

La sfida del restauro ecologico

Mariachiara Chiantore – mariachiara.chiantore@unige.it

Perchè restaurare?

**Perchè la CONSERVAZIONE non basta,
specialmente se la capacità di dispersione
degli organismi coinvolti è limitata,
impedendone quindi il ritorno, anche se il
disturbo è cessato:
entra in gioco il RESTAURO ECOLOGICO**

Per invertire la curva: Nature positive

2022 UN BIODIVERSITY CONFERENCE

COP 15 - CP/MOP10-NP/MOP4

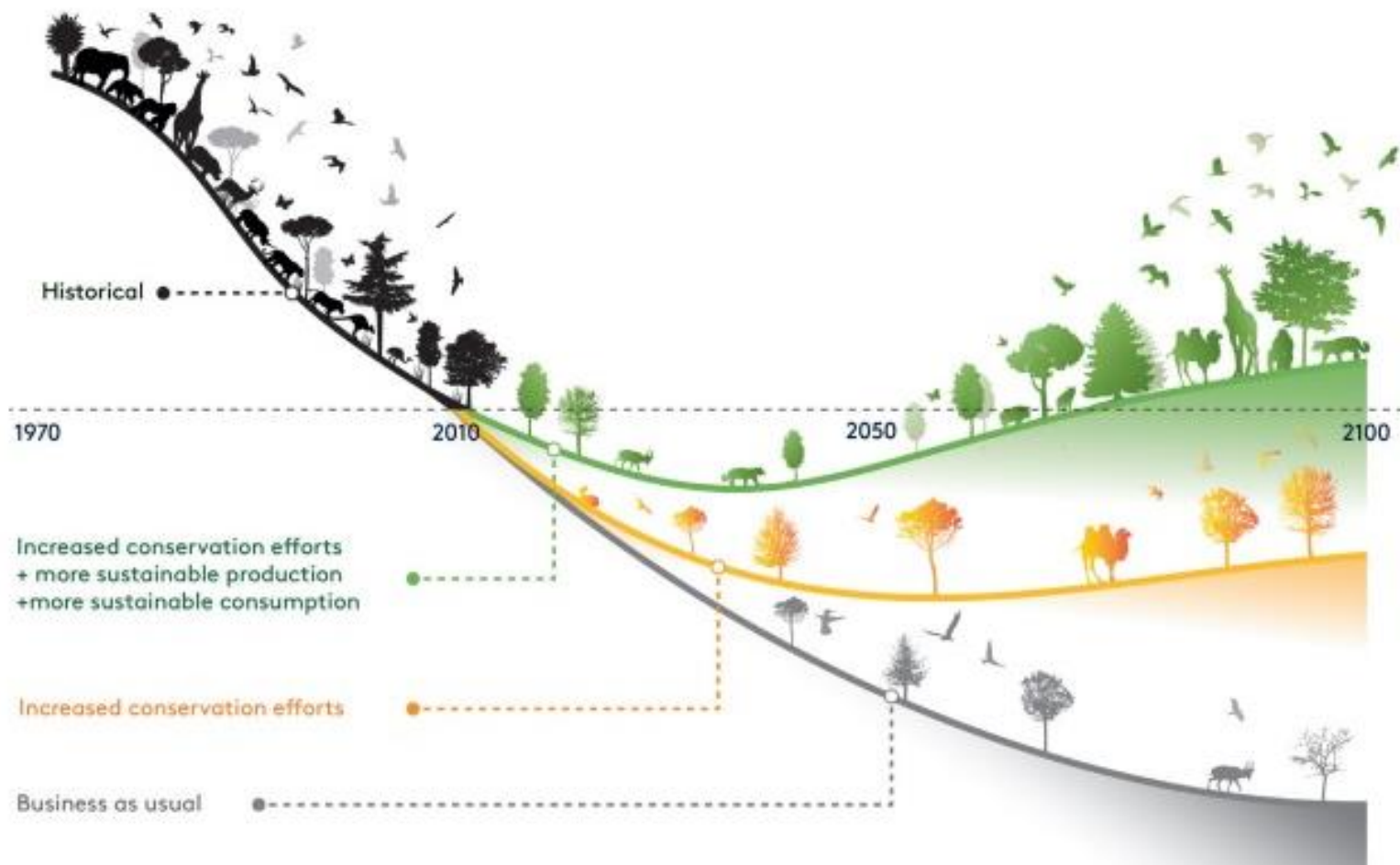
Ecological Civilization-Building a Shared Future for All Life on Earth

KUNMING – MONTRÉAL

Economia Nature Positive:

va oltre net zero e integra la natura nel processo decisionale per rigenerarla attivamente.

- **Necessità di una produzione e di un consumo sostenibili** che invertano l'erosione del capitale naturale
- **Necessità di restaurare la Natura**



Ce lo impone una legge UE



Il Restauro al centro: La Nature Restoration Regulation (2024/1991)

- ✓ **17 giugno 2024: approvazione definitiva della legge UE** sul ripristino della natura
- ✓ **18 agosto 2024: entrata in vigore**

Cosa impone la legge UE

Restaurare, per tutti gli habitat, comprese le aree urbane e i terreni agricoli:

- ENTRO IL 2030** almeno il 30% della superficie degli habitat terrestri e marini non in buono stato
- ENTRO IL 2040** almeno il 60% degli habitat non in buono stato
- ENTRO IL 2050** almeno il 90% degli habitat non in buono stato

Oltre ad obiettivi specifici per singoli ecosistemi

Restaurare la biodiversità rende

1.86 TRILIONI DI €
BENEFICI DEL RESTAURO
ENTRO IL 2050

DA € **8** A € **38**
DI RITORNO PER OGNI
EURO INVESTITO

I benefici del restauro sarebbero pari a 1,86 trilioni di euro entro il 2050 a fronte di un costo stimato molto più basso pari a 154 miliardi. I benefici in termini di mitigazione climatica compensano da soli questi costi. È stato inoltre stimato che per ogni euro investito nel restauro ecologico ce ne siano dagli 8 ai 38 in ritorno.

TOT. PRODOTTO
INTERNO LORDO
GLOBALE



44 TRILIONI DI €
DIPENDE DALLA
FUNZIONALITÀ DEI
DIVERSI HABITAT

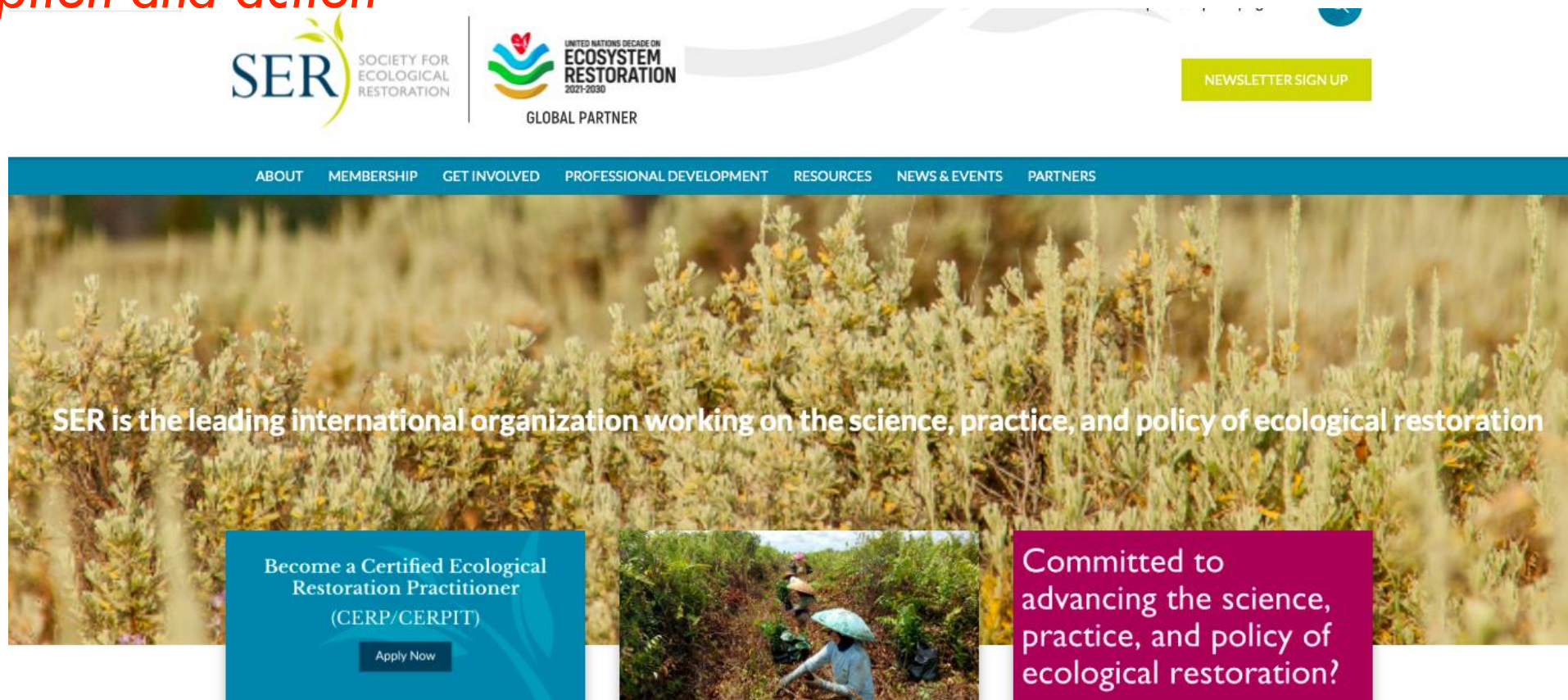
Secondo il World Economic Forum, quasi la metà del prodotto interno lordo globale (corrispondente al valore di 44 trilioni di dollari) dipende dai servizi ecosistemici garantiti dalla funzionalità di diversi habitat. La perdita di biodiversità, i cambiamenti climatici e il collasso degli ecosistemi sono i principali rischi del prossimo decennio e potrebbero comportare un calo del PIL globale di 2,7 trilioni di dollari all'anno entro il 2030. Una simile flessione economica avrebbe un effetto devastante su povertà, sicurezza, benessere sociale e uguaglianza.

Il restauro della biodiversità: esperienze e innovazioni della ricerca



...ma cos'è il restauro ecologico (*Ecological Restoration*)?

- *is the practice of renewing and restoring degraded, damaged, or destroyed ecosystems and habitats in the environment **by active human interruption and action***



The image shows a screenshot of the Society for Ecological Restoration (SER) website. At the top, there are logos for SER (Society for Ecological Restoration) and the United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030), with SER listed as a Global Partner. A green button for 'NEWSLETTER SIGN UP' is visible. Below the logos is a navigation menu with links: ABOUT, MEMBERSHIP, GET INVOLVED, PROFESSIONAL DEVELOPMENT, RESOURCES, NEWS & EVENTS, and PARTNERS. The main content area features a large background image of a field of tall, yellowish-brown plants. Overlaid on this image is the text: 'SER is the leading international organization working on the science, practice, and policy of ecological restoration'. At the bottom, there are two call-to-action boxes: a blue one on the left that says 'Become a Certified Ecological Restoration Practitioner (CERP/CERPIT) Apply Now' and a purple one on the right that says 'Committed to advancing the science, practice, and policy of ecological restoration?'. A small inset image shows people working in a field, with one person holding a green umbrella.

Il restauro ecologico (Ecological Restoration)

Se attuato in modo efficace e sostenibile, contribuisce a:

✓ proteggere la **biodiversità**



✓ migliorare la **salute e il benessere umano**



✓ **aumentare la sicurezza alimentare e idrica**



✓ fornire beni, servizi e **prosperità economica**

✓ sostenere la **mitigazione dei cambiamenti climatici,**



la **resilienza e l'adattamento**

In sintesi

RESTORATION ECOLOGY è la *scienza*

ECOLOGICAL RESTORATION è il *processo*

RECOVERY è il *risultato*

Recovery rispetto a cosa?

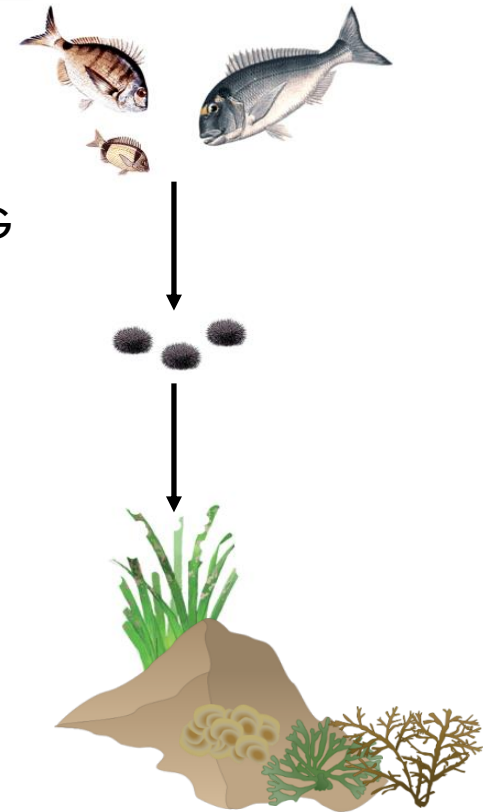
ECOLOGICAL RESTORATION:

processo di assistenza al recupero di un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto (SER)

Degrado:

Conseguenza di un impatto umano cronico che porta alla perdita di biodiversità e ad alterazioni del funzionamento, della composizione e della struttura dell'ecosistema

e.g. OVERFISHING



Recovery rispetto a cosa?

ECOLOGICAL RESTORATION:

processo di assistenza al recupero di un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto (SER)



Danno:

impatto acuto ed evidente su un ecosistema, come la deforestazione selettiva, la costruzione di strade, il bracconaggio o l'invasione di specie non autoctone



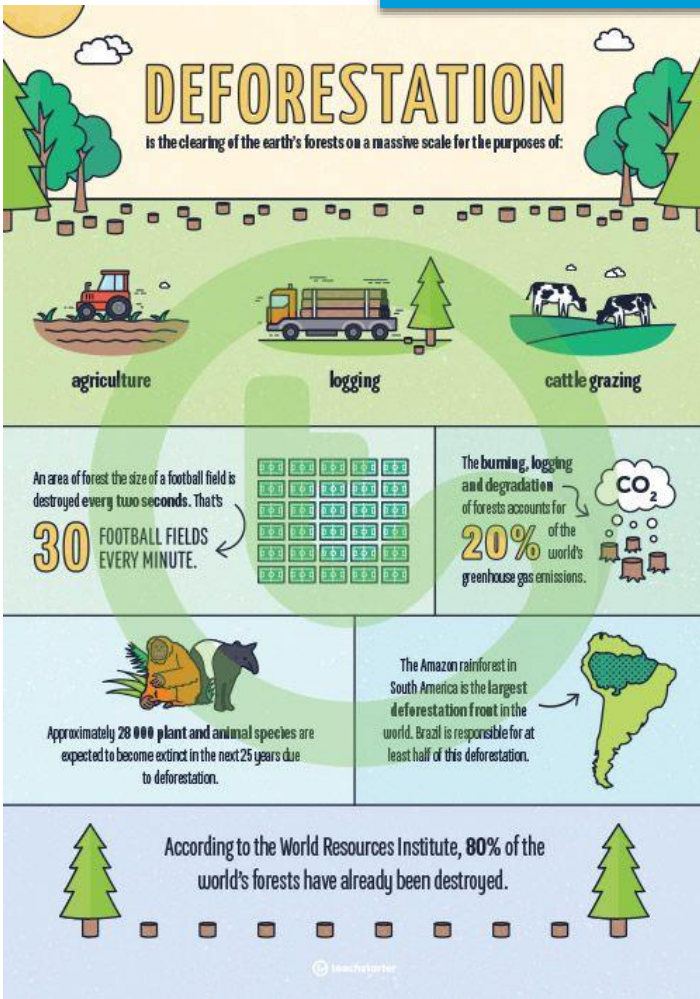
Recovery rispetto a cosa?

ECOLOGICAL RESTORATION:

*processo di assistenza al recupero di un ecosistema degradato, danneggiato o **distrutto** (SER)*

Distruzione:

è il livello più alto di impatto, quando il degrado o il danno **elimina tutti gli esseri viventi macroscopici e compromette l'ambiente fisico**



Cosa restaurare: ecosistemi terrestri

- Foreste
- Praterie
- Terreni agricoli abbandonati
- Pascoli abbandonati
- Miniere
- Aree industriali
- Periferie urbane
- Centri urbani
- Laghi
- Sistemi fluviali
- ..



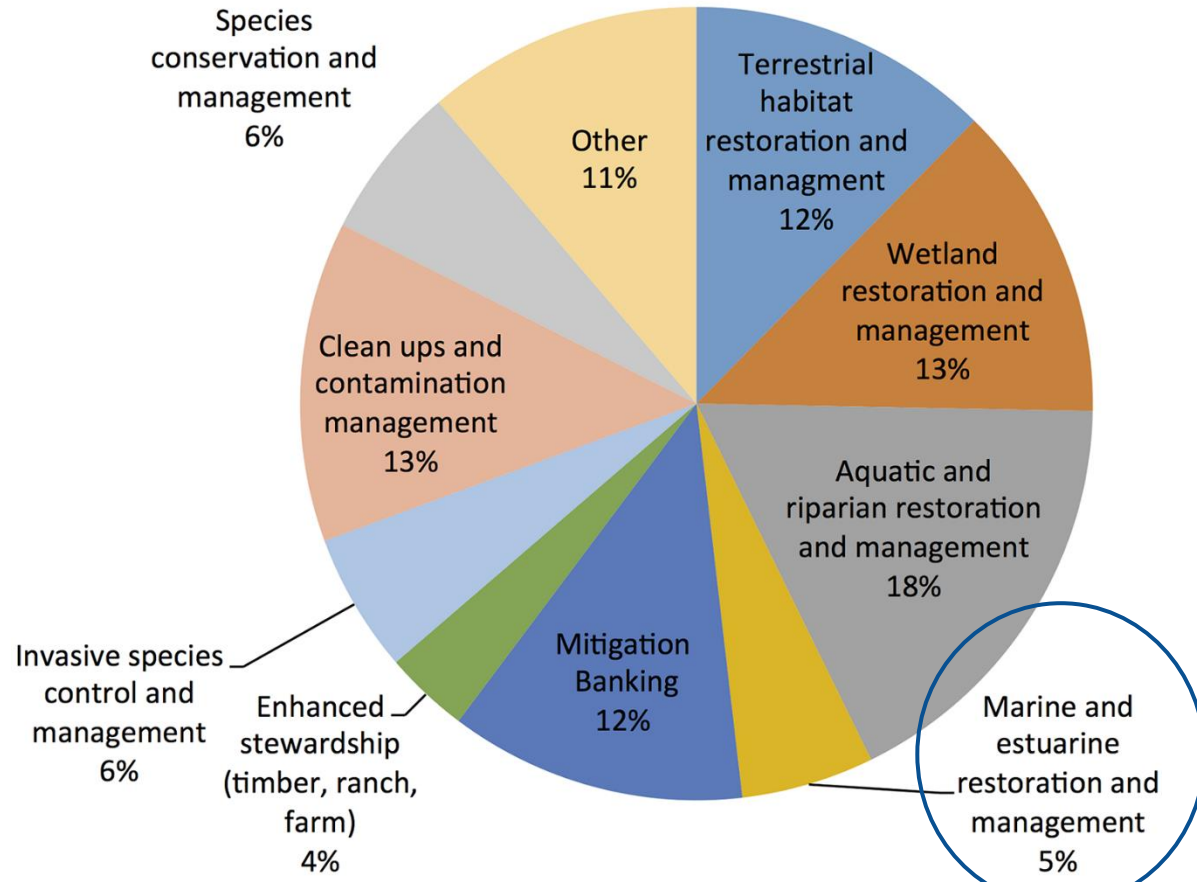
Cosa restaurare: ecosistemi marini

- Sistemi dunali
- Acque di transizione
(lagune e stagni salmastri,...)
- Mangrovieti
- Sistemi corallini
- Praterie di fanerogame
- Foreste macroalgali
- Foreste animali
- Reef a molluschi
- ...





Enorme divario tra il restauro degli ecosistemi terrestri rispetto a quelli marini



BenDor T, Lester TW, Livengood A, Davis A, Yonavjak L (2015) - Estimating the Size and Impact of the Ecological Restoration Economy. PLoS ONE 10(6): e0128339

Dove restaurare



COD	Descrizione	Area (km ²)	Copertura (%)	Categoria di rischio
C1	Ecosistemi forestali a Quercus ilex subsp. ilex dell'Insubria	7,99	0	CR
C2	Ecosistemi forestali a Quercus ilex subsp. ilex della Pianura Padana	11,62	0	CR
C3	Ecosistemi forestali, peninsulari, a Quercus ilex subsp. ilex e/o Q. suber (e Q. calliprinos nel Salento)	4091,3	1,35	NT
C4	Ecosistemi forestali a Quercus ilex subsp. ilex e Q. suber delle Isole maggiori	3553,8	1,18	EN
C5	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a Quercus petraea subsp. petraea e/o Q. robur subsp. robur	434,08	0,14	NT
C6	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a Quercus pubescens subsp. pubescens, Q. cerris e/o Ostrya carpinifolia	480,9	0,16	VU
C7a	Ecosistemi forestali padani, pianiziali, a Quercus robur subsp. robur	210,84	0,07	CR
C7b	Ecosistemi forestali padani, collinari, a Quercus petraea subsp. petraea e/o Q. pubescens subsp. pubescens	239,88	0,08	VU
C8	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a Quercus petraea e/o Q. cerris	1075,9	0,36	VU
C9	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a prevalenza di Quercus pubescens subsp. pubescens e/o Ostrya carpinifolia	6033,4	2	NT
C10	Ecosistemi forestali peninsulari, mesofili, a Quercus cerris	8697,4	2,88	VU
C11	Ecosistemi forestali peninsulari, termofili, a Quercus cerris e/o Q. frainetto	2159	0,71	NT
C12	Ecosistemi forestali peninsulari, termofili, a Quercus virgiliana	1383,8	0,46	VU
C13	Ecosistemi forestali dei querceti termofili sud-orientali con Quercus virgiliana, Q. trojana subsp. trojana, Q. ithaburensis subsp. macrolepis o Q. frainetto	217,71	0,07	EN
C14	Ecosistemi forestali peninsulari, mesoigrofilo, a Quercus robur	133,29	0,04	EN
C15	Ecosistemi forestali delle Isole maggiori a querce caducifoglie (Quercus virgiliana, Q. congesta, Q. ichnusae, Q. cerris)	923,44	0,31	EN
C16	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso, a dominanza di Ostrya carpinifolia, Fraxinus excelsior subsp. excelsior e/o Carpinus betulus	4961,8	1,64	VU
C17	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a Carpinus betulus, Fraxinus excelsior subsp. excelsior e altre latifoglie mesofile	484,24	0,16	CR
C18	Ecosistemi forestali peninsulari (localmente nelle Isole maggiori), da pianiziali a submontani, a Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus subsp. ornus, Carpinus betulus, C. orientalis subsp. orientalis, Ulmus minor subsp. minor	3675,6	1,22	NT
C19	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a Castanea sativa	3254,5	1,08	VU
C20	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a Castanea sativa	306,89	0,1	EN

Blasi, L. Zattero, G. Capotorti, S. Bonacquisti, R. Copiz, E. Del Vico, L. Facioni, 2023. *Lista Rossa degli Ecosistemi d'Italia*. Comitato Italiano IUCN, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

➤ *In mare sappiamo meno*

➤ *Si aggiunge la difficoltà di definire confini*

In mare: *data deficiency*



Table 3.4.1 Number of Mediterranean Sea habitats in each Red List category for both the EU28 and EU28+.

Red List category	EU28	EU28+
CR	0	0
EN	5	4
VU	10	10
NT	5	3
LC	4	2
DD	23	28
TOTAL	47	47

23 su 47 sono *Data Deficient*

Dei rimanenti 24, il 63% minacciati (42% Vulnerable e 21% Endangered).

Le sfide

CONOSCENZA SCIENTIFICA

- *Data deficiency*
- Migliore conoscenze della biologia ed ecologia delle specie

SELEZIONE DEI SITI

- Individuazione dei siti di ripristino
- *Seascape restoration*

LE MINACCE LEGATE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

- Mareggiate
- Onde di calore
- Mucillagini
- Mortalità di massa
- Riduzione dei range di distribuzione delle specie (meridionalizzazione, *climate refugia*)
- Diffusione di specie aliene

TECNOLOGIE

- Tecniche e protocolli
- Indicatori di successo e toolbox
- *Upscaling* delle pratiche
- *Multi-species approach*
- Riprodurre per restaurare: *hatchery production*
- Selezione dei siti di restauro e donatori

LE SFIDE ECONOMICHE E SOCIALI

- Sostenibilità del restauro
- *Accounting* dei costi ecologici ed economici
- *Constraints* socio-economici
- Multi-uso dello spazio marino e *maritime spatial planning*

Come si procede: gli Standards della SER



SOCIETY FOR
ECOLOGICAL
RESTORATION

Un progetto di ripristino ecologico dovrebbe seguire le seguenti fasi:

1. Design and pianification

2. Implementation

3. Monitoring, documentation,
evaluation and reporting

4. Post-implementation maintenance

Come si procede: gli Standards della SER



Un progetto di ripristino ecologico dovrebbe seguire le seguenti fasi:

1. Design and pianification

- Define what, where, why, when, and who
- Describe actions to be taken
- Identify appropriate approaches/strategies
- Identify appropriate sources of biota to be reintroduced
- Identify ecosystems and reference models
- Analyze logistical aspects
- Establish a monitoring process for the project

2. Implementation

3. Monitoring, documentation, evaluation and reporting

4. Post-implementation maintenance

Come si procede: gli Standards della SER



Un progetto di ripristino ecologico dovrebbe seguire le seguenti fasi:

1. Design and pianification

- Define what, where, why, when, and who
- Describe actions to be taken
- Identify appropriate approaches/strategies
- Identify appropriate sources of biota to be reintroduced
- Identify ecosystems and reference models
- Analyze logistical aspects
- Establish a monitoring process for the project

2. Implementation

- Duration according to objectives
- Protect the site from damage
- Involve appropriate participants
- Respond to environmental challenges
- Communicate with stakeholders

3. Monitoring, documentation, evaluation and reporting

4. Post-implementation maintenance

Come si procede: gli Standards della SER



Un progetto di ripristino ecologico dovrebbe seguire le seguenti fasi:

1. Design and pianification

- Define what, where, why, when, and who
- Describe actions to be taken
- Identify appropriate approaches/strategies
- Identify appropriate sources of biota to be reintroduced
- Identify ecosystems and reference models
- Analyze logistical aspects
- Establish a monitoring process for the project

2. Implementation

- Duration according to objectives
- Protect the site from damage
- Involve appropriate participants
- Respond to environmental challenges
- Communicate with stakeholders

3. Monitoring, documentation, evaluation and reporting

- Monitoring plan through measurable indicators
- Plan for communicating results and lessons learned
- Adaptive management
- Keeping track of all project data
- Evaluation of results through recognized methods
- Communication to stakeholders

4. Post-implementation maintenance

Come si procede: gli Standards della SER



SOCIETY FOR
ECOLOGICAL
RESTORATION

Un progetto di ripristino ecologico dovrebbe seguire le seguenti fasi:

1. Design and pianification

- Define what, where, why, when, and who
- Describe actions to be taken
- Identify appropriate approaches/strategies
- Identify appropriate sources of biota to be reintroduced
- Identify ecosystems and reference models
- Analyze logistical aspects
- Establish a monitoring process for the project

2. Implementation

- Duration according to objectives
- Protect the site from damage
- Involve appropriate participants
- Respond to environmental challenges
- Communicate with stakeholders

3. Monitoring, documentation, evaluation and reporting

- Monitoring plan through measurable indicators
- Plan for communicating results and lessons learned
- Adaptive management
- Keeping track of all project data
- Evaluation of results through recognized methods
- Communication to stakeholders

4. Post-implementation maintenance

- Continuous maintenance (even after the end of the project) to ensure completion of the restoration and maintenance of the state achieved

Sostenibilità del restauro

Un aspetto fondamentale de progetti/processi di restauro è l'applicazione di approcci **efficaci** e **sostenibili**

- Appropriati per l'habitat/specie oggetto del ripristino
- Flessibili e modificabili in funzione delle sfide ambientali riscontrate
- Applicabili su larga scala
- Ampio coinvolgimento dei portatori di interesse
- Non dannosi per le popolazioni donatrici
- Non dannosi per l'ecosistema in cui si svolge l'azione di ripristino
- Utilizzo di materiali e tecniche ecocompatibili, in modo da non produrre alcun danno ambientale



Riprodurre per restaurare

- ❑ Approccio che causa minimo danno ai siti donatori
- ❑ Soprattutto rilevante per specie minacciate
- ❑ Approccio consolidato per gli ecosistemi terrestri, ancora sperimentale per quelli marini





Il progetto **MARES** di NBFC

- 16 aree di studio
- 7 tipologie di habitat
- circa 20 specie target



Stazione Zoologica Anton Dohrn Napoli



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



UNIVERSITÀ DEL SALENTO
The University of the two seas

- seagrass
- macroalgal forest
- coralligenous
- barren grounds
- vermetid reef
- oyster reef
- deep sea

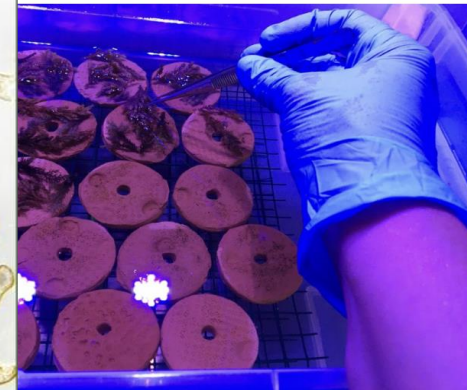
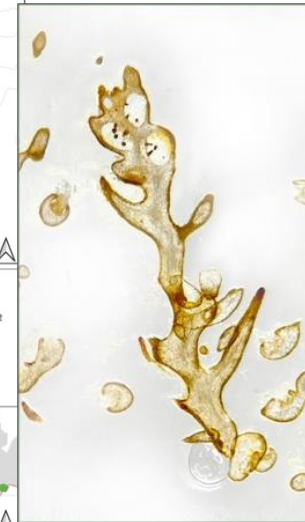
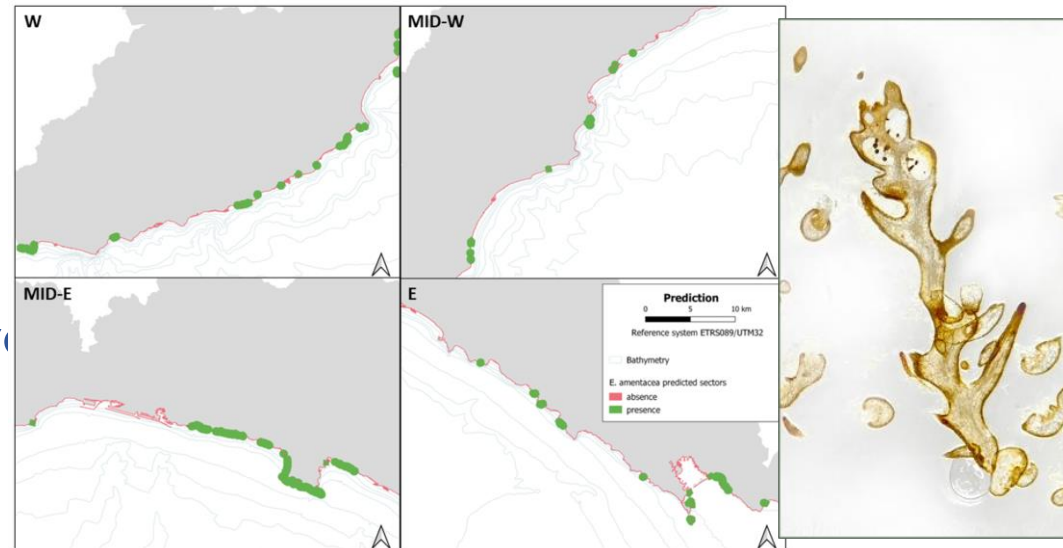


Ecosistemi target rispetto alla <i>Nature Restoration Law</i>	azioni di NBFC
Seagrass beds (Annex II; Group 1)	2 specie (<i>Posidonia oceanica</i> , <i>Cymodocea nodosa</i>) – Habitat 1120 4 siti; 2 metodi
Algal Forests (Annex II; Group 2)	3 specie (<i>Ericaria amentacea</i> , <i>Gongolaria barbata</i> , <i>Fucus virsoides</i>) – Habitat 1170 3 siti; 2 metodi
Shellfish beds (Annex II; Group 3)	1 specie (<i>Ostrea edulis</i>); 1 metodo
Coralligenous (Annex II; Group 5)	2 siti; 2 metodi – Habitat 1170
Soft sediments (Annex II; Group 7)	Deep Sea - Habitat 1110-1130-1160 2 siti; 2 metodi
	Restauro di barren grounds attraverso approccio multi-specie (<i>Cladocora caespitosa</i> + <i>Aplysina aerophoba</i> / <i>Posidonia oceanica</i> + <i>Chondrilla nucula</i>) – Habitat 1170 1 sito
	Reef a Vermeti – Habitat 1170 1 sito; 1 metodo
Habitat directive and other IUCN endangered species	<i>Pinna nobilis</i> - Annex IV Habitat Directive



Restauro ecologico di foreste macroalgali

- **Specie target:** *Ericaria amentacea*, *Gongolaria barbata* e *Fucus virsoides*
- **Habitat Suitability Maps** per individuare siti idonei al restauro
- Metodi: diversi, tra cui **ex-situ outplanting**
- Monitoraggio **fenologia** riproduttiva della specie
- **Analisi LCA e valutazione costo ecologico del restauro**
- **Sopravvivenza >60%** dopo 1 anno
- Raggiungimento capacità di riprodursi dopo un anno dall'impianto





Restauro ecologico di fanerogame

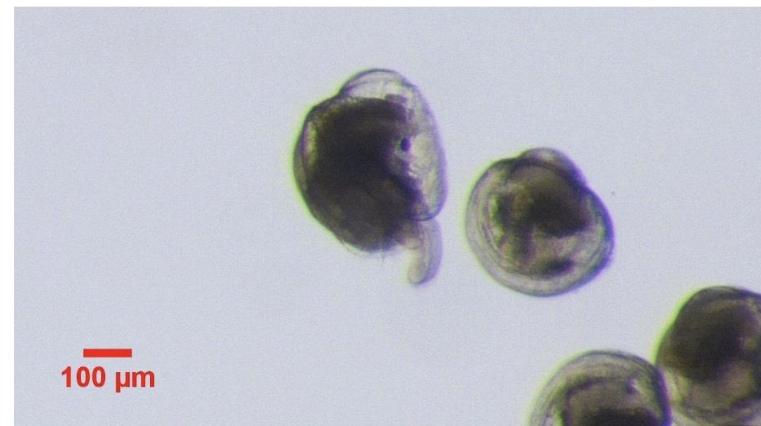
- **Specie target:** *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*
- **Habitat Suitability Maps** per individuare siti idonei al restauro
- **Diverse metodiche:** impianto di fasci fogliari in biostuoie di diversa pezzatura, posa in mare di piantine da semi coltivati in laboratorio, gabbior contenenti sedimento e pietrame
- Utilizzo di promotori della crescita
- **Analisi LCA e valutazione costo ecologico del restauro**
- **70% sopravvivenza fasci dopo 1 anno;**
- **75% sopravvivenza semi dopo 6 mesi**





Restauro ecologico dei reef a ostriche

- **Specie target:** *Ostrea edulis*
- **Habitat Suitability Maps**
- **Produzione di giovanili in schiuditoio da riproduttori locali**
- **Analisi LCA e valutazione costo ecologico del restauro**
- **>40.000 giovanili prodotti**
- **Esemplari di diversa taglia rilasciati nella laguna di Nora (Sardegna)**
- **Gabbie per escludere i predatori**
- **Sopravvivenza fortemente sito dipendente**





FATTIBILITA'

successo pari a ~64% per una grande varietà di ecosistemi

SCALABILITA'

- interventi di successo a tutte le scale spaziali
- interventi multipli a piccole scale spaziali per garantire la variabilità naturale



Assessing the success of marine ecosystem restoration using meta-analysis

Received: 30 November 2023

Accepted: 17 February 2025

Published online: 29 March 2025

Check for updates

R. Danovaro^{1,2}, J. Aronson^{3,4}, S. Bianchelli^{1,2}, C. Boström⁵, W. Chen⁶, R. Cimino⁷, C. Corinaldesi⁸, J. Cortina-Segarra^{9,10}, P. D'Ambrosio¹¹, C. Gambi¹, J. Garrabou¹², A. Giorgetti¹, A. Grehan¹³, A. Hannachi¹⁴, L. Mangialajo¹⁵, T. Morato¹⁶, S. Orfanidis¹⁷, N. Papadopoulou¹⁸, E. Ramirez-Llodra¹⁹, C. J. Smith¹⁸, P. Snellgrove²⁰, J. van de Koppel^{21,22}, J. van Tatenhove²³ & S. Fraschetti^{2,24}

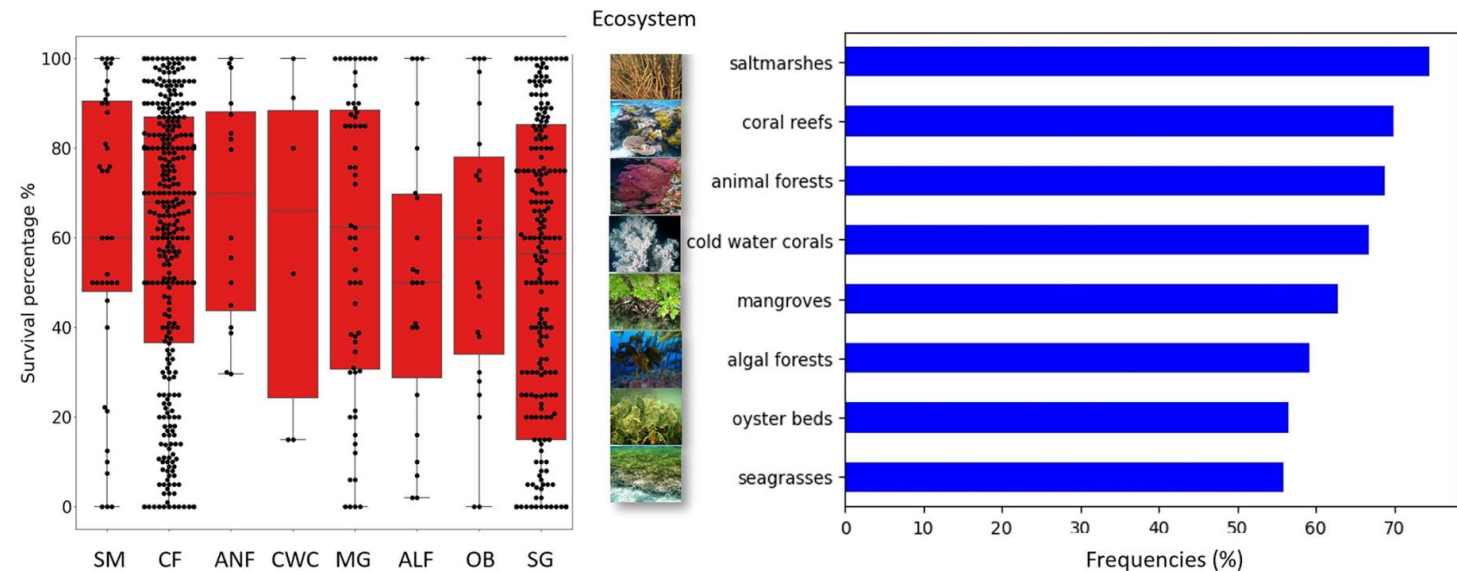


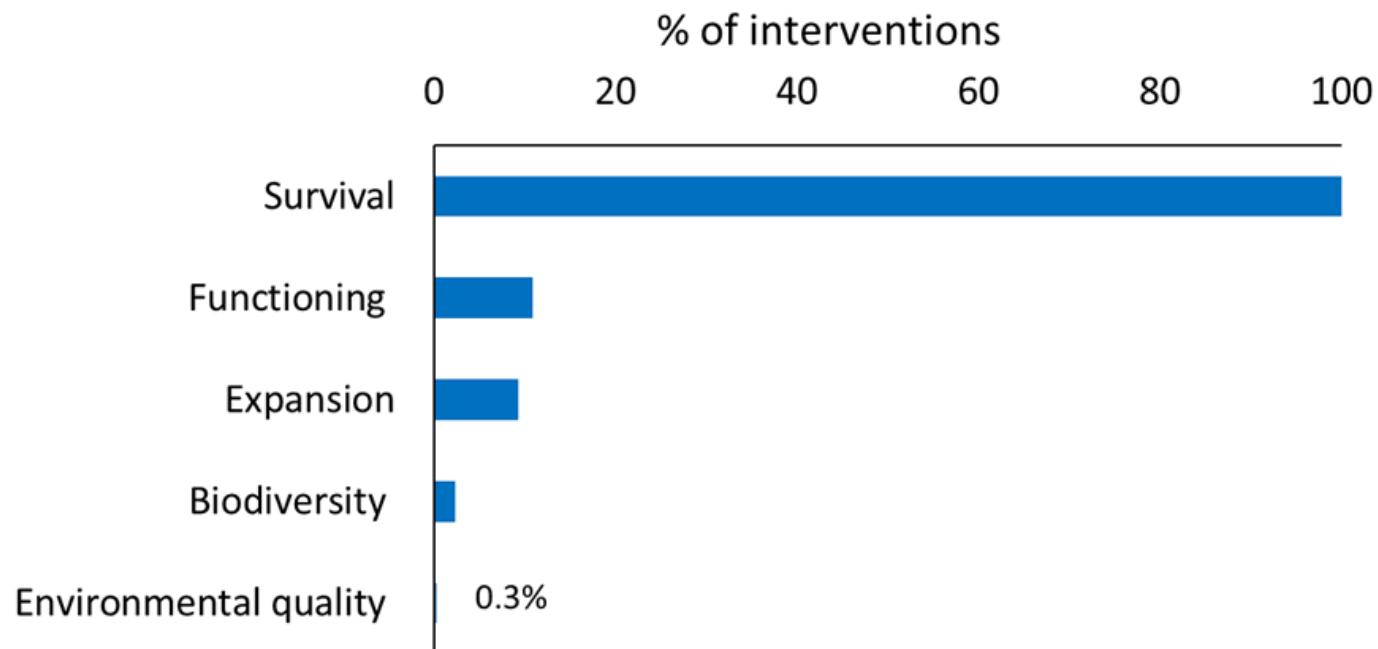
Fig. 2 | Outcomes of statistical analyses of success in ecological restoration based on survival of the reintroduced species in different marine habitats. Illustrated are: (left panel) the box plots of the distribution of percentage of survival for the different habitat types ($n = 759$, i.e., all studies except 5 that were without success percentage; dots are real data, vertical line delimits the range of values, the

red box includes the 2 and 3 quartile, and the horizontal line within the box is the median; SM saltmarshes, CF coral reefs, ANF animal forests, CWC cold water corals, MG mangroves, ALF algal forests, OB oyster beds, SG seagrasses); (right panel) the frequency (expressed as percentage) of interventions with $\geq 50\%$ survival ($n = 759$ case studies).



Stiamo davvero misurando il successo del restauro?

INDICATORI DI SUCCESSO



Per definizione, il ripristino ecologico è "il processo di assistenza al recupero di un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto"

"Il ripristino ecologico mira a riportare un ecosistema degradato su una traiettoria di recupero che consenta l'adattamento ai cambiamenti locali e globali, nonché la **persistenza e l'evoluzione delle specie che lo compongono**"



Quanto ci costa restaurare?

Habitat	Range di costo per ettaro	Referenze
Praterie di fanerogame (<i>Posidonia</i> , <i>Zostera</i>)	20.000 – 300.000 €	van Katwijk et al. 2016, <i>Restoration of seagrasses for the future</i> , Marine Pollution Bulletin.
Barriere coralline	50.000 – >1.000.000 €	Bayraktarov et al. 2016, <i>The cost and feasibility of marine coastal restoration</i> , Ecological Applications; Hein et al. 2019, <i>Coral restoration: socio-ecological perspectives of benefits and limitations</i> , Biological Conservation.
Reef di ostriche	5.000 – 100.000 €	zu Ermgassen et al. 2016, <i>Estimating costs and benefits of oyster reef restoration per hectare across the world</i> , Journal of Applied Ecology.
Foreste di kelp	10.000 – 200.000 €	Eger et al. 2020, <i>Marine forests of the world: state, threats, and future</i> , Ecology Letters; Layton et al. 2020, <i>Kelp restoration in Australia</i> , Frontiers in Marine Science.
Mangrovie	1.000 – 50.000 €	Bayraktarov et al. 2016; Friess et al. 2020, <i>Mangrove restoration: a global and regional perspective</i> , Forest Ecology and Management.

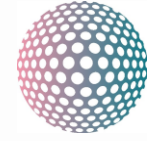


Policy analysis

Creating a global kelp forest conservation fundraising target: A 14-billion-dollar investment to “help the kelp”

Aaron M. Eger^{a,b,*}, Julia K. Baum^{c,d}, Tom Campbell^e, Bruno Cevallos Gil^f, Hannah S. Earp^g, Annalisa Falace^h, Jan Freiwaldⁱ, Sara Hamilton^j, Steve I. Lonhart^k, Keith Rootsart^l, Makena Åsa Rush^m, Jasmin Schuster^d, Brian Timmer^d, Adriana Vergés^{n,b}





NATIONAL
BIODIVERSITY
FUTURE CENTER

Grazie per l'attenzione!

0048