

Ekosysteemimallien käyttö kalastuksen säätelypäätösten ja ympäristönhoidon tukena

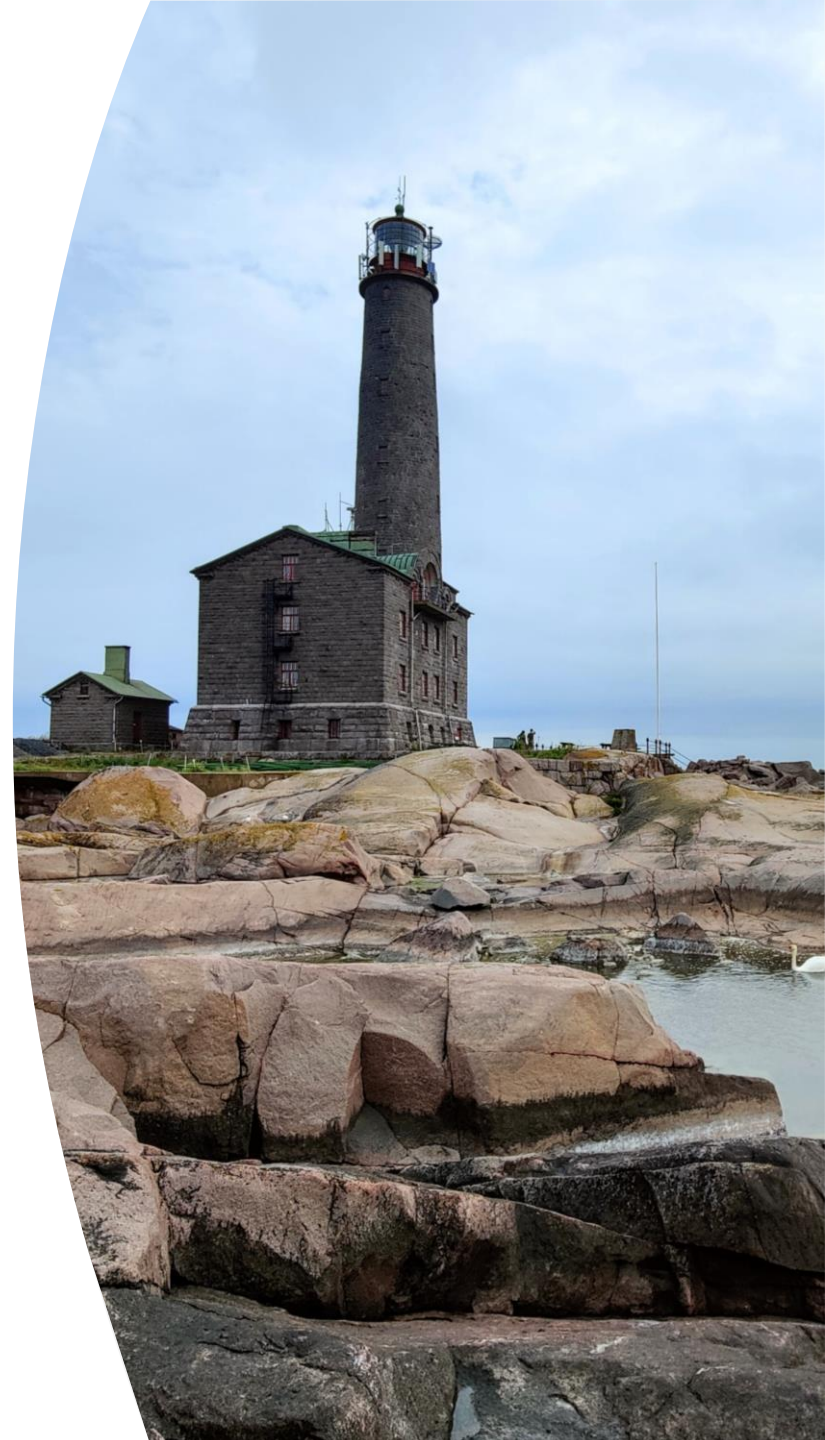
Laura Uusitalo

9.4.2024, Kansalliset kalatutkimuspäivät



Sisältö

- Ekosysteemipohjainen säätely
- Ekosysteemimalleista
- Tapausesimerkkejä





Ekosysteemipohjainen säätely

Yhden lajin malleista ekosysteemiajatteluun

- Perinteisesti on arvioitu vain yhtä lajia kerrallaan: esim. Virtual Population Analysis, Maximum Sustainable / Economic Yield, S/R-käyrät, ym.
 - Näihin lisätty ympäristömuuttujia / lajivuorovaikutuksia, mutta varsin rajoitetusti
- Ekosysteemipohjainen säätely huomioi laajasti ekosysteemin toimintaa ja sen vuorovaikutuksia sekä erilaisia tavoitteita
 - Ecosystem-based management, EBM
 - Ecosystem-based fisheries management, EBFM
 - Ecosystem approach to fisheries management, EAFM
-

Keskeiset periaatteet (ICESin mukaan)

Ihmistoiminnan säätely

Paineiden yhteisvaikutukset

Hyvän ympäristön tilan saavuttaminen

Kestävä käyttö

Hyötyjen jakaminen erilaisten tavoitteiden välillä

Alueellinen ajattelu (oikeat alueelliset skaalat)

Trade-offit

Tulevien sukupolvien huomioiminen

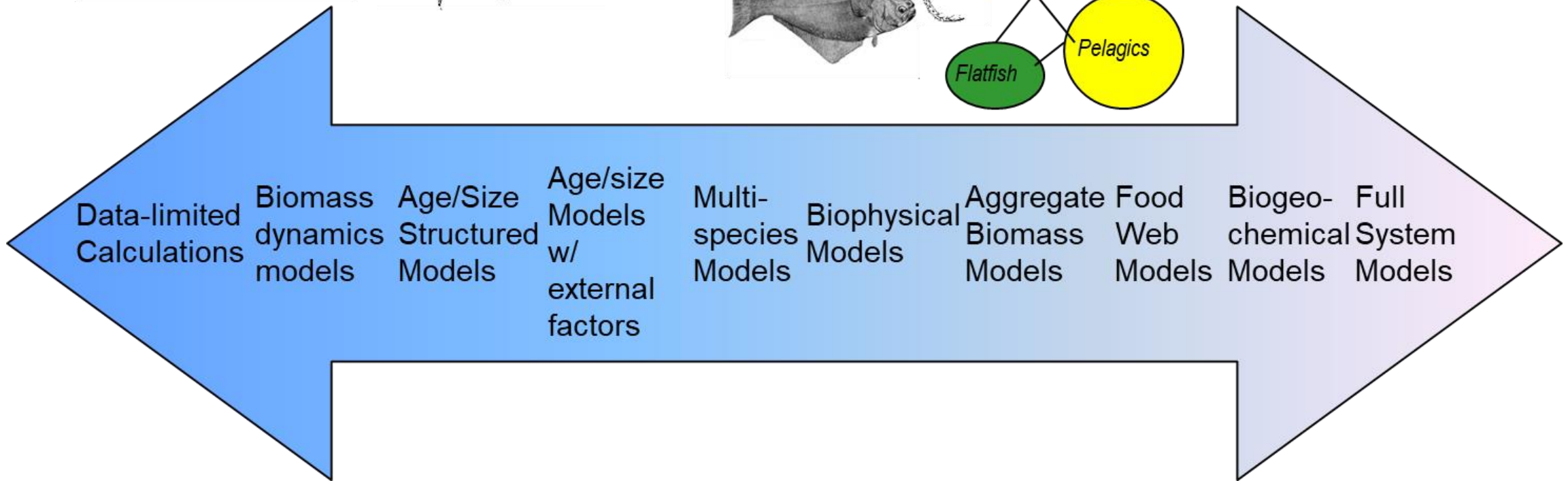
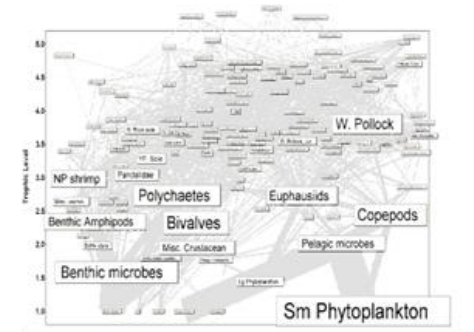
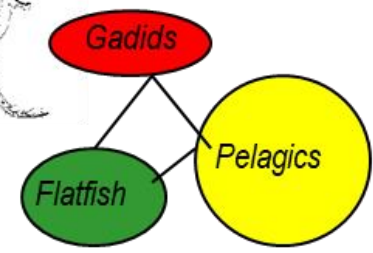
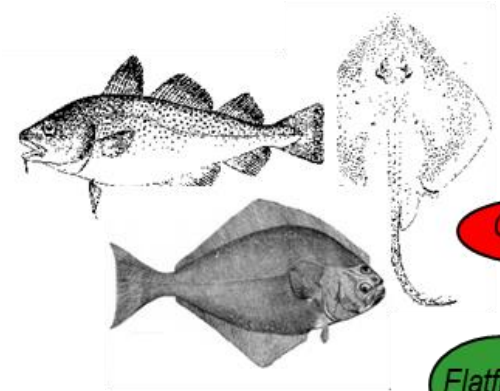
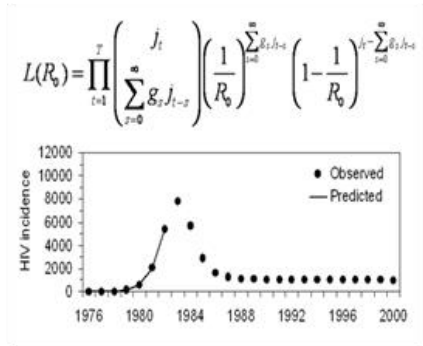


Etuja (lähde: NOAA)

- Mahdollistaa trade-offien arvioinnin erilaisten tarpeiden ja käyttäjäryhmien välillä
- Antaa runsaammin tietoa päätöksenteon pohjaksi
- Mahdollistaa säätelypäästösten seurausten paremman arvioinnin
- Tukee ekosysteemin vakautta ja sitä kautta vakaampaa säätelyä ja liiketoimintaa



Ekosysteemimalleista



Ekosysteemimallit auttavat ympäristön muuttuessa

- Ilmastonmuutos, vieraslajit, metsästys ja kalastus ym. muuttavat ekosysteemejä
→ "vanhat kaavat" (esim. luonnollinen kuolevuus, kutukanta-rekryyttisuhde) eivät välttämättä päde!
- Ekosysteemimalleilla voidaan (parhaimmillaan!) ennustaa näitä muutoksia



Mallinnusjärjestelmiä

- [Ecopath with Ecosim \(EwE\)](#)
 - Biomassapohjainen monilajimalli, voidaan sisällyttää esim. poikaset ja aikuiset erikseen
- [Atlantis](#)
 - Deterministinen, biogeokemiallinen, spatiaalisesti kolmiulotteinen koko ekosysteemin malli
- [MIZER](#)
 - Kokorakenteinen monilajimalli
- [OSMOSE](#)
 - Biogeokemiallinen malli + monen lajin populaatiodynamiikkaa

Ecopath with Ecosim (EwE)

Three major components

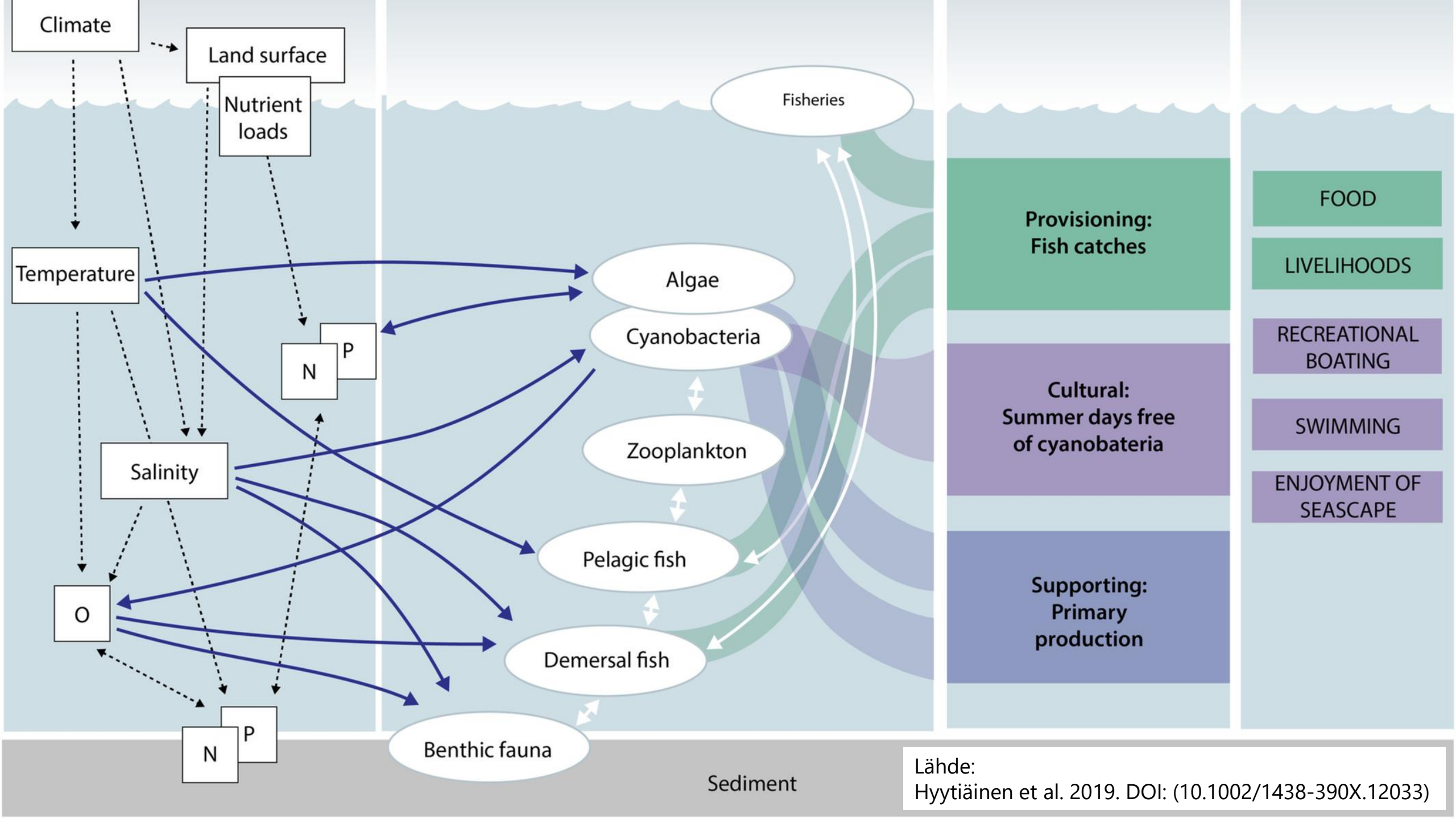
Ecopath	Static mass-balanced model
Ecosim	Temporal dynamics
Ecospace	Spatial-temporal dynamic



Additional modules



Ecotracer	Contaminant tracing, isotopes, micro plastics
'Searches'	Fishing policy, Monte Carlo, MSE, spatial planning, ...
Plug-ins	Network analysis, indicators, results Value chain, EcoTroph and many more

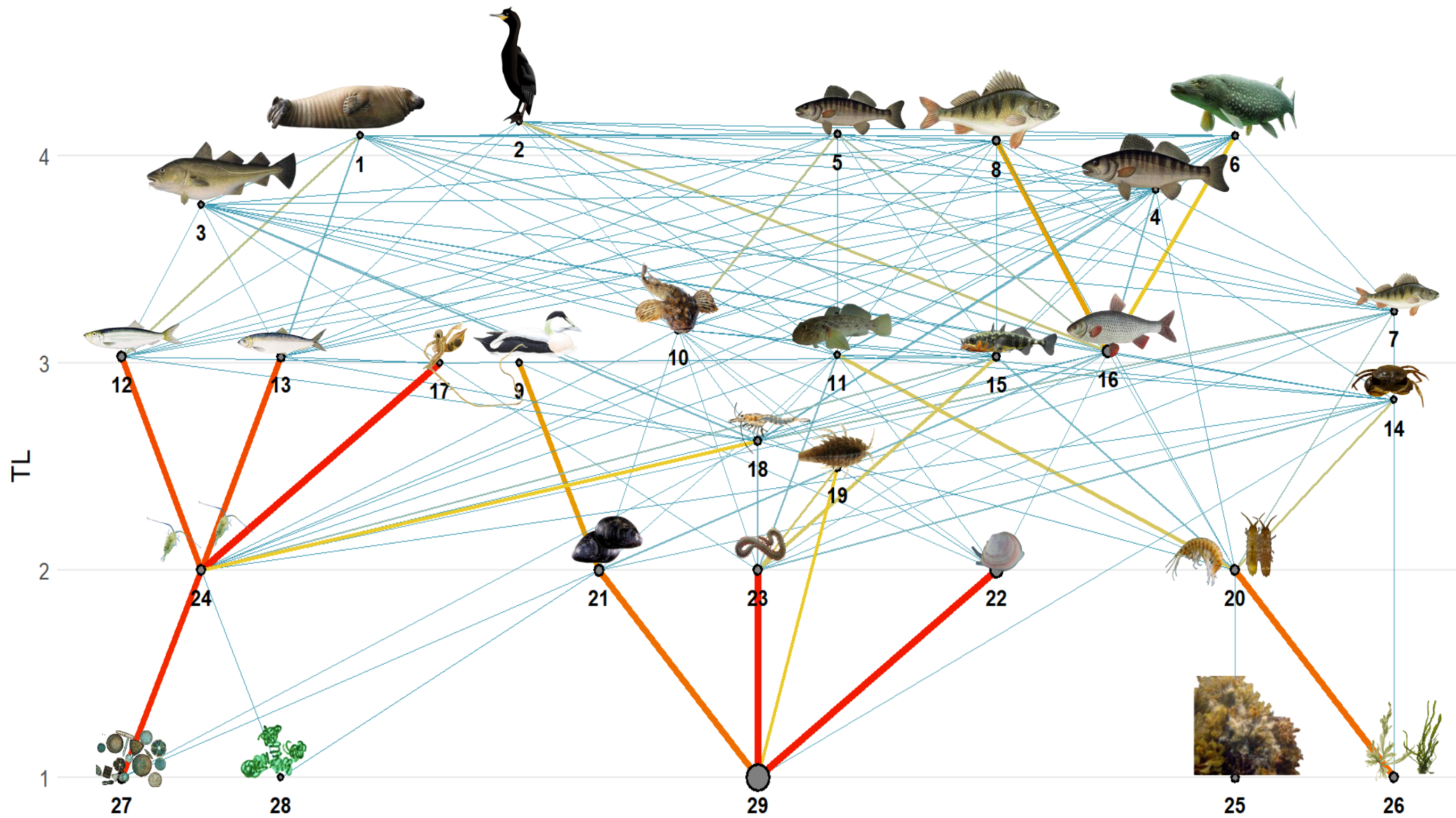




Tapausesimerkkejä

A wide-angle photograph of a coastal scene at sunset. The sun is a bright orange orb on the horizon, casting a long, shimmering reflection across the calm water. The sky is a mix of soft pinks, oranges, and blues, with some wispy clouds. In the foreground, dark, jagged rocks are partially submerged in the water. To the right, a red building with a dark roof and a small lighthouse on top sits on a rocky outcrop. The overall mood is peaceful and serene.

Saaristomeri



FG

Kalvo: Riikka Puntila-Dodd / Syke

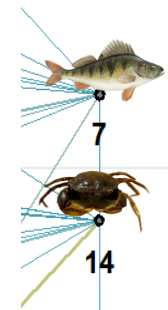
Ecopath



Parameters

Group name	TL	Hab area (proportion)	Biomass (t/km ²)	P/B or Z (rate/year)	C/B (rate/year)	EE	P/C (rate/year)	BA (t/km ²)	BA (rate/year)	Immigration/Emigration (t/km ² /year)	Unassim. consumption	Feeding time adjust rate [0,1]	Predator effect on feeding time [0,1]	Switching power parameter [0,2]
1 Seals	4.09	1	0.02	0.10	16.28	0.89	0.01	1.40E-03	0.08		0.2	0.1	0	2
2 Cormorant	4.17	0.5	4.52E-06	0.20	66.32	0.78	0.00	7.04E-07	0.16	4.50E-08	0.2	0.5	0	2
3 Gadus morhua	3.76	1	3.60E-05	0.75	3.81	0.99	0.20			5.00E-06	0.2	0.5	1	0
Sander lucioperca														
4 Juvenile Sander lucioperca	3.84	1	0.44	1.10	7.57	0.26	0.15				0.2	1	0	0
5 Adult Sander lucioperca	4.10	1	0.14	1.00	3.72	0.50	0.27				0.2	0.5	1	0
6 Esox lucius	4.09	1	0.38	0.57	2.50	0.63	0.23				0.2	0.5	1	0
Perca fluviatilis														
7 Juvenile Perca fluviatilis	3.25	1	0.68	0.82	6.18	0.47	0.13				0.2	1	0	0
8 Adult Perca fluviatilis	4.07	1	0.84	0.70	3.50	0.40	0.20				0.2	0.5	1	0
9 Benthivorous birds	3.00	1	0.01	0.36	18.25	0.68	0.02	-5.70E-04	-0.10		0.2	0.5	0	0
10 Benthivorous fish	3.16	1	1.69	0.84	4.21	0.57	0.20				0.2	0.5	1	2
11 Neogobius melanostomus	3.04	1	8.14E-05	4.24	5.90	1.00	0.72				0.2	1	1	2
12 Clupea harengus	3.03	1	5.85	1.19	4.40	0.53	0.27			-0.64	0.2	1	1	0
13 Sprattus sprattus	3.03	1	2.08	1.55	6.77	0.35	0.23			-0.49	0.2	1	1	0
14 Rhithropanopeus harrisii	2.82	1	8.65E-05	4.30	7.00	0.98	0.61				0.3	1	0.5	2
15 Gasterosteus aculeatus	3.03	1	0.85	0.77	3.85	0.92	0.20				0.2	1	1	2
16 Cyprinids	3.06	1	10.00	0.45	2.10	0.87	0.21				0.2	1	1	0
17 Cercopagis pengoi	3.00	1	0.00	10.00	40.00	1.00	0.25				0.3	0	0	0
18 Mysids	2.62	1	1.68	4.50	14.89	0.75	0.30				0.3	0	0.5	0
19 Predatory benthos	2.49	1	1.95	2.00	9.70	0.78	0.21				0.3	0	0.5	0
20 Invertebrate grazers	2.00	1	5.27	2.70	13.88	0.54	0.19				0.2	0	0.5	0
21 Mytilus trossulus	2.00	1	8.60	1.75	8.73	0.42	0.20				0.2	0	0.5	0
22 Benthic bivalves	2.00	1	25.00	0.40	2.00	0.63	0.20				0.2	0	0.5	0
23 Other benthos	2.00	1	6.00	6.17	31.17	0.46	0.20				0.2	0	0.5	0
24 Zooplankton	2.00	1	5.23	20.00	88.00	0.53	0.23				0.4	0	0.5	0
25 Fucus vesiculosus	1.00	1	3.50	3.30		0.63						0.5	0	0
26 Filamentous algae	1.00	1	4.00	23.00		0.72						0.5	0	0
27 Phytoplankton	1.00	1	7.26	150.00		0.43						0.5	0	0
28 Cyanobacteria	1.00	1	0.11	135.00		0.34						0.5		
29 Detritus	1.00	1	150.00			0.30				-15				

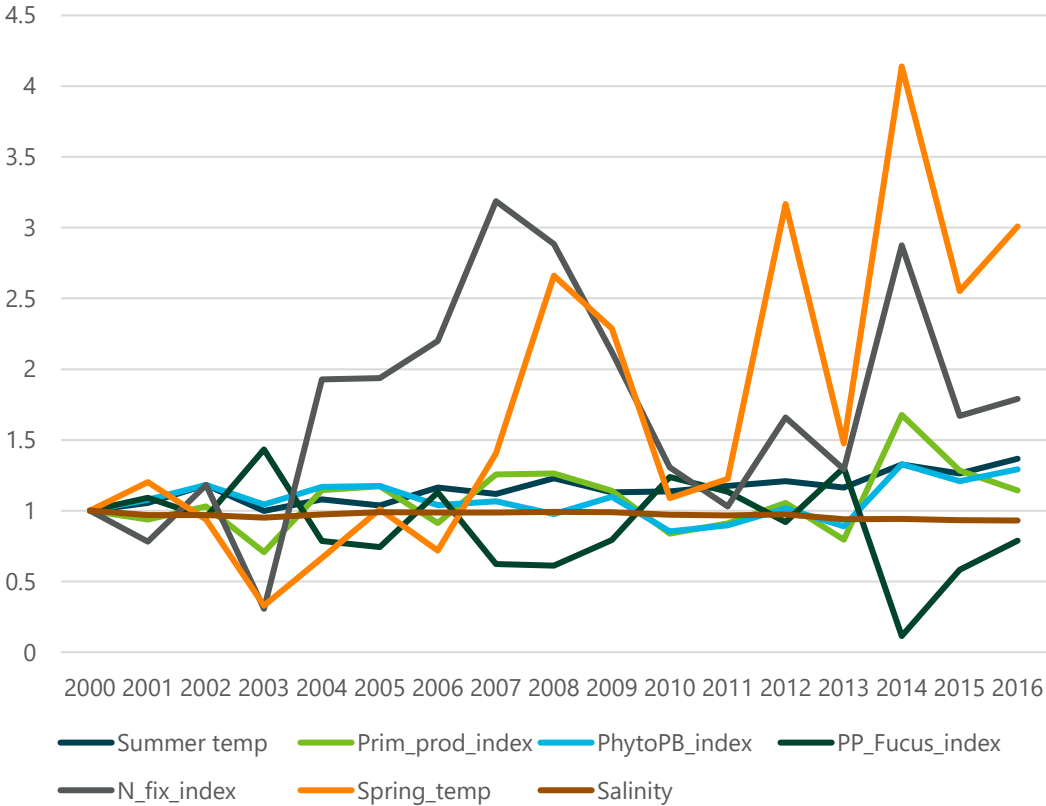
#		Prey \ predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4	1	Seals																								
	2	Cormorant																								
	3	Gadus morhua	0.00																							
	4	Juvenile Sander lucioperca	0.00	0.05	0.00		0.01	0.04		0.03																
3	5	Adult Sander lucioperca	0.01																							
	6	Esox lucius	0.00	0.02				0.03																		
	7	Juvenile Perca fluviatilis	0.01	0.09	0.00	0.05	0.06	0.04																		
	8	Adult Perca fluviatilis	0.04	0.03	0.00			0.04																		
	9	Benthivorous birds																								
	10	Benthivorous fish	0.04	0.18	0.08	0.12	0.36	0.04		0.05																
	11	Neogobius melanostomus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00																
	12	Clupea harengus	0.36	0.12	0.16	0.15	0.14	0.11		0.10																
	13	Sprattus sprattus	0.21	0.08	0.16	0.05	0.05	0.05		0.00								0.00								
	14	Rhithropanopeus harrisii			0.00				0.00	0.00		0.00							0.00							
	15	Gasterosteus aculeatus	0.06	0.04	0.05	0.03	0.08	0.04		0.03		0.05	0.01													
2	16	Cyprinids	0.26	0.39	0.08	0.24	0.31	0.54		0.78																
	17	Cercopagis pengoi												0.00	0.00		0.00									
	18	Mysids			0.24	0.24		0.05	0.29			0.07	0.05	0.05	0.05		0.05	0.05								
	19	Predatory benthos			0.12				0.14			0.14						0.05				0.02				
	20	Invertebrate grazers				0.05			0.29	0.01		0.14	0.44			0.39	0.24	0.19		0.02						
	21	Mytilus trossulus									0.80	0.14	0.16			0.13		0.25								
	22	Benthic bivalves									0.20	0.19	0.04				0.19				0.05					
	23	Other benthos			0.12				0.10			0.19	0.26			0.26	0.43	0.19		0.09	0.41					
	24	Zooplankton				0.08		0.04	0.18			0.07	0.05	0.95	0.95	0.05	0.29	0.09	1.00	0.51						
	25	Fucus vesiculosus																				0.10				
	26	Filamentous algae														0.05						0.90				
1	27	Phytoplankton																		0.14			0.10			0.99
	28	Cyanobacteria																				0.01				0.01
	29	Detritus														0.13				0.23	0.52		0.89	1.00	1.00	
	Import		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sum		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	(1 - Sum)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



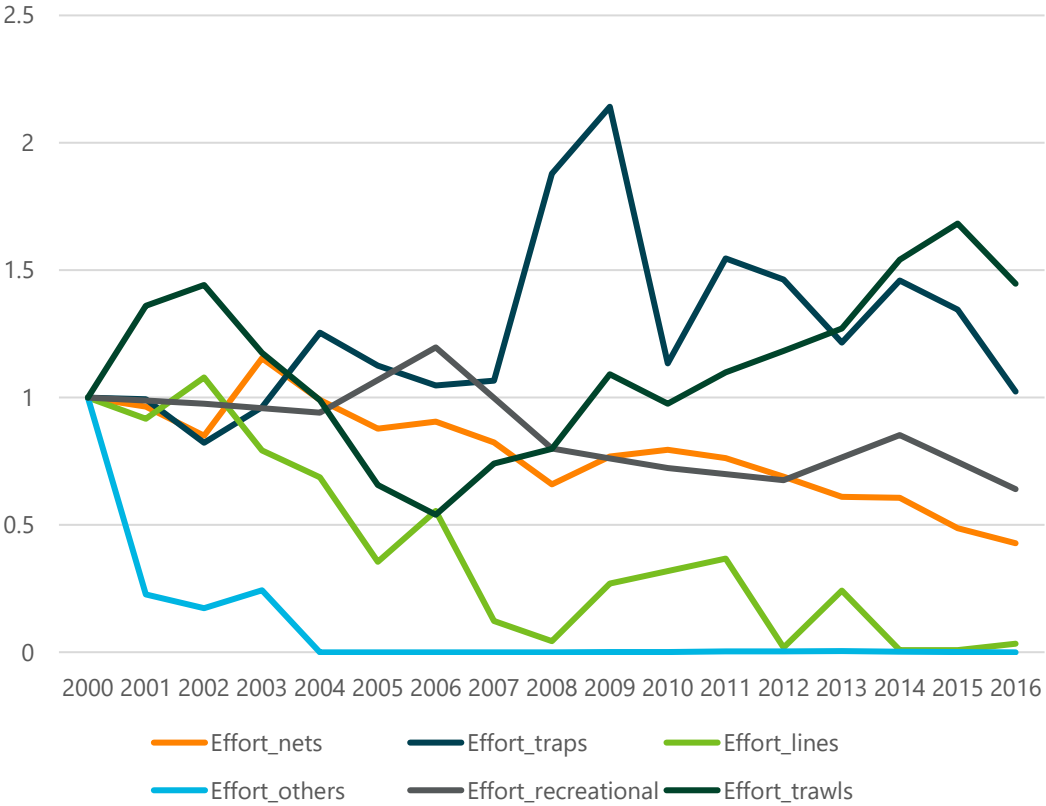
Ecosim

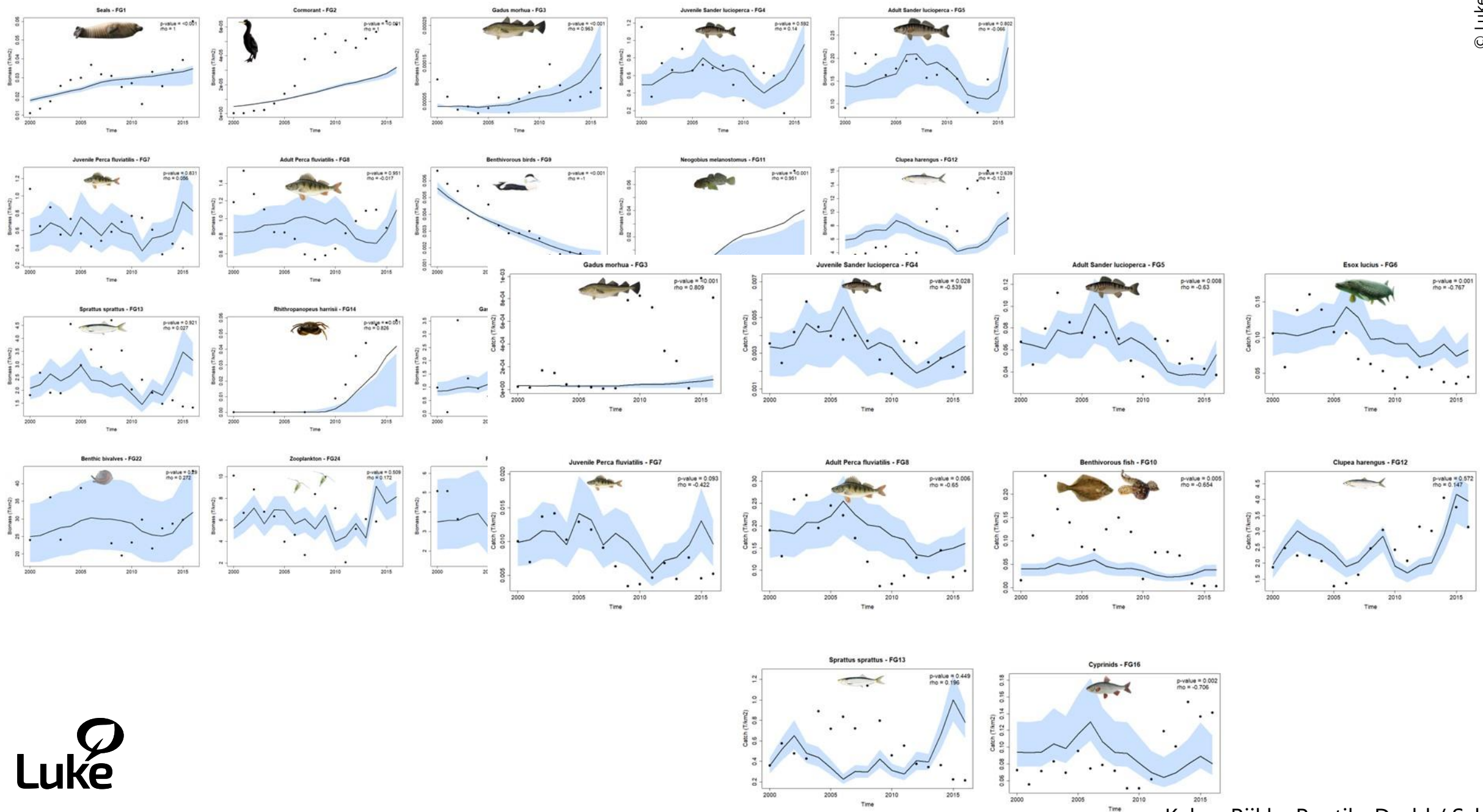


Environmental Forcings



Fishing effort





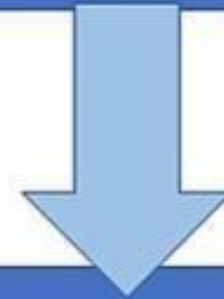
Scenarios to drive the ecosystem model

All combinations of

- 2 nutrient loading scenarios
- 2 climate scenarios
- 4 fishing policy scenarios



Result in different biomasses of species



Stakeholder questionnaire on the experiential value of different species



Result: experiential value of the scenarios to different stakeholder groups





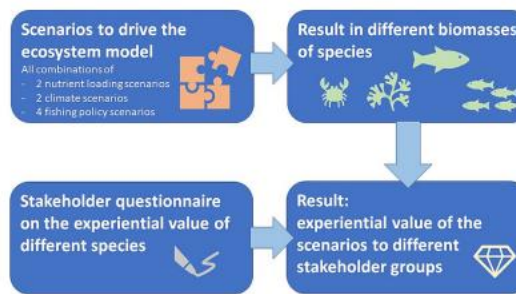
Modelling framework to evaluate societal effects of ecosystem management

Laura Uusitalo^{a,b,*}, Riikka Puntila-Dodd^a, Janne Artell^b, Susanna Jernberg^a^a Finnish Environment Institute SYKE, Finland^b Natural Resources Institute, Finland

HIGHLIGHTS

- Probabilistic model evaluates the effects of drivers on experiential values.
- Ecosystem simulation model results combined with stakeholder questionnaire.
- In the case study, the same management options were best to all stakeholders.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Editor: Martin Drews

Keywords:
Stakeholder
Bayesian
Baltic Sea
Archipelago Sea
Preferences
ECOPATH
ECOSIM

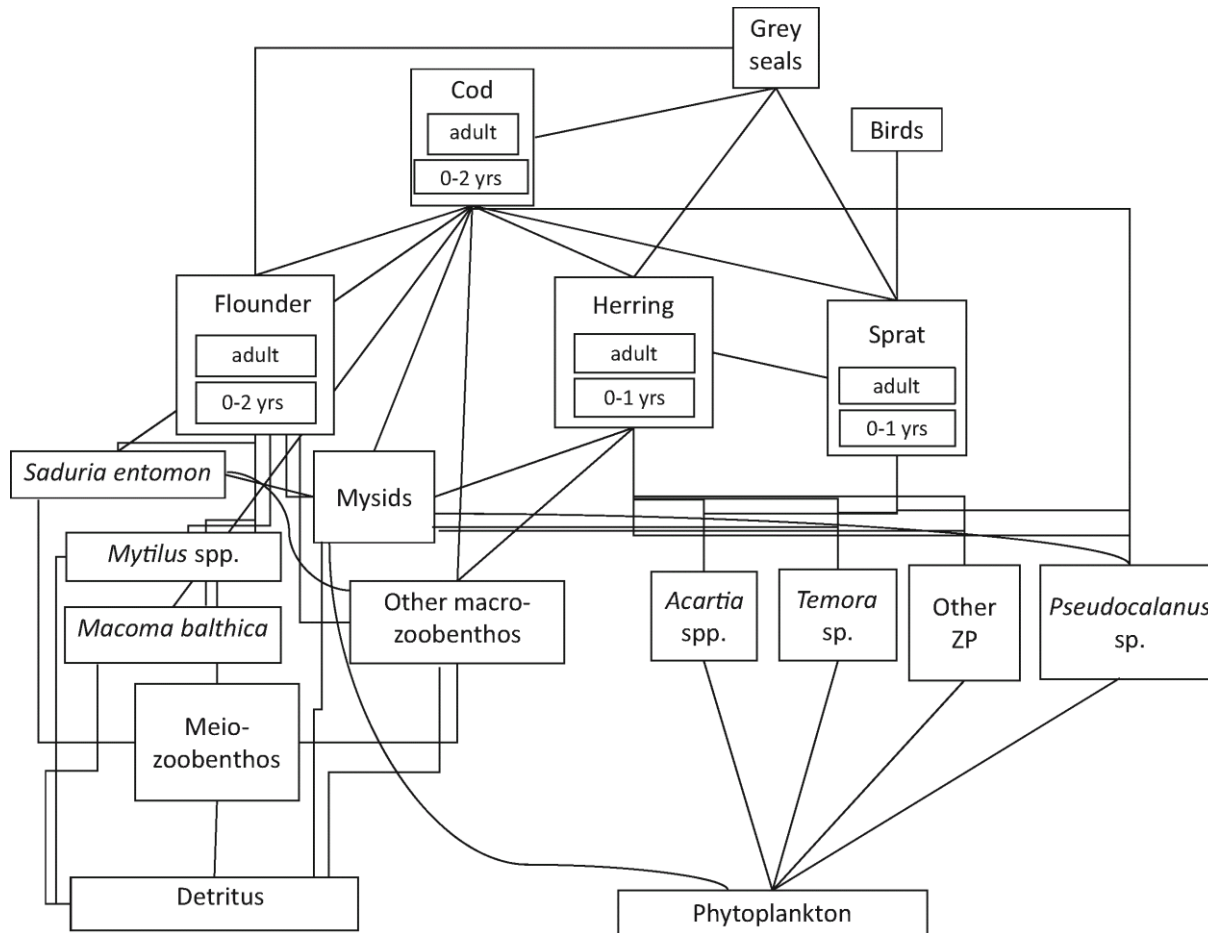
ABSTRACT

The ecosystem effects of different management options can be predicted through models that simulate the ecosystem functioning under different management scenarios. Optimal management strategies are searched by simulating different management (and other, such as climate) scenarios and finding the management measures that produce desirable results. The desirability of results is often defined through the attainment of policy objectives such as good environmental/ecological status. However, this often does not account for societal consequences of the environmental status even though the consequences can be different for different stakeholder groups. In this work we introduce a method to evaluate management alternatives in the light of the experiential value of stakeholder groups, using a case study in the Baltic Sea. We use an Ecopath with Ecosim model to simulate the ecosystem responses to management and climate scenarios, and the results are judged based on objectives defined based on a stakeholder questionnaire on what aspects of the ecosystem they value or detest. The ecosystem responses and the stakeholder values are combined in a Bayesian decision support model to illustrate which management options bring the highest benefits to stakeholders, and whether different stakeholder groups benefit from different management choices. In the case study, the more moderate climate scenario and strict fisheries and nutrient loading management brought the highest benefits to all stakeholders. The method can be used to evaluate and compare the effects of different management alternatives to various stakeholder groups, if their preferences are known.



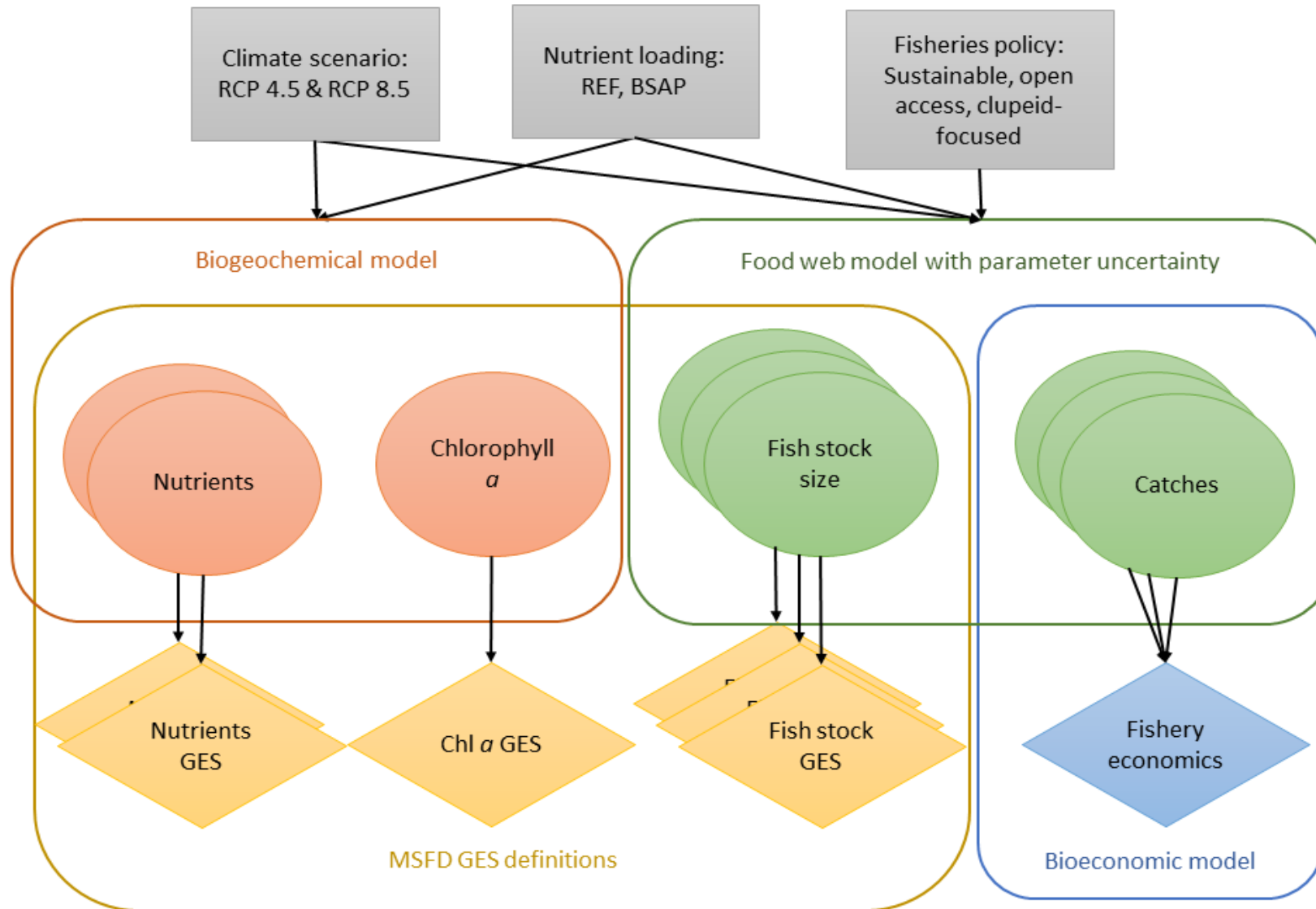
Itämeren pääallas

Keskisen Itämeren mallia on kehitetty yli 10 vuotta



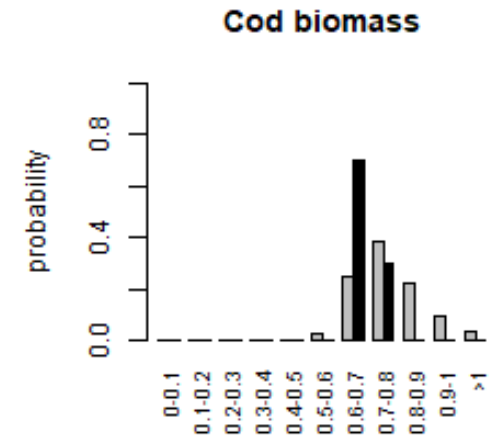
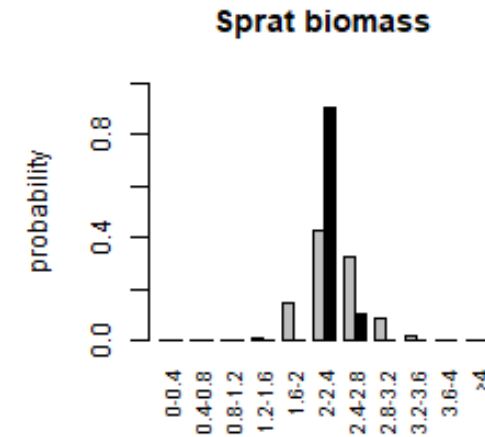
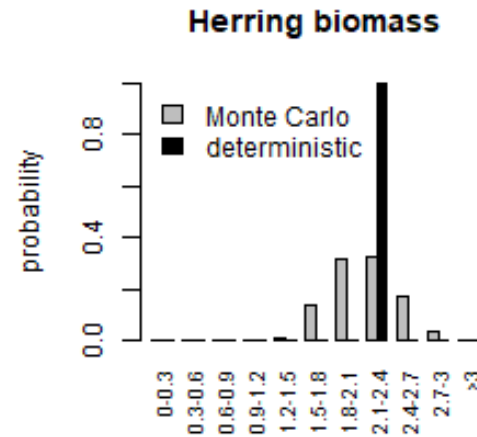
- on käynyt läpi ICESin key run –prosessin ja voidaan käyttää ICESin neuvonannossa
- F_{ECO} , ekosysteemipohjainen kalastuskuolevuuden viitearvo työn alla Pääaltaan ja Riianlahden silakalle
- Mallia käytetty lukuisissa tutkimushankkeissa

Bayes-verkkomallissa yhdistettiin erilaisia mallituloksia

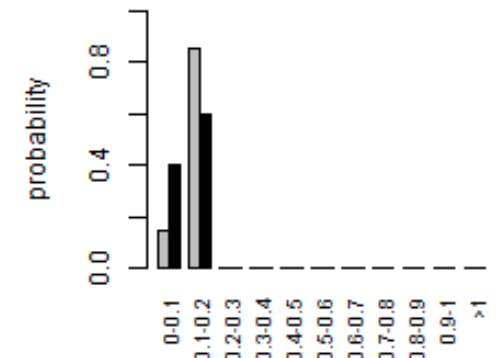
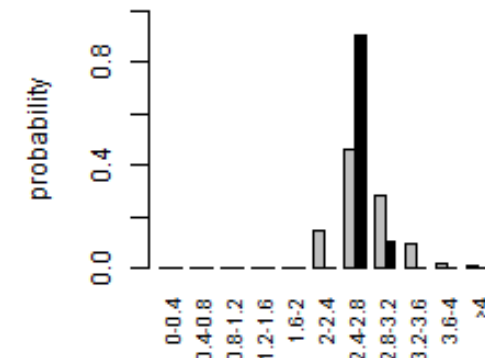
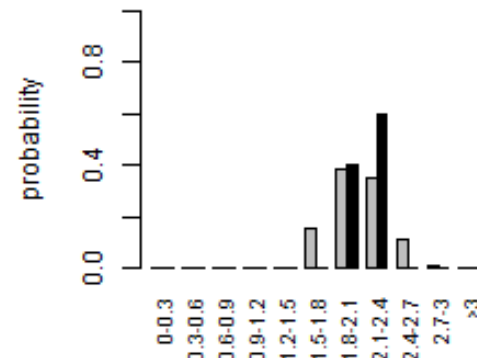


Monte Carlo-ajot mahdollistavat epävarmuuksien (osittaisen) arvioinnin

Years 2020-2029,
Climate: RCP4.5,
Nutrient loading: BSAP,
Fishing: Sustainable



Years 2020-2029,
Climate: RCP8.5,
Nutrient loading: Ref,
Fishing: Open access





Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Integrating diverse model results into decision support for good environmental status and blue growth



Laura Uusitalo ^{a,*}, Thorsten Blenckner ^b, Riikka Puntala-Dodd ^a, Annaliina Skyttä ^a, Susanna Jernberg ^a, Rudi Voss ^{c,d}, Bärbel Müller-Karulis ^e, Maciej T. Tomczak ^e, Christian Möllmann ^f, Heikki Peltonen ^a

^a Finnish Environment Institute, Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, Finland

^b Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Kräftriket 2B, 10691 Stockholm, Sweden

^c Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Wilhelm-Seelig-Platz 1, 24118 Kiel, Germany

^d German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig, Germany

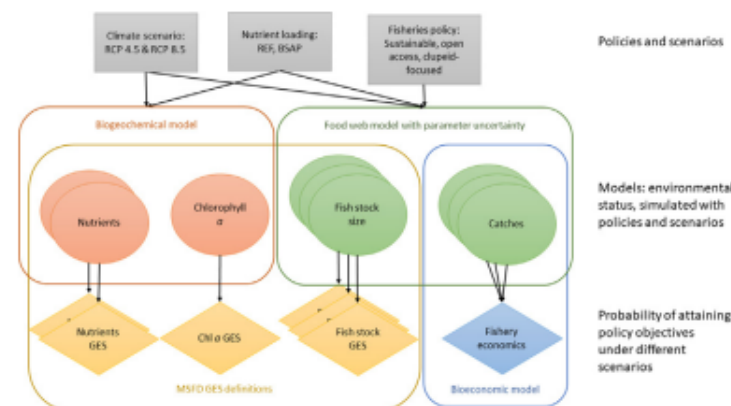
^e Baltic Sea Centre, Stockholm University, 106 91 Stockholm, Sweden

^f Institute of Marine Ecosystem and Fishery Science, Universität Hamburg, Große Elbstraße 133, 22767 Hamburg, Germany

HIGHLIGHTS

- Environmental management needs to integrate multiple tools and objectives.
- Bayesian network based decision support system is used as an integrating meta model.
- Uncertainty of model projections is incorporated, enabling the evaluation of risks.
- The model enables evaluation of synergies and trade-offs in management.
- There are large uncertainties related to the future projections of the Baltic Sea.

GRAPHICAL ABSTRACT



A scenic landscape photograph showing a dirt path leading down a rocky, vegetated hillside towards a body of water. The water is a vibrant turquoise color, contrasting with the deep blue of the open sea in the distance. The sky is a clear, bright blue with scattered white clouds. A person is visible standing near the edge of the path on the right side of the frame.

Adrianmeri

Seepian (*Sepia officinalis*) kalastuksen säätely Adrianmerellä kärsii datapuutteista

- Kantaa arvioidaan ylijäämätuotantomallilla (surplus production model), jossa oletetaan vakaa ekosysteemi ja vakaa kannan tuottavuus
- Kanta ei ole kohentunut pienentyneestä kalastuspaineesta huolimatta
- Adrianmerelle on kehitetty EwE-malli, mutta se ei kuvaa seepiapopulaatiota kovin hyvin



Kuva: Diego Delso, delso.photo, License [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

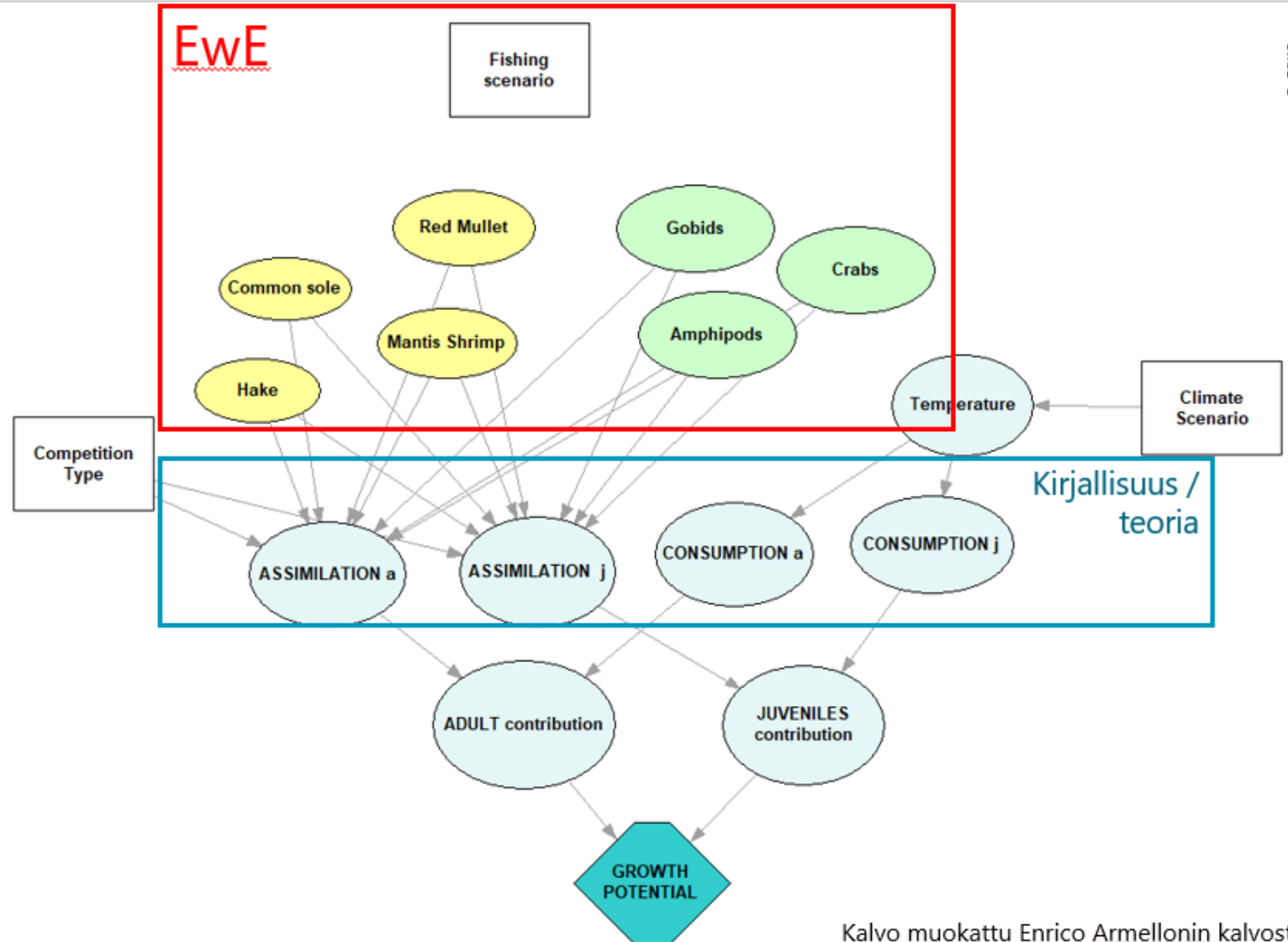
Riskitaulukko

- Väitöskirjatyössään **Enrico Nicola Armelloni** luo riskinarviointimallin seepian kalastuksen arvioimiseksi
- Kehittää USA:ssa käytettyä riskitaulukko-lähestymistapaa (Dorn ja Zador 2020) datapohjaisemmaksi
- Riskitaulukko dokumentoi järjestelmällisesti kanta-arvioon, populaatiodynamiikkaan ja ekosysteemiin liittyvät huolet, joita ei analysoida kanta-arviossa

	Kanta-arvion luotettavuus	Populaatio- dynamiikka	Ekosysteemi- vaikutukset
Taso 1: Normaali			
Taso 2: Huolia			
Taso 3: Suuria huolia			
Taso 4: Äärimmäisiä huolia			

Riskitaulukon uusi elämä

- Miten ilmasto- ja kalastuskenariot voivat vaikuttaa seepiakannan tuotantoon?
 - EwE kuvaa ravintoverkon muutoksia
 - Ekologista teoriaa kasvusta, kilpailusta ja kulutuksesta
- Yhdistetty Bayes-verkon avulla



**Yhteenveto:
Ekosysteemimallit
ovat monipuolisesti
hyödyllisiä (joskin
työläitä) etenkin
ympäristön
muuttuessa**



Kiitos!



luke.fi