

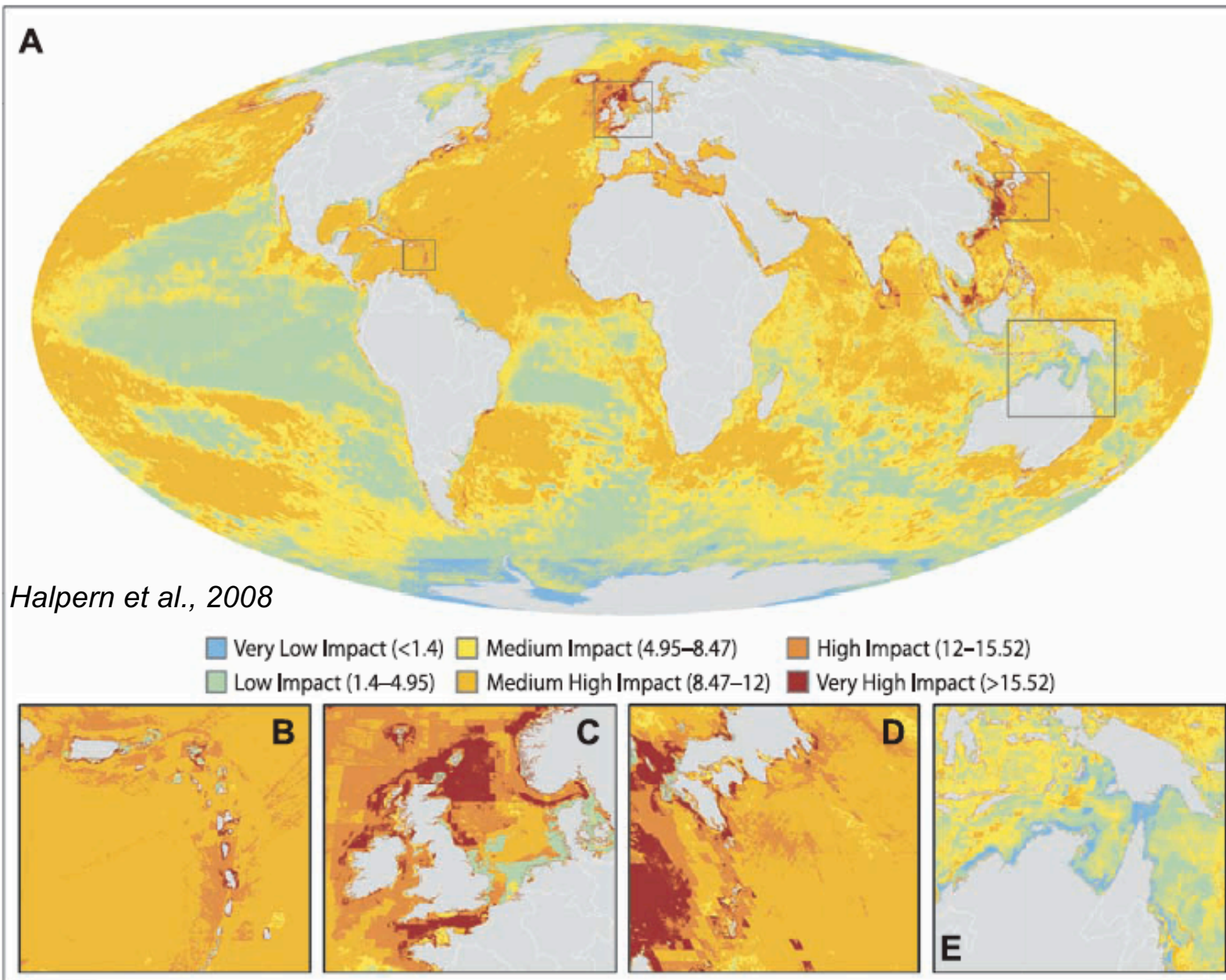
Università degli Studi di Trieste – a.a. 2020-2021
Corso di Studio in Scienze e Tecnologie per L'ambiente e la Natura

213SM – Ecologia
213SM-3 – Ecologia Generale

**RELAZIONI TRA BIODIVERSITA' E
FUNZIONAMENTO ECOSISTEMICO**

Prof. Stanislao Bevilacqua (sbevilacqua@units.it)

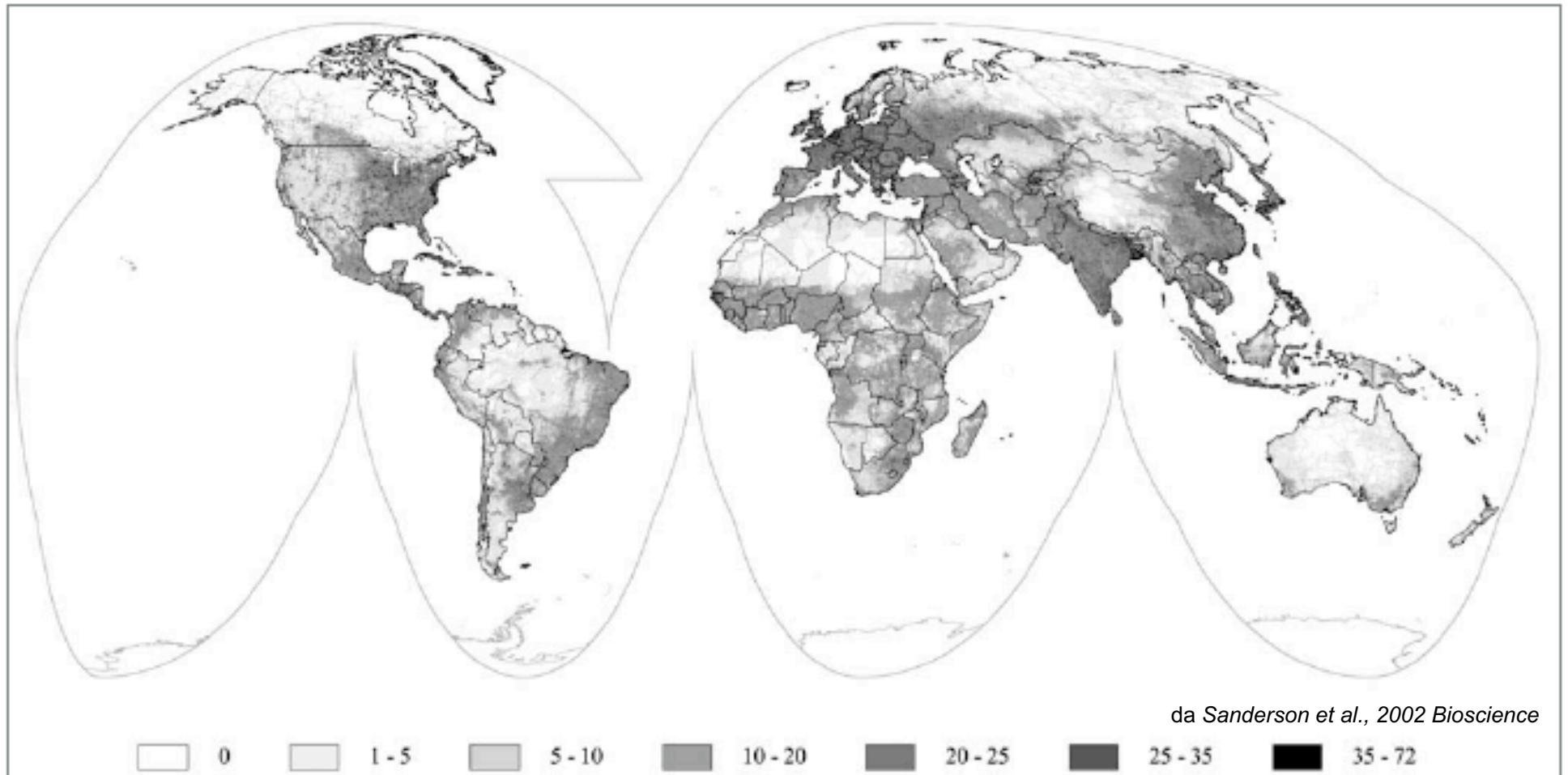
L'impronta umana sul pianeta



Il rapido aumento degli impatti antropici a livello mondiale sta causando un declino della biodiversità globale dei sistemi marini...

L'impronta umana sul pianeta

E di quelli terrestri

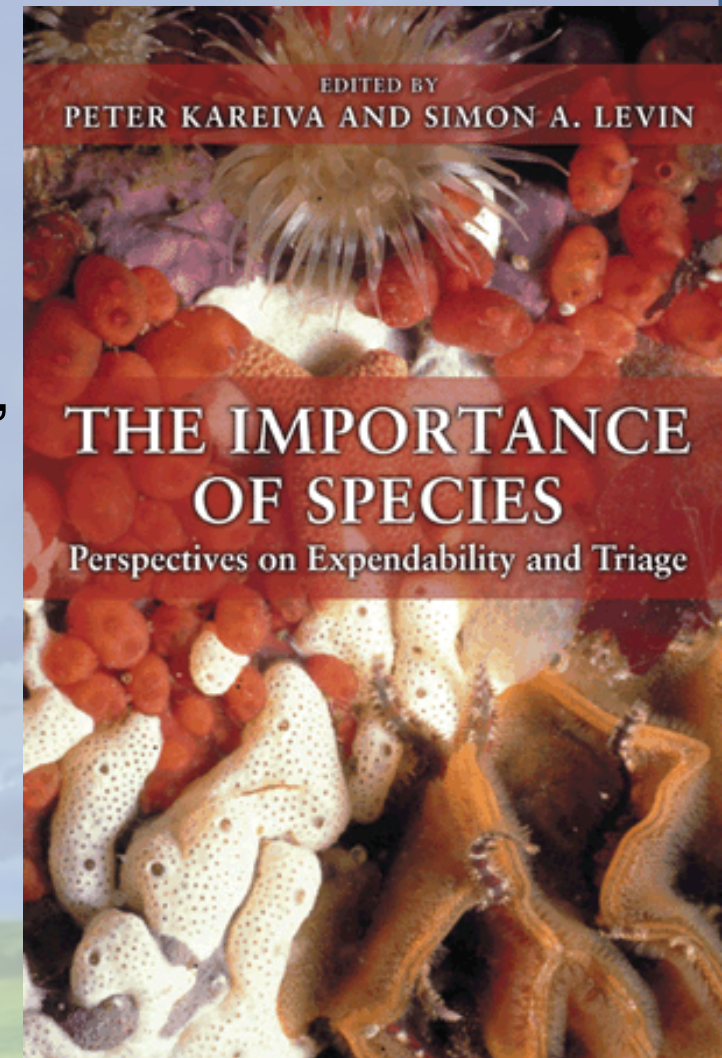


Importanza biodiversità-funzionamento

Quali possono essere le **conseguenze di questa perdita di biodiversità** a scala locale e regionale sul funzionamento degli ecosistemi?

Vi è un **legame tra biodiversità e stabilità**, o tra biodiversità e produttività? Le potenziali modifiche al **funzionamento** pregiudicano i servizi e i beni che gli ecosistemi ci forniscono?

Le preoccupazioni sugli effetti della perdita (o modifica) della biodiversità hanno stimolato la ricerca nel campo, che continua tutt'oggi.



Funzioni ecosistemiche

Produzione di biomassa

Produzione primaria

Produzione secondaria

Trasformazione della sostanza organica

Decomposizione della materia organica

Import/export materia organica

Nitrificazione /
denitrificazione / fissazione
N

Sequestro di carbonio

Immobilizzazione e
mineralizzazione dei
nutrienti

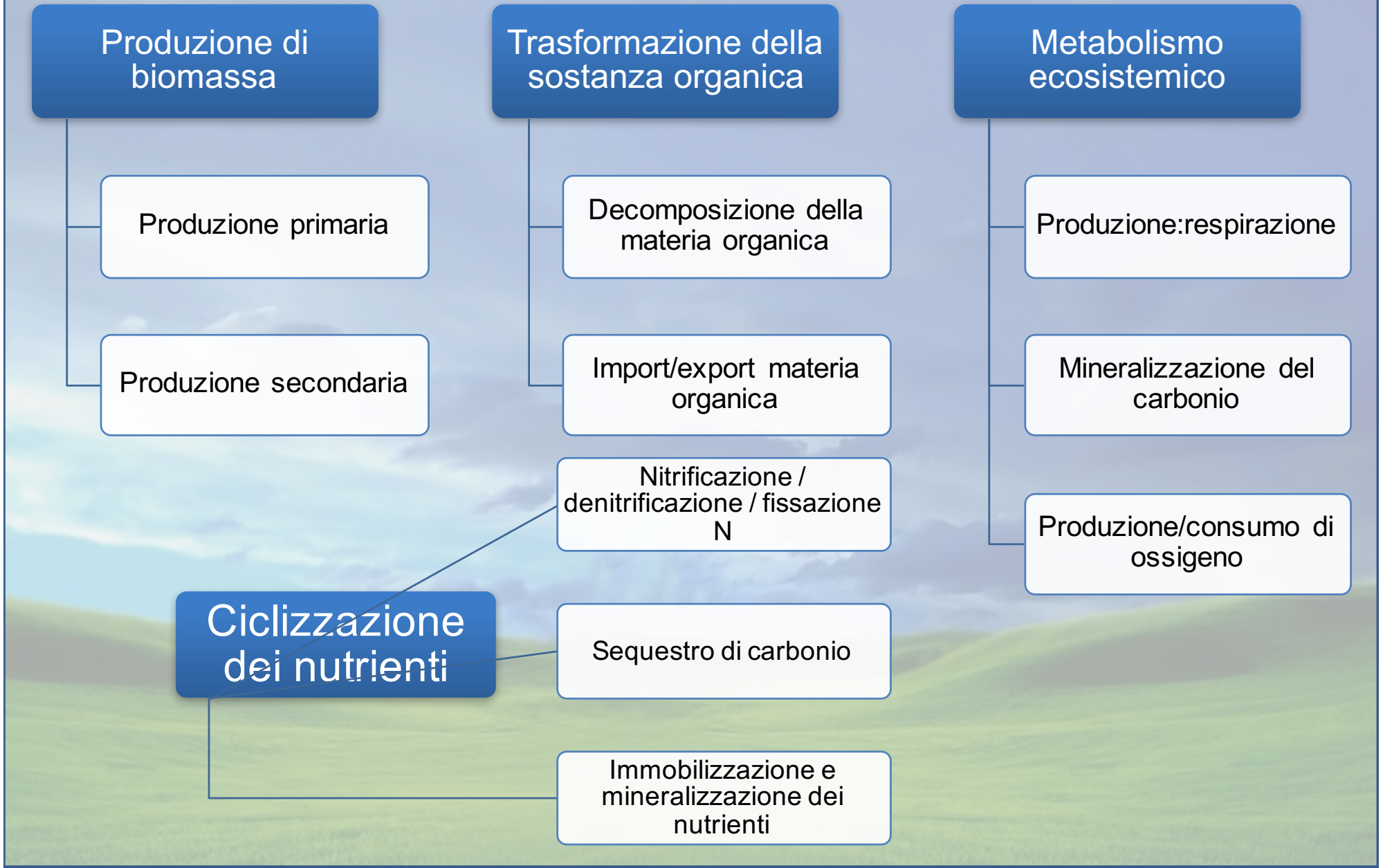
Metabolismo ecosistemico

Produzione: respirazione

Mineralizzazione del
carbonio

Produzione/consumo di
ossigeno

Ciclistizzazione dei nutrienti



Funzioni ecosistemiche

Strutturazione

Formazione di habitat

Formazione del suolo
e dei sedimenti

Regolazione del
clima

Stabilizzazione di
struttura e processi

Resilienza

Meccanismi BEF

Varie teorie sono state formulate per spiegare il modo in cui la biodiversità sostiene o migliora le performance di funzionamento ecosistemiche.

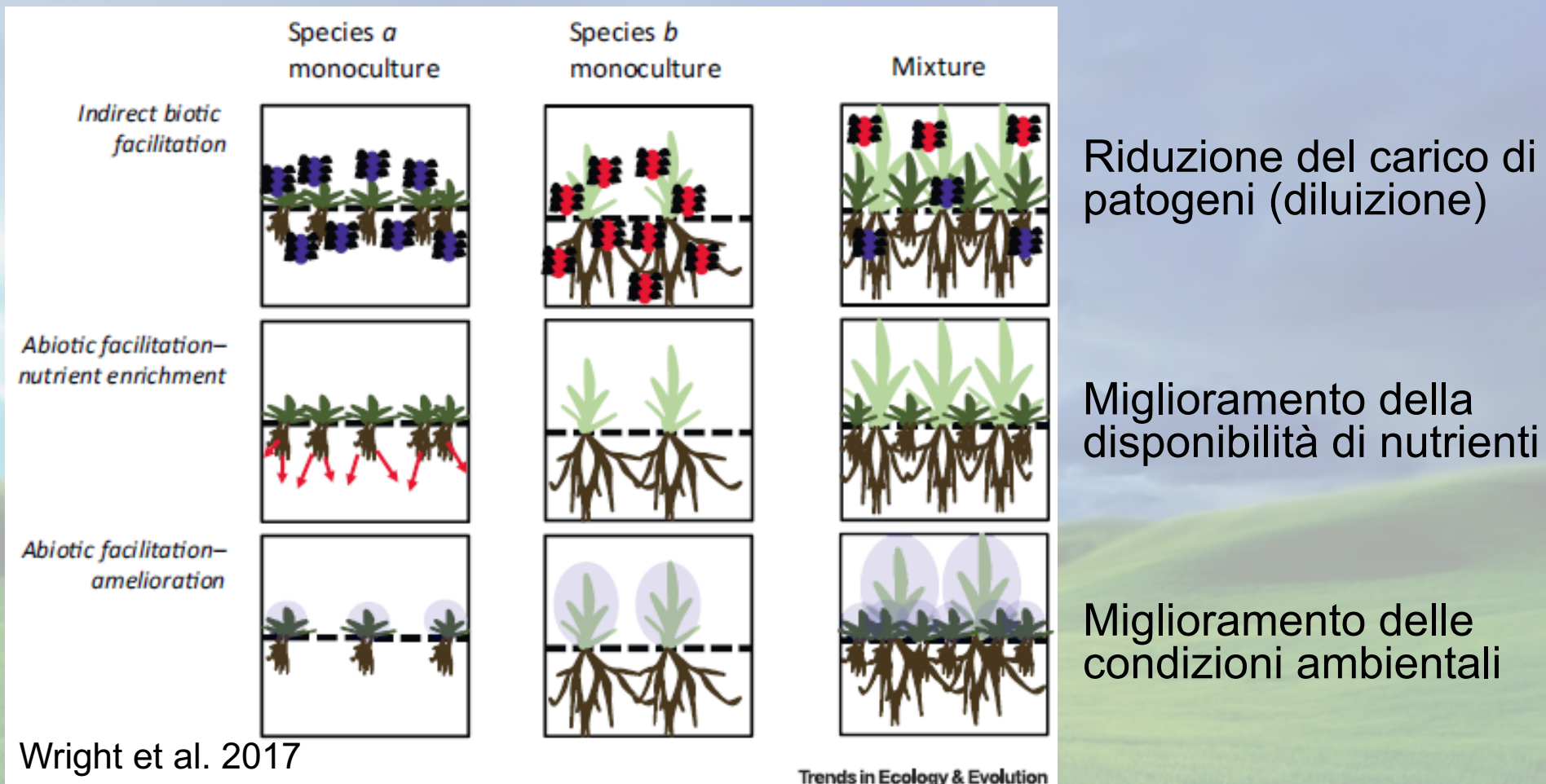
Non vi è una teoria universalmente valida, e più meccanismi possono contribuire nel determinare una maggiore efficienza di funzionamento al crescere della biodiversità.

Risultati contrastanti dipendono spesso dalle peculiarità dei sistemi studiati e dagli organismi che ne fanno parte, oppure dalla variabile di funzionamento che viene presa in considerazione.

Ad esempio la stabilità di sistemi fondati su una o poche specie strutturanti dipenderà dal potenziale di resilienza di queste specie in larga parte. Sistemi con molte specie possono invece essere più variabili nella loro struttura intrinseca, ma avere maggiore stabilità, ad esempio, in termini di produttività.

Facilitazione

Il modello di facilitazione prevede che le interazioni tra specie possano direttamente o indirettamente migliorare il funzionamento del sistema. L'insieme di più specie può determinare una maggiore produzione, o riciclo di nutrienti, e migliorare altre funzioni.



Riduzione del carico di patogeni (diluizione)

Miglioramento della disponibilità di nutrienti

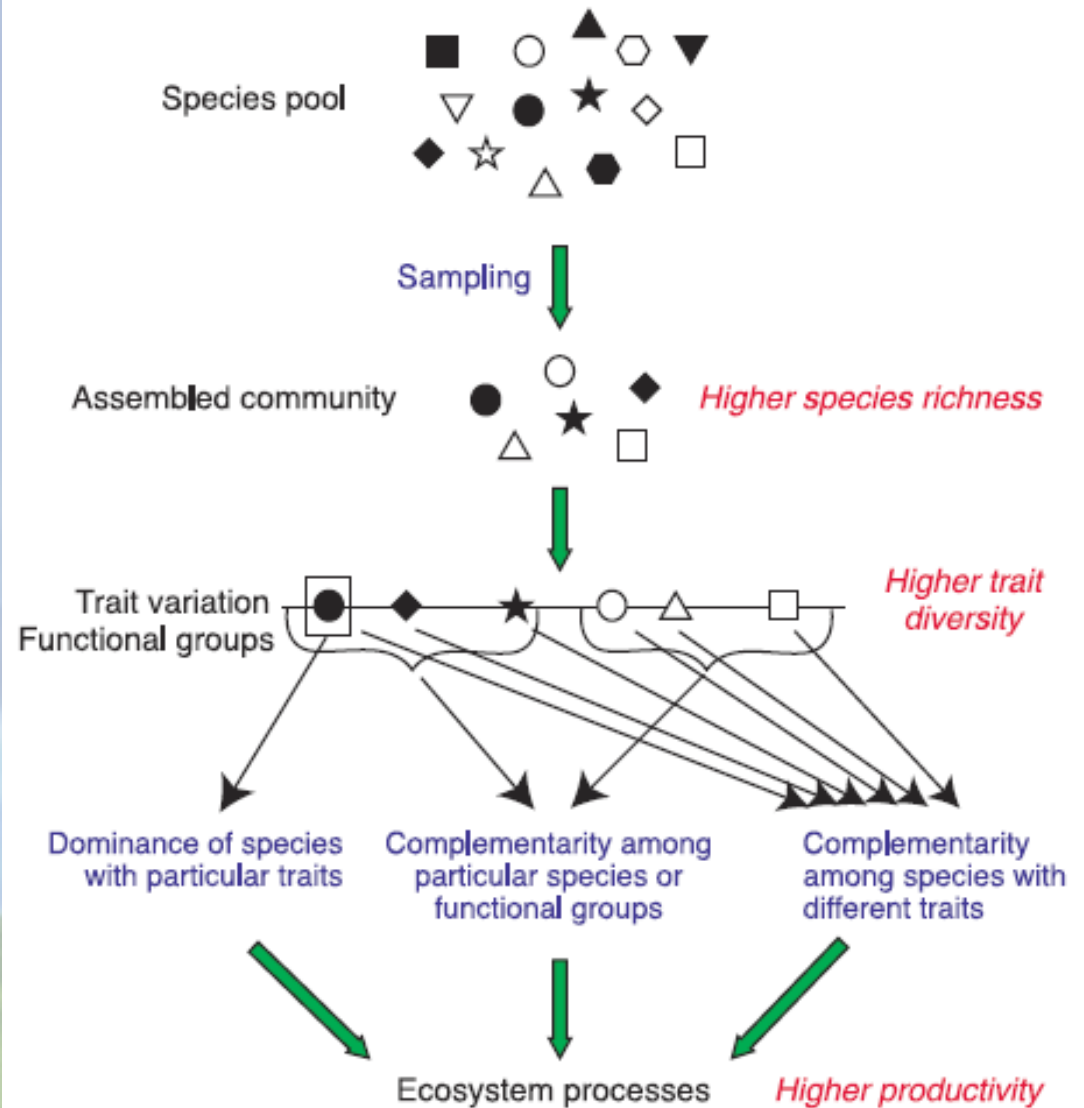
Miglioramento delle condizioni ambientali

Complementarietà

La **complementarietà** emerge quando le interazioni competitive portano ad una ripartizione delle risorse.

Più specie usano più risorse, oppure usano la stessa risorsa in momenti differenti o in differenti porzioni dello spazio.

La conseguenza è che più specie **useranno in modo più efficiente le risorse disponibili** e/o un **maggior numero di esse**, portando ad un funzionamento migliore del sistema (ad esempio in termini di produttività).



Sampling effects

Sampling effect

La presenza di più specie aumenta la probabilità di includere organismi che hanno una migliore performance a determinate condizioni, o una migliore efficienza nell'uso delle risorse, o più specie che si complementano o che facilitano le altre.

Portfolio effect(s)

Noto anche come *averaging effect*, è un effetto statistico delle dinamiche che hanno le componenti di un sistema. Supponendo che le specie abbiano un diverso comportamento in relazione ai cambiamenti che un sistema affronta, più esse sono più mediamente la performance del sistema si manterrà stabile attorno ad una performance media.

Oppure, più specie ci sono più sarà probabile che una o più di queste compensino con una migliore performance la ridotta performance delle altre per ciascuna condizione in cui si troverà il sistema.

Ancora, più specie ci sono più sarà improbabile che, in seguito ad una perturbazione, una particolare funzione si trovi a non essere sostenuta da nessun organismo (**ridondanza**).

Ridondanza

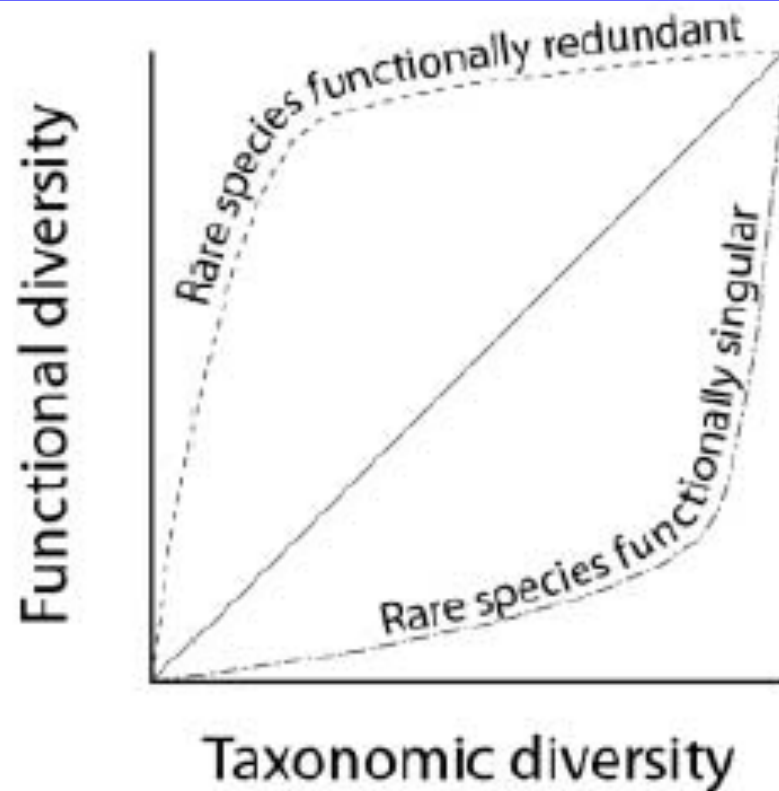


Figure 2 The relationship between taxonomic and functional diversity. Three possible relationships are shown. The top (dashed) line shows the relationship when rare species are functionally redundant. The middle, straight line (continuous) shows the relationship when every species contributes to functioning and is equally abundant. The third relationship (bottom, dash-dot) shows the relationship when rare species carry unique functional traits.

Le specie sono uniche in relazione al loro contributo per il funzionamento o ci sono repliche funzionali (ridondanza)?

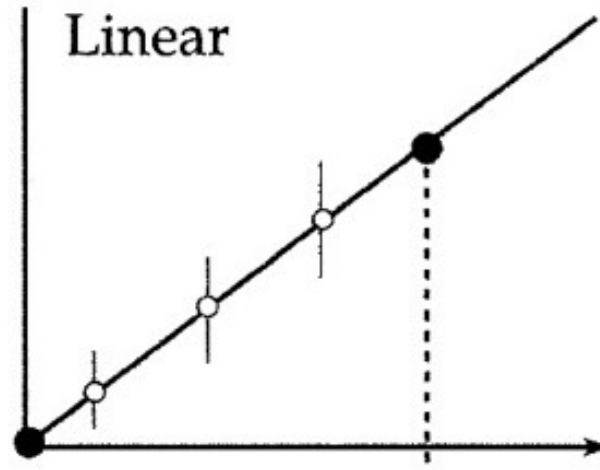
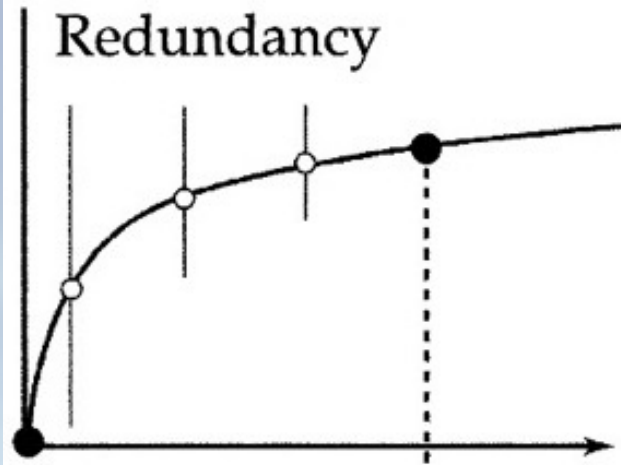
La difficoltà spesso nasce nel definire la funzione di una specie, e quindi se rispetto ad altre essa è funzionalmente ridondante.

Esistono specie inutili e quindi sacrificabili?

Specie rare sembrano non avere un gran significato, ma a volte possono rappresentare tratti funzionali unici.

Non utili al momento, ma in seguito, al variare delle condizioni?

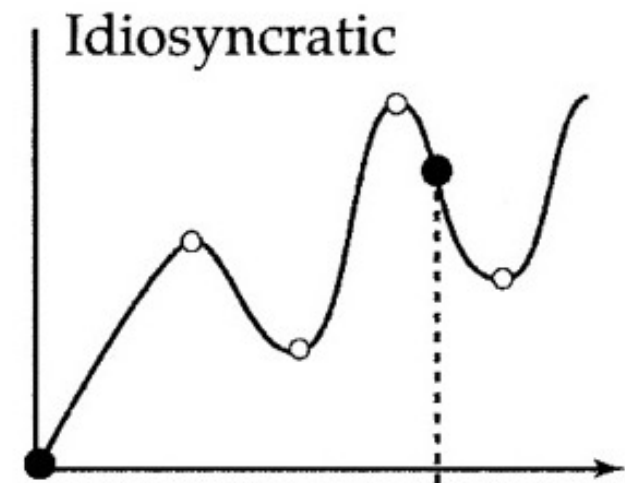
Effetti della riduzione o aggiunta di specie



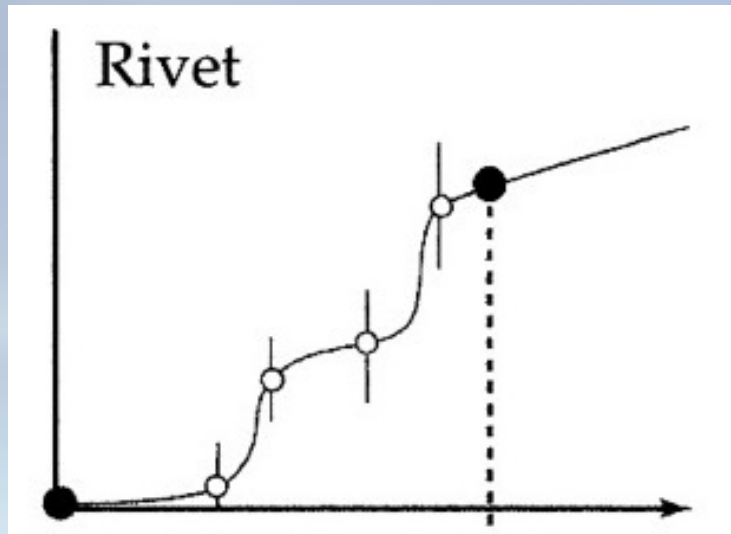
La perdita o l'aggiunta di specie causa dei cambiamenti sostanziali ai processi ecosistemici. In altre parole, le specie danno un contributo unico al funzionamento degli ecosistemi

Le specie sono ridondanti. La perdita di specie è compensata da altre specie che hanno una funzione simile. Al contrario, l'aggiunta di specie con funzioni simili a quelle presenti aggiunge poco o nulla.

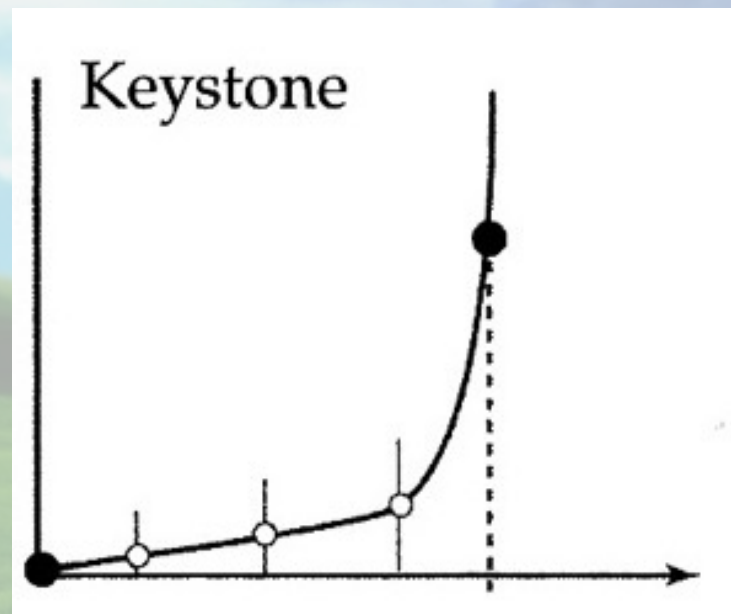
L'effetto sul funzionamento del sistema dipende dal contesto. La perdita o l'aggiunta di una specie avrà quindi un impatto differente a seconda delle caratteristiche della specie, delle condizioni ambientali e delle interazioni con le altre specie. (Lawton 1994)



Effetti della riduzione o aggiunta di specie

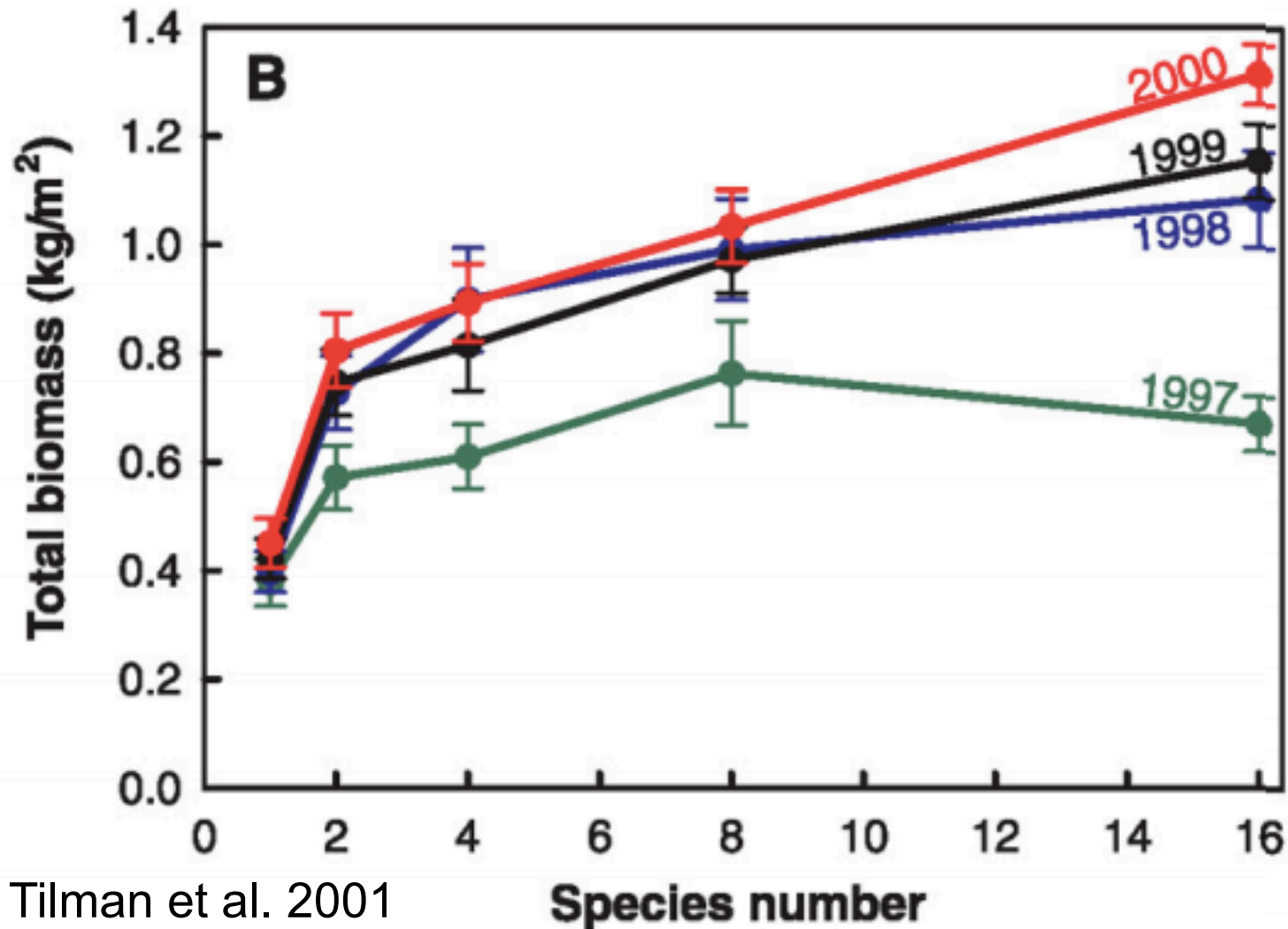


La perdita di una specie può avere o meno un impatto sui processi dell'ecosistema. La perdita di una specie può essere compensata da altre con funzione simile (ridondanza). Tuttavia, quando tutte le specie con la stessa funzione sono rimosse dal sistema si verifica un cambiamento sostanziale. (Ehrlich & Ehrlich, 1981)



Alcune specie sono più importanti di altre nel determinare un cambiamento nel sistema. La loro perdita di queste specie può drasticamente alterare il funzionamento del sistema (assenza di ridondanza – specie keystone, habitat-former, ecc.)

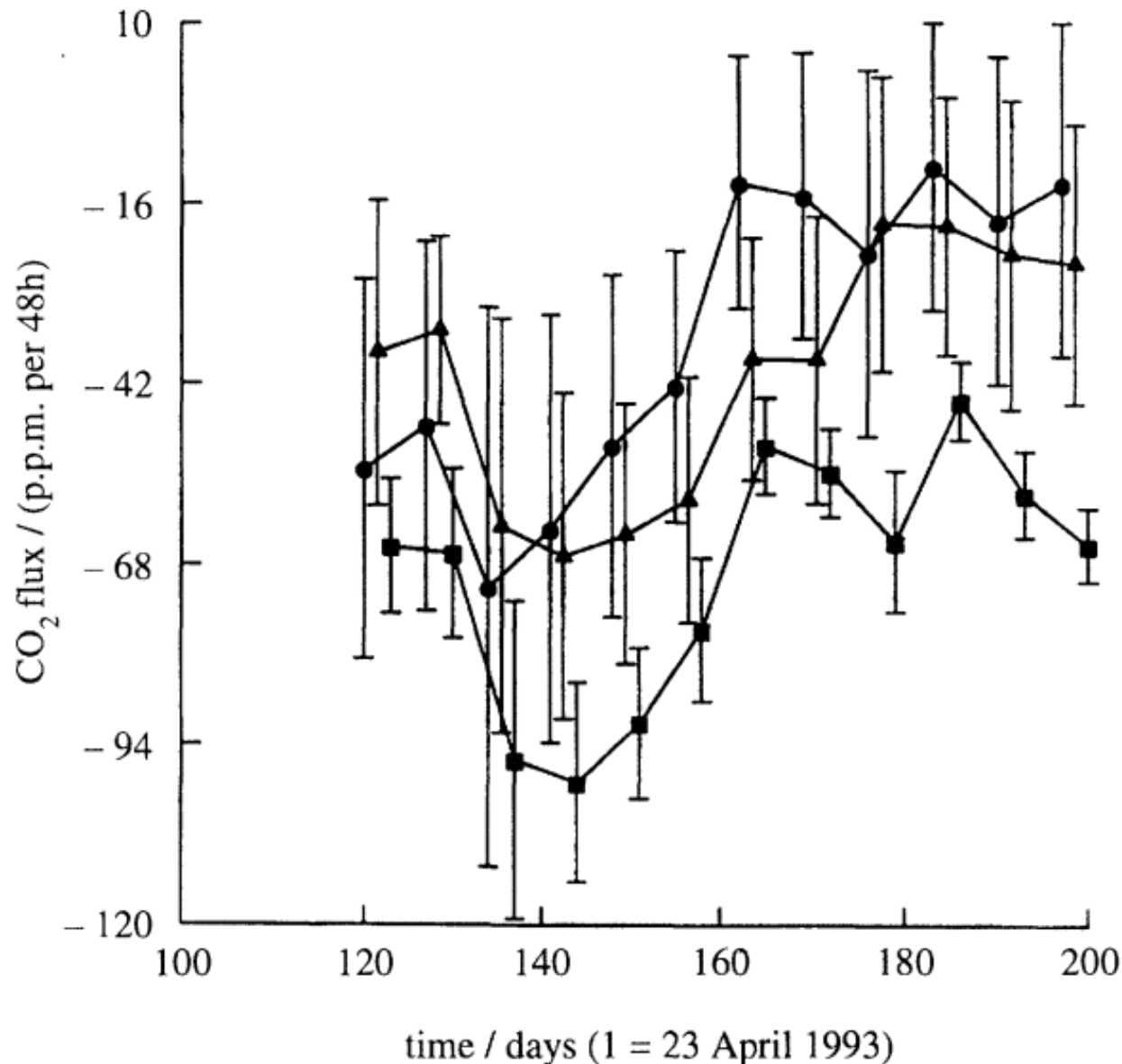
Diversità e produzione primaria



168 plot di 9x9 m
a diversità
crescente

La biomassa prodotta da popolamenti di piante erbacee a maggiore diversità era maggiore di quella prodotta da popolamenti a più bassa diversità

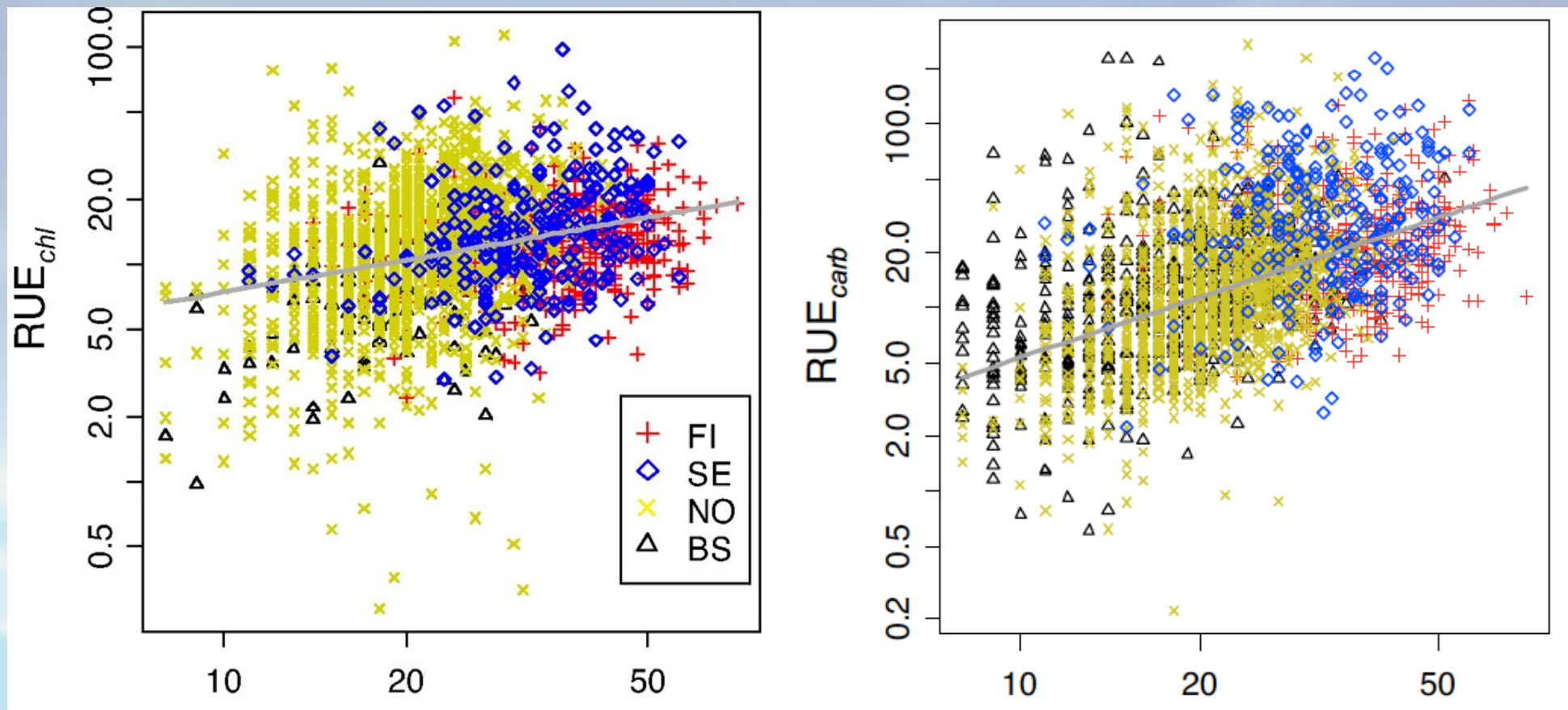
Diversità e metabolismo ecosistemico



Il flusso di carbonio attraverso la comunità era maggiore per le comunità a bassa diversità (9 specie), seguita da quelle a diversità intermedia (15 specie). Il flusso più basso si osservava nelle comunità a più alta diversità (31 specie) che, quindi, riuscivano a immobilizzare più carbonio nella loro biomassa.

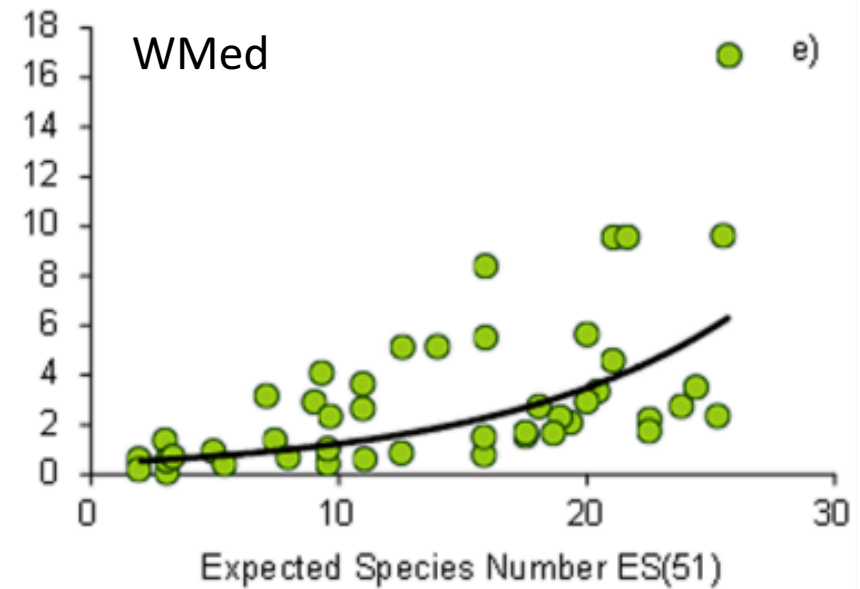
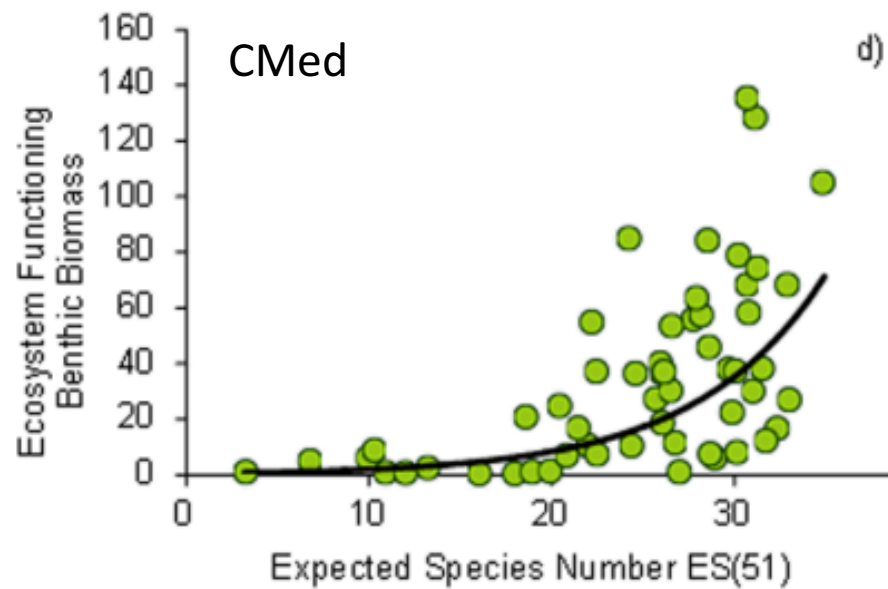
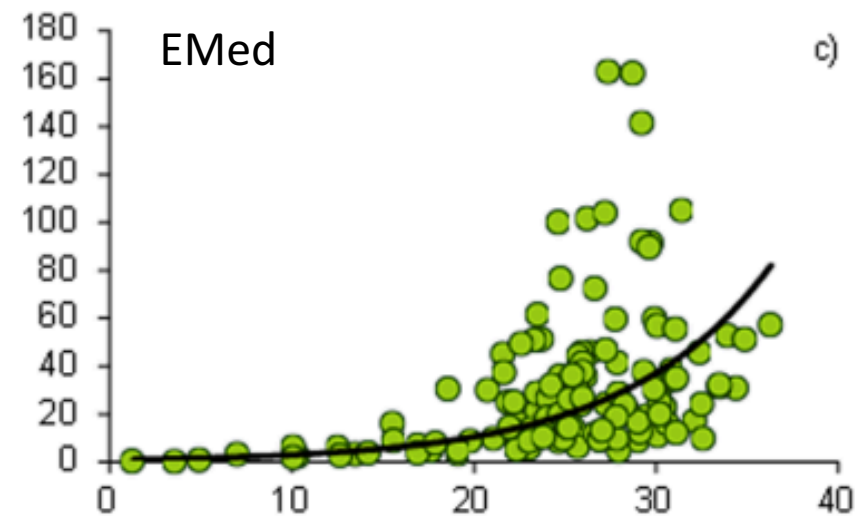
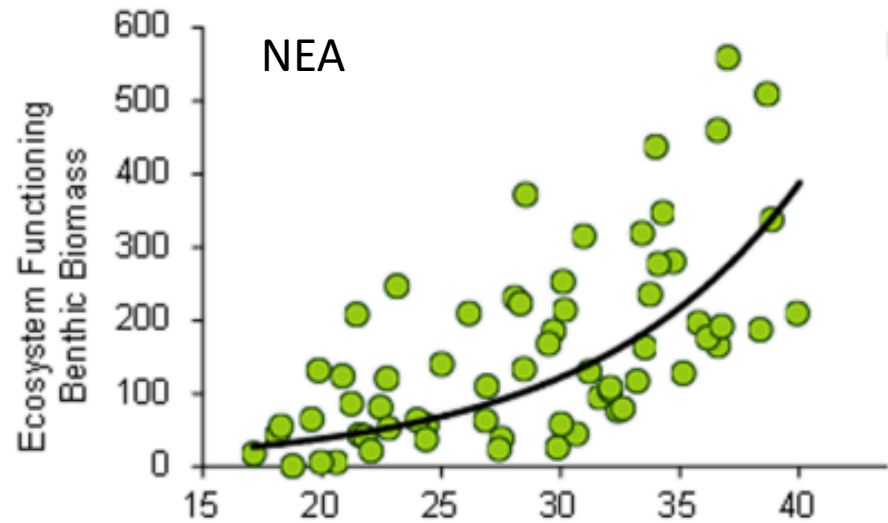
Naeem et al. 1995

Diversità e uso delle risorse



Efficienza nell'uso delle risorse (fosforo totale in questo caso) espressa come rapporto tra clorofilla 'a' e contenuto in carbonio per unità di fosforo usata nel fitoplancton (di ambienti d'acqua dolce e salmastri del Mar Baltico) al crescere del numero di generi (Ptacnik et al. 2015)

Diversità e produzione di biomassa secondaria



Tratti funzionali

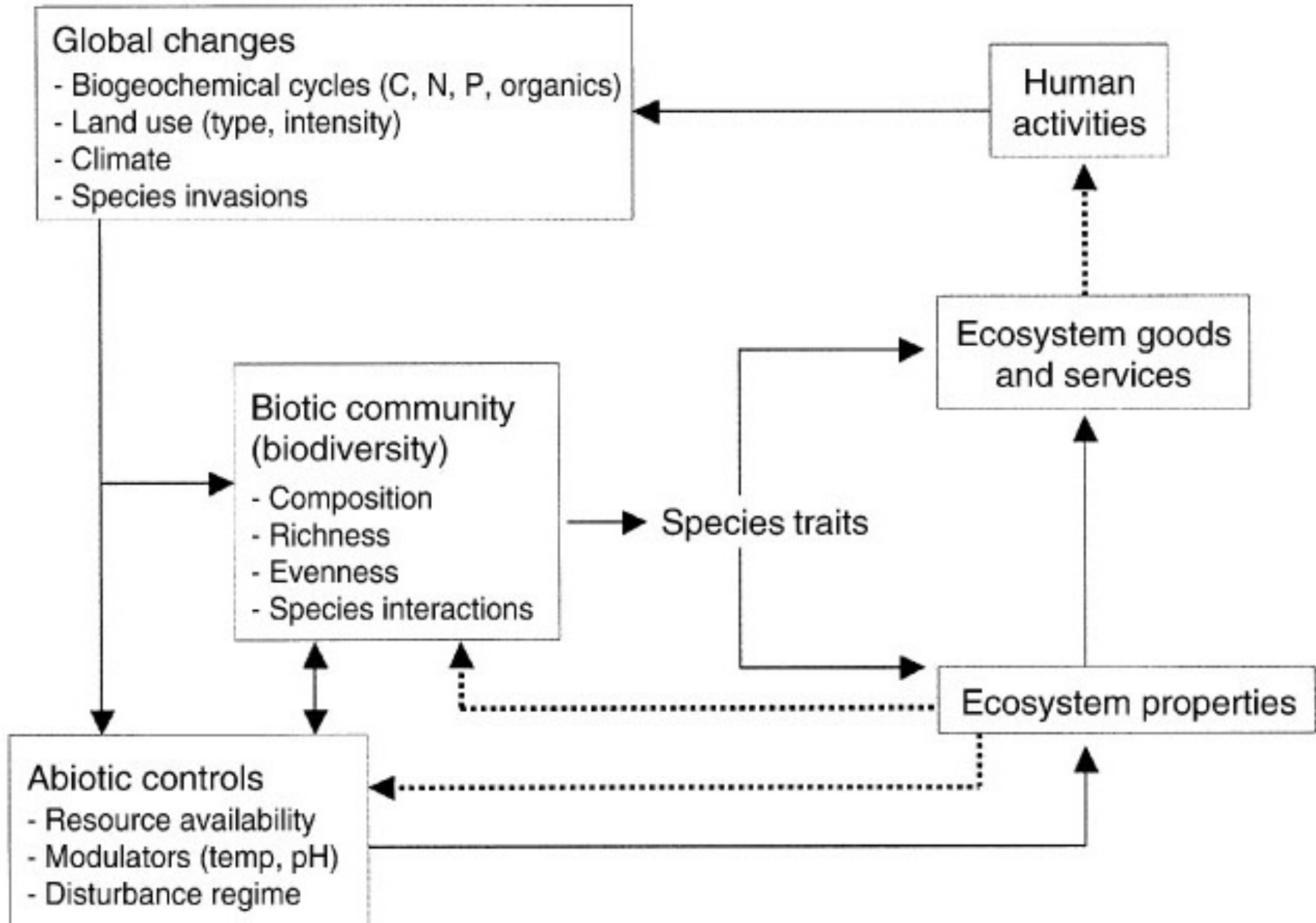
Il funzionamento degli ecosistemi **dipende dalle relazioni tra processi ambientali e** la componente biologica. Quest'ultima è mediata dalle **caratteristiche delle specie** (variabilità genetica, fenotipo, comportamento, ciclo vitale, pattern biochimici, ruolo trofico, e tutti gli altri tratti biologici ed ecologici che identificano una specie e che sono legati alle funzioni dell'ecosistema).

L'effetto dei tratti sul funzionamento dipende dall'**abbondanza** delle specie. La grandezza delle funzioni associate possono quindi essere considerate proporzionali all'abbondanza delle popolazioni. Tuttavia, per alcune specie, il **controllo** su determinati processi può essere esercitato **anche a bassa densità** (es. predatori apicali).

I tratti funzionali possono però **variare** tra individui, in relazione al loro stadio vitale ad esempio, o in base al contesto ambientale.

La conoscenza dell'**autoecologia**, quindi, è determinante per una comprensione delle dinamiche ecologiche e del funzionamento dei sistemi.

Funzionamento e servizi ecosistemici



Servizi di regolazione

Functions	Ecosystem processes and components	Goods and services (examples)
<i>Regulation Functions</i>	<i>Maintenance of essential ecological processes and life support systems</i>	De groot et al. 2002
1 Gas regulation	Role of ecosystems in bio-geochemical cycles (e.g. CO ₂ /O ₂ balance, ozone layer, etc.)	1.1 UVb-protection by O ₃ (preventing disease). 1.2 Maintenance of (good) air quality. 1.3 Influence on climate (see also function 2.)
2 Climate regulation	Influence of land cover and biol. mediated processes (e.g. DMS-production) on climate	Maintenance of a favorable climate (temp., precipitation, etc) for, for example, human habitation, health, cultivation
3 Disturbance prevention	Influence of ecosystem structure on dampening env. disturbances	3.1 Storm protection (e.g. by coral reefs). 3.2 Flood prevention (e.g. by wetlands and forests)
4 Water regulation	Role of land cover in regulating runoff & river discharge	4.1 Drainage and natural irrigation. 4.2 Medium for transport
5 Water supply	Filtering, retention and storage of fresh water (e.g. in aquifers)	Provision of water for consumptive use (e.g.drinking, irrigation and industrial use)
6 Soil retention	Role of vegetation root matrix and soil biota in soil retention	6.1 Maintenance of arable land. 6.2 Prevention of damage from erosion/siltation
7 Soil formation	Weathering of rock, accumulation of organic matter	7.1 Maintenance of productivity on arable land. 7.2 Maintenance of natural productive soils
8 Nutrient regulation	Role of biota in storage and re-cycling of nutrients (eg. N,P&S)	Maintenance of healthy soils and productive ecosystems
9 Waste treatment	Role of vegetation & biota in removal or breakdown of xenic nutrients and compounds	9.1 Pollution control/detoxification. 9.2 Filtering of dust particles. 9.3 Abatement of noise pollution
10 Pollination	Role of biota in movement of floral gametes	10.1 Pollination of wild plant species. 10.2 Pollination of crops
11 Biological control	Population control through trophic-dynamic relations	11.1 Control of pests and diseases. 11.2 Reduction of herbivory (crop damage)

Servizi di produzione

	<i>Habitat Functions</i>	<i>Providing habitat (suitable living space) for wild plant and animal species</i>	
12	Refugium function	Suitable living space for wild plants and animals	Maintenance of biological & genetic diversity (and thus the basis for most other functions)
13	Nursery function	Suitable reproduction habitat	Maintenance of commercially harvested species
	<i>Production Functions</i>	<i>Provision of natural resources</i>	
14	Food	Conversion of solar energy into edible plants and animals	13.1 Hunting, gathering of fish, game, fruits, etc. 13.2 Small-scale subsistence farming & aquaculture
15	Raw materials	Conversion of solar energy into biomass for human construction and other uses	14.1 Building & Manufacturing (e.g. lumber, skins). 14.2 Fuel and energy (e.g. fuel wood, organic matter). 14.3 Fodder and fertilizer (e.g. krill, leaves, litter).
16	Genetic resources	Genetic material and evolution in wild plants and animals	15.1 Improve crop resistance to pathogens & pests. 15.2 Other applications (e.g. health care)
17	Medicinal resources	Variety in (bio)chemical substances in, and other medicinal uses of, natural biota	16.1 Drugs and pharmaceuticals. 16.2 Chemical models & tools. 16.3 Test- and assay organisms
18	Ornamental resources	Variety of biota in natural ecosystems with (potential) ornamental use	Resources for fashion, handicraft, jewelry, pet worship, decoration & souvenirs (e.g. furs, feathers, ivory, orchids, butterflies, aquarium fish, shells, etc.)



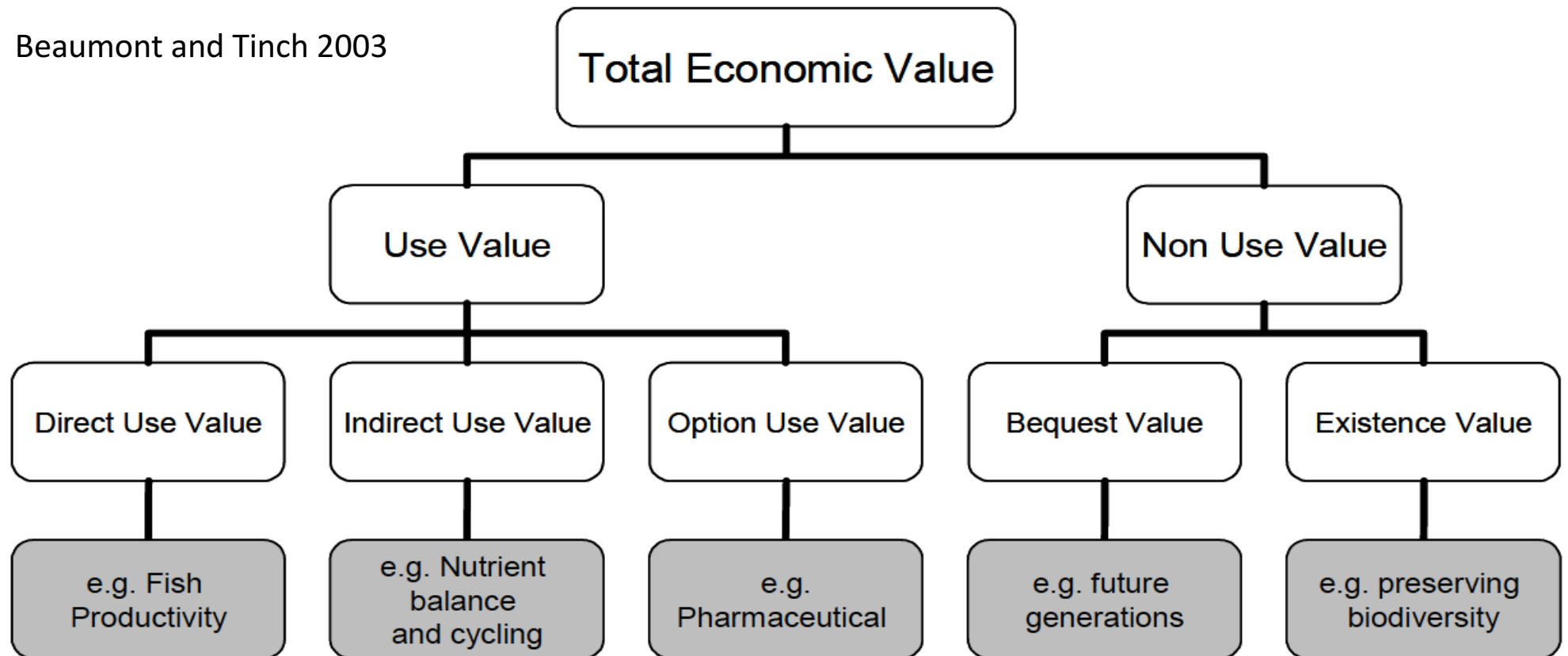
Servizi di informazione

	Functions	Ecosystem processes and components	Goods and services (examples)
19	Aesthetic information	Attractive landscape features	Enjoyment of scenery (scenic roads, housing, etc.)
20	Recreation	Variety in landscapes with (potential) recreational uses	Travel to natural ecosystems for eco-tourism, outdoor sports, etc.
21	Cultural and artistic information	Variety in natural features with cultural and artistic value	Use of nature as motive in books, film, painting, folklore, national symbols, architect., advertising, etc.
22	Spiritual and historic information	Variety in natural features with spiritual and historic value	Use of nature for religious or historic purposes (i.e. heritage value of natural ecosystems and features)
23	Science and education	Variety in nature with scientific and educational value	Use of natural systems for school excursions, etc. Use of nature for scientific research



Valore del capitale naturale

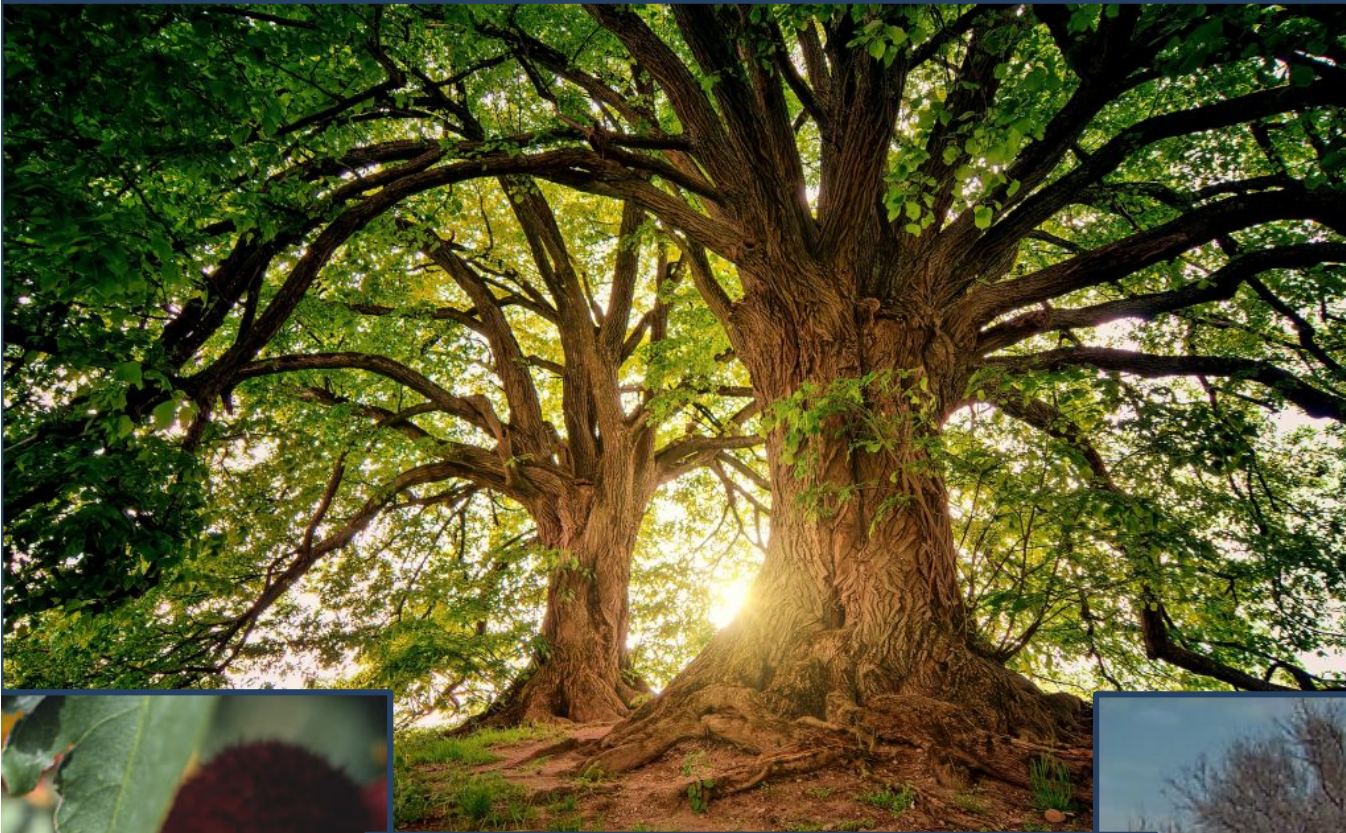
Beaumont and Tinch 2003



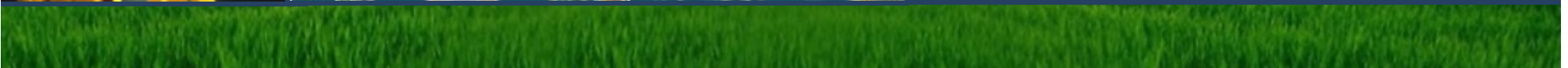
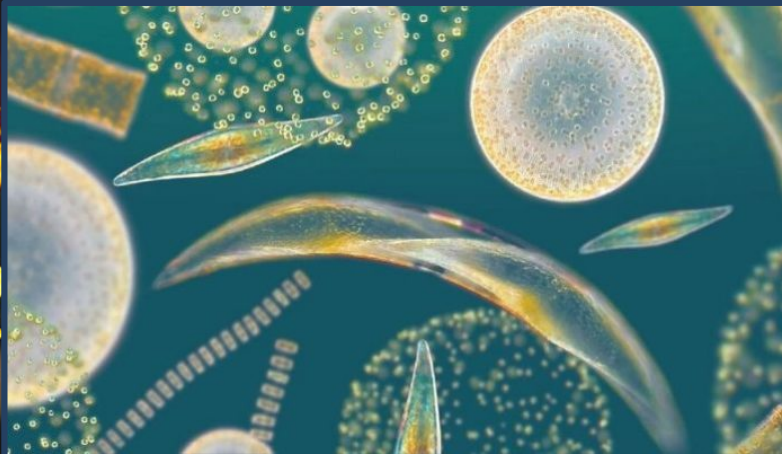
Uso diretto: valore dato alle risorse naturali che vengono sfruttate (soprattutto beni)



Valore del capitale naturale



**Uso indiretto:
valore dei benefici
indiretti
(soprattutto
servizi)**



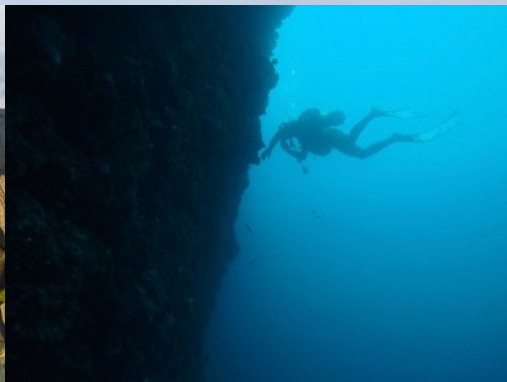
Valore del capitale naturale

Option use: beni momentaneamente non soggetti ad uso diretto, ma potenzialmente utili in futuro (composti chimici, materiali, spazio vitale, ecc.).

Bequest value: il valore intrinseco legato al passaggio del capitale naturale alle generazioni future.

Existence value: il valore dovuto al semplice fatto che specie, ecosistemi, paesaggi esistono.

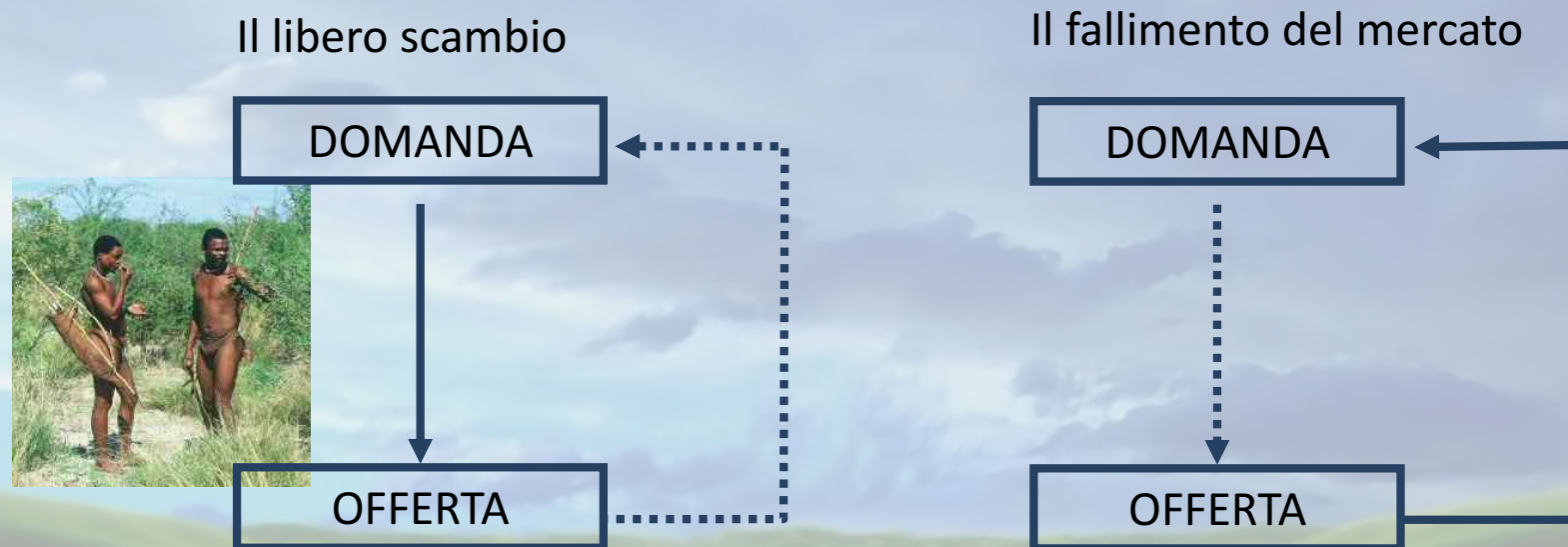
Malve 2016



Clinical status	Compound name	Marine organism	Chemical class	Disease area
Approved	Cytarabine, ara-C	Sponge	Nucleoside	Cancer, leukemia
	Brentuximab vedotin (SGN-35)	Mollusk/cyanobacterium	ADC (MMAE)	Cancer, lymphoma
	Vidarabine, ara-A	Sponge	Nucleoside	Anti-viral
	Omega-3-acid ethyl esters	Fish	Omega-3 fatty acid	Hypertriglyceridemia
Phase III	Ziconotide	Cone snail	Peptide	Pain
	Eribulin mesylate (E7389)	Sponge	Macrolide	Breast cancer
	Trabectedin (ET-743)	Tunicate	Alkaloid	Cancer
	Piitidepsin	Tunicate	Depsipeptide	Cancer
	Tetrodotoxin	Pufferfish	Guanidinium alkaloid	Chronic pain
	Soblidotin (TZY 1027)	Bacterium	Peptide	Cancer
Phase II	DMXBA (GTS-21)	Worm	Alkaloid	Cognition, Alzheimers disease, schizophrenia
	Plinabulin (NPI-2358)	Fungus	Diketopiperazine	Cancer
Phase I	Glembatumumab vedotin	Mollusk/cyanobacterium	ADC (MMAE)	Breast cancer, melanoma
	Eliisidepsin	Mollusc	Depsipeptide	Cancer
	PM1004	Nudibranch	Alkaloid	Cancer
	Tasidotin, synthadotin (ILX-651)	Bacterium	Peptide	Cancer
	Pseudopterosins	Soft coral	Diterpene glycoside	Wound healing
	Bryostatin 1	Bryozoa	Polyketide	Cancer
	Pinatuzumab vedotin (DCDT-2980S) and (DCDS-4501A)	Mollusk/cyanobacterium	ADC (MMAE)	Non-Hodgkin lymphoma, chronic lymphocytic leukemia
	Hemiasterlin (E7974)	Sponge	Tripeptide	Cancer
	HuMax [®] -TF-ADC	Mollusk/cyanobacterium	ADC (MMAE)	Cancer for ovary, endometrium, cervix, prostate
	Preclinical	Marizomib (salinosporamide A)	Bacterium	Beta-lactone-gamma lactam
Chrysohaentins A		Alga <i>Halobacillus salinus</i>	Shikimate	Bacterial infections
Phenethylamine		Bacterium <i>lyngbyoic acid</i>	Shikimate	Bacterial infections
Geodisterol sulfates		Sponge	Peptide	Fungal infections
<i>Pseudoalteromonas</i> sp. metabolites		Bacteria	Polyketide	Bacterial infections
<i>Peziza vesiculosa</i> β -carboline		Bryozoa	Alkaloid	Fungal infections
Bromophycolides		Alga	Terpene	Malaria
Plakortin		Sponge	Polyketide	Malaria
Homogentisic acid		Sponge	Shikimate	Malaria
<i>Cladonia cervicornis</i> diterpene		Alga	Terpene	Protozoal infections
Hymenidin		Sponge	Alkaloid	Tuberculosis
Gygrostanols		Soft coral	Terpene	Viral infections
Dysidine		Sponge	Terpene	Diabetes
Arenamides A and B		Bacteria	Peptide	Inflammation
Capnellene		Soft coral	Terpene	Inflammation
Floridosides		Alga	Glycolipid	Inflammation
Grassystatins A-C		Bacteria	Peptide	Immunity
Callyspongidiol		Sponge	Polyketide	Immunity
Calyculin A		Sponge	PKS/NRPS	Nervous system
Pulicatin A		Bacteria	Alkaloid	Nervous system
Dysideamine	Sponge	Terpene	Nervous system	

Valore del capitale naturale

Il principio fondamentale sostiene che una transazione economica volontaria ha luogo solo quando è vantaggiosa per entrambi i contraenti. È il principio della domanda e dell'offerta. L'interesse personale è alla base del principio: l'economia di un individuo, di una popolazione o di un intero paese si muove sulla base degli interessi personali che, sommandosi tra loro, definiscono il livello di benessere di una società. In questo caso, i costi ed i benefici del "libero scambio" sono ripartiti tra i due contraenti.



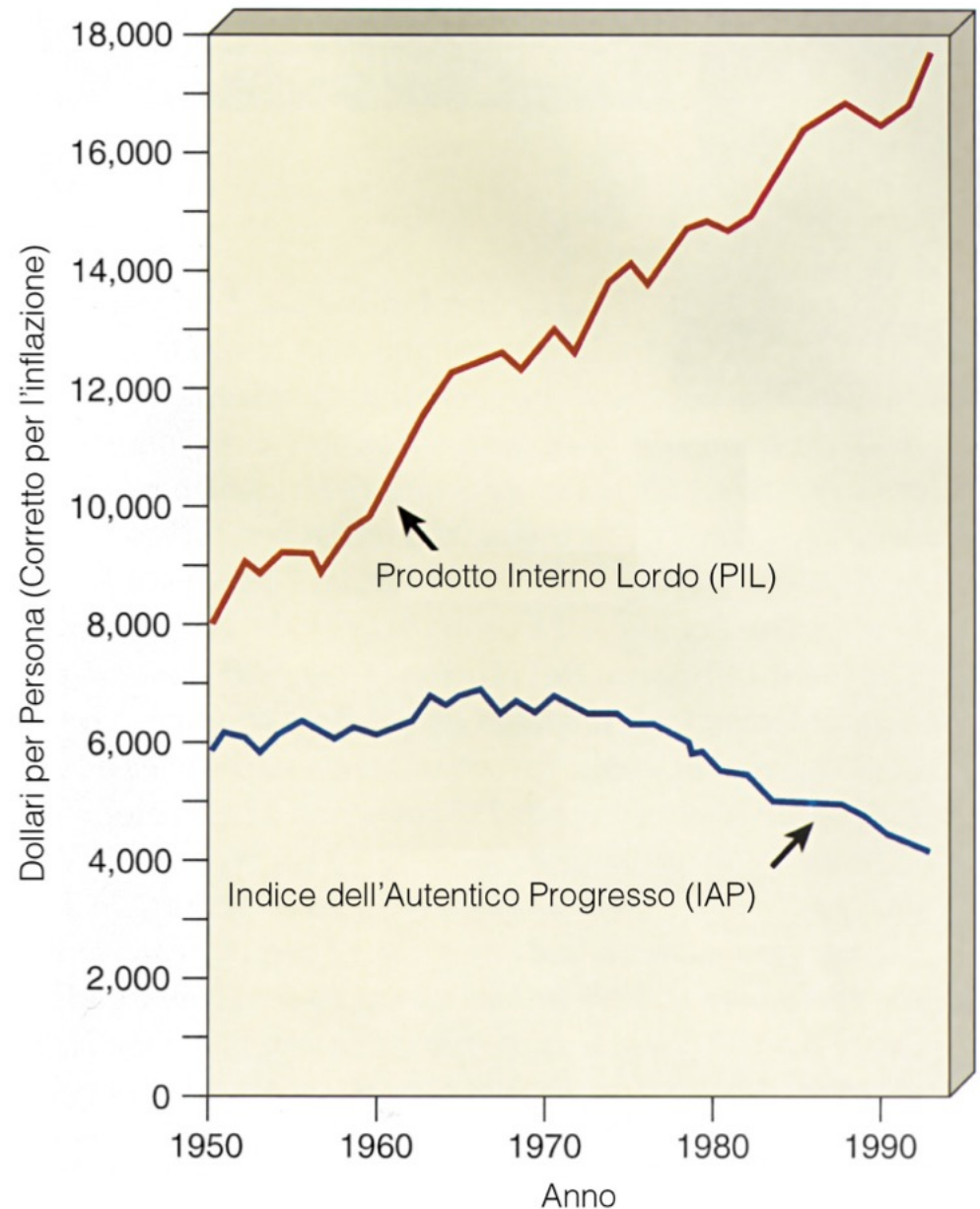
Quando alcuni costi, le *esternalità*, sono a carico di soggetti non coinvolti nello scambio, o quando i benefici sono esageratamente sbilanciati verso una singola parte, il mercato fallisce generando una **distribuzione sbilanciata della ricchezza, o della risorsa, o dei costi indiretti**, favorendo alcuni e svantaggiando molti altri, creando un conflitto socio-ambientale.

Valore del capitale naturale

L'economia non tiene conto dei costi ambientali. Da qui l'esigenza di quantificare il capitale naturale e i costi associati alla perdita di beni e servizi ecosistemici.

Valutazioni viste spesso come un vincolo allo sviluppo. In effetti, la ricchezza e lo sviluppo moderno sono falsate dal fatto che non considerano i costi ambientali attuali e futuri.

Erosione del capitale



Valore del capitale naturale

Garret Hardin

Le risorse di proprietà comune

Le risorse naturali, come l'acqua pulita, la biodiversità, un bel paesaggio, sono considerate come "risorse di proprietà comune" alle quali spesso non è possibile assegnare un valore monetario.

Individui, industrie e governi usano e distruggono queste risorse senza pagare neanche un costo minimo: è la tragedia delle cose comuni (*the tragedy of the commons*).

L'uso di una risorsa comune dovrebbe essere compresa come parte dei costi interni di una attività economica in modo che un individuo o una industria, quando si trovano a dover pagare per le loro azioni, diventerebbero molto più caute o eviterebbero di provocare danni.



RKB PRESENTS THE RUSTY MUFFLER ORACLE

BEFORE THE MODERN ERA, HUMANS EARNED THEIR LIVELIHOODS FROM THE "COMMONS"



...NO INDIVIDUAL OWNED THE COMMONS. BUT, ALL WERE FREE TO TAKE WHAT THEY NEEDED...



...THE OCEANS, LAKES, RIVERS AND STREAMS WERE FULL OF FISH, FREE FOR THE TAKING...



...THE FORESTS WERE A SELF-REPLENISHING STOREHOUSE OF FOOD, BUILDING MATERIALS AND CRAFT SUPPLIES...



...THE GRASSLANDS AND PASTURES SUPPORTED HERDS OF RUMINANTS THAT PROVIDED MILK, FIBER, HIDES AND MEAT...



...AS LONG AS HUMANS RESISTED THE URGE TO TAKE MORE THAN THEY NEEDED, THE COMMONS PROVIDED EVERYTHING FOR HUMAN SUBSISTENCE BEFORE THE INDUSTRIAL ERA.



Avidon and Bewick 1/21/03

The Rusty Muffler Oracle

HERE'S NO TECHNOLOGICAL FIX FOR THE TRAGEDY OF THE COMMONS*

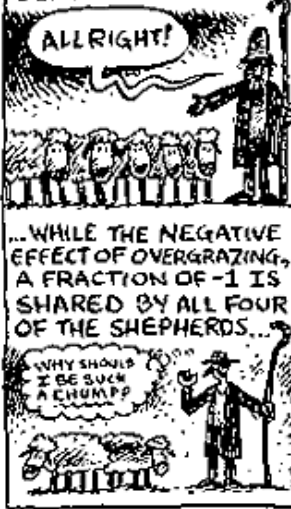
...IMAGINE THERE ARE FOUR SHEPHERDS WHO EACH OWN FOUR SHEEP. THEY GRAZE TOGETHER ON A COMMONS THAT PROVIDES ENOUGH GRASS FOR SIXTEEN SHEEP...



...AS LONG AS EACH OF THE SHEPHERDS LIMIT THEIR FLOCKS TO FOUR SHEEP, THE COMMONS WILL SUSTAIN THEM INDEFINATELY...



...THE "SMART" SHEPHERD FIGURES HE CAN ADD A SHEEP TO HIS FLOCKS AND GET A POSITIVE BENEFIT OF +1...



...WHILE THE NEGATIVE EFFECT OF OVERGRAZING, A FRACTION OF -1 IS SHARED BY ALL FOUR OF THE SHEPHERDS...

WHY SHOULD I BE SUCH A CHUMP?

...EACH SHEPHERD MUST ADD ANOTHER SHEEP... THEN ANOTHER, UNTIL THERE'S NO GRASS LEFT ON THE COMMONS...



...IN FISHERIES, FORESTS AND FARMLAND WE SEE HOW THE LOGIC OF SELF-INTEREST ALWAYS LEADS HUMANS INTO A CYCLE OF BOOM & BUST...



...AIR AND WATER ARE ALSO A COMMONS. INSTEAD OF TAKING STUFF OUT, HUMANS ARE PUTTING STUFF IN... A TRAGEDY OF THE COMMONS IN REVERSE!



*GARRETT HARDIN - SCIENCE 162 (1968)

Stime (US \$ ha⁻¹a⁻¹)

Mare aperto	577
Estuari	22832
Praterie di fanerogame marine/ Stand algali	19004
Barriere coralline	6075
Piattaforma continentale	1610
Foreste tropicali	2007
Foreste temperate/boreali	302
Praterie	232
Ambienti umidi	14785
Laghi/fiumi	8498
Totale	>33000 10⁹ \$ a⁻¹

The value of the world's ecosystem services and natural capital

Robert Costanza^{*†}, Ralph d'Arge[‡], Rudolf de Groot[§], Stephen Farber^{||}, Monica Grasso[†], Bruce Hannon[¶], Karin Limburg^{#☆}, Shahid Naeem^{**}, Robert V. O'Neill^{††}, Jose Paruelo^{‡‡}, Robert G. Raskin^{§§}, Paul Sutton^{|||} & Marjan van den Belt^{¶¶}

Problemi nella valutazione

Stima incompleta: alcuni biomi non sono stati considerati (es. tundra, deserti, roccia, 11% della superficie terrestre), così come importanti servizi (es. regolazione climatica e dei gas atmosferici).

Valori determinati sulla base dei modelli economici di domanda-offerta.

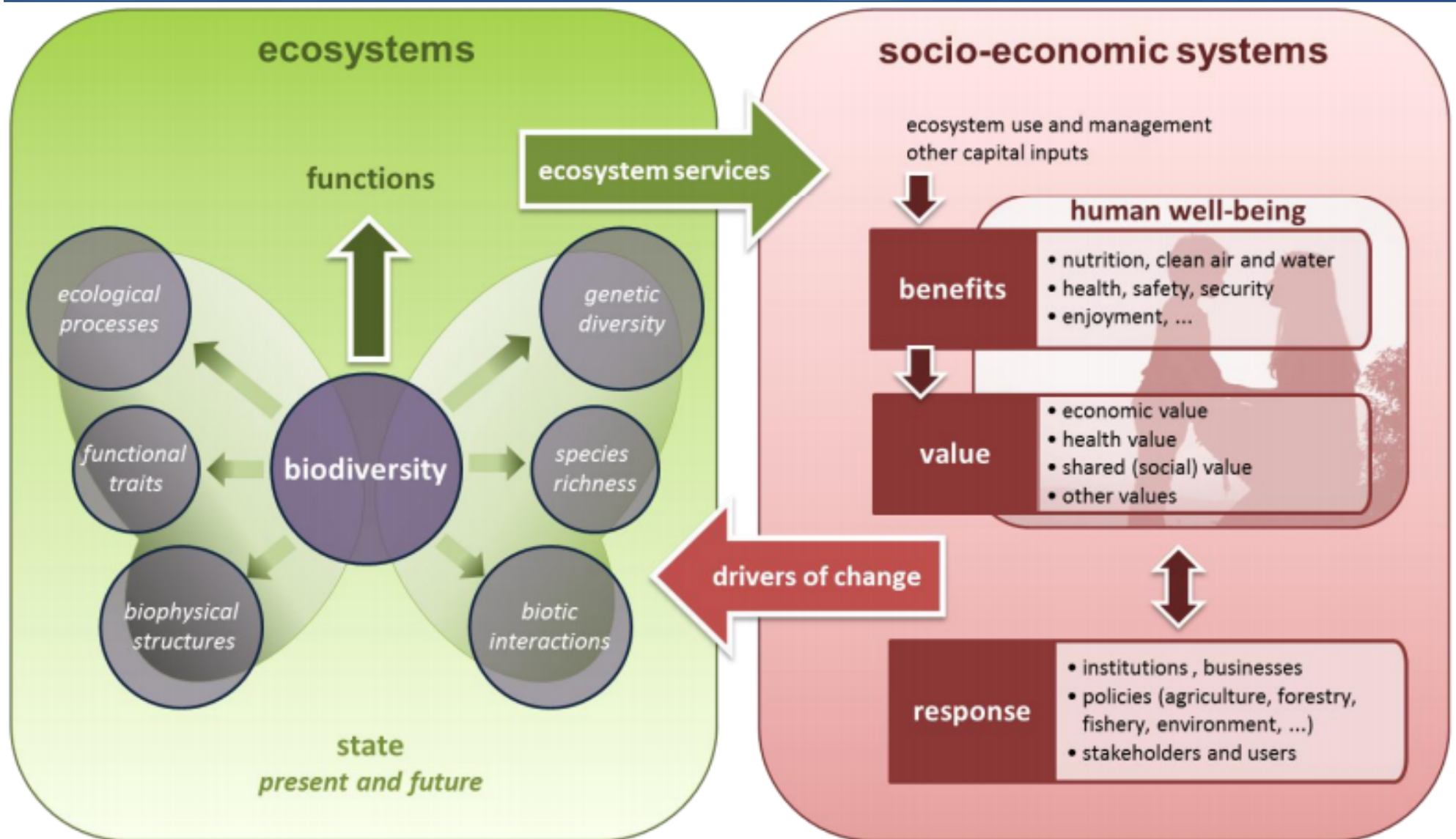
Tuttavia, per molti EGS l'offerta è limitata dalla capacità del sistema e non può essere aumentata se aumenta la domanda (come nell'economia reale). Inoltre, il prezzo crescerà enormemente se l'offerta decresce, dato che si tratta di servizi e beni irrinunciabili.

In molti casi il valore dei servizi viene stabilito in base **alla willingness-to pay** dei soggetti, che può essere fortemente dipendente dalla loro formazione e cultura.

Spesso il **valore degli EGS viene stimato in base ai costi di produzione di un bene o un servizio equivalente**. Questi possono variare nel tempo, per esempio come conseguenza di un miglioramento delle tecnologie di produzione.

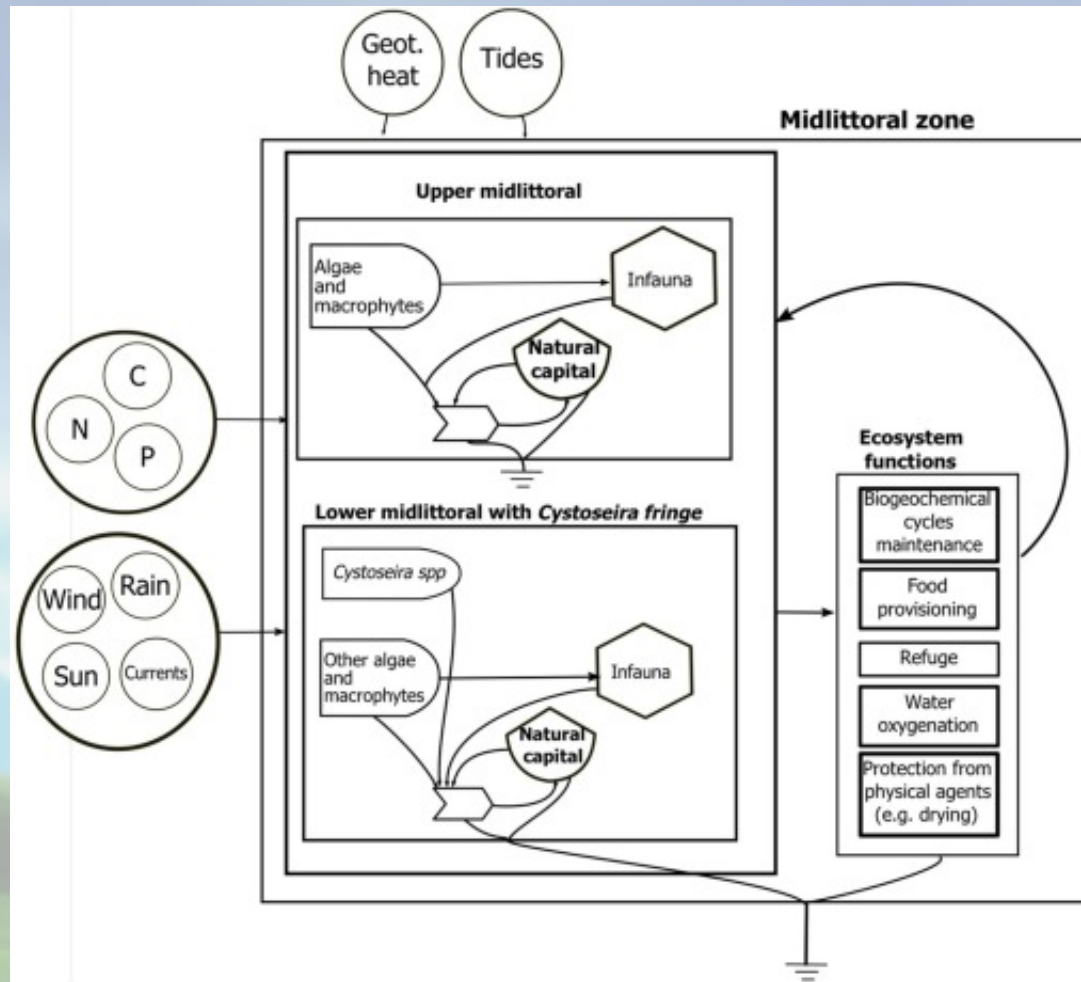
I valori basati sull'economia di mercato possono variare enormemente. Ad esempio, nel 2012 gli EGS delle mangrovie erano stimati in totale con un valore di 128000 US \$ ha⁻¹a⁻¹, nel 1997 il valore era di appena 10000.

Sommario capitale naturale



Sommario capitale naturale

Approccio ecologico – analisi energetica



Determinazione dei flussi delle varie sorgenti di energia verso e attraverso il sistema

Traduzione delle varie forme di energia in un unico tipo (solar equivalent joule)

Calcolo dell'energia stoccata nel sistema

Investimento in termini energetici della natura per strutturare e organizzare il sistema

Traduzione in termini monetari

Sommario capitale naturale

Valore comparativo. Es: monitoraggio del capitale, conseguenze dell'impatto antropico sugli ecosistemi, priorità strategie di conservazione

Uso in termini assoluti all'interno di una logica compensativa può essere controproducente.

