



AREA MARINA PROTETTA  
CAPO CACCIA - ISOLA PIANA



***Descrizione degli interventi avviati o realizzati a valere sulle  
specifiche risorse assegnate per l'implementazione della  
rendicontazione naturalistica (ecorendiconto)***

*report sulle attività in corso*

*Università degli Studi di Genova  
Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita*

# Indice

## **1 Fase 0: Fotografia della disponibilità di dati relativi al rendiconto naturalistico delle AMP 4**

- 1.1 Acquisizione della cartografia esistente 4
- 1.2 Individuazione e successivo calcolo della superficie 5
- 1.3 Identificazione studi e fonti bibliografiche per la quantificazione della biomassa bentonica 7
- 1.4 Individuazione fonti di dati per quanto concerne la fauna ittica consistenti in progetti di visual census condotti all'interno dell'AMP 8

## **2 Fase 1: Contabilizzazione del valore ecologico ed economico del patrimonio ambientale dell'AMP 11**

- 2.1 Inquadramento metodologico 11
  - 2.1.1 Validazione informazioni propedeutiche 11
  - 2.1.2 Analisi trofodinamica: modellizzazione della rete trofica di ogni biocenosi 15
  - 2.1.3 Valutazione dell'area di supporto 19
  - 2.1.4 Stima delle risorse ecologiche investite 22
  - 2.1.5 Valutazione monetaria 28
- 2.2 Risultati 28

**I valori in tabella possono essere impiegati al fine di generare un tematismo relativo alla distribuzione spaziale del capitale naturale all'interno dell'AMP (Figura 22). 42**

## **3 Fase 2. Individuazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici 46**

## **4 Fase 6 Sviluppo ed implementazione di un Sistema Informativo dedicato 53**

Nel documento redatto da Federparchi “*Contabilità ambientale nelle Aree Marine Protette Italiane*”, del 15 aprile 2014, si erano delineati sinteticamente i fondamenti e le procedure necessarie per realizzare una contabilità ambientale basata sulla quantificazione del valore, anche economico, del patrimonio ambientale e variazioni dei flussi che lo mantengono (Allegato 1). I passaggi fondamentali (Fasi) in cui si sviluppa la progettualità sono riportati in Figura 1 e Tabella 1:

<b>Fase 0</b>	Fotografia della disponibilità di dati relativi al rendiconto naturalistico delle AMP
<b>Fase 1</b>	Contabilizzazione del valore ecologico ed economico del patrimonio ambientale dell'AMP
<b>Fase 2</b>	Individuazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici
<b>Fase 3</b>	Contabilizzazione dei costi ambientali ed economici
<b>Fase 4</b>	Contabilizzazione dei benefici ambientali ed economici
<b>Fase 5</b>	Conto dei flussi ambientali e del beneficio netto dell'AMP
<b>Fase 6</b>	Informatizzazione gestione dei dati e sviluppo sistema contabilità

Tabella 1: fasi previste nell'ambito del documento “*Contabilità ambientale nelle Aree Marine Protette Italiane*”

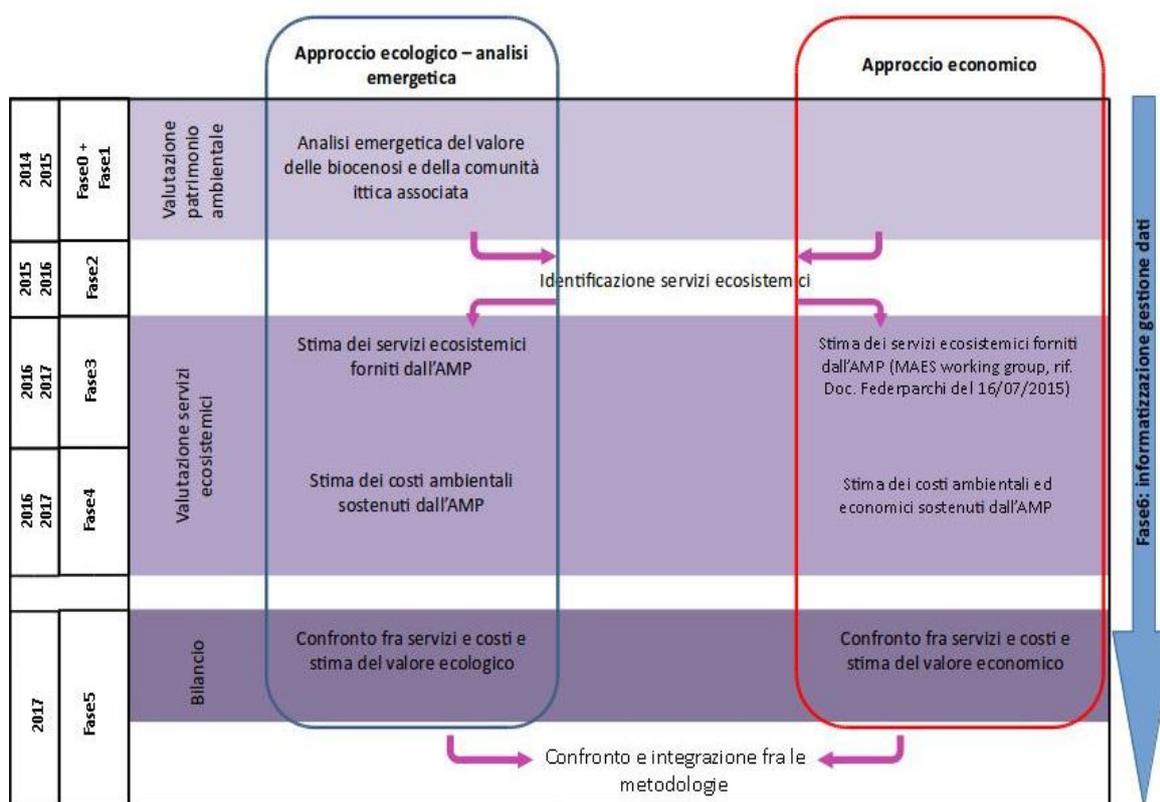


Figura 1: schema concettuale rappresentativo delle fasi del progetto

Nell'ambito della convenzione tra DISTAV ed AMP Capo Caccia - Isola Piana si è proceduto all'avviamento delle diverse Fasi previste. Di seguito si riportano le attività ad oggi svolte con una descrizione ed una sintesi dei risultati preliminari ottenuti.

## 1 Fase 0: Fotografia della disponibilità di dati relativi al rendiconto naturalistico delle AMP

Per il completamento della Fase 0 si è provveduto al raggiungimento dei seguenti risultati:

1. Acquisizione della cartografia esistente ed aggiornamento dei tematismi relativamente a:
  - cartografia di base (e.g. perimetrazione, batimetria, linea di costa)
  - carte biocenotiche/degli habitat
2. Individuazione e successivo calcolo della superficie di ciascuna biocenosi dell'AMP secondo la cartografia biocenotica a disposizione
3. Individuazione studi e fonti bibliografiche per la quantificazione dei valori di biomassa (tramite ricerca bibliografica e/o consultazione di studi *in situ*) relativi ai taxa che sono stati considerati come rappresentativi delle comunità bentoniche associate alle biocenosi
4. Acquisizione di dati relativi alla distribuzione e abbondanza della fauna ittica derivati da campagne di *visual census* condotte all'interno dell'AMP.

### 1.1 Acquisizione della cartografia esistente

La cartografia a disposizione è stata acquisita in formato shapefile (Figura 2 e Figura 3 ) e analizzata al fine di effettuare i calcoli necessari alla stima delle estensioni di ogni biocenosi in ogni area di protezione dell'AMP.

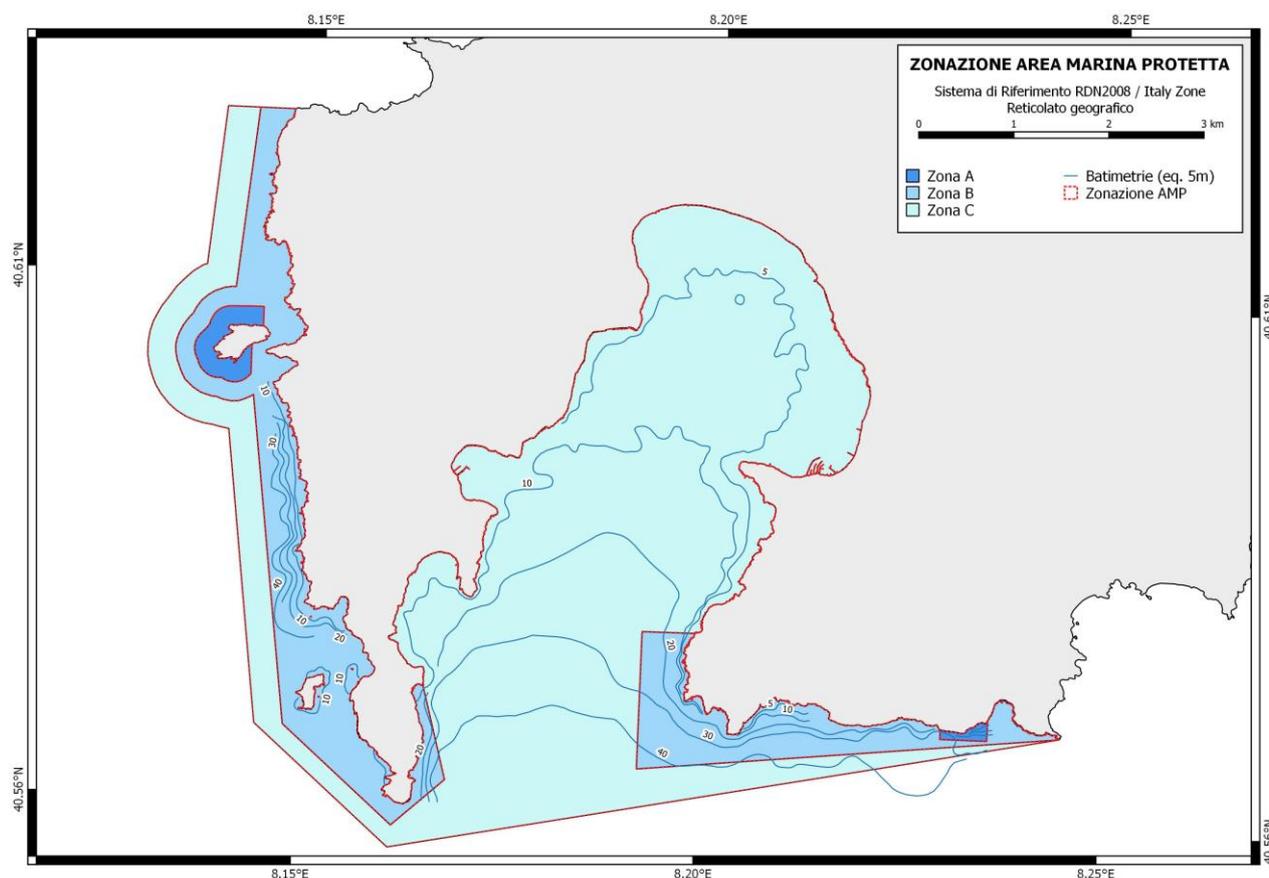


Figura 2: perimetrazione delle aree di protezione

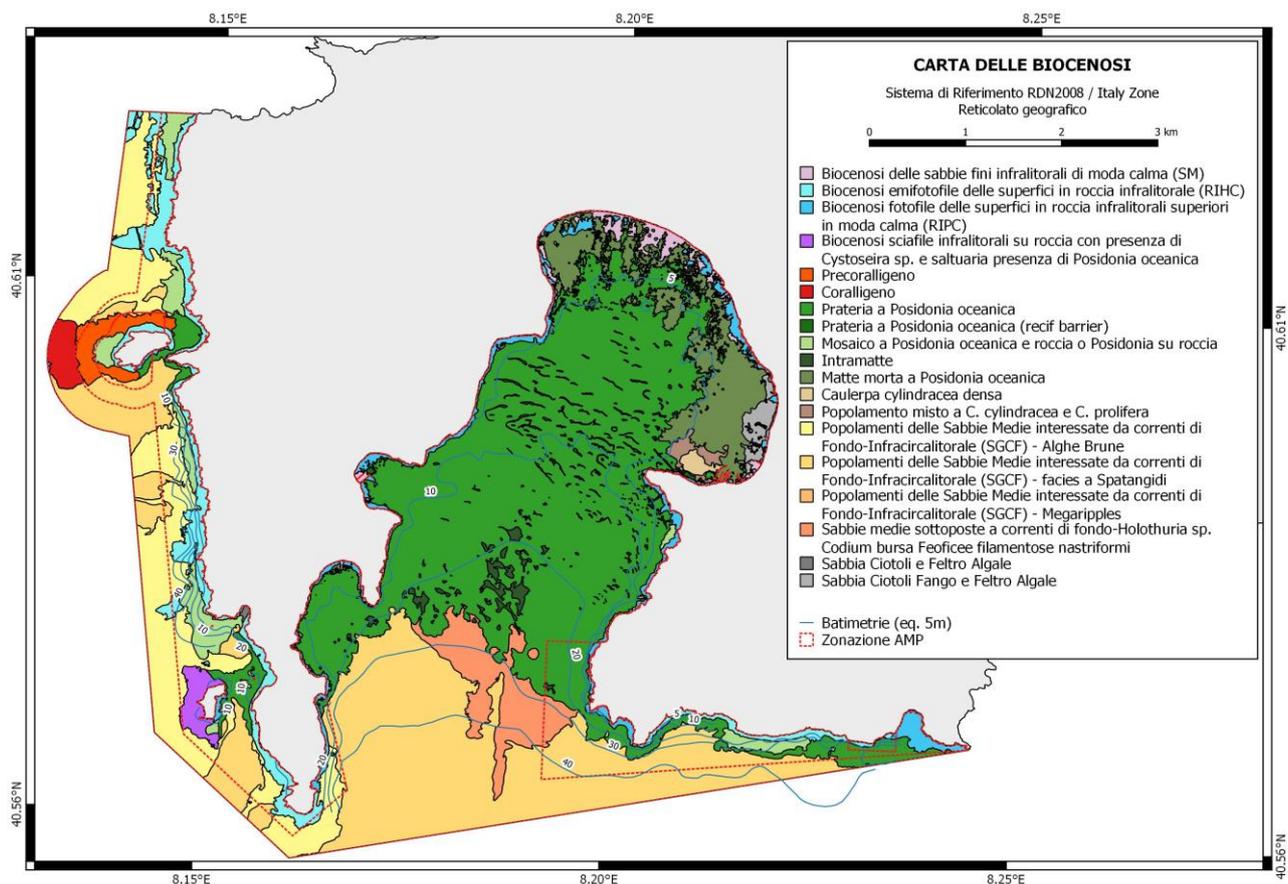


Figura 3: carta biocenotica

## 1.2 Individuazione e successivo calcolo della superficie

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per quanto concerne le superfici censite tramite la cartografia. In Tabella 2 si riporta l'elenco delle biocenosi individuate grazie alla cartografia a disposizione e la superficie rispettivamente occupata da ciascuna di esse.

Descrizione	Area (mq)
Biocenosi delle sabbie fini infralitorali di moda calma (SM)	321793.85
Biocenosi emifotofile delle superfici in roccia infralitorale (RIHC)	1265954.56
Biocenosi fotofile delle superfici in roccia infralitorali superiori in moda calma (RIPC)	821817.99
Biocenosi sciafile infralitorali su roccia con presenza di <i>Cystoseira</i> sp. e saltuaria presenza di <i>Posidonia oceanica</i>	193992.73
<i>Caulerpa cylindracea</i> densa	62059.17
Coralligeno	195169.97
Intramatte	399265.89
Matte morta a <i>Posidonia oceanica</i>	1589923.07
Mosaico a <i>Posidonia oceanica</i> e roccia o <i>Posidonia</i> su roccia	737062.89
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - Alghe Brune	2893045.34
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - facies a <i>Spatangidi</i>	6529111.61
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - <i>Megaripples</i>	878.85
Popolamento misto a <i>C. cylindracea</i> e <i>C. prolifera</i>	104249.55
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i>	10484313.23
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> (recif barrier)	19632.39
Precoralligeno	294399.15
Sabbia Ciotoli e Feltro Algale	9100.53
Sabbia Ciotoli Fango e Feltro Algale	164527.54
Sabbie medie sottoposte a correnti di fondo- <i>Holothuria</i> sp. <i>Codium bursa</i> Feoficee filamentose nastriformi	1006047.88
<b>Totale</b>	<b>27092346.19</b>

Tabella 2: Superficie occupata dalle diverse biocenosi-habitat dell'AMP

Per quanto concerne le zone sottoposte ai diversi regimi di protezione, le superfici occupate sono riportate in Tabella 3. Le superfici delle differenti aree che compongono la zona A e B, essendo fisicamente separate da tratti di mare, sono state calcolate distintamente e saranno considerate come unità differenziate. Saranno identificate con le sigle AO (zona A a Ovest), AE (zona A a Est), BO (zona B a Ovest), BE (zona B a Est) rispettivamente.

Zona AMP	Area (mq)	Zona AMP	Area (mq)
A ovest	315590.43	A	374019.70
A est	58429.27		
B ovest	4067984.08	B	6136153.83
B est	2068169.76		
C	20582106.20	C	20582106.20

Tabella 3: Superficie occupata dalle diverse zone di protezione dell'AMP

In Figura 4 viene riportata la distribuzione percentuale dell'estensione delle diverse biocenosi nelle diverse zone di protezione.

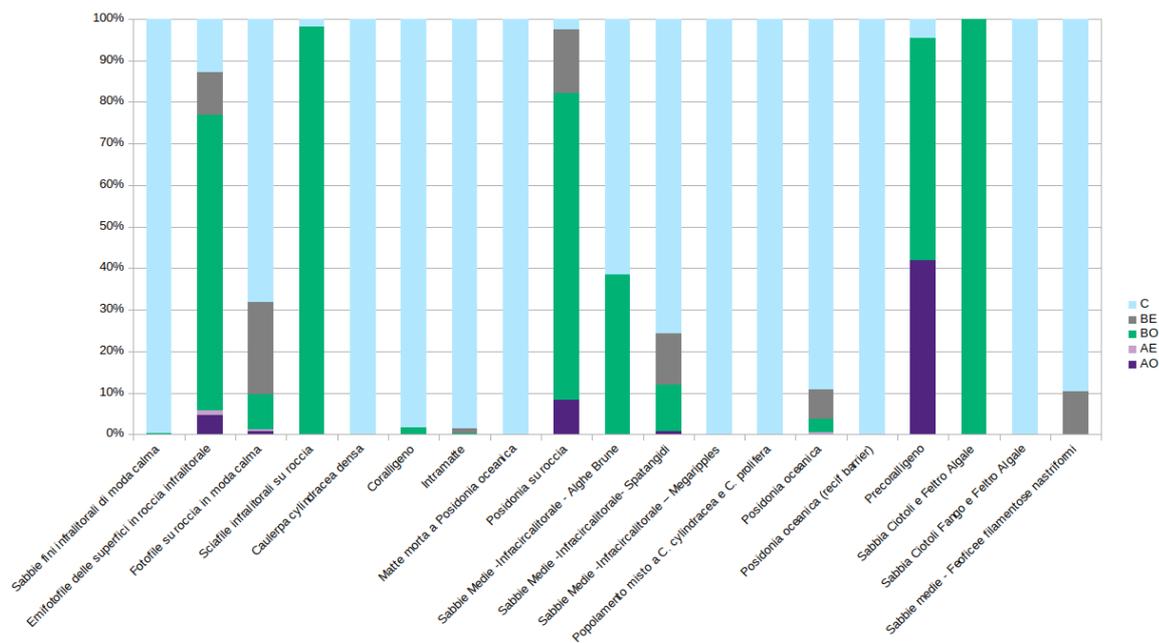


Figura 4: percentuale di superficie di ogni biocenosi sottoposta ai diversi regimi di protezione

### 1.3 Identificazione studi e fonti bibliografiche per la quantificazione della biomassa bentonica

A seguito del riconoscimento delle biocenosi presenti all'interno dell'AMP si è avviata la ricerca di informazioni relative a dati di abbondanza e biomassa dei popolamenti associati a ciascuna di esse. La ricerca è stata condotta privilegiando studi condotti in loco (ove presenti) o considerando studi condotti sulle biocenosi in esame in aree limitrofe o ecologicamente assimilabili. Qualora si sia riscontrata la disponibilità di dati da diverse fonti ugualmente attendibili il valore di biomassa è stato ricavato come media dei dati a disposizione.

Per ogni biocenosi elencata in Tabella 2 sono stati quantificati valori di biomassa relativi a 14 taxa che sono stati considerati come rappresentativi delle comunità bentoniche associate (Algae, *Cymodocea Nodosa*, *Posidonia Oceanica*, Bryozoa, Porifera, Cnidaria, Ascidiacea, Foraminifera, Echinodermata, Crustacea, Mollusca, Anellida, Sipunculida, altri organismi).

Si riportano di seguito i riferimenti bibliografici reperiti ed impiegati per ogni biocenosi al fine di quantificare l'abbondanza e la biomassa per taxa (Tabella 4).

<b>Biocenosi secondo cartografia esistente</b>	<b>Nome abbreviato</b>	<b>Studio utilizzato o riferimento bibliografico</b>
Biocenosi delle sabbie fini infralitorali di moda calma (SM)	Sabbie fini infralitorali di moda calma	Drago and Albertelli 1976; Albertelli and D'Ambrosio 1986
Biocenosi emifotofile delle superfici in roccia infralitorale (RIHC)	Emifotofile delle superfici in roccia infralitorale	Bellan-Santini, 1969;
Biocenosi fotofile delle superfici in roccia infralitorali superiori in moda calma (RIPC)	Fotofile su roccia in moda calma	Bellan-Santini, 1969;
Biocenosi sciafile infralitorali su roccia con presenza di <i>Cystoseira</i> sp. e saltuaria presenza di <i>Posidonia oceanica</i>	Sciafile infralitorali su roccia	Bellan Santini 1969; Antoniadou and Chintiroglou 2005; Boudouresque 1974; Libes 1984; Sánchez-Lizaso 1993; Guidetti et al. 2002 Willsie A, 1983
<i>Caulerpa cylindracea</i> densa	<i>Caulerpa cylindracea</i> densa	Montefalcone et al., 2015
<i>Coralligeno</i>	<i>Coralligeno</i>	True 1970
Intramatte	Intramatte	Libes, 1984; Sánchez Lizaso, 1993; Guidetti et al., 2002; Willsie, 1983
Matte morta a <i>Posidonia oceanica</i>	Matte morta a <i>Posidonia oceanica</i>	Willsie 1983
Mosaico a <i>Posidonia oceanica</i> e roccia o <i>Posidonia</i> su roccia	<i>Posidonia</i> su roccia	Libes 1984; Sánchez-Lizaso 1993; Guidetti et al. 2002
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - Alghe Brune	Sabbie Medie -Infracircolitorale - Alghe Brune	Drago and Albertelli 1976; Albertelli and D'Ambrosio 1986
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - facies a Spatangidi	Sabbie Medie -Infracircolitorale- Spatangidi	Drago and Albertelli 1976; Albertelli and D'Ambrosio 1986
Popolamenti delle Sabbie Medie interessate da correnti di Fondo-Infracircolitorale (SGCF) - Megaripples	Sabbie Medie -Infracircolitorale – Megaripples	Drago and Albertelli 1976; Albertelli and D'Ambrosio 1986
Popolamento misto a <i>C. cylindracea</i> e <i>C. prolifera</i>	<i>C. cylindracea</i> e <i>C. prolifera</i>	Montefalcone et al., 2015
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i>	<i>Posidonia oceanica</i>	Libes 1984; Sánchez-Lizaso 1993; Guidetti et al. 2002
Prateria a <i>Posidonia oceanica</i> (recif barrier)	<i>Posidonia oceanica</i> (recif barrier)	Libes 1984; Sánchez-Lizaso 1993; Guidetti et al. 2002
Precoralligeno	Precoralligeno	Antoniadou e Chintiroglou, 2005; Boudouresque, 1974
Sabbia Ciotoli e Feltro Algale	Sabbia Ciotoli e Feltro Algale	Drago e Albertelli, 1976; Albertelli e D'Ambrosio, 1986
Sabbia Ciotoli Fango e Feltro Algale	Sabbia Ciotoli Fango e Feltro Algale	Albertelli et al., 1981a; Bianchi et al., 1986
Sabbie medie sottoposte a correnti di fondo-Holothuria sp. Codium bursa Feoficee filamentose nastriformi	Sabbie medie - Feoficee filamentose nastriformi	Drago and Albertelli 1976; Albertelli and D'Ambrosio 1986

Tabella 4: Biocenosi presenti nella AMP e fonti bibliografiche per la stima dei valori di biomassa

#### 1.4 Individuazione fonti di dati per quanto concerne la fauna ittica consistenti in progetti di visual census condotti all'interno dell'AMP

Per quanto riguarda la fauna ittica le informazioni necessarie per la realizzazione delle analisi sono state raccolte nell'ambito delle attività collegate al progetto di ecorendiconto e rese disponibili dall'ente gestore.

Il metodo di campionamento applicato è stato quello della conta diretta dei pesci tramite la tecnica del transetto lineare di 125 m<sup>2</sup> su roccia e sabbia.

Le specie censite sono state:

<b>Roccia</b>	<b>Sabbia</b>
<i>A. imberbis</i>	<i>D. annularis</i>
<i>C. labrosus</i>	<i>D. vulgaris</i>
<i>C. chromis</i>	<i>C. julis</i>
<i>C. julis</i>	<i>L. mormyrus</i>
<i>C. conger</i>	<i>M. surmuletus</i>
<i>D. labrax</i>	<i>Mugilidae</i>
<i>D. annularis</i>	<i>S. aurata</i>
<i>D. puntazzo</i>	<i>S. solea</i>
<i>D. sargus</i>	
<i>D. vulgaris</i>	
<i>E. costae</i>	
<i>E. marginatus</i>	
<i>G. cruentatus</i>	
<i>L. merula</i>	
<i>L. viridis</i>	
<i>L. mixtus</i>	
<i>M. surmuletus</i>	
<i>M. helena</i>	
<i>O. melanura</i>	
<i>P. gattoruggine</i>	
<i>P. rouxi</i>	
<i>S. salpa</i>	
<i>S. porcus</i>	
<i>S. scrofa</i>	
<i>S. maderensis</i>	
<i>S. notata</i>	
<i>S. umbra</i>	
<i>S. cabrilla</i>	
<i>S. scriba</i>	
<i>S. maena</i>	
<i>S. smaris</i>	
<i>S. cantharus</i>	
<i>S. doderleini</i>	
<i>S. mediterraneus</i>	
<i>S. melanocercus</i>	
<i>S. ocellatus</i>	
<i>S. roissali</i>	
<i>S. rostratus</i>	
<i>S. tinca</i>	
<i>S. aurata</i>	
<i>S. viridensis</i>	
<i>T. pavo</i>	

I siti monitorati sono stati individuati all'interno dell'AMP nelle differenti zone di protezione come mostrato in figura 5.

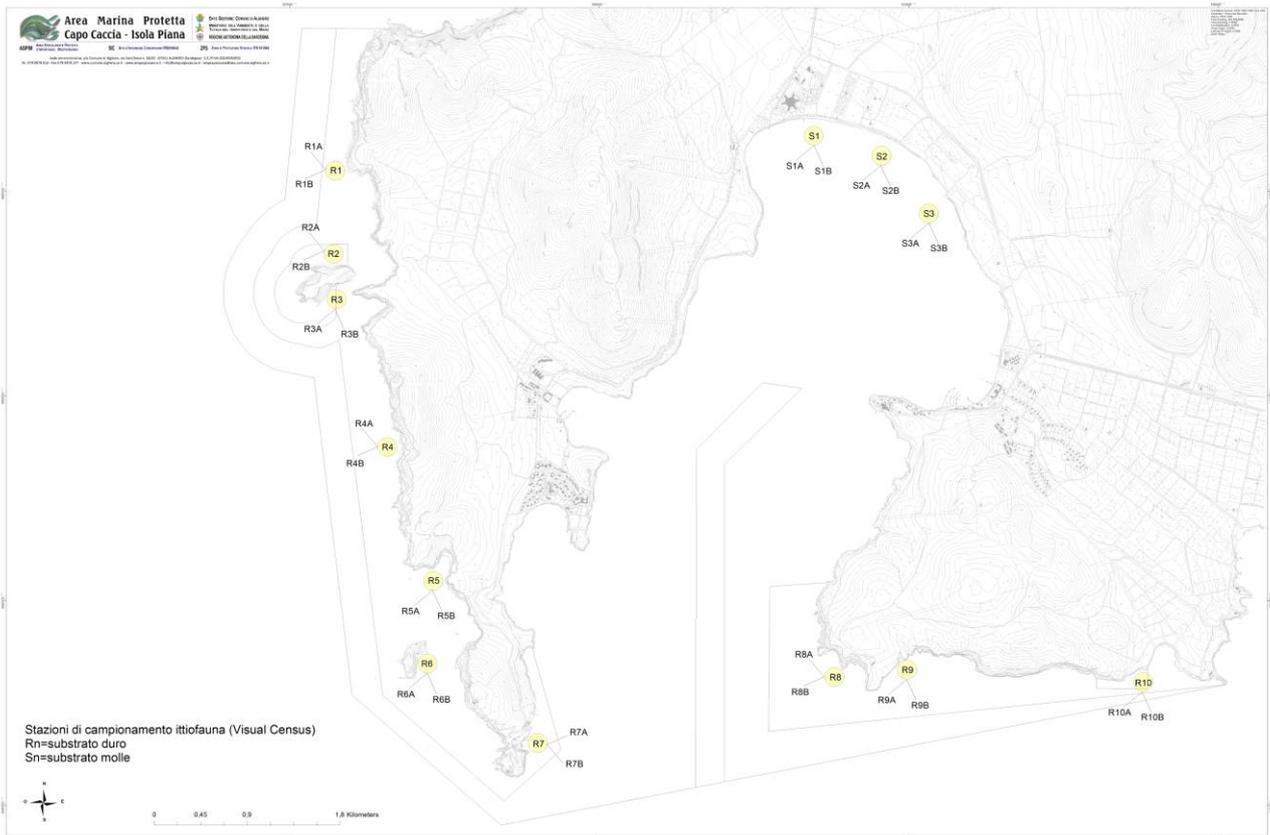


Figura 5: punti campionati tramite visual census

## **2 Fase 1: Contabilizzazione del valore ecologico ed economico del patrimonio ambientale dell'AMP**

### **2.1 Inquadramento metodologico**

Di seguito verrà descritta la metodologia impiegata per la realizzazione della Fase 1 ed i primi risultati ottenuti tramite la sua applicazione nell'AMP. La metodologia descritta consiste in un protocollo standardizzato per la contabilità ambientale e formulato *ad hoc* grazie alla collaborazione tra il gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Genova e il gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope". Il protocollo messo a punto consente di:

- 1) stimare il valore intrinseco del patrimonio ambientale delle AMP come costo sostenuto dall'ambiente, in termini di risorse impiegate, per mantenere le biocenosi in essa presenti, e
- 2) esprimere il valore così ottenuto in termini ecologici (valore emergentico) e monetari in modo da renderlo facilmente comprensibile ed evidente e poterlo integrare in programmi di gestione e sviluppo.

Il protocollo impiegato per la realizzazione della contabilità e qui descritto si compone di diversi passaggi (Franzese et al. 2015) che riprendono quelli delineati nel documento redatto da Federparchi "Contabilità ambientale nelle Aree Marine Protette Italiane" e proposto nel 2014. Il documento di Federparchi descriveva sinteticamente i fondamenti e le procedure necessarie per realizzare una contabilità ambientale basata sulla quantificazione del valore, anche economico, del patrimonio ambientale e dei flussi che lo mantengono.

La Fase 1 è articolata nei seguenti passaggi principali ovvero:

- **Validazione informazioni propedeutiche** raccolte durante la Fase 0
- **Analisi trofodinamica:** stima della produttività primaria alla base della rete trofica che mantiene la biodiversità bentonica e sostiene le diverse biocenosi
- **Valutazione dell'Area di supporto:** stima dell'estensione dell'area bioproduttiva su cui si genera la produttività primaria calcolata nella fase precedente
- **Stima delle risorse ecologiche investite:** valutazione del capitale naturale e dei flussi ambientali che supportano le diverse biocenosi in termini di Emergenza associata ai flussi di risorse naturali (e.g. nutrienti, sole, pioggia) che hanno consentito la formazione del capitale naturale e garantiscono il mantenimento delle diverse biocenosi.
- **Valutazione monetaria:** conversione dei valori emergentici calcolati per il capitale naturale ed i flussi ambientali di supporto alle diverse biocenosi in unità economiche.

#### **2.1.1 Validazione informazioni propedeutiche**

La Fase 1 prevede, secondo il documento presentato da Federparchi:

- a) L'individuazione delle comunità bentoniche presenti nell'AMP (e.g. mediante la consultazione di cartografie biocenotiche) e della fauna ittica ad esse associata (e.g. tramite consultazione di dati da campagne di *visual census*)
- b) L'attribuzione di un valore ecologico ed economico alle diverse biocenosi e all'AMP tramite la modellizzazione della rete trofica di ogni biocenosi e l'applicazione della metodica di contabilità Emergetica.

La modellizzazione della rete trofica nelle biocenosi dell'AMP richiede la quantificazione della biomassa di ogni gruppo tassonomico individuato che insiste su metro quadrato di superficie delle biocenosi individuate. Tali valori di biomassa sono inseriti in appropriati sistemi informatici creando così uno specifico database per la contabilità ambientale.

Per quanto concerne i gruppi bentonici, ad eccezione della fauna ittica, l'individuazione delle comunità bentoniche è stata effettuata durante la Fase 0, Fase durante la quale sono anche state reperite le fonti bibliografiche per il calcolo delle biomasse ad esse associate.

Il primo passaggio della Fase 1 consiste quindi in una attività di riordino, validazione ed eventuale integrazione delle informazioni ottenute e/o ancora mancanti a seguito della Fase 0. In particolare, i criteri da seguire per il reperimento dei dati bibliografici di biomassa nonché quelli per la conversione delle biomasse (bentoniche e ittiche) all'unica unità di misura dei grammi di carbonio sono stati perfezionati e condivisi dai due gruppi di lavoro delle Università di Genova e Napoli.

Il risultato di questo procedimento si è concretizzato in:

- a) verifica e validazione delle fonti bibliografiche riguardanti le biomasse bentoniche reperite nella Fase 0
- b) calcolo delle biomasse associate alla fauna ittica.
- c) verifica e validazione dei fattori di conversione ponderale riguardanti le biomasse bentoniche calcolate nella Fase 0 e le biomasse ittiche calcolate durante la Fase 1

In particolare, per quanto concerne la **verifica e validazione delle fonti bibliografiche riguardanti le biomasse bentoniche reperite nella Fase 0** le fonti bibliografiche preferenziali sono state:

- pubblicazioni riferite all'area in cui è collocata la AMP o in aree limitrofe rispetto a lavori riguardanti aree più ampie e generali;
- lavori riportanti dati di biomassa per unità di area piuttosto che dati di densità.

In assenza di informazioni specifiche sulla AMP, si estende quindi la ricerca a livello regionale, successivamente di bacino secondario (e.g. Tirrenico), parte del bacino mediterraneo (e.g. est/ovest) ecc.

Per quanto concerne il **calcolo delle biomasse associate alla fauna ittica**, possono essere impiegati dati ottenuti tramite campagne di *visual census*. Nello specifico la biomassa viene

ottenuta, come precedentemente descritto, a partire dai dati ottenuti tramite le campagne di *visual census* condotte dall'AMP. A partire dai dati di densità di individui registrati durante il campionamento viene attribuito ad ogni individuo della singola specie un peso medio. In particolare, gli individui vengono classificati sulla base della classe di taglia come appartenenti alle categorie di taglia small (S), medium (M) e large (L). I criteri per l'attribuzione della categoria sono riportati in Tabella 5.

Categoria di taglia	Criterio
S	Lunghezza inferiore al 55% della lunghezza massima
M	Tra il 55% e il 75% della lunghezza massima
L	Lunghezza superiore al 75% della lunghezza massima

Tabella 5: Criteri per l'attribuzione della categoria di taglia, la lunghezza massima per specie viene reperita tramite consultazione di [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

Ad ogni taglia viene attribuito un peso medio tramite l'applicazione di relazioni lunghezza peso (Baker et al. 1993) in cui:

$$P = aL^b \text{ dove:}$$

P= peso in grammi

L= lunghezza in centimetri (lunghezza corrispondente al 45% della lunghezza massima per la categoria S, 65% per la categoria M e 85% per la categoria L)

a, b= costanti specie specifiche ottenute da [www.fishbase.com](http://www.fishbase.com) per ogni specie

Al fine di poter differenziare le biocenosi, le biomasse delle differenti specie censite sono associate alle biocenosi su cui tali specie sono presenti (Tabella 6).

Per quanto concerne la verifica e validazione dei dati dei fattori di conversione ponderale riguardanti le biomasse bentoniche ed ittiche, in caso di presenza di soli dati di densità, la stima di biomassa bentonica viene ricavata moltiplicando le densità di ogni macro-gruppo, in ogni biocenosi per dei fattori di peso individuale ricavati da fonti bibliografiche. Nello specifico si è scelto di utilizzare i fattori ottenuti da Brey (1990) e Goren (1980).

	Sabbie fini infralitorali di moda calma	Emifotofle delle superfici in roccia infralitorale	Fotofle su roccia in moda calma	Sciafile infralitorali su roccia	Caulerpa cilindracea densa	Coralligeno	Intramatte	Matte morta a Posidonia oceanica	Posidonia su roccia	Sabbie Medie -Infracalitorale - Alghe Brune	Sabbie Medie -Infracalitorale- Spatangidi	Sabbie Medie -Infracalitorale - Megaripples	Popolamento misto a C. cilindracea e C. prolifera	Posidonia oceanica	Posidonia oceanica (recif barrier)	Precoralligeno	Sabbia Ciotoli e Feltro Algale	Sabbia Ciotoli Fango e Feltro Algale	Sabbie medie - Feoficee filamentose nastriformi
<i>A. imberbis</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>C. julis</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>C. conger</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. labrax</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>D. annularis</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
<i>D. puntazzo</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
<i>D. sargus</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
<i>D. vulgaris</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>E. costae</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>E. marginatus</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>G. cruentatus</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>L. merula</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>L. viridis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>L. mixtus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>M. surmuletus</i>	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>M. helena</i>	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>P. gattoruggine</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>P. rouxi</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. salpa</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. porcus</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. scrofa</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. maderensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. notata</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. umbra</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. cabrilla</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>S. scriba</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. cantharus</i>	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. dodderleini</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>S. mediterraneus</i>	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. melanocercus</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>S. ocellatus</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>S. roissali</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>S. rostratus</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>S. tinca</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>S. aurata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0

Tabella 6: Presenza ed assenza delle specie individuate tramite visual census, le "x" indicano presenza nella biocenosi

Ottenuto il dato di biomassa in peso, umido, secco, secco senza ceneri, i dati devono essere uniformati all'unità di misura dei grammi di carbonio per unità di area (gC/m<sup>2</sup>).

La trasformazione richiede dapprima la conversione dei pesi umidi o secchi in peso secco senza ceneri (AFDW, ash free dry weight), che viene ulteriormente trasformato in corrispondente contenuto in carbonio.

A tale scopo vengono impiegati i fattori di conversione pubblicati da Brey (2016) sia per il benthos sia per la fauna ittica. Per quanto concerne la fauna ittica i fattori di conversione vengono ricercati

per singola specie all'interno della matrice proposta da Brey (2016); se la specie non è presente si procede alla ricerca per i taxa superiori a partire dal genere.

Sulla base di questi criteri vengono ottenute per ogni biocenosi delle tabelle in cui ad ogni taxon viene attribuita la corrispondente biomassa dalla sintesi delle quali si ottiene un'unica matrice relativa a tutte le biocenosi presenti in AMP e le corrispondenti biomasse bentoniche ed ittiche.

Il database delle biomasse rappresenta la base di partenza per l'implementazione dei successivi passaggi della Fase 1 che si basano sullo schema rappresentato in Figura 6.

Il database viene inserito in appositi sistemi informativi propedeutici alla realizzazione della Fase 6.

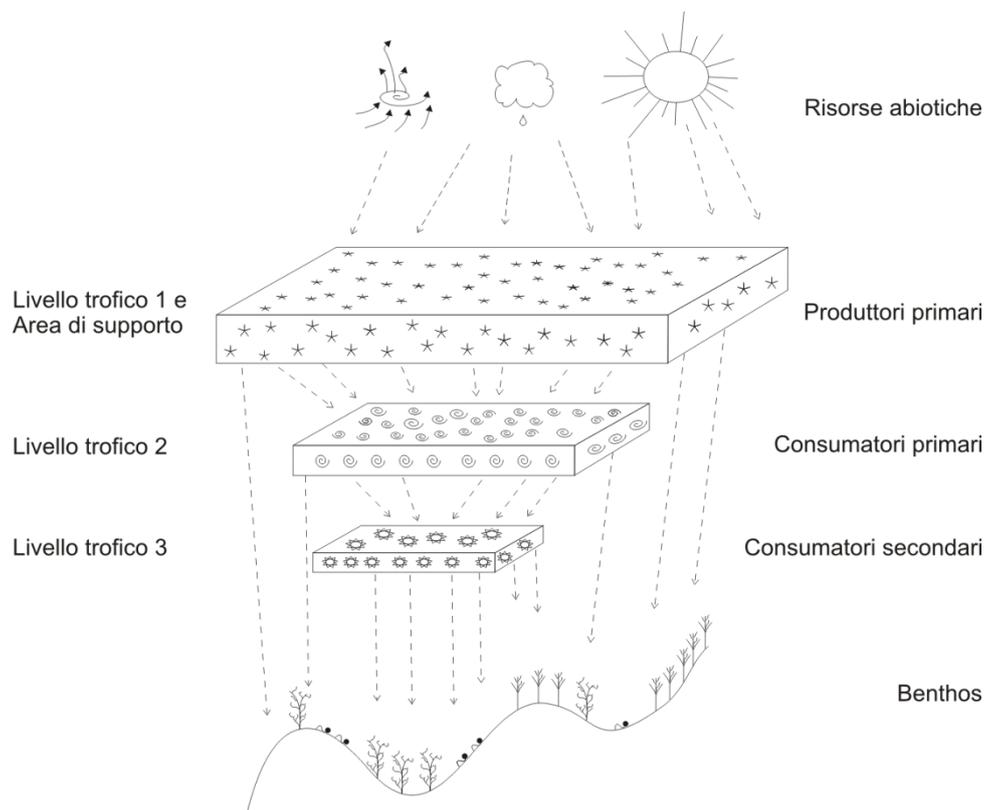


Figura 6: schema concettuale della metodologia applicata

### 2.1.2 **Analisi trofodinamica: modellizzazione della rete trofica di ogni biocenosi**

Dopo aver identificato i gruppi tassonomici e i corrispondenti valori di biomassa si procede all'attribuzione di un livello trofico ad ogni gruppo. I livelli trofici dei gruppi bentonici sono calcolati tramite simulazioni realizzate per mezzo del software Matlab® o reperiti in bibliografia mentre i livelli trofici delle specie ittiche sono stati individuati su [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).

Il concetto di livello trofico è stato introdotto da Lindeman (1942). Il livello trofico non deve essere necessariamente un numero intero, come proposto da Lindeman stesso, ma può essere un numero frazionario (e.g. 1.3; 2.7) come proposto da Odum e Heald (1975). Un metodo per la valutazione del livello trofico è stato proposto da Christensen et al. (2000). Tale metodo assegna il valore 1 ai produttori e agli organismi detritivori e un valore maggiore di 1 ai consumatori. Un consumatore che si ciba del 40% di piante (aventi livello trofico= 1) e del 60% di erbivori (con livello trofico= 2) avrà, quindi, un livello trofico pari a:  $1+(0.4 \times 1 + 0.6 \times 2) = 2.6$ .

### Valutazione della produttività primaria (P) di supporto

La produttività primaria che sostiene la rete trofica può essere calcolata tramite l'applicazione di un approccio appositamente formulato e sviluppato sulla base della metodologia individuata da Pauly e Christensen (1995). Pauly e Christensen (1995) formularono un approccio per stimare la produttività primaria richiesta per mantenere la produzione ittica mondiale secondo due parametri:

- livello trofico delle specie prelevate
- tasso di trasferimento dell'energia da un livello trofico al successivo, assunto da Pauly e Christensen (1995) pari al 10%.

Noti questi fattori la produttività primaria può essere calcolata come:

$$P=B*10^{(T-1)} \text{ dove}$$

P= produttività primaria alla base della catena trofica

B= biomassa di ogni gruppo trofico presente all'interno della biocenosi

T= livello trofico

Nello specifico caso il tasso di efficienza di trasferimento tra i vari livelli trofici è stato assunto pari al 15% trattandosi di sistemi costieri (Christensen e Pauly 1993).

La formula del calcolo per la produttività primaria che sostiene la biocenosi diviene quindi

$$P=B*7^{(T-1)}$$

In questo modo, partendo dai valori di biomassa è possibile calcolare tutta la produttività primaria, in termini di quantità di carbonio, che è stata necessaria per ottenere la biomassa stoccata di ogni gruppo trofico e successivamente quella che sostiene annualmente la biocenosi. La prima quantità viene utilizzata per il computo del valore del capitale della biocenosi, la seconda per il calcolo dei flussi annui.

### Calcolo della quantità di nutrienti associati al capitale

Dopo aver trasformato la biomassa di ogni gruppo trofico nella corrispondente quantità di produttività primaria che la ha sostenuta è possibile calcolare la produttività primaria che ha sostenuto il capitale nel tempo e nello spazio consentendo lo stoccaggio all'interno di ogni biocenosi come:

$$P_{tot}=PE+ PA \text{ dove}$$

PE è la somma tra le produttività primarie associate ai diversi gruppi di eterotrofi e

PA è la biomassa di autotrofi presente all'interno di ogni biocenosi. La biomassa degli autotrofi è stata considerata come somma di mycrofitobenthos, phytoplankton, fanerogame, macrofite ed eventuali epifiti.

La biomassa di fitoplancton ( $B_{\text{fito}}$ ) per unità di area è stata considerata costante in tutte le biocenosi e pari a  $0.69\text{gC}/\text{m}^2$ . Questo valore è ottenuto come:

$$B_{\text{fito}} = P_{\text{fito}} / (P/B)_{\text{fito}} \text{ dove}$$

$P_{\text{fito}}$  = produttività primaria residua del fitoplancton al netto del consumo.

$(P/B)_{\text{fito}}$  = rapporto produzione su biomassa pari a 161.72 (Corrales et al. 2015)

La produttività primaria fitoplanctonica per unità di area è stata individuata da Charpy-Roubaud e Sournia (1990) come compresa tra 50 e  $300\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ . Si è quindi assunto un valore medio pari a  $175\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$  a cui è stata sottratta la parte relativa al consumo zooplanctonico pari al 36.7% (Corrales et al. 2015)

Anche la biomassa microfitobenthos per unità di area è stata considerata costante in tutte le biocenosi aventi dei produttori e pari a circa  $24\text{gC}/\text{m}^2$ . Questo valore è ottenuto come:

$$B_{\text{micro}} = P_{\text{micro}} / (P/B)_{\text{micro}} \text{ dove}$$

$P_{\text{micro}}$  = produttività primaria del microfitobenthos individuata da Charpy-Roubaud e Sournia (1990) pari a  $100\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$

$(P/B)_{\text{micro}}$  = rapporto produzione su biomassa pari a 4.2 (Corrales et al. 2015)

A partire dal calcolo della quantità di carbonio è possibile stimare la quantità dei nutrienti (azoto e fosforo) che hanno consentito la generazione della produttività primaria che ha mantenuto la biomassa. Le quantità di azoto e fosforo associate alla produttività primaria necessaria per generare la biomassa del capitale sono calcolate utilizzando il rapporto di Redfield et al. (1963) secondo cui negli organismi azoto e fosforo sono contenuti nelle seguenti proporzioni:

C:N:P → 106:16:1 (rapporto molare)

C:N:P → 41:7:1 (rapporto di massa)

Nello specifico è stato impiegato il rapporto di massa.

#### Calcolo della quantità di nutrienti associati ai flussi

Note le biomasse di produttori e consumatori all'interno delle singole biocenosi è possibile realizzare un bilancio riguardante i flussi annui di produzione e consumo all'interno della stessa.

A tale scopo è necessario reperire in bibliografia i fattori di produzione su biomassa (P/B) per i produttori e di consumo su biomassa (Q/B) per i consumatori.

I fattori utilizzati per il benthos ed i relativi riferimenti bibliografici sono riportati in Tabella 7 (Corrales et al. 2015; Paoli et al. 2016)

	P/B (a <sup>-1</sup> )	Q/B (a <sup>-1</sup> )	Riferimenti
Algae	1.08	0	Corrales et al. 2015
Cymodocea nodosa	2.35	0	Corrales et al. 2015
Posidonia oceanica	2.35	0	Corrales et al. 2015
Foraminifera	5.81	29.05	Opitz 1996; Kroon et al. 1993
Porifera	0.9	4.5	Opitz 1996; Palomares et al. 2005; Pinkerton et al. 2008
Cnidaria	1.17	5.85	Opitz 1996; Okey et al. 2004a, b; Palomares et al. 2005; Ortiz et al. 2013
Mollusca	2.18	10.9	Christensen and Pauly 1993; Opitz 1996; Okey et al. 2004a, b; Hotchkiss 2007; Selleslagh et al. 2012; Bănaru et al. 2013
Annelida	2.17	10.85	Wolff and Wolff 1977; Ménard et al. 1989; Ambrogi 1990; Gillet 1993; Palomares et al. 2005; Ait Alla et al. 2006; Coll et al. 2006 a e b, 2008, 2009; de Souzal and Borzone 2007; Rouhi et al. 2008; Daas et al. 2011; Selleslagh et al. 2012; Ortiz et al. 2013
Sipuncula	2.47	12.35	Okey et al. 2004a, b; Palomares et al. 2005; Bănaru et al. 2013; Ortiz et al. 2013
Crustacea	2.73	13.65	Opitz 1996; Vetter 1996; Palomares et al. 2005; Tecchio et al. 2013
Bryozoa	2.3	11.5	Opitz 1996
Echinodermata	1.12	5.6	Christensen and Pauly 1993; Opitz 1996; Okey et al. 2004a, b; Palomares et al. 2005; Pedersen et al. 2008; Bănaru et al. 2013
Tunicata	1.3	6.5	Opitz 1996; Palomares et al. 2005
Altri	3.6	18	Christensen and Pauly 1993; Okey et al. 2004 a, b; Coll et al. 2006 a e b, 2008, 2009; Pedersen et al. 2008; Pinkerton et al. 2008; Liu et al. 2009; Bănaru et al. 2013; Tecchio et al. 2013

Tabella 7: Fattori di P/B e Q/B impiegati nell'analisi e riferimenti bibliografici

I fattori di Q/B per le specie ittiche considerate sono invece stati calcolati come media, per ogni specie, dei fattori riportati in letteratura (Prado et al. 2013; Diaz Lopez et al. 2008; Bayle-Sempere et al. 2013; Lasalle et al. 2011; Heymans et al. 2009; Coll et al. 2006 a e b; Coll et al. 2007; Coll et al. 2008; Piroddi et al. 2010; Corrales et al. 2015; Pinnegar and Polounin 2004; Lercari et al. 2007; Torres et al. 2013).

Moltiplicando quindi la biomassa di autotrofi stoccata nella biocenosi per il corrispondente P/B si ottiene il totale di produttività annua generato all'interno della biocenosi.

Allo stesso modo, dalla moltiplicazione tra la biomassa di eterotrofi e il corrispondente Q/B si ottiene la biomassa di prede consumate da ogni gruppo funzionale e tramite la formula

$$P=B*7^{(T-2)}$$

la produttività primaria che necessaria per sostenere il consumo di prede necessario ad un certo gruppo trofico. Il massimo tra i quantitativi di carbonio così calcolati e associati ai diversi gruppi fornirà la richiesta di produttività primaria annua della biocenosi che potrà essere confrontata con la produzione necessaria per capire se la biocenosi genera una quantità di autotrofi sufficiente per sostenere i consumi degli eterotrofi o meno.

Analogamente a quanto detto per il capitale, i valori di produttività annua calcolati come grammi di carbonio sono utilizzati per stimare le quantità di altri nutrienti (azoto e fosforo) che hanno consentito la generazione della produttività primaria totale annua alla base dei consumi. Le quantità di azoto e fosforo associate alla produttività primaria annua sono state calcolate utilizzando lo stesso rapporto di massa C:N:P → 41:7:1 (Redfield et al. 1963).

### 2.1.3 **Valutazione dell'area di supporto**

I valori relativi alla produttività primaria associati a capitale e flussi delle biocenosi devono essere, in questa fase, divisi per dei valori di produttività primaria generata per unità di area.

Questa operazione consente di ricavare una misura di superficie. Questa superficie, definita “di supporto” rappresenta, idealmente, l'area sulla quale hanno insistito i flussi naturali che hanno consentito la formazione della produttività primaria calcolata ed associata a capitale e flussi.

#### Calcolo dell'area di supporto per il capitale

Nel caso del capitale, l'area di supporto coincide con l'area fisica che ha consentito la formazione degli stock autotrofi ed eterotrofi nelle diverse biocenosi.

Per i due comparti (autotrofo ed eterotrofo) viene inoltre calcolato il tempo minimo di formazione dello stock di biomassa presente.

Per il comparto autotrofo il tempo minimo viene stimato come reciproco del rapporto P/B dei diversi autotrofi presenti in ciascuna biocenosi. Tale rapporto può essere considerato una stima dell'età media della popolazione (Allen 1971). Il totale del tempo necessario sarà dato dalla somma dei tempi così ottenuti.

Per il comparto eterotrofo il tempo di formazione viene calcolato come rapporto tra la somma della produttività primaria che ha sostenuto gli stock eterotrofi (espressa in  $\text{gC m}^{-2}$ ) e un tasso di produttività media degli ambienti marini bentonici (espressa in  $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ ).

Il tasso di produttività media è pari a  $650 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$  ed è stato calcolato come somma della produttività media di macrofite, fanerogame e fitoplancton (Charpy-Roubaud e Sournia 1990).

#### Calcolo dell'area di supporto per i flussi

Per quanto concerne il calcolo della superficie su cui si genera la produttività primaria che mantiene i consumi annui delle biocenosi è in primo luogo necessario eseguire un bilancio in

merito alla produttività interna degli autotrofi ( $p_a$ ) e la produttività primaria richiesta dagli eterotrofi ( $p_e$ ) a livello di AMP e di singola biocenosi.

A livello di AMP si possono quindi manifestare diversi casi:

- $P_{a_{AMP}} \geq p_{e_{AMP}}$ : l'AMP genera una produttività primaria superiore alla richiesta eterotrofa e si trova in bilancio, se i due flussi annui sono uguali, o in surplus, se si ha un resto di produttività che viene quindi esportato a sistemi esterni
- $P_{a_{AMP}} < p_{e_{AMP}}$ : l'AMP genera una produttività primaria inferiore alla richiesta eterotrofa e si trova in deficit, necessitando di contributi da biocenosi esterne per potere mantenere i propri eterotrofi

Per i due casi il computo viene realizzato con una specifica metodologia di seguito descritta.

### **Caso 1: AMP in surplus**

Per calcolare le aree di supporto delle diverse biocenosi si esegue bilancio sui flussi analogo a quello effettuato a livello di AMP da cui possono originarsi diverse situazioni:

- $P_{a_{bioc}} \geq p_{e_{bioc}}$ : la biocenosi genera una produttività primaria uguale o superiore alla richiesta eterotrofa e si trova in bilancio o surplus
- $P_{a_{bioc}} < p_{e_{bioc}}$ : la biocenosi genera una produttività primaria inferiore alla richiesta eterotrofa e si trova in deficit
- Nel caso in cui la biocenosi si trovi in surplus (o bilancio) si considera, quale area di supporto, quella in grado di generare la aliquota di produttività necessaria agli eterotrofi della biocenosi stessa.
- Nel caso in cui la biocenosi si trovi in deficit si considera che tale deficit venga colmato dalle altre biocenosi presenti nella AMP, allocando il surplus rispetto alla richiesta della biocenosi non soddisfatta dagli autotrofi della biocenosi stessa ed attribuendo la corrispondente percentuale al totale di superficie di biocenosi in surplus che genera produttività per le biocenosi in deficit.

Per fare ciò quindi:

- a) si calcola il surplus totale (S) dell'AMP come differenza tra la produttività primaria totale generata dagli autotrofi della AMP e quella consumata dagli eterotrofi nelle biocenosi in surplus:
- b)  $S = p_{a_{AMP}} - p_{e_{AMP}}$
- c) si ottiene per ogni biocenosi in surplus la superficie che mantiene gli eterotrofi come rapporto (per unità di area) tra  $p_{e_{bioc}}$  e  $p_{a_{bioc}}$
- d) si ottiene, per differenza, la superficie fornita da ogni biocenosi in surplus e messa disposizione per altre biocenosi in deficit

- e) si ottiene, sommando questi valori, il totale, a livello di AMP, di superficie fornita dalle biocenosi in surplus e messa a disposizione delle biocenosi in deficit
- f) si calcola la produttività mancante per ogni biocenosi in deficit come:
- g)  $pe_{res} = pe_{bioc} - pa_{bioc}$
- h) si ricava la percentuale di superficie da attribuire al totale di superficie a disposizione come:
- i)  $pe_{res}/surplus$

Tale percentuale dovrà essere applicata alla superficie totale che genera il surplus per allocare ad ogni biocenosi in deficit la corrispondente aliquota.

Un eventuale surplus rimanente verrà considerato come esportato verso sistemi esterni.

### **Caso 2: AMP in deficit**

In questo caso è necessario determinare, in primo luogo, in quali biocenosi il deficit riesca ad essere colmato dal surplus locale.

Per fare ciò si determina un tasso di fornitura di surplus (TF) calcolato come rapporto tra il surplus totale S e la superficie totale di biocenosi in deficit.

Se per una biocenosi TF supera la richiesta di produttività  $pe_{res}$  per unità di area, il deficit può essere colmato. Per queste biocenosi si procede analogamente al caso 1.

Nel caso in cui TF sia invece minore rispetto alla richiesta di produttività per unità di area, il deficit non può essere interamente colmato dall'interno dell'AMP e dunque è necessario un supporto esterno.

Un eventuale surplus restante a seguito della saturazione delle biocenosi in cui  $TF > pe_{res}$  viene quindi allocato nelle biocenosi in deficit rimanenti, che non possono essere saturate, ripartendolo sulla base della superficie fisica occupata dalla singola biocenosi in deficit rispetto al totale di superficie ancora in deficit.

Infine, per colmare l'ulteriore deficit ancora restante di biocenosi non saturate internamente si è considerata una produttività primaria importata e generata da biocenosi esterne all'AMP per le quali si assume lo stesso tasso di produttività considerato per il calcolo del capitale e pari a  $650 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ .

### **Caso 3: Scenari**

La metodologia di base finora descritta potrà essere eventualmente modificata nel caso in cui siano presenti nella AMP investigata particolari caratteristiche, ad esempio a livello idrodinamico, morfologico di impatto antropico, che inducano a individuare una compartimentazione delle aree o particolari configurazioni riguardanti i flussi di risorse scambiati tra le biocenosi.

Tali modifiche potranno essere apportate all'interno di scenari i cui risultati dovranno essere presentati in parallelo a quelli della metodologia di base.

#### 2.1.4 **Stima delle risorse ecologiche investite**

Le procedure del precedente paragrafo consentono il calcolo della superficie totale su cui hanno insistito, nel tempo e nello spazio, i flussi di risorse naturali necessari a generare la biomassa ed i flussi naturali che mantengono i consumi dell'AMP.

Le risorse naturali che supportano le biocenosi dell'AMP saranno calcolate mediante l'applicazione della metodologia denominata analisi emergetica.

L'analisi emergetica (emergy analysis) è una metodologia termodinamica introdotta negli anni '80 da H.T. Odum (1996). Questa metodologia è in grado di mettere in luce i rapporti di dipendenza tra ecosistema naturale ed economia umana e consente il calcolo di un set di indicatori per la valutazione della performance e della sostenibilità ambientale di un sistema naturale o di un processo produttivo. L'analisi emergetica considera sia gli aspetti economici sia quelli ambientali di un processo, del prodotto che se ne ottiene o più in generale di un intero sistema al fine di valutarne l'efficienza ed il livello di sostenibilità.

L'analisi emergetica prevede un cambio di paradigma rispetto alle analisi energetiche classiche che si limitano alla valutazione dell'energia che è possibile ottenere da un certo prodotto (entropia + exergia). Con questa analisi l'attenzione si focalizza invece sull'energia che è stata necessaria per ottenere un prodotto, per meglio caratterizzarlo da un punto di vista ambientale (nella più ampia concezione possibile). In molti casi, infatti, ci si riferisce al concetto di emergy come ad una "memoria energetica".

I concetti di emergy solare e solar transformity (Odum 1988; 1996) sono alla base di questa metodologia volta a determinare il rendimento, l'impatto e la sostenibilità ambientale di un sistema investigato.

In termini più rigorosi l'emergy è definita come la quantità di energia solare necessaria (direttamente o indirettamente) per realizzare un certo prodotto e si misura in solar emergy Joule (seJ).

Generalmente ogni sistema riceve in input diversi tipi di energia di minor qualità per generare un tipo di energia di livello più elevato, in grado di realizzare una funzione di controllo sull'intero sistema. Ad esempio, un Joule di energia solare, un Joule di carbone e un Joule di energia elettrica rappresentano la stessa quantità di energia ma hanno diversa qualità, nel senso che le loro potenzialità sono diverse. In altre parole, le diverse forme di energia non hanno la stessa capacità di compiere lavoro e possono pertanto sostenere lavori molto diversi per unità di input. Alla luce di questa riflessione, appare evidente l'impossibilità di esprimere il valore energetico della radiazione solare e quello di altre tipologie energetiche (combustibili fossili, elettrica, ecc.) in Joule di calore e poi sostenere che ciascun Joule sia uguale nella sua capacità di produrre lavoro.

Poiché molti joule di energia di bassa qualità sono necessari per ottenere pochi joule di energia di qualità più elevata, è stato introdotto il concetto di transformity per dare una possibile misura alla posizione gerarchica delle diverse tipologie energetiche (Odum 1996).

La trasformity è una grandezza intensiva data dal rapporto fra l'emergia di un prodotto e il suo contenuto energetico in Joule è una grandezza intensiva chiamata transformity (seJ/J). La transformity di un prodotto è tanto più elevata quante più trasformazioni sono necessarie per ottenerlo. Poichè durante ogni processo di trasformazione l'energia decresce (dispersione) e l'emergia cresce (aumento di energia utilizzata) la trasformity è un indicatore estremamente sensibile. Quando questo rapporto è espresso in seJ/U.M., dove U.M. è una qualsivoglia unità di misura (e.g. grammi) esso prende il nome di *Unit Emery Values* (UEV) (Paoli et al. 2013).

In questo modo gli input, i flussi che alimentano un sistema, naturale od antropico, e gli output, solitamente espressi in diverse unità di misura, vengono uniformati all'unico comune denominatore dell'energia solare, motore principale di tutti i processi che si svolgono nella biosfera. Questo permette di considerare, all'interno della stessa analisi, fattori comunemente considerati in stridente contrasto come quelli economici e quelli ambientali che in questo caso, invece, concorrono insieme ad una valutazione del livello di efficienza e sostenibilità dell'oggetto dell'analisi (Paoli et al. 2006).

### L'Algebra dell'Emergia

Formalmente possiamo scrivere che l'emergia U di un flusso o di un prodotto K vale:

$$U_k = \sum_i Tr_i * E_i$$

dove  $E_i$  è il contenuto energetico dell'i-esimo input e  $Tr_i$  è la sua transformity, definita dalla relazione:

$$Tr_i = U_i / E_i$$

La valutazione emergetica viene condotta secondo una serie di regole di base che consentono di calcolare correttamente il valore emergetico dei flussi di materia, energia e denaro. L'insieme di queste regole è stato denominato "Algebra Emergetica" (Odum 1996).

In sintesi, le principali regole da seguire sono:

1. tutta l'emergia fornita ad un processo è assegnata al prodotto o ai prodotti del processo;
2. a tutti i co-prodotti di un processo si assegna la stessa emergia, pari a quella fornita dagli input;
3. quando un flusso si divide, mantenendo costanti le proprie caratteristiche chimico-fisiche (split), a ciascun
  - a) flusso risultante viene assegnata una quantità di emergia proporzionale all'energia su ciascun percorso (o ad altra proprietà caratteristica, come ad esempio la massa o l'exergia);

4. l'emergia non può essere contata due volte in un sistema.

L'emergia dei flussi di retroazione non deve essere contata nuovamente come input. L'emergia dei co-prodotti i cui flussi convergono nuovamente non deve essere sommata. Si conterà solo il più grande dei flussi convergenti.

Realizzazione di una analisi emergetica: fasi principali

La valutazione effettiva del valore emergetico di un prodotto (o di un processo) è stata standardizzata da Odum (1996) e prevede alcuni passi fondamentali per il completamento dell'analisi:

- inventario delle risorse che alimentano il sistema;
- costruzione delle tabelle emergetiche;
- calcolo dell'emergia;
- definizione di indici;

Inventario delle risorse che alimentano il sistema

In questo specifico caso il sistema è costituito dalla biomassa presente all'interno delle biocenosi dell'AMP e dai flussi annui che la mantengono, entrambi trasformati con le procedure delineate nei paragrafi precedenti, in produttività primaria equivalente.

È stato quindi necessario individuare tutte le risorse naturali che consentono la creazione di tale produttività primaria ovvero:

- |            |                     |
|------------|---------------------|
| ○ Carbonio | ○ Pioggia           |
| ○ Azoto    | ○ Correnti          |
| ○ Fosforo  | ○ Calore geotermico |
| ○ Sole     | ○ Maree             |
| ○ Vento    | ○ Runoff            |

Carbonio, azoto e fosforo vengono prelevati dall'ambiente e fissati all'interno della materia organica.

L'energia solare fornisce la luce necessaria per il processo fotosintetico mentre il vento e le correnti contribuiscono all'ossigenazione delle acque. Pioggia, runoff, calore geotermico e maree vengono considerati nel computo in termini di energia fornita in quanto contribuiscono, anche indirettamente, al mantenimento delle biocenosi e della biomassa che si trova in esse, nello stato analizzato.

Le formule di calcolo utilizzate per la valutazione quantitativa di questi input sono riportate in Tabella 8:

Elemento	Formula utilizzata	U.M.	Rif.
<b>Carbonio</b>	Quantità associata alla produttività primaria di mantenimento e/o generata nella biocenosi	g	Questo studio
<b>Azoto</b>	Carbonio/41*7	g	Redfield et al. 1963
<b>Fosforo</b>	Carbonio/41	g	Redfield et al. 1963
<b>Sole</b>	Radiazione solare per unità di area*(1-Albedo su mare)*Area di supporto	J	Odum, 1996
<b>Pioggia (potenziale chimico)</b>	Altezza pioggia caduta*numero Gibbs* Densità acqua*Area di supporto	J	Odum, 1996
<b>Vento</b>	(Velocità vento*coefficiente geostrofico) <sup>3</sup> *coefficiente di trascinamento*densità aria* secondi all'anno*Area di supporto	J	Campbell et al. 2005
<b>Correnti (energia cinetica)</b>	1/2*altezza evaporata per unità di area*densità acqua di mare*(velocità corrente) <sup>2</sup> *Area di supporto	J	Odum 2000
<b>Calore geotermico</b>	Flusso di calore geotermico per unità di area* Area di supporto	J	Brown e Bardi 2001
<b>Maree</b>	1/2*Numero maree anno*(Altezza escursione mareale) <sup>2</sup> *densità acqua di mare* gravità*Area di supporto	J	Odum 1996
<b>Runoff</b>	(Volume pioggia caduta nel bacino idrografico-volume pioggia evaporata- volume acqua alla falda)*densità acqua* numero Gibbs* Area di supporto	J	Brown e Bardi 2001

Tabella 8: Formule impiegate per il calcolo degli input emergetici

### Costruzione delle tabelle emergetiche

Dopo aver effettuato il computo quantitativo degli input che alimentano il sistema si procede alla costruzione delle tabelle emergetiche per il calcolo del valore ecologico ed economico di capitale e flussi.

A tale scopo viene impiegato un formato a 5 colonne come suggerito da Odum (riportato in Tabella 9).

1	2	3	4	5
Nome elemento	Valore	Unità di misura	Transformity o UEV	Energia solare

Tabella 9: Esempio di tabella per il calcolo del valore emergetico

**Colonna 1:** elemento. Nome attribuito ad ogni elemento considerato nell'analisi.

**Colonna 2:** valore. Per ogni elemento considerato inserire il valore del flusso energetico in unità di misura classiche (Joule, grammi, Euro, etc). Convenzionalmente l'intervallo di tempo considerato per la valutazione dei flussi energetici è di un anno solare. Questo consente di evitare errori dovuti ad eventuali fluttuazioni stagionali e di uniformarsi agli altri studi pubblicati in bibliografia per consentire il confronto reciproco.

**Colonna 3:** Unità di misura

**Colonna 4:** energia solare/unità di misura. Vengono riportate in questa colonna le transformities (o fattori di conversione) corrispondenti all'elemento considerato. Valori di transformities idonei a un gran numero di diversi elementi sono rintracciabili in bibliografia, in particolare sono stati redatti 5 manuali di valutazione emergetica scaricabili dalla rete all'indirizzo:

<http://www.cep.ees.ufl.edu/emergy/publications/folios.shtml>. Transformities non disponibili in questi manuali possono essere ricavate da altre pubblicazioni scientifiche o appositamente calcolate.

Il calcolo delle transformities relative ai processi che avvengono a livello globale è basato su quello relativo alla quantità annuale di emergia che alimenta la biosfera definita Baseline.

La Baseline costituisce il sistema di riferimento dell'emergia, in quanto rappresenta l'ammontare totale di emergia di cui la Terra, ed i processi che in essa avvengono, può usufruire. Da essa dipendono tutte le attività che si svolgono sul nostro pianeta e, per questa ragione, influenza tutte le valutazioni energetiche.

La Baseline viene ricavata considerando un certo numero di fonti di energia primaria indipendenti l'una dall'altra che regolano i processi fondamentali della Terra. Queste fonti sono rappresentate da sole, calore (proveniente sia dal decadimento radioattivo degli elementi sia residuale a seguito dei processi di formazione della Terra) e energia derivante dall'attrazione gravitazionale del Sole e della Luna, che si manifesta con i fenomeni mareali.

Negli ultimi anni numerosi aggiustamenti che riguardano i valori che sono inclusi in queste equazioni (Campbell 2000), sono stati proposti; queste modifiche hanno condotto a due variazioni del valore della Baseline, a partire dal valore originario pari a  $9.44E+24$  sej (Odum 1996).

In questo studio è stata impiegata la Baseline più recente avente valore pari a  $15.2E+24$  sej (Brown e Ulgiati 2010).

Le transformities o UEV impiegate e già trasformate nella baseline di riferimento sono elencate in Tabella 10.

**Colonna 5:** emergia solare (flusso o accumulo). Il valore in questa colonna si ottiene per moltiplicazione dei valori riportati in colonna 2 e colonna 4.

Tramite queste tabelle si calcola l'ammontare totale di risorse che mantengono il processo come somma di tutti gli elementi elencati in colonna 5 e espressi in unità energetiche.

Dividendo il valore complessivo per la superficie occupata dal sistema si ottiene un indice definito "densità energetica" che fornisce una indicazione in merito al consumo di risorse a livello intensivo.

Nel caso delle AMP studiate viene ricavata una valutazione energetica per il maggiore livello di dettaglio possibile sulla base dei dati a disposizione. Nel caso specifico dell'AMP Capo Caccia - Isola Piana si effettua il calcolo a livello di biocenosi e zona di protezione e successivamente, a partire da questi valori si ottiene il computo complessivo, come somma, per l'AMP.

INPUT	UEV (seJ/unità)	RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
C	1.02E+08	Campbell et al. 2014
N	7.40E+09	Da Odum 1996
P	2.86E+10	Da Odum 1996
Sole	1.00E+00	Per definizione
Pioggia	2.93E+04	Da Odum 1996
Vento	2.41E+03	Da Odum 1996
Calore geotermico	2.00E+04	Brown and Ulgiati 2010
Maree	7.20E+04	Brown and Ulgiati 2010
Correnti	3.80E+04	Da Odum 1996
Runoff	6.61E+04	Da Odum 1996

Tabella 10: Elenco delle UEV impiegate nell'analisi

### Calcolo dell'emergia

Come specificato, una volta ottenuto il valore per i differenti si può procedere con il computo dell'emergia complessiva delle singole biocenosi e della AMP.

Il computo deve essere realizzato osservando alcune regole fondamentali della metodologia emergia o meglio dell' "algebra emergetica" che sono:

- tutta l'emergia fornita a un processo è assegnata al prodotto o ai prodotti del processo;
- a tutti i coprodotti di un processo si assegna la stessa emergia equivalente all'emergia totale fornita dagli inputs;
- quando un flusso si divide, mantenendo invariate le sue proprietà chimico fisiche, a ciascun flusso risultante viene assegnata una quantità di emergia proporzionale all'emergia su ciascun percorso;
- l'emergia non può essere contata due volte in un sistema quindi l'emergia dei flussi di retroazione non deve essere contata nuovamente come input e l'emergia dei coprodotti i cui flussi convergono nuovamente non deve essere sommata (si conterà solo il più grande fra i flussi convergenti);

Come conseguenza delle regole enunciate, quando il risultato di un processo sono due coprodotti, cioè due prodotti con differenti caratteristiche chimico-fisiche che non possono essere ottenuti indipendentemente, a ciascuno si attribuisce la stessa emergia (lo stesso costo emergetico), che altro non è se non la quantità di emergia che alimenta l'intero processo. Infatti, se non è possibile generare un prodotto prescindendo dall'ottenimento dell'altro, ciascun prodotto richiede la stessa emergia per essere originato, indipendentemente che si sia portati ad attribuire maggiore importanza (o valore) ad uno dei due per ragioni che nulla hanno a che vedere con la termodinamica.

All'interno dello specifico calcolo vengono considerati coprodotti:

- Carbonio, Azoto e Fosforo
- Sole, Pioggia, Vento e Correnti

All'interno di questi due gruppi di input viene quindi considerato solo il valore massimo. I due risultati sono sommati a maree, calore geotermico, runoff per ottenere il valore energetico totale di capitale e flussi delle biocenosi e della AMP.

### 2.1.5 **Valutazione monetaria**

L'ultimo passaggio del procedimento consiste nella trasformazione dei valori energetici in valori economici. Per fare questo si utilizza un fattore di conversione detto *Emergy money ratio*.

L'Emergy money ratio è definito come emergia per unità monetaria o potere d'acquisto dell'Emergia; si calcola dividendo l'uso complessivo di Emergeia in uno stato per il suo PIL e, per l'Europa, si misura in sej/€ (Brown e Ulgiati 1999). In questo studio viene usato l'emergy money ratio calcolato per l'Italia e pari a 9.06 E11sej/€ (Pereira et al. 2013).

Il valore monetario di un ammontare energetico si può quindi calcolare come rapporto tra tale valore energetico e l'emergy money ratio.

Tutti i risultati ottenuti tramite l'applicazione dei passaggi sopra descritti sono stati inseriti in appositi sistemi informativi in un'ottica di uniformazione del dato anche a livello nazionale e verranno generati e presentati sia in forma tabellare sia mediante rappresentazioni grafiche anche a livello di mappatura che ne consentono una rapida visualizzazione. Questo procedimento è funzionale e propedeutico alla realizzazione della Fase 6.

## 2.2 Risultati

Tutti i passaggi previsti dalla Fase 1 sono stati completati. Nello specifico, tramite la consultazione di fonti bibliografiche raccolte ed analizzate durante la Fase 0 è stato possibile ottenere, per ognuna delle biocenosi presenti all'interno dei limiti dell'AMP, una tabella di biomassa. Si riporta, a titolo di esempio la tabella relativa ai valori di biomassa di una biocenosi (coralligeno - Tabella 11) Le tabelle relative ad ogni biocenosi attualmente ottenute sono il risultato della collaborazione tra Unige e AMP e derivano, come descritto in precedenza, sia dall'analisi della documentazione derivante da precedenti studi svolti dall'AMP sia da ricerca bibliografica. Le tabelle sono state sintetizzate in un unico database dal quale è possibile ottenere i risultati relativamente alla biomassa presente, in termini di carbonio stoccato, all'interno dell'AMP.

	Coralligeno	
	gC/m <sup>2</sup>	%
Alghe	18.66	6.42%
Cymodocea	0.00	0.00%
Posidonia	0.00	0.00%
Bryozoa	8.41	2.90%
Porifera	37.67	12.97%
Cnidaria	196.80	67.74%
Ascidiacea	2.95	1.01%
Foraminifera	0.10	0.03%
Echinodermata	0.00	0.00%
Crustacea	0.01	0.00%
Mollusca	0.66	0.23%
Anellida	6.59	2.27%
Sipunculida	0.00	0.00%
Various	18.66	6.42%
Totale	290.51	100.00%

Tabella 11: Valori biomassa biocenosi coralligeno

Il primo risultato ottenuto grazie all'applicazione della metodologia descritta nel paragrafo precedente riguarda la valutazione delle biomasse e dei flussi annui associati ai diversi gruppi trofici all'interno delle biocenosi espresse in gC/m<sup>2</sup> e quindi in maniera intensiva ed indipendente dagli areali occupati dalle biocenosi.

Si ottiene così il valore intensivo di biomassa autotrofa ed eterotrofa per unità di area (Figura 7).

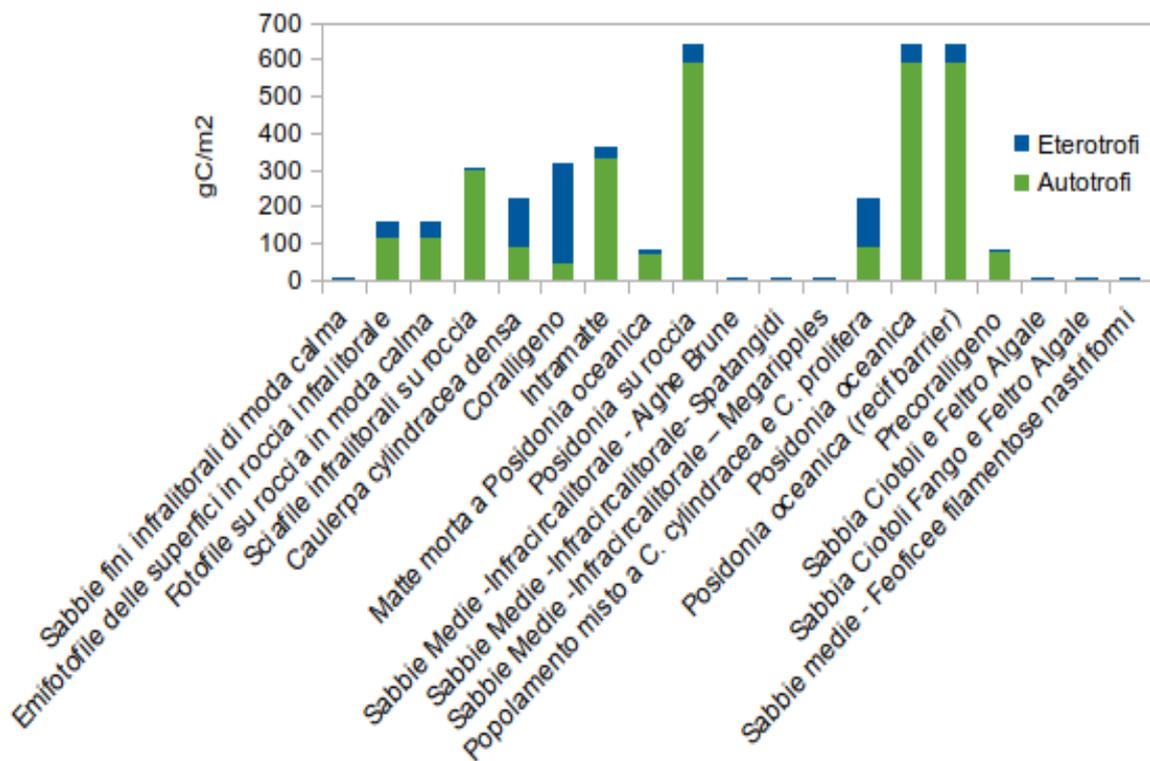


Figura 7: Biomassa per unità di area all'interno delle diverse biocenosi

Moltiplicando i valori intensivi di biomassa per le superfici occupate dalle diverse biocenosi si ricava una stima estensiva dello stock di biomassa totale presente all'interno della AMP.

La biomassa totale del benthos presente nell'AMP è pari a oltre 8'000 tonnellate di carbonio di cui il 91% dovuto a biomassa autotrofa.

Le sole praterie di *Posidonia oceanica* costituiscono il 92% della biomassa bentonica dell'AMP mentre tutte le altre biocenosi contribuiscono alla biomassa totale con percentuali inferiori al 2% (Figura 8).

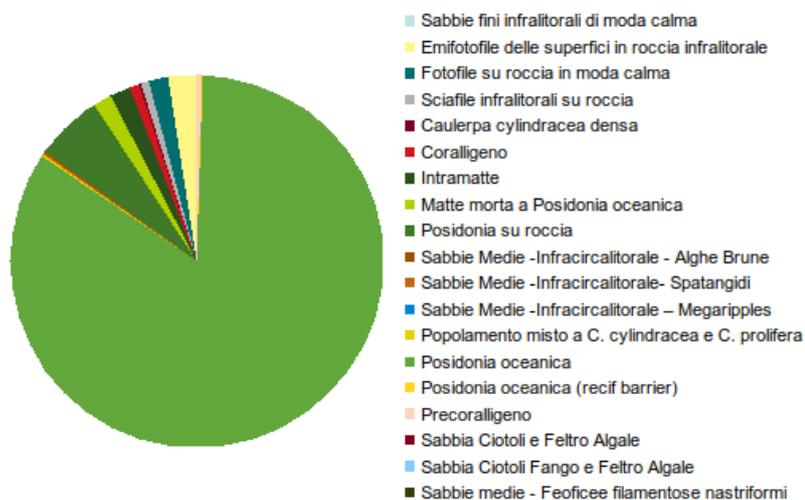


Figura 8: contributo percentuale delle diverse biocenosi alla biomassa totale

Oltre alla valutazione della biomassa degli organismi bentonici si è proceduto alla stima della biomassa associata alla fauna ittica presente nelle biocenosi tramite l'elaborazione dei valori di abbondanza ricavati dalle campagne di *visual census* condotte dall'AMP.

Il dato relativo alla fauna ittica è stato ricavato per le seguenti zone della AMP: zona AO, zona AE, zona BO, zona BE, zona C (Figura 9).

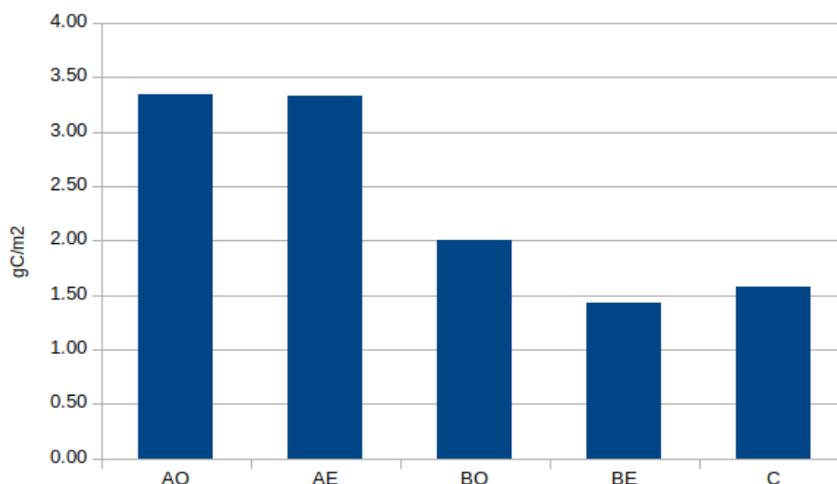


Figura 9: Biomassa ittica per unità di area (gCm<sup>-2</sup>): elaborazioni di dati di visual census

La massima densità di biomassa ittica si riscontra nelle zone A con minime differenze. La zona BE mostra i valori minimi (Figura 9).

Si è inoltre potuta ottenere una stima della biomassa ittica per unità di area all'interno di ogni biocenosi e ogni zona di protezione. La biomassa ittica si concentra prevalentemente sulle biocenosi ad alghe, sulla Posidonia e sul Coralligeno.

Moltiplicando i valori per unità di area per le corrispondenti superfici si ottiene il totale di biomassa ittica in AMP, che è pari a 45 tonnellate di carbonio (Figura 10). Questa quantità complessiva è distribuita principalmente sulle biocenosi a *Posidonia* e in zona C.

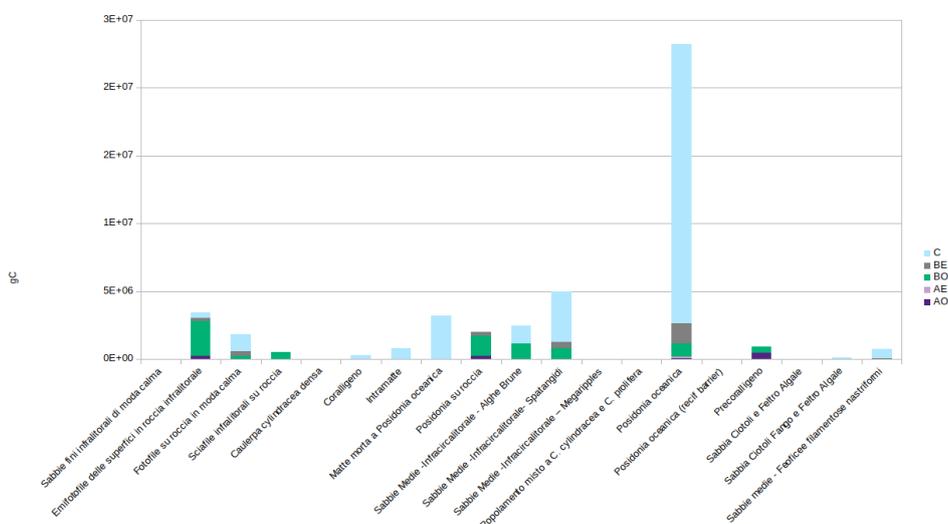


Figura 10: Biomassa ittica e sua distribuzione per biocenosi e zona di protezione

### Analisi trofodinamica: modellizzazione della rete trofica

A partire dai valori di biomassa e consumo è possibile calcolare la produttività primaria alla base della catena trofica che ha consentito nel tempo di creare la biomassa stoccata e che viene richiesta annualmente per mantenere il metabolismo delle biocenosi stesse.

Questo dato è il primo input necessario per la realizzazione della analisi emergetica.

A partire dal calcolo di questo valore è anche possibile valutare se la biocenosi è in grado di mantenersi da sola grazie all'apporto di produttività primaria generata dagli autotrofi in loco o se importa le risorse necessarie da altre biocenosi o dall'esterno.

Anche questo conteggio è necessario per la realizzazione della analisi emergetica poiché permette di calcolare la superficie su cui gli autotrofi necessari alla biocenosi sono stati generati e, conseguentemente, le risorse naturali di cui essi si appropriano relativamente a tale superficie.

Per eseguire questo conto, come descritto nel paragrafo relativo alle metodologie, si fa riferimento alla procedura modificata di Pauly e Christensen (1995).

Per procedere all'applicazione della procedura è stato quindi necessario modellizzare la rete trofica e calcolare i livelli trofici degli organismi presenti in essa; a questo scopo la rete trofica è stata simulata utilizzando il programma Matlab®.

Si è scelto di eseguire la simulazione considerando solo i macro-gruppi delle biocenosi bentoniche escludendo la fauna ittica; per i pesci, infatti, i valori di livello trofico per ciascuna specie sono stati ottenuti da <http://www.fishbase.org>.

### Analisi trofodinamica: Valutazione della produttività primaria di supporto.

#### *Calcolo della quantità di nutrienti associati al capitale*

Secondo l'approccio modificato di Pauly e Christensen (1995) si è quindi proceduto con il calcolo della produttività primaria alla base della catena trofica che nel tempo ha consentito la generazione della biomassa stoccata.

La richiesta di produttività primaria per unità di area per lo stock di biomassa autotrofo ed eterotrofo è mostrata, per ogni biocenosi e tipologia di zona di protezione, in Figura 11.

Le maggiori richieste di produttività primaria di supporto si possono rilevare nelle zone A, dove si riscontrano le massime densità di organismi ad elevato livello trofico. In tutte le zone di protezione, e sia per il solo sistema bentonico sia per quello bentonico ed ittico, le biocenosi del coralligeno mostrano le più elevate richieste di produttività primaria seguite dalle biocenosi a *Posidonia*.

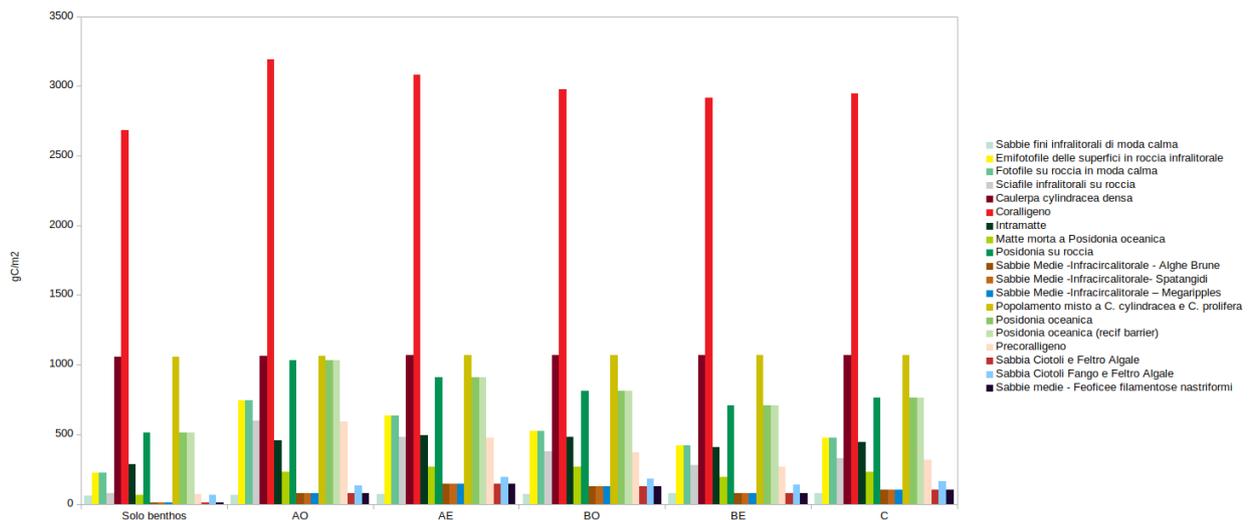


Figura 11: Richiesta totale di produttività primaria per la biomassa presente nelle diverse biocenosi in base alla zona di protezione

### Calcolo della quantità di nutrienti associati ai flussi

Analogamente a quanto effettuato per il capitale e seguendo la procedura descritta nel paragrafo relativo alle metodologie, è possibile calcolare la produttività primaria generata annualmente dagli autotrofi nella AMP e quella richiesta e necessaria, in termini di consumo, per mantenere il metabolismo delle biocenosi. I due risultati possono, poi, essere messi a bilancio.

I valori di biomassa di autotrofi devono, quindi, essere moltiplicati per i corrispondenti P/B e quelli di eterotrofi per i Q/B: in questo modo si quantificano flussi annui, rispettivamente di produzione e consumo, per unità di area, che mantengono l'AMP. In Figura 12 viene raffigurata la produzione generata per biocenosi: gli habitat in cui è presente *Posidonia* risultano essere quelli maggiormente produttivi.

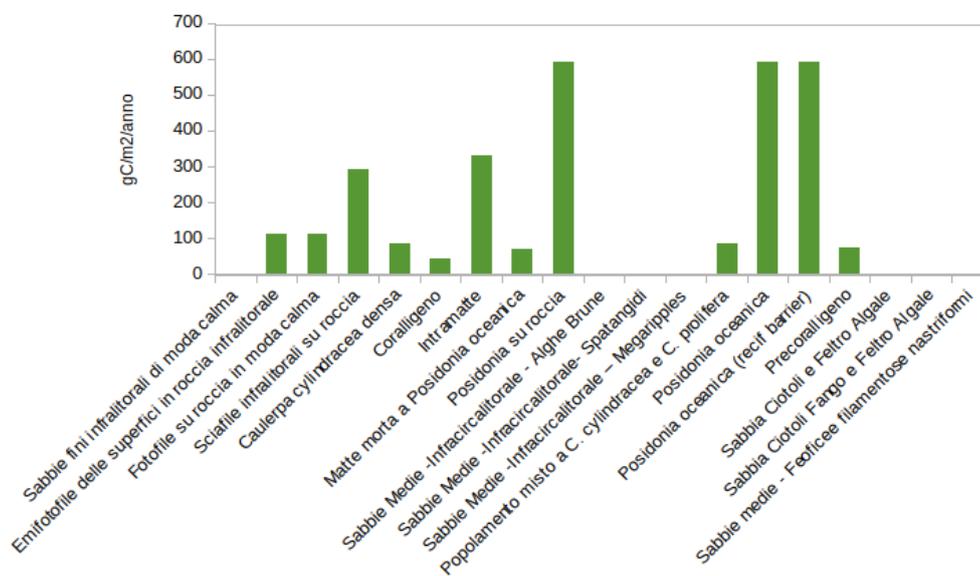


Figura 12: Produttività annua generata per unità di area per biocenosi all'interno dell'AMP

I flussi di consumo possono essere trasformati nella produttività primaria di supporto equivalente che ne consente, tramite il sostentamento della catena trofica, la generazione. Questo computo viene effettuato secondo la metodologia descritta in precedenza ed in maniera analoga a quanto mostrato per le biomasse. Anche in questo caso il conteggio può essere effettuato sia per il solo comparto bentonico sia per il comparto bentonico ed ittico (Figura 13).

Tra i valori di produttività primaria associata al consumo viene selezionato quello massimo per ogni biocenosi (Figura 13), considerando gli organismi come facenti parte della stessa rete trofica.

Le biocenosi a Coralligeno sono quelle i cui eterotrofi richiedono, annualmente, la maggiore quantità di risorse in termini di produttività primaria raggiungendo valori doppi per unità di area rispetto alle alte biocenosi presenti in AMP.

Fra le biocenosi ad alta richiesta di produttività primaria per unità di area, la maggior parte mostra valori invariati quando si considera solo il benthos o il benthos e la fauna ittica e nelle diverse zone di protezione. Questo è dovuto al fatto che il comparto bentonico, per cui non si ha una ripartizione di dettaglio riguardante le diverse zone di protezione richiede i flussi maggiori.

I valori calcolati, moltiplicati per le corrispondenti aree e poi trasformati attraverso le formule precedentemente presentate, forniscono i dati di input per la tabella emergetica di carbonio, azoto e fosforo.

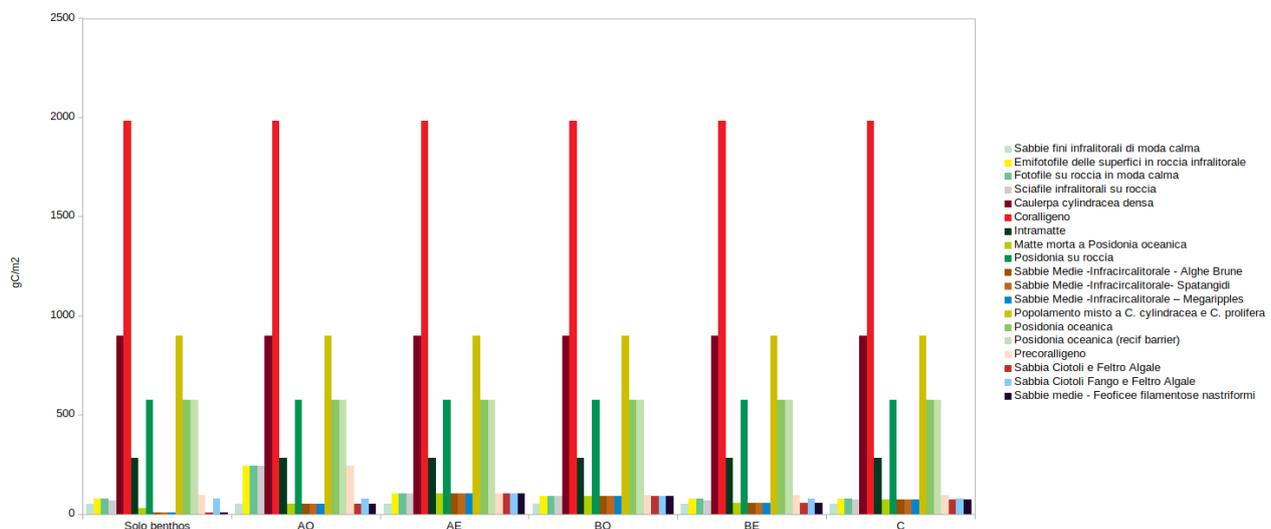


Figura 13: Richiesta di produttività primaria massima associata al consumo degli eterotrofi per il mantenimento dei flussi

### Valutazione dell'Area di supporto

Vengono riportati in questa sezione i risultati relativi al calcolo delle aree di supporto richieste sia per il comparto bentonico sia per quello bentonico ed ittico, per capitale e flussi.

### Calcolo dell'area di supporto per il capitale

In Figura 14 viene mostrato il risultato del computo delle aree di supporto per il capitale autotrofo (in alto) ed eterotrofo (in basso) presenti nelle biocenosi e nelle diverse zone di protezione. La voce solo benthos si riferisce alla superficie di mantenimento complessiva necessaria alla comunità solo bentonica in tutte le aree di protezione.



Figura 14: Aree di supporto calcolate per i capitali autotrofo (diagramma in alto) ed eterotrofo (diagramma in basso) all'interno delle biocenosi e delle zone di protezione analizzate

### Calcolo dell'area di supporto per i flussi

In Figura 15 viene mostrato il bilancio tra produttività interna degli autotrofi e produttività richiesta degli eterotrofi per ogni biocenosi e nelle diverse zone di protezione

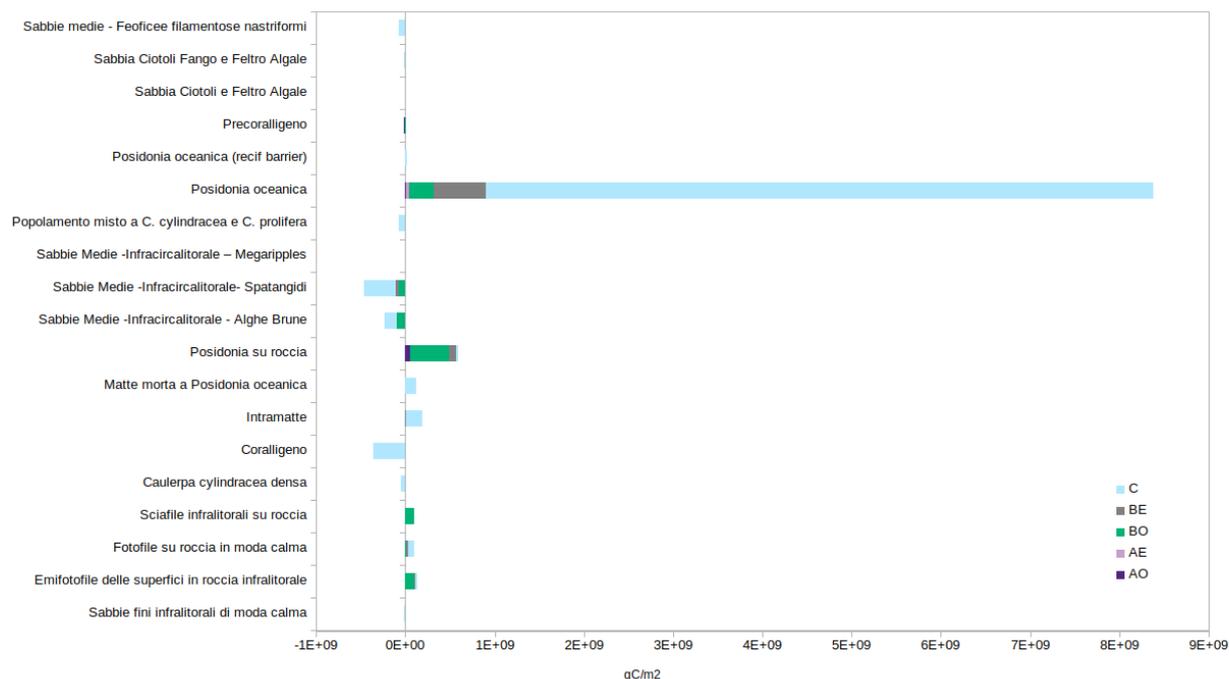


Figura 15: Bilancio tra produttività generata e richiesta per biocenosi e zona di protezione

L'AMP risulta essere complessivamente in surplus poiché le risorse messe a disposizione da parte delle biocenosi in surplus sono sufficienti a saturare la richiesta di quelle in deficit.

Si può anche notare come le biocenosi assumano una tendenza al surplus, o al deficit in quanto in tutte le zone di protezione ciascuna di esse manifesta lo stesso comportamento di "sorgente" o "pozzo" di produttività primaria.

Se si analizza il bilancio complessivo per zona di protezione si rileva che tutte le zone di protezione sono in surplus.

### Analisi Energetica

I risultati ottenuti nelle fasi precedenti sono quindi stati utilizzati per calcolare gli input in entrata per l'analisi energetica secondo le formule riportate in Tabella 8.

Sono state quindi ottenuti i seguenti risultati:

- Valutazione energetica ed economica del capitale bentonico
- Valutazione energetica ed economica del capitale bentonico ed ittico
- Valutazione energetica ed economica dei flussi associati al capitale bentonico
- Valutazione energetica ed economica dei flussi associati al capitale bentonico ed ittico

Questi risultati sono stati sintetizzati in Tabella 12: il valore ecologico ed economico del capitale dell'AMP risulta essere influenzato dalla componente ittica passando da 27 milioni di em€ a più di

35 milioni di em€. i flussi subiscono un incremento meno rilevante passando da 11 a 15 milioni di €.

			Comparto	
			Bentonico	Bentonico ed ittico
Capitale	Valore emergetico	Sej	2.59E+19	3.39E+19
	Valore economico	milioni di em€	26.97	35.11
Flussi	Valore emergetico	Sej	1.09E+19	1.43E+19
	Valore economico	milioni di em€	11.36	14.88

Tabella 12: Risultati complessivi dell'applicazione dell'analisi emergetica

### Valutazione emergetica ed economica del capitale naturale

Il capitale naturale viene valutato come costo emergetico sostenuto dalla natura per generare le risorse che hanno consentito di stoccare, nel tempo, la biomassa che lo compone.

Come mostrato in Figura 16 il valore del capitale, sia per il solo benthos sia per benthos e pesci, è costituito per più del 70% dalle biocenosi a *Posidonia*.

Il capitale risulta essere stoccato, a livello complessivo, maggiormente nell'area C (Figura 17), che costituisce circa l'80% del capitale totale, ma bisogna tenere conto dell'influenza della maggiore superficie di queste zone rispetto alle zone A (Figura 2 e Figura 3).

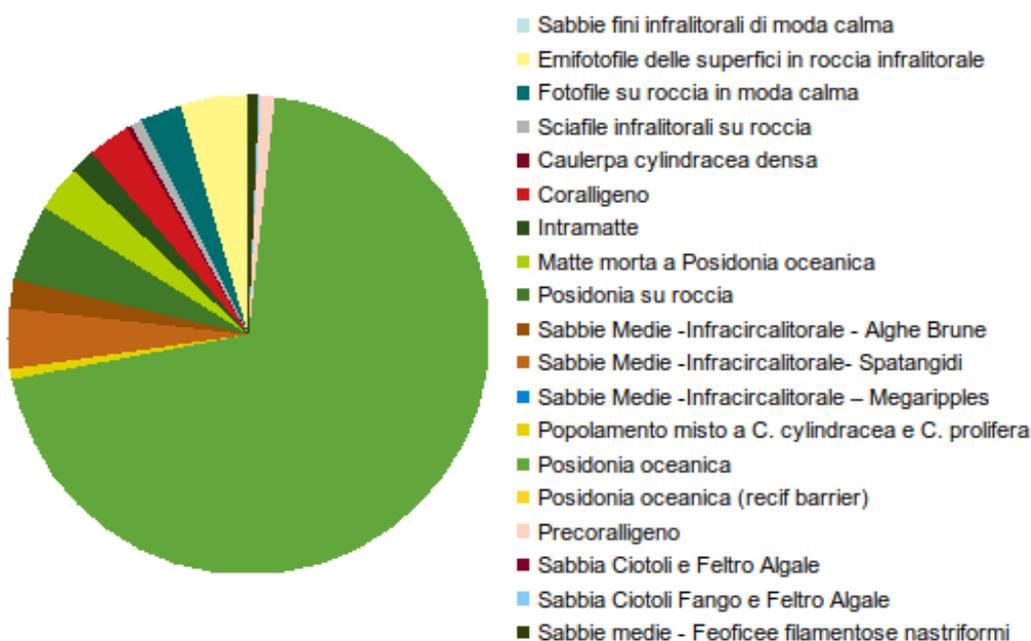


Figura 16: Composizione percentuale del valore ecologico ed economico

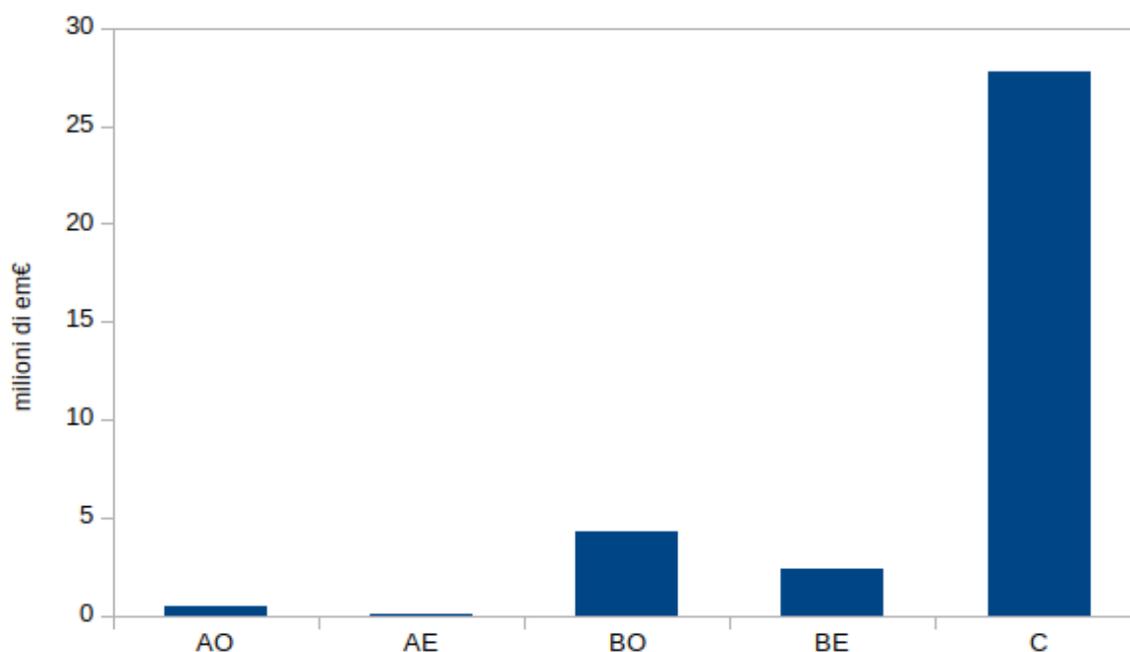
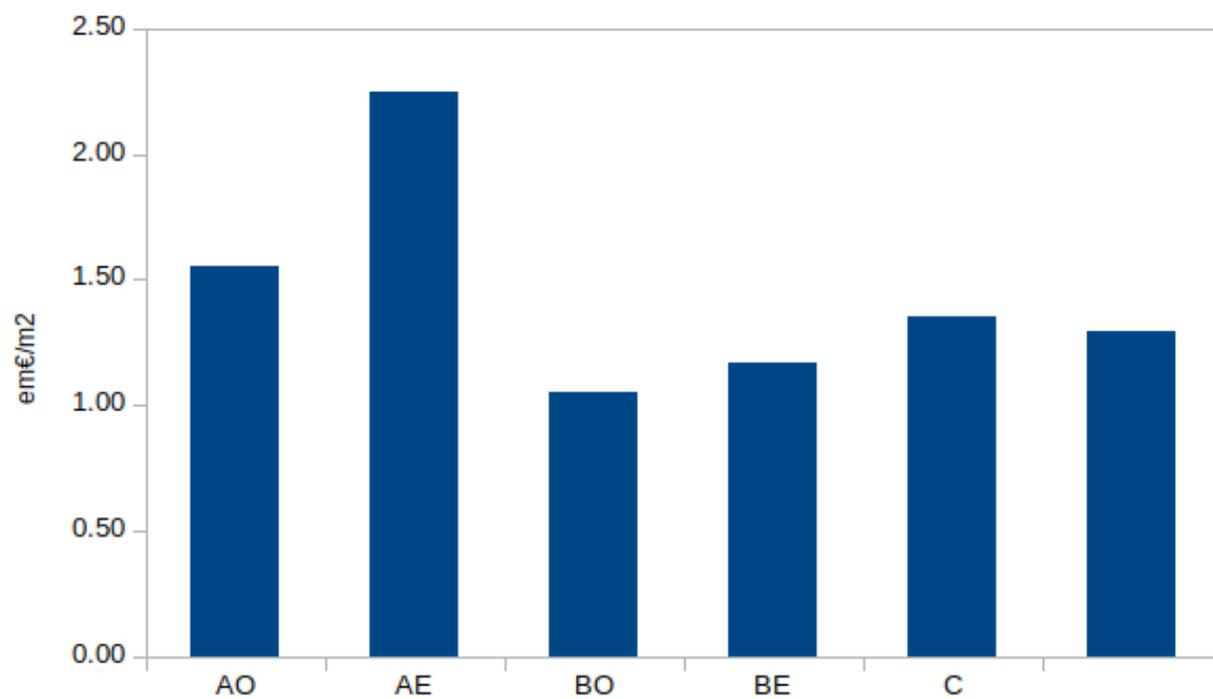


Figura 17: distribuzione del capitale totale nelle diverse zone di protezione

Mediamente il valore delle biocenosi presenti in AMP per unità di area è pari a 1.30 €/m<sup>2</sup>. Alcune differenze possono essere individuate in base alla zona di protezione (Figura 18).



F

Figura 18: Valore per unità di area del capitale nelle diverse zone di protezione

Il valore per unità di area e zona di protezione è dipendente dal regime di tutela con la zona BO che mostra i valori minimi. Il valore massimo si riscontra in zona AE e alti valori sono anche mostrati dalla zona AO.

Se si analizza il valore per unità di area delle differenti biocenosi è possibile identificare le biocenosi che concentrano il maggior valore in termini di capitale stoccato. Coralligeno e Posidonia sono le uniche biocenosi a superare il valore di 2.5 €/m<sup>2</sup> con le biocenosi a coralligeno che, dove presenti, rappresentano sempre le aree a maggior valore intrinseco raggiungendo anche il picco di 5.16 €/m<sup>2</sup> in zona BO in cui la presenza di specie ittiche particolarmente pregiate comporta un sensibile aumento del valore per unità di area (Figura 19).

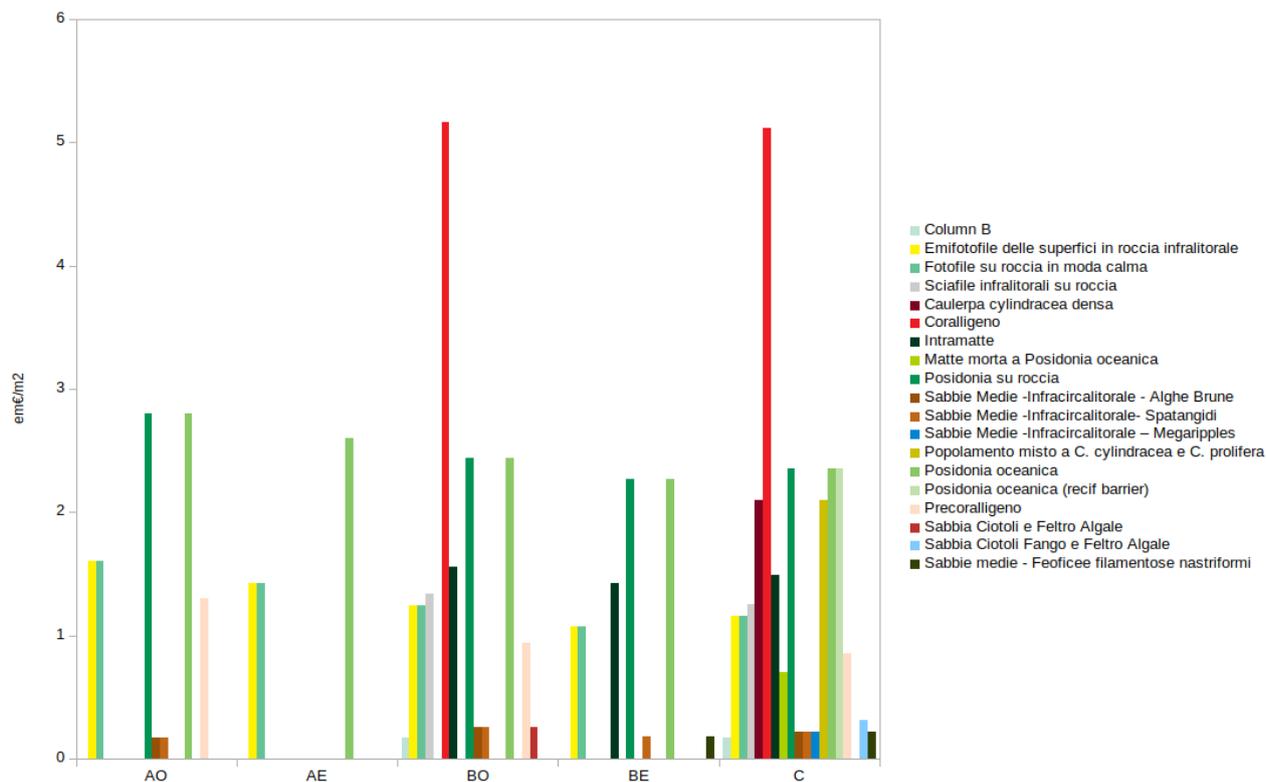


Figura 19: Valore del capitale naturale per unità di area delle diverse biocenosi

### Valutazione emergetica ed economica dei flussi di mantenimento

I flussi di mantenimento rappresentano la richiesta annua di risorse sfruttate dagli eterotrofi delle biocenosi non solo per lo stoccaggio di materia organica, ma anche in termini di metabolismo.

Il valore totale dei flussi è pari a circa 15 milioni di €/anno. Il valore dei flussi è costituito per oltre l'80% dal contributo della zona C (Figura 20).

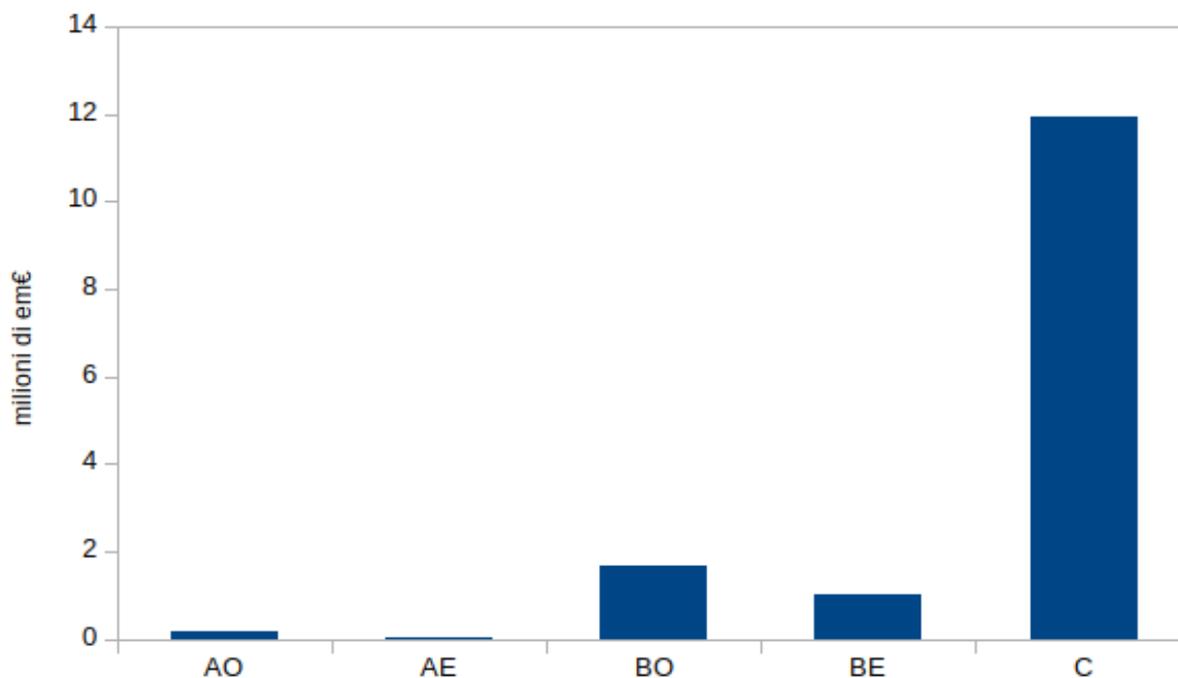


Figura 20: Valore economico dei flussi di mantenimento nelle diverse zone di protezione

Se si analizzano i valori per unità area (Figura 21) si nota come essi siano superiori in zona A (specificatamente AE), poiché qui si concentra, per unità di area, la maggior parte della biomassa eterotrofa di alto livello trofico. Rilevante il contributo della zona C probabilmente derivante dall'abbondante presenza di Posidonia che agisce da fornitore di flussi.

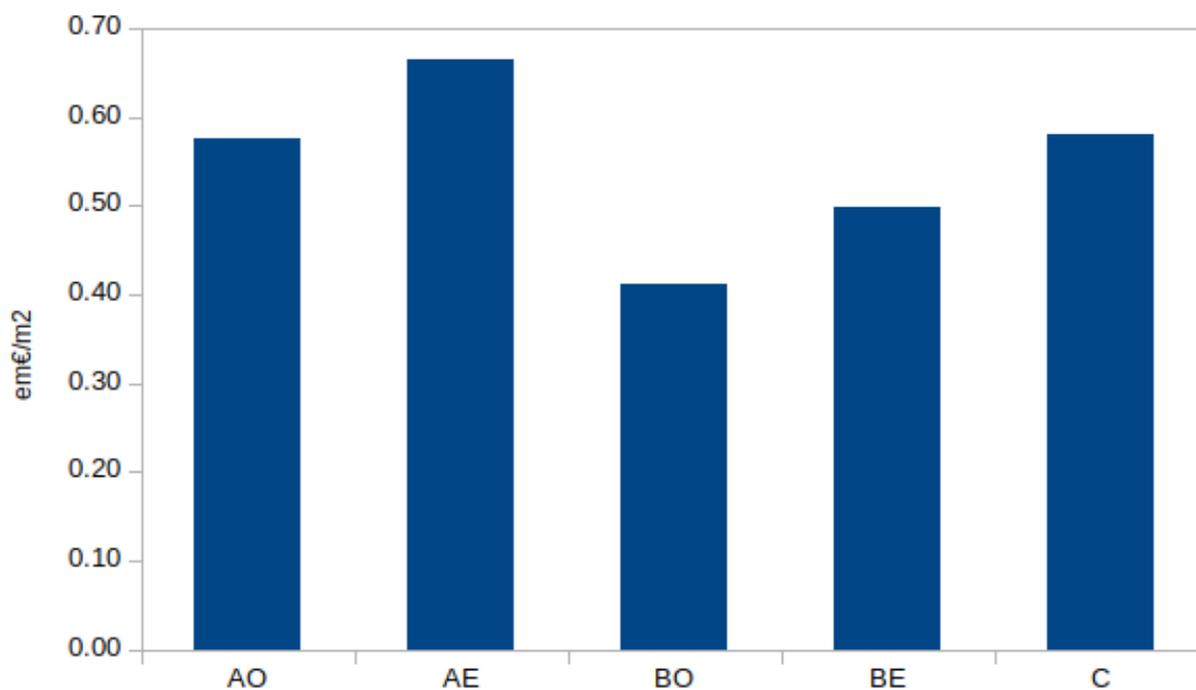


Figura 21: Valore dei flussi di mantenimento per unità di area per zona di protezione

## Mappatura del valore economico delle diverse biocenosi collocate in AMP

### Capitale naturale

Di seguito si riporta il valore del capitale naturale per unità di area (Tabella 13).

	Valore per unità di area (€/m <sup>2</sup> )	
	Capitale naturale bentonico	Capitale naturale bentonico ed ittico
Sabbie fini ben calibrate moda calma	0.15	0.17
AF - Insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro	0.76	1.24
AF - Insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro	0.76	1.16
Mosaico alghe - P. oceanica	0.84	1.34
Caulerpa prolifera sabbie	2.08	2.10
Coralligeno	4.68	5.11
MOS - Formazioni a mosaico di Posidonia oceanica viva e Matte morta	1.23	1.49
Rizomi morti Posidonia oceanica	0.44	0.71
Posidonia oceanica roccia	1.95	2.44
Sabbie grossolane e ghiaie fini	0.07	0.24
Sabbie grossolane e ghiaie fini	0.07	0.22
Sabbie grossolane e ghiaie fini	0.07	0.22
Caulerpa prolifera sabbie	2.08	2.10
Posidonia oceanica	1.95	2.35
Posidonia oceanica	1.95	2.35
ASI-Popolamenti delle alghe sciafile infralitorali	0.45	1.09
SGC - Sedimenti grossolani (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli)	0.07	0.26
F - Fanghi costieri	0.16	0.32
Sabbie grossolane e ghiaie fini	0.07	0.22
AMP	1.00	1.30

Tabella 13: Valori del capitale naturale bentonico e bentonico ed ittico per unità di area

I valori in tabella possono essere impiegati al fine di generare un tematismo relativo alla distribuzione spaziale del capitale naturale all'interno dell'AMP (Figura 22).

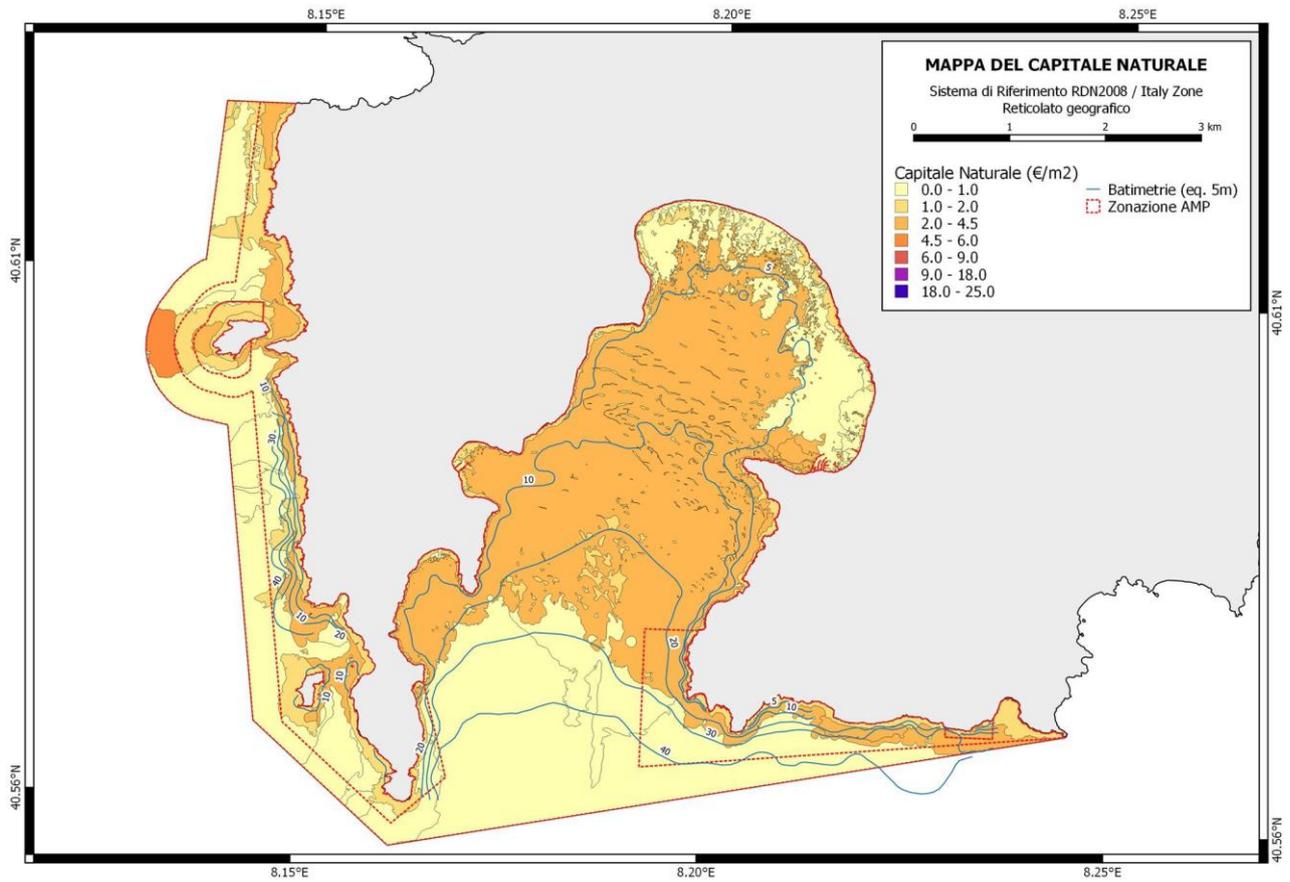


Figura 22: Mappatura del valore del capitale naturale bentonico ed ittico per unità di area

## Flussi di mantenimento e bilancio

Procedendo con l'analisi dei flussi di mantenimento annui dell'AMP si ritrova, in linea generale, la stessa disposizione individuata per il capitale naturale (Tabella 14).

	Valore per unità di area (€/m <sup>2</sup> )	
	Benthos	Benthos e pesci
<b>Sabbie fini ben calibrate moda calma</b>	0.16	0.28
<b>AF - Insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro</b>	0.16	0.22
<b>AF - Insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro</b>	0.16	0.19
<b>Mosaico alghe - P. oceanica</b>	0.11	0.15
<b>Caulerpa prolifera sabbie</b>	1.60	1.53
<b>Coralligeno</b>	3.41	3.18
<b>MOS - Formazioni a mosaico di Posidonia oceanica viva e Matte morta</b>	0.44	0.45
<b>Rizomi morti Posidonia oceanica</b>	0.06	0.19
<b>Posidonia oceanica roccia</b>	0.84	0.84
<b>Sabbie grossolane e ghiaie fini</b>	0.02	0.33
<b>Sabbie grossolane e ghiaie fini</b>	0.02	0.31
<b>Sabbie grossolane e ghiaie fini</b>	0.02	0.31
<b>Caulerpa prolifera sabbie</b>	1.60	1.53
<b>Posidonia oceanica</b>	0.84	0.84
<b>Posidonia oceanica</b>	0.84	0.84
<b>ASI-Popolamenti delle alghe sciafile infralitorali</b>	0.20	0.37
<b>SGC - Sedimenti grossolani (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli)</b>	0.02	0.34
<b>F - Fanghi costieri</b>	0.24	0.32
<b>Sabbie grossolane e ghiaie fini</b>	0.02	0.31
<b>AMP</b>	0.42	0.55

Tabella 14: Valori dei flussi di mantenimento per unità di area associati al capitale naturale bentonico e bentonico ed ittico

Analogamente a quanto visto per il capitale naturale anche questi valori possono essere impiegati per la realizzazione di mappe di valore (Figura 23)

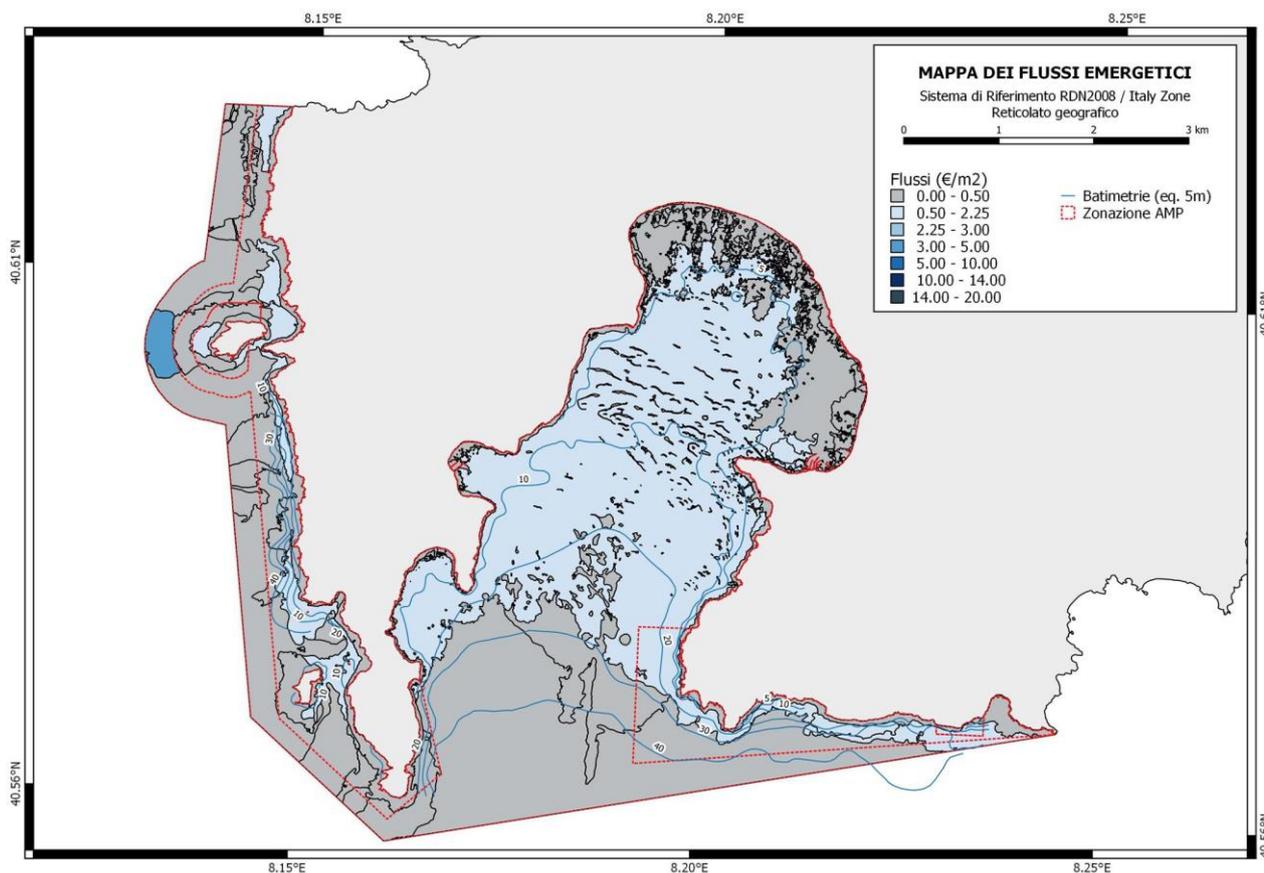


Figura 23: Mappatura del valore dei flussi associati al capitale naturale bentonico ed ittico per unità di area

Come ultima elaborazione viene presentata la mappatura relativa al bilancio tra produttività generata dagli autotrofi e richiesta dagli eterotrofi all'interno delle biocenosi (Figura 24).

La maggior parte delle biocenosi maggiormente verso costa risulta essere in surplus, e quindi in grado di fornire produttività a altre biocenosi in deficit. In questo caso il surplus generato internamente è sufficiente a coprire l'ammancio delle biocenosi in deficit interne all'AMP ed in parte viene esportato. Le biocenosi in deficit occupano il 42% della superficie, e si concentrano sul fronte sud e ovest dell'AMP.

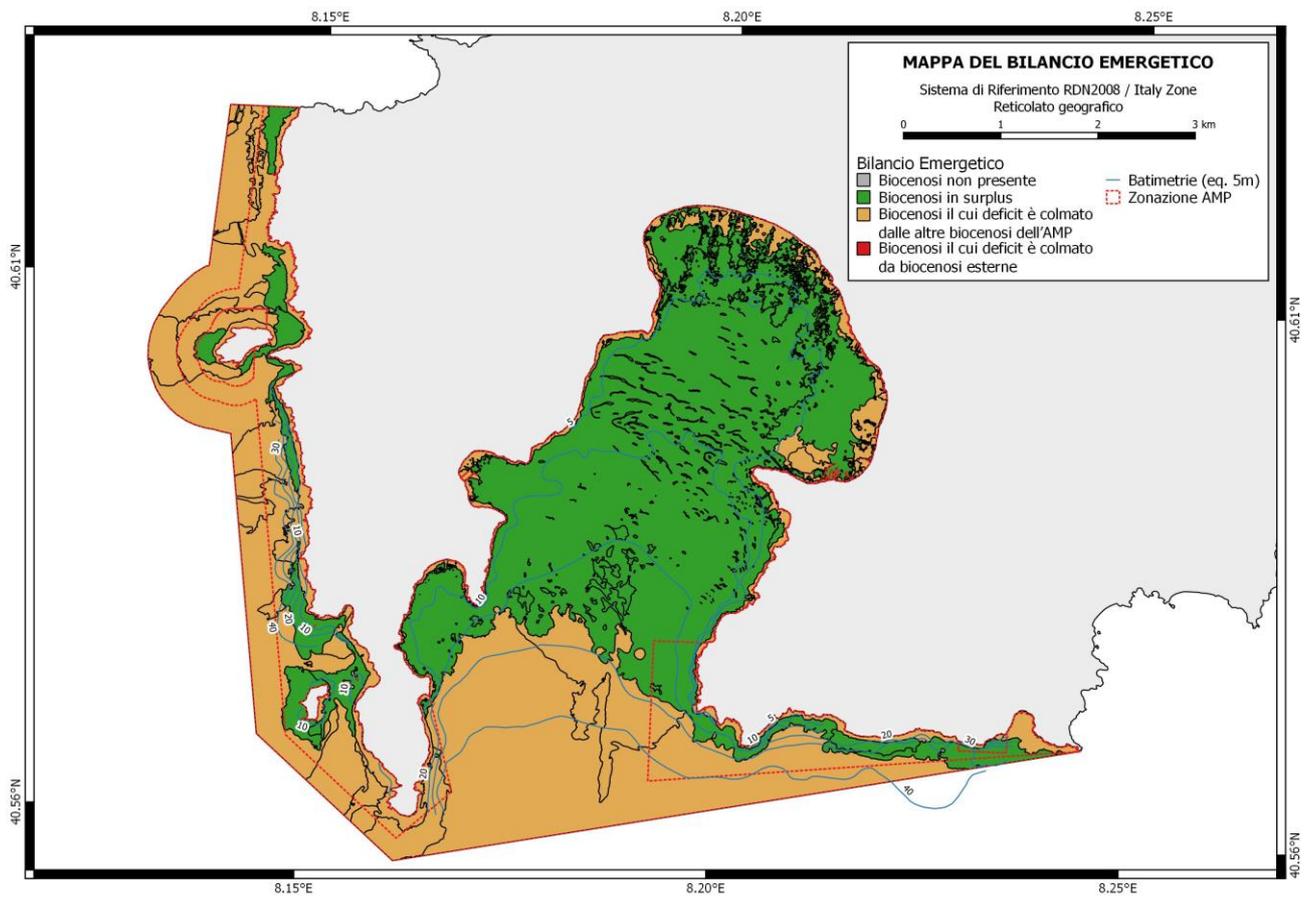


Figura 24: Mappatura del bilancio relativo ai flussi di mantenimento bentonici ed ittici delle biocenosi

### 3 Fase 2. Individuazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici

La locuzione *funzioni ecosistemiche* si riferisce alla capacità potenziale dei processi e dei componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino il genere umano e le altre specie (De Groot, 1992).

La locuzione *beni* (es. cibo) e *servizi* (es. capacità di assimilare i rifiuti) *ecosistemici* si riferisce, invece, ai benefici che le popolazioni traggono, direttamente o indirettamente, dalle funzioni ecosistemiche (Costanza et al., 1997; MA, 2005).

Le funzioni, quindi, esistono indipendentemente dal fatto che qualcuno ne faccia uso mentre i servizi, al contrario, sono definiti dall'utilità che l'essere umano ricava da essi.

Possono essere individuate molte funzioni e altrettanti servizi e numerose sono le classificazioni fino ad oggi proposte, principalmente per quanto concerne i servizi ecosistemici.

La prima classificazione fu quella proposta da Costanza et al. (1997) che individuò 17 categorie principali.

Questa prima categorizzazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici è stata successivamente ripresa da De Groot et al. (2002) che, riscontrando una certa elusività nella letteratura riguardante i servizi ecosistemici e la loro caratterizzazione, hanno proposto una metodologia organica e completa per l'individuazione e classificazione e delle funzioni ecosistemiche e dei servizi che derivano da esse.

Il primo passo, quindi, consiste nel tradurre la complessità delle strutture e dei processi ecologici in un insieme più limitato di funzioni ecosistemiche.

A tale scopo le funzioni ecosistemiche sono raggruppate in quattro categorie principali:

1. *Funzioni di regolazione*: questo gruppo di funzioni si riferisce alla capacità dei sistemi naturali o semi-naturali di regolare i processi ecologici essenziali e i sistemi di supporto della vita tramite i cicli bio-geochimici e altri processi della biosfera. Oltre a mantenere gli ecosistemi queste funzioni di regolazione forniscono molti servizi che hanno benefici diretti e indiretti per l'uomo (come la purificazione dell'aria, dell'acqua e del suolo e servizi di controllo biologico)
2. *Funzioni di habitat*: gli ecosistemi forniscono rifugi e luoghi di riproduzione alle piante ed agli animali che contribuiscono alla conservazione della diversità genetica e biologica ed ai processi evolutivi.
3. *Funzioni di produzione*: La fotosintesi e il prelievo di nutrienti da parte degli organismi autotrofi convertono energia, biossido di carbonio, acqua e nutrienti in un'ampia varietà di strutture carboidratiche che possono essere usate dai produttori secondari per creare una perfino maggiore varietà di biomassa vivente. Quest'ampia diversità fornisce molti beni per l'uomo che vanno dal cibo, ai materiali grezzi, ai combustibili e alla diversità genetica.

4. *Funzioni di informazione*: i sistemi naturali contribuiscono al benessere umano fornendo spazi ed opportunità per la riflessione, l'arricchimento spirituale, lo sviluppo cognitivo, gli aspetti ricreativi e la fruizione dei paesaggi.

La categorizzazione di dettaglio delle funzioni, con alcuni esempi dei processi ecosistemici che le generano e dei servizi ecosistemici che si originano è rappresentata in Tabella 15.

FUNZIONE ECOSISTEMICA	PROCESSO O COMPONENTE DELL'ECOSISTEMA	ESEMPIO DI BENE O SERVIZIO
<i>Funzione di regolazione</i>	<i>Mantenimento di processi ecologici essenziali e supporto dei sistemi viventi.</i>	
<b>Regolazione dei gas atmosferici</b>	Ruolo degli eco sistemi nei processi biogeochimici (regolazione del bilancio CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , mantenimento dello stato di O <sub>3</sub> )	Prevenzione dei danni causati dall'esposizione ai raggi solari in assenza dei danni alla fascia di ozono, mantenimento di una buona qualità dell'aria
<b>Regolazione del clima</b>	Influenza della copertura del suolo e dei processi biologicamente regolati sul clima	Mantenimento di condizioni climatiche favorevoli alla vita umana e alle attività dell'uomo (es. pratiche agricole)
<b>Prevenzione disturbo</b>	Capacità della struttura eco sistemica di smorzare i disturbi.	Protezione dalle tempeste, controllo degli eventi alluvionali e siccitosi
<b>Regolazione delle acque</b>	Ruolo della copertura del suolo nel regolare il runoff e i regimi o le piene fluviali.	Drenaggio e irrigazioni naturali, mezzo di trasporto.
<b>Fornitura di acqua</b>	Filtrazione, accumulo e ritenzione delle acque	Fornitura di acqua da parte di bacini imbriferi e falde acquifere per usi antropici.
<b>Conservazione del suolo e controllo dell'erosione</b>	Ruolo degli apparati radicali e delle comunità del suolo nel trattenere il suolo	Mantenimento di terreni coltivabili, prevenzione dei danni dovuti all'erosione
<b>Formazione del suolo</b>	Alterazione delle rocce e accumulo di materia organica	Mantenimento della produttività nelle terre coltivabili, mantenimento di suoli naturali produttivi
<b>Ciclo e regolazione dei nutrienti</b>	Ruolo del biota nell'accumulo, ciclizzazione e intema, trasformazione ed acquisizione dei nutrienti	Mantenimento di ecosistemi produttivi
<b>Trattamento dei rifiuti</b>	Ruolo del biota nel rimuovere sostanze alloctone o nocive	Detossificazione, controllo dell'inquinamento
<b>Impollinazione</b>	Ruolo del biota nel movimento di gameti floreali	Impollinazione di specie selvatiche ed agricole
<b>Controllo biologico delle popolazioni</b>	Regolazione trofo-dinamica delle popolazioni	Controllo delle popolazioni tramite dinamiche predatore-predatore, controllo di malattie e patogeni
<i>Funzione di habitat</i>	<i>Fornitura di habitat e di ambienti adatti alla vita per specie animali e vegetali</i>	
<b>Rifugio</b>	Fornitura di habitat per specie animali e vegetali	Mantenimento di specie con valore commerciale
<b>Nursery</b>	Fornitura di siti riproduttivi per specie animali e vegetali	Produzione di pesce, grano, noci, frutta, tramite caccia, raccolta, coltivazione o allevamento, sussistenza a piccola scala di acquacoltura e allevamento
<i>Funzione produttiva</i>	<i>Fornitura di risorse</i>	
<b>Produzione di cibo</b>	Trasformazione dell'energia solare in piante ed animali commestibili	
<b>Fornitura di materiali grezzi</b>	Trasformazione dell'energia solare in biomassa utile per gli usi umani	Produzione di legna, combustibili, materiali da costruzione, fibre tessili, fertilizzanti.
<b>Risorse genetiche</b>	Evoluzione di piante ed animali	Miglioramento delle colture, sostanze medicamentose
<b>Risorse medicinali</b>	Varietà delle sostanze biochimiche nel biota	Medicinali e farmaci, modelli e strumenti chimici, organismi per testare le sostanze
<b>Risorse ornamentali</b>	Varietà delle specie animali e vegetali a scopo ornamentale	Risorse per la moda, l'industria manifatturiera, la decorazione, gli animali da compagnia
<i>Funzione d'informazione</i>	<i>Fornitura di opportunità per lo sviluppo cognitivo</i>	
<b>Informazione di tipo estetico</b>	Caratteristiche attrattive dei paesaggi	Godimento di paesaggi
<b>Funzione ricreativa</b>	Varietà di paesaggi con usi ricreativi potenziali	Eco-turismo, sports.
<b>Informazione culturale ed artistica</b>	Varietà delle caratteristiche naturali con valore artistico e culturale	Uso della natura come sfondo di libri, quadri e film o a carattere folcloristico, iconografico, simbolico.
<b>Informazione spirituale e storica</b>	Varietà delle caratteristiche naturali con valore spirituale e storico	Uso della natura per scopi religiosi
<b>Scienza ed educazione</b>	Varietà delle caratteristiche naturali con valore scientifico e didattico	Uso della natura per scopi scientifici o escursioni scolastiche

Tabella 15: categorizzazione delle funzioni ecosistemiche da De Groot et al. (2002)

Tra funzioni e servizi ecosistemici non esiste necessariamente una relazione biunivoca: un servizio può dipendere da differenti funzioni e la stessa funzione può originare differenti servizi per l'uomo. Essi possono essere definiti come i prodotti finali degli ecosistemi.

Numerose classificazioni per i servizi ecosistemici sono state proposte negli ultimi decenni.

Di notevole rilievo appare la classificazione formulata dal gruppo di lavoro del Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005; <http://www.millenniumassessment.org>).

L'istituzione del MA è stata richiesta nel 2000 dal Segretario Generale delle Nazioni Unite Kofi Annan con l'obiettivo di valutare quale potesse essere la conseguenza delle gravi trasformazioni, subite dagli ecosistemi negli ultimi decenni, sul benessere umano e porre le basi scientifiche per avviare un utilizzo sostenibile di questi ecosistemi. I lavori del MA cominciarono nel 2001 e coinvolsero più di 1360 esperti provenienti da tutto il mondo divisi in quattro gruppi di lavoro.

I risultati dei gruppi di lavoro del MA, la cui attività è terminata nel 2005, sono stati raccolti in 6 volumi di sintesi e 5 volumi tecnici. Questi testi rappresentano uno stato dell'arte delle condizioni e degli andamenti futuri degli ecosistemi a livello mondiale: essi tracciano un quadro della condizione dei servizi che gli ecosistemi forniscono e pongono le basi concettuali per un loro utilizzo sostenibile.

La classificazione proposta dai gruppi di lavoro MA divide i servizi ecosistemici in 4 macrocategorie: servizi di fornitura, di regolazione, culturali, e di mantenimento.

Ad essa seguì la classificazione proposta nell'ambito dello studio *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)* che si discostava in alcuni punti da quella del Millennium assessment.

Ad oggi è stata proposta una classificazione internazionale *The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*, sviluppata nell'ambito delle attività per la contabilità ambientale della *European Environment Agency (EEA)* proprio allo scopo di uniformare le categorizzazioni esistenti e renderle paragonabili. La classificazione *CICES* individua 3 categorie principali: servizi di fornitura, servizi di mantenimento e regolazione, servizi culturali e sociali (Tabella 16).

I **servizi di fornitura** includono tutti i materiali e le energie prodotte dagli ecosistemi: si tratta di beni tangibili e commerciabili, direttamente consumati dall'uomo. Questa categoria racchiude tre classi:

- 1) Nutrizione (cibo e acqua potabile)
- 2) Materiali biotici e abiotici utilizzati per la produzione di beni
- 3) Fonti di energia rinnovabile abiotiche e biotiche.

I **servizi di mantenimento e regolazione** includono tutti i meccanismi tramite cui gli ecosistemi controllano e modificano i comparti abiotico e biotico e che creano gli ambienti adatti alla vita delle persone; non sono consumati direttamente ma influenzano la vita di individui, comunità, popolazioni e le loro attività. I servizi di regolazione e mantenimento comprendono 4 classi:

- 1) Bonifica dei rifiuti
- 2) Regolazione dei flussi che avvengono tramite mezzi solidi, liquidi, gassosi
- 3) Regolazione dell'ambiente fisico, compresi i fattori climatici a scala sia locale sia globale
- 4) Regolazione dell'ambiente biotico, incluso il mantenimento degli habitat, tramite processi come, ad esempio, il controllo di malattie e parassiti.

I **servizi culturali e sociali** includono tutti gli output non materiali che hanno significato di tipo simbolico, culturale ed intellettuale. Questi servizi comprendono due classi:

- 1) Simbolici
- 2) Intellettuali e esperienziali.

Le classi presenti all'interno di ogni categoria sono poi suddivise in tipi e sottotipi che individuano i servizi in maniera gerarchicamente sempre più specializzata.

Provisioning	Nutrition	Biomass	Cultivated crops	Crops by amount, type
			Reared animals and their outputs	Animals, products by amount, type
			Wild plants, algae and their outputs	Plants, algae by amount, type
			Wild animals and their outputs	Animals by amount, type
			Plants and algae from in-situ aquaculture	Plants, algae by amount, type
		Animals from in-situ aquaculture	Animals by amount, type	
	Water	Surface water for drinking	By amount, type	
		Ground water for drinking		
	Materials	Biomass	Fibers and other materials from plants, algae and animals for direct use or processing	Material by amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)
			Materials from plants, algae and animals for agricultural use	
Genetic materials from all biota				
Water		Surface water for non-drinking purposes	By amount, type and use	
		Ground water for non-drinking purposes		
Energy		Biomass-based energy sources	Plant-based resources	By amount, type, source
			Animal-based resources	
Mechanical energy	Animal-based energy		By amount, type, source	
Regulation & Maintenance	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)
			Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)

		Mediation by ecosystems	Filtration/sequestration/storage/accumulation by ecosystems	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)
			Dilution by atmosphere, freshwater and marine ecosystems	
	Mediation of flows	Mass flows	Mediation of smell/noise/visual impacts	By reduction in risk, area protected
			Mass stabilisation and control of erosion rates	
			Buffering and attenuation of mass flows	
		Liquid flows	Hydrological cycle and water flow maintenance	By depth/volumes
			Flood protection	By reduction in risk, area protected
		Gaseous / air flows	Storm protection	By reduction in risk, area protected
			Ventilation and transpiration	By change in temperature/humidity
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination and seed dispersal	By amount and source
			Maintaining nursery populations and habitats	By amount and source
		Pest and disease control	Pest control	By reduction in incidence, risk, area protected
			Disease control	
		Soil formation and composition	Weathering processes	By amount/concentration and source
			Decomposition and fixing processes	
		Water conditions	Chemical condition of freshwaters	By amount/concentration and source
			Chemical condition of salt waters	
		Atmospheric composition and climate regulation	Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations	By amount, concentration or climatic parameter
			Micro and regional climate regulation	
Cultural	Physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions	Experiential use of plants, animals and land-/seascapes in different environmental settings	By visits/use data, plants, animals, ecosystem type
			Physical use of land-/seascapes in different environmental settings	
		Intellectual and representative interactions	Scientific Educational Heritage, cultural Entertainment Aesthetic	By use/citation, plants, animals, ecosystem type
	Spiritual, symbolic and other interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Spiritual and/or emblematic	Symbolic Sacred and/or religious	By use, plants, animals, ecosystem type
		Other cultural outputs	Existence	By plants, animals, feature/ecosystem type or component

Tabella 16: Classificazione CICES dei servizi ecosistemici, <http://cices.eu/>

A partire dalla classificazione *CICES* è stato identificato un set di servizi ecosistemici cardinali per le AMP direttamente influenzati dalla presenza del regime di protezione all'interno del quale sono stati selezionati i servizi ecosistemici studiati (Tabella 17).

Sezione	Divisione	Gruppo	Classe	Tipo
<b>Fornitura</b>	Nutrizione	Biomassa	Animali selvatici e loro outputs	<i>Quantità prelevata per specie</i>
<b>Regolazione e mantenimento</b>	Flussi	Flussi di materia	Stabilizzazione e controllo dei tassi di erosione	<i>Riduzione del rischio, estensione della superficie risparmiata o protetta</i>
			Protezione dalle inondazioni	<i>Riduzione del rischio, estensione della superficie risparmiata o protetta</i>
		Mantenimento degli habitat, della vita e del pool genetico	Mantenimento di habitat di nursery e popolazioni	<i>Quantità</i>
		Composizione atmosferica e regolazione del clima	Regolazione climatica attraverso la riduzione dei gas serra	<i>Quantità, concentrazione o parametri climatici</i>
<b>Culturali</b>	Interazioni fisiche o intellettive con il biota, gli ecosistemi ed i paesaggi	Interazioni fisiche o per lo svolgimento di esperienze	Utilizzo di piante, animali, paesaggi terrestri o marini per esperienze	<i>Numero di visite, dati sull'utilizzo di piante, animali ecc</i>
			Utilizzo fisico di paesaggi terrestri o marini	
		Interazioni di tipo intellettuale e rappresentativo	Scientifiche	<i>Numero di citazioni</i>
			Didattiche	<i>Numero di citazioni</i>
			Patrimonio archeologico/culturale	
			Spettacolo/intrattenimento	<i>Numero</i>

Tabella 17: categorizzazione delle funzioni ecosistemiche da De Groot et al. (2002)

I servizi ecosistemici forniti dall'AMP Capo Caccia – Isola Piana ricadono principalmente nelle due categorie dei servizi di fornitura e culturali e sono:

- o di fornitura: fornitura di biomassa ittica prelevata per scopi commerciali o ricreativi (pesca commerciale e sportiva)

- culturali: utilizzo di paesaggi per attività ricreative (balneazione, subacquea, nautica da diporto) e scientifiche/didattiche

#### **4 Fase 6 Sviluppo ed implementazione di un Sistema Informativo dedicato**

Le attività realizzate ed i risultati prodotti sono generati nell'ottica di realizzare lo sviluppo ed implementazione di un Sistema Informativo integrato in parte su piattaforma MArine Coastal Information SysTEm (MACISTE), un'efficiente applicazione per la visualizzazione e l'interrogazione di dati, mappe ed immagini, ma anche una potenziale base per un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) per gestori ambientali delle aree marine costiere e del largo. Dal punto di vista gestionale, la possibilità di usufruire in real-time di dati, carte, mappe di rischio di impatto e di effettuare analisi multi-temporali permette di pianificare molteplici interventi gestionali mirati alla regolamentazione delle attività antropiche che insistono ad esempio sulle aree marine a rischio e di attuare adeguate politiche di conservazione delle biocenosi.

Ad oggi nel sistema che ha funzionato in modalità ASP su server dell'URL dell'Università degli Studi di Genova si è provveduto ad effettuare l'inserimento dei dati ambientali storici e dei dati raccolti ed elaborati in un sistema di modello dati implementato sul ORDBMS PostgreSQL con estensione spaziale PostGIS, un database spaziale di tipo relazionale ad oggetti rilasciato con licenza libera (BSD). Un database spaziale è un comune database relazionale (DBMS), ottimizzato per l'archiviazione e interrogazione di dati correlati a oggetti nello spazio: punti, linee e poligoni. Un GeoDatabase è arricchito di un'estensione spaziale rispetto a un normale DBMS, che permette l'integrazione di dati alfanumerici, topologici e geometrici formando così un SDBMS (Spatial DataBase Management System). Un SDBMS oltre a contenere tabelle in cui memorizzare dati alfanumerici, è corredato di funzionalità aggiuntive, per processare nuovi tipi di dati: le geometrie. Sono stati inoltre sviluppati sistemi in Plomino, un flessibile costruttore di applicazioni web-based. Grazie ad esso è stato possibile creare anche modulistica online per la gestione dei questionari elaborati nel corso del progetto per la caratterizzazione dei diversi servizi ecosistemici. Tale sviluppo è stato e dovrà in parte essere relazionato con i sistemi informatizzati dell'AMP.

Si è provveduto inoltre all'elaborazione dei risultati in formato shapefile per il successivo utilizzo tramite sistemi WebGIS. I sistemi WebGIS sono attualmente i sistemi più evoluti ed utilizzati per la diffusione delle informazioni geografiche e le sue variazioni e rappresentano un ausilio fondamentale per le attività nel campo della gestione ambientale. Un sistema WebGIS, infatti, risponde appieno alle problematiche dell'integrazione, diffusione e utilizzo dei dati in quanto risulta essere uno strumento di semplice impiego, che fa della facilità di accesso e della velocità di aggiornamento dei dati i suoi punti di forza, oltre a consentire di diffondere questo tipo di informazioni ad un vasto pubblico a costi ridotti. Accedendo ad un sistema WebGIS i dati cartografici e/o alfanumerici possono essere visualizzati, consultati e scaricati dagli utenti attraverso un'interfaccia di facile utilizzo, accessibile mediante un comune browser, una connessione ad Internet, e se previsto, dopo un'autenticazione di sicurezza (attraverso ad esempio l'inserimento di login e password).

## Bibliografia

- Agostini S, Pergent G, Marchand B, 2003. Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquatic Botany* 76: 185-193.
- Ait Alla A, Gillet P, Deutsch B, Moukrim A, Bergayou H, 2006. Response of *Nereis diversicolor* (Polychaeta, Nereidae) populations to reduced wastewater discharge in the polluted estuary of Oued Souss, Bay of Agadir, Morocco. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70: 633-642.
- Albertelli G, Cattaneo M, Della Croce N, Drago N, 1978. Benthos della piattaforma continentale Ligure (Chiavari): Ottobre 1977- Ottobre 1978. Rapporto tecnico n. 7
- Albertelli G, Angelino M, Cattaneo M, Della Croce N, Drago N, Fabiano M, Salemi Piccone PE, Zunini Sertorio T, 1981a. Produzione delle acque e dei fondi in Mar Ligure: platea continentale. Atti del Convegno delle Unità Operative afferenti ai sottoprogetti Risorse Biologiche e Inquinamento Marino. pp.61-69.
- Albertelli G, Cattaneo M, Della Croce N, Drago N, 1981b. Benthos della piattaforma continentale ligure Alassio Savona Chiavari Corniglia (1977-1981). Università di Genova, Cattedra di Idrobiologia e Piscicoltura, Facoltà di scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Technical Report n. 14.
- Albertelli G, D'ambrosio N, 1986. Alcuni Aspetti ecologici del Macrobenthos della zona pilota di Chiavari. *Bollettino Museale Istituto Biologico Università di Genova* 52: 125-137.
- Albertelli G, Rossi GL, 1986. Studio del popolamento macrobentonico di un fondale posto in prossimità di un effluente urbano (1976-1980). *Atti VII Congresso AIOL*: 91-100.
- Allen KR, 1971. Relation between production and biomass. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28(10): 1573-1581.
- Ambrogi R, 1990. Secondary production of *Prionospio caspersi* (Annelida: Polychaeta: Spionidae). *Marine Biology* 104: 437-442.
- Antoniadou C, Koutsoubas D, Chintiroglou C, 2005. Mollusca fauna from infralittoral hard substrate assemblages in the North Aegean Sea. *Belgian Journal of Zoology* 135: 119-126.
- Baker JP, Olem H, Creager CS, Marcus MD, Parrkhurst BR, 1993. Fish and Fisheries Management in Lake and Reservoirs. EPA 841 - R - 93 - 002. Terrene Institute and U.S. Environmental protection Agency, Washington D.C.
- Ballesteros E, 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44: 123-195
- Bănaru D, Mellon-Duval C, Roos D, Bigot JL, Souplet A, Jadaud A, Beaubrun P, Fromentin JM, 2013. Trophic structure in the Gulf of Lions marine ecosystem (north-western Mediterranean Sea) and fishing impacts. *Journal Of Marine Systems* 111: 45-68.

- Barron C, Marbà N, Terrados J, Kennedy H, Duarte CM, 2004. Community metabolism and carbon budget along a gradient of seagrass (*Cymodocea nodosa*) colonization, *Limnology and Oceanography* 49: 1642-1651.
- Bayle-Sempere JT, Arreguín-Sánchez F, Sanchez-Jerez P, Salcido-Guevara LA, Fernandez-Jover D, Zetina-Rejón MJ, 2013. Trophic structure and energy fluxes around a Mediterranean fish farm. *Ecological Modelling*, 248: 135-147
- Bellan-Santini D, 1969. Contribution a l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 63: 1 -294.
- Bianchi CN, Biondi L, Cattaneo Vietti R, Morri C, Niccolai I, Peroni C, Rossi G, Ruggiero R, Tucci S, 1986 - Ecologie trophique de quelques biocénoses de fonds meubles en mer tyrrhénienne - *Rapp. Comm. Int Mer Medit*: 30 (2), 253
- Boudouresque CF, 1974. Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille*, XXXIV.
- Brey T, 1990. Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforsch* 32: 329-343.
- Brey T, 2016. Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual Handbook. <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook/>
- Brown MT, Bardi E, 2001. *Emergy of ecosystems, Folio #3*. University of Florida Press. Handbook of Emergy Evaluation. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, Gainesville.
- Brown MT, Ulgiati S, 1999. Emergy evaluation of natural capital and biosphere services. *AMBIO* 28: 6
- Brown MT, Ulgiati S, 2010. Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: A review and refinement of the emergy baseline. *Ecological Modelling* 221: 2501-2508.
- Campbell DE, 2000. A revised solar transformity for tidal energy received by the earth and dissipated globally: implications for emergy analysis. In: M.T. Brown, Editor, *Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Proceedings of the 1st Biennial Emergy Analysis Research Conference, Center for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, pp. 255-264.
- Campbell DE, Brandt-Williams S, Meisch MA, 2005. Environmental accounting using emergy: evaluation of the state of West Virginia. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Campbell DE, Lu H, Lin BL, 2014. Emergy evaluations of the global biogeochemical cycles of six biologically active elements and two compounds. *Ecological Modelling* 271: 32-51.

- Canals M, Ballesteros E, 1997: *Production of carbonate sediments by phytobenthic communities in the Mallorca-Minorca shelf, north western Mediterranean Sea. Deep-Sea Research part II 44: 611-629.*
- Cerrano C, Bavestrello G, Bianchi CN, Cattaneo Vietti R, Bava S, Morganti C, Morri C, Picco P, Sara G, Schiapparelli S, Siccardi A, Sponga F, 2000. A catastrophic mass mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North western Mediterranean), summer 1999. *Ecology letters* 3: 284-293.
- Charpy-Roubaud C, Sournia A, 1990. The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans. *Marine Microbial Food Webs* 4: 31-57.
- Christensen V, Pauly D, 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. *ICLARM Conf. Proc.* 26, 390 p.
- Christensen V, Walters C.J, Pauly D, 2000. *Ecopath with Ecosim Version 4, Help system*©.
- Cocito S, Fanucci S, Niccolai I, Morri C, Bianchi CN, 1990. Relationships between trophic organization of benthic communities and organic matter content in Tyrrhenian Sea sediments. *Hydrobiologia* 207: 53-60.
- Coll M, Palomera I, Tudela S, 2009. Decadal changes in a NW Mediterranean Sea food web in relation to fishing exploitation. *Ecological Modelling* 220: 2088-2102.
- Coll M, Palomera I, Tudela S, Dowd M, 2008. Food-web dynamics in the South Catalan Sea ecosystem (NW Mediterranean) for 1978-2003. *Ecological Modeling* 217: 95-116.
- Coll M, Palomera I, Tudela S, Sardà F, 2006a. Trophic flows, ecosystem structure and fishing impacts in the South Catalan Sea, Northwestern Mediterranean. *J. Mar. Syst.* 59: 63-96.
- Coll M, Santojanni A, Arneri E, Palomera I, Tudela, S, 2007. An ecosystem model of the Northern and Central Adriatic Sea: analysis of ecosystem structure and fishing impacts. *J.Mar. Syst.* 67: 119-154.
- Coll M, Shannon LJ, Moloney C.L, Palomera I, Tudela S, 2006b. Comparing trophic flows and fishing impacts of a NW Mediterranean ecosystem with coastal upwellings by means of standardized ecological models and indicators. *Ecol. Model.* 198: 53-70.
- Corrales X, Coll M, Tecchio S, Bellido JM, Fernández ÁM, Palomera I, 2015. Ecosystem structure and fishing impacts in the northwestern Mediterranean Sea using a food web model within a comparative approach. *Journal of Marine Systems* 148: 183-199.
- Costanza R, D'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Van den Belt M, 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature* 387, 253-260.

- Culioli J.-M. (1995) Première approche descriptive des peuplements ichthyiques in situ dans le périmètre du Parc Marin International des Bucchi di Bunifaziu (Corse, Méditerranée Nord Occidentale). Rapp. Conv. Office. Envir. Corse - A.G.R.N.I.C.L. : 93 p.
- Culioli J.-M. (1996) Labridés, Serranidés, Sparidés : poissons indicateurs de la nature et de la qualité de l'environnement marin. Étude des variations qualitatives et quantitatives d'espèces cibles de la Réserve naturelle des îles Lavezzi (Corse). Mémoire E.P.H.E., Univ. Montpellier II, Fr. : 156 p.
- Daas T, Younsi M, Daas-Maamcha O, Gillet P, Scaps P, 2011. Reproduction, population dynamics and production of *Nereis falsa* (Nereididae: Polychaeta) on the rocky coast of El Kala National Park, Algeria. *Helgoland Marine Research* 65: 165-173.
- De Groot RS, 1992. Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- De Groot RS, Wilson M, Boumans R, 2002. A typology for the description, classification, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, 393-408.
- De Lucia, 2009. L'effetto riserva sulla fauna ittica costiera: abbondanza, distribuzione e sviluppo di test comportamentali. Università degli studi della Tuscia di Viterbo.
- De Souza JRB, Borzone C.A, 2007. Population dynamics and secondary production of *Euzonus furciferus* Ehlers (Polychaeta, Opheliidae) in an exposed sandy beach of Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 131-143.
- Diaz Lopez B, Bunke M, Shirai JA, 2008. Marine aquaculture off Sardinia Island (Italy): ecosystem effects evaluated through a trophic mass-balance model. *Ecological Modelling* 212: 292-303.
- Drago N, Albertelli G, 1976. Aspetti quantitativi del Macrobenthos di Cogoleto (Golfo di Genova). *Atti II Congr. AIOL* 187-192.
- Franzese PP, Buonocore E, Paoli C, Massa F, Stefano D, Fanciulli G, Miccio A, Mollica E, Navone A, Russo G. F, Povero P, Vassallo P, 2015. Environmental Accounting in Marine Protected Areas: the EAMPA Project. *Journal of Environmental Accounting and Management* 3(4): 324-332.
- Gillet P, 1993. Impact de l'implantation d'un barrage sur la dynamique des populations de *Nereis diversicolor* (annélide polychète) de l'estuaire du Bou Regreg Maroc. *Journal de Recherche Océanographique* 18: 15-18.
- Goren M, 1980. Development of benthic community on artificial substratum at Ashdod (Eastern Mediterranean). *Oceanologica Acta* 3: 275-283.
- Guidetti P, Lorenti M, Buia MC, Mazzella L, 2002 Temporal dynamic and biomass partitioning in three Adriatic seagrass species: *Posidonia oceanica*. *Cymodocea nodosa*. *Zostera marina*. *Marine Ecology* 23: 51-67.

- Heymans, JJ, Sumaila UR, Christensen V, 2009. Policy options for the northern Benguela ecosystem using a multispecies, multifleet ecosystem model. *Progress in Oceanography* 83: 417-425.
- Hotchkiss ER, 2007. Linking exotic snails to carbon cycling in Kelly Warm Springs, Grand Teton National Park. ProQuest Information and Learning Company. 52 p.
- Kroon D, Alexander I, and Darling K, 1993. Planktonic and benthic foraminiferal abundances and their ratios (P/B) as expressions of middle-late Quaternary changes in water mass distribution and flow intensity on the northeastern Australian margin. In: McKenzie JA, Davies, PJ, Palmer-Julson, A, et al, Proc. ODP, Sci. Results, 133: College Station, TX (Ocean Drilling Program): 181-189.
- Lassalle G, Lobry J, Le Loc'h F, Bustamante P, Certain G, Delmas D, Dupuy C, Hily C, Labry C, Le Pape O, Marquis E, Petitgas P, Pusineri C, Ridoux V, Spitz J, Niquil N, 2011. Lower trophic levels and detrital biomass control the Bay of Biscay continental shelf food web: implications for ecosystem management. *Prog. Oceanogr*, 91 (4), pp. 561-575.
- Lercari D, Arreguín-Sánchez F, Le Quesne W, 2007. INCOFISH ecosystem models: transiting from Ecopath to Ecospace. Fisheries Centre Research Reports.
- Libes M, 1984. Production primaire d'un herbier a *Posidonia oceanica* mesurée in situ par la méthode du carbone 14. These de doctorat de specialite en Ecologie. Universite Aix-Marseille, Fac. Sci. Luminy: 1-199.
- Lindeman RL, 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23, 399-418.
- Liu PJ, Shao KT, Jan RQ, Fan TY, Wong SL, Hwang JS, Chen JP, Chen CC, Lin HJ, 2009. A trophic model of fringing coral reefs in Nanwan Bay, southern Taiwan suggests overfishing. *Marine Environmental Research* 68: 106-117.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being*. Island Press, Washington, DC.
- Ménard F, Gentil F, Dauvin JC, 1989. Population dynamics and secondary production of *Owenia fusiformis* Delle Chiaje (Polychaeta) from the Bay of Seine (eastern English Channel). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 133: 151-167.
- Montefalcone M, Vassallo P, Gatti G, Parravicini V, Paoli C, Morri C, Bianchi CN, 2015. The exergy of a phase shift: Ecosystem functioning loss in seagrass meadows of the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 156: 186-194.
- Odum HT, 1988. Self organization, transformity and information. *Science*, 242: 1132-1139.
- Odum HT, 1996. *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*. John Wiley and Sons. New York, 370 pp.
- Odum HT, 2000. *Handbook of Emery Evaluation Folio #2: Emery of Global Processes*. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 30p.

- Odum WE, Heald EJ, 1975. The detritus-based food web of an estuarine mangrove community. In *Estuarine Research*, 1. Ed. by L. E. Cronin. Academic Press, New York.
- Okey TA, Banks S, Born AF, Bustamante RH, Calvopiña M, Edgar GJ, Espinoza E, Fariña JM, Garske LE, Reck GK, Salazar S, Shepherd S, Toral-Granda V, Wallem P, 2004a. A trophic model of a Galápagos subtidal rocky reef for evaluating fisheries and conservation strategies. *Ecological Modelling* 172: 383-401.
- Okey TA, Vargo GA, Mackinson S, Vasconcellos M, Mahmoudi B, Meyer CA, 2004b. Simulating community effects of sea floor shading by plankton blooms over the West Florida Shelf. *Ecological Modelling* 172: 339-359.
- Opitz S, 1996. Trophic interactions in Caribbean Coral Reefs. ICLARM 43° Technical Report. 341 p.
- Ortiz M, Campos L, Berríos F, Rodríguez F, Hermosillo B, González J, 2013. Network properties and keystone assessment in different intertidal communities dominated by two ecosystem engineer species (SE Pacific coast): a comparative analysis. *Ecological Modelling* 250: 307-318.
- Palomares ML, Prust P, Pitcher T, Pauly D, 2005. Modelling Antarctic marine ecosystems. Fisheries Centre Research Report 13. 98 p.
- Paoli C, Gastaldo I, Vassallo P, 2013. The environmental cost to restore beach ecoservices. *Ecological Engineering* 52: 182-190
- Paoli C, Morten A, Bianchi CN, Morri C, Fabiano M, Vassallo P, 2016. Capturing ecological complexity: OCI, a novel combination of ecological indices as applied to benthic marine habitats. *Ecological Indicators* 66: 86-102.
- Paoli C, Vassallo P, Fabiano M, 2006. L'analisi energetica: un manuale d'uso. Fondazione AMGA, Working paper, Sezione Tecnico-scientifica, 12 pp.
- Pauly D, Christensen V, 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374, 255-257.
- Pedersen T, Nilsen M, Nilssen EM, Berg E, Reigstad M, 2008. Trophic model of a lightly exploited cod-dominated ecosystem. *Ecological Modelling* 214: 95-111.
- Pereira L, Zucaro A, Ortega E, Ulgiati S, 2013. Wealth, Trade and the Environment: Carrying Capacity, Economic Performance and Wellbeing in Brazil and Italy. *Journal of Environmental Accounting and Management* 1(2): 159-188.
- Pinkerton MH, Lundquist CJ, Duffy CAJ, Freeman DJ, 2008. Trophic modelling of a New Zealand rocky reef ecosystem using simultaneous adjustment of diet, biomass and energetic parameters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 367: 189-203.
- Pinnegar JK, Polunin NVC, 2004. Predicting indirect effects of fishing in Mediterranean rocky littoral communities using a dynamic simulation model. *Ecological Modelling* 172: 249-267.

- Piroddi C, Bearzi G, Christensen V, 2010. Effects of local fisheries and ocean productivity on the northeastern Ionian Sea ecosystem. *Ecological Modelling* 221 (11): 1526-1544.
- Prado P, Ibáñez C, Caiola N, Reyes E, 2013. Evaluation of seasonal variability in the food-web properties of coastal lagoons subjected to contrasting salinity gradients using network analyses. *Ecological Modelling* 265: 180-193.
- Redfield AC, Ketchum BH, Richards FA, 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. In Hill, N.M. (ed.), *The sea*, vol. 2, Wiley, London: 27-77.
- Rouhi A, Gillet P, Deutsch B, 2008. Reproduction and population dynamics of *Perinereis cultrifera* (Polychaeta: Nereididae) of the Atlantic coast, El Jadida, Morocco. *Cahiers de Biologie Marine* 49: 151-160.
- Sánchez-Jerez P, Barberà Cebrián CB, Ramos Esplá AA, 1999. Comparison of the epifauna spatial distribution in *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* and unvegetated bottoms: Importance of meadow edges. *Acta Oecologica* 20: 391-405.
- Sanchez-Lisazo JL, 1993. Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la reserva marina de Tabarca (Alicante): fenología y producción primaria. Ph.D. Thesis, Universidad de Alicante, Spain, 130 p.
- Selleslagh J, Lobry J, Amara R, Brylinski J.M, Boët P, 2012. Trophic functioning of coastal ecosystems along an anthropogenic pressure gradient: a French case study with emphasis on a small and low impacted estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 112: 73-85.
- Tecchio S, Coll M, Christensen V, Company J.B, Ramírez-Llodra E, Sardà F, 2013. Food web structure and vulnerability of a deep-sea ecosystem in the NW Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 75: 1-15.
- Torres MA, Coll M, Heymans JJ, Christensen V, Sobrino I, 2013. Food-web structure of and fishing impacts on the Gulf of Cadiz ecosystem (South-western Spain) *Ecol. Model*, 265: 26-44.
- True MA, 1970. Etude quantitative de quatre peuplements sciaphiles sur substrat rocheux dans la région marseillaise. *Bulletin de l'Institut Oceanographique (Monaco)* 69:1-48.
- Vetter EW, 1996. Secondary production of a Southern California *Nebalia* (Crustacea: Leptostraca). *Marine Ecology Progress Series* 137: 83-93.
- Willsie A, 1983. Zonation de la Macrofaune endogée de la Matte d'Herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. Int. Medit.* 28: 165-168.
- Wolff WJ, Wolff L, 1977. Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen Estuary, The Netherlands. *Estuarine and Coastal Marine Science* 5: 1-24.

# Allegato 1

## ► Contabilità ambientale nelle Aree Marine Protette Italiane

Idea progettuale

Roma, 15 aprile 2014

A cura di:

**Federparchi**

*Area marina protetta Capo Caccia - Isola Piana*  
*Area marina protetta Capo Carbonara*  
*Area marina protetta Capo Gallo - Isola delle Femmine*  
*Area marina protetta Capo Rizzuto*  
*Area marina protetta Cinque Terre*  
*Area marina protetta Costa degli Infreschi e della Masseta*  
*Area marina protetta Isola dell'Asinara*  
*Area marina protetta Isola di Bergeggi*  
*Area marina protetta Isola di Ustica*  
*Area marina protetta Isole Ciclopi*  
*Area marina protetta Isole di Ventotene e Santo Stefano*  
*Area marina protetta Isole Egadi*  
*Area marina protetta Isole Pelagie*  
*Area marina protetta Isole Tremiti*  
*Area marina protetta Miramare*  
*Area marina protetta Penisola del Sinis - Isola di Mal di Ventre*  
*Area marina protetta Plemmirio*  
*Area marina protetta Porto Cesareo*  
*Area marina protetta Portofino*  
*Area marina protetta Punta Campanella*  
*Area marina protetta Regno di Nettuno*  
*Area marina protetta Santa Maria di Castellabate*  
*Area marina protetta Secche della Meloria*  
*Area marina protetta Secche di Tor Paterno*  
*Area marina protetta Tavolara - Punta Coda Cavallo*  
*Area marina protetta Torre del Cerrano*  
*Area marina protetta Torre Guaceto*  
*Parco sommerso di Baia*  
*Parco sommerso di Gaiola*

Con il contributo di:

Università, Enti di ricerca, collaboratori esterni

### Contabilità ambientale nelle Aree Marine Protette Italiane

Questo documento si propone di delineare sinteticamente i fondamenti e le procedure necessarie per realizzare una contabilità ambientale basata sulla quantificazione del valore, anche economico, del patrimonio ambientale e variazioni dei flussi che lo mantengono. In questo senso, grazie alla realizzazione dei Piani di Gestione Standardizzati ISEA attivati per ciascuna AMP italiana ([www.progettoisea.it](http://www.progettoisea.it)) nel 2012, i dati necessari alla realizzazione di un rendiconto naturalistico saranno più facilmente reperibili; (questo perché il Piano di gestione standardizzato consentirà di identificare più facilmente gli impatti diretti e indiretti di ciascuna area presa in considerazione, identificati con le stesse minacce ISEA).

### Contabilità ambientale: cosa misurare?

Con il termine patrimonio ambientale identifichiamo il capitale naturale ovvero lo stock capace di fornire le risorse naturali alla base delle attività umane, da cui si originano tutti i beni e i servizi che comportano un'utilità per l'essere umano.

Questo patrimonio non viene abitualmente considerato nelle logiche di mercato e ad esso non viene attribuito alcun valore.

Lo scopo di una contabilità realmente incentrata sull'ambiente deve essere quello di quantificarne il valore sia fisico sia monetario e monitorarne le variazioni al fine di mantenerlo per lo meno intatto.

Il valore dei beni di tipo ambientale può essere calcolato sia partendo da un approccio antropocentrico sia adottando un approccio ecocentrico. Nel primo caso vengono stimati i servizi ecosistemici ricorrendo a meccanismi di mercato o quasi mercato. Nel secondo caso invece, si parte da una stima di tipo fisico del capitale naturale, basata sull'investimento fatto dalla natura in termini di risorse impegnate. In questo modo si valuta il reale sforzo della natura per mantenere un certo bene o servizio, vi si attribuisce cioè un valore indipendentemente dal fatto che l'uomo lo percepisca o meno. Una volta individuato il valore fisico si perviene solo successivamente ad una valutazione monetaria.

Si può identificare un patrimonio ambientale di base, costituito dalla struttura e dai processi fondamentali degli ecosistemi.

Da questo patrimonio ambientale di base si originano le funzioni ecosistemiche (Appendice 1 e Tabella 1), che rappresentano l'abilità potenziale di fornire servizi e che esistono indipendentemente dal fatto che l'uomo ne faccia uso.

Processi ecosistemici: cambiamenti o reazioni che avvengono all'interno degli ecosistemi di natura fisica, chimica e biologica come ad esempio la ciclizzazione dei nutrienti o le trasformazioni energetiche.

Strutture ecosistemiche: architettura biofisica degli ecosistemi

Funzioni ecosistemiche: raccordo tra processi e servizi ovvero la capacità degli ecosistemi di fornire beni e servizi che soddisfano le necessità degli uomini direttamente o indirettamente

<p><b>Servizi ecosistemici:</b> contributi di struttura, processi e funzioni degli ecosistemi al benessere umano</p>
<p><b>Offerta di servizi ecosistemici:</b> riguarda la capacità di uno specifico territorio di fornire beni e servizi ecosistemici in un dato periodo; dipende dalle caratteristiche specifiche del territorio e costituisce il capitale ecologico dell'area.</p>
<p><b>Domande di servizi ecosistemici:</b> somma di tutti i servizi ecosistemici sfruttati in un certo periodo e della richiesta di risorse esercitata su un territorio.</p>

Tabella 1: Definizioni di base della contabilità ambientale

Dalle funzioni si originano i servizi ecosistemici ovvero quella parte del capitale naturale che l'uomo sfrutta direttamente e che gli permettono di ottenere un beneficio.

Usualmente viene attribuito dall'economia un valore solo a questo beneficio finale, poiché solo di esso l'essere umano ha percezione, mentre viene trascurato lo sforzo che la natura deve sostenere per poterlo generare. Questo sforzo può essere sostenuto solo grazie alla presenza di quel patrimonio ambientale di base precedentemente citato.

È fondamentale che venga individuato il valore di questo capitale, ma anche i processi, le funzioni e soprattutto i servizi maggiormente sfruttati (Figura 1).

Questo perché è proprio dalla tipologia e dal grado di sfruttamento che dipende la possibilità di preservare ed aumentare il patrimonio ambientale.

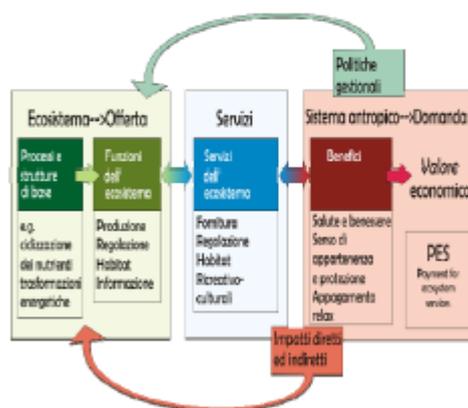


Figura 1: Relazioni tra ecosistemi, servizi ecosistemici e sistema antropico

È necessario misurare la quantità di risorse a disposizione, ma anche capire quali usi incidono su esse (costi ambientali) e con che modalità, arrivando a quantificare l'entità del prelievo (Figura 1).

Una valutazione accurata dei servizi può indirizzare correttamente amministratori e gestori.

Si rende quindi anche necessario trasportare le definizioni generali, precedentemente riportate, ad un contesto maggiormente locale, considerando l'offerta e la domanda che il territorio locale può offrire, contestualizzandole ed effettuando misure geograficamente localizzate che possano consentire di operare direttamente sul territorio e attuare politiche di gestione *ad hoc*.

### AMP e patrimonio ambientale

Le AMP vengono istituite con lo scopo di proteggere e conservare la biodiversità. Ad oggi, tuttavia, il loro ruolo può essere interpretato in maniera differente e più ampia, riferendosi ad

esse come delle aree in cui l'instaurazione di un regime di tutela, comporti un incremento del naturale patrimonio ambientale e dei servizi ecosistemici da esso forniti, a partire da beni e servizi generati a scala locale (e.g. aumentata produzione di risorse ittiche) per arrivare a servizi che intervengono a scala globale (e.g. modificazioni del ciclo dei nutrienti).

È importante rileggere in quest'ottica l'intero processo di gestione mirando a identificare e fare emergere l'importanza dei servizi forniti ma anche a comprendere come le attività di tutela possano migliorare la loro qualità o aumentare la loro quantità a seguito di un intervento di preservazione o incremento del patrimonio ambientale iniziale a disposizione.

#### Metodo di misura: il bilancio tra tutela e sfruttamento verso l'aumento del patrimonio ambientale

In questo contesto le pratiche di gestione si devono orientare verso un incremento del patrimonio ambientale ottenuto bilanciando le attività di sfruttamento delle risorse (e.g. subacquea, nautica) (che generano profitto e benessere per l'essere umano) e le disposizioni di tutela imposte dall'ente gestore (e.g. zonazione dell'AMP con aree sottoposte a divieto esclusivo).

A tale scopo sono necessari alcuni passaggi fondamentali (Fasi) che possono essere così riassunti:

**Fase 0. Fotografia della disponibilità di dati relativi al rendiconto naturalistico delle AMP**

**Fase 1. Contabilizzazione del valore ecologico ed economico del patrimonio ambientale dell'AMP**

**Fase 2. Individuazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici.**

**Fase 3. Contabilizzazione dei costi ambientali ed economici**

**Fase 4. Contabilizzazione dei benefici ambientali ed economici**

**Fase 5. Conto dei flussi ambientali e del beneficio netto dell'AMP**

**Fase 6. Informatizzazione gestione dei dati e sviluppo sistema contabilità**

#### Fase 0. Fotografia della disponibilità di dati relativi al rendiconto naturalistico delle AMP

##### Procedura

1. Inventario dei dati necessari alla realizzazione del modello e già a disposizione delle AMP e valutazione della comparabilità tra campionamenti diversi e/o siti diversi.
2. Formulazione, in caso di dati mancanti, di un protocollo condiviso e standardizzato per la raccolta delle informazioni in modo che esse siano ottenute in maniera funzionale alla realizzazione del modello e comparabile tra siti diversi.

Creazione di un database collegato a SIT (Sistema informativo Territoriale) contenente le biomasse associate ad ogni taxa

##### Dati richiesti

###### Dati strettamente necessari

- Elenco delle biocenosi presenti nell'area
- Cartografia biocenotica dell'area successiva al 2010 e se presente in serie storica
- Superficie di ciascuna biocenosi (dato successivo al 2010 e, se presente, in serie storica)
- Dati di presenza della fauna ittica rilevata su fondo duro e fondo molle (e.g. g/m<sup>2</sup>, numero di individui/m<sup>2</sup>)

#### Dati facoltativi

Questi dati possono essere stimati tramite elaborazione di dati ritrovati in bibliografia e/o presso strutture deputate a monitoraggi nazionali o regionali (es. WFD 152/06), è tuttavia fortemente consigliabile che essi vengano forniti per la realizzazione di una analisi puntuale più accurata.

- Dati di presenza degli organismi bentonici presenti in ogni biocenosi (e.g. numero individui/m<sup>2</sup>) possibilmente divisi per taxa
- Dati di biomassa degli organismi bentonici presenti in ogni biocenosi (e.g. g/m<sup>2</sup>) possibilmente divisi per taxa
- Dati di presenza della fauna ittica associata a ogni biocenosi (e.g. numero di individui/m<sup>2</sup>)
- Dati di biomassa della fauna ittica rilevata su fondo duro e fondo molle (e.g. g/m<sup>2</sup>, numero di individui/m<sup>2</sup>)
- Dati di biomassa della fauna ittica associata a ogni biocenosi (e.g. g/m<sup>2</sup>)
- Dati di biomassa divisa per categoria della comunità planctonica

### Fase 1. Contabilizzazione del valore ecologico ed economico del patrimonio ambientale dell'AMP

#### Procedura

1. Individuazione delle comunità bentoniche presenti nell'area (ad esempio tramite consultazione di cartografia) e della fauna ittica ad esse associata (ad esempio tramite consultazione di dati da campagne di *visual census*)
2. Attribuzione di un valore ecologico e economico tramite la modellizzazione della rete trofica di ogni biocenosi e l'applicazione di metodi sistemici (Analisi Emergetica) (Vedi Appendice 2)

#### Dati richiesti

- Dati raccolti nella Fase 0

### Fase 2. Individuazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici.

Una volta calcolato il valore ecologico del patrimonio ambientale sarà necessario individuare le funzioni che lo caratterizzano e i servizi ecosistemici da esse derivanti. L'identificazione di questi servizi e delle corrispondenti funzioni è fondamentale al fine di individuare le corrette relazioni tra ecosistema e sistema antropico e quantificare i flussi di risorse tra i due. Per fare questo sarà consultata ed attentamente analizzata tutta la bibliografia di riferimento, rivolgendo particolare attenzione all'ambito marino (e.g. Liqueste et al., 2013; De Groot et al., 2012; MA, 2005; Ronnback et al., 2007; USNRC, 2004).

La mappatura dei servizi ecosistemici verrà condotta anche secondo le linee guida indicate dal gruppo di lavoro del MAES (Mapping and Assessment on Ecosystems and their Services) volte a supportare l'implementazione dell'Azione 5 della Strategia Europea per la Biodiversità (European Union, 2013, 2014)

Le funzioni e i servizi saranno inoltre identificati basandosi sulla conoscenza approfondita dei singoli ecosistemi analizzati tramite le fasi precedenti ovvero individuandone tutti i ruoli svolti dal punto di vista ecologico. In questo modo si otterrà una classificazione di funzioni e servizi specificatamente realizzata per ogni singola AMP.

### Fase 3. Contabilizzazione dei costi ambientali ed economici

#### Procedura (approccio ecocentrico)

1. Individuazione degli usi e relativi impatti esercitati nell'area ovvero delle attività svolte dagli utenti e.g. turismo balneare ed escursionistico, nautica (diporto e battelli), pesca sportiva e professionale, subacquea.
2. Valutazione dei costi ambientali diretti, in termini di uso di risorse naturali ed antropiche e degradazione dell'ambiente naturale, le cui ricadute si registrano all'interno dell'AMP (Appendice 3).
3. Valutazione dei costi ambientali indiretti (in termini di uso di risorse e degradazione dell'ambiente naturale) le cui ricadute si registrano al di fuori dell'AMP (Appendice 3)

#### Procedura (approccio antropocentrico)

1. I costi ambientali contribuiscono alla formazione del conto dei flussi ambientali. Pertanto verranno ricondotti ad alcune tipologie principali, quali ad esempio: presenza antropica, consumo di risorse idriche, consumo di combustibile per autotrazione, consumo di combustibile per riscaldamento, consumo di energia elettrica, consumo di materie prime.
2. La monetizzazione avviene attraverso passaggi successivi che si traducono nella trasformazione dei consumi in tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub> e la successiva conversione in unità monetaria attraverso l'adozione di un fattore di conversione economica e monetaria che attribuisce un costo sociale ad ogni unità di CO<sub>2</sub> emessa (social cost of carbon).
3. Costi economici: dati contabili, bilancio dell'area marina protetta

#### Dati richiesti (indicazioni di massima)

Tutti i dati sono richiesti in serie storica e su base annua.

Analisi Ambientale iniziale (se presente)

Bilancio dell'Area Marina

Consumo di risorse, produzione di scarti da parte dell'Area Marina (e.g. rifiuti, combustibile, elettricità, acqua)

Campagne di raccolta dati tramite questionari ad hoc ed interviste a campioni di utenti o gestori delle attività (e.g. balneazione, nautica da diporto e battelli, subacquea, pesca sportiva, pesca professionale-vedi Appendice 3).

### Fase 4. Contabilizzazione dei benefici ambientali ed economici

#### Procedura (approccio ecocentrico)

Da un punto di vista ecocentrico i benefici ambientali di un'AMP si originano dal mantenimento del patrimonio ecologico e delle funzioni da esso svolte. Il sistema naturale, infatti, fornisce costantemente servizi che derivano dall'esistenza stessa dell'ambiente e che vengono generati a prescindere dall'utilità, il beneficio o il vantaggio diretto che l'uomo gli attribuisce. Senza preservare l'intera struttura dell'ecosistema si pregiudica la fornitura di servizi così come un aumento dei servizi forniti che può realizzarsi solo a seguito di un aumento del patrimonio ecologico.

#### Procedura (approccio antropocentrico)

La valutazione dei servizi ecosistemici, al pari di quanto accaduto per la mappatura, verrà condotta secondo le linee guida indicate dal gruppo di lavoro del MAES (Mapping and Assessment on Ecosystems and their Services) volte a supportare l'implementazione dell'Azione 5 (Visintin e Marangon, 2014).

1. **Benefici ambientali ed economici:** In questa fase viene quantificato il valore monetario dei servizi ecosistemici:

- a. individuazione di indicatori bio-fisici e socio-economici adeguati per misurare l'entità del servizio ecosistemico
- b. monetizzazione degli indicatori calcolati nella fase precedente. La definizione dei servizi ecosistemici è propedeutica alla formulazione dei corretti indicatori. Individuati gli indicatori potrebbe essere necessario sottoporre questionari ai visitatori.

2. I benefici ambientali, al pari dei costi ambientali ed economici, contribuiscono alla formazione del conto dei flussi.

3. Ricavi: dati contabili, bilancio dell'area protetta

**Dati richiesti (indicazioni di massima)**

Tutti i dati sono richiesti in serie storica e su base annua.

Individuazione di adeguati indicatori bio-fisici (ad es. produttività primaria) e socio-economici (ad es. flusso visitatori) per misurare l'entità del servizio ecosistemico.

**Fase 5. Conto dei flussi ambientali e bilancio dell'AMP**

**Procedura**

Il conto dei flussi è impostato su un approccio cost benefit analysis ( come illustrato nella successiva tabella) che integra la contabilità economica (costi e ricavi) dell'Ente gestore con

la contabilità delle risorse ambientali (benefici e costi ambientali, sociali ed economici) dell'area.

Per quanto concerne la contabilità delle risorse ambientali sarà possibile confrontare i costi ed i benefici per comprendere se la gestione attuata sia o meno efficace in un'ottica di mantenimento e crescita del patrimonio ecologico.

La sommatoria dei costi e benefici consente di realizzare un bilancio dell'AMP ovvero la ricchezza prodotta o consumata. Il rapporto tra i benefici netti prodotti dall'area e il finanziamento pubblico consente di stimare il ritorno sull'investimento effettuato dall'ente pubblico nell'area marina, ovvero l'entità dei benefici economici, ambientali e sociali forniti dall'AMP a fronte di 1 euro di investimento pubblico, ( Marangon, Spoto e Visintin, 2008; Visintin, 2008; Visintin e Marangon, 2009; Visintin, Marangon e Spoto, currently under review)

Nella costruzione del bilancio dei flussi vengono utilizzate le valutazioni dei costi e benefici così come definite al punto "Contabilizzazione dei costi ambientali ed economici" e "Contabilizzazione dei benefici ambientali ed economici".

Environmental accounting		
Natural stock account	Natural flow account	
- Quality assessment (by genus or species)	- Costs / expenses:	- Benefits / revenues:
- Quantity assessment (density)	-- PA expenses	-- PA revenues
	-- Environmental costs	-- Environmental benefits
	PA net benefits produced/consumed	

Le risultanze dell'approccio ecocentrico ed antropocentrico condotto in tutte le fasi progettuali saranno qui messe a confronto e integrate per pervenire a informazioni piu'

complete e dettagliate riguardanti il valore dell'AMP e la percezione di questo valore da parte degli utenti. I due approcci consentiranno inoltre di comprendere al meglio le conseguenze di azioni di gestione da parte delle AMP siano esse ipotizzate o già intraprese e che riguardino sia attività di conservazione o di promozione.

### Dati richiesti

Dati raccolti nelle fasi precedenti

### Fase 6. Informatizzazione gestione dati e sviluppo sistema contabilità

I dati raccolti potranno essere gestiti tramite l'utilizzo di sistemi informativi già a disposizione di diverse AMP o sviluppati ad hoc. A puro titolo di esempio presso la rete ReMARE si ipotizza la gestione tramite la piattaforma Marine Coastal Information System già attivo presso la rete ReMARE (Sistema Informativo open source in grado di gestire in modalità integrata informazioni cartografiche ed alfanumeriche dell'ambiente marino secondo i nuovi standards) (Figura 2). L'utilizzo di strutture informatiche interoperabili e potenzialmente espandibili, simili a quella qui indicata come esempio, permetterà una più semplice e razionale gestione dinamica della contabilità ambientale, al fine di rendere tale procedura realmente funzionale alla gestione delle AMP anche con una più facile raccolta e scambio di dati ed informazioni tra i soggetti gestori, enti, utenti. I nuovi sistemi informativi permetteranno, inoltre, di inserirsi nell'ambito delle recenti reti informatiche ambientali europee ed internazionali oltre a raccogliere, gestire, rendere fruibili i dati secondo i nuovi standards internazionali (INSPIRE, OGC, ecc.).

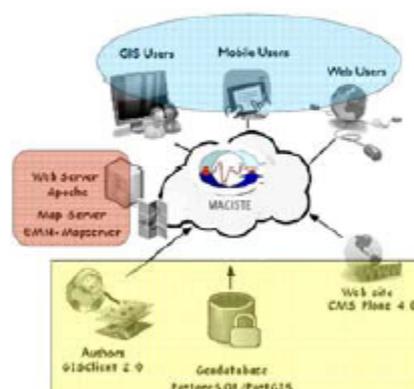


Figura 2: Esempio di struttura di sistema informativo integrato Marine Coastal Information System già attivo presso la rete ReMARE su cui sviluppare modulo contabilità ambientale

### Cronogramma delle attività

Durata del progetto 4 anni

Fase	2014	2015	2016	2017
Fase 0	12 mesi			
Fase 1	12 mesi			
Fase 2	8 mesi			
Fase 3	12 mesi			
Fase 4	8 mesi			
Fase 5	8 mesi			
Fase 6	12 mesi			

## APPENDICE 1: Classificazione ed esempi di processi, funzioni e servizi ecosistemici

Classificazione generale delle funzioni e dei servizi ecosistemici proposta da De Groot et al (2002).

FUNZIONE ECOSISTEMICA	PROCESSO O COMPONENTE DELL'ECOSISTEMA	SERVIZIO ECOSISTEMICO (esempio)
<i>Funzioni di regolazione</i>	<i>Mantenimento di processi ecologici essenziali e supporto dei sistemi viventi</i>	<i>Servizi di regolazione</i>
Regolazione dei gas atmosferici	Ruolo degli ecosistemi nei processi biogeochimici (regolazione del bilancio CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , mantenimento dello strato di O <sub>3</sub> )	Prevenzione dei danni causati dall'esposizione ai raggi solari in assenza dei danni alla fascia di ozono, mantenimento di una buona qualità dell'aria.
Regolazione del clima	Influenza della copertura del suolo e dei processi biologicamente regolati sul clima	Mantenimento di condizioni climatiche favorevoli alla vita umana e alle attività dell'uomo (es. pratiche agricole)
Prevenzione disturbo	Capacità della struttura eco sistemica di smorzare i disturbi.	Protezione dalle tempeste, controllo degli eventi alluvionali e siccitosi
Regolazione delle acque	Ruolo della copertura del suolo nel regolare il runoff e i regimi o le piene fluviali.	Drenaggio e irrigazioni naturali, mezzo di trasporto.
Fornitura di acqua	Filtrazione, accumulo e ritenzione delle acque	Fornitura di acqua da parte di bacini imbriferi e falde acquifere per usi antropici.
Conservazione del suolo e controllo dell'erosione	Ruolo degli apparati radicali e delle comunità del suolo nel trattenere il suolo	Mantenimento di terreni coltivabili, prevenzione dei danni dovuti all'erosione
Formazione del suolo	Alterazione delle rocce e accumulo di materia organica	Mantenimento della produttività nelle terre coltivabili, mantenimento di suoli naturali produttivi
Ciclo e regolazione dei nutrienti	Ruolo del biota nell'accumulo, ciclizzazione interna, trasformazione ed acquisizione dei nutrienti	Mantenimento di ecosistemi produttivi
Trattamento dei rifiuti	Ruolo del biota nel rimuovere sostanze alloctone o nocive	Detossificazione, controllo dell'inquinamento
Impollinazione	Ruolo del biota nel movimento di gameti floreali	Impollinazione di specie selvatiche ed agricole
Controllo biologico delle popolazioni	Regolazione trofo-dinamica delle popolazioni	Controllo delle popolazioni tramite dinamiche preda-predatore, controllo di malattie e patogeni
<i>Funzioni di habitat</i>	<i>Fornitura di habitat ed ambienti adatti alla vita per specie animali e vegetali</i>	<i>Servizi di habitat</i>
Ritugio	Fornitura di habitat per specie animali e vegetali	Mantenimento di specie con valore commerciale
Nursery	Fornitura di siti riproduttivi per specie animali e vegetali	Produzione di pesce, grano, noci, frutta, tramite caccia, raccolta, coltivazione o allevamento, sussistenza a piccola scala di acquacoltura e allevamento
<i>Funzioni di produzione</i>	<i>Fornitura di risorse</i>	<i>Servizi di fornitura</i>
Produzione di cibo	Trasformazione dell'energia solare in piante ed animali commestibili	
Fornitura di materiali grezzi	Trasformazione dell'energia solare in biomassa utile per gli usi umani	Produzione di legna, combustibili, materiali da costruzione, fibre tessili, fertilizzanti.
Risorse genetiche	Evoluzione di piante ed animali	Miglioramento delle colture, sostanze medicamentose
Risorse medicinali	Varietà delle sostanze biochimiche nel biota	Medicinali e farmaci, modelli e strumenti chimici, organismi per testare le sostanze

<b>Risorse ornamentali</b>	Varietà delle specie animali e vegetali a scopo ornamentale	Risorse per la moda, l'industria manifatturiera, la decorazione, gli animali da compagnia
<i>Funzioni d'informazione</i>	<i>Fornitura di opportunità per lo sviluppo cognitivo</i>	<i>Servizi culturali e ricreativi</i>
Informazione di tipo estetico	Caratteristiche attrattive dei paesaggi	Godimento di paesaggi
Funzione ricreativa	Varietà di paesaggi con usi ricreativi potenziali	Eco-turismo, sports.
Informazione culturale ed artistica	Varietà delle caratteristiche naturali con valore artistico e culturale	Uso della natura come sfondo di libri, quadri e film o a carattere folcloristico, iconografico, simbolico.
Informazione spirituale e storica	Varietà delle caratteristiche naturali con valore spirituale e storico	Uso della natura per scopi religiosi
Scienza ed educazione	Varietà delle caratteristiche naturali con valore scientifico e didattico	Uso della natura per scopi scientifici o escursioni scolastiche

Classificazione dei servizi ecosistemici marini e costieri tratta da Liqueste et al., 2013

	This paper	MA	Beaumont	TEEB	CICES
<b>Provisioning</b>	Food provision	Food	Food provision	Food	Terrestrial plant and animal
					Freshwater plant and animal
	Water storage and provision	Fresh water	N/A	Water	Marine plant and animal
					Potable water
					Water flow regulation
Biotic materials and biofuels	Ornamental resources	Raw materials	Ornamental resources	Biologic materials	
	Genetic resources		Genetic resources		
	Biochemicals		Medicinal resources		
	Fiber		Raw materials	Renewable biofuels	
<b>Regulating and maintenance</b>	Water purification	Water purification and waste treatment	Bioremediation of waste	Waste treatment	Bioremediation
		Nutrient cycling	Nutrient cycling		Water quality regulation
	Air quality regulation	Air quality regulation	Gas and climate regulation	Air quality regulation	Dilution and sequestration of wastes
	Coastal protection	Natural hazard regulation	Disturbance prevention	Moderation of extreme events	Mass flow regulation
		Water regulation		Regulation of water flows	Water flow regulation
		Erosion regulation		Erosion prevention	Air flow regulation
	Climate regulation	Climate regulation	Gas and climate regulation	Climate regulation	Atmospheric regulation
	Weather regulation		N/A		
	Ocean nourishment	Soil formation	Nutrient cycling	Maintenance of soil fertility	Pedogenesis and soil quality regulation
	Life cycle maintenance	Pollination	Biologically mediated habitat	Maintenance of life cycles of migratory species	Lifecycle maintenance and habitat protection
				Maintenance of genetic diversity	Gene pool protection
Biological regulation	Pest regulation	N/A	Biological control	Pest and disease control	
	Disease regulation				
<b>Cultural</b>	Symbolic and aesthetic values	Spiritual and religious values	Cultural heritage and identity	Spiritual experience	Spiritual
		Cultural heritage values			
		Cultural diversity			
	Recreation and tourism	Aesthetic values	Feel good or warm glow	Aesthetic information	Aesthetic, heritage
		Recreation and ecotourism	Leisure and recreation	Opportunities for recreation and tourism	Recreation and community activities
	Cognitive effects	Social relations	Cognitive effects	Information for cognitive development	Information and knowledge
		Inspiration			
Knowledge systems					
	Educational values				



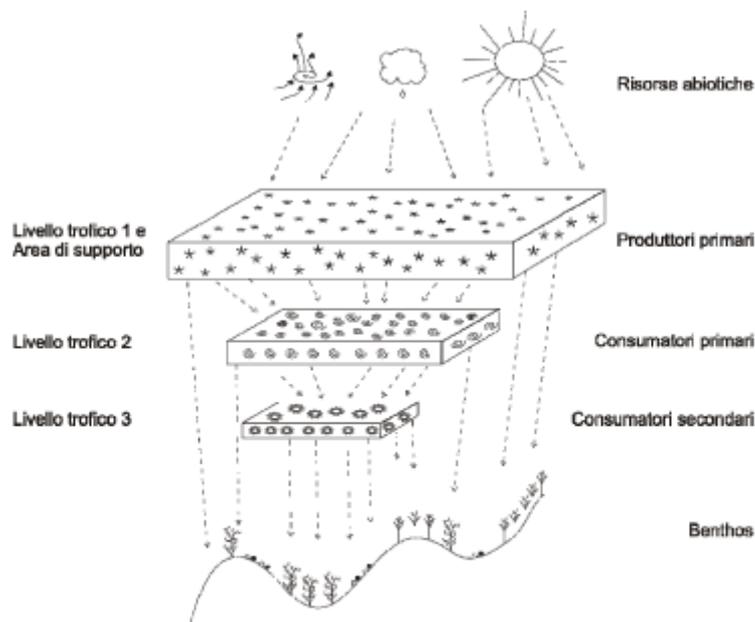
## APPENDICE 2: dettaglio della metodologia applicata per la valutazione ecologica ed economica del patrimonio ambientale

Il progetto si propone di formulare una procedura *ad hoc* per stimare il valore intrinseco del patrimonio ambientale delle AMP e esprimere il valore ottenuto in termini ecologici e monetari in modo da renderlo facilmente comprensibile ed evidente e poterlo integrare in programmi di gestione e sviluppo. Per raggiungere tali obiettivi in primo luogo le biocenosi componenti la biodiversità bentonica delle AMP saranno individuate e ne sarà valutata l'estensione.

Inizialmente l'analisi verrà realizzata solo sulle biocenosi bentoniche e la fauna ittica demersale ad esse associata come punto di partenza data la maggiore facilità di applicazione della metodologia a seguito della natura stanziale dei popolamenti.

Successivamente sarà possibile trasporre la metodologia proposta anche ad altre componenti dell'ecosistema (e.g. colonna d'acqua, grandi pelagici, avifauna)

La ricerca sarà poi organizzata in 4 fasi principali che si basano sullo schema rappresentato nella Figura seguente:



1. Analisi trofodinamica: stima della produttività primaria alla base della rete trofica che mantiene la biodiversità bentonica

2. **Valutazione dell'Area di supporto:** stima dell'estensione dell'area bioproduttiva su cui si genera la produttività primaria calcolata nello step precedente
3. **Stima delle risorse ecologiche investite:** valutazione in termini di Emergenza delle risorse (e.g. nutrienti, sole, pioggia) che mantengono questa produttività ed alimentano l'area che la sostiene.
4. **Valutazione monetaria:** attribuzione di un valore monetario ai flussi di risorse calcolati.

#### 1. *Analisi trofodinamica:*

Le principali fasi di questa analisi sono:

- Individuazione delle principali biocenosi presenti nell'area tramite lo studio di carte bionomiche e individuazione delle popolazioni ittiche bentoniche e demersali ad esse associate.
- Creazione di un database per la valutazione delle biomasse associate ad ogni biocenosi realizzato considerando dati prelevati in situ e consultando la letteratura esistente
- Modellizzazione della rete trofica di ogni biocenosi tramite appositi programmi di simulazione realizzati dal team di ricerca e individuazione dei livelli trofici dei differenti gruppi componenti.
- Valutazione della produttività primaria (P) alla base di ogni rete trofica tramite l'applicazione dell'approccio sviluppato da Pauly & Christensen (1995)

$$P = \sum_T B_T \times 10^{(T-1)}$$

Dove

B= biomassa di ogni gruppo trofico presente all'interno della biocenosi

T= livello trofico

#### 2. *Valutazione dell'Area di supporto:*

I valori relativi alla produttività primaria ottenuta saranno divisi per il valore medio di produttività per unità di area, ottenendo una misura areale.

#### 3. *Stima delle risorse ecologiche investite:*

Le risorse totali impiegate saranno calcolate mediante l'applicazione della metodologia denominata Analisi Energetica.

L'Analisi Energetica è una metodologia termodinamica (Odum, 1996) definita dai concetti fondamentali di emergenza solare e transformity. L'Emergenza solare è la quantità di emergenza solare richiesta direttamente o indirettamente per ottenere un prodotto o un servizio (misurata in solar energy joules - sej); la transformity è un fattore in grado di quantificare l'emergenza solare necessaria per ottenere un Joule di un certo prodotto o servizio e si misura in sej/J.

L'Emergenza consente di esprimere diverse tipologie di risorse in un'unica unità di misura e, conseguentemente, di poterle confrontare e somma tra loro per ottenere una valutazione complessiva delle risorse impiegate.

---

Nel caso specifico i flussi di nutrienti che originano la produttività primaria alla base della catena trofica ed i flussi naturali che mantengono vitale e produttiva la superficie su cui tale produttività risiede verranno calcolati in sej e sommati per ottenere un valore ecologico da associare ad ogni biocenosi dell'Area marina protetta e successivamente a tutta l'AMP.

#### 4. Valutazione monetaria:

A tale scopo si impiegherà un fattore di conversione detto *Emergy to money ratio* (sej/€)

L'*Emergy to money ratio* rappresenta il potere d'acquisto dell'Energia e permette di calcolare il valore economico di un bene o servizio come rapporto tra il suo contenuto Emergetico e il fattore di conversione medesimo.

L'applicazione della metodologia produrrà alcuni risultati principali ovvero:

- valutazione dell'ammontare totale di risorse impiegate calcolate in Solar Emergy Joules tramite l'applicazione dell'Analisi Emergetica applicata alle singole biocenosi e successivamente attraverso la somma totale dei valori associati alle diverse biocenosi
- quantificazione dell'area di supporto necessaria a mantenere tutte le biocenosi e rapporto con la superficie occupata sia a livello di singola biocenosi sia a livello di Area Marina
- quantificazione del valore economico totale di ogni AMP
- valutazione del contributo percentuale delle diverse biocenosi a tale valore economico totale
- stima del valore economico per unità di area da attribuire alle diverse biocenosi per l'individuazione di quelle di minore o maggiore pregio
- mappatura del valore economico delle diverse biocenosi collocate di ogni AMP

## APPENDICE 3: ipotesi dettaglio dei dati richiesti per la contabilizzazione dei costi ambientali ed economici.

### Balneazione e/o turismo escursionistico

- Profilo del bagnante: provincia di residenza, occupazione ecc
- Spiagge o percorsi frequentati
- Durata e frequenza della permanenza in spiaggia o del percorso effettuato
- Attività di ripristino di ecosistemi o di aumento di superficie artificiale per favorire lo svolgimento dell'attività (e.g. ripascimenti): dati quantitativi sulle risorse impiegate per completare il ripristino (e.g. carburante, elettricità, ore di lavoro umano, materiali)
- In caso di turisti e non residenti: tipologia della vacanza (e.g. dove alloggia, durata, mezzi utilizzati per raggiungere la località e per gli spostamenti)

### Nautica (diporto e battelli)

- Profilo del diportista o del passeggero: provincia di residenza, occupazione ecc
- Numero di transiti al giorno durante l'anno nell'area da parte di imbarcazioni di diportisti e battelli
- Stima degli inquinanti rilasciati in ambiente (e.g. idrocarburi, rifiuti o scarti)
- Stima di superficie di ecosistema danneggiato o distrutto a seguito dello svolgimento dell'attività (e.g. ancoraggio)
- Informazioni sull'imbarcazione: porto di ormeggio, tipo di imbarcazione (vela o motore), lunghezza e materiali con cui è costruita, numero di motori, potenza, combustibile utilizzato, tipologia di ancora utilizzata.
- Informazioni sull'utilizzo dell'imbarcazione: durata media delle uscite, miglia percorse, destinazioni.
- Dati relativi ai consumi da richiedersi presso porticcioli e punti di ormeggio (elettricità, carburante, acqua utilizzati per garantire i servizi agli utenti).

### Subacquea

- Numero di subacquei presenti nelle diverse zone
- Stima di superficie di ecosistema danneggiato o distrutto a seguito dello svolgimento dell'attività (e.g. pinnaggio)
- Localizzazione esatta delle aree in cui si realizza l'attività.
- Informazioni da richiedere ai diving: profilo degli utenti e tipologia di immersione: destinazioni, frequenze, persone trasportate e consumi necessari a effettuare l'immersione (carburante, personale, materiali)
- Attività di ripristino di ecosistemi o di aumento di superficie artificiale per favorire lo svolgimento dell'attività (e.g. barriere di ripopolamento): dati quantitativi sulle risorse impiegate per completare il ripristino (e.g. carburante, elettricità, ore di lavoro umano, materiali)

### Pesca sportiva

- Numero di imbarcazioni
- Localizzazione esatta delle aree in cui si realizza l'attività.
- Quantità di pesce prelevato suddiviso per specie.
- Stima degli inquinanti rilasciati in ambiente (e.g. idrocarburi, rifiuti o scarti)
- Informazioni sull'imbarcazione: porto di ormeggio, tipo di imbarcazione (vela o motore), lunghezza e materiali con cui è costruita, numero di motori, potenza, combustibile utilizzato.
- Informazioni sull'utilizzo dell'imbarcazione: durata media delle uscite, miglia percorse, destinazioni.
- Stima di superficie di ecosistema danneggiato o distrutto a seguito dello svolgimento dell'attività (e.g. ancoraggio)
- Zone di pesca
- Carburante utilizzato
- Numero e provenienza delle persone a bordo
- Materiali impiegati in quantità o costo
- Costi sostenuti per poter praticare l'attività.

### Pesca professionale

- Quantità di pesce prelevato suddiviso per specie.
- Localizzazione esatta delle aree in cui si realizza l'attività.
- Stima di superficie di ecosistema danneggiato o distrutto a seguito dello svolgimento dell'attività (e.g. strascico)
- Giorni di pesca
- Rotte effettuate
- Carburante utilizzato
- Addetti
- Materiali impiegati in quantità o costo
- Ricavi per specie

#### Bibliografia

- De Groot R.S., Wilson M.A., Boumans R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- EU - European Union (2013), *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services - An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, Publications office of the European Union, Luxembourg.
- EU - European Union (2014), *Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 2nd Report - Final*, February 2014, Publications office of the European Union, Luxembourg
- Liquete C., Piroddi C., Drakou E.G., Gurney L., Katsanevakis S., et al., 2013. Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8(7): e67737. doi:10.1371/journal.pone.0067737
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being*. Island Press, Washington, DC.
- MARANGON F., SPOTO M., VISINTIN F. (2008), *An Environmental Accounting Model for a Natural Reserve*, in Schaltegger S., Bennett M., Burritt R.L., Jasch C. (eds), *Environmental Management Accounting for Cleaner Production, Series Eco-Efficiency in Industry and Science*, Vol. 24, Springer Netherlands, pp. 267-282, ISBN: 978-1-4020-8912-1.
- Odum H.T., 1996. *Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making*. John Wiley and Sons, New York.
- Pauly D., Christensen V., 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374, 255-257.
- Rönnbäck P., Kautsky N., Pihl L., Troell M., Söderqvist T., Wennhage H., 2007. Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: identification, valuation, and implications of ecosystem shifts. *Ambio* 36, 534-544.
- USNRC (National Research Council -U.S.-, Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, National Research Council), 2004. *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-making*. National Academies Press, 277 pp.
- VISINTIN F. (2008), *Modello di contabilità ambientale per il Sistema delle aree naturali tutelate del Friuli Venezia Giulia*, Progetto S.A.R.A. Sistema Aree Regionali Ambientali - Costituzione sistema regionale delle aree naturali, CETA, gennaio 2008, Gorizia, Rapporto interno.
- VISINTIN F., MARANGON F. (2009), *Tourist Function and Environmental Accounting Model in Protected Areas*, Proceedings of the International Conference "Sustainable tourism as a factor of local development", Tangram
-

Edizioni Scientifiche (Collana Simposi), Trento, p. 175-184.

Visintin F., Marangon F., *RNM di Miramare e Sistema Aree Regionali Ambientali FVG: un modello di contabilità ambientale dei servizi ecosistemici*, Riunione del gruppo di lavoro sulla contabilità ambientale, 15/04/2014, Roma..

VISINTIN F., MARANGON F., SPOTO M., *Assessing the Value for Money of Protected Areas: the Miramare Natural Marine Reserve Case Study*, Ecosystem Services, Special issue: Marine Economics, currently under review