



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
SCIENZE BIOLOGICHE

Le cascate trofiche promuovono cambiamenti negli ecosistemi marini
pelagici

Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine
ecosystems

Tesi di laurea di:
Rosa Bisceglia

Docente Referente
Chiar.mo Prof. **Emanuela Fanelli**

Sessione autunnale

Anno Accademico 2022/2023

Nella presente tesi si esaminano i fattori che portano alterazioni nelle popolazioni marine, in particolare la pesca e la perdita di specie chiave. Si presenteranno infine alcuni casi studio di tentativo di ripristinare l'equilibrio dell'ecosistema con la reintroduzione della specie chiave.

Le popolazioni marine possono essere influenzate da:

- **Fattori ambientali**
- **Rapporti interspecifici**
- **Fattori antropici**



CASO STUDIO 1.

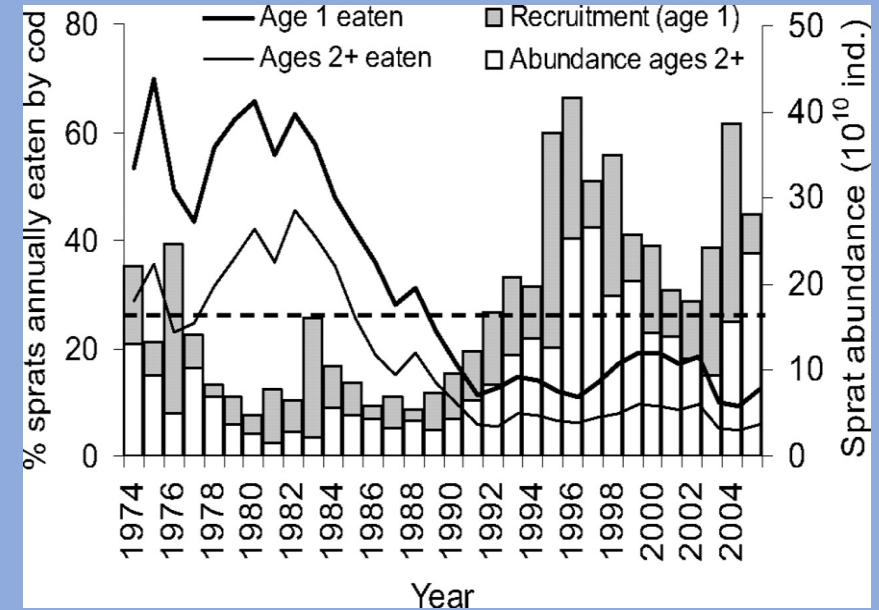
INFLUENZA DEI FATTORI ANTROPICI (PESCA) E AMBIENTALI SULLA COMUNITÀ DI MERLUZZO E SPRATTO NEL MAR BALTICO

La *pesca* può avere un grande impatto sugli ambienti marini, perché gli effetti della rimozione dei grandi pesci predatori possono ricadere a cascata lungo la catena alimentare



Soglia ecologica (quantità spratto $\approx 17 \times 10^{10}$
2 configurazioni

- Dominata MERLUZZO ("attrattore ecologico") → Controlla abbondanza di spratto → **X** → zooplancton
- Dominata spratto bassa abbondanza merluzzo → Controlla la biomassa e la composizione di specie dello zooplancton



Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems

Author contributions: M. Casini, J.H., and J.L. designed research; M. Casini performed research; M. Casini, J.-C.M., M. Cardinale, and V.B. analyzed data; and M. Casini, J.H., J.-C.M., J.L., A.B., and G.K. wrote the paper.

CASO STUDIO 1.

INFLUENZA DEI FATTORI ANTROPICI (PESCA) E AMBIENTALI SULLA COMUNITÀ DI MERLUZZO E SPRATTO NEL MAR BALTICO

La cattura del merluzzo dipende da:

- Condizioni di temperatura, salinità e ossigeno delle acque
- Età del ceppo riproduttore
- Tempi di deposizione delle uova
- Abbondanza di spratto responsabile della predazione risorse alimentari delle larve di merluzzo



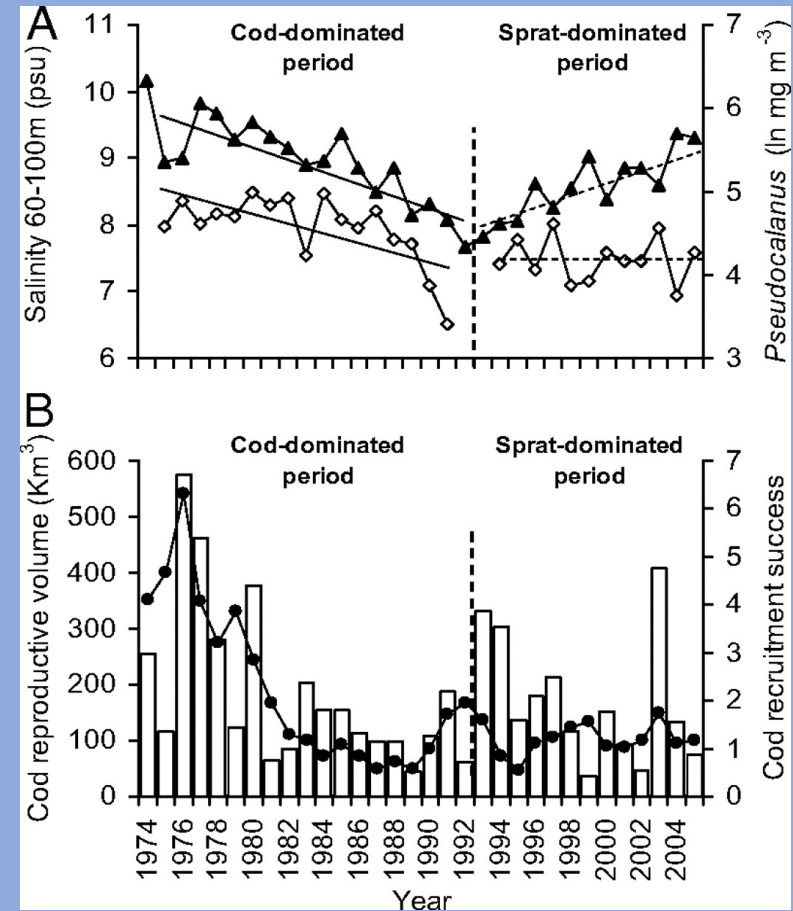
-copepodi *Pseudocalanus* spp

Riduzione popolazione merluzzo

➔ Maggiore salinità

↓
Incide positivamente sulle popolazioni di **merluzzo**:

- Facilita lo sviluppo delle uova
- +prede per larve di merluzzo (copepodi *Pseudocalanus* spp)



Questo studio vuole sottolineare come la pesca dovrebbe tener conto delle dinamiche della rete alimentare e dei fattori umani e climatici , al fine di non alterare i rapporti tra preda e predatori negli ecosistemi.

Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems

Author contributions: M. Casini, J.H., and J.L. designed research; M. Casini performed research; M. Casini,

J.-C.M., M. Cardinale, and V.B. analyzed data; and M. Casini, J.H., J.-C.M., J.L., A.B., and G.K. wrote the paper.

CASO STUDIO 2.

LA RIMOZIONE DI SPECIE CHIAVE ALTERA GLI ECOSISTEMI MARINI

Le specie chiave modulano direttamente o indirettamente la disponibilità di risorse alimentari di altre specie influenzando l'abbondanza di quest'ultime e generando cambiamenti nell'ecosistema.

- Nelle isole del Commodoro nel 1743 iniziò il commercio marittimo delle lontre (**specie chiave**) che portò alla loro estinzione locale nel 1753



Aumento della popolazione di ricci (cibo delle lontre)

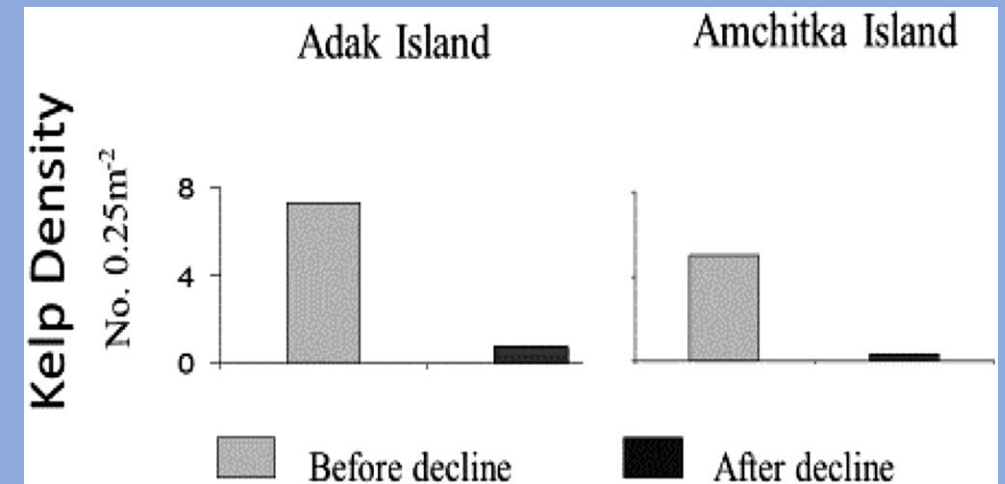
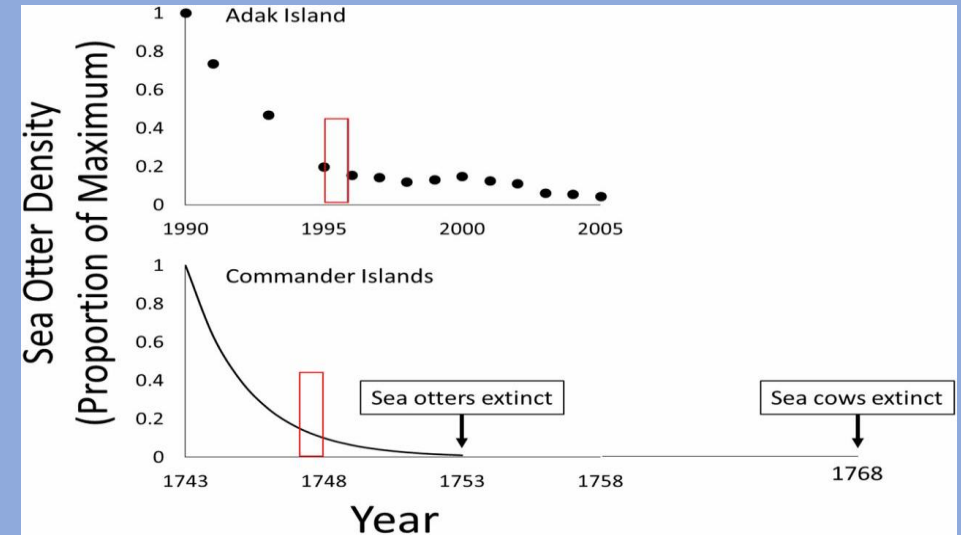


Riduzione foresta di alghe



L'estinzione della ritina di Steller (*Hydrodamalis gigas*), mammifero marino erbivoro

- Negli anni '90 si verificò il declino della popolazione di lontre in seguito alla predazione delle orche nelle Isole Aleutine occidentali



Sea otters, kelp forests, and the extinction of Steller's sea cow
Author contributions: J.A.E. designed research; J.A.E. performed research; J.A.E., A.B., and D.F.D. analyzed data; and J.A.E. and D.F.D. wrote the paper.

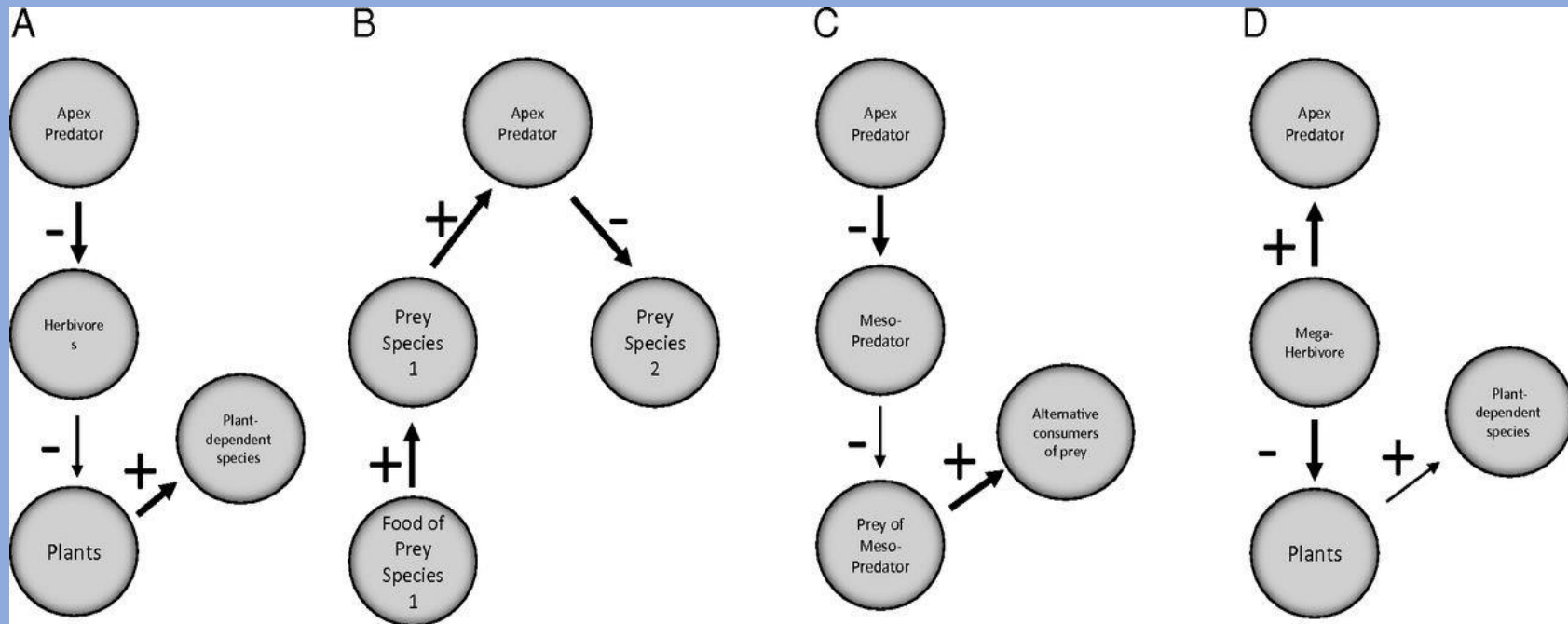
CASO STUDIO 2.

LA RIMOZIONE DI SPECIE CHIAVE ALTERA GLI ECOSISTEMI MARINI

L'estinzione della ritina di Steller è avvenuta in seguito al collasso della foresta di alghe, ricostruiamo quindi la risposta della ritina alla perdita di cibo, applicando risposte demografiche e comportamentali sui dugonghi (*Dugong dugong*) parente più prossimo della ritina.

Utilizzando semplici modelli di popolazione strutturati per età e tassi demografici generali dei Sireni, si è tenuto conto dell'incertezza sia nella storia della vita che nei tassi di mortalità indotti dalla fame.

Le analisi suggeriscono che l'estinzione della ritina è stata in parte causata dalla caccia ma la loro estinzione è una conseguenza della cascata trofica innescata dalla perdita di lontre marine (specie chiave).



Sea otters, kelp forests, and the extinction of Steller's sea cow

Author contributions: J.A.E. designed research; J.A.E. performed research; J.A.E., A.B., and D.F.D. analyzed data; and J.A.E. and D.F.D. wrote the paper.

POSSIBILI SOLUZIONI PER IL RIPRISTINO DEGLI ECOSISTEMI MARINI: IL CASO DELLA REINTRODUZIONE DI SPECIE CHIAVE

La reintroduzione di queste specie può portare a cambiamenti dell'ecosistema che possono innescare conflitti con attività umane stabilite più di recente.

Esaminiamo la trasformazione in corso nel Pacifico settentrionale orientale, dove le lontre marine (*Enhydra lutris*) (specie chiave) si stanno riprendendo dopo la quasi estinzione a causa del commercio marittimo di pellicce ci basiamo sui dati forniti

dal Canada dove le lontre hanno rioccupato naturalmente il loro habitat:

- Conflitti con la pesca



Lontre predano
granchi, ricci, vongole



- Aumento di alghe
- Aumento dei prezzi dei pesci
- Aumentata cattura del merluzzo rosso



Aumenta la produzione primaria
Creano habitat per altre specie
Fissano la CO2

- Il carbonio viene ricavato dalle macroalghe esportate attraverso l'oceano

- Aumento del turismo



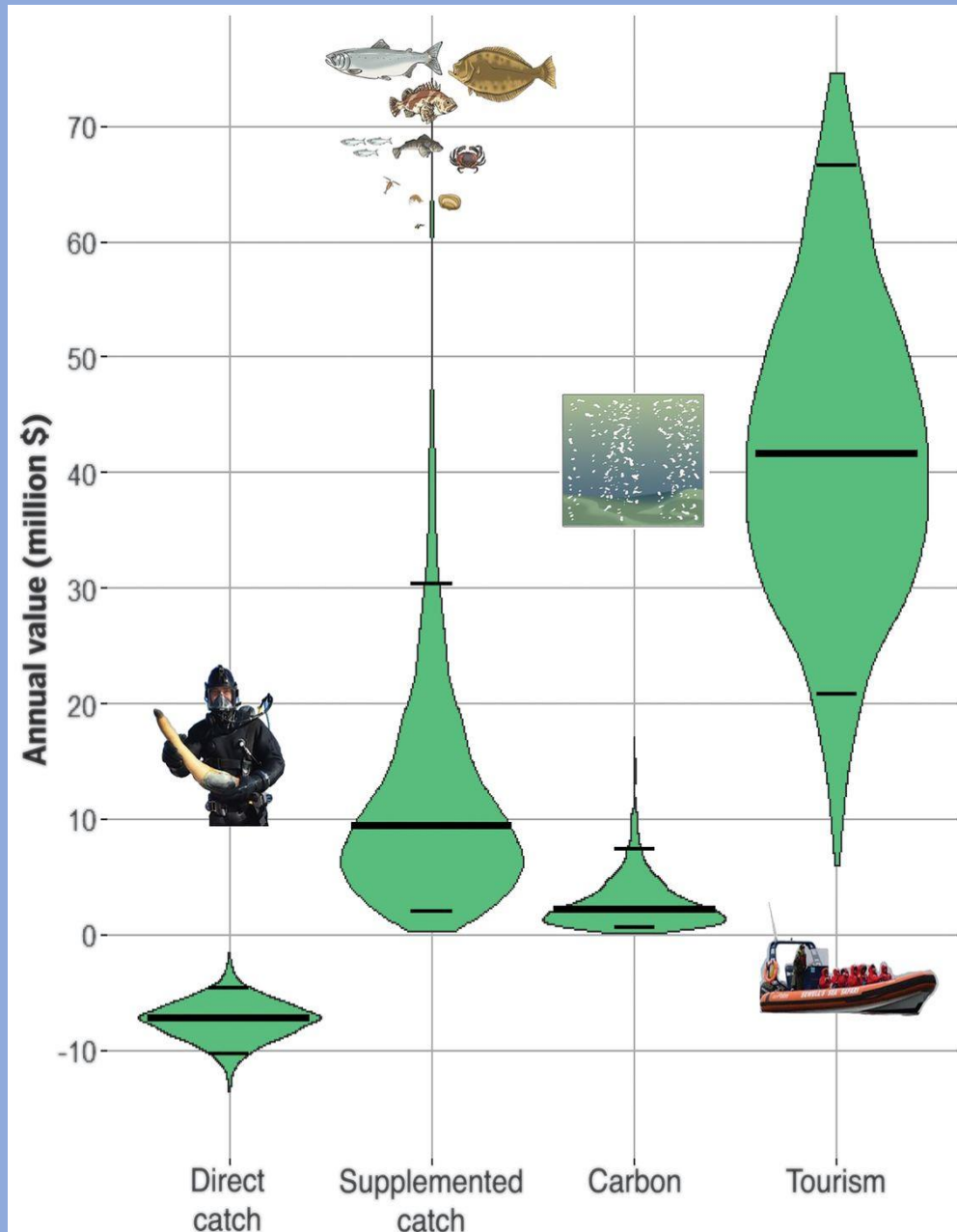
POSSIBILI SOLUZIONI PER IL RIPRISTINO DEGLI ECOSISTEMI MARINI: IL CASO DELLA REINTRODUZIONE DI SPECIE CHIAVE

Il modello socio-ecologico preso in considerazione ha permesso di valutare cambiamenti derivanti dal recupero delle lontre marine nel Pacifico settentrionale orientale.

Sebbene i servizi che abbiamo preso in considerazione non rappresentino una valutazione completa del sistema, mostrano l'ampiezza dell'incertezza di tali modelli.

I risultati illustrano come le lontre marine, come molte altre specie, esercitino un enorme effetto sugli ecosistemi, è necessario quindi valutare accuratamente i compromessi che accompagnano la perdita o il recupero delle principali specie. Si evidenzia come il recupero della lontra porti una maggiore biomassa e abbondanza di molte specie importanti, inoltre le foreste di alghe forniscono benefici per la salute e per la produttività dell'oceano.

La reintroduzione della lontra porterebbe ad un sistema più resiliente.



Cascading social-ecological costs and benefits triggered by a recovering keystone predator
Author: Edoardo J. Cantone di Gregor; Villy Christensen; Linda Nichol; Rebecca G. Martone; Russel W. Markel ;
Giovanna C. Watson; Cristoforo D.G. Harley; Evgeny A. Pakhomov; Jonathan B. Shurin; E kai M A. Chan

CONCLUSIONI COMUNI AI DIVERSI STUDI

Le popolazioni non subiscono solo influenze da parte dei singoli fattori, ma i fattori stessi agiscono sinergicamente determinando impatti cumulativi

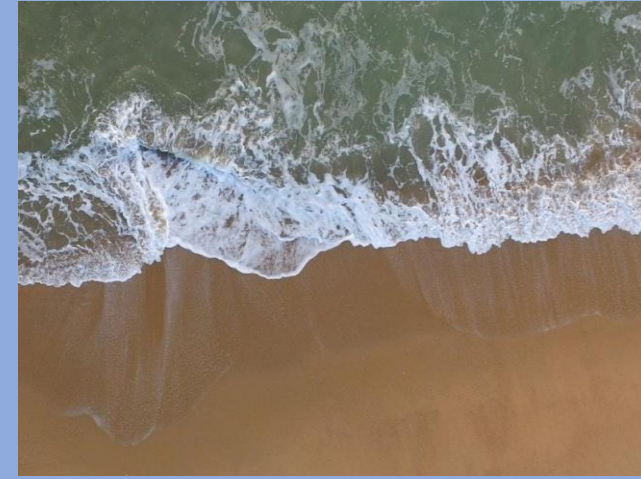


Fattori antropici

POPOLAZIONI

Fattori ambientali

Rapporti interspecifici



- M Casini, et al., Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem. *Proc R Soc London B Biol Sci* **275**, 1793–1801 (2008).
- *Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group* (International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen), pp. 24ICES CM 2006/ACFM. (2006).
- M Cardinale, F Arrhenius, The influence of stock structure and environmental conditions on the recruitment process of Baltic cod estimated using a generalized additive model. *Can J Fish Aquat Sci* **57**, 2402–2409 (2000).
- BR MacKenzie, HH Hinrichsen, M Plikshs, K Wieland, AS Zezera, Quantifying environmental heterogeneity: Habitat size necessary for successful development of cod *Gadus morhua* eggs in the Baltic Sea. *Mar Ecol Prog Ser* **193**, 143–156 (2000).
- C Möllmann, B Müller-Karulis, G Kornilovs, AM John, Effects of climate and overfishing on zooplankton dynamics and ecosystem structure: Regime shifts, trophic cascades, and feedback-loops in a simple ecosystem. *ICES J Mar Sci* **65**, 302–310 (2008).
- A Jarre-Teichmann, et al., Stock-recruitment relationship for cod (*Gadus morhua*) in the central Baltic Sea incorporating environmental variability. *Arch Fish Mar Res* **48**, 97–123 (2002).
- J Bascompte, CJ Melian, E Sala, Interaction strength combinations and the overfishing of a marine food web. *Proc Natl Acad Sci USA* **102**, 5443–5447 (2005).
- KM Brander, Global fish production and climate change. *Proc Natl Acad Sci USA* **104**, 19709–19714 (2007).
- JB Shurin, et al., A cross-ecosystem comparison of the strength of trophic cascades. *Ecol Lett* **5**, 785–791 (2002).
- AD Barnosky, PL Koch, RS Feranec, SL Wing, AB Shabel, Assessing the causes of late Pleistocene extinctions on the continents. *Science* **306**, 70–75 (2004).
- PL Koch, D Barnosky, Late Quaternary extinctions: State of the debate. *Annu Rev Ecol Syst* **37**, 215–250 (2006).
- R Dirzo, et al., Defaunation in the Anthropocene. *Science* **345**, 401–406 (2014).
- LP Koh, et al., Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science* **305**, 1632–1634 (2004).
- JA Estes, JF Palmisano, Sea otters: Their role in structuring nearshore communities. *Science* **185**, 1058–1060 (1974).
- JA Estes, DO Duggins, Sea otters and kelp forests in Alaska: Generality and variation in a community ecological paradigm. *Ecol Monogr* **65**, 75–100 (1995).
- JA Estes, DO Duggins, Lontre marine e foreste di alghe in Alaska: Generalità e variazione in un paradigma ecologico comunitario. *Ecol Monogr* **65**, 75-100 (1995).
- CA Simenstad, JA Estes, KW Kenyon, Aleuts, sea otters, and alternate stable-state communities. *Science* **200**, 403–411 (1978).
- JA Estes, MT Tinker, TM Williams, DF Doak, Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science* **282**, 473–476 (1998).
- M. E. Power, D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, G. Daily, J. C. Castilla, J. Lubchenco, R. T. Paine, Challenges in the quest for keystones: Identifying keystone species is difficult—but essential to understanding how loss of species will affect ecosystems. *Bioscience* **46**, 609–620 (1996).
- J. A. Estes, J. Terborgh, J. S. Brashares, M. E. Power, J. Berger, W. J. Bond, S. R. Carpenter, T. E. Essington, R. D. Holt, J. B. C. Jackson, R. J. Marquis, L. Oksanen, T. Oksanen, R. T. Paine, E. K. Pikitch, W. J. Ripple, S. A. Sandin, M. Scheffer, T. W. Schoener, J. B. Shurin, A. R. E. Sinclair, M. E. Soulé, R. Virtanen, D. A. Wardle, Trophic downgrading of planet Earth. *Science* **333**, 301–306 (2011).
- P. J. Seddon, C. J. Griffiths, P. S. Soorae, D. P. Armstrong, Reversing defaunation: Restoring species in a changing world. *Science* **345**, 406–412 (2014).
- A. Treves, K. U. Karanth, Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conserv. Biol.* **17**, 1491–1499 (2003).
- J. A. Estes, J. F. Palmisano, Sea otters: Their role in structuring nearshore communities. *Science* **185**, 1058–1060 (1974).
- J. C. Watson, J. A. Estes, Stability, resilience, and phase shifts in rocky subtidal communities along the west coast of Vancouver Island, Canada. *Ecol. Monogr.* **81**, 215–239 (2011).
- S. Levin, T. Xepapadeas, A.-S. Crépin, J. Norberg, A. de Zeeuw, C. Folke, T. Hughes, K. Arrow, S. Barrett, G. Daily, P. Ehrlich, N. Kautsky, K.-G. Mäler, S. Polasky, M. Troell, J. R. Vincent, B. Walker, Social-ecological systems as complex adaptive systems: Modeling and policy implications. *Environ. Dev. Econ.* **18**, 111–132 (2012).
- J. L. Bodkin, G. G. Esslinger, D. H. Monson, Foraging depths of sea otters and implications to coastal marine communities. *Mar. Mamm. Sci.* **20**, 305–321 (2004).