

Itämeri

Ympäristö ja ekologia

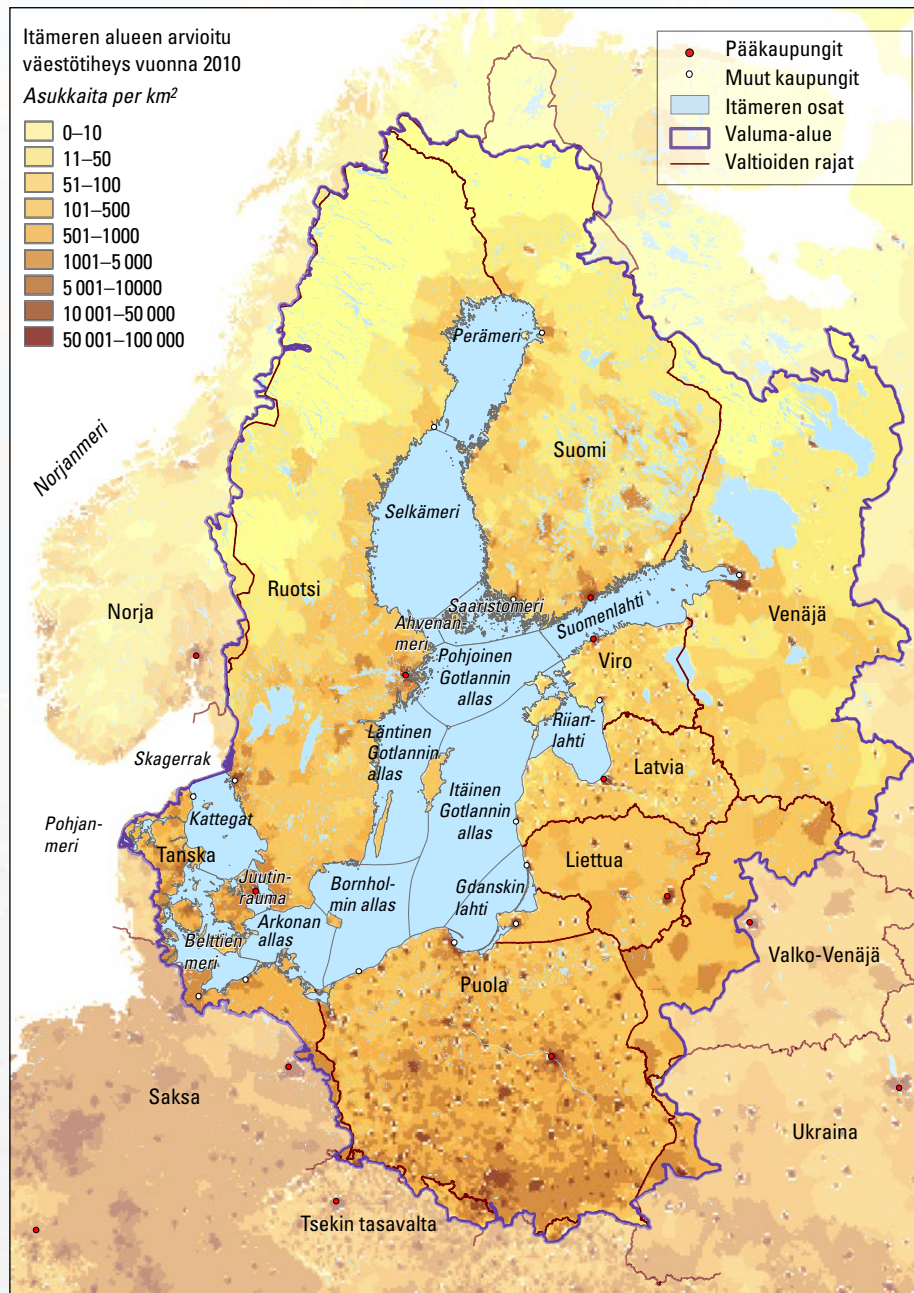
Toimituskunta: Eeva Furman, Mia Pihlajamäki,
Pentti Välipakka & Kai Myrberg

Saatteeksi [i](#)

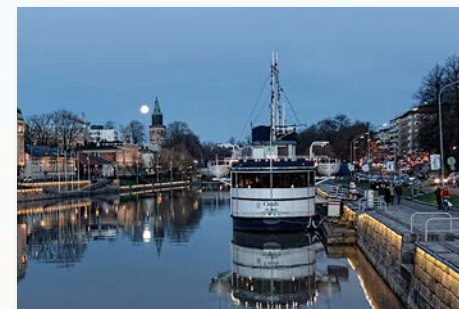
- 1 Itämeren alue: osat ja valuma-alue [i](#)
 - 2 Itämeri: topografia, virtaukset, talven jääpeitteen todennäköisyys [i](#)
 - 3A Itämeren hydrografia: pitkittäisleikkaus [i](#)
 - 3B Itämeren hydrografia: pitkittäisleikkaus [i](#)
 - 4 Itämeren hydrografia: syvyysprofiili [i](#)
 - 5 Itämeren hydrografia: seisova vesi (stagnaatio) [i](#)
 - 6 Eläinten ja kasvien levinneisyys sekä runsaus Itämeressä [i](#)
 - 7A Itämeren ekosysteemit: piirteitä ja vuorovaikutuksia [i](#)
 - 7B Itämeren ekosysteemit: piirteitä ja vuorovaikutuksia [i](#)
 - 8A Saaristot [i](#)
 - 8B Rannikon vyöhykkeet [i](#)
 - 8C Maankohoaminen [i](#)
 - 9 Itämeren rannikon ekosysteemit [i](#)
 - 10 Matalat lahdet ja fladan kehitysvaiheet [i](#)
 - 11 Ulapan ekosysteemi: vuodenaikaisrytmi [i](#)
 - 12 Ulapan ekosysteemi: laidunnusketju ja mikrobisilmukka [i](#)
 - 13 Ulapan ekosysteemi: mittakaavoja [i](#)
 - 14 Ihmistoiminnan vaikutus Itämeren ekosysteemiin [i](#)
 - 15 Ruoka ja Itämeri [i](#)
 - 16 Ilmastonmuutoksen vaikutukset: esimerkkinä rehevöityminen [i](#)
 - 17 Rehevöityminen ja sen seuraukset [i](#)
 - 18 Rehevöitymisen noidankehä [i](#)
 - 19A Itämeren rehevöityminen: ravinnekuormituksen lähteet [i](#)
 - 19B Itämeren rehevöityminen: ravinnekuormituksen lähteet [i](#)
 - 20 Itämeren vieraslajit [i](#)
 - 21 Haitalliset aineet Itämeressä [i](#)
 - 22 Haitallisten aineiden biologiset vaikutukset [i](#)
 - 23 Itämeren kalakantojen liikakalastus: turska-, silakka- ja kilohailisaaliit 1963–2012 (ICES 2013) [i](#)
 - 24 Meriliikenteen ympäristövaikutukset Itämerellä [i](#)
 - 25 Itämeren suojelu: HELCOM – Itämeren toimintasuunnitelma (BSAP) [i](#)
 - 26 Itämeren suojelu: Euroopan unioni [i](#)
 - 27 Itämeren suojelun uudet toimintatavat [i](#)
 - 28 Mitä sinä voit tehdä Itämeren suojelun ja kestävän käytön hyväksi? [i](#)
- Viitteet [i](#)

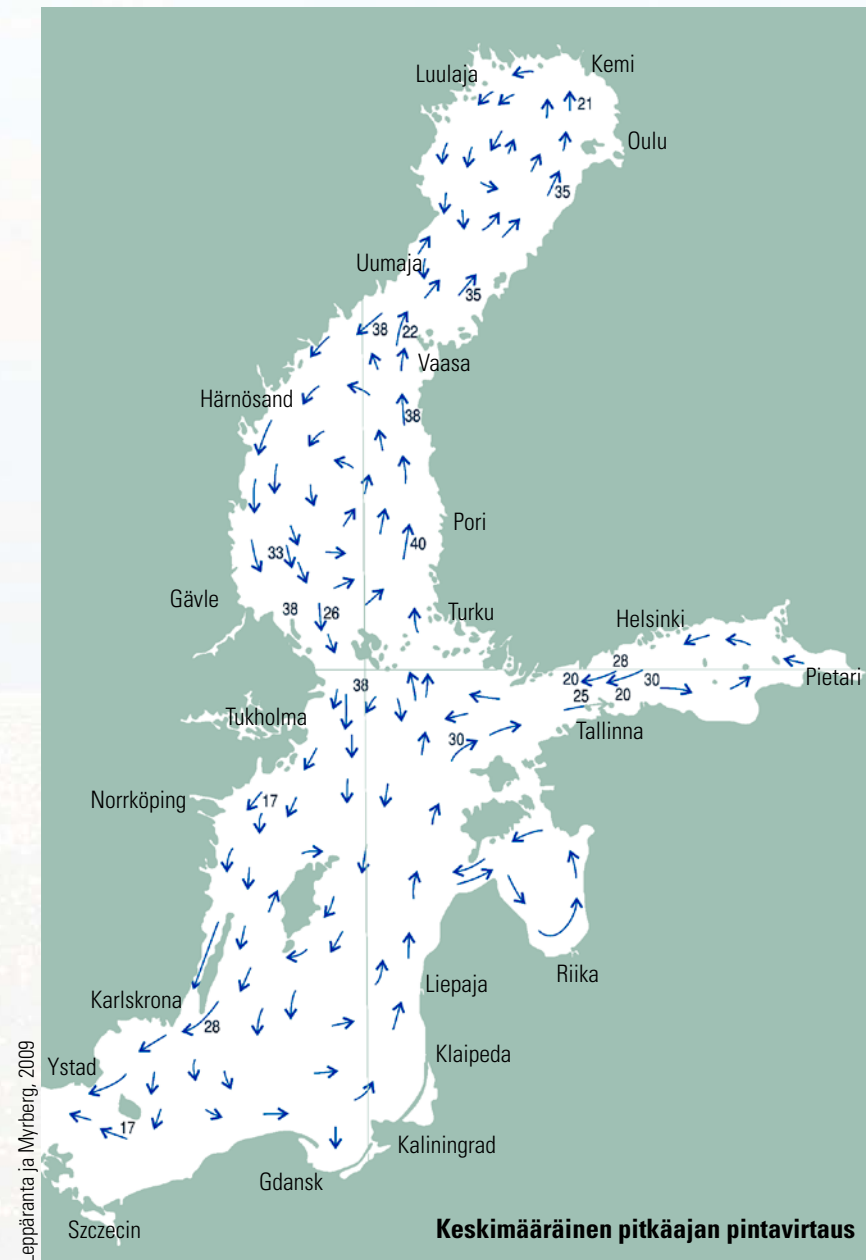
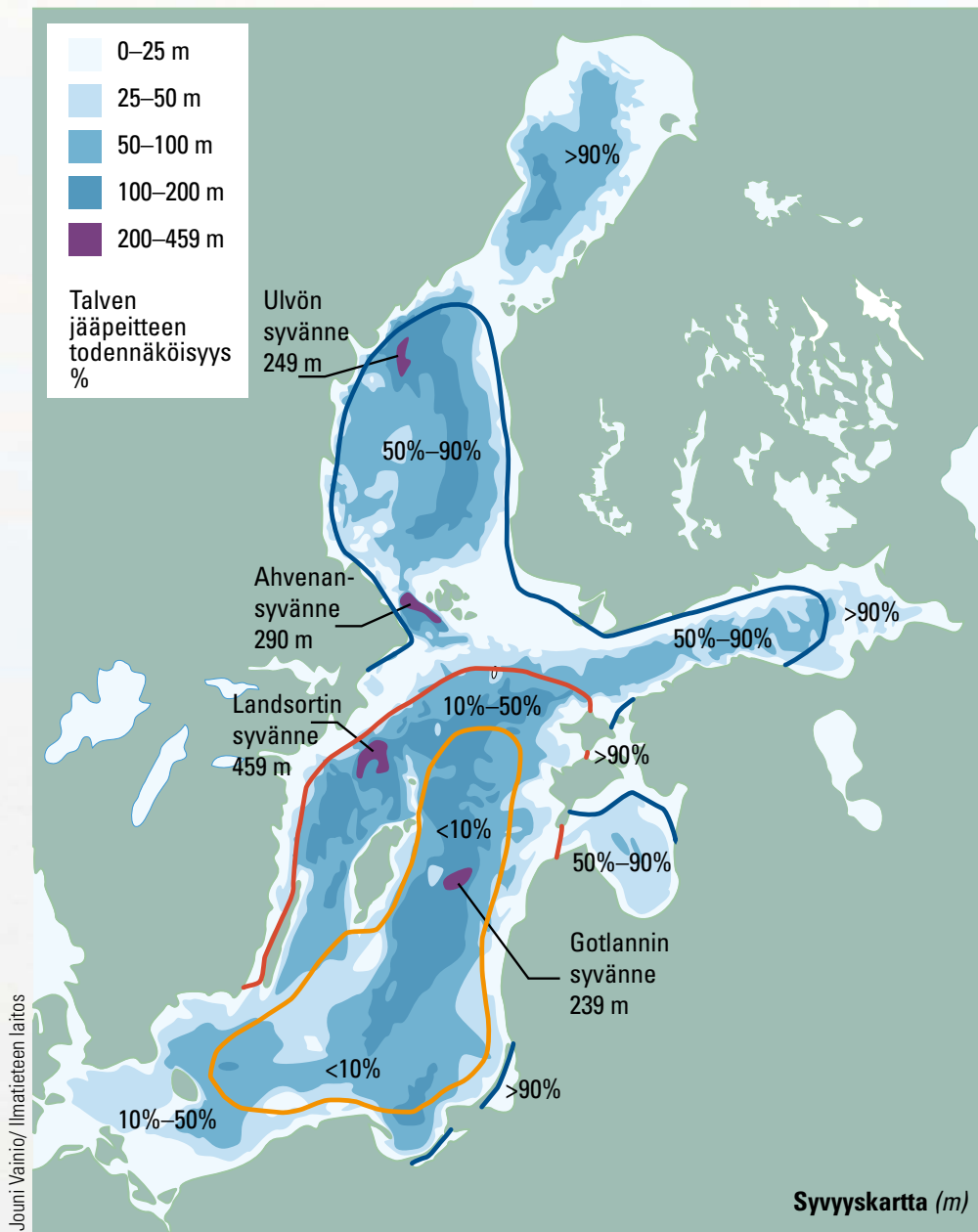


KUVAT: PETRI KUOKKA

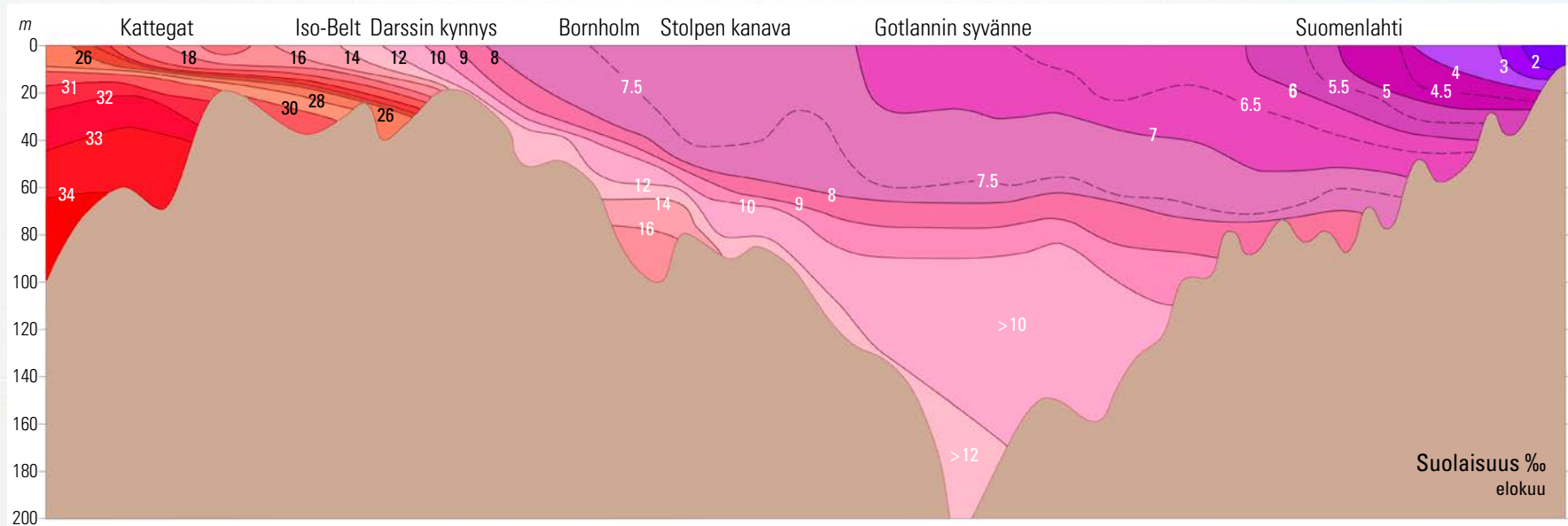
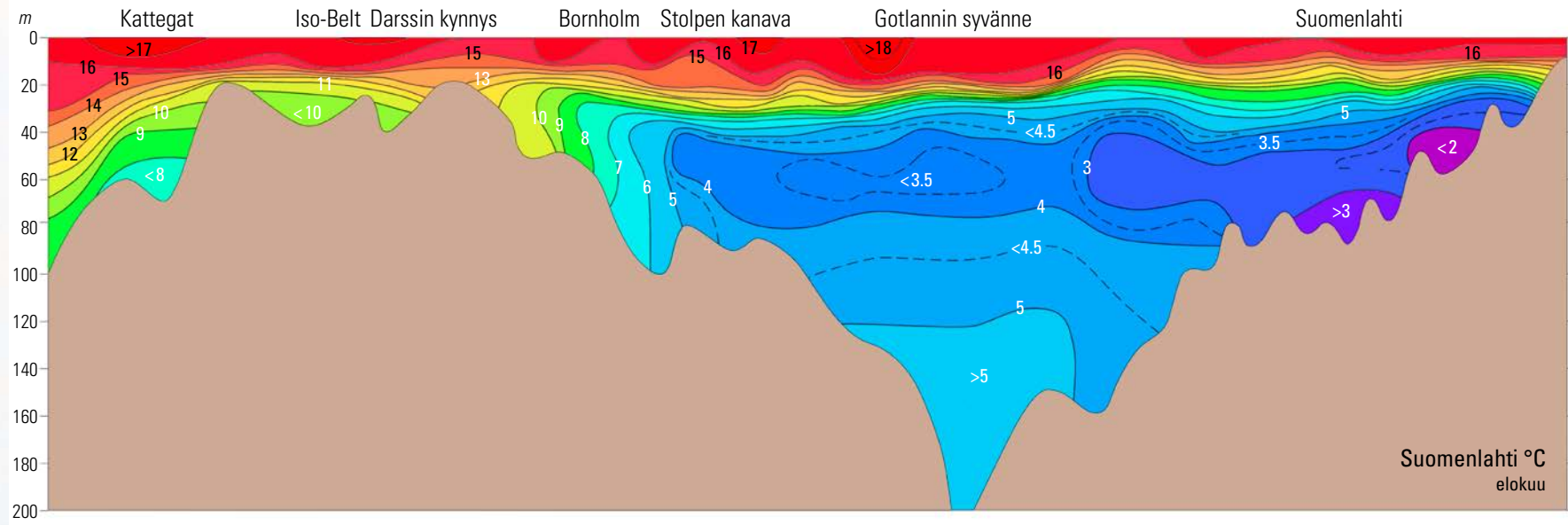


Alkuperäiskuva HELCOM 2011

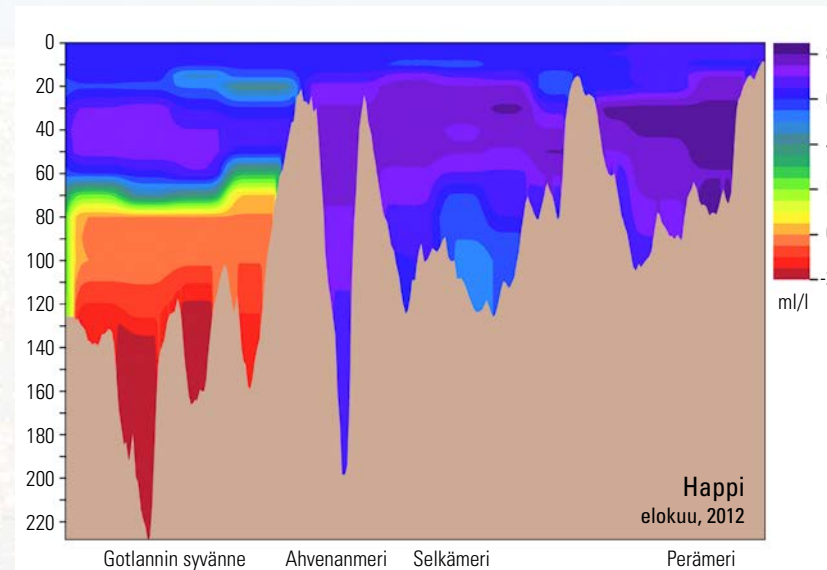
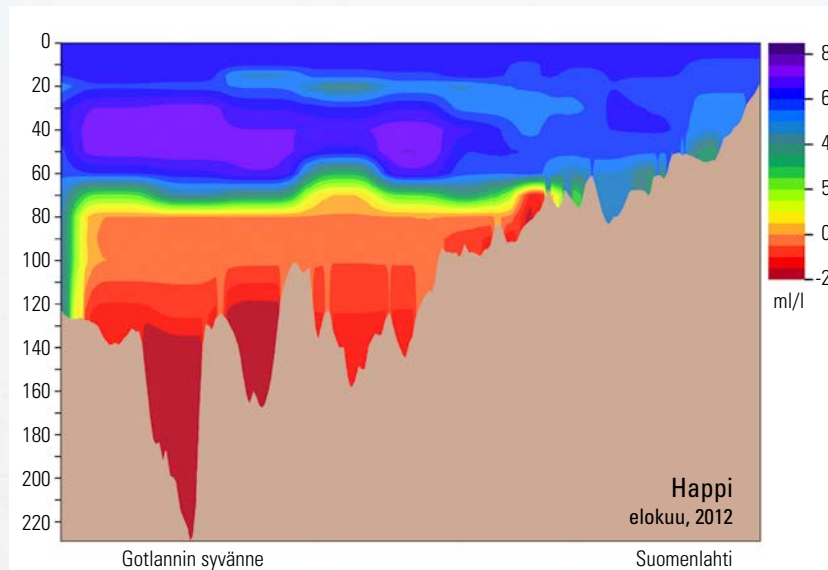
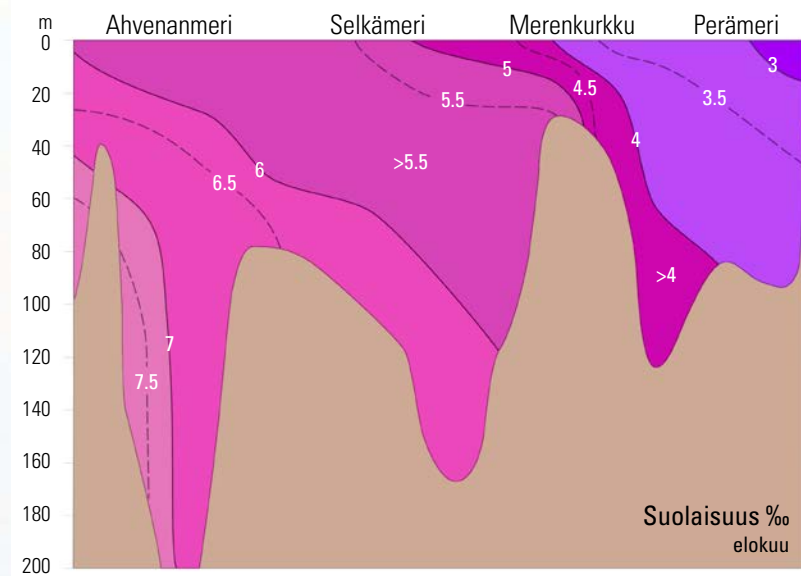
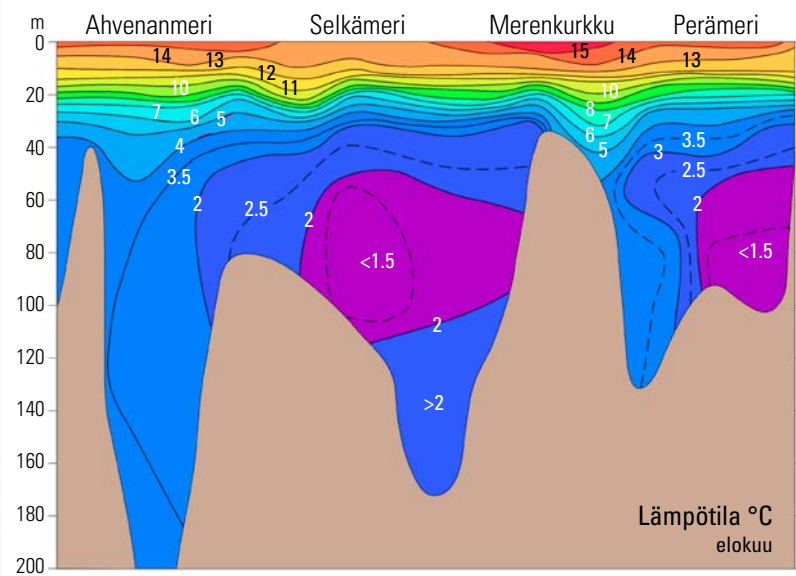


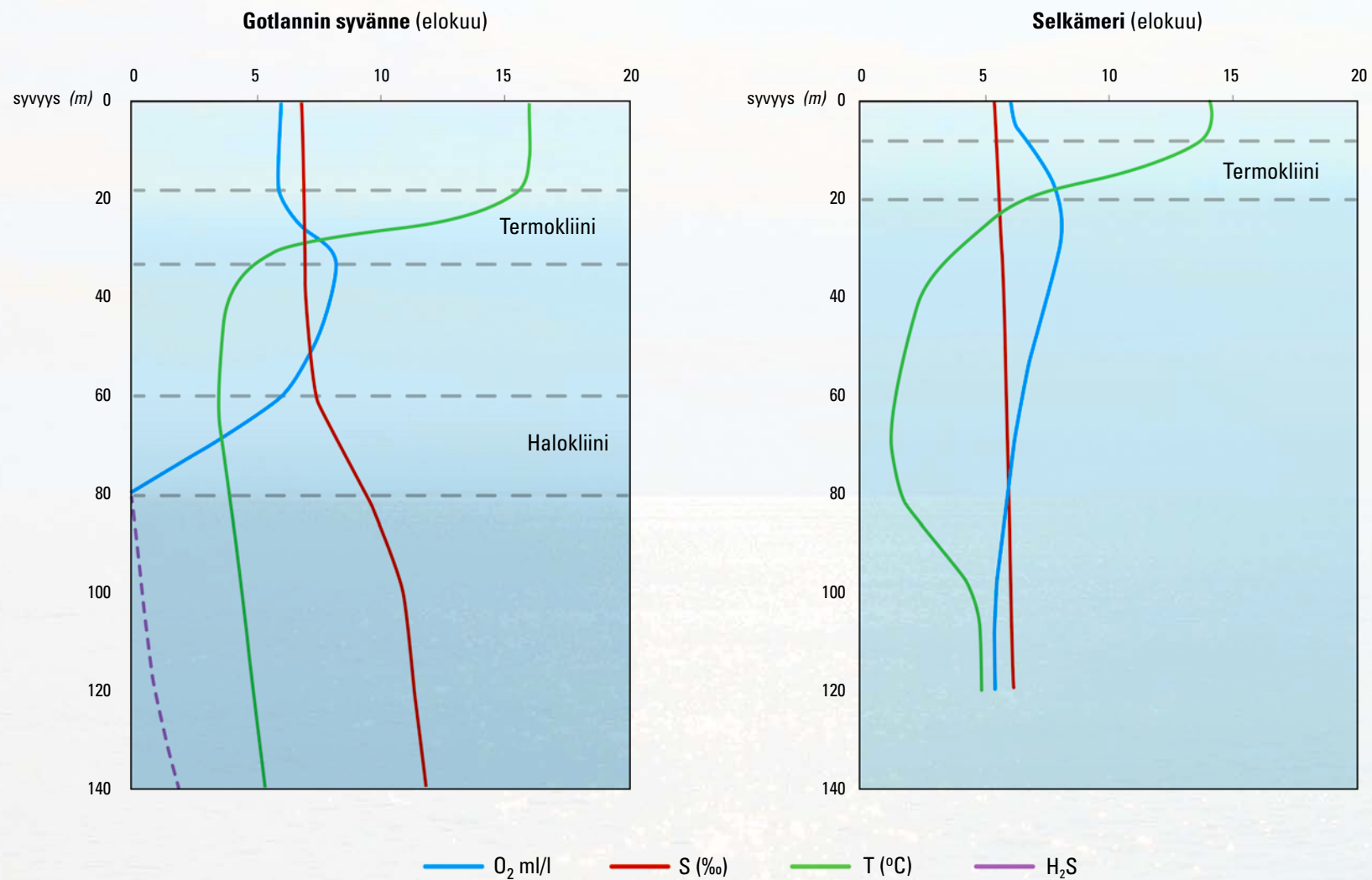


3A Itämeren hydrografia: pitkittäisleikkaus

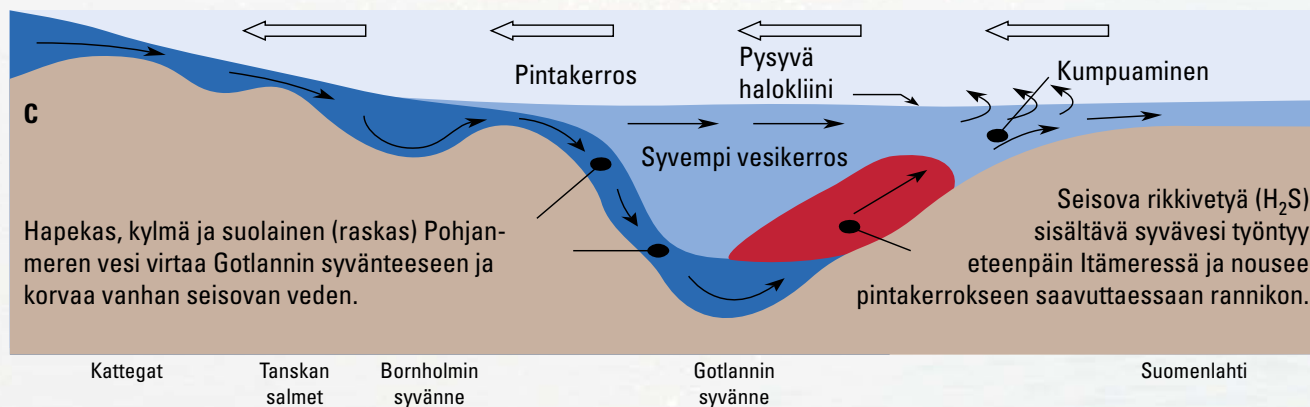
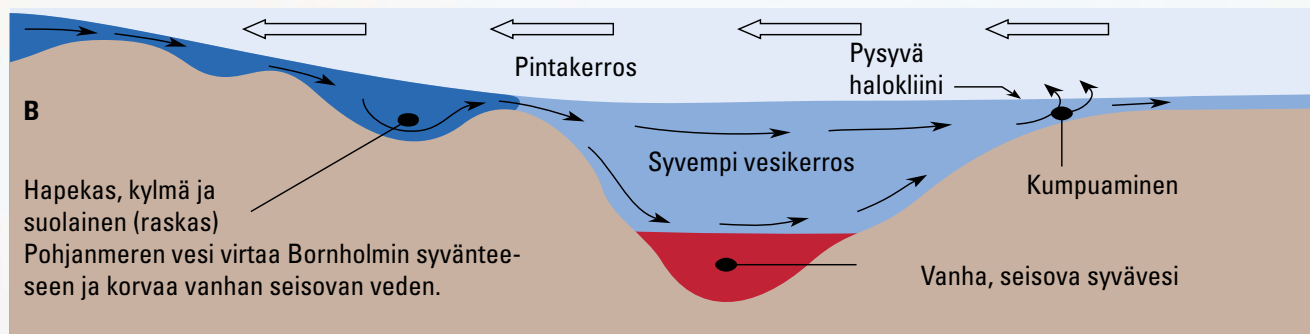
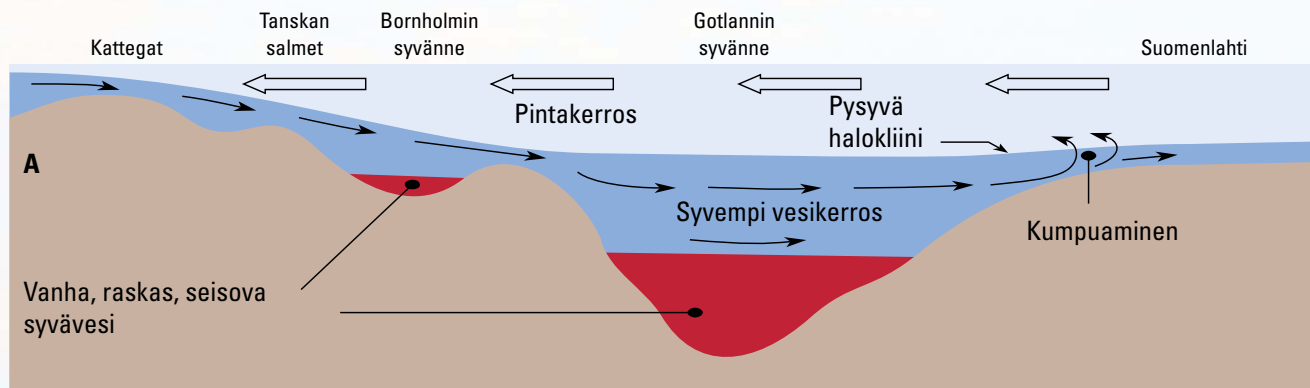


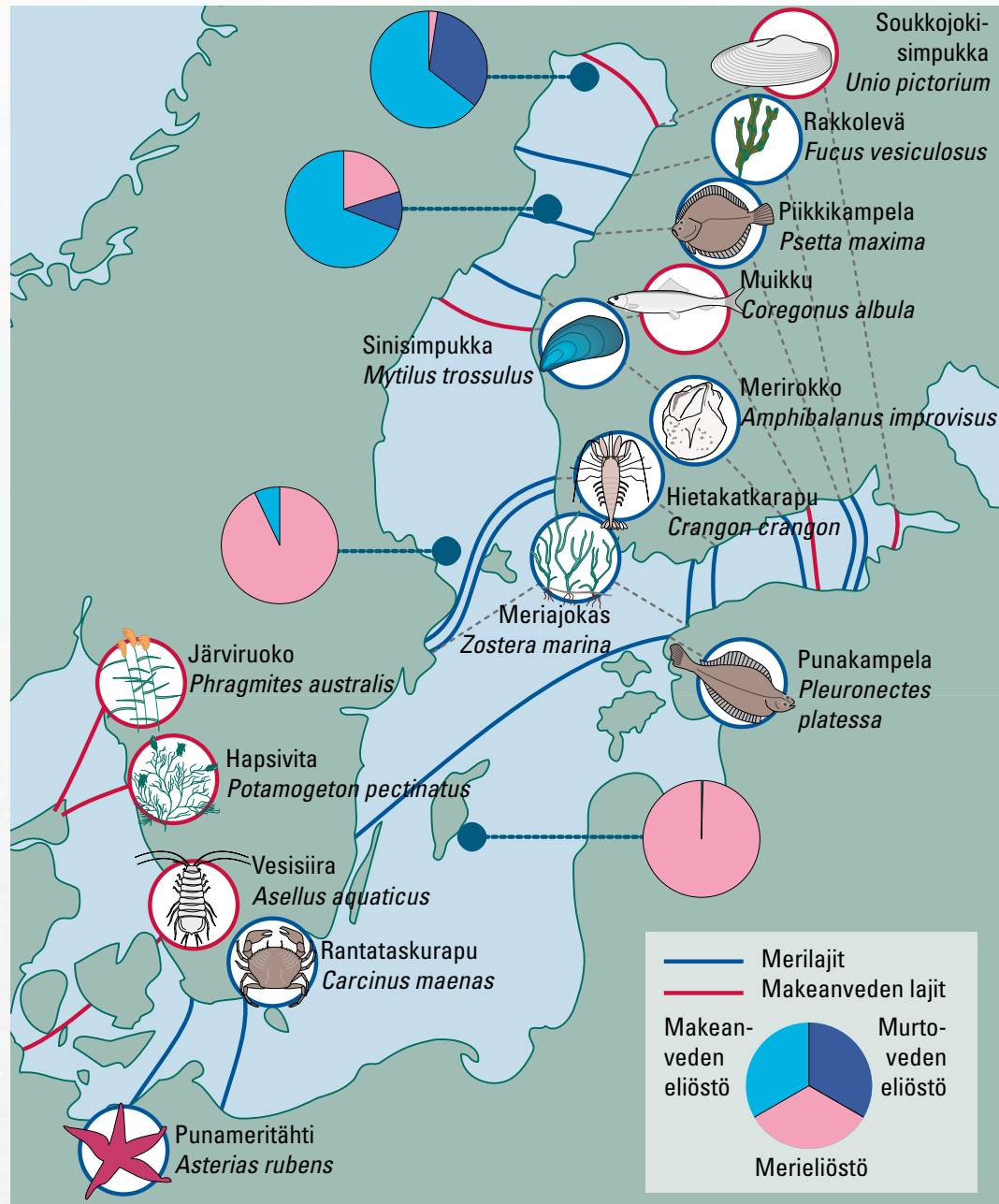
3B Itämeren hydrografia: pitkittäisleikkaus



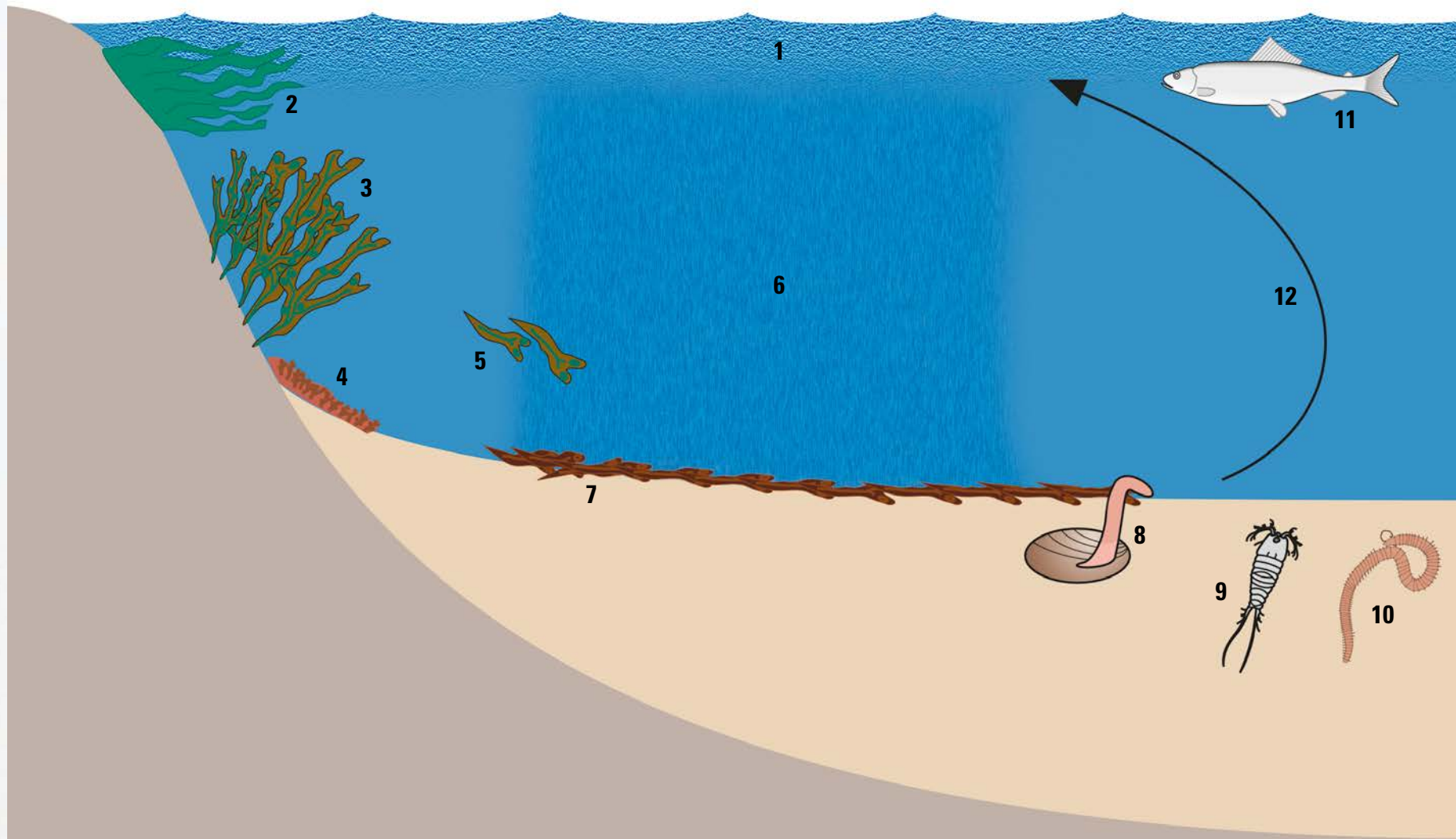


S & T: Leppäranta & Myrberg, 2009
 O_2 : Jan-Erik Bruun / SYKE

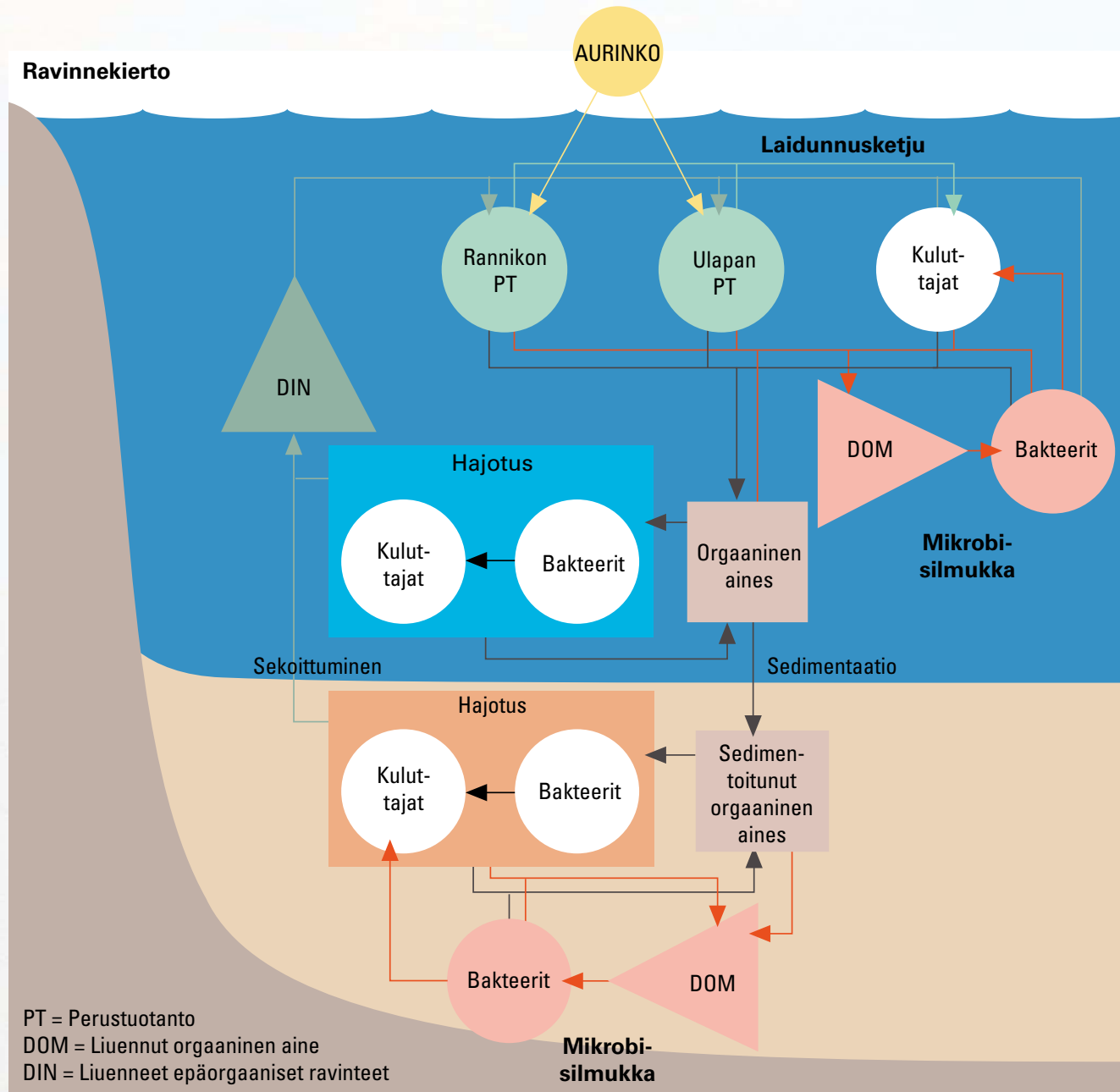


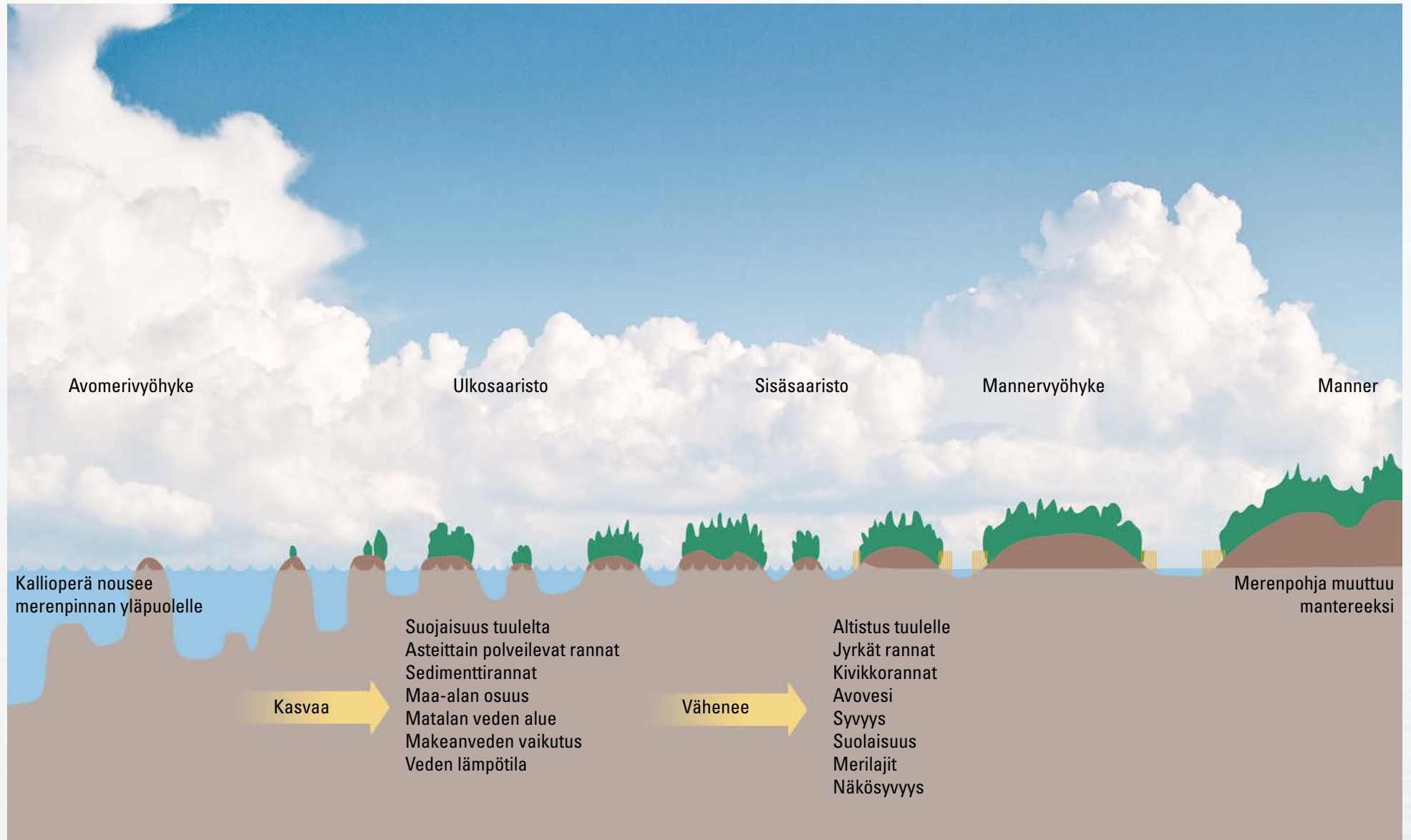


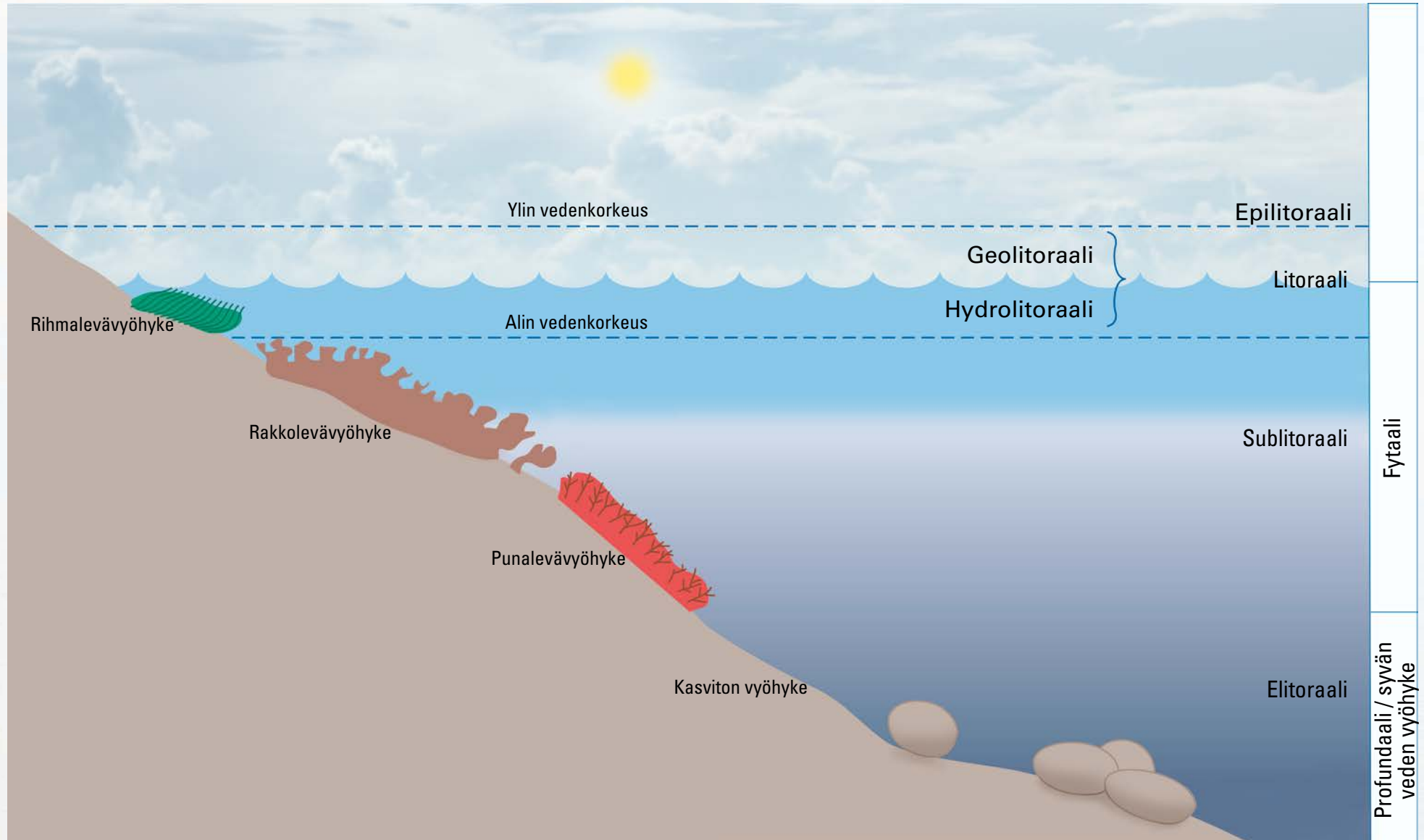
Tyypillisiä eliöitä ja prosesseja

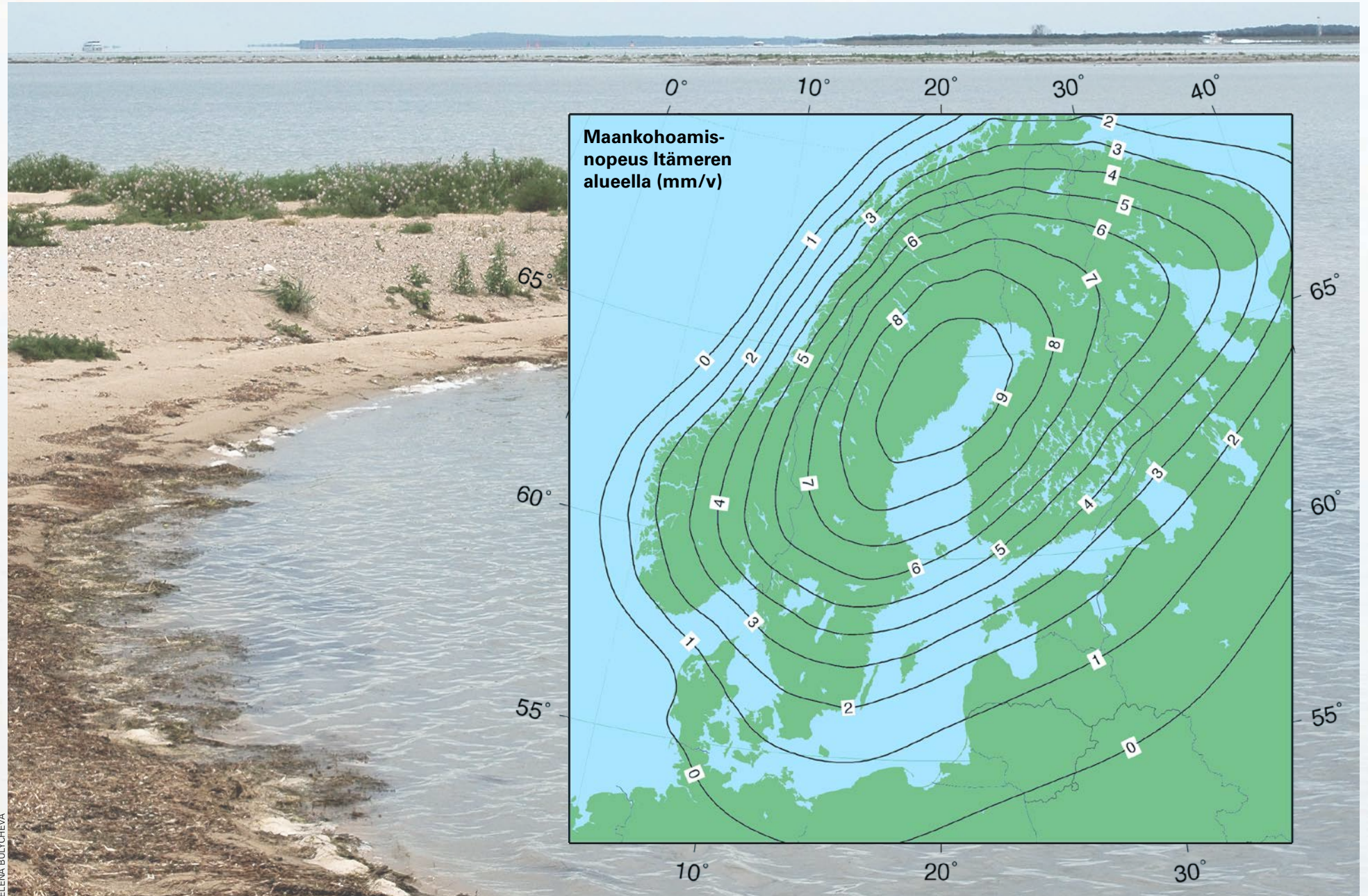


7B Itämeren ekosysteemit: piirteitä ja vuorovaikutuksia



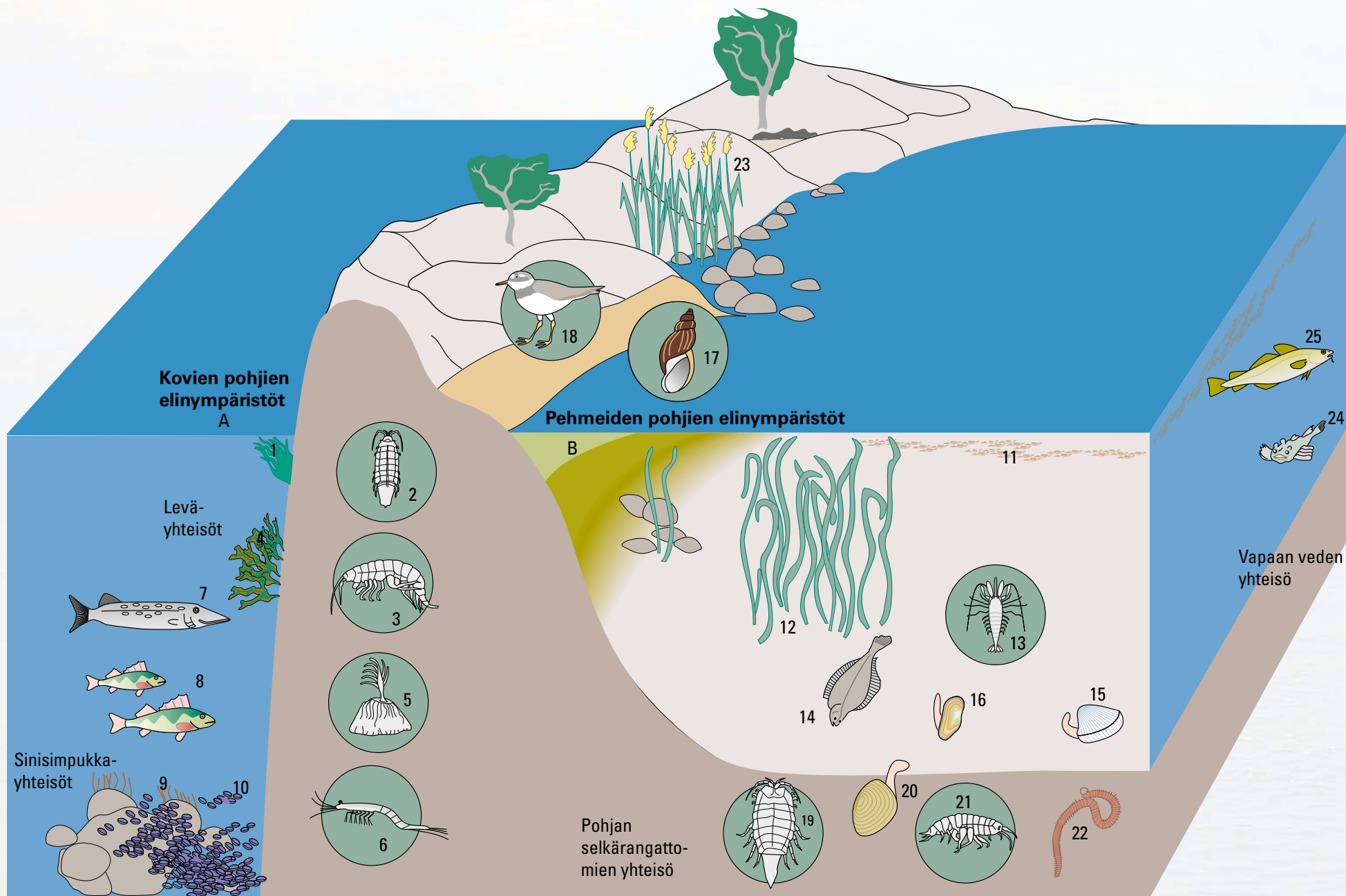


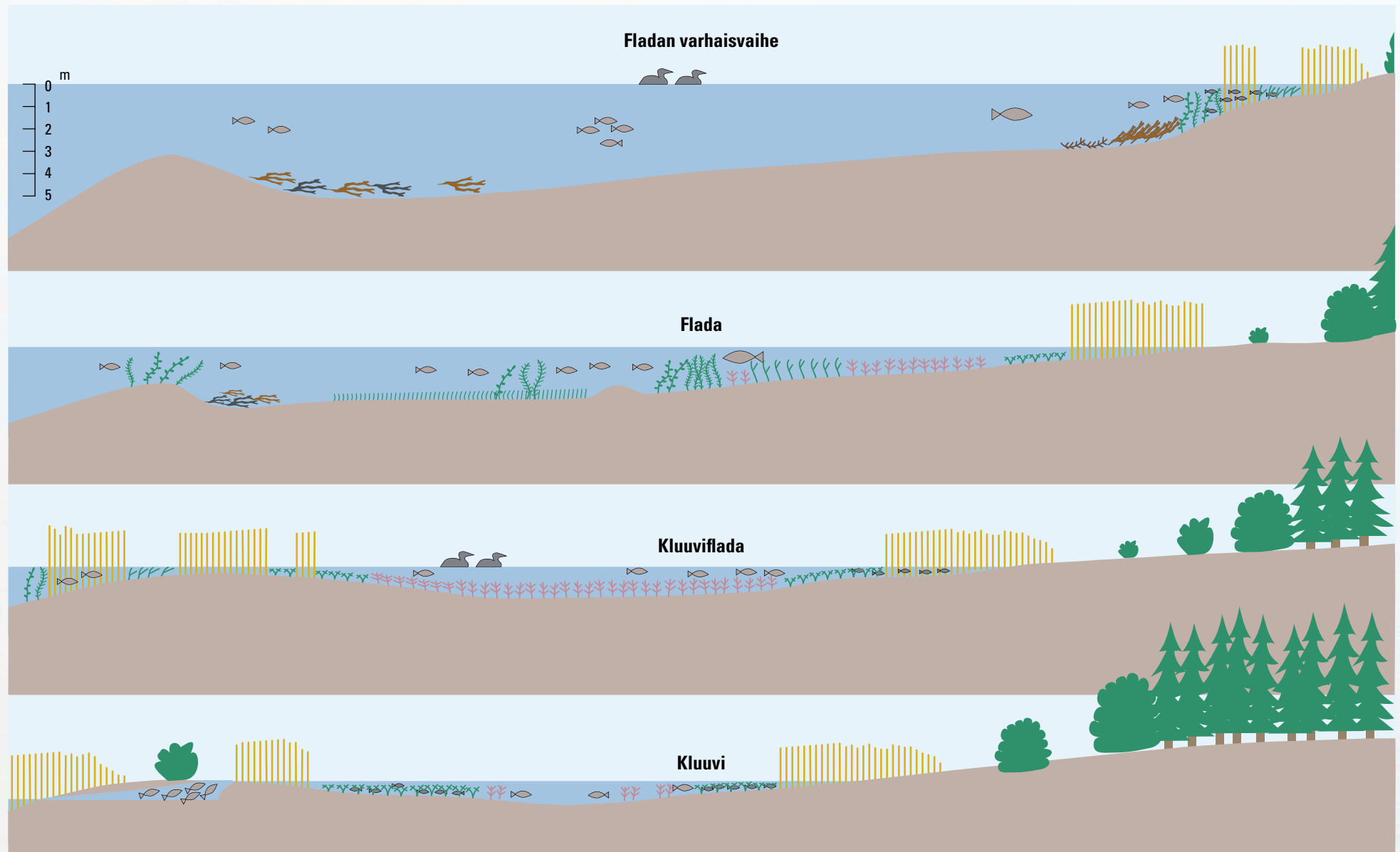


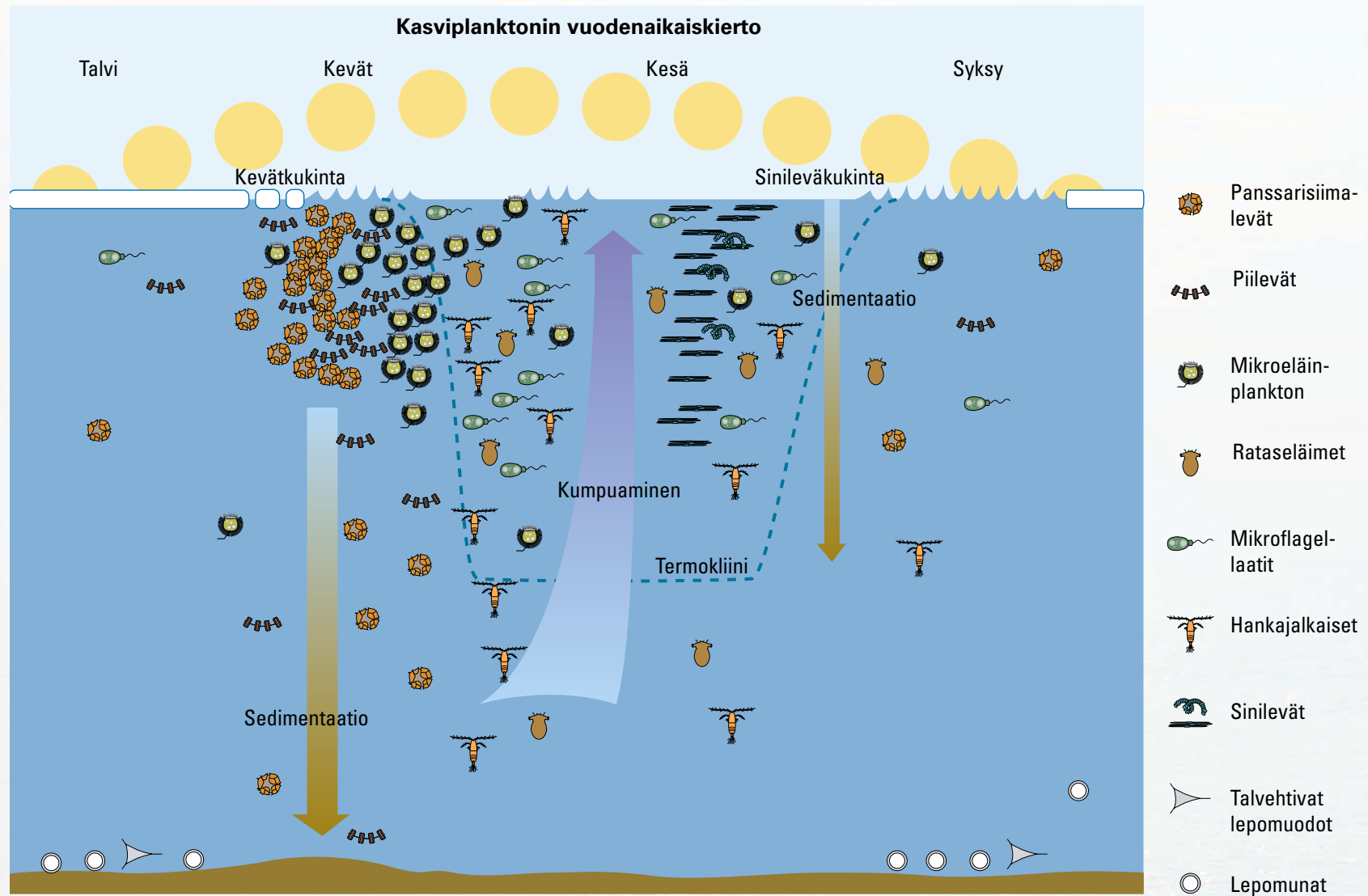


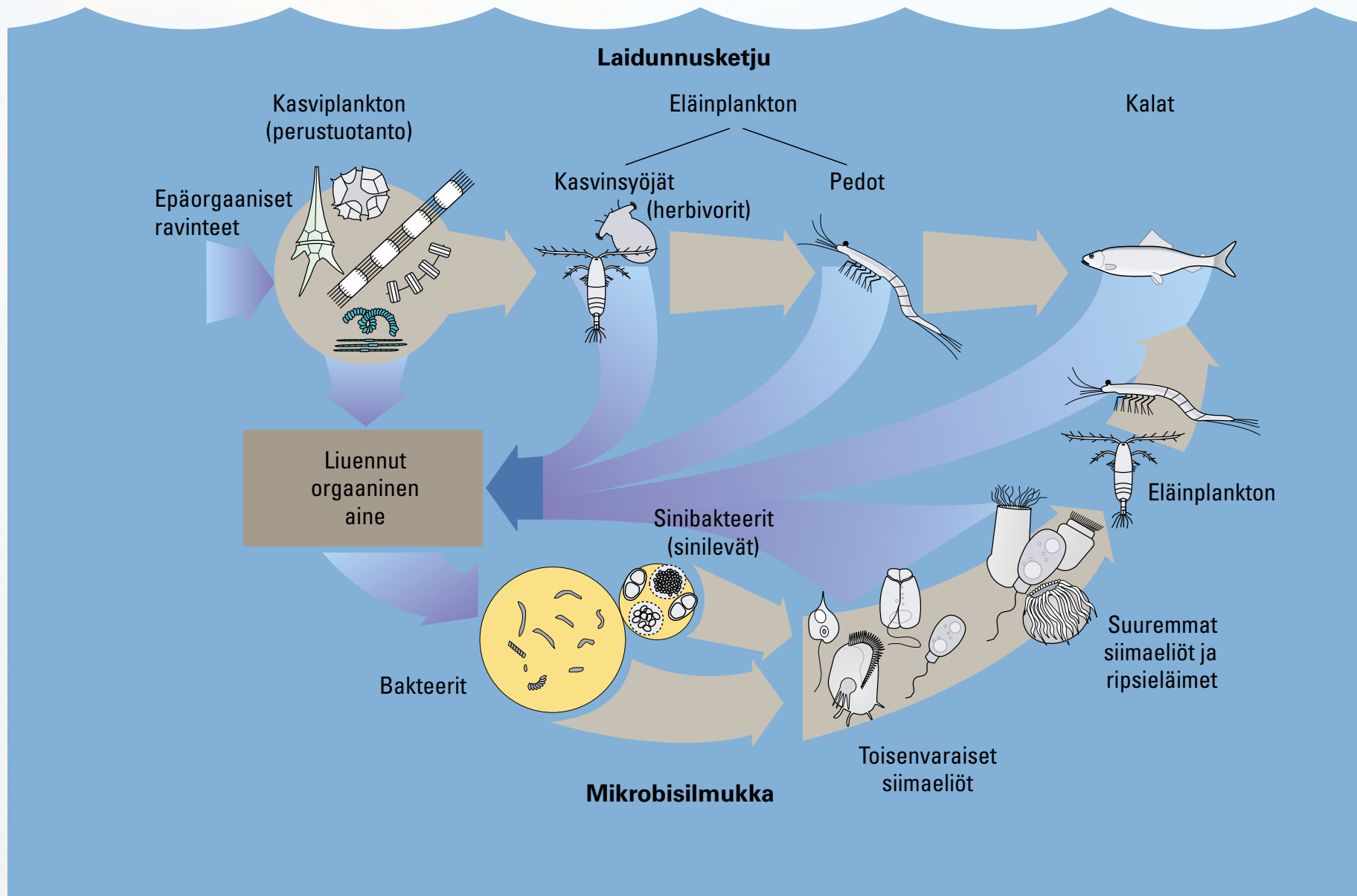
ELENA BULYCHEVA

Lähde: Vestöl, Ågren, Svensson









13 Ulapan ekosysteemi: mittakaavoja

AUTOTROFIT Perustuottajat



SUHTEELLINEN ASTEIKKO

Maasta kuuun
20,000 – 200,000 km



Toiselle puolelle
maapalloa
2,000 – 20,000 km



Pietarista
Kööpenhaminaan
200 – 2,000 km



Helsingistä
Tallinnaan
20 – 200 km



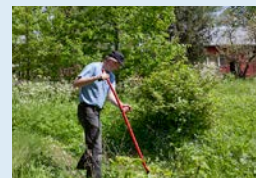
Lähiöstä
keskusta
2 – 20 km



Kotoa
lähikauppaan
200 m – 2 km



Kotipihan
poikki
20 m – 200 m



HETEROTROFIT Kuluttajat ja hajottajat



WIKIPEDIA

Nisäkkäät



WIKIPEDIA

Kalat



WIKIPEDIA

Makroeläinplankton > 2 mm



WIKIPEDIA

Mesoeläinplankton 200–2,000 µm



WIKIPEDIA

Mikroeläinplankton 20–200 µm



DAVID J. PATTERSON

Nanoeläinplankton 2–20 µm



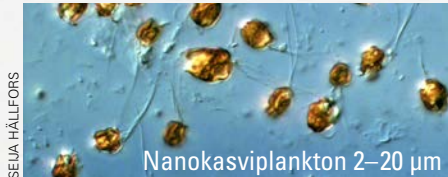
DAVID J. PATTERSON

Bakteerit (Pikoplankton) < 2 µm



OUII SETÄLÄ

Mikrokasviplankton 20–200 µm



SELVA HÄLLFORS

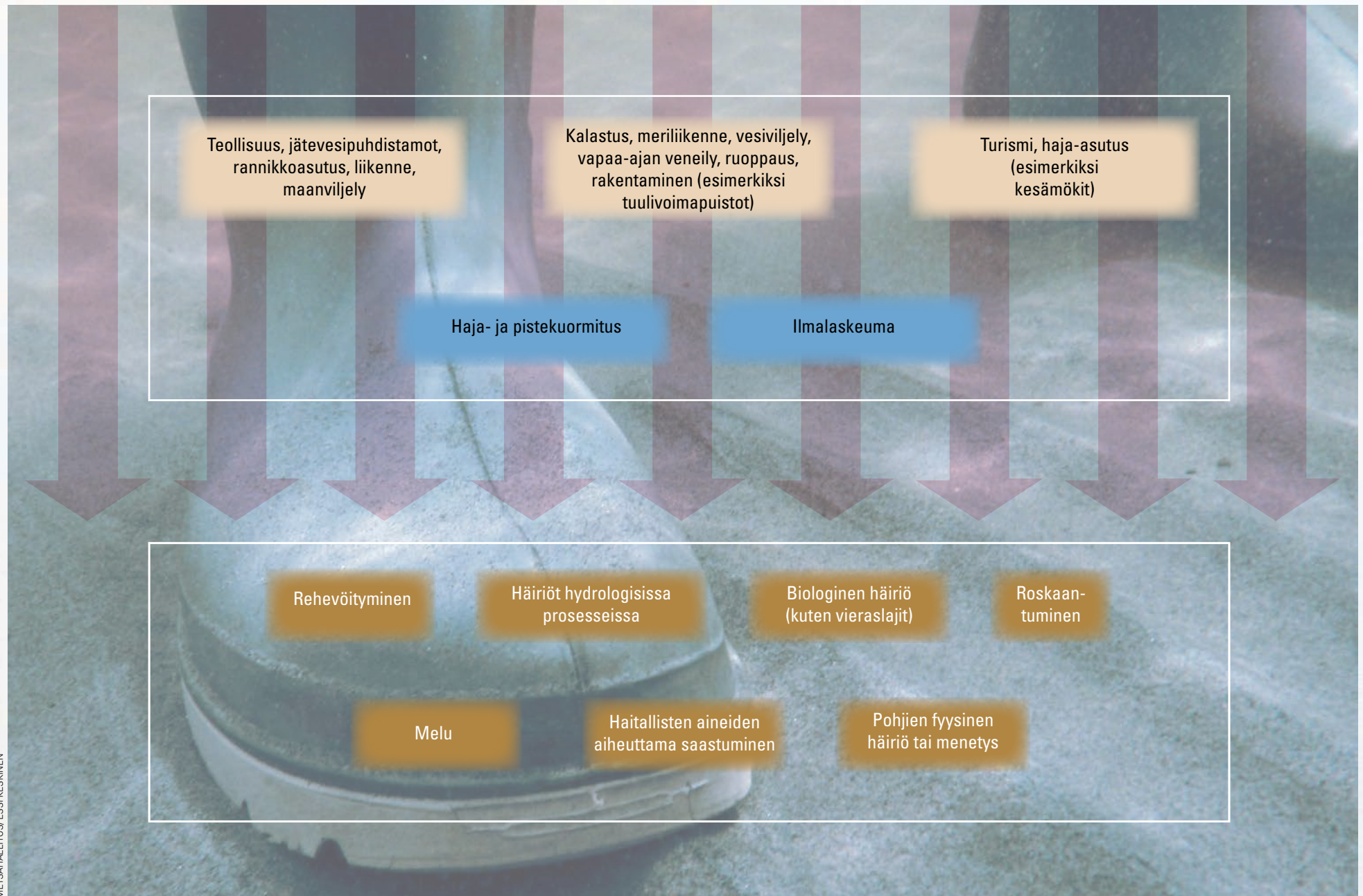
Nanokasviplankton 2–20 µm



DAVID J. PATTERSON

Pikokasviplankton 0,2–2 µm

14 Ihmistoiminnan vaikutus Itämeren ekosysteemiin



Ateriavalinnan vaikutus ympäristöön ja terveyteen



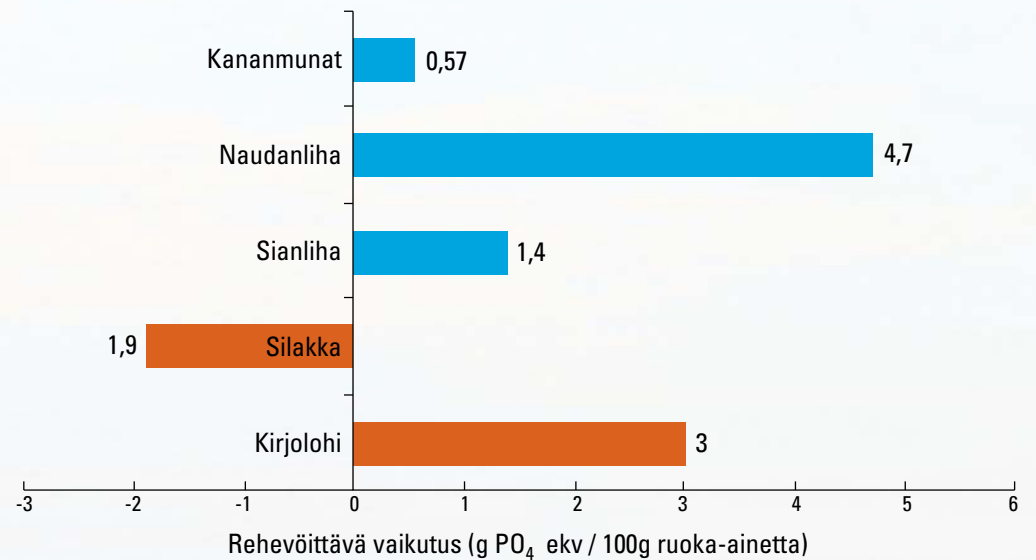
Ympäristövaikutukset:
ilmastonmuutos, rehevöi-
tyminen, torjunta-aineiden
aiheuttama saastuminen

Terveysvaikutukset:
Liikaa tyydyttyneitä (kovia)
rasvoja, suolaa ja sokeria

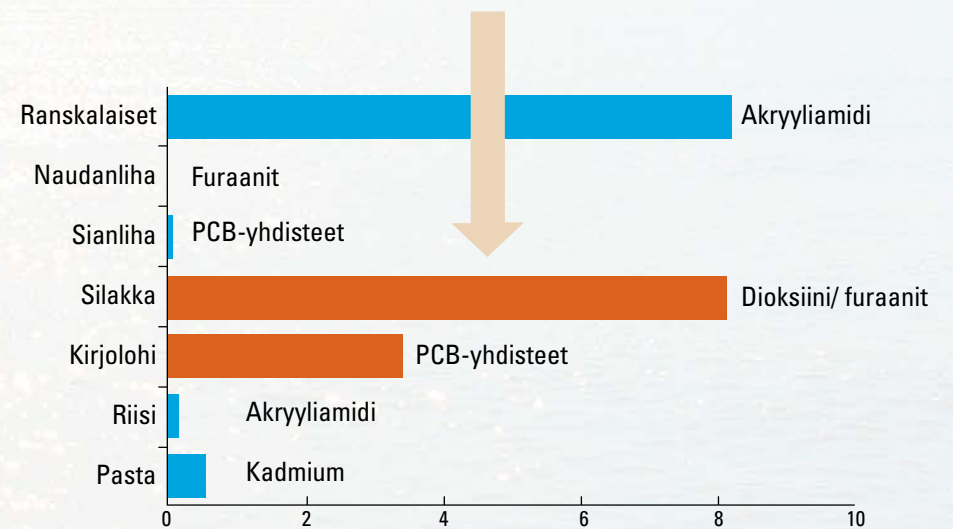
Vertaile:

	CO ₂	PO ₄
Ranskalaiset perunat (uunissa), 50 g	0,03	0,01
Keitetyt perunat, 165 g	0,09	0,04
Keitetty riisi, 70 g	1,4	2,27
Härkäpapupihvi, 130 g	0,1	0,21
Hampurilainen (jauhelihapihvi), 100 g	1,08	0,97
Maito, 2 dl	0,27	0,66
Virvoitusjuoma, 2 dl	0,22	0,02

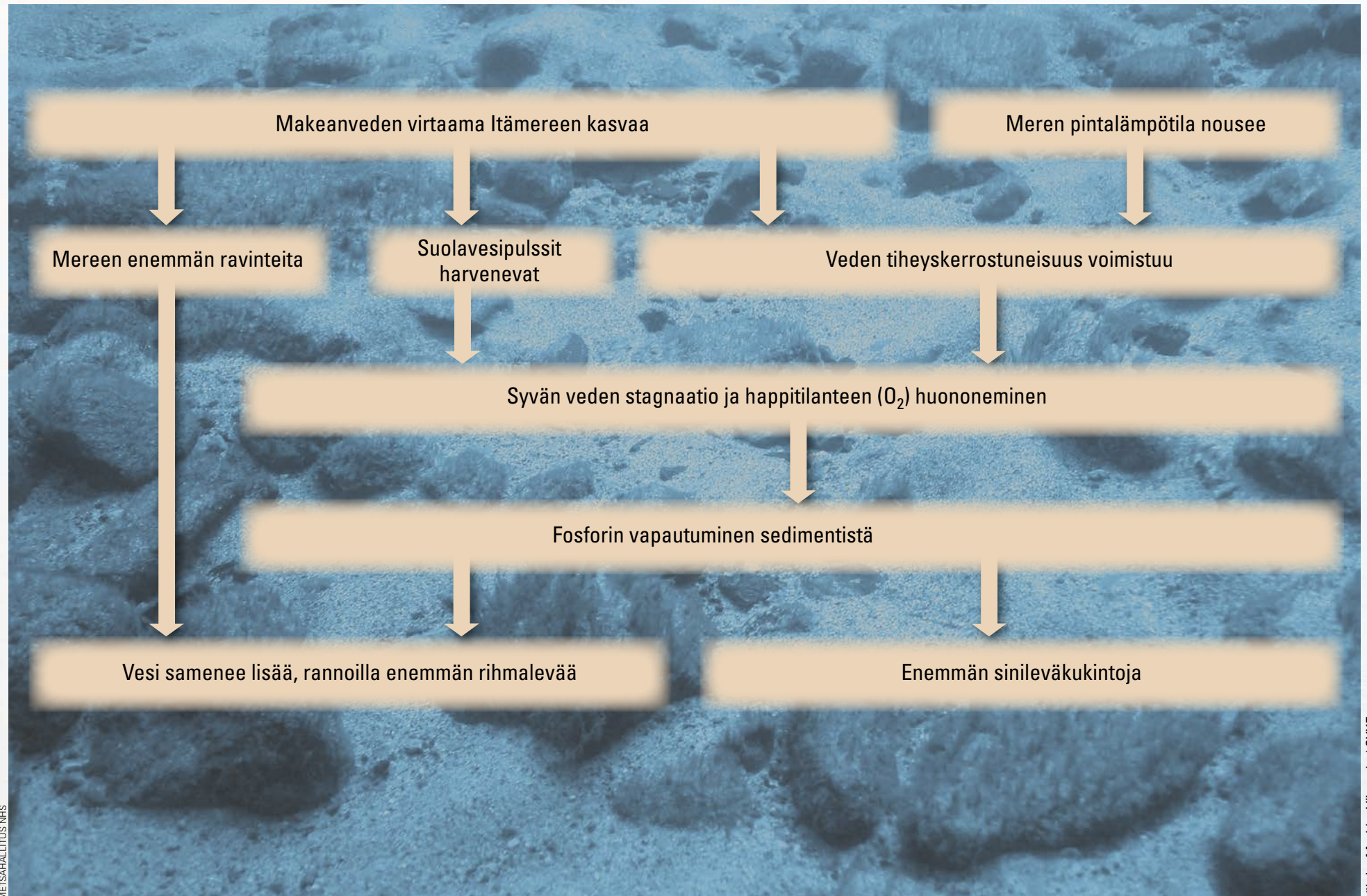
Luonnonkalojen pyynti vähentää rehevöitymistä

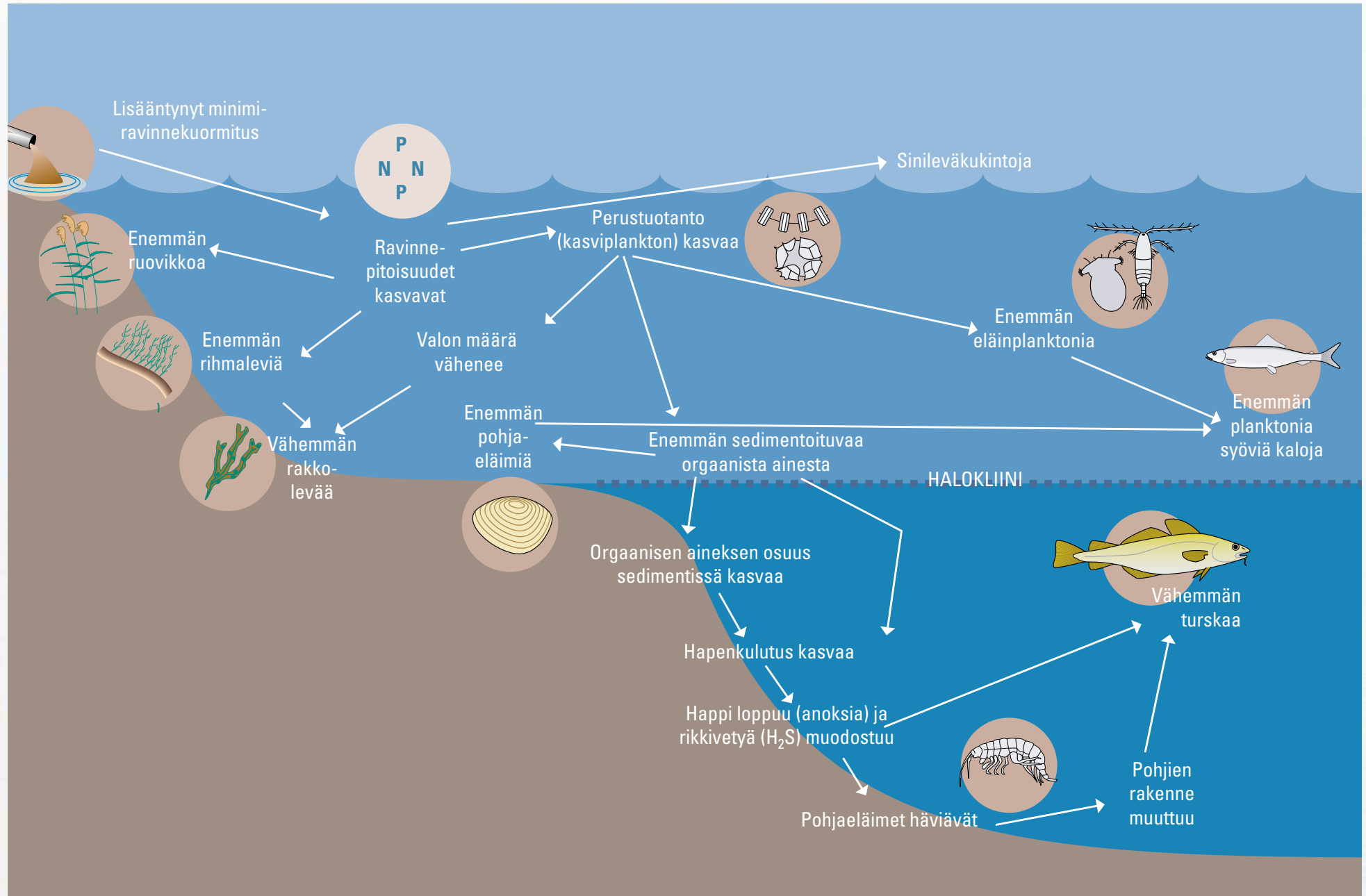


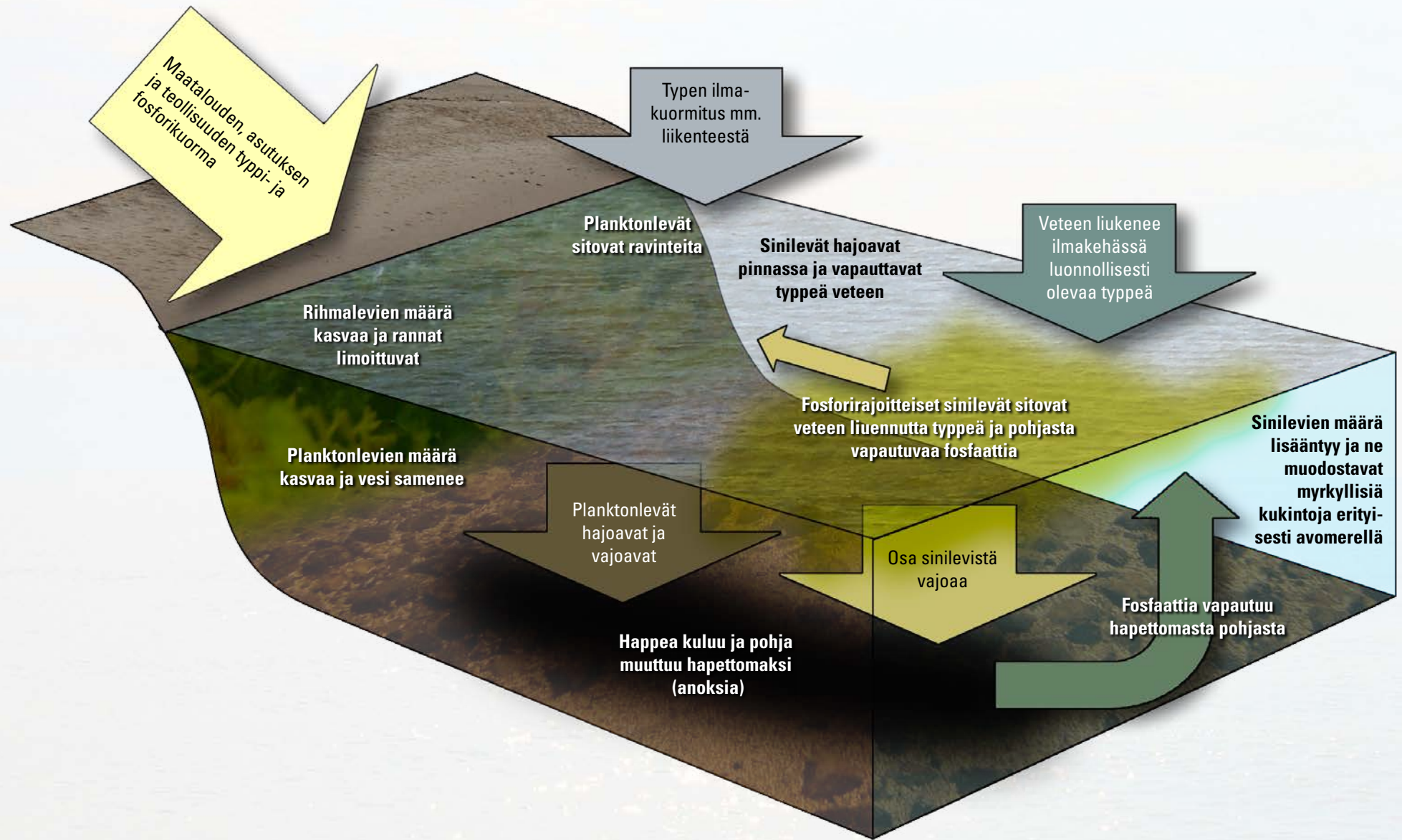
Itämeren tila vaikuttaa ihmisen terveyteen



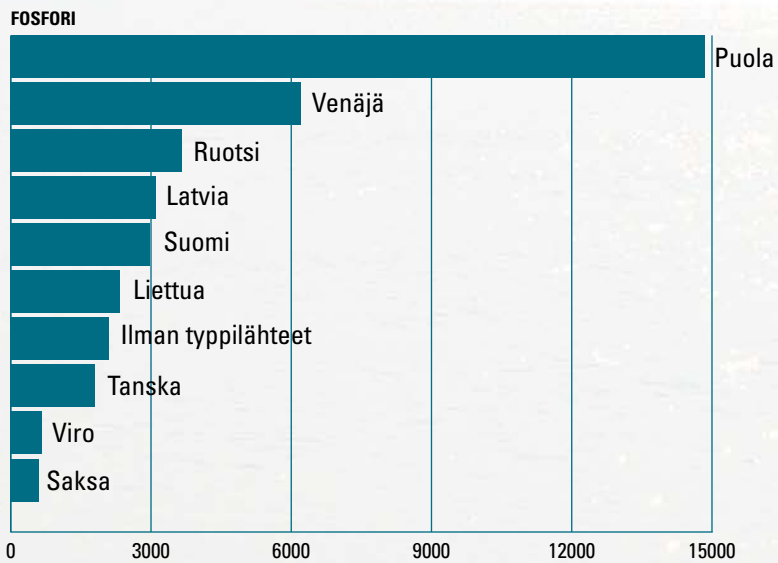
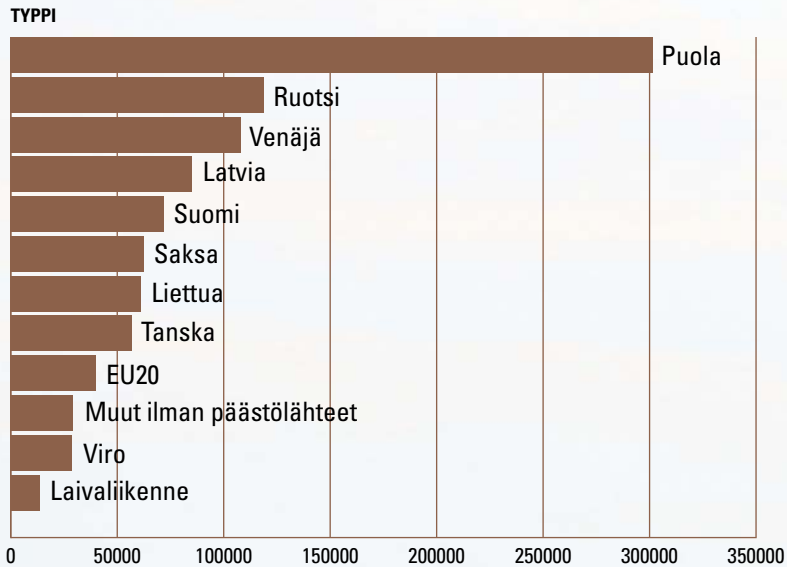
Haitta-aineen määrä 100 g:ssa ruoka-ainetta; vertailukohtana 50 kiloisen henkilön päivittäinen maksimisaantisuositus



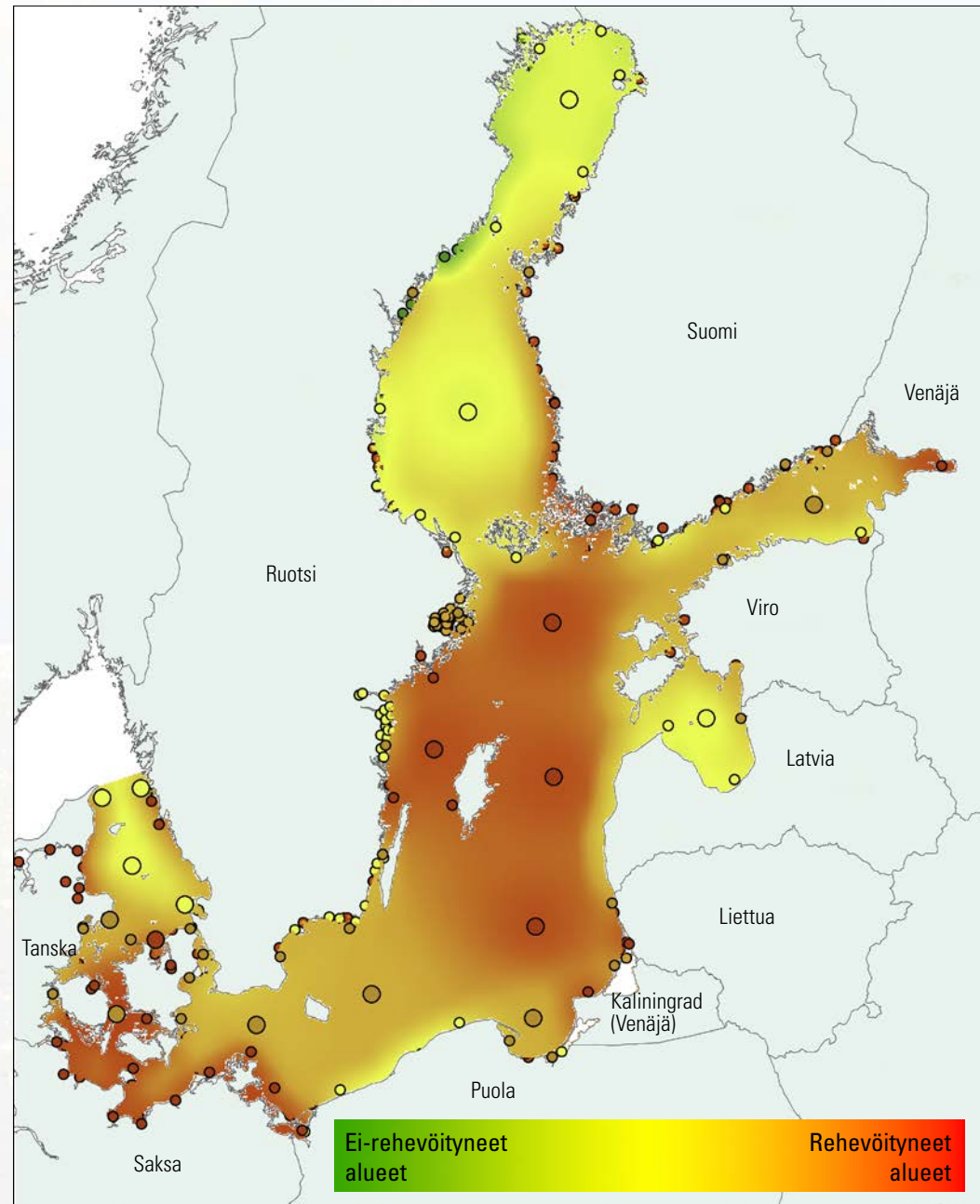




Todellinen (ei-normalisoitu) typen ja fosforin kuormitus Itämereen (vesitse tuleva ja ilmalakeuma)

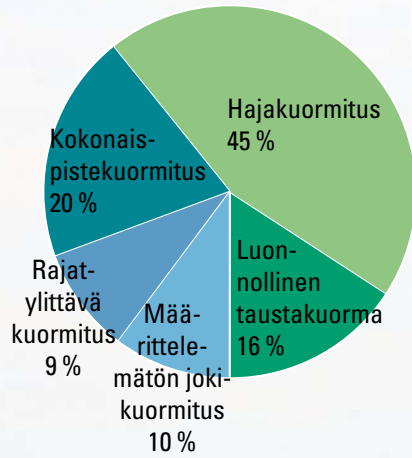


Lähde: HELCOM 2013



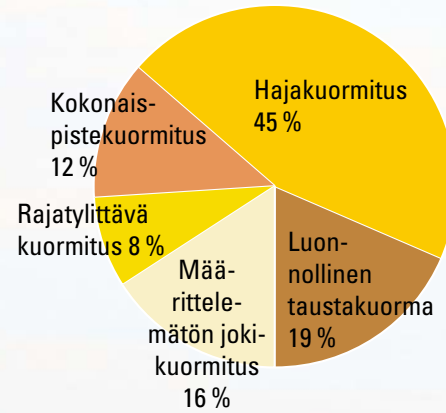
Lähde: HELCOM 2010a

Vesitse tuleva kokonaisfosforikuorma

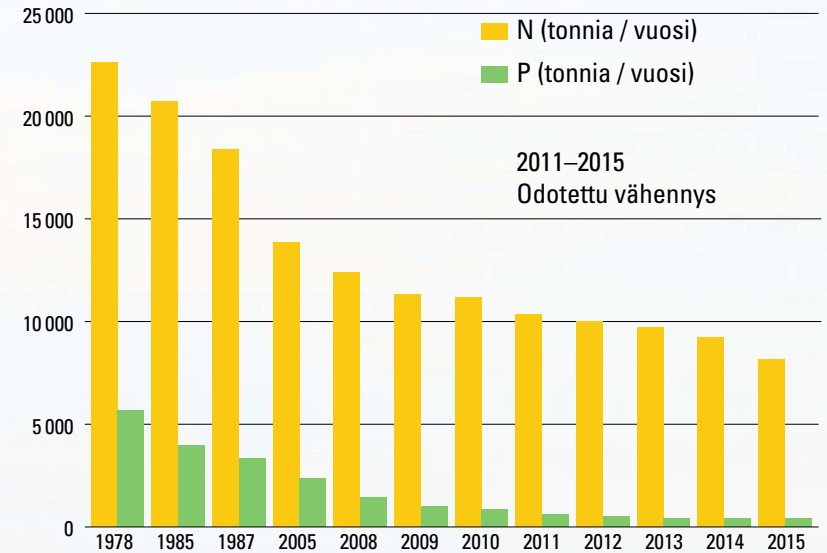


Lähde: HELCOM 2011

Vesitse tuleva kokonaistypikuorma



Pietarin (Vodokanal) ravinnepäästöjen väheneminen

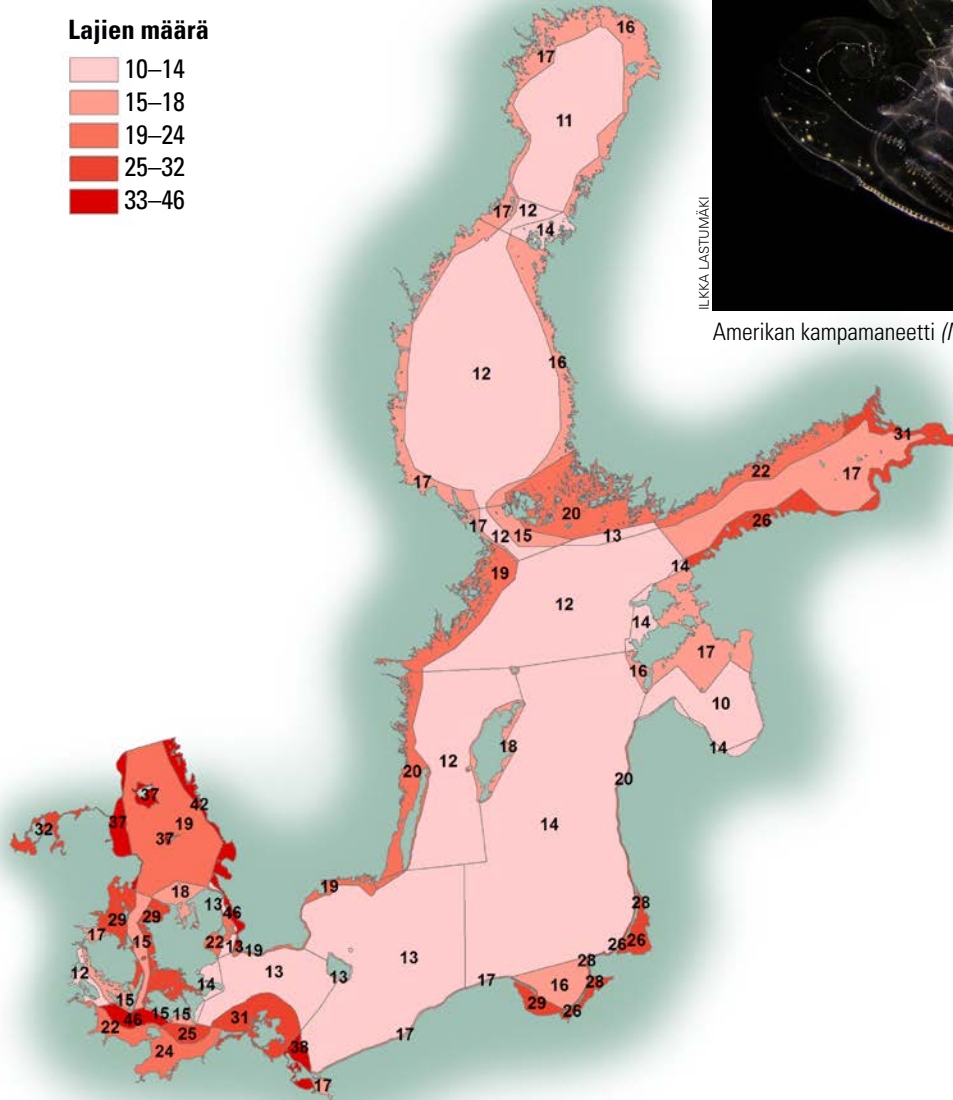
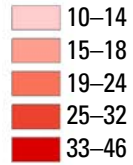


Lähde: Pietari, Vodokanal 2010



PETRI KUOKKA

Lajien määrä



Lähde: HELCOM 2012



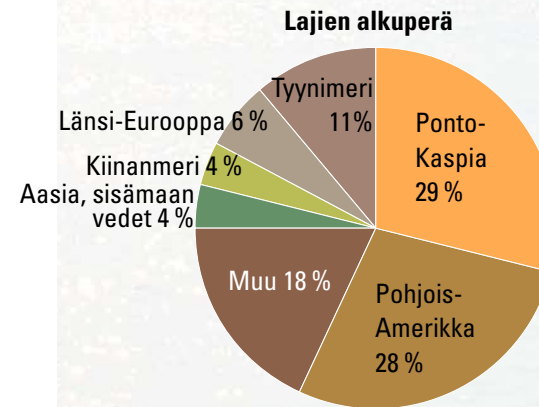
ILKKA LASTUMÄKI

Amerikan kampamaneetti (*Mnemiopsis leidyi*)

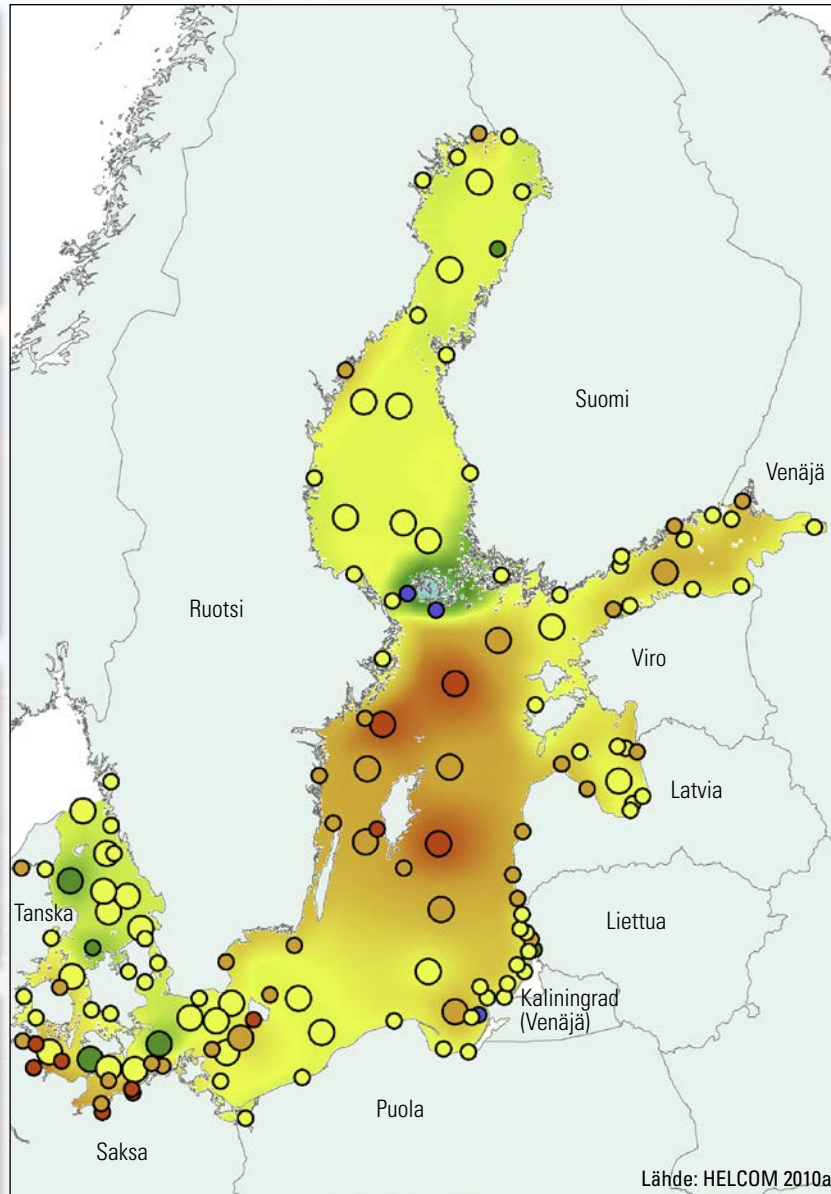


METSÄHALLITUS NFH / ESSI KESKINEN

Villasaksirapu (*Eriocheir sinensis*)



Lähde: Zaiko et. al. 2011



Alueet, joita haitalliset aineet eivät ole saastuttaneet

Haitallisten aineiden saastuttamat alueet

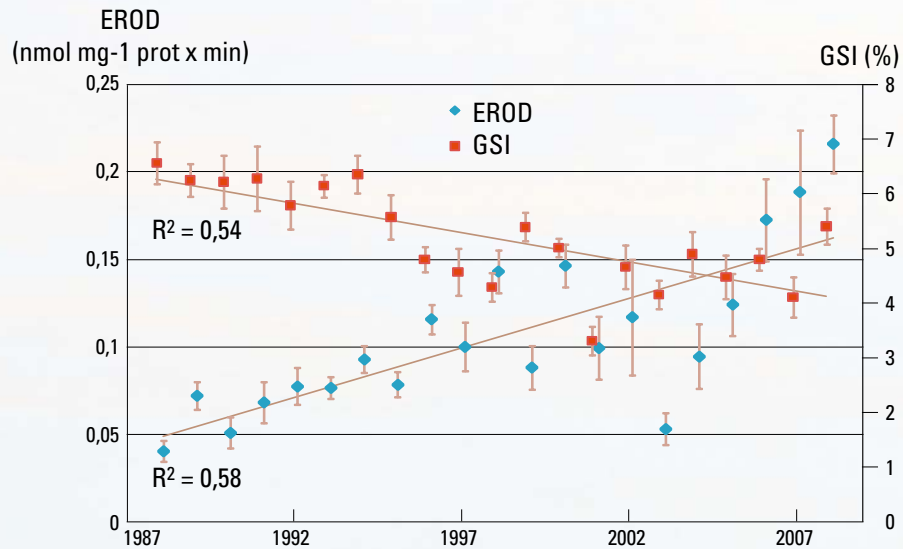
Lähde: HELCOM 2010a



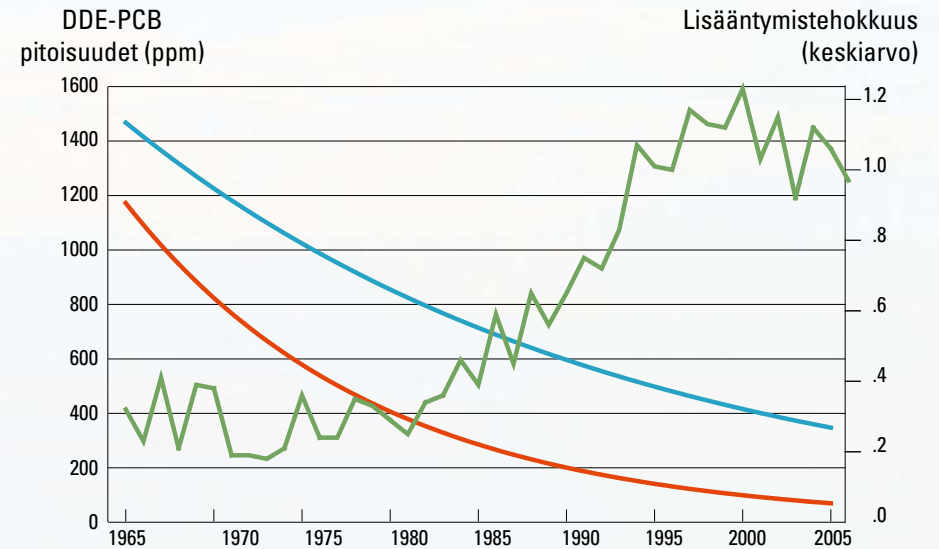
KUVAT: PETRI KUOKKA

22 Haitallisten aineiden biologiset vaikutukset

Tutkimukset varsinaisella Itämerellä Ruotsin rannikolla 1998–2008: Ahvenen (*Perca fluviatilis*) maksakudoksen EROD-aktiivisuus ja gonadosomaattinen indeksi (GSI); kalan altistus orgaanisille myrkyille (biologinen vaste) voitiin yhdistää sen lisääntymistehokkuuteen.



Tutkimukset varsinaisella Itämerellä Ruotsin rannikolla 1965–2005: merkotkan (*Haliaeetus albicilla*) lisääntymistehokkuus (keskiarvo) versus. munankuoren lipidien sisältämät DDE (punainen) ja PCB-yhdisteiden (sininen) pitoisuudet.



Lähde: HELCOM 2010b



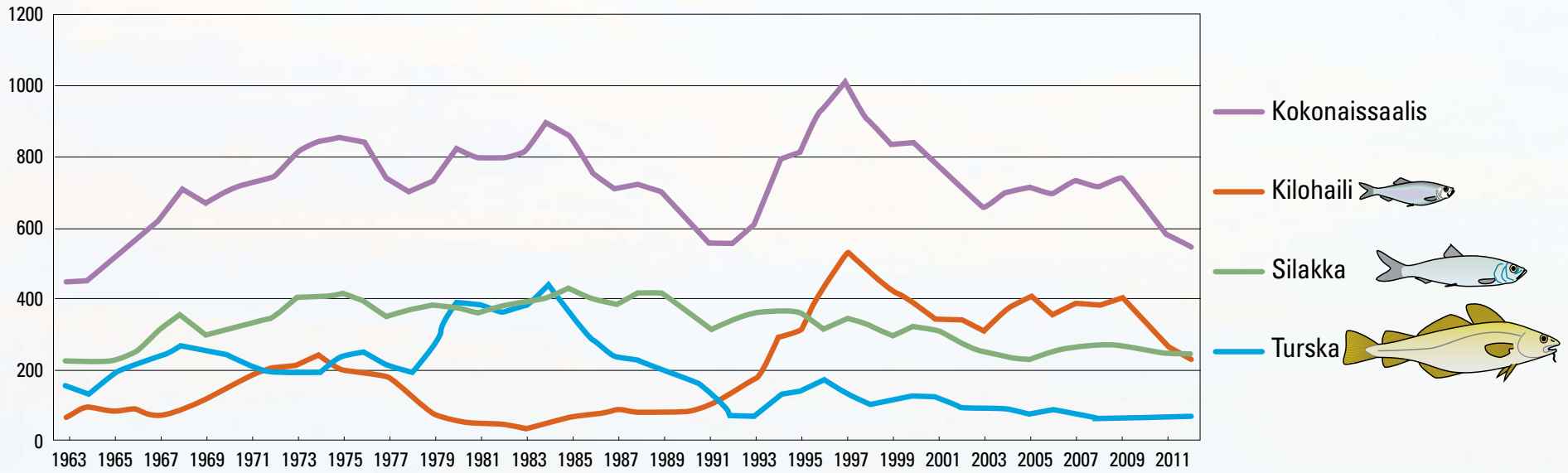
LAURI RANTALA / WIKIPEDIA



EPRDOX / WIKIPEDIA

23 Itämeren kalakantojen liikakalastus: turska-, silakka- ja kilohailisaaliit 1963-2012 (ICES 2013)

1000 tonnia



Päästöt:

- SO_x
- NO_x
- O₃
- PAH-yhdisteet
- Hiukkaset

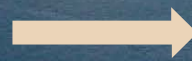
Kasvihuonekaasut:

- pääasiassa CO₂

Otsonia tuhoavat aineet:

- Haloonit
- Freonit
- Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

- Painolastivesi
- Alusten runkoon kiinnittyvä eliöstö
- Öljyonnettomuudet tai laittomat öljypäästöt
- Jätevesipäästöt
- Pilssivesi



- Öljy, kemikaalit, kiinnittymisenesto-aineet ja muut haitalliset aineet
- Vieraslajit
- Ravinteet

Itämeren toimintasuunnitelma (BSAP), 2007

Yleistavoitteena on "saavuttaa ja ylläpitää meriympäristön hyvä tila vuoteen 2021 mennessä"

Itämeren suurimmat ongelmat...

Rehevöityminen

Haitalliset aineet

Biologinen monimuotoisuus

Merellä tapahtuva toiminta

...ja miten niitä suitsitaan?

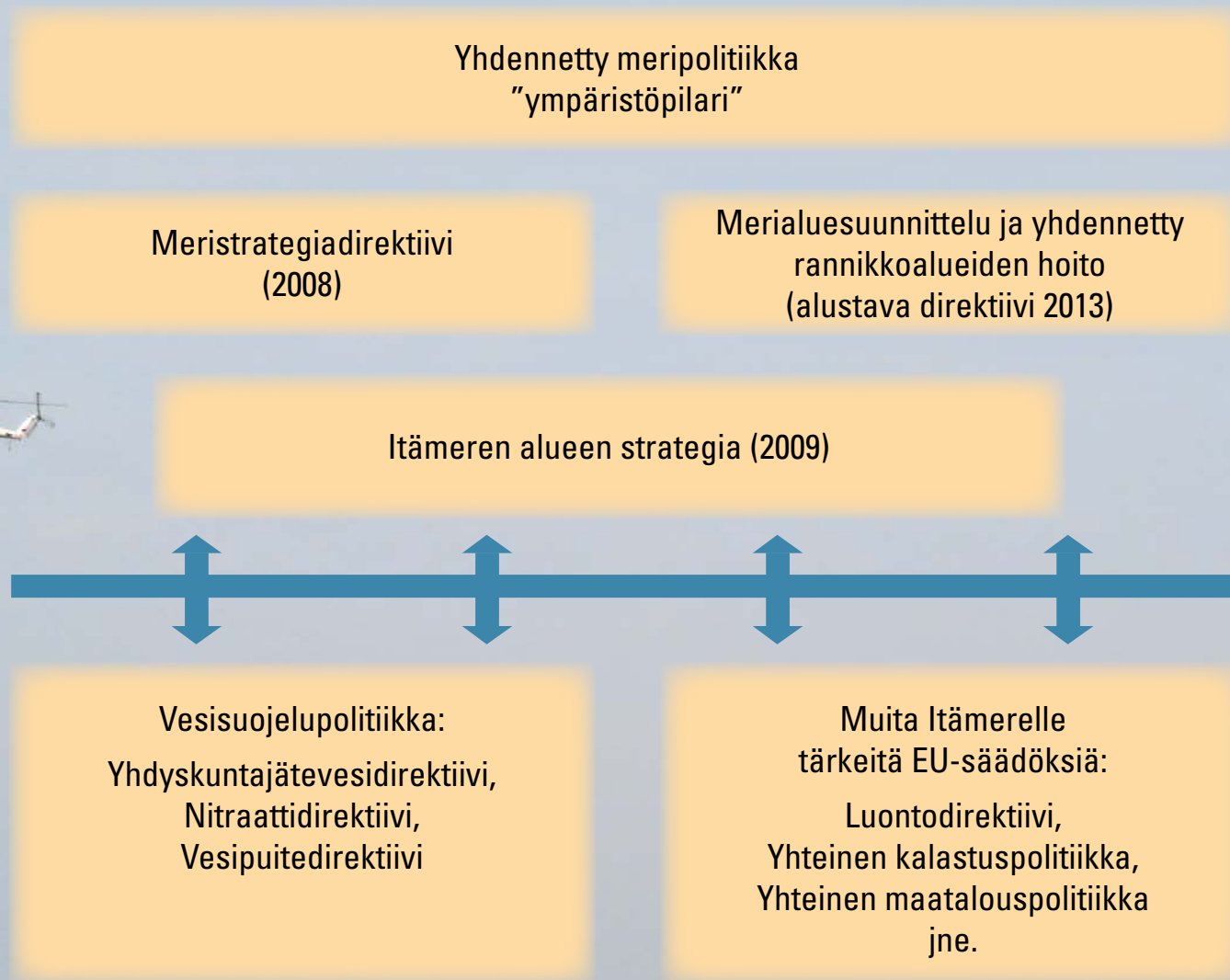
Typpi- ja fosforipäästöjen vähentäminen

Valikoitujen aineiden käyttörajoitukset

Kehitetään meren suojelualueverkostoa; suunnitelmat uhanalaisten lajien/luontotyyppien säilyttämiseksi

Edistetään yhteistyötä (esimerkiksi IMO:n kautta) ja ympäristösäädösten toimeenpanoa

- Vuodesta 1972 Helsinki komissio (HELCOM) on tehnyt työtä Itämeren suojelemiseksi
- Päätyövälineenä on Itämeren toimintaohjelma (BSAP) – perustuu ekosysteemilähestymistapaan
- HELCOM:iin kuuluvat kaikki rantavaltiot ja EU
- HELCOM tekee seuranta- ja arviointeja
- HELCOM osallistuu meristrategiadirektiivin (MSFD), EU:n Itämeren alueen strategian ja merialuesuunnittelu-direktiivin toimeenpanoon.



- EU:n rooli on korostunut Itämeren suojelemissa 2000-luvulla
- Vuoden 2004 jälkeen kahdeksan yhdeksästä ranta-valtioista on EU-jäseniä
- EU:n säädökset velvoittavat jäsenmaita lain voimalla
– Venäjä on ainoa ei-EU-rantavaltio

Yksi maailman suojelluimmista ja saastuneimmista meristä

Itämeren suojelun uudet toimintatavat

Yksityinen
rahoitus

Konkreettinen
toiminta

Yksityisen ja julkisen
sektorin yhteistyö

Uusien toimijoiden
sitouttaminen



ELÄVÄ ITÄMERI SÄÄTIÖ

www.puhdasitameri.fi
www.balticsea2020.org/english/

Puhdas Itämeri
JOHN NURMISEN SÄÄTIÖ

BALTIC SEA 2020
Elävän rannikon puolesta

Miten me: liikumme syömmme elämme



Itämeri-esityspaketin päivitys sai kipinän Suomenlahti 2014 -teemavuodesta. Se tukee osaltaan sitä tutkimukseen perustuvaa intensiivistä työtä, jolla kartutetaan sekä perustietämystämme Itämerestä että lisätään ympäristötietoisuuttamme. Toivomme Suomenlahti-vuodelle menestystä, ja sen myötä parempaa tulevaisuutta koko Itämerelle.

Esityspaketti julkaistiin ensi kerran jo vuonna 1993 englanninkielisenä kalvosarjana ja opaskirjasena; päätekijöinä olivat Helsingin yliopiston, Merentutkimuslaitoksen ja Ympäristöministeriön Itämeri-tutkijat. Sittemmin kalvosarja on käännetty myös suomeksi, ruotsiksi ja venäjäksi. Vuonna 2004 englanninkielinen versio päivitettiin ja muutettiin sähköiseen muotoon.

Vuosien varrella esityspakettia on jaettu kirjasen muodossa Itämeren alueen kouluille, poliitikoille, tutkimuslaitoksille, kansalaisjärjestöille sekä hallinnon ja teollisuuden edustajille. Verkko-versio on ollut vapaasti ladattavissa ja aineistoa on käytetty monissa kirjoissa, raporteissa ja tiedotusvälineissä vain viittauksella tekijänoikeuksiin.

Tämän uuden esityspaketin alkuosa tutustuttaa meidät Itämeren fyysikaalis-kemiallisiin ja biologisiin ominaispiirteisiin. Sen jälkeen pohdimme alueen haasteita sekä yhteiskunnallisia vaikutusmahdollisuuksia Itämeren kestäväen käytön turvaamiseksi nyt ja tulevaisuudessa. Lopuksi meidät haastetaan kysymällä: ”Mitä sinä voit tehdä Itämeren hyväksi?”

Alkuperäinen idea Itämeri – Ympäristö ja Ekologia -kokonaisuudelle syntyi Kaakkois-Suomen Nuorkauppakamarin kokouksessa Kotkassa keväällä 1992. Kokouksen jälkeen ympäristöministeri Sirpa Pietikäiselle ojennettiin julistus:

alueen Nuorkauppakamari halusi tehdä jotain konkreettista Itämeren tilan parantamiseksi. Itämeren ensimmäinen esityspaketti syntyi tästä toiminnasta.

Ensimmäisen version tieteellisestä suunnittelusta ja toimituksesta vastasivat tri Eeva Furman, tri Pentti Välipakka ja tri Heikki Salemaa, joka suruksemme poistui keskuudestamme vuonna 2001. Nykyversion ovat toimittaneet tri Eeva Furman, Mia Pihlajamäki, tri Pentti Välipakka ja tri Kai Myrberg. Sekä alkuperäisversion että uusimman version graafisesta suunnittelusta vastaa Petri Kuokka Aaripajasta.

Monet ihmiset ovat vuosien saatossa osallistuneet esityspaketin kokoamiseen. Vuoden 1993 versioon antoivat arvokkaan tietämyksensä seuraavat tutkijat ja asiantuntijat: tri Ann Britt Andersin, tri Erik Bonsdorff, Jan Ekebon, prof Ilkka Hanski, tri Jorma Kuparinen, tri Juha-Markku Leppänen, prof Åke Niemi, prof Aimo Oikari, Meeri Palosaari, tri Raimo Parmanne, tri Eeva-Liisa Poutanen, prof Kalevi Rikkinen, tri Timo Tamminen, tri Vappu Tervo ja tri Ilppo Vuorinen. Tri Riggert Munsterhjelm oli päävastuussa esityspaketin kääntämisestä ruotsin kielelle vuonna 2001. Anna Nöjd osallistui vuoden 2004 englanninkielisen version sisällöntuotantoon. Hanketta ovat matkan varrella tukeneet lukuisat tahot: Nesslingin Säätiö, Ympäristöministeriö, Opetushallitus, Taloudellinen Tiedotustoimisto, Kotkan kaupunki, Helsingin yliopisto, Suomen ympäristökeskus, Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, Kotkan Nuorkauppakamari, Nottbeckin Säätiö.

Vuoden 2014 version ovat rahoittaneet Nesslingin Säätiö ja Suomen ympäristökeskus, joista jälkimmäinen on toiminut esityspaketin ”kotina” vuodesta 1996. Apunamme on ollut kor-

vaamaton joukko tutkijoita ja asiantuntijoita eri laitoksista; SYKE: Seppo Knuuttila, Jan-Erik Bruun, Maiju Lehtiniemi, Riku Varjopuro, Juha-Markku Leppänen, Kari Lehtonen, Jaakko Mannio, Tuomas Mattila, Markku Viitasalo, Heikki Peltonen, Harri Kankaanpää, TRAFI: Anita Mäkinen, HELCOM: Maria Laamanen, IL: Jouni Vainio, Kimmo Kahma, Heidi Petterson, RKTL: Jukka Pönni, Eero Aro ja Olarin lukio: Maija Flinkman.

Me, uusimman version toimittajat, kiitämme teitä lämpimästi – sekä yksittäisiä ihmisiä että laitoksia – runsaasta avustanne tämän kattavan Itämeren esityspaketin kokoamiseen. Tämä uusi versio julkaistiin ensiksi englanninkielellä, siihen pohjautuen oheisen suomenoksen teki Eija Rantajarvi, josta kiitoksemme hänelle.

Esityspakettia voi käyttää suoraan verkossa tai ladata vapaasti omaan käyttöön. Toimituskunta omistaa tietopaketin tekijänoikeudet; Petri Kuokka kuvien ja ulkoasun tekijänoikeudet.

Eeva Furman, Mia Pihlajamäki,
Pentti Välipakka ja Kai Myrberg
Helsinki, 31.12.2013

Itämeri on Pohjois-Atlantin koillinen reunameri; se on pinta-alaltaan maailman suurin murtovetinen sisämeri. Itämeren valuma-alue peittää alleen 1 633 290 km²; se neljä kertaa laajempi kuin itse vesiallas (392 978 km²). Valuma-alueen suurin pituus (P–E) on yli 1 700 km ja suurin leveys (L–I) yli 1 000 km. Itämeren alue ulottuu pohjoisessa napapiirille asti. Valuma-alueella on yhdeksän rantavaltiota (Tanska, Saksa, Puola, Liettua, Latvia, Viro, Venäjä, Suomi, Ruotsi), mutta siihen kuuluu myös alueita viidestä muusta maasta (Tsekin tasavalta, Slovenia, Ukraina, Valko-Venäjä, Norja). Valuma-alueen asukasmäärä on korkea (noin 85 miljoonaa); suurin osa valuma-alueen ihmisistä asuu Puolassa (38 milj.), perässä seuraavat Venäjä (9,2 milj.) ja Ruotsi (9,1 milj.). Alueen ehdottomasti

suurin kaupunki on 5 miljoonaa asukkaan Pietari. Rantavaltioiden ulkopuolelle jäävällä valuma-alueen osalla asuu lähes 8 miljoonaa ihmistä.

Valuma-alueen maankäyttöön vaikuttavat maaperän laatu ja kallioperä. Tiheään asutut eteläosat ovat maatalousvaltaisia, kun taas pohjoisessa suurinta osaa peittävät metsät. Maanviljelystä harjoitetaan kuitenkin koko Itämeren rannikolla.

Itämereen laskee satoja jokia; kuudella joella on laajempi valuma-alue kuin 25 000 km². Seitsemän suurinta jokea ovat: Neva, Vistula, Daugava, Nemunas, Kemijoki, Oder ja Göta Älv.

Itämeri voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin: Kattegat, Tanskan salmet, Arkonan allas, Bornholmin allas, Gotlannin meri¹, varsinainen Itämeri², Riianlahti, Pohjanlahti ja Suomen-

lahti. Pohjanlahti voidaan jakaa edelleen: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmeri ja Saaristomeri.

1 Gotlannin meri: Läntinen, Itäinen, Pohjoinen Gotlannin allas ja Gdanskinkin lahti.

2 Varsinainen Itämeri (yleensä): Arkonan allas, Bornholmin allas ja Gotlannin meri.

Itämeri on matala, koska se sijaitsee kokonaan yhdellä mannerlaatalla; syvät valtameret sijaitsevat mannerlaattojen vaihtumisvyöhykkeissä. Itämeren keskisyvyys on vain 54 metriä; valtamerien 3 500 metriä. Itämeren syvin kohta (459 metriä) löytyy varsinaiselta Itämereltä Gotlannin luoteispuolelta.

Viimeisellä jääkaudella (Veiksel) 20 000 vuotta sitten jäätikkö oli laajimmillaan; Itämeren alue vajosi jään painon alla ja muotoutui. Kun jäätikkö lopulta vetäytyi 8 500 vuotta sitten, alkoi maa kohota melko nopeasti. Maankohoaminen hidastui vähitellen, mutta jatkuu edelleen Itämeren alueella 0–9 mm vuosivauhdilla. Kohoaminen on nopeinta Pohjanlahdella (asiaa on käsitelty tarkemmin kuvassa 8).

Itämeren syvyysprofiili voidaan jakaa kolmeen vyöhykkeeseen: rannikko-, vaihtumis- ja avomerivyöhyke. Rannikkovyöhyke ulottuu mantereen reunalta saaristoilla alueilla aina uloimpiin saariin. Rannikkovyöhykkeestä alkava vaihtumisvyöhyke ulottuu aina 50 metrin syvyyteen asti, mistä alkaa avomerivyöhyke. Sisäsaaristo voidaan jakaa edelleen vyöhykkeisiin, joiden määrä vaihtelee alueen leveyden ja saariston laajuuden mukaan (katso kuva 8A). Ruotsin ja Suomen rannikoilla on laajoja saaristoalueita (kuten Saaristomeri Suomen lounaisrannikolla). Rannikkovyöhyke on eliöstöltään monimuotoinen; sen luontotyytit muodostavat jatkumon mantereelta avomerelle. Vyöhyke toimii luonnon puhdistuslaitoksena, kuin siivilänä, mantereen ja avomeren välillä; se sitoo vedestä ravinteita ja saasteita. Rannikkovyöhyke soveltuu myös hyvin virkistys- ja kalastuskäyttöön. Vaihtumisvyöhyke on rakenteeltaan monimutkainen ja sitä on tutkittu

vain vähän, joten saastumisen vaikutuksia sen ekosysteemiin on vaikea ennustaa. Vyöhykkeen ympäristöolosuhteet vaihtelevat paljon sekä ajallisesti että alueellisesti; voimakkailla myrskyillä pohjan hienojakoista ainesta sekoittuu veteen. Sen sijaan avomeren syvillä alueilla pohjalle laskeutunut hienojakoinen aines myös pysyy siellä; vain Pohjanmereltä satunnaisesti saapuvat voimakkaat suolavesipulssit sekä hidat maankohoaminen palauttavat ravinteita pohjakerroksista takaisin tuottavaan kerrokseen.

Itämeren virtauksia synnyttävät neljä eri mekanismia: tuulivoima merenpinnalla, merenpinnan kallistuminen, tiheysgradientit (lämpö ja suolaisuus), vuorovesivoimat. Näin syntyneitä virtauksia ohjaavat sen jälkeen Coriolis-voima, pohjan muodot ja kitka. Kaikki nämä seikat vaikuttavat siihen, että keskimääräinen pitkäajan pintavirtaus varsinaisella Itämerellä käy vastapäivään; alueella vallitsee kaksikerroksinen virtaussysteemi, jonka yläosassa virtaa makeaa vettä ulos Itämereltä ja alaosassa suolaisempaa vettä sisään Itämereen. Itämeressä ei ole mitään pysyvää voimakasta virtausta (kuten esimerkiksi Golf-virta Atlantin valtamerellä); joillakin alueilla virtaus ei kuitenkaan juuri muutu. Jokivirtaama vaikuttaa rannikolla pintavirtauksen voimakkuuteen; avomerellä virtaukset ovat epäsäännöllisempiä. Virtausten keskinopeus on 5–10 cm/s, mutta se voi nousta esimerkiksi kapeissa salmissa 50–100 cm/s asti.

Yksittäinen tuulen synnyttämä aalto voi kasvaa 14 metriksi varsinaisen Itämeren isoimmalla altaalla. Näin korkea aalto mitattiin vuonna 2004 pohjoisella Gotlannin merellä.

Aallon korkeutta säätelevät voimakkaimmin tuulennopeus, tuulen kesto ja pyyhkäisymatka (etäisyys rantaan tuulen tulo-suunnassa). Altaan koko vaikuttaa siihen, että Itämeren aallon korkeus on suurempi kuin järvissä, mutta pienempi kuin valtamerissä. Tuulen nopeuden ja keston vaikutus aallonkorkeuteen on esitetty alla olevassa taulukossa.

Itämerelle tyypillinen jäänmuodostumisen ja murtoveden vuorovaikutus on maailmanlaajuisesti hyvin harvinainen ilmiö. Todennäköisyys jään muodostumiselle sekä jääjakson pituuden kasvulle lisääntyy mentäessä pohjoiseen ja itään päin. Normaalitalvina jääjakson pituus on Perämerellä 5–7

Tuulen nopeus/ kesto	4 m/s	8 m/s	14 m/s	20 m/s
1h	<0,2 m	0,25 m	0,55 m	0,85 m
2h	0,25 m	0,45 m	0,90 m	1,50 m
3h	0,30 m	0,60 m	1,25 m	1,95 m
4h	0,40 m	0,80 m	1,60 m	2,45 m
5h	0,45 m	0,90 m	1,85 m	2,90 m
6h	0,45 m	1,05 m	2,15 m	3,30 m
Täysin kehittynyt	0,45 m	1,75 m	5,30 m	(11 m)

Lähde: Laura Tuomi / Ilmatieteen laitos



kuukautta, Selkämerellä 3–5 kk, Saaristomerellä 0–4 kk, itäisellä Suomenlahdella yli 4 kk ja läntisellä Suomenlahdella 1–3 kuukautta. Varsinaisella Itämerellä jääjakson pituus on alle kuukauden, eikä jääpeite koskaan kata yhtenäisesti koko aluetta. Poikkeuksellisen ankarina talvina voi Itämeren pinta-alasta 10 %:n todennäköisyydellä jäätyä 70 % (eli noin 300 000 km²).

Jään muodostuminen vaikuttaa veden virtauksiin, sedimentaatioprosesseihin sekä rannan, rannikon ja avomeren eliöihin. Jää vaikeuttaa myös meriliikennettä. Merialueille, joille virtaa keväällä jokivettä, syntyy jään ja murtoveden väliin makean veden kerros. Kerros muodostuu osittain jokivedestä, osittain sulaneesta jäästä; se vaikuttaa pinnan tuntumassa elävään eliöstöön.

3A: Kuvissa nähdään miten Itämeren lämpötilan (yllä) ja suolaisuuden (alla) syvyysuuntaiset profiilit muuttuvat siirryttäessä Tanskan salmista Suomenlahdelle.

3B: Yläkuvissa nähdään miten Itämeren lämpötilan (vasemmalla) ja suolaisuuden (oikealla) syvyysuuntaiset profiilit muuttuvat siirryttäessä Ahvenanmereltä Perämerelle.

Alakuvissa nähdään miten happipitoisuuden syvyysuuntainen profiili muuttuu siirryttäessä Gotlannin syvänteestä Suomenlahdelle (vasemmalla), ja siirryttäessä Gotlannin syvänteestä Perämerelle (oikealla). Suolaisuus- ja lämpötila-arvot ovat elokuun pitkänajan keskiarvoja, happiarvot mittauksia (*in situ*) elokuulta 2012.

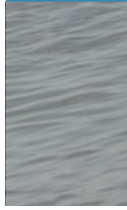
Valtamerten suolaisuus on keskimäärin 35 promillea; Itämeren suolaisuus on alle 10, keskimäärin 7 ja vaihtelee paljon alueittain. Itämeren vähäsuolaista vettä kutsutaan murtovedeksi. Pintaveden suolapitoisuus Tanskan salmissa on noin 20 ja laskee vaihteittain pohjoiseen päin, ollen Suomenlahdella 0–3 ja Pohjanlahdella 2. Suolapitoisuusgradientti on tyyppinen merien jokisuistoille; Itämerta voidaankin isossa mittakaavassa pitää suurena jokisuistona.

Itämereen virtaa makeaa vettä useista sadoista joista, kun taas suolainen vesi pääsee tunkeutumaan altaaseen vain matalien Tanskan salmien kautta. Koska sisään virtaava vesi on suolaisempaa ja painavampaa kuin murtovesi, on Itämeren vesi kerrostunutta (suolaisuus kasvaa pinnasta pohjaan). Suurin suolaisin vesimassa löytyy Gotlannin syvänteestä.

Kesällä pintaveden lämpötila on korkein eteläisellä Itämerellä, itäisellä Suomenlahdella ja Riianlahdella; lämpötila on yleensä korkein rannikolla ja matalassa vedessä. Kuitenkin, jos tuuli puhaltaa pitkään (muutamia päiviä) rannikon suuntaisesti, niin että rannikko jää vasemmalle tuulen suuntaan nähden, tapahtuu kumpuamisilmiö. Rannikotuuli kuljettaa avomerelle päin lämmintä pintavettä, joka korvautuu syvältä nousevalla kylmällä vedellä. Kumpuava kylmä ja ravinteikas syvävesi tuo pintakerrokseen lisää ravinteita. Suomenlahdella myös maalta merelle käyvä voimakas tuuli voi saada aikaan samanlaisen kumpuamisilmiön rannikon läheisyydessä.

Itämeren veden suolaisuus nousee syvemmälle mentäessä nopeasti lyhyellä matkalla 40–80 metrin syvyudessa. Tätä harppauskerrosta kutsutaan halokliiniksi. Varsinaisella Itä-

merellä happi loppuu usein kokonaan halokliinin alapuolisesta syvästä vedestä, ja alkaa muodostu rikkivetyä (katso myös kuvat 4 ja 5). Pohjanlahdella happitilanne on kohtalaisen hyvä koko vesipatsaassa. Suurin syy Pohjanlahden parempaan happitilanteeseen on suolaisuuskerrostuneisuuden puuttuminen, joten vesipatsas voi sekoittua pohjiaan myöten vuoden ympäri. Osasyynä on Ahvenanmeren matala kynnyks (60–70 m) ja matala Saaristomeren alue, jotka estävät varsinaisen Itämeren suolaisen, vähähappisen ja ravinteikkaan syvänveden pääsyn Pohjanlahdelle. Suomenlahdella ei ole tällaista ”suojaavaa kynnystä”, joten varsinaisen Itämeren syvävesi pääsee vapaasti virtaamaan alueelle. Tämä vaikuttaa voimakkaasti Suomenlahden hydrografiaan.



Kesällä Itämeren vesi on yleensä kerrostunutta. Kuvissa nähdään vesipatsaan kerrokset.

Lämpötilan harppauskerros, termokliini (lämpötila muuttuu paljon lyhyellä matkalla), muodostuu yleensä 10–20 metrin syvyyteen. Kesän edetessä termokliini siirtyy syvemmälle ja sekoittuva pintakerros syvenee. Lämpimän pintakerroksen vesi ei sekoitu termokliinin alapuolisen kylmän veden kanssa. Pintakerroksen vesi sekoittuu tuulen vaikutuksesta, mutta termokliinin alapuolinen vesi sekoittuu vain satunnaisesti. Syksyisin pintaveden jäähtyessä termokliini häviää; syysmyrskyt ja lämpötilaeroista johtuva virtaus, konvektio, sekoittavat vesimassat keskenään. Perämerellä vesi sekoittuu syksyllä aina pohjaan asti, mutta varsinaisella Itämerellä vesi sekoittuu vain pysyvään halokliiniin asti (katso kuva 5).

Tiheyden kasvaessa vesi muuttuu raskaammaksi; suolapitoisuuden kasvu ja lämpötilan lasku lisäävät veden tiheyttä kunnes maksimitiheys saavutetaan. Itämeren vesi on raskainta 2–3 asteessa. Koska suolaisin (raskain) vesi painuu pohjalle, muodostuu suolaisuusgradientti; suolaisuus kasvaa pinnasta pohjaan päin.

Varsinaisella Itämerellä pysyvä suolaisuuden harppauskerros, halokliini, sijaitsee 40–80 metrissä; vesi sekoittuu vain halokliiniin asti. Pohjanlahdelle, jossa vesi on hyvin vähäsuolaista, ei käytännössä muodostu halokliinia. Suomenlahdelle muodostuu aika ajoin halokliini pohjan lähelle, yli 60 metrin syvyyteen, kun varsinaisen Itämeren syvävesi virtaa alueen syvänteiden pohjille.

Hapen loppuminen halokliinin alapuolisesta vedestä varsinaisella Itämerellä johtuu kahdesta syystä: 1) Syvään veteen ei ole sekoittunut happea sen virrattua sisään Tanskan salmien kautta ja laskeuduttua Itämerestä ulosvirtaavan vähäsuolaisemman veden alle. 2) Syvään veteen vajoava eloperäinen aines kuluttaa hajotessaan happea.

Vuonna 2012 varsinaisella Itämerellä vallitsi ns. seisovan veden tila (stagnaatio); happi oli kulutettu loppuun ja ilman happea tapahtuvan (anaerobinen) hajotustoiminnan tuloksena oli alkanut muodostua rikkivetyä. Tämä syvävesi vaihtuu noin kymmenen vuoden välein, kun Itämereen työntyy lyhyessä ajassa Tanskan salmien kautta erittäin suuri määrä suolaista ja hapekasta Pohjanmeren pintavettä (suuri

suolavesipulssi). Suolavesipulssin voimakkuus ja vaikutukset riippuvat sisään virranneen veden määrästä ja suolaisuudesta.

Pohjanlahdella vesipatsaan happipitoisuus on tasaisen hyvä ympäri vuoden; hapen määrä laskee vain vähän pohjaa kohti. Halokliinin puuttuessa koko vesimassa sekoittuu vuosittain ja happea ”pumppautuu” pinnasta pohjaan.

Suomenlahdella pohjien happikatoa esiintyy ajoittain avomerellä ja saaristossa, kun bakteerien hajotustoiminta kuluttaa pohjilta kaiken hapen eikä uutta happea pääse sekoittumaan pinnasta. Avomerellä veden sekoittumisen estää syvän veden halokliini; saaristossa kesäaikaisen hapettomuuden aiheuttaa lämpötilakerrostuneisuus. Toisin kuin halokliini, termokliini katoaa aina syksyllä veden jäähtyessä, jolloin vesimassa sekoittuu pohjaan asti ja tuo happea tullessaan.

Varsinaisella Itämerellä on pysyvä halokliini 40–80 metrin syvyydessä; vesi halokliinin alapuolella on paljon raskaampaa kuin sen yläpuolella. Pintaveden jäähtyminen syksyllä ei hävitä halokliinia, eivätkä suolainen (raskas) syvävesi ja vähäsuolaisempi pintavesi pääse sekoittumaan keskenään. Edes voimakkaat syysmyrskyt eivät kykene rikkomaan halokliinia. Gotlannin syvänteen vesi ei siis koskaan saa happitäydennystä pintavedestä.

Syvänteisiin vajoava kuollut eloperäinen (orgaaninen) aines kuluttaa hajotessaan happea. Koska pysyvän halokliinin alaiset vedet eivät saa uutta happea pinnalta kuluu happi vääjäämättä loppuun. Tällaista tilannetta kutsutaan seisovan veden vaiheeksi (stagnaatio). Kun syvänveden happi on kulutettu, orgaanisen aineen hajotus jatkuu ilman happea (anaerobinen hajotus) ja samalla pohjalle muodostuu myrkyllistä rikkivetyä.

Hapen loppuminen ja rikkivedyn muodostuminen hävittää pohjilta kaikki korkeammat eliöt: pohjaeläimet kuolevat ja kalat kaikkooavat. Hapen loppuminen kiihdyttää ravinteiden, ennen kaikkea fosforin, vapautumista sedimentistä veteen, mikä lisää pohjanläheisen veden ravinnepitoisuutta. Tätä veden sisäisten prosessien aiheuttamaa, aikojen saatossa sedimenttiin varastoituneiden ravinteiden vapautumista kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Kuitenkin vain ulkoinen kuormitus lisää ravinteiden nettomäärää vedessä ja siten sen vähentäminen on näin avainasemassa rehevyyden torjunnassa.

Vain suuri suolavesipulssi, jolloin Itämereen työntyy lyhyessä ajassa Tanskan salmien kautta erittäin suuri määrä (200–300 km³) suolaista ja hapekasta Pohjanmeren pintavettä

voi rikkoa stagnaation ja korvata hapettoman seisovan syvänveden hapekkaalla suolaisella vedellä.

Kuva A: Itämerestä virtaa jatkuvasti ulos murtovetä, joka on Pohjanmeren vettä vähäsuolaisempaa. Samalla syvemmissä kerroksissa virtaa pienempiä määriä suolaisempaa Pohjanmeren vettä Itämereen; tämä heikko sisäänvirtaus ei ulotu isoihin syvänteisiin eikä hapeta niitä.

Kuvat B ja C: Pohjanmereltä tulee usein kohtalaisen voimakkaita suolaisen veden sisäänvirtauksia, jotka eivät kuitenkaan ulotu kuin Bornholmin altaaseen (B) (esimerkiksi pieni vesitilavuus ja/tai liian vähäinen suolapitoisuus). Sen sijaan noin kymmenen vuoden välein tulevat voimakkaat sisäänvirtaukset (suuri suolavesipulssi) pystyvät syrjäyttämään Gotlannin syvänteen vanhan ravinteikkaan ja hapettoman veden (C). Kun hapellisella voimakkaansuolaisella vedellä korvattu syvävesi lähtee liikkeelle ja saavuttaa matalan rannikon, nousee suolainen ja ravinteikas vanha vesi pintakerrokseen.

Kun Itämereen tunkeutuu suuri suolavesipulssi, se nostaa melkein koko merialueen suolaisuutta; monien kasvi- ja eläinlajien levinneisyys muuttuu niiden suolaisuusvaatimusten mukaisesti. Monet planktiset merilajit levittäytyvät pohjoiseen ja itään. Syvien pohjien happitilanteen parantuessa pohjaeliöstö voi valloittaa aiemmin vailla makroskooppista elämää olleet pohjat. Myös turska voi silloin kutea pohjoisempaan, jopa Gotlannin syvänteellä, joka on happitilanteen niin salliessa sen tärkeä kutualue.

Suurilla suolavesipulsseilla on myös haitallisia vaikutuksia. Rehevöityminen voimistuu, kun runsaasti ravinteita sisältävää syvää vettä sekoittuu valoisaan tuottavaan pintakerrokseen.

Liikkeelle lähtenyt suolainen vähähappinen syvävesi työntyy eteenpäin ja voi asettua Suomenlahden syvänteisiin, aina sen itäisiin osiin asti, vahvistaen syvänteissä olevaa halokliinia. Halokliini, muodostaa ikään kuin ”lattian”, joka estää tuulta sekoittamasta hapekasta pintavettä alusveteen. Voimakas halokliini voi johtaa siis pohjien hapettomuuteen ja ravinteiden vapautumiseen sedimentistä (sisäinen kuormitus).

Itämeren altaan ominaispiirteiden vuoksi pohjien hapettomuus on luonnollinen ilmiö. Viime vuosikymmeninä suurten suolavesipulssien tulo on kuitenkin harventunut ja niiden voimakkuus pienentynyt, mikä voi johtua ilmastonmuutoksesta. Olosuhteet suurelle suolavesipulssille ovat otollisimmat talvimyrskyjen aikana. Itämereen työntyi vuonna 1953 erittäin voimakas suuri suolavesipulssi; myös vuosien 1973 ja 1977 suuret suolavesipulssit olivat voimakkaita. Aina vuoteen 1985 Itämereen saapui muutamia keskivoimakkaita sisäänvirtauksia, jonka jälkeen seurasi seisovan veden vaihe (stagnaatio). Stagnaation rikkoi Itämereen vuonna 1993 työntynyt erittäin voimakas suuri suolavesipulssi ja uusin suuri suolavesipulssi saatiin kymmenen vuotta myöhemmin vuonna 2003. Sen jälkeen stagnaatio on jatkunut ja happitilanne huonontunut varsinaisella Itämerellä, samoin myös Suomenlahdella. Suomenlahdella halokliini on kuitenkin häilyvä ja heilahteleva; sen luonnollinen vaihtelu on suurta.

Itämeren lajilukumäärä on huomattavasti alhaisempi kuin muissa merissä, esimerkiksi Pohjanmeressä. Vähäistä lajilukumäärää voidaan selittää kolmella tekijällä: eliöille liian vaativat suolaisuusolot, Itämeren nykyvaiheen lyhyt historia, sekä valtamerissä tavattavien elinympäristöjen puuttuminen (vuorovesivyöhyke, suuret syvyydet).

Vähäsuolainen murtovesi ja suuri, vuodenaikojen seuraava lämpötilan vaihtelu ovat useimmille eliöille liian vaativa yhdistelmä. Pääosa eliöistä on kotoisin valtameristä tai makeista vesistä. Niiden on joko siedettävä Itämeren suolapitoisuutta tai säädeltävä kudostensa suolamäärää poistamalla tai lisäämällä suolaa, mikä kuluttaa energiaa. Erityisesti talvella myös alhainen lämpötila aiheuttaa ongelmia. Suolaisuus ja lämpötila stressaavat eliöitä, mikä heijastuu lajien levinneisyyteen ja ruumiinkokoon. Monet lajit jäävät Itämeressä pienemmiksi kuin muualla. Mereisiä esimerkkejä Itämeren pienikokoisista eliöistä ovat sinisimpukka (*Mytilus trossulus*), silakka (*Clupea harengus*) ja jouhilevä (*Chorda filum*); makean veden esimerkkejä ovat limakotilo (*Lymnae stagnalis*) ja monista kaloista ahven (*Perca fluviatilis*), hauki (*Esox lucius*) ja muikku (*Coregonus albula*).

Itämeri on nuori meri. Vielä 12 000 vuotta sitten Itämeren alue oli laajalti viimeisen jääkauden mannerjään alla. Sen jälkeen maankohoaminen, sulavasta jäästä vapautuva vesi ja valtameren vedenkorkeuden vaihtelut johtivat useiden makeiden ja suolaisten jaksojen kautta nykyiseen vähäsuolaiseen murtovesivaiheeseen. Itämeren pohjanmuodot ja fysikaalis-kemialliset olosuhteet ovat kehittyneet nykyiselleen vasta viimeisen 8 000 vuoden aikana. Viimeisen jääkauden (Veiksel) jälkeen

Itämeren yhteys Pohjanmereen on ollut ajoittain avoimempi kuin nykyisin; vain harvat lajit ovat ehtineet kehittyä todelliseksi murtovesilajeiksi. Myöskään merilajeilla ei ole ollut riittävästi aikaa sopeutua matalampaan suolaisuuteen. Toisaalta Itämeren jäinen historia on jättänyt jälkeensä ns. jäännelajeja, reliktejä, jotka ovat peräisin kylmistä arktisista meristä ja jääkauden loppuvaiheen jääreunajärvistä. Esimerkkeinä jääkauden aikaisista jäännelajeista (glasiaalirelikti) ovat Monoporeia ja Pontoporeia -valkokatkat, sekä siiroihin kuuluva kilkki (*Saduria entomon*) ja merimassiainen (*Mysis relicta*). Eräät lajit, kuten merirokko (*Amphibalanus improvisus*) ja hietasimpukka (*Mya arenaria*) ovat saapuneet Itämereen ihmistoiminnan seurauksena (vieraslajeista kerrotaan tarkemmin kuvassa 20).

Suurten syvyyksien puuttuminen sekä vähäinen vuoroveden vaikutus, ja sen seurauksen vuorovesirantojen puuttuminen, vähentävät erilaisten elinpaikkojen määrää Itämeressä, mikä entisestään vähentää lajimäärää.

Lajimäärä pienenee asteittain siirryttäessä Ruotsin länsirannikolta (Kattegat) varsinaisen Itämeren kautta pohjoisen perukoille Perämerelle ja Suomenlahden pohjukkaan. Ruotsin länsirannikolla elää noin 1 500 makroskooppista mereistä eläinlajia, eteläisellä Itämerellä 150, Ahvenanmeren saaristossa 52 ja Perämerellä enää 2–3. Jotkut makeanveden lajit, etenkin eräät kalat ja vesikasvit, esiintyvät koko Itämeren alueella; kuitenkin vain seitsemän 35:stä makean veden kotilolajista – eikä ainuttakaan Suomen järvien 21 simpukkalajista – esiintyy Itämeren alueilla, joissa suolapitoisuus on suurempi kuin 3. Kuvassa näkyy joidenkin Itämeressä yleisten merilajien

(sininen viiva) ja makeanveden lajien (punainen viiva) levinneisyysrajat.

Pohjaeläinten biomassassa laskee vähitellen siirryttäessä Pohjanmereltä Perämeren pohjukkaan. Korkeat biomassat johtuvat ennen kaikkea simpukoiden runsaudesta. Mikroskooppisten pohjaeläinten (meiofauna) biomassassa ei vaihtelee samassa määrin kuin makroskooppisten pohjaeläinten (makrofauna). Meiofauna onkin suhteellisesti runsaimmillaan Itämeren pohjoisimmassa ja itäisimmässä osassa.

Itämeressä elää jäänteinä myös kylmien merten lajeja, jotka saapuivat tänne varhain meritse länsikautta. Sittenkin ne jäivät erilleen pohjoisesta päälevinneisyysalueestaan. Tällaisia jäännelajeja ovat merimassiainen, merivalkokatka ja norppa.

	Makrofauna/ Meiofauna	Pohjaeläin biomassa (g/m ²)
Perämeri	1:2.5	1–2
Selkämeri	10:1	10–25
Pohjoinen varsinainen		
Itämeri	20:1	50–150
Tanskan salmet	30:1	200–700

Ekosysteemi on eliöiden sekä niiden fysikaalis-kemiallisen ympäristön muodostama kokonaisuus. Itämerta voidaan käsitellä yhtenä suurena murtovesiekosysteeminä, missä Atlantin suolainen vesi sekoittuu 250 joen tuomaan makeaan veteen. Toisaalta Itämeri voidaan jakaa myös useisiin pieniin ekosysteemeihin kuten rannikkoon, avomereen ja syviin pohjiin.

Energia virtaa ekosysteemin läpi monien ravintoketjujen kautta tuottajilta kuluttajille ja edelleen hajottajille; eliöiden monimutkaiset vuorovaikutussuhteet muodostavat ravintoverkon. Eliöt, jotka muuttavat ei-eloperäistä (epäorgaaninen) ainesta eloperäiseksi (orgaaninen) ovat autotrofeja. Autotrofeja kutsutaan myös tuottajiksi, koska ne vastaavat meriympäristön perustuotannosta. Heterotrofit tarvitsevat valmista orgaanista ainesta; niitä kutsutaan myös kuluttajiksi. Autotrofeja eliöitä, jotka kykenevät käyttämään myös orgaanisia yhdisteitä (heterotrofia) kutsutaan mikstrofeiksi.

Kasvit ovat perustuottajia (autotrofit), jotka kykenevät yhteyttämällä hyödyntämään auringon energiaa ja tuottamaan vedestä, hiilidioksidista ja ravinteista orgaanista ainetta. Makrofytyt, mukaan lukien korkeammat vesikasvit, sekä vesisammalet ja makrolevät, ovat rannikon tärkeimpiä perustuottajia; avomerellä perustuotannosta vastaa keijuva kasviplankton, joka koostuu yksisoluisista sekä kolonioita muodostavista mikrolevistä.

Perustuottajia (kasviplankton, makrofytyt) syöviä eläimiä kutsutaan kasvinsyöjiksi, laiduntajiksi tai herbivoreiksi. Eläinplankton on tärkein laiduntaja avomerellä ja kotilot rannikolla. Korkeamman asteen kuluttajia, jotka syövät muita eläimiä, kutsutaan pedoiksi. Pedot ovat joko lihansyöjiä tai raadonsyöjiä. Laidunnusravintoketjussa perustuottajien sitoma ener-

gia siirtyy kasvinsyöjien kautta korkeamman asteen kuluttajille.

Bakteerit ja muut kuluttajat, kuten madot, kuorelliset nilviäiset ja katkat, jotka käyttävät ravintonaan kuolleiden kasvien ja eläinten jäänteitä (detritus), ovat detrivoreja eli hajottajia. Hajottajia esiintyy etupäässä pohjilla, mutta hajottajabakteereita esiintyy myös vapaassa vedessä (pelagiaali). Hajottajat palauttavat toiminnallaan orgaanista ainesta epäorgaaniseen muotoon, jolloin se on jälleen perustuottajien käytettävissä. Myös muut kuluttajat vapauttavat epäorgaanista ainetta takaisin ravintoverkkoon. Hajottajabakteerit syövät heterotrofia ja mikstrofisia siimaeliöitä (flagellaatteja) sekä alkueläimiä kuten ameeboja ja ripsieliäimiä. Tätä kutsutaan detritus/hajottajaravintoketjuksi.

Mikrobisilmukan toiminta: Bakteerit käyttävät liuennta orgaanista ainetta (DOM, dissolved organic matter), joita vapautuu muiden eliöiden erityksessä ja eliöiden kuollessa. Ne muuttavat liuennta orgaanista ainetta kiinteään orgaaniseen muotoon (bakteeribiomassa). Näin epäorgaaninen liuennta aine palautuu takaisin ravintoverkon käyttöön. Bakteereita syövät heterotrofiset ja mikstrofiset flagellaatit sekä alkueläimet ovat puolestaan isomman eläinplanktonin ruokaa. Tämä mikrobisilmukaksi kutsuttu aineiden kierrätys toimii erityisesti avovedessä, mutta sillä on merkitystä myös pohjan sedimenteissä.

Ravinteet kiertävät jatkuvana virtana ekosysteemin läpi. Ainetta häviää aktiivisesta kierrosta kun se vajoaa pohjalle ja varastoituu sedimenttiin. Meren ekosysteemiin valuu ravinteita maalta sekä laskeutuu ilmasta (ilmalaskema). Pohjaan varastoituneet ravinteet voivat palautua takaisin aktiiviseen

kiertoon meren sisäisten ainevirtojen kautta: sedimentin sekoittuessa, uuttamalla sedimentistä. Myös sinilevät pystyvät sitomaan ilmakehän tyyppiä.

Itämeren rannikkovyöhykkeen korkea perustuotanto johdetaan valuma-alueelta tulevasta suuresta ravinnekuormasta sekä rannikkoalueen mataluudesta. Rannikkovyöhyke on niin matalaa, että valo pääsee tunkeutumaan pohjalle asti. Näin se kuuluu suurimmaksi osaksi kasvillisuusvyöhykkeeseen (fytaali), jossa pystyvät kasvamaan sekä juurelliset vesikasvit että makrolevät. Suurikokoiset kasvit hallitsevat rannikon fytaalia. Alueiden lajistorakenne riippuu suuresta määrin pohjan laadusta; pohja voi olla kova (kallio- tai kivikkopohja), tai pehmeä (hiekk- tai savipohja, orgaaninen muta (gyttja)). Rannikkoekosysteemi on myös monien selkärangattomien sekä pelagiaalin kalojen, kuten silakka (*Clupea harengus membras*) lisääntymisaluetta sekä niiden nuoruusvaiheiden lastentarha. Joidenkin selkärangattomien, kuten korvameduusan (*Aurelia aurita*) elinkierto tapahtuu osittain rannikkovyöhykkeessä.

Ulatan ekosysteemillä (pelagiaali) on tärkeä merkitys Itämeren perustuotannossa. Ravintoverkossa on kaksi reittiä perustuottajista (mikroskooppinen kasviplankton) korkeimman asteen petoihin (esim. lohi ja hylkeet). Energia ja aine voivat kulkea suoraan kasviplanktonista eläinplanktonin kautta pelagiaalin kaloille (esim. silakka ja kilohaili), tai vaihtoehtoisesti mikrobisilmukan kautta. Planktonlevien (kasviplankton) massaesiintymät (kukinnat) ovat tyypillisiä avomeren ekosysteemille. Useimmat Itämeren kalalajit ovat riippuvaisia avomeren ekosysteemistä.

Syvien pehmeiden pohjien ekosysteemi, profundaali, kattaa valtaosan Itämeren pohjan pinta-alasta. Rannikon ja avomeren ekosysteemeistä peräisin oleva kuollut orgaaninen aines laskeutuu (sedimentoituu) syville pehmeille pohjille, missä hajottajat käyttävät sen ravinnokseen hajottaen sen samalla. Pohjaeläinyhteisöt muodostuvat pääasiassa harvoista avainlajeista. Itämeren liejusimpukka (*Macoma baltica*) on tärkein pohjaeläinyhteisön laji useimmissa Itämeren osissa. Perämereltä ja Suomenlahden pohjukasta simpukat puuttuvat; siellä meiofaunan (mikroskooppinen eliöstö) merkitys on tärkein. Useimmat syvät pehmeät pohjat sijaitsevat 50–150 metrin syvyydessä. Yli 80 metrin syvyydessä on laajoja pohja-alueita vailla makroskooppista eliöstöä, mikä johtuu halokliinin alapuolisesta hapettomasta vesikerroksesta.

Itämeren saaristo on vaihteleva ja monimuotoinen. Tukholman ja Ahvenanmeren saaristot sekä Lounais-Suomen saaristo (Saaristomeri) ovat pääasiassa kalliorantaisia ja erittäin hyvin muotoutuneita.

Saaristoja löytyy myös Pohjanlahden rannikolta ja Tukholman eteläpuolelta. Pohjanlahden kallioperää peittää paksu moreenipeite, mikä on vaikuttanut merkittävästi alueen saariston muotoutumiseen. Perämerellä ja Itämeren eteläosissa rannikko on pääasiassa avointa ja tasaista; alueella on paljon hiekkarantoja ja saaria vain harvakseltaan.

Maankohoaminen tekee saaristoista ainutlaatuisia ympäristöjä. Kohoamisnopeus on 0–9 mm vuodessa; nopeimmin maakochoo Perämerellä (8–9 mm/v). Itämeren eteläosissa (Tanskassa, Saksassa, Puolassa) ma ei elää kohoaa. Maankohoaminen on ollut tähän mennessä nopeampaa kuin merenpinnan nousu. Viime vuosikymmeninä merenpinnan nousu on kiihtynyt; 1970-luvulla merenpinta nousi 1,5 mm/v ja nykyisellään 3,2 mm/v.

Saaristo voidaan jakaa 4–5 vyöhykkeeseen. Vaikka vyöhykkeiden määrä sekä laajuus – samoin kuin nimistökin – vaihtelevat alueittain, on perusrakenne kaikkialla samanlainen. Uloin avomerivyöhyke koostuu lähinnä vapaan veden alueesta, jossa on muutamia puuttomia paljaita luotoja. Avomerivyöhykkeestä mantereeseen päin alkaa ulkosaaristo, jossa on siellä täällä suurempia metsäisiä saaria; mereinen metsäraja sijoittuu avomerivyöhykkeen ja ulkosaariston väliin. Manteretta lähestyttäessä, silloin kun maapinta-alaa on enemmän kuin vettä, alkaa sisäsaaristo. Sisimmässä mannerrannikoksi muuttuneessa osassa on suuria niemiksi ja mantereeksi muuttuvia tai jo muuttuneita saaria.

Olosuhteet saaristossa muuttuvat asteittain siirryttäessä rannikolta avomerelle; suolaisuus ja syvyys kasvavat ja pintavesi

lämpenee kesällä vähemmän. Avomereltä rannikolle päin suolaisuus laskee huomattavasti erityisesti jokisuistoissa.

Saariston kasvillisuusvyöhykkeen pohjien luonne muuttuu lähestyttäessä manteretta. Kivikkopohjat korvautuvat ensin hiekkapohjilla, sitten savi- ja mutapohjilla (gyttja); mitä suojaisempi alue, sitä hienojakoisempaa on pohjasedimentti. Avomerien kirkas vesi muuttuu sisäsaariston vähäsuolaisemmaksi, sameammaksi ja tuottavammaksi (ravinteikas, runsashumuksinen) vedeksi. Saaristossa näkösyvyys on 1–5 metriä, keskimäärin 2–4 m, rehevöityneimmillä alueilla jopa alle 1 metrin.

Saaristossa tapahtuva muutos merenpohjasta mantereeksi on nähtävissä sekä alueellisesti että ajallisesti. Maankohoamisen seurauksena pehmeät pohjat muuttuvat ensin rannoiksi ja sitten metsiksi, matalat alueet järviksi, rämeeksi, soiksi ja edelleen korviksi. Itse saaret muuttuvat kalliokohoumiksi ja kukkuloiksi. Lajisto muuttuu hitaasti: avomerivyöhykkeen merilajit korvautuvat ensin sisäsaariston makeanveden lajeilla ja lopulta maalla elävillä (terrestiset) lajeilla.

Vuoroveden merkitys Itämerellä on vähäinen, joten varsinaista vuorovesivyöhykettä ei ole, ja siksi rannikot poikkeavatkin hyvin paljon valtamerten rannikoista. Itämerellä vuorovesi on suurimmillaankin vain muutamia senttimetrejä. Siitä huolimatta Itämeren vedenkorkeus voi vaihdella paljon: Pohjanlahdella 3 metriä ja Suomenlahden sisäosissa 2 metriä. Itämeren vedenkorkeuden vaihtelun aikaansaavat sääolot, tuulen ja ilmanpaineen vaihtelu sekä ns. seisovat aaltoliikkeet (seichet). Seisovan aaltoliikkeen vaikutus korostuu lahtien pohjukoissa.

Merenrannan poikkileikkaus (profiili) voidaan jakaa neljään vyöhykkeeseen: geolitoraali, hydrolitoraali, sublitoraali, profundaali.

Litoraali on ylimmän ja alimman vedenkorkeuden välillä oleva vyöhyke. Se koostuu geolitoraalista ja hydrolitoraalista. Geolitoraali on vedenpinnan keskikorkeuden yläpuolinen osa, hydrolitoraali sen alapuolinen osa. Vedenalaiset vyöhykkeet ovat sublitoraali ja profundaali. Hydrolitoraali ja sublitoraali yhdessä muodostavat kasvillisuusvyöhykkeen eli fytaalin. Kasvillisuus saa riittävästi valoa perustuotantoon (yhteyttäminen on mahdollista) aina siihen syvyyteen asti, mihin ulottuu 1 % pinnan saamasta valomäärästä.

(Epilitoraali on varsinaisen rantavyöhykkeen yläpuolinen vyöhyke, joka ei normaalin vedenkorkeuden vaihtelussa jää veden alle. Elitoraali on meren pohjan vyöhyke, joka alkaa sublitoraalin alapuolelta ja jatkuu syvyyteen, jonne valo ulottuu.)

Profundaalissa on valoa jo niin vähän, ettei kasvillisuus enää menesty. Vedessä olevien hiukkasten (esimerkiksi kasviplankton) määrä säätelee sitä kuinka syvälle veteen valo tunkeutuu; sekä alueen sisäinen (paikallinen) että alueiden välinen (laaja-alainen) vaihtelu on suurta. Itämeren eteläosissa profundaali alkaa noin 30 merin syvyydestä, pohjoisosissa jo 18–25 metrissä; joillakin saaristoalueilla Perämerellä ja Suomenlahden itäosassa jopa jo 10 metrissä.

Rannan eri vyöhykkeillä esiintyy niille tyypillinen ekologinen yhteisö (kasvi- ja eläinlajisto). Itämeren pohjoisosissa hydrolitoraalin kivikkorantoja peittävät usein yksivuotiset rihmalevät; sublitoraalia hallitsevat monivuotiset makrolevät ja simpukka-yhteisöt. Profundaalissa pohjia peittää vajonnut kuollut orgaaninen aine (sedimentoitunut detritus). Profundaalin avainlajit ovat selkärangattomia pohjaeläimiä ja mikrobeja.

Itämeren biologisesti monimuotoisimmat ekosysteemit löytyvät rannikkoalueilta. Niidenkin lajisto häviää valtamerten vuorovesirantojen monimuotoisuudelle.

Erityyppisillä rannoilla on myös erilainen kasvi- ja eläinlajisto. Samoja lajeja voi kuitenkin esiintyä toisistaan poikkeavissa elinympäristöissä (habitaatit). Monet ulapan kalat kuten silakka ja siika lisääntyvät rannikolla.

Rannikon ekosysteemit ovat paljon epävakaampia kuin ulapan tai syvien pohjien ekosysteemit; lämpötila ja aallokkoisuus vaihtelevat paljon ja jää hankaa talvisin rantaa. Rannikon ekosysteemit noudattavat vuodenaikojen kiertoa.

Saarien avomeren puoleinen ranta (erityisesti ulkosaaristossa) on usein kivinen, kun sitä vastoin suojapuolella (erityisesti sisäsaaristossa) on yleensä hienompaa pohjasedimenttiä. Ranta voi olla jyrkkä, jolloin aallokko pääsee pieksämään sitä voimakkaasti (A) tai se voi olla loiva (B) ja suojainen. Aallokolla altistuvilla jyrkillä kalliorannoilla elää makroleviä ja sinisimpukoita, kun taas suojaisilla sedimenttipohjaisilla rannoilla elää vesikasveja ja selkärangattomia pohjaeläimiä.

Osassa makroleväkasvustoja ovat valtalajeina rihmaleviin (1) kuuluva ahdinparta-viherlevä (*Cladophora glomerata*) ja *Pilayella littoralis* -ruskolevä. Ne ovat opportunisteja ja yksivuotisia lajeja, joiden kasvumuoto ja määrä myötäilee vuodenaikojen vaihtumista. Rihmalevät ovat tärkeä ravintolähde ja elinympäristö monille selkärangattomille ja niiden nuoruusvaiheille. Tyypillisiä rihmalevävyöhykkeen selkärangattomia ovat Idotea-suvun (2) siirat ja Gammarus-suvun (3) katkat. Talvella jäätikön hankaus irrottaa yksivuotiset rihmalevät kalliopinnasta. Keväällä uusi rihmaleväskupolvi valloittaa paljaat kalliot.

Rihmalevävyöhykkeen alapuolista makrolevävyöhykettä hallitsee monivuotinen, ruskoleviin kuuluva rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) (4). Rakkolevävyöhykkeellä on tärkeä merkitys Itämeren rannikon ekosysteemeissä; se tarjoaa ravintoa ja suojaa monille selkärangattomille kuten merirokolle (*Amphibalanus improvatus*) (5), halkoisjalkaisille (*Praunus* spp.) (6), ja rannikon kaloille kuten hauelle (*Esox lucius*) (7) ja ahvenelle (*Perca fluviatilis*) (8). Monet selkärangattomat (esimerkiksi siirat ja katkat) vaeltavat aikuistuttuaan rihmalevävyöhykkeestä rakkolevävyöhykkeeseen. Rakkolevävyöhykkeen alla kasvaa punalevävyöhyke (9). Punalevät käyttävät syvälle tunkeutuvaa punaista valoa, joten ne pystyvät elämään ja yhteyttämään huonommissa valaistusoloissa kuin muut makrolevät. Punalevävyöhykkeen eläimistö on hyvin samanlainen kuin rakkolevävyöhykkeen; poikkeuksena on vain sinisimpukka (*Mytilus trossulus*) (10), joka esiintyy runsaampana punalevien seassa.

Sinisimpukka muodostaa tiheitä laaja-alaisia kasvustoja kovalle pohjille ja ylläpitää noin 40 makroeliölajin habitaattia. Suomenlahdella sinisimpukan itäinen levenneisyysraja on Pellingin saariston vaiheilla. Itäisellä Suomenlahdella sinisimpukan korvaa alhaisissa suolapitoisuuksissa viihtyvä vaeltajasimpukka (*Dreissena polymorpha*), joka on Itämereen vakiintunut vieraslaji.

Levistä ainoastaan mikrolevät voivat elää pehmeillä pohjilla (B). Koska makrolevillä ei ole juuristoa, ne eivät yleensä pysty kiinnittymään pehmeään alustaan. Jotkut makrolevälajit voivat kuitenkin kasvaa pehmeillä pohjilla kuten vapaana kelluvat rihmalevät (11) tai paikalleen kiinnittyvät näkinpartaiset esimerkiksi punanäkinparta (*Chara tomentosa*).

Meriajokas (*Zostera marina*) (12) on ainoa Itämeressä elävä mereinen siemenkasvi; se muodostaa hiekkapohjille laajoja vedenalaisia niittyjä. Hiekkapohjilla asustavat myös tokot ja hietakatkarapu (*Crangon crangon*) (13). Piikkikampela ja kampela (14) elävät vähän syvemmillä hiekkapohjilla. Idänsydänsimpukka (*Cerastoderma glaucum*) (15) ja hietasimpukka (*Mya arenaria*) (16) kaivautuvat pehmeään sedimenttiin ja ottavat hengitysputkellaan (sifoni) tarvitsemansa hapen ja ravinnon sedimentin pinnalta. Vesirajan tuntumassa mikroleviä laiduntavat kotilot (17) joutuvat puolestaan itse kahlaajalintujen (18) ravinnoksi.

Itämeren matalilla mutapohjilla on yleinen äyriäislaji sedimenttiin kaivautuva katka *Corophium volutator*; siiroihin kuuluvaa isokokoisempaa kilkkiä (*Saduria entomon*) (19) tavataan puolestaan syvillä pohjilla. Liejusimpukka (*Macoma baltica*) (20) viihtyy sekä matalilla että syvillä mutapohjilla. Valkokatka (*Monoporeia affinis*) (21) ja Itämeren vieraslaji Marezelleria spp. -monisukasmadot viihtyvät vain syvillä mutapohjilla. Paikoitellen pehmeäpohjaisia rantoja reunustava järviruokokasvustot (*Phragmites australis*) (23) tarjoavat elinympäristön monille kaloille, sekä hyönteisille ja niiden nuoruusvaiheille, samoin kuin lukuisille muillekin pinnalla ja pinnan alla viihtyville selkärangattomille. Ruovikossa viihtyvät niin vesisiira (*Asellus aquaticus*) kuin sudenkorennon toukatkin.

Ahven (8), piikkikalat ja tokot ovat yleisiä Baltian matalilla rannikoilla, kun taas monet simpplalajit elävät syvemmillä (24). Turska (25) vieraillee ajoittain rannikolla, mutta se elää pääasiassa syvemmissä vesissä.

Matalien rannikkovesien mosaiikkimaiset habitaatit muuttuvat jatkuvasti maankohoamisen seurauksena. Matalan veden alueet muodostavat enemmän tai vähemmän erillisiä ekosysteemejä, jotka ovat perustuotannon kautta ekologisesti tärkeitä. Habitaattityyppi riippuu alueesta ja monista muis-takin tekijöistä kuten veden suolaisuudesta, pohjan laadusta, alueen avoimuudesta ja syvyydestä. Myös se, onko alue osa saaristoa vai rannikolla, sekä sen eristyneisyys ympäröivästä merialueesta vaikuttavat paljon habitaattityyppiin.

Jotkut merialueet erkanevat maan kohotessa hitaasti merestä ja muodostavat suljettuja altaita ja laguuneja, joiden vedenvaihtoa mereen rajoittavat matalat vedenalaiset kynnykset. Matalia laguuneja kutsutaan fladoiksi.

Fladan synty voidaan jakaa neljään vaiheeseen: varhaisim-malla vaiheella on vielä melko avoin yhteys mereen, myöhäisin kluuviflada on lähes täysin erottautunut ja merivettä virtaa sisään vain ajoittain (esimerkiksi kun vesi on poikkeuksellisen korkealla tai myrskysäällä). Kluuvijärvi on kluuviflada, jolla ei ole enää hydrologista yhteyttä mereen. Kaikkia kehitysproses-sin vaiheita kutsutaan yleisesti fladoiksi. Fladan eri kehitysvaiheet ovat tyyppillisiä sisä- ja ulkosaaristossa, jotka muodostuvat lahtien, matalien salmien ja avomeren ulokkeiden mosaiikista.

Matalissa ja suljetuissa fladoissa vesi lämpenee keväällä nopeasti ja biologiset prosessit alkavat aiemmin kuin avoi-memmilla merialueilla. Matalat lahdet ja fladat tarjoavat hyvän ympäristön vesikasveille, koska niiden pohjasedimentti on ravinteikasta ja valoa on paljon. Fladojen vesikasviyhteisö onkin yleensä runsas ja lajistoltaan vaihteleva. Perustuotan-non määrä on suuri, mikä lisää sedimentoituvan aineksen määrää; runsas sedimentaatio edistää alueen mataloitumista. Kasvi- ja eläinyhteisöt muuttuvat seuraten fladan kehitysvai-heita ja vähittäistä eristäytymistä merestä.

Matalat vedet, suojaiset lahdet ja fladan eri kehitysstasteet ovat tuottavia ympäristöjä. Tiheä vesikasvillisuus pitää veden kirkkaana, mikä helpottaa eliöiden suunnistusta. Kasvillisuus tarjoaa suotuisan elinympäristön pohjaeliöstölle kuten simp-pukoille, madoille, äyriäisille, hyönteisille ja kaloille. Monet kala- ja lintulajit kuten kalasääski, räyskä ja monet vesilinnut ruokailevat matalassa vedessä. Vesikasvillisuuden ja vesilin-nuston monimuotoisuus ruokkivat toinen toisiaan.

Fladat, kluuvit ja kluuvifladat ovat ihanteellisia lisäänty-mispaikkoja monille lajeille. Makeasta vedestä kotoisin ole-vat murtoveteen sopeutuneet lajit palaavat kutemaan fladan vähäsuolaiseen veteen: ahven (*Perca fluviatilis*), hauki (*Esox*

lucius), lahna (*Abramis brama*), säyne (*Leicius idus*), särki (*Rutilus rutilus*).

Kluuvit ja kluuvifladat toimivat myös monien kalanpoikas-ten lastentarhoina; veden nopea lämpeneminen keväällä edis-tää niiden kasvua ja runsas vesikasvillisuus tarjoaa kaivattua suojaa.

Eristäytyneen fladan vesi säilyy kirkkaana, vaikka ympä-röivä merialue rehevöityisi. Fladat ovatkin turvapaikkoja monille rehevöitymisestä kärsiville vesikasveille ja leville (esi-merkiksi näkinpartaiset), jotka uhkaavat hävitä rehevöity-neiltä merialueilta.

Talvella veteen kertyy runsaasti leville käyttökelpoisia ravinteita, mutta valon vähyys (lyhyt valoisa aika, jääpeite) estää levien runsastumisen ja vedessä on vain vähän leväso-luja. Planktoneliöstö talvehtii lepomuotoina meren pohjalla. Keväällä, kun jää sulaa, valon määrä kasvaa ja vesi kerrostuu, kasviplanktonin määrä lisääntyy nopeasti: mikrolevien kevät-kukinta (piilevät, panssarisiimalevät) värjää veden ruskeaksi. Kasviplanktonia syövän eläinplanktonin määrä lisääntyy nopeasti ravinnon määrän kasvaessa. Eläinplanktonin lisääntymistä seuraa pienellä viiveellä petoeläinplanktonin ilmestyminen.

Levien kevät-kukinta kuluttaa nopeasti pintakerroksen liukoiset ravinteet. Ravinteiden ehtyessä kukinta loppuu ja kuollut kasviplankton laskeutuu pohjalle (sedimentaatio). Mikrolevien kukinnan loppuessa myös eläinplanktonin määrä romahtaa. Alkukesällä kasviplanktontuotanto on vähäistä ja vesi kirkastuu jälleen.

Kevään ja kesän kuluessa veden pintakerros lämpenee ja muodostuu termokliini, joka erottaa toisistaan lämpimän pintakerroksen ja sen alapuolisen kylmän veden. Kesän aikana vesi sekoittuu vain termokliiniin asti, joten kasviplankton pysyy lämpimässä pintakerroksessa. Mikrolevät kuluttavat valoisan kerroksen ravinteet loppuun jo kesän alussa. Voimakas tuuli voi ajoittain murtaa termokliinin, jolloin ravinteikasta vettä työntyy syvemmältä pintakerrokseen. Jos myöhäiskesällä tätä pintakerroksen ravinnelisäystä seuraa tyyni ja lämmin sääjakso, saattavat sinilevät lisääntyä ja muodostaa laajoja kelluvia leväkasaukia (levälauttoja). Samoin kuin keväällä sinilevienkin kukintaa seuraa eläinplanktonin määrän lisääntyminen. Myös sedimentaatio kasvaa vaikkakaan ei niin paljon kuin kevät-kukinnan jälkeen, koska suurin osa sinilevistä hajoaa jo vesipatsaassa eivätkä laskeudu pohjalle. Kevät-kukinnan levämäärät ovat myös huomattavasti suurempia kuin kesäaikaisten leväkukintojen.

Syksyllä pintakerros viilenee ja vesi alkaa sekoittua syvem-mälle hävittäen termokliinin. Näin syysmyrskyt pääsevät sekoittamaan veden pohjaan tai pysyvään halokliiniin asti, jos sellainen on. Ravinteikas vesi leviää koko vesipatsaaseen tai pysyvän halokliinin yläpuolella, mutta lämpötila ja valon vähyys estävät kasviplankton määrän lisääntymisen. Kasviplankton alkaa jo valmistautua talven tuloon muodostamalla lepomuotoja. Kuitenkin vielä syksyllä erityisen lämpiminä ja tyyninä jaksoina pienet piilevät voivat vielä muodostaa kukintoja.

Meren ulpan ekosysteemi koostuu monien kemiallis-fysiikaalisten ja biologisten tekijöiden vyyhdistä; sen toiminta alkoi avautua tutkijoille vasta 1980-luvulla. Tutkimukset paljastivat perustuotannossa syntyvän orgaanisen aineen ja energian siirtyvän ravintoverkossa eteenpäin kahta reittiä: laidunnusketju ja mikrobisilmukka.

Laidunnusketjussa perustuotanto siirtyy korkeamman tason kuluttajille eläinplanktonin kautta. Ketjun pituus perustuottajasta huippupetoihin vaihtelee. Ravintoketju voi lyhyimmillään johtaa eläinplanktonista, tai jopa suoraan perustuottajista, niitä syöviin kaloihin. Toisaalta ketju voi olla hyvinkin pitkä ja edetä useissa perättäisissä jaksoissa, joissa suuremmat syövät pienempiä; energiaa siirtyy vaiheittain korkeamman

tason kuluttajille. Bakteerit hajottavat kuollutta eloperäistä ainesta, kasveja ja eläimiä, palauttaen ravinteita takaisin veteen levien käyttöön.

Koska mikrobisilmukan toimintaa alettiin ymmärtää vasta vähitellen, jäi se pitkään perinteisen laidunnusketjun varjoon. Sittenkin ulpan ravintoverkkotutkimukset ovat osoittaneet sen tärkeyden ravinteiden kierrätyksessä. Mikrobisilmukan lähtökohta on liennut orgaaninen aine (DOM), joka koostuu valkuaisaineista (proteiinit) ja muista orgaanisista molekyyleistä. Liennutta orgaanista ainetta vapautuu veteen aineenvaihdunnan sivutuotteena, ulosteiden mukana ja erilaisissa prosesseissa kuten erittymällä kasveista ja eläinplanktonin ”sotatessa” syödessään (laidunnus).

Perustuottajat ja kuluttajat eivät kykene hyödyntämään liennutta orgaanista ainetta. Sen sijaan mikrobit (bakteerit, sinilevät, pikoplankton) käyttävät sitä energianlähteenään; mikrobit ovat pienien flagellaattien ravintoa. Pieniä flagellaatteja syövät puolestaan isommat flagellaatit, ripsieläimet ja rataseläimet (mesoplankton). Mikrobisilmukan toiminta etenee kookkaamman eläinplanktonin kautta ja päättyy lopulta huippupetoihin. Mikrobisilmukka palauttaa liennutta orgaanista ainetta takaisin ravintoverkkoon, jossa se hajotetaan perustuottajille käyttökelpoisen epäorgaaniseen muotoon. Mikrobisilmukan toiminta on tehokkainta kesällä termokliinin yläpuolisessa lämpimässä vesikerroksessa.

13 Ulapan ekosysteemi: mittakaavoja

Meidän on vaikea ymmärtää meressä elävien eliöiden mittasuhteita, etenkin jos niitä ei voi nähdä. Hahmottamista helpottaa merieliöiden vertaaminen meille tutumpiin asioihin.

Jos bakteerin pituus vastaisi etäisyyttä lähikauppaan, niin harmaahylkeen pituus vastaa matkaa maasta kuuhun.

Mittakaavalla on merkitystä sekä suhteessa eliön kokoon että niiden käyttämään tilaan. Vaikka vesipisarassa on miljoonia bakteereita, ei niillä ole ahdasta vaan yksilöiden välille jää runsaasti tilaa. On kuitenkin hyvä muistaa ettei bakteerin ja silakan tilantarve ole suhteessa niiden kokoon; kala tarvitsee suhteessa paljon enemmän tilaa liikkumiseen ja ravinnonhankintaan kuin bakteeri. Myös eri eliöiden elinkaaren pituus vaihtelee valtavasti; mikrolevän elämä voi kestää ehkä vain muutaman tunnin, kun taas harmaahylje saavuttaa sukukypsyyden vasta kolmivuotiaana ja voi elää yli 40 vuotta.

Itämeren ominaispiirteet tekevät siitä herkän niin merellä kuin maallakin tapahtuvan ihmistoiminnan vaikutuksille. Ihmisen toiminta kuormittaa meriympäristöä pääasiassa: 1) lisäämällä ravinteiden ja orgaanisen aineen sekä 2) haitallisten aineiden määrää, 3) aiheuttamalla biologisia häiriöitä että 4) häiritsemällä hydrologisia prosesseja, 5) poistamalla tai 6) vahingoittamalla merenpohjaa sekä 7) aiheuttamalla muuta fyysistä häiriötä.

Ravinteiden ja orgaanisen aineen lisääntyminen. Rehevöityminen johtuu ravinteiden, typen ja fosforin, liiallisesta kuormituksesta Itämereen. Ravinteet ovat peräisin sekä piste- että hajakuormituksesta: jätevesipuhdistamot, maatalous, vesiviljely, teollisuus, kaukokulkeuma, metsätalous, ilmalaskeuma. Orgaanista ainetta päätyy mereen jätevesipuhdistamoista, vesiviljelystä, maa- ja metsätaloudesta; sen lisääntyminen kasvattaa hapen kulutusta ja voi johtaa syvänteiden pohjan läheisten vesikerrosten hapettomuuteen. (Rehevöitymisestä kerrotaan lisää kuvissa 17–19.)

Haitallisten aineiden aiheuttama pilaantuminen. Haitalliset aineet ovat usein pysyviä, ne kertyvät eliöihin ja ovat niille myrkyllisiä. Maalta peräisin olevia haitallisia aineita päätyy Itämereen sekä piste- että hajakuormituksesta. Piste-mäisiä päästöjä tulee jätevesipuhdistamoista, kaatopaikoilta ja teollisuudesta. Hajakuormitusta tulee jokien kuljettamien saasteiden mukana valuma-alueilta mutta myös kaukaa ilmalaskeumana (kaukokulkeuma). Kuormitus on peräisin kotitalouksien kemikaaleista ja torjunta-aineista sekä energiantuotannosta. Myös merellä tapahtuva toiminta kuten, laiva-

liikenne, rakentaminen (satamat, laivaterminaalit, öljylautat), ruoppaukset, läjitykset ja kalastus kuormittavat merta. Haitallisista aineista kerrotaan tarkemmin kuvissa 21 ja 22.

Biologinen häiriö. Biologisia häiriöitä meriympäristössä aiheuttavat lajien valikoiva poisto, vieraslajien saapuminen ja taudinaiheuttajamikrobit (mikrobipatogeenit). Kalastus verottaa lähinnä petokalojen kuten turskan, kuhan, hauen ja lohen kantoja, ja muuttaa samalla Itämeren ravintoverkon rakennetta. Pahimmassa tapauksessa kalakantoja kalastetaan liikaa (esimerkkinä turska (kuva 23)). Vieraslajit saapuvat Itämereen yleensä tahattomasti laivaliikenteen mukana painolastivedessä tai laivan rungolla; osa lajeista on myös istutettu tänne tarkoituksella. Vieraslajit voivat olla ovat uhka Itämeren ekosysteemille (kuva 20). Mikrobipatogeenia voi päästä mereen karjataloudesta lannan mukana, matkustajalaivoista, jätevesipuhdistamoilta ja vesiviljelystä. Patogeeniset mikrobit kuten salmonella ja listeria voivat aiheuttaa ihmiselle vakavan sairauden.

Häiriö hydrologisissa prosesseissa. Rannikkorakentaminen (esimerkiksi jätevesipuhdistamot, voimalaitokset, padot, sillat, tuulivoimalat, puolustusrakennelmat) voi muuttaa meren lämpötila- ja suolaisuusolosuhteita. Esimerkiksi rannikolla sijaitsevat voimalaitokset voivat paikallisesti lämmittää ja/tai makeuttaa merkittävästi merta muuttaen näin alueen tuottavuutta ja lajikoostumusta.

Merenpohjan fyysinen menetys. Rakentaminen (satamat, tuulivoimalat, kaapelit, laiturit, sillat, putket) sekä ruoppaus-

ja läjitystoiminta voivat muuttaa tai tukahduttaa merenpohjaa. Merenpohjan fyysinen menetys tuhoaa lajien luonnollisia elinympäristöjä vaikuttaen niiden monimuotoisuuteen sekä runsauteen.

Merenpohjan fyysinen häiriö. Koviin pohjien liettyminen, merenpohjan kuluminen ja merenpohjien raaka-aineiden hyödyntäminen voivat johtaa elinympäristöjen katoamiseen. Ne muuttavat pohjien fysikaalisia ja biologisia ominaisuuksia, mikä voi uhata luontotyyppien ja elinympäristöjen säilymistä. Fyysinen vahinko aiheutuu etupäässä meren raaka-aineiden hyödyntämisestä ja merenpohjan rakentamisesta, ruoppauksesta, läjityksestä, rannikon laivaliikenteestä, ankkuroinnista ja kalastuksesta (pohjatroulaus).

Muut fyysiset häiriöt. Meren roskaantuminen on uhka meren elämälle. Makroskooppiset roskat ovat peräisin kalastuksesta, laivaliikenteestä, huviveneilystä, turismista ja rannikkoasumisesta. Mikroskooppista roskaa syntyy esimerkiksi muovijätteen hajoamisesta. Vedenalaisen melun lähteitä ovat laivaliikenne, kalastus, huviveneily, rakennustyöt, tuulivoimalat ja sotilaallinen toiminta. Vedenalaisen melun vaikutuksia Itämerellä ei juuri tunneta. Sen sijaan vedenalaisen melun tiedetään muilla merialueilla häirinneen nisäkkäiden kommunikaatiota ja aiheuttaneen valaiden rantautumisia.

Ihmisten ravintovalinnoilla on vaikutusta Itämeren tilaan, koska maanviljely ja karjatalous sekä niihin kytkeytyvä ruoantuotanto lisäävät ympäristöongelmia (kuten rehevöityminen ja ilmastonmuutos). Toisaalta Itämeren tila, mereen ja merestä saataviin ravintoaineisiin kertyneet haitalliset aineet, voi vaikuttaa ihmisen terveyteen.

Lautasmalli antaa ravintosuosituksia terveellisten aterioiden koostumuksesta; se käy yleensä yksin pienempien ympäristövaikutusten kanssa. Lautasmallin ateria koostuu kolmesta osasta: puolet vihanneksia, yksi neljännes proteiineja (esimerkiksi lihaa, kalaa ja papuja), yksi neljännes hiilihydraatteja (esimerkiksi perunaa, riisiä ja pastaa). Lisäämällä kasvis-ten osuutta voidaan vähentää ympäristövaikutuksia kuten kasvihuonekaasu- ja ravinnepestöjä sekä torjunta-ainepestöjä, mikä edistää myös positiivisia terveysvaikutuksia.

Pääosa maatalouden ravinnepestöistä on peräisin lihan tuotannosta; naudanlihan tuotanto rehevöittää eniten. Karjatalouden ravinnepestöt riippuvat syötetyn rehun laadusta (esimerkiksi kasviperäisestä rehusta viljat rehevöittävät eniten). 80 % Itämeren alueen viljasadosta käytetään eläinten rehuksi. Maanviljelystä huuhtoutuvat ravinteet ovat ravin-

nepestöjen päälähte ravintoketjussa. Ravinnehuuhtouman määrä riippuu muun muassa maaperän laadusta ja kunnosta sekä pellon kaltevuudesta.

Sianlihan tuotanto rehevöittää kolme kertaa vähemmän ja kananmunien tuotanto kahdeksan kertaa vähemmän kuin naudanlihan tuotanto. Ero johtuu pääasiassa erilaisesta maanalan tarpeesta (rehuntuotanto, laidunnus) sekä syntyvän lannan määrästä. Toisin sanoen nautakarja tarvitsee enemmän rehua ja laidunnusmaata, sekä tuottaa enemmän lantaa kuin siat ja kanat. Kasvisravinto rehevöittää noin viisi kertaa vähemmän kuin eläinperäinen ravinto. Lihankulutuksen vähentäminen Itämeren alueella on yksi tapa pienentää rehevöitymistä. Kirjolohi – jota kasvatetaan paljon Suomen, Viron ja Ruotsin kalanviljelylaitoksilla – rehevöittää merkittävästi Itämerta. Kalanviljelylaitoksilta tulevat ravinteet voimistavat ennen kaikkea meren paikallista rehevöitymistä. Luonnon kalakannoilla on päinvastainen vaikutus rehevöitymiseen; silakan kalastus poistaa fosforia Itämerestä. Silakan syöminen onkin toinen tapa vähentää rehevöitymistä.

Valitettavasti osalla Itämeren tarjoamasta ruuasta voi olla haittavaikutuksia ihmiselle niiden sisältämien vaarallisten

aineiden vuoksi. Monet Itämeren kookkaimmat kalalajit sisältävät paljon haitallisia aineita (esim. dioksiinia, furaaneja, PCB-yhdisteitä), jotka voivat olla myrkyllisiä ja vaaraksi ihmisille. Vaikka kalan ravintoarvo on hyvä, riskiryhmien suositellaan välttävän tai rajoittavan tiettyjen Itämeren kalalajien kuten silakan, lohen ja taimenen käyttöä. Näiden kalalajien sisältämien haitallisten aineiden tiedetään aiheuttavan ihmisellä syöpää, sekä käyttäytymis- ja immunitetihäiriöitä. Viljelty kirjolohi sisältää huomattavasti vähemmän PCB-yhdisteitä kuin luonnon kalakannat. Haitallisia aineita voi muodostua myös ruoan tuotannossa ja valmistuksessa; syöpäriskiä lisäävää akryyliamidia muodostuu tärkkelyspitoisten ruokien kuten ranskanperunoiden ja perunalastujen valmistuksessa, kun lämpötila nousee yli 120 asteen.

Seuraavan sadan vuoden aikana meren pintalämpötilan on ennustettu nousevan useilla asteilla. Itämerellä kesän pintalämpötila voi nousta 2 astetta eteläosissa ja 4 astetta pohjoisosissa. Myös talviaikainen sadanta kasvaa, mutta kesät tulevat kuumemmiksi ja kuivemmiksi erityisesti eteläisellä Itämerellä.

Jos sadanta ja jokivirtaamat kasvavat, Itämeren vesi muuttuu makeammaksi. Suolaisuuden lasku voi vähentää merilajien määrää. Nyt dominoivien merilajien (kuten rakkolevä ja sinisimpukka) levinneisyyden raja siirtynee etelämmäksi. Nämä lajit muodostavat tärkeitä elinympäristöjä ja ovat ravinnonlähteitä monille selkärangattomille eliöille sekä kaloille ja linnuille. Ilmastonmuutoksen edetessä myös joidenkin mereisten kalalajien kuten kampelan ja Itämeren turskan elinolosuhteet huononevat pohjoisella Itämerellä. Meriajokas, jota esiintyy Suomessa vain Saaristomerellä, voi hävitä merialueiltamme tyystin. Sitä vastoin makeanveden lajit kuten särki ja jotkut vesikasvit voivat lisääntyä.

Myös meriveden lämpeneminen muuttaa lajisto- ja yhteisö-rakenteita. Lämmintä vettä suosivien lajien määrä kasvaa ja ne levittäytyvät pohjoisemmaksi. Nykyistä lämpimämpi Itämeri on todennäköisesti otollisempi elinympäristö eteläisemmiltä merialueilta tuleville vieraslajeille. Erityisesti vuosittaisesta jääpeitteestä riippuvaiset lajit kuten norppa sekä jään mikrobiyhteisöt tulevat kärsimään jääpeitteen vähenemisestä.

Lisääntyvä makeanveden valunta voi kasvattaa meren ravinnekuormaa erityisesti alueilla, joilla maa pysyy sulana lähes ympäri vuoden voi. Ravinteiden lisääntyminen kiihdyt-

tää levien perustuotantoa ja sedimentaatiota, joka puolestaan lisää orgaanisen aineen hajotusta ja hapen kulutusta pohjilla. Kun happi loppuu, sedimentin pidätyskyky heikkenee ja veteen vapautuu ravinteita, erityisesti fosforia. Tätä meren sisäisten prosessien hapettomissa olosuhteissa aiheuttamaa ravinnevuota pohjasta veteen kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi. Fosforin vapautuminen sedimentistä suosii sinileväkukintojen syntyä; sinileväkukinnat puolestaan edistävät typensidontaa, sillä sinilevät kykenevät sitomaan ilmakehän typpeä. Tämä kokonaisuus kiihdyttää perustuotantoa ja lisää entisestään sedimentoituvan orgaanisen aineen määrää. Tämä rehevöitymisen ”noidankehä” voimistunee ilmastonmuutoksen edetessä ainakin varsinaisen Itämeren etelä- ja keskiosissa sekä Suomenlahdella.

On todennäköistä että ilmastonmuutoksen seuraukset vaihtelevat merialueittain. Esimerkiksi Pohjanlahdella lisääntynyt makeanveden valunta ei voimista rehevöitymistä, koska alueen jokivesi sisältää paljon liuennutta orgaanista hiiltä (DOC; dissolved organic carbon; esim. humus). Liuennut orgaaninen hiili edistää levien kanssa ravinteista kilpailevien mikrobien kasvua; mikrobit sieppaavat ravinteita omaan käyttöönsä, jolloin rehevöityminen etenee hitaammin kuin jos veden ravinnepitoisuudet olisivat korkeammat.

Ilmastonmuutoksen ennustetaan nostavan valtameren pinnankorkeutta ainakin 18–59 cm vuoteen 2100 mennessä. Näin arvioi kansainvälisen hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneeli IPCC vuonna 2007. Itämeren pohjoisimmassa osissa

maankohoaminen toimii päinvastaiseen suuntaan; Pohjanlahdella merenpinnankorkeuden arvioidaan laskevan. Ahvenanmeren ja Saaristomerren välisellä alueella maankohoaminen ja merenpinnan nousu todennäköisesti kompensoivat toistensa vaikutukset; muilla Itämeren alueilla vedenpinta saattaa nousta. Nämä muutokset vaikuttaisivat voimakkaasti matalan veden ja rannikon yhteisöjen rakenteeseen ja toimintaan.

Ilmastonmuutokseen kytkeytyvä ilmakehän hiilidioksidin määrän kasvu saa aikaan paitsi valtamerien myös Itämeren happamoitumisen. pH:n lasku estäisi simpukoiden ja muiden kuorellisten eliöiden kalkinmuodostusta. Happamoitumisen vaikutuksia Itämerellä ei vielä tunneta.

Ilmastonmuutos etenee hitaasti ja erilaisiin malleihin (ilmasto, oseanografia, ekosysteemi) sisältyy paljon epävarmuustekijöitä; näin ollen ilmastonmuutoksen vaikutuksista Itämerellä ei voida sanoa mitään varmaa.

Ravinteiden saatavuus on yksi perustekijöistä, jotka säätelevät levien ja vesikasvien kasvua. Kun veteen päätyy paljon ravinteita, se vaikuttaa merkittävästi levien ja kasvien määrään ja lajistoon; vesialue rehevöityy. Itämeren rehevöittävät erilaiset typpi- ja fosforiravinteet. Itämeren ominaispiirteet, kuten rajoittunut vedenvaihto Pohjanmereen, veden kerrostuneisuus ja veden hidas vaihtuvuus, tekevät merialueesta erityisen herkän runsaan ravinnekuormituksen vaikutuksille.

Vaikka pääosa ravinnekuormituksesta on ihmisten toiminnan aiheuttamaa (antropogeeninen), meren luonnolliset prosessit kuten sisäinen kuormitus (fosforin vapautuminen sedimentistä hapen loppuessa) ja sinilevien sitoma ilmakehän typpi (N_2) voimistavat rehevöitymisen vaikutuksia.

Rehevöitymisellä on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Alussa vaikutukset ovat positiivisia: kasvava perustuotanto (levätuotanto) kasvattaa eläinplanktonin määrää ja sitä kautta planktonia syövien kalojen ja pohjaeläinten määrää. Tämän myötä joidenkin kalalajien saalismäärät kasvavat. Rehevöitymisen jatkuessa negatiiviset vaikutukset korostuvat

ja ekosysteemin toiminta häiriintyy. Monivuotiset rakkoleväkasvustot, jotka ovat tärkeitä elinympäristöjä useille kalapoikasille ja selkärangattomille, kärsivät veden samentumisen ja runsaan päällyskasvuston aiheuttamasta valon vähenemisestä. Yksivuotiset nopeakasvuiset rihmaleväkasvustot hyötyvät korkeasta ravinnepitoisuudesta; ne tarjoavat ”lastentarhan” runsaalle joukolle selkärangattomia eläimiä, jotka siirtyvät aikuistuttuaan laiduntamaan rakkolevää. Kasvava laidunnuspaine lisää rakkoleväkasvuston stressiä. Rakkoleväkasvustojen mukana häviää myös sen suojissa asustava monimuotoinen eliöstö.

Kasviplanktonin kiihtynyt kasvu synnyttää levien massaeiintymiä (kukinnat). Leväkukinnat, joista osa on myrkyllisiä, ovat tuttu ilmiö Itämerellä. Voimakkaat kukinnat haittaavat merialueen virkistyskäyttöä sekä sen taloudellista hyödyntämistä. Sinilevien vuosittaiset myrkylliset kukinnat ovat terveysriski myös ihmisille ja eläimille.

Rehevöityminen samentaa vettä, mikä vähentää veteen tunkeutuvan valon määrää; näkösyvyys pienenee. Valon määrän

vähentyminen supistaa myös vesikasveille soveltuvien elinympäristöjen alaa. Elävästä ja kuolleesta levästä koostuvat ajelehtivat ”levämatot” laskeutuvat pohjalle suojaisilla paikoilla. Levämattojen hajotus kuluttaa hapen pohjanläheisestä vesikerroksesta, ja tukahduttaa pohjaeläinyhteisöt.

Pintakerroksen kohonnut perustuotanto johtaa sedimentaation kasvuun; erityisesti syvien sedimentaatioalueiden pohjille vajoaa yhä enemmän orgaanista ainesta. Pohjille laskeutuneen orgaanisen massan mikrobihajotus kuluttaa happea ja syvien pohjien happitilanne heikkenee. Kun happi on kulutettu kokonaan loppuun, alkaa muodostua happivajetta mikrobien tuottaessa erittäin myrkyllistä rikkivetyä (H_2S). Vähitellen myös pohjaeläinten ja kalojen elinolosuhteet huononevat. Hapettomilta pohja-alueilta pohjakalat kaikkoavat ja pohjaeläimet kuolevat. Näin syntyy laajoja merenpohjan alueita, jotka ovat täysin vailla makroskooppista elämää.

Rehevöitymisen perussy on ihmistoiminnasta peräisin oleva ravinnekuormitus. Meren sisäiset prosessit, kuten ravinteiden vapautuminen sedimentistä (sisäinen kuormitus), voimistaa edelleen rehevöitymisen vaikutusta. Itämeressä sisäinen kuormitus kasvattaa voimakkaasti rehevyytystasoa, koska typen ja fosforin kierrot kytkeytyvät saatavilla olevan hapen määrään. Tämä itseään ruokkivaa prosessia kutsutaan Itämeren noidankehäksi.

Typen sekä maalta tuleva kuormitus että ilmalaskeuma kiihdyttävät kasviplanktonin (esimerkiksi panssarisiimalevien) tuotantoa. Fosforikuormitus suosii erityisesti sinibakteerien eli sinilevien kasvua.

Rehevöitymisen seurauksena syntyy yhä enemmän kasviplanktonia, mikä lisää orgaanisen aineksen sedimentta-

tiota ja hajotusta; runsas mikrobihajotus kuluttaa pohjien happea nopeammin, mikä johtaa lopulta hapen loppumiseen (anoksia). Hapettomissa oloissa ravinteita, erityisesti fosforia, vapautuu sedimentistä takaisin veteen, mikä puolestaan voimistaa sinileväkukintoja.

Pohjien ravinnevarasto on pääosin peräisin ihmistoiminnasta. Kun happi loppuu halokliinin alapuolisesta kerroksesta, sedimentteihin sitoutunut suuri ravinnevarasto vapautuu takaisin veteen. Ravinteita on varastoitunut Itämeren pohjille tuhansien vuosien ajan, mutta antropogeeninen kuormitus on kasvanut valtavasti viime vuosikymmeninä lisäten merkittävästi sedimentaation määrää ja sen myötä pohjien ravinnevarastoja. 1900-luvulla sedimentaationopeus Itämeressä nousi 60 %.

Muista levistä poiketen sinilevät pystyvät sitomaan ilmakehän typpeä (N_2); sinileväkukinnat eivät ole sidoksissa ihmistoiminnasta tulevaan typpikuormaan. Sinilevien typensidonta kasvattaa muillekin leville käyttökelpoisen typen määrää vedessä. Sen lisäksi sinilevien hajotessa pintakerroksessa vapautuu typpeä veteen.

Tämä ravinteiden noidankehä voidaan katkaista vain vähentämällä ihmistoiminnasta tulevaa ravinnekuormaa. Vain ulkoisen kuormituksen vähentäminen voi lopulta johtaa myös sisäisen kuormituksen vähenemiseen.

Rehevöitymisen vaikutukset näkyvät koko Itämeressä, mutta niiden voimakkuus ja laajuus vaihtelevat eri alueilla. Tällä hetkellä pahiten rehevöityneitä alueita ovat Suomenlahti, varsinaisen Itämeren pohjoisosa ja Tanskan salmet. Sitä vastoin suurin osa Perämerestä, osa Selkämeren rannikkoalueista sekä Kattegat ovat säästyneet melko hyvin rehevöitymisen vaikutuksilta.

Ravinteet joutuvat Itämereen vesitse joko jokien mukana tai pistepäästöinä suoraan mereen sekä ilmalaskeuman kautta suoraan mereen. Valtaosa vesitse tulevasta ravinteesta on lähtöisin hajakuormituksesta, pääosin maataloudesta; yli 70 % typen ja 60 % fosforin jokikuormituksesta on peräisin maataloudesta. Muita tärkeitä hajakuormittajia ovat haja-asutus, metsätalous ja sisävesien kautta tuleva ilmalaskeuma. Hajakuormituksen jälkeen tärkein vesitse tuleva kuormituslähde on pistekuormitus (esimerkiksi asumisjätevedet, teollisuus, kalanviljely).

Antropogeenisten ravinteiden lisäksi luonnollinen taustakuorma (esim. eroosio ja huuhtouma luonnontilaisilta maa-alueilta) kasvattaa vesien kautta mereen päätyvää kuormaa. Taustakuorma onkin – hajakuormituksen ja pistekuormituksen jälkeen – kolmanneksi suurin Itämereen tulevien ravinteiden lähde. Rantavaltioiden ulkopuolelta, muista valuma-alueen maista, tulevan fosfori- ja typpikuorman osuus on vain 10 % vesitse tulevasta kokonaiskuormasta. Tästä rajat ylittävistä kuormista pääosa on lähtöisin hajapäästöistä.

Itämereen päätyvästä typestä noin 25 % ja fosforista 1–5 % tulee ilmalaskeumana. Typen ilmalaskeuma (N_2) on peräisin liikenteestä (meri-, lento- ja maantiiliikenne), energiantuotannosta, teollisuuden palamisprosesseista sekä eläinten lannasta ja karjanhoidosta. Yli puolet ilmalaskeumasta on peräisin rantavaltioista, kolmannes tulee kaukokulkeumana valuma-alueen ulkopuolelta ja alle 10 % meriliikenteestä.

Yllämainittujen lisäksi kokonaiskuormitukseen vaikuttaa meren sisäisten prosessien aiheuttama ravinteiden vapautuminen sedimentistä (sisäinen kuormitus). Kuitenkin vain ulkoinen kuormitus lisää ravinteiden nettomäärää vedessä. Hapellisissa oloissa merenpohjan sedimentti sitoo itseensä suuren määrän fosforia, joka hapettomissa olosuhteissa vapautuu takaisin veteen. Erityisesti sinilevät kykenevät käyttämään hyväkseen tätä vapautuvaa fosforia (kuva 16). Vain vähentämällä maalta tulevaa – sekä fosforin että typen – ravinnekuormaa, voidaan parantaa sedimentin kykyä pidättää ravinteita.

Vuonna 2010 vesitse Itämereen tuleva kokonaiskuorma oli 894 000 tonnia typpeä ja 36 200 tonnia fosforia. Typpikuormasta suurin osa oli peräisin Puolasta (34 %), seuraavina Ruotsi (13 %), Venäjä (12 %), Latvia (10 %) ja Suomi (8 %). Fosforikuorman jakautuminen noudatti lähes samoja linjoja: Puola (41 %), Venäjä (17 %), Ruotsi (10 %), Latvia (9 %) ja Suomi (8 %). On kuitenkin huomioitava, että kuvassa olevat Latvian, Liettuan, Puolan ja Ruotsin kokonaiskuormitusluvut sisältävät myös rajojen takaa tulevan kuormituksen.

Ravinteiden pistekuormituksen vähentäminen on yleensä helpommin toteutettavissa ja halvempaa kuin hajakuormituksen. Viime vuosikymmeninä monien suurimpien pistekuormittajien, asukasjätevesien, kuormitusta onkin onnistuttu vähentämään. Asukasjätevesidirektiivin toimeenpanon myötä on EU:n jäsenvaltioissa odotettavissa lisävähennyksiä. Valitettavaksi Itämerellä direktiivin vaatimukset ovat aivan liian väljiä (kuva 23). Pietarista tuleva jätevesikuormitus oli aiemmin alueen suurin kuormittaja ("hot spot"). Pietarin Lounaisen jäteveden puhdistamon valmistuminen vuonna 2005 ja tehokkaan fosforinpoiston käyttöönotto pienensivät merkittävästi jätevesikuormitusta. Vuonna 2012 Pohjoiselle puhdistamolle Neva-joen ali rakennetun, jätevesiä johtavan suuren siirtoviemärin valmistuttua sekä vuoden 2013 lopulla tehtyjen täydennysten jälkeen Pietarin jätevesistä 98,4 % on tehokkaan puhdistuksen piirissä. Pietarin toimenpiteet ovat jo alkaneet näkyä itäisen Suomenlahden tilan parantumisenä. Hajakuormituksen – erityisesti maatalousperäisten ravinnepäästöjen – vähentäminen Itämeren valuma-alueella on nyt ja tulevaisuudessa vaatava ja tärkeä tehtävä.

Vieraslajit ovat toisista ekosysteemeistä peräisin olevia lajeja, jotka ovat siirtyneet ihmistoiminnan seurauksena uuteen ympäristöön. Vieraslajeja pidetään eräänä vakavimmista uhkista maailman meriekosysteemeille ja niillä on usein sekä ekologisia että taloudellisia haittavaikutuksia. Vieraslajit ovat uhka ekosysteemeille siksi, että niille ei monestikaan ole uudessa ympäristössä luontaisia saalistajia tai kilpailijoita. Ne saattavat sen vuoksi lisääntyä ja levittäytyä nopeasti sekä valata tilaa muilta lajeilta. Kaikki vieraslajit muuttavat elinympäristöään sekä lisäävät kilpailua tilasta ja/tai ravinnosta.

Itämeren vieraslajien määrä on kasvanut jatkuvasti ja tähän mennessä on havaittu noin 120 vieraslajia; noin 90 vieraslajia on asettunut pysyvästi ainakin johonkin osaan Itämerta. Vieraslajien levinneisyys ja määrät on esitetty kartassa vasemmalla; vieraslajeja tavataan kaikissa Itämeren osissa. Ne voivat muuttaa huomattavasti meriekosysteemin biologista monimuotoisuutta ja biogeografiaa. Vieraslajeilla voi myös olla haitallisia sosio-ekonomisia vaikutuksia.

Yli puolet Itämeren vieraslajeista on peräisin joko makeista vesistä tai murtovedestä Mustanmeren ja Kaspianmeren suunnalta (Ponto-Kaspian alue), ja Pohjois-Amerikasta. Noin kolmannes vieraslajeista on levinnyt tarkoituksellisesti istutusten kautta. Ehdottomasti eniten Itämereen on siirtynyt vieraslajeja tahattomasti laivaliikenteen välityksellä painolastivesien mukana tai alusten runkoon kiinnittyneenä. Tahattomasti siirtyneitä vieraslajeja (esim. äyriäisiin kuuluva merirokko *Amphibalanus improvisus*) pidetään eräänä vakavimmista uhkista maailman meriekosysteemeille. 'Kylkiäiset' käsittävät vesiviljelyn yhteydessä tai muuten tahallisesti/tahattomasti tuotuja lajeja. 'Muu' sisältää kaikki muut kulkevat kuten kanaalit, kalastus, karkulaiset jne.

Esimerkkejä Itämeren vieraslajeista

Merirokko havaittiin ensi kerran varsinaisella Itämerellä 1850-luvun alussa. Tämä laivaliikenteen mukana saapunut äyriäinen on sittemmin levittäytynyt koko Itämeren alueelle, lukuun ottamatta Perämerta. Merirokolla on ollut sekä ekologisia että taloudellisia vaikutuksia Itämerelle. Se on paitsi muokannut voimakkaasti rannikoiden eliöyhteisöjä, aiheuttanut jopa ihmisten loukkaantumisia, sekä peittänyt lujasti kiinnittyvillä kasvustoillaan alusten pohjia sekä vesirakennelmia (fouling) (esimerkiksi vedenottoputket, lämmöntasaajat).

Hopearuutanaa (*Carassius auratus m. gibelio*) istutettiin Latvian ja Viron pieniin järviin ja lahtiin 1950-luvulla. Hopearuutana tavattiin ensi kerran Riianlahdella vuonna 1985, ja se on sen jälkeen muodostanut lisääntyviä kantoja ja levittäytynyt koko Baltian rannikolle. Helsingin edustalla laji havaittiin vuonna 2009 ja se on sittemmin levittäytynyt myös Suomen lounaisrannikolle. Hopearuutana kasvaa nopeasti, lisääntyy tehokkaasti, ja kilpailee menestyksellisesti alkuperäiskalojen kanssa ravinnosta ja tilasta ja uhkaa siten Itämeren ekosysteemiä.

Äyriäisiin kuuluva liejutaskurapu (*Rhithropanopeus harrisi*) löydettiin 1940-luvulla ensin Saksan rannikolta. Sen jälkeen se on levittäytynyt koko Itämeren rannikolle Ruotsia lukuun ottamatta. Suomesta se löytyi ensi kertaa Saaristomereiltä vuonna 2009. Liejutaskuravun ei vielä tiedetä aiheuttaneen haittoja; se vaikuttaa kuitenkin ekosysteemin toimintaan kilpailemalla alkuperäislajien kanssa.

Nilviäisiin kuuluva vaeltajasimpukka (*Dreissena polymorpha*) levittäytyi matalasuolaiseen ja rehevöityneeseen itäiseen Suomenlahteen 1990-luvulla. Sitä ennen sitä tavattiin eteläisellä Itämerellä, minne se saapui Ponto-Kaspian alueelta 1900-luvun

alussa. Pohjakalat ja linnut käyttävät vaeltajasimpukkaa ravintonaan. Vaeltajasimpukan tiheät kasvustot muuttavat pohjien eliöyhteisöjä ja aiheuttavat myös taloudellista haittaa tukkimalla vesirakennelmia kuten vedenottoputkia.

Äyriäisiin kuuluva koukkuvesikirppu (*Cercopagis pengoi*) saapui Mustanmeren makeimmista osista 1990-luvun alussa. Laji esiintyy runsaana itäisellä Suomenlahdella, mutta sitä tavataan myös Riianlahdella ja Pohjanlahdella. Koukkuvesikirppu kilpailee ravinnosta eläinplanktonia syövien kalojen kanssa, haittaa kalastusta ja aiheuttaa taloudellisia menetyksiä kalastajille: se tarttuu peräväkäsellään pyydyksiin ja limoittaa siten verkkoja

Tutkituimpia Itämeren tulokkaita ovat Marenzelleria-sukuun kuuluvat kolme liejuputkimatoa. Ensimmäiset yksilöt havaittiin Itämeressä 1984 Saksan rannikolla. 1990-luvulla Marenzelleria oli levinnyt ensin itäiselle Suomenlahdella, sittemmin Perämerelle. Nykyisin Marenzelleria-liejuputkimadot ovat yleisiä pehmeillä pohjilla koko Itämeressä, ja siitä on tullut joidenkin pohjayhteisöjen valtalaji. Marenzelleria-yhdyskunnat vaikuttavat veden ja sedimentin väliseen aineiden kiertoon ja muuttavat alkuperäisten pohjaeläinyhteisöjen rakennetta. Niiden tehokas myllerys voi myös parantaa sedimentin hapen kiertoa ja auttaa näin pohjan alkuperäiselioöstöä toipumaan happikadosta.

Amerikan kampamaneetti (*Mnemiopsis leidyi*) on yksi uudemmissa tulokkaista. Laji havaittiin eteläisellä Itämerellä myöhäissyksyllä 2006. Se voi hävittää kalalajien populaatioita ja muuttaa meren ravintoverkon rakennetta. Kampamaneetti kilpailee ravinnosta kalojen kanssa; se syö eläinplanktonia,



kalan mätiä sekä kalanpoikasia. Mustallamerellä kampama-
neetin vaikutus onkin ollut suuri: se on hävittänyt kaupalli-
sesti tärkeitä kalakantoja ja muuttanut ravintoverkon raken-
netta. Itämerellä havaitut lajin aiheuttamat haitat ovat jääneet
pienemmiksi.

Mustatäplätokko (aiemmin mustakitatokko) (*Neogobius
melanostomus*) löydettiin ensin Gdanskin lahdelta vuonna
1990, Saaristomerellä vuonna 2005. Se kilpailee ravinnosta ja
suojapaikoista muun muassa kampelan kanssa, ja voi aiheut-
taa muutoksia ravintoverkon rakenteessa. Gdanskin lahdella
mustatäplätokosta on tullut vapaa-ajankalastajien suosima
arvokala.

Vaikka tässä kappaleessa on käsitelty vain lajeja, jotka ovat
saapuneet Itämereen ihmistoiminnan mukana (tahallisesti
tai tahattomasti), ne kuvaavat hyvin Itämeren ekosysteemissä
tapahtuvia biologisia muutoksia.

Haitallisiksi aineiksi kutsutaan saasteita, jotka ovat 1) myrkyllisiä, pysyviä ja kertyvät eliöihin; 2) aiheuttavat syöpää (*karsinogeeni*), geenimuutoksia (*mutageeni*) tai jotka haittaavat eliöiden lisääntymistä, tai 3) aiheuttavat muutoin vakavaa haittaa. Itämeressä haitalliset aineet voivat aiheuttaa ongelmia ekosysteemissä rikastuessaan ravintoverkossa. Korkeat pitoisuudet ovat myrkyllisiä merieliöille, erityisesti pedoille, ja voivat vaarantaa myös ihmisten terveyden kalansyönnin kautta. Suurin osa Itämerestä on haitallisten aineiden saastuttamaa (katso kuva).

Haitallisia aineita vapautuu ympäristöön koko tuotteen elinkaaren ajan: raaka-aineiden hankintavaiheessa, energian tuotannossa ja käytössä, kuljetuksissa, tuotteen käytössä ja hävityksessä. Maalta peräisin olevat saasteet joutuvat Itämereen sekä piste- että hajakuormituksenä. Pistekuormittajia ovat esimerkiksi asumisjätevesien puhdistuslaitokset, kaatopaikat ja teollisuus. Pääosa lääkeaineista (esimerkiksi antibiootit, masennus- ja mielialalääkkeet, rauhoittavat lääkkeet) joutuu mereen asukasjätevesien puhdistuslaitoksista. Teollisuuden saasteet ovat peräisin esimerkiksi mineraali-, tekstiili- ja kemikaaliteollisuudesta, energiantuotannosta, puhdistamoilta, puunkyllästysaineista, sekä massa- ja paperiteollisuudesta.

Hajakuormitus koostuu jokien tuomista päästöistä ja ilmalaskeumasta, kemikaalit ovat peräisin kotitalouksista (esim. puhdistusaineet, lääkkeet, kosmetiikka), tuholaistorjunta-aineista sekä energiantuotannosta. Maalta peräisin olevien lähteiden lisäksi saasteita tulee myös suoraan mereen (meriliikenne, alustermiinalit, pienvenesatamat, telakat, öljynporauslautat³). Meriliikenteen päästöt joutuvat Itämereen palamisen kautta ilmapäästöinä ja liukenemalla alusten pohjista

(kiinnittymisen estoaineet) sekä tahallisina tai tahattomina öljyn tai muiden vaarallisten aineiden päästöinä.

Klooratut orgaaniset yhdisteet kuten DDT (tuholaistorjunta-aine), PCB-yhdisteet (sekalainen ryhmä teollisuuskemikaaleja) ja dioksiinit, jotka syntyvät muiden kemikaalien sivutuotteina, muodostavat pääosan organohalogeniyhdisteistä. Ne ovat äärimmäisen vaarallisia Itämeren ekosysteemille, koska ne ovat pysyviä, rasvaliukoisia (varastoituvat kudoksiin) ja erittäin myrkyllisiä jo pieninä pitoisuuksina. Muut Itämereen kulkeutuvat klooratut orgaaniset yhdisteet ovat peräisin pääasiassa sellu- ja paperiteollisuudesta. Teknologian kehitys ja lisääntynyt valkaisuun paperin käyttö ovat viime aikoina vähentäneet merkittävästi organohalogeniyhdisteiden päästöjä. Meriympäristöämme uhkaavat kuitenkin edelleen aikojen saatossa meren pohjille sedimentoituneet organohalogeniyhdisteet.

Toinen tärkeä ryhmä ovat palonestoaineet kuten polybromatut difenyylietterit (PBDE-aineet) ja heksabromisyklodekaani (HBCDD-aineet), joita käytetään laajasti muoveissa, tekstiileissä, huonekaluissa ja elektroniikassa, sekä perfluoratut yhdisteet (PFC-aineet), joita käytetään esimerkiksi vaatteissa, kengissä (Goretex), matoissa, huonekaluissa, Teflon-pannuissa, kosmetiikassa, puhdistustuotteissa ja sammutusvaahdoissa. Perfluoratut yhdisteet suojaavat materiaaleja tahroilta, öljyltä ja vedeltä. HBCDD-aineet huuhtoutuvat helposti ympäristöön koko tuotteen elinkaaren ajan; lisäksi ne ovat myrkyllisiä merieliöille ja voivat aiheuttaa nisäkkäille esimerkiksi maksavaurioita ja syöpää. Viime aikoina havaittu PFS-yhdisteiden pitoisuuksien nousu huolestuttaa; ne ovat pysyviä yhdisteitä ja aiheuttavat haittaa ympäristölle.

Viime vuosikymmeninä teollisuuden raskasmetallipäästöt ovat laskeneet. Kuitenkin Itämeren raskasmetallipitoisuudet, kuten kadmium (Cd), nikkeli (Ni), lyijy (Pb) ja kupari (Cu), ovat edelleen korkeammat kuin Pohjameressä. Elohopeapitoisuudet (Hg) ovat samalla tasolla kuin Pohjanmeressä. Itämeren kadmium- ja elohopeapitoisuudet kasvavat edelleen; ne päätyvät Itämereen hajakuormituksesta jokien ja ilman kautta (usein kaukokulkeumana). Raskasmetallit ovat myrkyllisiä merieliöille korkeina pitoisuuksina.

Alhainen lämpötila ja talven jääpeite tekevät Itämeren ekosysteemistä erityisen haavoittuvan öljypäästöille. Öljyä joutuu Itämereen pääasiassa maalta tulevana jatkuvina pieninä päästöinä, paikallisista alusonnettomuuksista sekä alusten tahallista laittomista päästöistä mereen (pilssivesien tyhjennys). Itämeren öljykuljetusten määrä on noussut huomattavasti, mikä lisää öljyonnettomuuden riskiä.

Suurella öljyonnettomuudella olisi vakavat seuraukset linnuille ja rannikon eliöyhteisöille; toisaalta myös pienet mutta jatkuvat öljypäästöt uhkaavat Itämeren ekosysteemiä.

³ Itämerellä on kaksi öljynporauslauttaa: LOTOS (Petrobaltic's "Baltic Beta" (B-3) Puolan talousvyöhykkeen (EEZ) itäosassa, Lukoil (Kravtsovskoye (D-6)) 22.5 km Kaliningradin rannikolta avomerelle.

Haitallisten aineiden eliöstövaikutuksia voidaan tutkia muun muassa molekyyli-, solu-, kudus-, yksilötasolla sekä eliöyhteisö- että ekosysteemitasolla. Monet ympäristötekijät, kuten lämpötila, suolaisuus ja happipitoisuus, vaikuttavat siihen kuinka myrkyllinen kemikaali on eliöille. Eliöiden nuoruusvaiheet ovat yleensä herkimpiä kemikaalien vaikutuksille. Murtovesi on vaativa elinympäristö sekä meri- että makeanveden lajeille, mikä tekee Itämeren eliöstä myös haavoittuvampia haitallisten aineiden vaikutuksille.

Yksilötasolla haitallisilla aineilla voi olla fysiologisia, rakenteellisia (morfologisia) vaikutuksia tai ne voivat aiheuttaa käyttäytymismuutoksia, jotka häiritsevät suoraan eliön toimintaa. Klassinen esimerkki saasteiden suorista morfologisista myrkyllisyysvaikutuksista ovat 1970-luvulla sellutehtaiden lähivesien kalat, joiden evät ja selkäranka olivat epämuodostuneet kehityshäiriön seurauksena. Monien kemikaalien on todettu häiritsevän kalojen ja muiden eliöiden sukupuolen määrääytymistä; tällaisia aineet häiritsevät eliön hormonitoimintaa (hormoni/endokriini-häiritsijät).

Populaatio-, eliöyhteisö- ja ekosysteemitasolla altistuminen haitallisille aineille voi muuttaa eliöpopulaation runsautta, mikä johtuu lajien erilaisesta herkkyydestä ko. aineelle. Meriympäristössä eliöstö altistuu lähes poikkeuksetta eri yhdisteiden sekoituksille, ei yksittäisille yhdisteille. Yhdisteet voivat voimistaa, vaikuttaa samansuuntaisesti tai heikentää toistensa vaikutusta. Lisäksi muut ympäristötekijät voivat vaikuttaa aineiden myrkyllisyyteen. Koska myrkyllisyyteen vaikuttaa niin moni tekijä, ei laboratoriotestein voida arvioida

haitallisten aineiden todellisia vaikutuksia eliöihin niiden luonnollisessa meriympäristössä.

Itämeren harmaahylkeiden (*Halichoerus grypus*) ja merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) kannat romahtivat 1970-luvulla; syyksi todettiin eläinten sisältämät korkeat orgaanisten ympäristömyrkyjen pitoisuudet (DDT ja sen johdannaiset, PCB). Merikotkan lisääntymismenestyksen palautuminen on yhdistetty organoklooriyhdisteiden laskeneisiin ympäristöpitoisuuksiin; DDE ja PCB-yhdisteiden käyttö on nykyisin kielletty (kuva 22 oikealla).

Eliömittausten käyttö puoltaa paikkaansa haitallisten aineiden seurannassa ns. hälytysmittareina ("early-warning"); eliöissä havaittavia biologisia vasteita kutsutaan biomarkkereiksi. Biomarkkerimenetelmien käyttö ympäristöseurannassa antaa tietoa haitallisten aineiden ja niiden sekoitusten vaikutuksista eliöstöön. Biomarkkerimittauksia on tehty Itämerellä myös kaloista, esimerkiksi ahvenesta (*Perca fluviatilis*), kangelasta (*Platichthys flesus*) ja kivinilkasta (*Zoarces viviparus*), sekä paikallaan pysyvistä selkärangattomista, kuten sinisimpukka (*Mytilus* spp.), itämeren simpukka (*Macoma balthica*) ja valkokatka (*Monoporeia affinis*). Biologinen vaste haitalliselle aineelle voi ilmetä esimerkiksi myrkyllisyyttä vähentävän entsyymin aktiivisuuden muutoksena, sekä DNA-, kromosomi- tai solukalvovaurioina. Biomarkkerit voivat ennakoita vakavampia eliön kasvun, lisääntymisen ja yleisterveyden häiriöitä. Alemman tason häiriöt voivat johtaa edelleen vakavampiin korkeamman tason häiriöihin kuten patologiaan muutoksiin, sairastumiseen, huonoon lisääntymismenes-

tykseen ja populaation koon pienenemiseen. Biomarkkerien käyttö ympäristön seurannassa on tärkeää, jotta haitallisten aineiden vaikutus havaitaan nopeasti jo varhaisvaiheessa ja korjaavat toimenpiteet ehditään toteuttaa ennen kuin vahingot ilmenevät populaatio-, eliöyhteisö- ja ekosysteemitasolla.

Esimerkki biomarkkerin käytöstä Itämeren haitallisten aineiden seurannassa on vuonna 1988 aloitetut mittaukset Ruotsin rannikon ahvenista; ethoxy resorufin-O-deethylase (EROD) on vierasainehajotusentsyymi. EROD on maailmalla yleisimmin käytetty biomarkkeri, joka ilmentää altistusta orgaanisille myrkyille kuten dioksiinille, PCB- ja PAH-yhdisteille. EROD-aktiivisuuden kasvu kalan maksakudoksessa yhdistyi gonadosomaattisen indeksin (GSI) laskuun, mikä indikoi lisääntymistehokkuuden laskua (kuva 22 vasemmalla). Eliön biologinen vaste voitiin siis kytkeä alemman tason vakavampiin häiriöihin, jotka saattavat ennakoita korkeamman tason biologisia häiriöitä.

Kalakantojen liikakalastus on yksi Itämeren kalakantoja ja ekosysteemiä uhkaava tekijä. Kalakantaa pyydetään liikaa, kun kalastusmäärä ylittää kannan lisääntymisen ja kasvun. Kaikkia kalakantoja ei Itämeressä nykyisellään hyödynnetä kestäväen käytön periaatteella. Syitä on monia: kalastuslaivaston ylikapasiteetti (kalastuspotentiaali > kestävä saalismäärä), riittämätön valvonta ja sääntely, suuret sivusaaliit, luvaton kalastus. Liikakalastus yhdessä ihmistoiminnan aiheuttaman ympäristön tilan huononemisen kanssa on romahduttanut kalakantoja myös Itämeressä, mm. turskan (*Gadus morhua*) samoin kuin lohen (*Salmo salar*) luonnonkannat.

Itämeren kalasaalis koostuu sekä meri- että makeanveden kaloista; merilajit ovat kaupallisesti arvokkaampia. Vaikka Itämerellä pyydetään yli 150 lajia (kaloja, nilviäisiä, äyriäisiä), kaupallisesti tärkeimpiä ovat Itämeren silakka (*Clupea harengus membras*) kilohaili (*Sprattus sprattus*) ja turska, joiden osuus kokonaissaaliista on noin 95 %. Merilajit kampela (*Platichthys flesus*), punakampela (*Pleuronectes platessa*) ja piikkikampela (*Psetta maxina* tai *Scophthalmus maximus*) ovat paikallisesti tärkeitä saaliskaloja.

Tärkeimmät makeanveden kalat ovat siika (*Coregonus lavaretus*), kuha (*Sander lucioperca*), ahven (*Perca fluviatilis*), hauki (*Esox lucius*) ja lahna (*Abramis brama*). Makeanveden lajeja pyydetään pääasiassa rannikolla ja niillä on tärkeä merkitys Pohjanlahden ja Suomenlahden kalakannoissa. Rannikon kalakantoihin vaikuttaa myös vapaa-ajankalastus; Suomessa tärkeimmät vapaa-ajan kalastajien saalislajit olivat ahven, hauki ja särki.

Myös hydrografia säätelee kalakantoja. Veden suolapitoisuus vaikuttaa sekä Itämeren merilajien että makeanveden

kalojen levinneisyyteen. Useilla merilajeilla on planktinen varhaisvaihe; kun suolaisuus on liian matala mätä voivat vajota halokliinin alapuolelle aina pohjalle asti, missä ne voivat hapen puutteessa tuhoutua. Turskakannat romahtivat 1980-luvun puolivälissä, kun niiden pohjoiset kutualueet kärsivät poikkeuksellisen laajasta happikadosta. Pitkään kestäneen stagnaation jälkeen, on turskakanta onnistunut palautumaan vain Itämeren eteläosiin. Turskasaaliit olivat huipussaan vuonna 1984 (441 000 tonnia) ja alhaisimmillaan vuonna 2008 (62 000 tonnia). Turskakantaa on liikakalastettu vuodesta 2000 yli kestäväen käytön rajan; nykyisen liian voimakkaan kalastuspaineen vuoksi ei turskakannan ennusteta tulevaisuudessakaan vahvistuvan.

Turskasta poiketen, silakkaa esiintyy koko Itämerellä. Silakkasaaliit olivat huipussaan 1970- ja 1980-luvuilla (yli 400 000 tonnia), sittemmin saaliit ovat tasaisesti laskeneet. 2000-luvulla silakkasaalis on vaihdellut 230 000 ja 270 000 tonnin välillä. Nykyisin silakkakantaa hyödynnetään maksimaalisella kestäväällä tasolla.

Turskan kokonaiskalastuskiintiö vuonna 1990 oli 85 000 tonnia ja se nousi 529 000 tonniin vuoteen 1997 mennessä. Tuona aikana kalateollisuus alkoi tuottaa kala-aterioita ja kalaöljyjä. Silakka ja kilohaili ovat selvinneet huolimatta niihin kohdistuneesta voimakkaasta kalastuksesta, koska niiden luonnollisen saalistajan, turskan, kanta on ollut niin heikko. Silakan ja kilohailin kannat kilpailevat myös toistensa kanssa.

EU:n alueella kalastusta säädelään yhteisellä kalastuspolitiikalla (Common Fisheries Policy; CFP). Venäjä, ainoana Euroopan unionin ulkopuolisena rantavaltiona, on solminut EU:n kanssa Itämeren kalastusta koskevan kahdenkeskisen

sopimuksen. Yhteisen kalastuspolitiikan puitteissa määritellään vuotuiset jäsenmaakohtaiset sallitut saaliit ”suhteellisen vakauden periaatteella” (”principle of relative stability”). Kansainvälinen merentutkimusneuvosto ICES (International Council for the Exploration of the Sea) on kansallisia tutkimuslaitoksia koordinoiva ”sateenvarjo-organisaatio”. ICES antaa poliittisia suosituksia EU:lle, jotta kalasaaliit noudattaisivat kestäväen käytön periaatetta. Itämerellä sallitut kalasaaliit ovat kuitenkin jatkuvasti olleet suurempia kuin tutkijoiden suosittamat määrät. EU:n yhtenäisellä kalastuspolitiikalla ei ole onnistuttu toteuttamaan kalakantojen kestäväen käytön periaatetta. Euroopan kalakannoista 88 % kalastetaan yli maksimaalisen kestäväen käytön rajan; näistä 30 % ylihyödynnetään.

Toimiva meriyhteys on aina ollut tärkeä Itämeren alueen kehitykselle ja kaupalle; meritse tavaroiden ja ihmisten kuljetus on edullisinta. Viime vuosikymmeninä Itämeren laivaliikenne on entisestään kasvanut: Suomenlahti ja Tanskan salmet kuuluvat maailman vilkkaimmin liikennöityihin laivareitteihin.

Tälläkin hetkellä Itämerellä risteilee yli 2000 alusta ja meriliikenteen määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan seuraavan 20 vuoden aikana. Erityisesti öljykuljetusten määrän oletetaan kasvavan öljytuotteiden jatkuvan kysynnän sekä Venäjän satalaajennusten myötä. Meriliikenteen kasvu kasvattaa myös ympäristöpaineita ja vahinkoriskejä (öljy- ja kemikaalionnettomuudet, ilmalaskeuma, haitallisten aineiden ja jätevesien päästöt, vieraslajien saapuminen).

Itämeren ominaispiirteet, kuten alhainen lämpötila, jääpeite, mataluus ja hidas vedenvaihto, tekevät ekosysteemistä erityisen haavoittuvan öljy- ja kemikaalipäästöille, sekä tahattomille että tahallisille. Öljypäästöt vaikuttavat suoraan eliöstön monimuotoisuuteen. Laajat alueet voivat likaantua, jos öljyä ajautuu rannikolle tai saaristoon; näiden alueiden puhdistus on paljon vaikeampi toteuttaa ja kalliimpaa kuin avomerialueella. Itämeren valtiot ovat parantaneet öljypäästöjen torjuntavalmiuttaan, mutta ei riittävästi, ja kemikaalipäästöjen torjuntavalmius on vielä alhaisella tasolla.

Vieraslajien saapuminen on toinen meriliikenteen aiheuttama uhka Itämeren ekosysteemille. Vieraslajeista yli 50 % on tullut laivaliikenteen mukana, joko painolastivedessä tai kiinnittyneenä laivan runkoon. Vieraslajit voivat käyttää alkupe-

räislajeja ravintonaan tai kilpailla niiden kanssa ravinnosta ja tilasta, ja muuttaa siten ekosysteemin rakennetta ja toimintaa.

Alusten jätevesipäästöt ja typen ilmalaskeuma aiheuttavat ravinnekuormitusta Itämereen, mikä edistää rehevöitymistä. Vaikka meriliikenteen kokonaisravinnepäästöt ovat pieniä verrattuna maatalouden vastaaviin, keskittyvät suurimmat päästöt kesäaikaan, jolloin ravinteet ovat suoraan levien hyödynnettävissä. Kesällä mereen päätyvästä typen ilmalaskeumasta noin 35–40 % on peräisin merenkulun typpioksidipäästöistä.

Alukset päästävät ilmaan myös haitallisia rikkioksideja (SO_x) ja kasvihuonekaasuja, eniten hiilidioksidia (CO_2), sekä otsonia tuhoavia aineita kuten halooneja, freoneita (CFC-yhdisteet) ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Lisäksi veteen liukenee kiinnittymisen estoaineita (anti-fouling) alusten pohjista.

Merenkulku on maailmanlaajuista toimintaa, jonka säännöistä vastaa YK:n alainen Kansainvälinen Merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organisation). EU ja HELCOM voivat myös säätää ja antaa suosituksia Itämeren merenkulun päästöistä, mutta ne eivät voi olla ristiriidassa tai lievempiä kuin IMO:n antamat säädökset.

Itämeren ominaispiirteet tekevät siitä erityisen herkän meriliikenteen ympäristövaikutuksille. Vuonna 2005 IMO julistikin Itämeren (Venäjän aluevesiä lukuun ottamatta) erityisen herkäksi merialueeksi (Particularly Sensitive Sea Area; PSSA), mikä merkitsee sitä että alueella liikennöiviltä aluksille

asetetaan erityisvaatimuksia herkän luonnon suojelemiseksi. Itämeri on myös IMO:n MARPOL-yleissopimuksen (MARPOL 73/78 liite VI) mukaan rikkioksidipäästöjen erityisalue. Sen myötä alusten päästöt veteen ja ilmaan ovat tiukemman säätelyn alaisia kuin muilla maailman merillä; alusten käyttämiltä polttoaineilta vaaditaan matalaa rikkipitoisuutta. Jotta tavoitteisiin päästäisiin, on Itämeren meriliikenteessä tehtävä merkittäviä investointeja. EU:n laatima rikkidirektiivi astuu voimaan vuoden 2015 alussa.

1960-luvulla huoli Itämeren tilasta levisi suuren yleisön tietoisuuteen. Vuonna 1972 Helsingin sopimuksessa perustettiin hallitusten välinen organisaatio: Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio eli HELCOM. Helsingin sopimus astui voimaan vuonna 1980; sen päätehtävä on valvoa Itämeren alueen suojelua säätelemällä sekä maalta että meriliikenteestä tulevaa kuormitusta. Uudistettu ja entistä sitovampi suojelusopimus korvasi aiemman sopimuksen vuonna 1992.

Helsingin sopimus oli laatuaan ensimmäinen maailmassa ja se onkin toiminut mallina muiden aluemerien suojelulle. Sopimusosapuolina ovat nykyisin Euroopan unioni ja kaikki Itämeren yhdeksän rantavaltiota. Rantavaltioiden lisäksi Valko-Venäjän ja Ukrainan hallitukset osallistuvat komission toimintaan tarkkailijoina; osia Itämeren valuma-alueesta ulottuu näiden valtioiden alueelle. Tarkkailijoina komission työhön osallistuu myös hallitusten välisiä organisaatioita sekä vapaaehtoisia kansalaisjärjestöjä. Tarkkailijat eivät voi osallistua päätöksentekoon, mutta voivat tehdä aloitteita ja osallistua käytyyn keskusteluun.

HELCOM päätavoitteiden toteutus perustuu toimeenpanevan komission ja sitä avustavan sihteeristön sekä kuuden pysyvän asiantuntijaryhmän työskentelyyn. Komissio kokoontuu yleisistuntoihin kerran vuodessa, lisäksi järjestetään harvemmin ministeritason kokouksia. Yksimieliset päätökset (periaatteella ääni per valtio) ovat suosituksia jäsenmaiden hallituksille ja maiden tulee myöhemmin sopeuttaa ne lainsäädäntöönsä. Valtiaille ei aseteta pakotteita, vaikka ne eivät saavuttaisikaan tavoitteita.

HELCOM:n pysyvät asiantuntijaryhmät ovat: MONAS – seuranta ja arviointi (luo pohjan muiden ryhmien työskentelylle), HABITAT – luonnon suojelu ja monimuotoisuus, GEAR – ekosysteemilähtöisen tarkastelun soveltaminen Itämeren toimintasuunnitelman/merenhoitosuunnitelman toimeenpanossa, LAND – maalta tulevan kuormituksen vähentäminen, MARITIME – meriliikenteen vaikutusten minimointi, RESPONSE – meriliikenteen vaikutusten arviointi ja toimivien käytäntöjen luonti (valvonta, torjunta). Ryhmät keskustelevat keskenään kolmessa kokoonpanossa: kalastus ja ympäristö, maanviljely ja ympäristö, merialuesuunnittelu.

Työkaluna Itämeren tilan parantamisessa HELCOM käyttää vuonna 2007 laatimaansa Itämeren toimintaohjelmaa (BSAP; Baltic Sea Action Plan). Ohjelmassa sovelletaan ekosysteemi-lähtöistä tarkastelutapaa ihmistoiminnan säätelyyn; ihminen nähdään yhtenä ekosysteemin osana ja meren tila linkitetään ihmistoiminnan aiheuttamiin haittoihin. Toimintaohjelman yleistavoitteena on saavuttaa ja ylläpitää meriympäristön hyvä tila vuoteen 2021 mennessä. Yleistavoite voidaan jakaa neljään päätavoitteeseen: 1) rehevöitymisen ja 2) haitallisten aineiden vaikutusten vähentäminen 3) luonnon monimuotoisuuden suojelu sekä 4) meriliikenteen vaikutusten vähentäminen ja turvallisuuden parantaminen. Kunkin päätavoitteen alla määritellään tarkemmin Itämeren hyvä ekologinen tila. Sopimusosapuolet ovat myös yksilöineet ja hyväksyneet tavat, joilla näihin tavoitteisiin pyritään. Esimerkiksi rehevöitymisen pysäyttämiseksi typpi- ja fosforiravinteille on määritetty maksimipäästöarvot ja annettu maakohtaiset tavoitteet vuo-

sipäästöjen vähentämiseksi. Ohjelman päästövähennysten tavoitetasoja tarkistettiin ministeritason kokouksessa vuonna 2013.

2000-luvulla käynnistyneen Euroopan meripolitiikan myötä on HELCOM:n koordinoiva rooli maiden yhteistyössä korostunut, erityisesti EU-jäsenvaltioissa. HELCOM:n puitteissa valmisteltiin sekä meristrategiadirektiiviä (MSFD) ja EU:n Itämeren alueen strategiaa että niiden toimeenpanoa, samoin kuin tulossa olevaa merialuesuunnitteludirektiiviäkin. Siellä varmistetaan myös, että arviointien, tietojen ja seurannan laatu ovat yhdenmukaisia. HELCOM:n arviointi- ja seuranta-toiminta on suunniteltu palvelemaan sekä Itämeren toimintasuunnitelman (BSAP) että meristrategiadirektiivin (MSFD) tarpeita.

Myös EU:n Itämeren alueen strategia ja meristrategiadirektiivin kansallinen toimeenpano hyötyvät yhdenmukaistetuista tavoitteista ja toimintatavoista.

EU:n laajeneminen on herättänyt keskustelua HELCOM:n roolista ja tarpeellisuudesta; kuitenkin vain HELCOM mahdollistaa koko valuma-alueen valtioiden yhteiset neuvottelut. Myös EU:n meripolitiikan toimeenpano ja säädökset perustuvat paljolti HELCOM:n pitkäaikaiseen työhön Itämeren suojelemiseksi.

Vuonna 2004 Euroopan unionin uusiksi jäsenvaltioiksi hyväksyttiin Viro, Latvia, Liettua ja Puola; Itämeren ranta-valtioista vain Venäjä on EU:n ulkopuolella. Nykyisellään Itämeri lasketaan lähes EU:n sisämereksi, jonka merkitys on tänään tärkeämpi kuin koskaan aiemmin. 2000-luvulla EU:n Itämeren alueen strategiaan sisältyi ensi kertaa meriympäristön suojelupolitiikka itsenäisenä osanaan. EU:n suojelupoliittisen painoarvon takaa direktiivien lainvoimainen velvoittavuus jäsenmaissa.

EU:n yhdenmetyllä meripolitiikalla pyritään kehittämään kokonaisvaltaisempaa ja johdonmukaisempaa lähestymistapaa merta koskeviin asioihin ja lisäämään eri politiikan alojen välistä koordinoitua. Se sisältää käsitteen "sininen kasvu" (pitkänajan strategia meritalouden ja merenkulkualan kestävän kasvun tukemiseksi). Sen piiriin kuuluvat muun muassa meriosaaminen, merialuesuunnittelu ja yhdenmetyt merivalvonta.

EU:n meristrategiadirektiivi (MSFD) säädettiin vuonna 2008; se toimii EU:n meripolitiikan ympäristöpilarina. Meristrategiadirektiivin tavoitteena on EU:n merialueiden hyvän tilan saavuttaminen ja ylläpito vuoteen 2021 mennessä. Direktiivin mukaan jäsenvaltioiden on laadittava ja pantava täytäntöön merensuojelua koskevat strategiat. Valtioneuvosto tiukensi hyvän tilan tavoitetta vuoteen 2020; Suomessa meristrategiadirektiivin toimeenpanoa kutsutaan merenhoitosuunnitelmaksi.

EU:n vuonna 2009 laatima Itämeren alueen strategia on laatuun ensimmäinen kokonaisvaltainen meriympäristösuunnitelma ja sitä on käytetty mallina myös muilla merialueilla. Strategiassa on neljä toiminnallista osiota: 1) Itämeri kestävän

ympäristöpolitiikan alueena, 2) taloudellisesti menestyvänä alueena, 3) kiinnostavana ja hyvien yhteyksien varassa toimivana alueena ja 4) turvallisena alueena. Itämeren jakavilta jäsenvaltioiden edellytetään yhteistyötä varmistamaan että arviointimenetelmät ja toimintatavat ovat yhdenmukaisia koko merialueella. HELCOM:n Itämeren toimintaohjelma (BSAP) tukee strategian toimeenpanoa.

Komissio ehdotti maaliskuussa 2013 lainsäädäntöä, jolla luotaisiin yhteiset puitteet merten aluesuunnittelulle ja rannikkoalueiden yhdenmetylle käytölle ja hoidolle. Merten aluesuunnittelu on julkinen prosessi, jossa analysoidaan ja suunnitellaan ihmistoiminnan alueellista ja ajallista jakautumista merialueilla, sekä taloudellisten että ympäristöön liittyvien ja yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Prosessin lopputuloksena syntyy suunnitelma, jonka avulla yksilöidään merialueen käyttö eri tarkoituksiin. HELCOM-VASAB merialuesuunnitteluryhmä perustettiin varmistamaan, että suunnittelussa käytetään yhdenmukaisia toimintatapoja koko Itämeren alueella. Merialuesuunnittelulla koordinoidaan niitä politiikkaprosesseja, jotka tähtäävät rannikko- ja merialueiden kestävään käyttöön.

Itämeren suojelupolitiikka käsittää useita muitakin direktiivejä, kuten yhdyskuntajätevesi-, vesipuite- ja nitraattidirektiivin, joilla pyritään vähentämään maalta mereen tulevaa kuormitusta. Niiden soveltuvuutta herkän Itämeren tarpeisiin on kuitenkin kritisoitu liiasta väljyydestä; HELCOM:n toimintaohjelman suositukset voivat olla tiukempia kuin direktiivin vaatimukset. Esimerkiksi yhdyskuntajätevesidirektiivi vaatii puhdistuslaitoksilta 80 % fosforin ja 70 % typen poistoa, kun

taas HELCOM:n ohjelmassa vastaavat luvut ovat tiukemmat, 90 % ja 80 %. Aiemman suojelupolitiikan tehottomuus on rai-vannut tietä alueellisesti ja ajallisesti räätälöidymmälle poliitiikalle. Uusien direktiivien, kuten vesipuitedirektiivin (WFD), toimeenpanoa tehostetaan tiivistämällä yhteistyötä ja toimintaa paikallisella tasolla ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Ne kannustavat myös jäsenvaltioita erillisten hoitosuunnitelmien laadintaan eri valuma-alueille. Tavoitteena oli kaikkien EU:n vesien hyvän ekologisen ja kemiallisen tilan saavuttaminen vuoteen 2015 mennessä. Tällä hetkellä on kuitenkin selvää, ettei asetettuun tavoitteeseen päästä, vaan tavoiteasettelu tullaan siirtämään 2020-luvulle tiettyjen vesimuodostumien osalta mukaan lukien Itämeren rannikkovedet.

Vaikka nitraattidirektiivi rajoittaa maatalouden ravinnepestäjä, on tärkein väline maatalouden päästöjen vähentämisessä yleinen maatalouspolitiikka. Maatalouden ympäristöpolitiikkaa on arvosteltu kustannustehottomuudesta; huolimatta maatalouden saamista suurista ympäristötuista eivät ravinnepestäjärajoitukset ole toteutuneet. EU:n yhteinen maatalouspolitiikka on sitä vastoin kasvattanut tilakokoja ja ottanut käyttöön tehokkaampia tekniikoita. Niiden myötä viljelyala on kasvanut ja tuotanto tehostunut, mikä on samalla heikentänyt tilakohtaisilla ympäristötoimilla aikaansaatuisten päästövähennysten vaikutuksia.

Meriympäristön hyvän tilan ehtoja määrittävät myös luontodirektiivi (suojelee tiettyjä lajeja ja luontotyypppejä) ja yleinen kalastuspolitiikka (säätölee kalasaaliita). Vuonna 2002 uudistettu kalastuspolitiikka ei ole onnistunut kalastuksen



säätelyssä niin että kalakantojen kestävä käyttö toteutuisi. Sen sijaan Euroopan kalakannoista 88 % kalastetaan yli maksimaalisen kestävä käyttön rajan; näistä 30 % liikakalastetaan (eli kalastuskuolevuus ylittää kannan lisääntymisen ja kasvun).

Edellä käsiteltyjen politiikan keinojen lisäksi meren tilaan vaikuttavat suoraan tai epäsuorasti monet erityyppiset kansainväliset, EU:n sisäiset, sekä alueelliset että kansalliset lait, sopimukset ja suositukset.

Itämeren suojelussa tarvitaankin eri politiikan alojen välistä yhteistyötä ja koordinaatiota, joka kattaisi niin maatalous-, kalastus-, teollisuus-, energia- kuin liikennepolitiikankin.

1960-luvulla ja 1970-luvun alussa Itämeren huono tila levisi suuren yleisen tietoisuuteen Suomessa ja Ruotsissa. Samoihin aikoihin syntyvät ensimmäiset ympäristön suojeluun keskittyvät kansalaisjärjestöt; esimerkkinä Suomen kansallinen WWF (Maailman luonnonvarain säätiö; World Wildlife Fund) perustettiin vuonna 1972.

Kansalaisjärjestöt tekevät ympäristönsuojelutyötä lisäämällä yleisen tietoisuutta ja osallistumalla ympäristöasioista käytyyn keskusteluun sekä kansallisilla että kansainvälisillä päätöksentekofoorumeilla. Venäjällä, Baltian maissa ja Puolassa kansalaisjärjestöillä ei ole yhtä pitkää historiaa eikä yhtä vahvaa roolia kuin muissa itämeren rantavaltioissa. Vuonna 1991 tapahtuneen Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen, useat maidenväliset järjestöt ja hankkeet ovat pyrkineet luomaan koko alueen kattavan tehokkaan ympäristönsuojeluverkoston.

Huolimatta jo neljä vuosikymmentä jatkuneesta sekä valtioiden vetämisestä että kansalaisjärjestöjen organisoimista suojelutoimista Itämeri on edelleen yksi maailman saastuneimpia meriä.

2000-luvulla yksittäisten kansalaisten tyytymättömyys perinteisen toiminnan tehottomuuteen oli kimmokkeena uusien toimintamallien kehittämiseksi. Yksityiset riippumattomat säätiöt kuten John Nurmisen säätiö, Elävä Itämeri Säätiö (Baltic Sea Action Group/BSAG) ja BalticSea2020 houkuttelevat yksityisiä lahjoittajia ympäristönsuojeluun; ne luovat uusia toimintatapoja julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyön parantamiseksi. Nämä järjestöt rakentavat uusia yhteistyömuotoja Itämeren suojelemiseksi ja ohittavat muodolliset toimintatavat (kuten HELCOM ja muut valtioiden väliset neuvotelukanavat).

John Nurmisen Säätiö vaalii suomalaisen merenkulun kulttuuriperinnettä ja toimii meriympäristön hyväksi. Vuonna 2004 säätiö aloitti Puhdas Itämeri -hankkeet, joiden tavoitteena on Itämeren rehevöitymisen pysäyttäminen ja tankkeriliikenteen turvallisuuden parantaminen. Hankkeissa pyritään yhdistämään parhaalla mahdollisella tavalla sekä julkisen että yksityisen sektorin asiantuntemus ja voimavarat meriympäristön hyväksi. Lukuisten kumppaneiden kanssa tehdään yhteistyötä muun muassa rahoituksen, suunnittelutyön sekä teknisen toteutuksen puitteissa. Toiminnan periaatteena on toimenpiteiden kohdentaminen sinne, missä pienimmin kustannuksin saadaan aikaan suurin positiivinen ympäristövaikeus. Tällöin toiminta on kustannustehokasta. Tämä pieni ja joustava kolmannen sektorin toimija voi määritellä ja johtaa hankkeita virallisia tahoja nopeammin. Säätiö toimii katalyyttinä sekä yhteiskunnan eri toimijoiden että Itämeren rantavaltioiden välillä.

Ensimmäisen Puhdas Itämeri -hanke vähensi Suomenlahden fosforikuormitusta noin 20 % tehostamalla Pietarin jätevesipuhdistusta: vuonna 2011 valmistui kolme kemialliseen fosforin poistoon erikoistunutta Pietarin suurinta jätevesipuhdistamoa (Vodokal). Pietarin puhdistamohankkeen päärahoittajina olivat John Nurmisen Säätiö ja Vodokanal; tavoitteen saavuttaminen perustui pitkälti suoraan kommunikaatioon sekä hankkeelle saatuun korkean tason poliittiseen tukeen (Suomen tasavallan presidentti, Pietarin pormestari). Tällä hetkellä Pietarin jätevesistä yli 97 % puhdistetaan tehokkaasti.

Baltic Sea Action Group (BSAG; Elävä Itämeri säätiö) on Suomessa vuonna 2008 perustettu itsenäinen säätiö. Sen toimintaperiaate on rakentava keskustelu yksityisen sektorin toimijoiden, viranomaisien, poliittisten toimijoiden, tiedelaitosten ja kansalaisjärjestöjen kanssa. Tavoitteena on saada aikaan toimintaa, joka hyödyntää sekä kaikkia toimijoita että parantaa Itämeren tilaa. BSAG järjestää tapaamisia ('Baltic Sea Action Summit'), joihin pyritään saamaan mukaan myöskin maiden korkeantason poliitikkoja. Näitä suuren mediaajulkisuuden saattamia kokouksia on järjestetty Helsingissä (2010) ja Pietarissa (2013). Helsingin kokoukseen osallistui Itämeren rantavaltioiden päämiehiä sekä yli 140 yritystä ja organisaatiota; kokoukseen osallistujat tekivät konkreettisia sitoumuksia Itämeren suojelemiseksi.

Vuonna 2006 Björn Carlson perusti yksityisenä lahjoitukseksi Ruotsiin **BalticSea2020**-säätiön. Perusidea on sama kuin muissakin Itämeren suojeluun panostavissa säätiöissä: luoda joustava ja nopeasti toimiva organisaatio, joka voi vauhdittaa Itämeren pelastamishankkeita ja varmistaa niiden toteuttamisen. Säätiö on osallistunut Euroopan yhdenmisen kalastuspolitiikan uudistustyöhön ja pannut alulle yli 30 Itämeren tilan parantamiseen tähtäävää hanketta sekä tukenut yli 20:tä tieteellistä julkaisua. BalticSea2020 on myös tuottanut kaksi voittoisaa televisiodokumenttia "For Cod's Sake" ("Turskan tähden") ja "Dirty Waters" ("Likaiset vedet"), dokumentteja on esitetty jo 12 maassa.

Mikä voisi olla sinun panoksesi Itämeren suojelun ja kestävän käytön edistämiseen?

Me kaikki vaikutamme käyttäytymistottumuksillamme Itämeren ekologiseen tilaan. Päivittäin tekemämme valinnat ovat avainasemassa: mitä syömme, miten asumme ja kuinka liikumme paikasta toiseen.

Myös ihmisten yhteiskunnalliset valinnat vaikuttavat meren tilaan. Ketä äänestämme, millaista mallia näytämme, mitä opetamme lapsillemme ja miten toimimme käytännössä – keräämmekö roskia ja jätämmekö elintilaa myös villieläimille?

Millä muilla keinoin voisit vaikuttaa Itämeren hyväksi?

European Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive)

HELCOM, 2010a. Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. Balt. Sea Environ. Proc. No. 122.

HELCOM, 2010b. Hazardous substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc. No. 120B.

HELCOM, 2011. The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5). Balt. Sea Environ. Proc. No. 128

HELCOM 2012. Compiled by the HELCOM Secretariat based on the HELCOM list of non-indigenous and cryptogenic species in the Baltic Sea and the chapter “Alien species” (Leppäkoski et al. 2009) in the HELCOM Thematic Assessment of Biodiversity. 2012. Observed non-indigenous and cryptogenic species in the Baltic Sea. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets 2012. Online. Date viewed: , http://www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover/.

Leppäranta, M. and Myrberg, K., 2009. Physical Oceanography of the Baltic Sea. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York

Zaiko, A., Lehtiniemi, M., Narscius, A., and Olenin, S., 2010. Assessment of bioinvasion impacts on a regional scale: a comparative approach. Biol Invasions. DOI 10.1007/s10530-010-9928-z