoltà legate alla comparazione ed al bilancio delle risorse utilizzate. Inoltre, esso fornisce informazioni solo sul valore energetico del bene o del servizio in questione, ma non esprime la quantità di energia sfruttata a monte per produrre questi ultimi. Tanto premesso, appare evidente la necessità di una metodologia di analisi ambientale che sia in grado di realizzare una stima integrata del capitale economico e di quello naturale; una metodologia fondata su di una grandezza versatile, che si presti alla descrizione di entrambi i sistemi, capace di definire la reale entità della ricchezza che stiamo producendo o consumando, in riferimento ad una quantità limitata di risorse disponibili.

Queste riflessioni hanno condotto alla nascita di nuove teorie scientifiche; la *System Ecology* di Odum (2000) e l'*Ecological Economics* di Costanza (2002) rappresentano due delle più promettenti discipline alla base del nuovo paradigma dello sviluppo sostenibile.

In tale scenario, l'analisi emergetica di Odum (1996) si configura come una metodologia di analisi ambientale in grado di integrare variabili ecologiche ed economiche, promuovendo una visione sistemica dell'ambiente unitamente ad una prospettiva olistica delle interazioni tra uomo e natura.

### La Riserva Marina di Punta Campanella

#### Localizzazione geografica e zonizzazione

Il 12 dicembre 1997 il Ministero dell'Ambiente ha decretato l'istituzione della Riserva marina di Punta Campanella, ai sensi della legge quadro sulle aree protette (L. 394/91). La Riserva marina, estesa per 1539 ettari (ha), è situata tra i golfi di Napoli e Salerno ed è gestita da un consorzio di sei Comuni (Massa Lubrense, Piano di Sorrento, Positano, S. Agnello, Sorrento e Vico Equense).

Il valore naturalistico, paesaggistico e storico di quest'area ha determinato la necessità di sottoporla a tutela, nel rispetto delle attività economiche tradizionali.

I fini istituzionali della Riserva sono:

- la tutela e la valorizzazione delle risorse biologiche e geomorfologiche della zona;
- la diffusione e la divulgazione della conoscenza dell'ecologia e della biologia degli ambienti marini e costieri, nonché delle peculiari caratteristiche ambientali e geomorfologiche della zona;
- la realizzazione di programmi a carattere educativo per il miglioramento della cultura generale nel campo dell'ecologia e della biologia marina;
- la realizzazione di programmi di studio e ricerca scientifica nei settori dell'ecologia, della biologia marina e del-

la tutela ambientale, al fine di assicurare la conoscenza dell'area;

- la promozione di uno sviluppo socio-economico compatibile con la rilevanza naturalistico-paesaggistica dell'area, anche privilegiando le attività locali di tipo tradizionale.

A questi fini istituzionali va inoltre aggiunta la necessità di risolvere alcuni problemi ad elevato impatto ambientale, come ad esempio la raccolta illegale del dattero di mare, la pesca con l'utilizzo di esplosivo, la pesca illegale con attrezzi non selettivi a bassa profondità (strascico e ciancio), il diporto nautico sotto costa ad alta velocità.

Al fine di perseguire gli scopi prefissati, la Riserva marina è stata zonizzata in tre aree con differente regime di protezione, le quali hanno permesso la definizione dei vincoli e delle attività consentite:

- **zona "A"**, di riserva integrale (181 ha, 12 % della superficie totale);
- **zona "B"**, di riserva generale (674 ha, 44 % della superficie totale);
- **zona "C"**, di riserva parziale (684 ha, 44 % della superficie totale). (Vedi Figura 1)

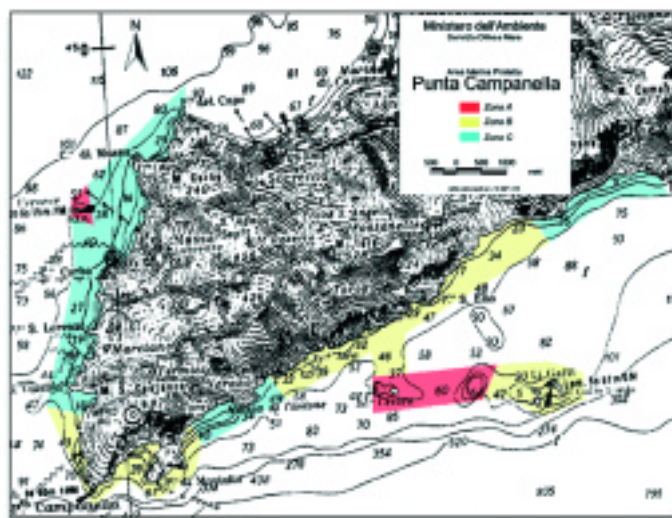


Fig. 1 - Riserva marina di Punta Campanella: localizzazione geografica e zonizzazione.

Due obiettivi primari sono, inoltre, di importanza fondamentale affinché la Riserva Marina possa davvero assumere il ruolo primario che le compete nella programmazione di tutte le attività di gestione del territorio della Penisola Sorrentino-Amalfitana:

- l'ampliamento della Riserva ad aree marine limitrofe già incluse in progetti di tutela, come ad esempio l'area di tutela biologica del Banco di Santa Croce (Vico Equense);
- la necessaria connessione della Riserva marina a forme di tutela anche per la parte terrestre.

I bacini imbriferi determinano, infatti, una strettissima connessione tra la piattaforma continentale e la costa adiacente,

che pertanto devono essere considerate come un *unicum* ecologico. E' assolutamente necessario, quindi, che ad un'azione di tutela del comparto marino ne corrisponda un'altra sul comparto terrestre. In questa ottica, l'area naturale protetta dei Monti Lattari (prevista nella L.R. 33/1993) potrebbe consentire un'analisi integrata dei problemi di gestione e tutela del territorio (Russo, 2000).

#### **Assetto idrologico e geomorfologico**

Nel Golfo di Napoli possono essere individuati due sistemi idrologici principali:

- 1) quello delle acque costiere superficiali (confinato ed inquinato);
- 2) quello delle acque del largo (soggetto ad un notevole ricambio).

Il confine tra questi due sistemi è variabile e dipende sostanzialmente dall'andamento climatico; tuttavia il corpo d'acqua costiero superficiale raramente si estende oltre le prime 5 – 6 miglia a partire dalla costa più interna (baie di Napoli e di Castellammare) e raggiunge al massimo una profondità di 100 m. La parte centrale del Golfo è invece interessata soprattutto dall'acqua del largo, che tuttavia lambisce anche le zone costiere più esterne, come la Penisola Sorrentina e l'isola di Capri, a Sud, e le isole di Ischia e Procida, a Nord (Carrada *et al.*, 1980; Russo, 1995).

La geomorfologia costiera della Penisola Sorrentino-Amalfitana è molto peculiare e diversa rispetto a quella della restante parte vulcanica del Golfo. Essa è caratterizzata da coste alte e scoscese (falesie) di natura calcarea, che si prolungano in mare fino ad oltre 50 m di profondità, ove inizia una grande piana fangosa, il "Napoli slope" (Rittmann, 1964).

La geologia dell'area presenta un tipico margine ad "horst e graben" le cui rocce carbonatiche presentano diffusi fenomeni di carsismo, testimoniati anche dalla presenza di numerose grotte marine, generate in ambiente terrestre e successivamente sprofondate al di sotto del livello del mare a causa di movimenti tettonici di basculamento.

La natura vulcanica della vicina Piana Campana ha arricchito di sedimenti piroclastici il territorio della Penisola Sorrentina, influenzando il processo sedimentario e quello del deflusso superficiale delle acque (*runoff*) di parte della Riserva marina.

#### **Clima ed Associazioni biologiche**

Il clima è mite e la temperatura media annua è di circa 20 °C, mentre il livello di piovosità si aggira intorno ai 950 mm anno<sup>-1</sup>.

La terra emersa contigua alla Riserva marina è caratterizzata da una vegetazione che presenta i tratti tipici della macchia mediterranea.

La ricchezza specifica degli organismi bentonici (animali e vegetali) presenti è notevole. La tipologia dei popolamenti bentonici presenti lungo la Penisola Sorrentino-Amalfitana è

in stretta connessione con il quadro geomorfologico ed idrologico descritto.

L'inclinazione della costa influenza notevolmente l'organizzazione dell'ambiente bentonico costiero poiché:

- limita, nell'ambiente litorale, la presenza dei substrati incoerenti (sabbie e fanghi), determinando la presenza quasi esclusiva di substrati coerenti (rocce) fino ad oltre -50 m di profondità;
- limita, a parità d'intervallo batimetrico, la superficie a disposizione per l'impianto dei popolamenti bentonici;
- determina la riduzione dei popolamenti fotofili (tipici di ambienti bene illuminati e caratterizzati dalla dominanza di organismi sessili di tipo vegetale) ad una fascia batimetrica particolarmente superficiale; al contrario determina un aumento della distribuzione batimetrica dei popolamenti sciafili (tipici di ambienti scarsamente illuminati e caratterizzati dalla dominanza di organismi sessili di tipo animale), che risalgono dagli ambienti profondi, dove normalmente si ritrovano, fino a pochissimi metri di profondità.

La particolare composizione mineralogica del substrato solido (calcarea), influisce sul dominio bentonico in quanto determina la presenza di specie di particolare interesse biologico e paesaggistico, che in genere si rinvencono più raramente su altri tipi di rocce (ad es. molti Antozoi, come la madrepora *Astroides calicularis*, e Bivalvi, come il dattero di mare *Lithophaga lithophaga*).

Infine, la presenza prevalente di un corpo d'acqua proveniente dal largo, ricco di nutrienti e soggetto ad un ricambio costante, determina un particolare rigoglio (elevata biomassa) delle associazioni bentoniche della Penisola, con organismi sessili di substrato roccioso che formano coperture biologiche pluristratificate, senza che si manifestino fenomeni di distrofia del sistema.

In conclusione, a seconda dell'organizzazione delle comunità animali e vegetali, le tipologie più caratteristiche delle associazioni biologiche presenti sui fondi sottomarini costieri della Penisola Sorrentina possono essere riassunte in:

- associazioni di substrato solido (di falesia calcarea, di grotta);
- associazioni di substrato mobile (di sabbioni biodetritici, di prati di *Posidonia oceanica*).

#### **Analisi emergente della Riserva Marina di Punta Campanella**

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati di una valutazione ecologica-economica della Riserva marina di Punta Campanella. La comprensione degli equilibri ecologici che caratterizzano il sistema, il peso di ciascuna componente nella dinamica complessiva e, più in generale, delle interazioni tra attività antropiche e dinamiche naturali, sono

state esaminate al fine di valutare la sostenibilità ambientale del sistema in esame.

La realizzazione di questo studio ha richiesto in primo luogo il calcolo delle forzanti energetiche esterne, di tipo naturale, che guidano l'evoluzione del sistema. Il passo successivo è consistito nella determinazione quantitativa delle forzanti economiche, cioè di tutti gli interventi di natura antropica stimabili in termini di spese ed investimenti, i quali determinano la dinamica economica del sistema produttivo locale.

In una prospettiva olistica e sistemica va considerato il fatto che la produttività del sistema economico e quella del sistema ecologico non possono essere considerate come due fattori mutualmente esclusivi, in quanto la prima è basata sul prelievo di risorse naturali dall'ecosistema. Da tale considerazione scaturisce l'esigenza di realizzare valutazioni ambientali che siano in grado di contemplare entrambe le variabili (economiche ed ecologiche) in uno studio integrato (Zucaro *et al.*, 2004; Franzese *et al.*, 2004).

Gli interventi di natura antropica sono da ricondursi prevalentemente all'attività di pesca (professionale e sportiva), la quale modifica il sistema attraverso la rimozione delle quantità di pescato, ovvero di energia precedentemente acquisita all'interno del sistema attraverso processi naturali. A tale rimozione corrisponde un ritorno in denaro, il quale andrà a rinforzare nuovamente i flussi economici, consentendo il rinnovo dell'azione antropica all'interno del sistema.

Oltre alle forzanti energetiche esterne sono stati calcolati i valori dei principali depositi di accumulo (*storage*) del sistema, ovvero delle quantità di materia ed energia immagazzinate nei diversi comparti (nutrienti, materia organica, ecc.). Lo schema in Figura 2 mostra il diagramma di flusso energetico realizzato per la Riserva marina di Punta Campanella attraverso il linguaggio energetico - simbolico di Odum (1996).

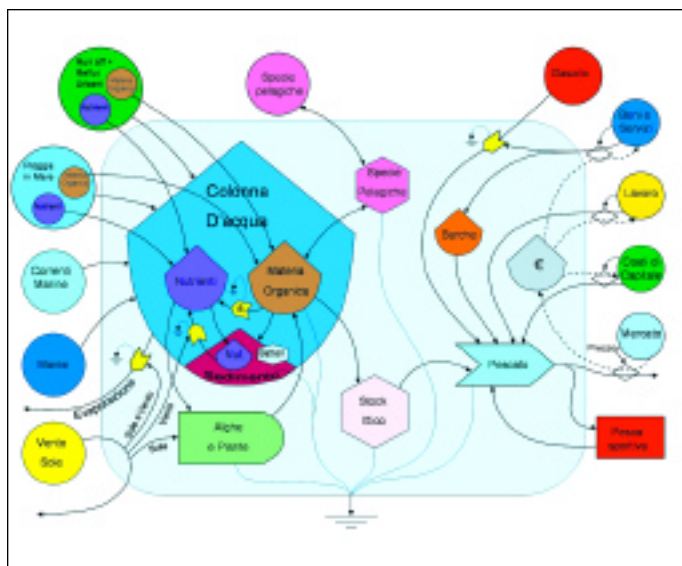


Fig. 2 - Flussi di energia nella Riserva marina di Punta Campanella

**Forzanti naturali**

Le forzanti naturali che insistono sulla Riserva marina sono rappresentate dai flussi di: radiazione solare, precipitazioni, vento, maree, correnti marine e reflui urbani <sup>1</sup>.

In Tabella 1 vengono riportati i flussi di emergia per ogni flusso energetico considerato, calcolati come il prodotto tra i flussi di energia nelle rispettive unità di misura per i corrispondenti valori di *transformity* <sup>2</sup>.

La radiazione solare è responsabile per il contributo di energia luminosa che attraverso il processo della fotosintesi alimenta l'intera catena trofica del sistema. Inoltre, riscaldando la superficie del mare, è responsabile, congiuntamente all'azione del vento, per il processo di evaporazione marina.

Il vento esercita uno *stress* sulla superficie del mare provocando correnti di risalita (*upwelling*) su di una scala più ampia di quella della Riserva marina <sup>3</sup>.

Tabella 1 - Flussi d'Energia nella Riserva Marina di Punta Campanella

Note	Flusso	Unità di misura (unità/anno)	Transformity (se/Unità)	Energia (E=10 se/Unità)
<b>INPUT NATURALI ALLA RISERVA</b>				
1	Sole	J	0,22E+16	1
2	Pioggia	J	8,78E+13	3,05E+04
2.1	Potenziale Chimico	J	3,81E+11	1,48E+04
2.2	Energia Cinetica	J	5,10E+11	3,18E+04
2.3	Materia Organica	J	3,87E+08	7,02E+09
2.4	Azoto Inorganico	g	6,76E+05	2,35E+10
2.5	Fosforo Inorganico	g	6,38E+12	3,96E+04
3	Maree	J	1,21E+14	2,51E+03
4	Vento	J	9,48E+09	3,96E+04
5	Correnti marine	J	2,40E+09	3,18E+04
5.1	Geopotenziale	J	2,89E+05	7,02E+09
5.2	Materia Organica	J	1,85E+05	2,35E+10
5.3	Azoto Inorganico	J	4,97E+13	8,13E+04
5.4	Fosforo Inorganico	J	1,10E+13	3,18E+04
6	Runoff	J	1,85E+07	7,02E+09
6.1	Potenziale Chimico	J	1,26E+08	2,38E+10
6.2	Materia Organica	J	3,32E+12	3,18E+04
6.3	Azoto Inorganico	g	1,89E+08	2,51E+09
6.4	Fosforo Inorganico	g	2,38E+08	2,35E+10
7	Raffreddamento urbano	J	9,11E+12	8,13E+04
7.1	Potenziale Chimico	J	3,32E+12	3,18E+04
7.2	Materia Organica	J	1,89E+08	2,51E+09
7.3	Azoto Inorganico	g	2,38E+08	2,35E+10
7.4	Fosforo Inorganico	g		
Somma delle voci 1-7 (esclusi Sole e Vento)				1474,89
<b>ULTERIORI INPUT DI TIPO ECONOMICO PER L'ATTIVITA' DI PESCA</b>				
8	Barche	€	1,72E+05	3,04E+12
9	Materiali barche	J	1,06E+12	8,88E+04
9.1	Legno	g	2,87E+07	3,02E+09
9.2	Acciaio	g	1,08E+06	5,03E+09
9.3	Vetroresina	g	8,53E+08	8,38E+09
9.4	Plastica e Gomma	g	9,47E+05	2,51E+09
9.5	Vernici	J	1,03E+12	1,11E+05
10	Gasolio	€	1,58E+04	3,04E+12
11	Beni e Servizi	€	1,83E+05	3,04E+12
12	Lavoro	€	2,28E+04	3,04E+12
13	Tasse	€	6,23E+03	3,04E+12
14	Costi di capitale	€		
Somma delle voci 8-14				182,52
<b>PRODOTTI DELL'ATTIVITA' DI PESCA</b>				
15	Pesca Professionale	J	8,19E+10	—
15.1	Pesce	J	6,46E+10	—
15.2	Molluschi	J	1,92E+09	—
15.3	Crostacei	J		
Somma della P Professionale				240,89
16	Pesca Sportiva	J	1,21E+10	—
16.1	Pesce	J	1,00E+11	—
16.2	Molluschi	J		
Somma della Pesca Sportiva				244,97

Ai flussi inerenti le precipitazioni, il deflusso superficiale (*runoff*) ed i reflui urbani, che apportano al sistema un carico di nutrienti e materia organica, è dovuto un ulteriore contributo energetico: l'Energia Libera di Gibbs. Quest'ultima è legata al differente livello di salinità tra gli apporti esterni e il corpo ricettore (mare), con la conseguente generazione di un gradiente chimico al quale è associato un contributo energetico tutt'altro che trascurabile (Tabella 1; note 2.1, 6.1 e 7.1).

Nel caso delle precipitazioni meteoriche, ad esempio, esiste un contributo energetico di due tipi: chimico e potenziale. Il componente chimico è dovuto al fatto che la pioggia (supposta costituita da acqua liquida pura) necessita di una certa quantità di energia chimica per essere prodotta. Quest'energia è l'energia libera di Gibbs per la trasformazione da acqua di mare ad acqua liquida pura (in condizioni *standard*). Per far avvenire questo processo ovviamente bisogna fornire energia, in quanto si tratta dell'ottenimento di una fase pura (acqua liquida pura) da una soluzione (acqua di mare). Quest'energia è quella che, assieme all'energia potenziale, viene restituita al sistema attraverso la precipitazione piovosa.

Il carico annuo di nutrienti e materia organica trasportato dal flusso netto di corrente all'interno della Riserva è decisamente inferiore rispetto a quello del deflusso superficiale, dei reflui urbani e persino rispetto al contributo delle precipitazioni (Tabella 1; note 2, 5, 6, 7).

L'adiacenza alla costa e le basse concentrazioni di azoto e fosforo inorganico, caratteristiche delle masse d'acqua oligotrofiche trasportate dalle correnti marine del basso Tirreno, confermano l'attendibilità dei valori riscontrati.

I reflui urbani, caratterizzati da elevate concentrazioni, superano in nutrienti e materia organica la corrente netta entrante, sebbene in termini di portata annua presentino i valori minori. Di conseguenza, a parità di *transformity* per l'azoto inorganico, il fosforo inorganico e la materia organica, i valori di energia associati alla corrente netta entrante risultano essere quelli più bassi (Tabella 1; nota 5).

**Forzanti economiche**

Le forzanti economiche rappresentano i flussi di denaro (costi ed investimenti) che le cooperative di pesca devono sostenere per svolgere le loro attività all'interno della Riserva (Tabella 1).

L'attività di pesca (sia professionale che sportiva), il livello di pressione sui popolamenti ittici, l'impatto ambientale antropogenico, richiedono un monitoraggio continuo della Riserva al fine di garantire uno sviluppo economico duraturo alle popolazioni locali, nonché la conservazione e la valorizzazione del patrimonio ambientale.

In Figura 2 viene evidenziata l'interazione tra variabili economiche ed ecologiche nella dinamica energetica globale del sistema.

**Prodotti**

In uscita dal sistema Riserva distinguiamo due tipi di prodotto: uno dovuto alla pesca professionale e l'altro inerente la pesca sportiva (Figura 2; Tabella 1). Al prodotto ricavato dalla pesca professionale ed esportato al mercato, corrisponderà un ritorno in denaro per le cooperative di pesca, che in parte andrà a rinforzare il processo nel ciclo successivo.

**Risultati e discussione**

In Tabella 2 vengono riportati i valori di energia calcolati per i flussi naturali, che sommati generano l'emergia totale associata alla produzione primaria <sup>4</sup>. Il valore più elevato è quello del fosforo inorganico dei reflui, anche se il bilancio totale è notevolmente influenzato dalla somma dei due potenziali chimici delle precipitazioni e del deflusso superficiale delle acque (*runoff*).

Considerate quasi stazionarie (almeno nel breve periodo) le altre variabili, il regime pluviometrico sembra essere l'unico fattore in grado di determinare un maggiore o minore valore del potenziale chimico.

Le statistiche locali sulla piovosità della zona registrano un progressivo calo dall'inizio del secolo scorso. Queste considerazioni fanno supporre che con il passare del tempo, nell'ipotesi che le altre variabili mantengano mediamente gli stessi valori, dovremmo registrare un *trend* decrescente della produzione primaria. La produzione primaria costituisce la base della piramide ecologica e, quindi da essa dipende tutta la catena trofica. Pertanto, anche se allo stato attuale il pe-

**Tabella 2 - Flusso d'Energia della Produzione Primaria**

Note	Flusso	Unità di misura (unità/anno)	Transformity (seJ/unità)	Energia E+16 seJ/anno	
<b>INPUT NATURALI ALLA RISERVA</b>					
<b>2 Pioggia</b>					
2.1	Potenziale Chimico	J	6.78E+13	3.05E+04	206.81
2.2	Energia Cinetica	J	3.81E+11	1.49E+04	0.57
2.4	Azoto Inorganico	g	3.87E+06	7.02E+09	2.72
2.5	Fosforo Inorganico	g	6.76E+05	2.35E+10	1.59
<b>3 Maree</b>					
<b>5 Correnti marine</b>					
5.1	Geopotenziale	J	9.49E+09	3.96E+04	0.04
5.3	Azoto Inorganico	g	2.89E+05	7.02E+09	0.20
5.4	Fosforo Inorganico	g	1.65E+05	2.35E+10	0.39
<b>6 Runoff</b>					
6.1	Potenziale Chimico	J	4.97E+13	8.13E+04	403.99
6.3	Azoto Inorganico	g	1.85E+07	7.02E+09	12.99
6.4	Fosforo Inorganico	g	1.26E+06	2.35E+10	2.96
<b>7 Reflui urbani</b>					
7.1	Potenziale Chimico	J	9.11E+12	8.13E+04	74.05
7.3	Azoto Inorganico	g	1.96E+08	7.02E+09	137.64
7.4	Fosforo Inorganico	g	2.38E+08	2.35E+10	558.44
Somma delle voci 2-3-5-6-7 (esclusa la materia organica)					<b>1427.66</b>
<b>PRODOTTI DELLA RISERVA</b>					
<b>Produttori Primari</b>					
(alghe bentoniche, fanerogame e fitoplancton)					
Consumatori Primari					
Consumatori Secondari					
Consumatori Terziari					
Somma dei Consumatori Secondari e Terziari					<b>1.43E+19</b>
					<b>1.43E+19</b>

scato della Riserva marina non sembra essere ancora influenzato da tali dinamiche, particolare attenzione va rivolta all'analisi di tali fenomeni, anche in considerazione della competizione esistente tra la pesca professionale e quella sportiva.

Nel riquadro giallo in Tabella 2 sono riportate le *transformity* per quattro differenti livelli trofici i quali, in assenza di uno studio specifico inerente la rete trofica locale, rappresentano schematicamente i possibili comparti della piramide ecologica nella Riserva marina. Il valore delle *transformity* cresce nel passaggio tra i diversi comparti, incrementando lungo la gerarchia dell'energia verso forme d'energia di qualità sempre maggiore (Brown e Ulgiati, 2004).

Le quattro categorie di variabili precedentemente descritte (forzanti naturali, forzanti economiche, depositi di accumulo o *storage* e prodotti) e la produzione primaria, rappresentano il punto di partenza sul quale fondare la valutazione ambientale della Riserva marina.

Il rapporto tra queste quantità ha consentito il calcolo degli indicatori energetici, in grado di delineare un primo quadro del rendimento, dell'impatto e della sostenibilità ambientale del sistema.

Gli indicatori calcolati sono: il Rapporto d'impatto ambientale, il Rendimento energetico, più un altro indice specifico per il caso studio in questione definito Indice di sfruttamento della produzione primaria (Vedi tabella 3).

**Tabella 3**

*Indici energetici calcolati per la Riserva marina di Punta Campanella*

BILANCI DI ENERGIA (seJ = solar energy Joule).	
Somma degli input naturali	1474,88E+16 se/anno
Somma degli input economici	152,52E+16 se/anno
Somma degli Storage	58,66E+16 se/anno
Prodotto in output dalla Pesca Professionale	240,98E+16 se/anno
Prodotto in output dalla Pesca Sportiva	244,97E+16 se/anno
Stima degli input economici per la Pesca Sportiva	167,77E+16 se/anno
Produzione Primaria	1427,66E+16 se/anno
INDICI ENERGETICI CALCOLATI	
Rapporto di Impatto Ambientale	0,14
Indice di sfruttamento della Produzione Primaria	0,17
INDICI ENERGETICI CALCOLATI (Nell'ipotesi che contabilizza anche per la pesca sportiva)	
Rendimento energetico	1,58
Rapporto di Impatto Ambientale	0,26
Indice di sfruttamento della Produzione Primaria	0,34

Il **Rapporto d'impatto ambientale** (0,14) fornisce indicazioni sull'impatto prodotto dall'attività di pesca sullo stato di conservazione della Riserva marina. Il calcolo di questo indicatore è stato effettuato considerando soltanto la pressione antropica dovuta alla pesca professionale. Tuttavia, ad esercitare uno *stress* sul sistema vi è anche il contributo dovuto all'attività di pesca sportiva.

Calcolando nuovamente, quindi, il valore del rapporto d'impatto ambientale in considerazione di questo contributo, il suo valore passa da 0,14 a 0,26.

Un ulteriore impatto sull'ambiente, non valutato in questo caso studio a causa della mancanza di dati, consiste nel transito delle imbarcazioni private da diporto.

Il Rapporto d'impatto ambientale è calcolato dal rapporto tra l'emergia totale investita per azione antropica ed i flussi di emergia forniti gratuitamente dall'ambiente (capitale naturale). Poiché un valore unitario del Rapporto d'impatto ambientale indica che l'uso di un sistema ecologico da parte dell'uomo è ben bilanciato (Brown e Ulgiati, 1997), i valori ottenuti per la Riserva marina di Punta Campanella (0,14 o 0,26, considerando anche la pesca sportiva) indicano che esiste un "eccesso di capacità naturale" ad assorbire ulteriori investimenti economici senza compromettere il funzionamento del sistema considerato.

Il calcolo dell'**Indice di sfruttamento della produzione primaria** ha la finalità di verificare il grado di sfruttamento delle risorse ittiche nella Riserva marina. Il suo valore (0,17 o 0,34 considerando anche la pesca sportiva) è calcolato dal rapporto tra l'emergia del pescato e quella associata alla produzione primaria.

Da tale indice si evince che il livello di pressione della pesca sui popolamenti ittici è del 34% e, che, si ridurrebbe al 17% se non fosse praticata la pesca sportiva.

In altre parole, la pesca sportiva raddoppia il tasso di sfruttamento delle risorse ittiche presenti nella Riserva marina.

Il valore del **Rendimento energetico** (1,58) è risultato dal rapporto tra l'emergia del prodotto ricavato dall'attività di pesca professionale e quella associata alle risorse economiche necessarie per il suo svolgimento.

Tale valore indica una situazione non particolarmente vantaggiosa per il livello di competitività che le attività di pesca professionale sono in grado di esercitare sul mercato rispetto ad altre attività capaci di fornire lo stesso prodotto (attività di pesca praticate altrove o sistemi di acquicoltura).

Queste condizioni sono da considerarsi penalizzanti per la popolazione locale che vive della pesca professionale, e che è indotta ad effettuare la pesca al di fuori della Riserva marina, o a svolgere altre professioni, o, in ultima analisi, migrare verso altre regioni alla ricerca di altre opportunità di lavoro.

Le cause di tale scenario vanno ricercate in uno sbilanciamento tra le restrizioni sulle attività di pesca (dovute ai vincoli presenti nell'area protetta) ed il mancato sviluppo delle attività economico-produttive alternative, le quali potrebbero garantire un buon ritorno economico, orientando quindi la gestione della Riserva verso uno sviluppo sostenibile.

In particolare, è previsto che le cooperative di pesca professionale possano svolgere l'attività della "pescaturismo", la quale, in considerazione delle peculiarità naturalistiche e storico-archeologiche della zona, potrebbe assicurare un ritorno economico consistente.

In Figura 3 viene rappresentato il diagramma energetico per la Riserva marina di Punta Campanella nel caso in cui venisse praticata anche la pescaturismo.

Tale diagramma rappresenta una variante a quello riportato in Figura 2, prevedendo l'inserimento di un nuovo flusso economico al sistema: il turismo. Gli altri flussi economici restano sostanzialmente invariati sia nella qualità che nella quantità, fatta eccezione per il fatto che gran parte del flusso di energia proveniente da essi sarebbe canalizzato nel sottosistema della pescaturismo, generando in uscita un nuovo prodotto costituito dal "servizio turistico".

Di conseguenza, l'attività di pesca professionale registrerebbe una flessione a favore della pescaturismo, essendo la prima meno produttiva e meno investita dal flusso di energia associato alle forzanti economiche, ottenendo come risultato finale un aumento del Rendimento emergetico, con conseguente guadagno di competitività per la Riserva marina.

Una recente analisi tecnico-economica condotta nella Riserva (Simioli e Gargiulo, 2004) ha pienamente confermato tali previsioni (Vedi tabella 4).

**Tabella 4 - Variazioni registrate in una giornata di pescaturismo**

Diminuzione dell'utilizzo di reti	84,00 %
Diminuzione del pesce pregiato pescato	93,33 %
Diminuz. del pesce non pregiato pescato	80,00 %
Aumento del profitto netto	25,00 %
Diminuzione delle ore di lavoro	15,38 %

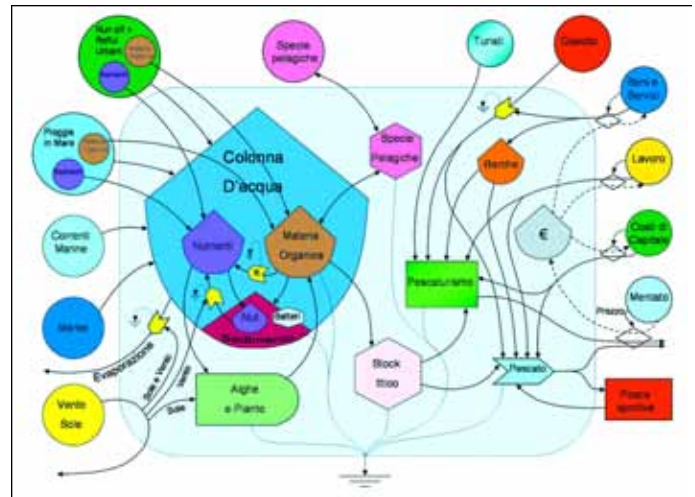
Inoltre, va evidenziato che a tale incremento delle attività economico-produttive non corrisponderebbe un proporzionale incremento dell'impatto ambientale. Infatti, lo sforzo di pesca sarebbe ridotto a favore dell'incremento delle visite turistiche, le quali comportano certamente un minor impatto sull'ambiente. In altre parole, si registrerebbe un aumento dello sfruttamento delle risorse della Riserva legato "all'informazione culturale" più che ad un consumo delle sue risorse naturali.

In conclusione, possiamo affermare che la pescaturismo potrebbe giocare un ruolo decisivo nel raggiungimento di adeguati *standard* di benessere per la comunità dei pescatori locali, soprattutto in considerazione della competizione con la pesca sportiva ed il progressivo depauperamento dei popolamenti ittici.

## Conclusioni

La valutazione ambientale realizzata nel caso di studio attraverso l'analisi emergetica ha fornito un primo quadro complessivo circa le caratteristiche di rendimento, impatto e sostenibilità ambientale dell'attività di pesca nella Riserva marina di Punta Campanella.

In primo luogo, lo studio delle forzanti energetiche naturali ha messo in evidenza il determinante ruolo dei potenziali chi-



**Fig. 3 - Flussi di energia nella Riserva marina di Punta Campanella nell'ipotesi che si svolga anche la pescaturismo**

mici legati ai processi di deflusso superficiale (*runoff*), precipitazione piovosa e, in misura minore, dei reflui urbani. Questi ultimi determinano un discreto contributo al bilancio emergetico globale, anche attraverso gli apporti di fosforo ed azoto inorganico.

Per quanto concerne lo stato di conservazione dei popolamenti ittici, i risultati indicano che la Riserva marina non sembra essere allo stato attuale particolarmente penalizzata dalle attività di pesca.

In particolare, la pesca professionale esercita un impatto ambientale modesto, che viene incrementato quando a quest'ultima si somma il contributo dovuto alla pesca sportiva.

Il rendimento emergetico evidenzia come le attività di pesca nella Riserva non riescano ancora a raggiungere un soddisfacente livello di competitività sul mercato.

Questo è dovuto in parte alla competizione con la pesca sportiva, la quale impoverisce i popolamenti ittici presenti nella Riserva a danno della pesca professionale.

Inoltre, vincoli e prescrizioni tesi alla tutela della Riserva non sono ancora accompagnati da piani ed incentivi per il rilancio dell'economia locale, penalizzando fortemente lo sviluppo delle attività ecocompatibili, le quali dovrebbero invece caratterizzare in misura preponderante il tessuto economico-produttivo dell'area.

## Note

1. I reflui urbani, ancorché di origine antropica, sono stati assimilati ai flussi naturali in quanto il loro deflusso all'interno della Riserva non comporta costi adossabili alle cooperative di pesca che lavorano al suo interno.
2. La *transformity* è un fattore di conversione che, moltiplicato per la grandezza in esame nella sua unità di misura, restituisce il valore emergetico in termini di energia solare equivalente. Le *transformity* utilizzate per il caso studio sono aggiornate al più recente valore di riferimento (emergeria totale della biosfera: 15,83 E+24 seJ/anno).
3. Essendo la Riserva marina delimitata dalla batimetria dei 50 metri, possiamo considerare, con buona approssimazione, tutto il volume d'acqua come zona focica. Se facciamo questa assunzione non è necessario considerare l'apporto di eventuali correnti di risalita (*upwelling*), dal mo-

mento che possiamo assumere tutto lo strato d'acqua come costantemente rimescolato. Pertanto, sono stati valutati soltanto gli apporti che dall'esterno giungono alla Riserva.

4. La Produzione Primaria alla quale si fa riferimento comprende: la pelagica (dovuta al fitoplancton), quella delle alghe bentoniche e quella delle fanerogame.

## Bibliografia

- 1) Barone G. (2003). Ecodinamica. *Biologi Italiani*, Anno XXXIII, vol. 8: 58-60.
- 2) Brown M. T., S. Tennenbaum and H. T. Odum. (1991). *Emergy Analysis and Policy Perspectives for the Sea of Cortez, Mexico*. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, 58pp.
- 3) Brown M. T., S. Ulgiati, (1997). Emergy based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring technology and economies toward environmentally sound innovation. *Ecological and Engineering* 9: 51-69.
- 4) Brown M. T., S. Ulgiati (2004). Emergy Quality, Emergy, and Transformity: H.T. Odum's contribution to quantifying and understanding systems. *Biologi Italiani*, Anno XXXIV, n.5: 58-67.
- 5) Carrada G.C., T.S. Hopkins, G. Bonaduce, A. Ianora, D. Marino, M. Modigh, M. Ribera D'Alcalà, B. Scotto Di Carlo. (1980). Variability in the hydrographic and biological features of the Gulf of Naples. P.S.Z.N.I: *Marine Ecology*, 1:65-80.
- 6) Costanza R., S. E. Jorgensen (2002). Understanding and solving environmental problems in the 21<sup>st</sup> century. Toward a new, integrated hard problem science. Elsevier.
- 7) Daly H. (1981). *Lo stato stazionario*. Sansoni editore, Firenze.
- 8) Franzese P. P., A. Scopa, A. Riccio, G. Barone (2003a). Studio di sistemi complessi: la prospettiva ecodinamica in chimica-fisica ambientale. *Biologi Italiani*, Anno XXXIII, vol. 11: 39-45.
- 9) Franzese P. P., A. Riccio, A. Scopa (2003b). Valutazione della sostenibilità ambientale: verso un approccio ecodinamico. *Biologi Italiani*, Anno XXXIII, vol. 7: 58-60.
- 10) Franzese P. P., S. Dumontet, A. Scopa, S. Ulgiati (2004). Emergy Synthesis and GIS for environmental sustainability assessment. The case study of the Roccamonfina Natural Park, Italy. Paper presented to the 3rd Biennial International Emergy Research Conference, Gainesville, 29-31 January 2004.
- 11) Odum H. T. (1996). *Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley and Sons, New York.
- 12) Odum H. T., E. Odum (2000). *Modelling for all scales. An introduction to system simulation*. Academic Press.
- 13) Odum H. T., E. Odum (2001). *A Prosperous Way Down. Principles and Policies*. University Press of Colorado.
- 14) Russo G. F. (1995). Ambienti marini del Golfo di Napoli e dell'isola d'Ischia: particolarità e paradossi, *Scheria*, 10: 58-72.
- 15) Russo G. F. (2000). La riserva marina di Punta Campanella: una realtà che necessita di una gestione integrata col territorio della Penisola sorrentino-amalfitana. In *L'area costiera mediterranea, Atti del 1° Convegno Internazionale sulle coste del Mediterraneo; a cura di Massimo Rosi e Ferdinando Jannuzzi*. Giannini editore.
- 16) Rittmann A. (1964). Ecological problems connected with the Geology of the Gulf of Naples. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 33 (suppl.): 82-86.
- 17) Simioli A., M. Gargiulo. (2004). Pescaturismo nelle aree marine protette: un'attività compatibile da incentivare. *Uomo e Natura*, anno IX, n. 1:41-45.
- 18) Zucaro A., P. P. Franzese, A. Scopa, A. Riccio. (2004). Analisi emergetica della Provincia di Potenza: una valutazione integrata economica-ecologica. *Biologi Italiani*, Anno XXXIV, n. 9: 53-58.