



SUOMEN  
LUONTO  
PANEELI

# VEDENALAISEN LUONNON KÖYHTYMINEN SUOMEN RANNIKKOALUEILLA

---

Henri Sumelius, Christoffer Boström

SUOMEN LUONTOPANEELIN JULKAISUJA 1B / 2024  
RAPORTTI

Suomen Luontopaneeli on riippumaton lakisääteinen asiantuntijaelin, joka tukee luontopolitiikan suunnittelua ja päätöksentekoa. Luontopaneelin kannanotot ja raportit perustuvat tieteelliseen näyttöön ja monialaiseen asiantuntemukseen.



© Suomen Luontopaneeli



Suomen Luontopaneelin julkaisuja 1B/2024  
Raportti

### **Vedenalaisen luonnon köyhtyminen Suomen rannikkoalueilla**

Tekijät:

Henri Sumelius (Åbo Akademi), Christoffer Boström (Åbo Akademi)

Toimitussihteeri: Sanna Autere

ISSN: 2737-0062


DOI: [doi-linkki lisätään tähän]

Viittausohje:

Sumelius, H. ja Boström, C. 2024. Vedenalaisen luonnon köyhtyminen Suomen rannikkoalueilla. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 1B/2024.

Suomen Luontopaneeli on riippumaton asiantuntijaelin, joka tukee luontopolitiikan suunnittelua ja päätöksentekoa. Luontopaneelin kannanotot ja raportit perustuvat tieteelliseen näyttöön ja monialaiseen asiantuntemukseen.

[www.luontopaneeli.fi](http://www.luontopaneeli.fi)

 @luontopaneeli



## SISÄLLYS

<b>Keskeiset käsitteet.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>6</b>
1.1 Suomen rannikkoalueet .....	8
1.1.1 Merialueet ja rannikkovesityypit .....	10
1.1.2 Rannikon vedenalaiset ympäristöt .....	12
1.2 Ihmistoiminta rannikkoalueilla .....	14
1.3 Rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuus, luontokato ja ekosysteemipalvelut .....	14
1.3.1 Meriluonnon monimuotoisuus ja luontokato .....	14
1.3.2 Ekosysteemipalvelut .....	16
1.4 Raportin lähtökohdat, tarkoitus ja tavoitteet .....	16
<b>2 Lähestymistavat ja menetelmät .....</b>	<b>17</b>
2.1 Määritelmät ja rajaukset .....	17
2.1.1 Ajallinen ja alueellinen kattavuus .....	18
2.1.2 Luontotyypit ja elinympäristöt .....	18
2.1.3 Eliöstön kattavuus ja määritelmät .....	20
2.1.4 Luonnon monimuotoisuus ja sen eri osa-alueet .....	21
2.1.5 Luontokato ja luontokatoa aiheuttavat tekijät .....	21
2.2 Tietohaku .....	22
2.2.1 Hakuosumien käsittely ja aineistojen hyväksymiskriteerit .....	23
2.2.2 Tutkimusaineistojen käsittely ja analysointi .....	24
<b>3 Luontokato Suomen rannikkovesissä .....</b>	<b>26</b>
3.1 Kirjallisuushaun tulokset ja aineiston ominaisuudet .....	26
3.2 Luontokadon esiintyminen .....	27
3.2.1 Ajallinen esiintyminen ja muutokset .....	33
3.3 Luontokadon ilmenemismuodot .....	34
3.4 Luontokadon syyt rannikkovesissä .....	38
3.4.1 Luontokadon syyt eliöryhmittäin, luontotyypeittäin ja merialueittain .....	42
3.4.2 Ilmastonmuutoksen aiheuttamat paineet ja yhteisvaikutukset .....	46
3.5 Luontokato eliöryhmittäin .....	49
3.5.1 Mikrolevät .....	50
3.5.2 Makrolevät .....	53
3.5.3 Vesikasvit .....	56
3.5.4 Eläinplankton .....	59
3.5.5 Kovien pohjien pohjaeläimet .....	60
3.5.6 Pehmeiden pohjien pohjaeläimet .....	63
3.5.7 Kalat .....	66



3.5.8	Useat eliöryhmät ja ekosysteemit .....	71
3.6	Luontokato luontotyypeittäin.....	74
3.6.1	Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit .....	76
3.6.2	Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit.....	78
3.6.3	Infralitoraalin kovat pohjat ja biogeeniset elinympäristöt .....	81
3.6.4	Litoraalin vesimassa.....	84
3.6.5	Useat ympäristöt .....	86
3.7	Luontokato merialueittain .....	88
3.7.1	Perämeri.....	90
3.7.2	Merenkurkku.....	92
3.7.3	Selkämeri.....	94
3.7.4	Ahvenanmaan merialue .....	97
3.7.5	Saaristomeri .....	101
3.7.6	Suomenlahti .....	104
3.7.7	Useat alueet .....	108
<b>4</b>	<b>Toimenpiteet ja suositukset .....</b>	<b>110</b>
4.1	Mahdolliset toimenpiteet ja yhteiskunnalliset edellytykset .....	111
4.1.1	Luontokatoa aiheuttavien toiminnan ja paineiden vähentäminen.....	113
4.1.2	Suojelutoimenpiteet .....	114
4.1.3	Kunnostus ja ennallistaminen .....	116
4.1.4	Toimenpiteiden edellytykset.....	116
4.2	Luontopaneelin suositukset rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden tilan parantamiseksi .	120
<b>5</b>	<b>Päätelmät ja yhteenveto .....</b>	<b>123</b>
5.1	Ydinviestit .....	123
5.2	Selvityksen mahdolliset kehittämistarpeet .....	126
	<b>Lähteet .....</b>	<b>128</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>145</b>
	Liite 1. Systemaattisen kirjallisuushaun menetelmäselostus .....	145
	Liite 2. Tietohaun artikkelit .....	162
	Liite 3. Tietohaun tulokset .....	169
	Liite 4. Luontokadon lajilista .....	193
	Liite 5. Luontokadon ilmenemismuodot ja vaikutusasteet .....	194



## KESKEISET KÄSITTEET

**Biogeeniset elinympäristöt.** Eliöistä tai niiden tuottamasta biologisesta materiaalista muodostuvat elinympäristöt.

**Circalitoraali.** Infralitoraalin (katso määritelmä) alapuolinen rantavyöhyke.

**Ekosysteemi.** Luonnoltaan yhtenäisen alueen eliöiden ja elottomien ympäristöjen muodostama toiminnallinen kokonaisuus.

**Ekosysteempipalvelu.** Luonnon tarjoama aineellinen tai aineeton hyödyke tai palvelu

**Elinympäristö.** Elinympäristö on paikka tai alueen tyyppi, jossa jokin tietty eliö tai populaatio luonnollisesti esiintyy. Termiä käytetään myös tarkoittamaan tietyn lajin vaatimia ympäristöominaisuuksia. Synonyymi elinympäristölle on habitaatti.

**Eliöyhteisö.** Samalla alueella elävien eri lajien populaatioista ja niiden keskinäisistä vuorovaikutussuhteista muodostuva toiminnallinen kokonaisuus.

**Hydrolitoraali.** Tyrskyvyöhyke, ylin vedenalaisista rantavyöhykkeistä.

**Infralitoraali.** Pysyvästi vedenpinnan alapuolella oleva tyrskyvyöhykettä seuraava rantavyöhyke ulottuen siihen syvyyteen asti, johon enää 1 prosentti auringonvalosta yltää.

**Litoraali.** Rantavyöhyke. Koostuu hydro-, infra- ja circalitoraalista (katso määritelmät).

**Luonnon monimuotoisuus.** Luonnon monimuotoisuus on elinympäristöjen, eliöiden ja eliöyhteisöiden moninaisuutta ja vaihtelevuutta. Luonnon monimuotoisuuden synonyyminä toimii biodiversiteetti.

**Luontokato:** Luonnonvaraisen elämän hiipuminen ihmistoiminnan seurauksena. Luontokadon synonyyminä toimii luonnon köyhtyminen.

**Luontotyyppi.** Luontotyyppi määritellään alueeksi, jossa on samankaltaiset ympäristöolot ja eliöstö. Luontotyypin synonyymi on biotooppi.

**Luontoposiitiivinen:** Luontoposiitiivisuus tarkoittaa, että luonnon tila on parantunut verrattuna tiettyyn ajankohtaan aikaisemmin, johon luonnon tilaa verrataan.

**Makrolevä.** Suurempia monisoluisia, usein pohjaankiinnittyneitä leviä, jotka toimivat vesiekosysteemissä kasvien lailla yhteyttäjinä muodostaen ravintoketjun perustan.

**Perifyyttinen.** Johonkin pintaan, vedenalaisten lajien kohdalla usein merenpohjaan, kiinnittynyt laji.

**Perustuotanto.** Kasvien ja levien yhteyttämällä aikaansaama eloperäisen aineksen tuotanto.

**Rehevöityminen:** Rehevöityminen on liiallisesta ravinteiden (typen ja fosforin) saatavuudesta johtuvaa levien ja vesikasvien perustuotannon kasvua, ja sen aiheuttamia välillisiä muutoksia kuten veden samentumista, pohjien liettymistä, ja liiallista orgaanista kuormitusta ja siitä johtuvaa pohjan läheisen veden hapettomuutta.

**Taksoni.** Eliöiden systemaattisen ryhmittelyn taso.

**Trofiasaso.** Ravintoketjun taso, joka määräytyy ravinnon käytön perusteella. Esimerkiksi tuottajat ja kuluttajat.

**Valoisa vyöhyke:** Veden ylempi kerros siihen syvyyteen asti, johon auringonvalo yltää ja jossa fotosynteesi on mahdollista.



## 1 JOHDANTO

**Luontokato\*** on globaali uhka (IPBES 2019; CBD 2020; WEF 2024). **Elinympäristöjä\*** katoaa ja lajeja häviää sukupuuttoon. Jo kauan ennen lajien häviämistä niiden populaatioiden yksilömäärät ovat alkaneet vähentyä, ja puhutaan lajien uhanalaistumisesta. Tämä on merkki luonnonvaraisen elämän hiipumisesta ja luonnon köyhtymisestä ihmistoiminnan seurauksena eli luontokadosta. Ihminen on osa luontoa ja tarvitsee luontoa selviytyäkseen. Luontokadon pysäyttäminen on siten myös ihmiskunnan kohtalonkysymys (Ketola ym. 2022). Maailman talousfoorumi on nostanut luontokadon ja **ekosysteemien\*** romahtamisen kolmen vakavimman ihmiskuntaa seuraavan kymmenen vuoden aikana kohtaavan uhan joukkoon (WEF 2024). Luontokato on aina ihmisen aiheuttamaa (Díaz ym. 2019). Ihmistoiminnot ja niiden luonnolle aiheuttamat paineet ovat kasvaneet kiihtyvällä vauhdilla, ja ympäristön muokkaaminen, luonnonvarojen kestämaton käyttö ja saasteet ovat maailmanlaajuisesti suurimpia luontokadon syitä (IPBES 2019). Lisäksi ilmastonmuutoksen kielteiset vaikutukset luontoon ovat jo nähtävissä ja merkittäviä, ja **luonnon monimuotoisuuden\*** heikkenemisen arvioidaan entisestään nopeutuvan ilmastonmuutoksen vuoksi. Luonnon monimuotoisuus ja sen heikkeneminen vaikuttavat ihmisen luonnosta saamiin arvoihin ja hyötyihin, ja siten luontokadolla on ja tulee maailmanlaajuisesti olemaan suuri vaikutus yhteiskuntaan, talouteen ja ihmisten elämään laajemmin (Dasgupta 2021).

Luonnon köyhtyminen näkyy myös Suomessa (Kangas ym. 2023). Monet luonnonvaraiset lajit ovat taantuneet, eliöyhteisöt ovat muuttuneet ja Suomen luonnon uhanalaisuus tilanne on hälyttävä (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019). Luontokato Suomessa uhkaa myös ihmisille ja yhteiskunnalle elintärkeiden **ekosysteemipalveluiden\***, eli luonnon ihmisille antamien erilaisten hyötyjen, tuotantoa sekä ihmisten terveyttä, hyvinvointia ja turvallisuutta (Ketola ym. 2022; Valtioneuvosto 2022). Valtaosa suomalaisista on huolissaan ympäristön tilasta ja luontokato tunnustetaan uhkana (Ympäristöministeriö 2022a). Suomen edellinen ja nykyinen hallitus on sitoutunut luonnon monimuotoisuuden tilan parantamiseen ja luontokadon pysäyttämiseen (Valtioneuvosto 2019; 2023). Myös EU:n uusi biodiversiteettistrategia velvoittaa Suomea panostamaan luonnonsuojeluun entistä enemmän (Euroopan komissio 2020), ja Suomi onkin päivittämässä kansallista luonnon monimuotoisuusstrategiaa ja toimenpideohjelmaa vuosille 2022–2035. Nämä poliittiset sitoumukset tavoitteineen ovat äärimmäisen tärkeitä luontokadon pysäyttämistyössä, mutta muutoksen aikaansaaminen vaatii entistä kunnianhimoisempaa käytännön politiikkaa eli toimeenpanoa ja riittävien resurssien varmistamista.

Ihminen vaikuttaa myös meriin, ja luonnon köyhtymistä tapahtuu merissä nyt nopeammin kuin koskaan aikaisemmin (Halpern ym. 2015; IPBES 2019; O’Hara ym. 2021; IOC-UNESCO 2022). Globaalisti vain 13 prosenttia meristä arvioidaan olevan vapaita ihmistoiminnan vaikutuksista, ja rannikoilla koskemattomia alueita on jäljellä hyvin niukasti (Jones ym. 2018). Vedenalainen meriluonto ja sen köyhtyminen on kuitenkin usein vaikeammin nähtävissä, jolloin luontokadon laajuus ja sen ilmenemismuodot saattavat olla heikommin todennettuina ja tiedossa, ja meren ongelmat siten vaikeasti ymmärrettävissä (Paasche ja Bonsdorff 2018). Rannikkomeremme Itämeri on vähäsuolainen, matala, rantaviivaltaan rikkonainen ja kaiken kaikkiaan monimuotoinen meri, jonka vuoksi se on myös erityinen ja ylläpitää ainutlaatuisia vedenalaisia elinympäristöjä ja niiden eliöstöä (HELCOM 2023a). Samalla Itämeri on myös maailman nopeimmin muuttuvia meriä (Belkin 2009; Reusch ym. 2018). Ilmastonmuutos, **rehevöityminen\*** ja muut ihmisen aiheuttamat paineet muuttavat voimakkaasti Itämerta ja sen ekosysteemejä. Elinympäristöjen laatu heikkenee ja elinympäristöjä katoaa (Kotilainen ym. 2019a). Eliölajien kannat pienenevät, esiintymisalueet supistuvat ja populaatioita katoaa paikallisesti (Hyvärinen ym. 2019). **Eliöyhteisöt\*** yksinkertaistuvat ja samankaltaistuvat (Nordström ja Bonsdorff 2017). Ekosysteemien toiminnot muuttuvat ja niiden tuottamat hyödyt ja palvelut vaarantuvat (Rönnberg ja Bonsdorff 2004; Yletyinen ym. 2015). Meren luontoarvot heikkenevät, eikä tilanteessa ole näkynyt selkeää parannusta (Leppänen 2012; Korpinen ym. 2018; Auvinen ym. 2020; HELCOM 2023b; SYKE 2024a). Suunta täytyy kääntää ja luontokato on pysäytettävä rannikkomeremme pelastamiseksi.

\* Katso keskeisten tekstissä lihavoitujen käsitteiden määrittely s. 5.



Koska Suomen merialueilla on runsaasti saaristoa ja rantaviiva on pitkä, on myös matalaa rantavyöhykettä paljon. Tämä ylläpitää poikkeuksellisen runsasta luonnon monimuotoisuutta ja biologista tuotantoa (Ray 1991; Virtanen ym. 2022a) ja sitä kautta tärkeitä ekosysteemipalveluja (Heckhoff ym. 2021; Jernberg ym. 2024). Matalan rantavyöhykkeen keskeisiä ekosysteemipalveluja ovat muun muassa hiilen- ja ravinteidensidonta sekä hapentuotto (Luypaert ym. 2020). Monet rannikkoympäristöt ovat myös tärkeitä kalojen syönnös-, lisääntymis- ja poikasalueita, ja sitä kautta myös ylläpitävät hyödynnettäviä kalakantoja ja kalastuselinkeinoja (Kraufvelin ym. 2016). Runsaan **perustuotannon\***, eli kasvien ja levien yhteyttämällä aikaansaaman energian ja eloperäisen tuotannon, vuoksi rannikkoekosysteemit toimivat puskurina ilmastonmuutokselle ja rehevöitymiselle sitomalla hiiltä ja ravinteita vedestä (Asmala ym. 2019; Carstensen ym. 2020). Terve meri ja hyvin toimivat ekosysteemit mahdollistavat myös luontomatkailun, luonnossa liikkumisen ja siitä nauttimisen sekä mökkeilyn. Meren tuottamien ja ylläpitämien virkistysarvojen yhteenlaskettu rahallinen arvo voi Suomessa olla jopa 1–2,5 miljardia euroa vuosittain (Czajkowski ym. 2015; HELCOM 2023c).

Samalla ihmistoiminta – kuten rakentaminen, vapaa-ajan asunnot, väylien ja rantavesien ruoppaus, vesiviljely, kalastus ja jätevesipäästöt – on erityisen voimakasta meren rannikkoalueilla (Reckermann ym. 2022). Ihmistoiminnan vaikutukset mereen kohdistuvat pääosin juuri rannikon mataliin alueisiin, jotka ovat erityisen haavoittuvia luonnon monimuotoisuuden ja tuottavuuden keskittyessä hyvin rajalliseen tilaan. Matalien rannikkovesien ekosysteemit kohtaavat ihmistoiminnasta johtuvan alati kasvavan häiriöpaineen, joka vääjäämättä johtaa luonnon monimuotoisuuden muutoksiin ja luontokatoon. Tämä on tilanne myös Suomessa, eikä maastamme enää löydy koskemattomia rannikkoluontoa (Korpinen ym. 2018).

### **Meriluontoa on seurattu, suojeltu ja ennallistettu, muttei riittävästi**

Suomi on sitoutunut saavuttamaan YK:n luonnon monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen (YK 1992) osapuolikokouksessa asetetut Kunmingin-Montrealin (CBD 2022) sekä EU:n biodiversiteettistrategian (Euroopan komissio 2020) luontotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Itämeren koskevalla alueellisella tasolla työtä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tehdään Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskevaan Helsingin yleissopimukseen (SopS 2/2000) sekä erityisesti siihen liittyvään Itämeren suojelukomission HELCOMin toimenpidesuunnitelmaan (HELCOM 2021) perustuen. Luontokadon pysäyttäminen edellyttää kansainvälisten sitoumusten lisäksi myös alueellisia ja kansallisia toimia – ja niiden perustaksi tietoa. Esimerkiksi EU:n luontodirektiivi (92/43/ETY) kattaa vain osan pohjoisen Itämeren tärkeistä vedenalaisista luontotyypeistä, ja vain harva merilaji on listattu luontodirektiivin suojeltavien lajien joukossa. Koko Itämeren tasolla tehtävät HELCOMin uhanalaisuusarvioinnit listaavat haavoittuvia lajeja ja **luontotyyppijä\*** (HELCOM 2013a; b), mutta eivät aina tarpeeksi hyvin tunnista kansallisia tai paikallisia uhanalaisuusuhkia. Koko Itämeren tasolla meren tilaa ja muutoksia on käsitelty muun muassa kattavissa HELCOM HOLAS-hankkeissa (HELCOM 2010; 2018; 2023b) ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia käsittelevissä BACC-arvioinneissa (BACC Author Team 2008; BACC II Author Team 2015).

Suomen merialueiden vedenalaisia eliöitä ja ympäristöjä kuitenkin arvioidaan ja uhan alla olevia lajeja ja luontotyyppijä on tunnistettu kansallisissa uhanalaisuusarvioissa (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019). EU:n meristrategiapuitedirektiivi (2008/56/EY) ja vesipuitedirektiivi (2000/60/EC) velvoittavat Suomea seuraamaan ja arvioimaan meren ja rannikkovesien tilaa ja ryhtyvän tarvittaviin toimenpiteisiin hyvän tilan saavuttamiseksi. Näitä direktiivejä toimeenpannaan kansallisilla vesien- ja merenhoidon suunnitelmillä. Suomen merialueen tilaa arvioidaan 11 eri laadullisella kuvaajalla joka kuudes vuosi merenhoitosuunnitelmaan kuuluvassa meren tila-arviossa (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a), jonka perusteella tehdään toimenpidesuunnitelma (Laamanen ym. 2021) tilan parantamiseksi. Joka kuudes vuosi päivitettävissä vesienhoitosuunnitelmissa esitetään vesienhoitoaluekohtaiset rannikkovesien ekologisen tilan arviot sekä toimenpidesuunnitelmat (ÅLR 2019a; 2021a; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Räninä ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022). Rannikkovesien tilan parantamiseksi ja luontokadon pysäyttämiseksi tähtäävät toimenpiteet koostuvat pääpiirteittäin luontokatoa aiheuttavien ihmistoiminnan paineiden vähentämisestä, aluesuojelun toimenpiteistä sekä vedenalaisten elinympäristöjen kunnostus- ja ennallistamistoimista. Meriluonnon monimuotoisuuden suojelu ja luontokadon pysäyttäminen sisältyvät myös kansallisen luonnon monimuotoisuusstrategian luonnokseen (Ympäristöministeriö 2022b), maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaiseen merialuesuunnitelmaan (Ympäristöministeriö 2020) sekä juuri päivetettävään rannikkostrategiaan (Ympäristöministeriö 2023). Käynnissä olevia tai lähiaikoina käynnissä olleita Suomen



rannikkoluonnon monimuotoisuutta koskevia hankkeita ovat muun muassa VELMU, SMARTSEA, MERIAVAIN, ECONNECT, MAAMERI, FutureMARES, Rannikko-LIFE, BIODIVERSEA IP, NordSalt, MAREA ja Coastal Biomon.

### Tarvitaan toimia ja niiden pohjaksi tietoa

Koska luontokato on ihmisen aiheuttamaa, se on myös ihmisen pysäytettävissä. Luontokadon pysäyttämistyössä tarvitaan määrätietoista päätöksentekoa sekä tehokkaita ja oikein suunnattuja toimia. Tämä vaatii luontokato-käsitteen avaamista sekä ilmiön merkityksen ymmärrystä. Tähänastiset meriluonnon monimuotoisuutta koskevat inventoinnit, luonnonvarojen ja meriympäristön tilan seurannat sekä uhanalaisuusarviointit ovat luoneet tärkeän tietopohjan rannikkovesien lajien ja ympäristöjen nykytilasta, esiintymisestä ja levinneisyydestä. Tietoa hyödynnetään muun muassa meren ja rannikkovesien tilan parantamiseen tähtäävien toimenpiteiden määrittämisessä (Laamanen ym. 2021), merkittävien meriluontoalueiden tunnistamisessa (Lappalainen ym. 2020) sekä suojelun ja käytön suunnittelun perustana (Virtanen ym. 2018; 2022a; b).

Rannikon meriluonnon monimuotoisuuden muutokset ovat huonommin tunnettuja. Tarvitsemme tietoa siitä, miten rannikkovesiemme luontokato esiintyy ja ilmenee eri eliöryhmissä, luontotyypeissä ja eri merialueilla. Kokonaiskuvaava tarvitaan kansallisten luonnon monimuotoisuutta koskevien tutkimustarpeiden määrittämiseksi ja luontokadon pysäyttämiseen tähtäävän päätöksenteon pohjaksi. Tällä raportilla täytetään tietopuutteita matalien rannikkoalueiden vedenalaisen luonnon osalta. Raportti perustuu olemassa oleviin tutkimustietoihin rannikon vedenalaisen meriluonnon muutoksista ja muutosten aiheuttajista. Raportin alussa aihealuetta taustoitetaan ensin Suomen rannikkoalueiden yleisten ominaisuuksien ja luonnolle paineita aiheuttavan ihmistoiminnan osalta sekä luonnon monimuotoisuuden ja luonnon ihmisille tuottamien arvojen näkökulmasta (luvut 1.1–1.3). Luvussa 1.4 on esitelty tarkemmin raportin lähtökohtia, tarkoitusta ja tavoitteita. Käytetyt lähestymistavat ja menetelmät käydään läpi luvussa 2. Tulokset luontokadon ilmenemismuodoista ja syistä esitetään ja käsitellään luvussa 3. Raportin lopussa avataan mahdollisia toimia Suomen rannikkovesien luontokadon pysäyttämiseksi, sisältäen Luontopaneelin raportin tuloksiin perustuvat suositukset vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi (luku 4). Lopuksi esitetään päätelmät ja yhteenveto (luku 5), jossa tiivistetään raportin ydinviestit ja avataan sen mahdollisia puutteita. Raportissa käytetyt käsitteet selitteineen on listattu raportin alussa. Raportin keskeisistä tuloksista ja viesteistä on koostettu tiivis yhteenveto päätöksentekijöille (Boström ym. 2024). Raportti on tehty Suomen Luontopaneelin LITORE-hankkeessa, jota on koordinoitu Åbo Akademin ympäristö- ja meribiologian laitoksella. LITORE-hanke toteutettiin 8/2022–3/2024.

## 1.1 Suomen rannikkoalueet

Suomella on suuri rannikkoalue ja rannikon rikkonaisuuden sekä saariston laajuuden vuoksi myös erittäin pitkä rantaviiva. Suomelle kuuluva merialue kattaa noin 81 500 neliökilometriä, ja meren osuus Suomen kokonaispinta-alasta on vajaa viidennes. Tästä 34 000 neliökilometriä (42 prosenttia) on vesipuitedirektiivin mukaisia rannikkovesiä<sup>1</sup>. Suomenlahden itäisimmistä osista Perämeren pohjukkaan on mannerrantaa pitkin yli tuhat kilometriä matkaa, ja saaria ja luotoja on yli 100 000, jotka lisäävät rantaviivan mittaa (Granö ym. 1999; Viitasalo ym. 2017). Kun otetaan tarkemmin huomioon mantereen rantojen muodot ja saarten rantaviiva, on merellistä rantaviivaa Suomessa kaikkiaan yli 48 000 kilometriä (Viitasalo ym. 2017). Tälle matkalle mahtuu paljon matalia rannikkoalueita. Rantaviivan pituuden perusteella matalaa, syvyydeltään 0–10 metrin vesialuetta eli **litoraali\***vyöhykettä on ainakin 1 000 neliökilometriä (SYKE 2023a). Jos lasketaan karikot ja vedenalaiset matalat alueet mukaan, pinta-alaa on todellisuudessa tätäkin paljon enemmän, arviolta jopa lähemmäs 13 000 neliökilometriä tai noin neljännes Suomen rannikon aluevesistä (VELMU syvyyssmalli<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> Laissa vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (2004/1299) annetun määritelmän mukaan tarkoitetaan ”Rannikkovedellä sellaisen viivan maanpuoleista pintavettä, jonka jokainen piste on yhden meripeninkulman etäisyydellä meren puolella lähimmästä sen perusviivan pisteestä, josta alueveden leveys mitataan, ja joka jossakin kohdassa rajoittuu jokeen”.

<sup>2</sup> Suullinen tiedonanto, Nikolas Sanila/GTK, 13.12.2023.





## Tietolaatikko 1. Suomen merialueet

Suomen vesialueilla on kuusi merialuetta: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmeri-Saaristomeri, Pohjois-Itämeri ja Suomenlahti.

**Perämeri** on pohjoisin merialueemme. Se on matala, vähäsuolainen (0–4) ja karu. Avoimia rantoja on paljon ja saaria vähän. Rannat ovat loivia ja kivikkoisia, ja merenpohja on hiekkaa ja soraa. Uutta matalaa rantaa muodostuu vuosittain voimakkaan maankohoamisen vuoksi. Talvella jääkansi peittää Perämeren. Vesi on humuspitoista ja tummaa. Perämeren vedenalaista lajistoa hallitsevat makeanveden lajit, eikä täysin merellisiä lajeja löydy lainkaan.

**Merenkurkku** sijaitsee Selkämeren ja Perämeren välissä, Pohjanlahden kapeimmassa kohdassa. Meri on matala ja kivikkoinen, ja saaristo on laaja. Veden suolapitoisuus on noin 4. Maankohoaminen muodostaa uutta matalaa rantaa ja merenlahdet kuroutuvat fladoiksi ja kluuveiksi, jotka ovat arvokkaita elinympäristöjä mm. kaloille ja linnuille. Monen mereisen lajin, kuten rakkohaurun ja sinisimpukan, levinneisyyden pohjoisraja kulkee Merenkurkussa.

**Selkämeri** ulottuu Merenkurkusta Ahvenanmaan pohjoispuolelle. Selkämeri on melko syvä ja veden suolapitoisuus on noin 5. Pohjoisessa rannat ovat avoimia, loivia ja kivikkoisia ja etelämpänä on jonkin verran kallioista saaristoa. Selkämerellä on rannikon laajimmat riutta-alueet, jotka ylläpitävät korkeaa luonnon monimuotoisuutta. Vesi on kirkasta ja riutta-alueiden rakkohauru- ja punaleväkasvustot esiintyvätkin muita merialueita syvemmällä. Merilajeista meriajokkaan ja kampelan levinneisyydet rajoittuvat Selkämeren eteläosaan.

**Ahvenanmaan merialue** rajoittuu pohjoisessa Selkämereen ja lännessä Saaristomereen. Länsipuolella ranta on avoin ja ulapan vedet syviä. Muualla saaristo on yleisesti laajaa ja ympäristö moninainen ja vaihteleva. Jokien tuomaa sedimenttikeruuta ei ole. Vesi on Suomen suolaisinta (5–6), ja tämä näkyy lajiston koostumuksessa. Arvokkaat vedenalaiset riutat ovat yleisiä ja mereisiä lajeja on paljon. Muun muassa punalevien monimuotoisuus on suurimmillaan. Suojaisat sisälähtien näkinpartaispohjat tarjoavat tärkeitä lisääntymisalueita kaloille.

**Saaristomeri** muodostuu Hankoniemen ja Kustavin välisestä laajasta saaristoalueesta. Rantaviiva on rikkonaista ja merialueella on noin 52 000 saarta. Yhdessä Ahvenanmaan merialueen kanssa Saaristomeri muodostaa uniikin ja maailman suurimman saariston. Meri on matala ja pohjan muodot vaihtelevia, ympäristö on moninaista. Veden suolapitoisuus on 5–6. Levät peittävät rantavyöhykkeitä ja hiekkasärkillä kasvaa tärkeitä meriajokasniittyjä, jotka ylläpitävät korkeaa monimuotoisuutta. Saaristomeren rikkonaisuus pidättää huuhtoumana tulevia ravinteita ja rehevöityminen on siellä vakava ongelma. Vesi on samentunut, kasvilajisto on yksipuolistunut, eikä rakkohauru kasva enää syvemmällä pohjilla.

**Pohjois-Itämeren** merialue kattaa Suomessa vain avomereren, eikä siksi sisälly tähän raporttiin.

**Suomenlahti** on itäisin merialueemme. Paikoin rannikolla on monimuotoinen saaristo, toisaalla taas rannat ovat auki avomerelle saakka. Ulkosaaristo on pääosin kallioista ja kivikkoista, ja sisempänä liejupohjat ovat yleisiä. Veden suolaisuus vaihtelee voimakkaasti: Hankoniemen alueella suolaisuus on jopa 6, ja Suomenlahden pohjukassa ja jokisuiden lähistöllä vesi on lähes suolatonta. Rakkohauru on tärkeä elinympäristöjen muodostaja varsinkin lännessä, kun taas Suomenlahden itäosissa esiintyy esimerkiksi meriahdinpartakasvustoja. Sinisimpukoita löytyy runsaasti Suomenlahden kivilta pohjilta itäisimpiä osia lukuun ottamatta.

(Viitasalo ym. 2017; 2021; SYKE 2023b)

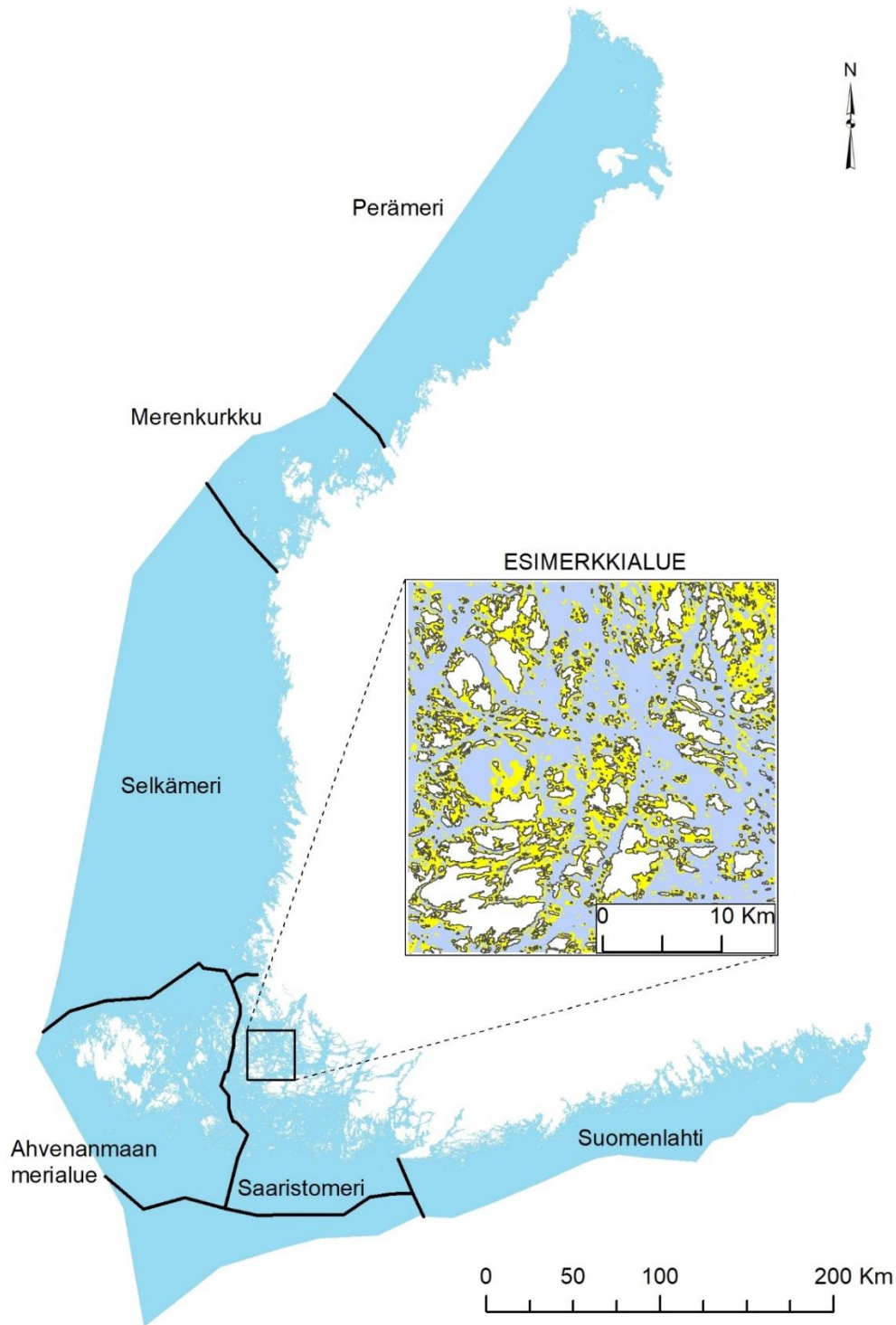


Laajan maantieteellisen kattavuuden takia nämä rannikkoalueet eivät kuitenkaan ole samanlaisia kaikkialla. Rannikon muodot ja rikkonaisuus vaihtelevat suuresti Perämeren ja Selkämeren täysin avoimista rannoista Ahvenanmaan, Saaristomeren ja Merenkurkun laajoihin saaristoihin. Rannikkoalueet eroavat toisistaan myös pohjan laadun ja muotojen, mutta erityisesti suolaisuuden suhteen (Leppäranta ja Myrberg 2009; Korpinen ym. 2018). Myös veden ravinnepitoisuudet sekä valon määrän ja lämpötilan vuodenaikaisvaihtelut ovat erilaisia eri puolilla rannikkoa. Suolaisuus on korkeimmillaan rannikon lounaisosissa noin 6<sup>3</sup>) ja laskee kohti pohjoisimpien ja itäisten alueiden lähes makeaa vettä. Suolapitoisuus voi myös vaihdella samantapaisesti ulkosaaristosta suojaisiin sisälahtiin mentäessä. Veden lämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan 0 ja noin 20 °C välillä, ja pohjoisilla alueilla vesi on yleisesti kylmempää pidemmän aikaa vuodesta kuin eteläisimmillä alueilla, mikä näkyy myös merijään muodostumisessa ja kestossa (Leppäranta ja Myrberg 2009). Veden ravinnepitoisuudet ovat suuressa mittakaavassa korkeimpia Suomen itäisimmissä rannikkovesissä ja matalimpia pohjoisimmilla rannikkoalueilla (Korpinen ym. 2018). Koska monet rannikon vedenalaiset eliölajit ovat riippuvaisia nimenomaan veden suolaisuudesta, mutta myös lämpöolosuhteista, muuttuu eliöstö etelästä pohjoiseen ja lännestä itään mentäessä (HELCOM 2020a). Tällä tavoin eri puolilla rannikkoa on erityyppisiä elinympäristöjä, joissa elää omanlaisensa lajisto ja niistä muodostuvia yhteisöjä ja ekosysteemejä.

### 1.1.1 Merialueet ja rannikkovesityypit

Suomen rannikko on jaettu kuuteen merialueeseen HELCOMin ala-allasjaon mukaisesti (Korpinen ym. 2018). Merialuejaottelu seuraa HELCOMin merialuejaon tasoa 2 (HELCOM 2013c). Merialueet ovat pohjoisesta etelään ja itään: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmeri-Saaristomeri, Pohjois-Itämeri ja Suomenlahti. Tarkempi merialueiden pääpiirteiden esittely on annettu tietolaatikossa 1. Merialuejaottelua käytetään laajemman tason meriluontoa koskevassa hallintotyössä ja Suomen meriympäristön ja koko Itämeren kattavissa tila-arvioinneissa, sekä muun muassa suuremmissa toimenpideohjelmassa. Tässä raportissa on pääsääntäisesti käytetty tätä merialuejaottelua (luku 2.1.1; kuva 1).

<sup>3</sup> Meriveden suolaisuus esitetään yksiköttömänä suhdelukuna, joka kuvaa kuinka monta grammaa suolaa on keskimäärin yhdessä kilogrammassa vettä.



**Kuva 1.** Kartta Suomen rannikkoalueista sekä raportin kohteena olevasta matalasta rantavyöhykkeestä. Raportti kattaa kaikki Suomelle kuuluvat Itämeren matalat rannikkoalueet, mukaan lukien Ahvenanmaan merialueet. Merialueet määriteltiin pääosin HELCOMin käyttämän osa-aluejaon mukaisesti (HELCOM 2013c). Ahvenanmaan merialue määriteltiin tässä raportissa koostuvan ja rajautuvan vesipuitedirektiivin ja vesienhoidon mukaisista maakuntahallituksen hallinnoimista rannikkovesimuodostumista. Kartassa valkoinen väri on maata ja sininen vettä. Havainnollistamisen vuoksi esimerkkialueella on korostettu raportin kohteena olevaa matalan (0–10 m) rantavyöhykkeen aluetta keltaisella värillä. Karttaphoja on maanmittauslaitokselta.



Rannikkovesien tarkemmassa tarkastelussa käytetään vesipuitedirektiivin mukaisesti vesien hoidon puitteissa määriteltyjä pintavesimuodostumia, jotka vuorostaan on jaoteltu ulko- ja sisäsaariston rannikkovesityyppeihin niiden maantieteellisten ja ympäristöolosuhteiden ominaispiirteiden mukaan (Aroviita ym. 2019; ELY-keskukset 2022). Rannikkovesityypit ja niiden kriteerit on listattu vesienhoitosuunnitelmiin liittyvissä julkaisuissa (Aroviita ym. 2019; ÅLR 2019b). Tässä raportissa rannikon pintavesimuodostumat ja rannikkovesityypit esiintyvät vesienhoidon rannikon pintavesien ekologisen tilan esittelyn yhteydessä tulosten tarkastelussa.

### **1.1.2 Rannikon vedenalaiset ympäristöt**

Suomen rannikon saaristot, sisälahdet, ja moninaiset vedenalaiset muodostumat yhdessä syvyyden, valoisuuden, aallokon, vedenlaadun, merenpohjan aineksen ja muiden ympäristömuuttujien kanssa aikaansaavat runsaasti erilaisia luonnon ympäristöjä, jotka tarjoavat lukuisille vedenalaisille eliöille asuinsijan ja edellytykset elämään. Kussakin ympäristössä elää tietynlainen eliölajisto, ja siten erilaiset ympäristöt toisaalta ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta mutta toisaalta ovat myös keskeinen osa sitä. Yhtenäisten ympäristöominaisuuksien luonnehtimia alueita merenpohjassa tai vesimassassa voidaan luokitella ja niistä käytetään yleisesti käsitteitä luontotyyppi ja elinympäristö. Tässä raportissa käytetään pääasiassa käsitettä luontotyyppi, mutta myös elinympäristö-käsitettä kun viitataan muihin olemassa oleviin meriluonnon arviointeihin (luku 2.1.2). Luontotyyppi-käsitettä käytetään myös muun muassa Suomen uhanalaisuusarvioinnissa sekä EU:n luontodirektiivin yhteydessä (92/43/ETY; Kontula ja Raunio 2018). Merenpohjan laajat elinympäristöt on vuorostaan käsite, jota käytetään muun muassa EU:n meristrategiapuitedirektiivin (2008/56/EY) ja merenhoidon piirissä (Korpinen ym. 2018).

Rannikon vedenalaisia luontotyyppisiä ja elinympäristöjä määrittelevät ensisijaisesti syvyys ja valoisuus sekä merenpohjan koostumus. Rannikon rantavyöhykkeet – eli matalat litoraali-alueet – ovat kaikki ympäristöjä, joihin auringonvalo vielä yltää tai joiden rajalle valon tunkeutuvuus loppuu. Litoraalin ympäristöt voidaan karkeasti jakaa neljään luokkaan: kallio- ja kivikkopohjat eli kovat pohjat, hiekkapohjat, mutapohjat ja sekasedimenttipohjat. Lisäksi rannikon matalan veden vesimassa muodostaa oman ympäristön. Rantavyöhykkeen vedenalaiset ympäristöt on esitelty tarkemmin tietolaatikossa 2.



## Tietolaatikko 2. Rantavyöhykkeen vedenalaiset ympäristöt

**Litoraalin vesimassa** käsittää matalien vesien merenpohjaan suoraan liittyvän, pinnasta pohjaan yltävän vesipatsaan. Vesimassa on yleensä maalta tulevan makean veden valunnan vaikutusalueella. Veden suolapitoisuus on matala ja vesi on täysin sekoittunutta. Tätä ympäristöä löytyy luonnollisesti kaikkialta Suomen rannikolta, mutta veden suolaisuus vaihtelee yleisesti etelästä pohjoiseen ja lännestä itään sekä avomereltä mantereelle päin. Litoraalin vesimassa muodostaa elinympäristön varsinkin levä- ja eläinplanktonille, jotka ovat perusta rannikon ekosysteemeille.

**Litoraalin kallio- ja kivipohjat** ovat valoisan vyöhykkeen peruskallion ja suurten kivien luonnehtimia merenpohjia, joissa elää monikerroksisia levä- ja selkärangattomyhteisöjä. Eri **makrolevät\*** esiintyvät valomäärän määrittelemässä selkeissä vyöhykkeissä eri syvyyksissä. Lähinnä pintaa on yksivuotisista viher- ja ruskolevistä muodostuva rihmalevävyöhyke. Sen jälkeen on pääosin tiheästä rakkohaurukasvustosta muodostuva rakkohauruvyöhyke ja syvimmällä vähävaloisia olosuhteita sietävien punalevien vyöhyke. Yhtenäisten levävyöhykkeiden alapuolelta, tyypillisesti 8–12 metrin syvyydestä, löytyvät tiheet sinisimpukkaesiintymät. Levävyöhykkeet ja simpukkaesiintymät muodostavat rannikon monimuotoisia selkärangattomien eläinten ja kalojen asuttamia ja yleisesti muun lajiston kannalta erityisen tärkeitä avainluontotyyppisiä. Sinisimpukoiden, rakkohaurun ja monien punalevien levinneisyyttä rajoittaa vähäsuolaisuus, eikä näitä lajeja tai niiden muodostamia ympäristöjä löydy Merenkurkun pohjoispuolelta tai itäisimmältä Suomenlahdelta. Muilta alueilta niitä löytyy yleisesti.

**Litoraalin hiekkapohjia** löytyy hiekkarantojen vesirajasta aina syvemmälle vedenalaisiin hiekkasärkkiin ja laajempiin hiekkapohjiin. Veden voimasta jatkuvasti liikkeessä olevat puhtaat hiekkapohjat vaikeuttavat kasvien, levien ja pohjaeläimien asettumista aloilleen. Tietyt eliöt ovat tähän kuitenkin sopeutuneet ja ovat riippuvaisia juuri hiekkapohjista. Hiekkapohjien tärkeisiin kasveihin kuuluvat esimerkiksi meriajokas sekä vidat ja hapsikat, jotka voivat muodostaa laajoja, monille muille eliöille elinympäristön tarjoavia, vedenalaisia niittyjä. Tällaisissa ympäristöissä luonnon monimuotoisuus voi nousta hyvinkin korkeaksi. Matalia hiekkapohjia on runsaasti varsinkin Perämerellä ja Itäisellä Suomenlahdella, mutta osittain myös eteläisellä Saaristomerellä ja läntisellä Suomenlahdella vedenalaisina hiekkasärkinä Salpausselkien jatkeina.

**Litoraalin mutapohjat** ovat yleisiä, varsinkin sisäsaaristossa ja mantereen tuntumassa sijaitsevia erityyppisiä suojaista lahtia. Suojaisuutensa takia pohjille kertyy runsaasti maalta ja merestä peräisin olevaa orgaanista ainesta. Pehmeillä matalilla mutapohjilla kukoistavat erilaiset putkilokasvit ja näkinpartaislevät, jotka muodostavat tärkeitä elinympäristöjä selkärangattomille pohjaeläimille, varsinkin hyönteisten toukille. Näihin mataliin ympäristöihin liittyy monia tärkeitä luontotyyppisiä, kuten fladat ja kluuvit, joita monet kalat käyttävät kutu- ja poikasalueina sekä useat linnut pesimäalueina. Hieman syvemmällä mutapohjilla kasvit vähenevät, mutta pohjilla elää runsas selkärangattomien eläinten yhteisö, joita useimmat rannikon kalalajit hyödyntävät ravintonaan. Litoraalin mutapohjia löytyy kaikilta merialueilta, joskin Perämereltä vähemmän pohjan hiekkaisuuden takia ja Selkämereltä sen avoimuuden vuoksi.

**Litoraalin sekasedimenttipohjilla** mikään sedimenttityyppi ei ole selkeästi hallitseva, vaan pohja voi olla sekoitus mutaa, hiekkaa ja karkeampia materiaaleja. Tällaisia pohjia ovat hyvin yleisiä Suomen rannikolla, ja niitä löytyy niin matalasta vedestä kuin syvemmältä. Näillä pohjilla elää erilaisia yhdistelmiä tyypillisistä pehmeiden pohjien eliöistä, mutta niillä saattaa myös esiintyä kovien pohjien makroleviä ja simpukoita kiinnittyneinä mudan ja hiekan seassa olevaan soraan ja pikkukiviin.

(Kiirikki 1996; Westerborn ja Jattu 2006; Kotilainen ym. 2018b; SYKE 2023b)

\* sanastossa



## 1.2 Ihmistoiminta rannikkoalueilla

Suomen rannikolla on paljon luonnon ja ihmistoiminnan välisiä törmäyspintoja. Ihmisen toiminta maalla ja merellä vaikuttaa lähes aina joko suoraan tai epäsuorasti mereen, ja rannikkoalueet, joissa maa ja meri kohtaavat, ovat erityisen alttiita näille vaikutuksille (HELCOM 2020b). Rannikkovedet ovat matalia ja niiden pinta-ala sekä tilavuus ovat avomereen verrattuna pieniä, mutta ihmistoiminta on samalla siellä vilkkainta. Tämä aiheuttaa paineita rannikon meriluonnolle. Tietty ihmistoiminta voi aiheuttaa yhden tai useampia paineita, ja tietty painetyyppi taas voi aiheutua monesta eri toiminnasta (HELCOM 2020b; Laamanen ym. 2021). Kun paineet pysyvät ja vaikuttavat riittävän kauan tai voimakkaasti tai kun niitä on samanaikaisesti liian monia, on seurauksena luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä eli luontokatoa.

Itämeren merkittävin luonnon tilaan vaikuttava ihmistoiminnan aiheuttama paine on ravinteiden – typen ja fosforin – voimakas maalta mereen tuleva kuormitus ja sen seurauksena meren rehevöityminen (Reckermann ym. 2020; HELCOM 2023b). Ravinteita pääsee mereen maa- ja metsätalouden hajakuormituksesta, mutta myös yhteiskuntajätevesien, teollisuuden ja kalankasvatuksen pistekuormituksen kautta (Fleming ym. 2021; 2023). Rehevöitymisiongelman hankaluuteen vaikuttaa myös keskeisesti meren niin sanottu sisäinen kuormitus eli jo mereen päätyneiden ravinteiden sisäinen uudelleen vapautuminen ja kierto (Vahtera ym. 2007).

Muita merkittäviä paineita ovat esimerkiksi muiden haitallisten aineiden kuormitus, vesirakentamisesta ja ruoppauksesta aiheutuvat merenpohjan fyysiset häiriöt, kalastus, vieraslajit, roskaantuminen, vedenalainen melu sekä lämmön johtaminen mereen (Korpinen ym. 2018). Yksi merkittävimmistä ihmisen aiheuttamista paineista on ilmastonmuutos (HELCOM/Baltic Earth 2021; HELCOM 2023b). Ilmastonmuutoksen arvioidaan nostavan meriveden lämpötilaa ja vähentävän jääpeitettä Itämeressä (Meier ym. 2022a). Lisäksi muutokset suolapitoisuudessa, veden kerrostuneisuudessa ja veden happamoitumisessa ovat todennäköisiä (Meier ym. 2022b). Ilmastonmuutoksen vaikutukset muokkaavat myös muita paikallisia paineita ja niiden vaikutuksia (HELCOM/Baltic Earth 2021; Reckermann ym. 2022; HELCOM 2023b).

## 1.3 Rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuus, luontokato ja ekosysteemipalvelut

Vedenalainen rannikkoluonto käsittää monia erityyppisiä eliöitä planktonista pohjaeläimiin ja vesikasveista makroleviin, jotka elävät matalien rannikkovesien erityyppisissä ympäristöissä muta- ja hiekkapohjilta kalliorannoille. Ajoittain matalien rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuus voi olla hyvinkin korkea (Virtanen ym. 2022a). Jatkuvat ihmistoiminnan paineet vaativat kuitenkin veronsa, ja monimuotoisuus rannikkoalueilla heikkenee. Meriluonnolle ja sen monimuotoisuudelle koituneiden tappioiden lisäksi myös luonnon kyky tuottaa ekosysteemipalveluita heikkenee luontokadon edetessä.

### 1.3.1 Meriluonnon monimuotoisuus ja luontokato

Luonnon monimuotoisuus on laaja käsite, joka voi pitää sisällään monia eri luonnon osa-alueita (luku 2.1.4). Luonnon monimuotoisuus käsittää lajimäärän lisäksi esimerkiksi vaihtelut geneettisissä ja toiminnallisissa ominaisuuksissa sekä ajalliset ja tilalliset muutokset runsaudessa ja levinneisyydessä lajien, eliöyhteisöjen ja ekosysteemien sisällä ja välillä (IPBES 2019).

Suomen merialueen matalassa valoisassa vyöhykkeessä esiintyy paljon erityyppisiä vedenalaisia elinympäristöjä, jotka ylläpitävät kasvien ja eläinten runsautta, monimuotoisuutta ja tuottavuutta (Virtanen ym. 2022a). Suomen rannikon eliölajisto on sekoitus suolaisempaa vettä suosivia merellisiä lajeja ja makean veden lajeja (HELCOM 2020a). Vain harva laji on täysin sopeutunut vähäsuolaiseen murtoveteen. Suolapitoisuus voi olla liian korkea monelle makean veden lajille ja vastaavasti liian vähäsuolainen merellisille lajeille (Remane 1934). Makroskooppisten, eli paljaalla silmällä havaittavissa olevien, eliöiden lajimäärä Suomen rannikolla on yleisesti melko alhainen verrattuna korkeamman suolaisuuden valtameriin, mutta verrattuna Itämeren eteläisimpiin osiin useiden eliöryhmien – kuten kalat ja vesikasvit – lajimäärä saattaa olla jopa moninkertainen johtuen makean veden lajien määrän lisääntymisestä kohti pohjoista (HELCOM 2020a). Suomen rannikon vedenalaiset eliöt voidaan ryhmitellä mikro- ja makroleviin, putkilokasveihin ja vesisammaliin, eläinplanktoniin, kovien ja pehmeiden pohjien pohjaeläimiin sekä kaloihin. Rannikon eliöryhmät on esitelty tarkemmin tietolaatikossa 3.



### Tietolaatikko 3. Rannikon eliöryhmät

**Mikroleviin** kuuluvat mikroskoopiset, vain mikroskoopilla havaittavissa olevat yksisoluiset planktonlevät eli niin kutsuttu kasviplankton, mutta myös pohjilla elävät **perifyyttiset\*** eli merenpohjaan kiinnittyvät yksisoluiset levät. Mikrolevät ovat yhteyttäjinä keskeinen ravintoverkkojen perusta ja ne tuottavat tärkeitä ekosysteemipalveluita kuten happea. Mikrolevien esiintyminen ja niiden kausittainen vaihtelu voi vaikuttaa niitä ravinnokseen hyödyntävien eliöiden kautta laajemmin ravintoverkon tilaan ja ekosysteemin toimintaan. Kasviplanktonin runsautta käytetään rehevöitymisen indikaattorina.

**Makroleviin** kuuluu pääsääntöisesti kovaan alustaan kiinnittyneitä, yksi- tai monivuotisia viher-, rusko- ja punaleviä. Tärkein makrolevien maantieteelliseen levinneisyyteen vaikuttava tekijä on meriveden suolaisuus, mikä näkyy myös makrolevien lajimäärän vähenemisenä pohjoiseen ja itään mentäessä, sekä muun muassa monien punalevien ja yhtenäisten rakkoleväesiintymien rajoittumisena Merenkurkun alueelle. Makrolevät muodostavat tärkeitä elinympäristöjä rannikkovesissä esimerkiksi monille selkärangattomille eläimille sekä kaloille. Näkinpartaislevät ovat pehmeillä pohjilla putkilokasvien kanssa esiintyviä makroleviä.

**Putkilokasvit** kasvavat matalilla muta-, hiekka- ja sekapohjilla ja muodostavat tärkeitä rannikon elinympäristöjä monille kalalajeille ja selkärangattomille eliöille sekä ruokailupaikkoja vesilinnuille. Vedenalasiin putkilokasveihin kuuluvat vidat, ärviät, hapsikat, sarpiot ja ajokkaat. Varsinaisten putkilokasvien lisäksi varsinkin Pohjanlahden rannikkovesissä elää myös useita vesisammallajeja.

**Eläinplanktonit** ovat erilaisista äyriäisistä ja muiden selkärangattomien eläinten toukkavaiheista muodostuva vesimassassa elävien pienten eläinten ryhmä. Eläinplanktonit hyödyntävät yhteyttäjin sitomaa energiaa ja toisaalta toimivat ravintona monille muille eliöille, muodostaen tärkeän perustan ravintoverkkojen toiminnalle.

**Kovien pohjien pohjaeläimet** ovat erilaisia selkärangattomia eläimiä, joko pohjaan kiinnittyneitä tai vapaasti liikkuvia. Tärkeimpiä kovien pohjien pohjaeläimiä ovat sinisimpukat, jotka muodostavat tärkeitä elinympäristöjä muille lajeille, kuten kotiloille, katkoille ja siiroille. Sinisimpukan esiintymistä Suomen rannikolla rajoittaa suolaisuus, ja laji puuttuu Merenkurkun pohjoispuolelta sekä itäiseltä Suomenlahdelta. Kovien pohjien eläimet, varsinkin sinisimpukat, ovat tärkeää ravintoa monille kaloille ja sukeltajasorsille.

**Pehmeiden pohjien pohjaeläimet** ovat erilaisia selkärangattomia eläimiä, kuten simpukoita, kotiloita, moni- ja harvasukasmatoja, äyriäisiä ja hyönteisten toukkia. Pohjaeläimiä esiintyy kaikilla Suomen merialueilla, ja niiden lajimäärä on suurin Suomenlahdella, jossa eliöstössä on merellisten lajien lisäksi runsaasti makeanveden lajeja. Pohjaeläimet ovat tärkeää ravintoa monille rannikon kalalajeille, minkä lisäksi terve pohjaeläinyhteisö ylläpitää muun muassa ravinteiden ja hiilen kiertoon liittyviä ekologisia toimintoja.

Suomen **rannikon kaloihin** kuuluu merilajeja, makean veden lajeja ja vaelluskaloja. Kaloilla on merkittävä rooli rannikon ekosysteemeissä, ja kuluttajina ne vaikuttavat ravintoketjuun monella eri tasolla. Usein laajastikin liikkuvina eläiminä kalat myös yhdistävät eri elinympäristöjä vaikuttamalla orgaanisen aineen ja ravinteiden siirtymiseen ravintoverkkojen välillä. Tehokkaina kuluttajina ja saalistajina kalat saattavat myös kyetä vaikuttamaan ravintoverkossa niiden alapuolella olevien eliöryhmien runsauteen. Ihmisen toiminta, kuten kalastus, ravinnekuormitus ja siitä aiheutuva rehevöityminen sekä erilaisten paineiden takia heikentyneet elinympäristöt vaikuttavat voimakkaasti kaloihin ja kalakantoihin.

(Kotilainen ym. 2018b; Hyvärinen ym. 2019; HELCOM 2020b)

\* Katso keskeisten tekstissä lihavoitujen käsitteiden määrittely s. 5.





Rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden sekä ekosysteemien toiminnan ja tasapainon ylläpitämisen kannalta erityisen tärkeitä ovat niin kutsutut avainlajit ja -luontotyypit (Ahtiainen ym. 2021). Ne ovat usein yleisiä ja runsaina esiintyviä lajeja sekä monimuotoisia ja laajasti levinneitä luontotyyppiejä. Suomen rannikon avainlajeja ovat muun muassa hyvin tavallisina esiintyvät rakkohauru (*Fucus vesiculosus*), meriajokas ja sinisimpukka. Tärkeitä rannikon avainluontotyyppiejä ovat pehmeiden pohjien vita-, ärviä- ja meriajokaspohjat, merenrantaruovikot, kovien pohjien hauru- ja sinisimpukkayhteisöt sekä pehmeiden pohjien liejusimpukka- (*Macoma balthica*) ja valkokatkavaltaiset pohjat (Ahtiainen ym. 2021). Ihmistoiminnan aiheuttamat paineet kuitenkin uhkaavat rannikon vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuutta, mikä pahimmillaan johtaa luontokatoon.

Suomen vedenalaisessa rannikkoluonnossa on tapahtunut ja tapahtuu luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä eli luontokatoa (luku 2.1.5) meriluontoon kohdistuvien ihmispaineiden takia. Meriluonnon tila on useimpien monimuotoisuuden mittareiden mukaan heikko (Korpinen ym. 2018; HELCOM 2023b). Suomen rannikolla elävistä vedenalaisista lajeista noin viisi prosenttia ja luontotyypeistä vajaa neljännes on arvioitu uhanalaisiksi (Kotilainen ym. 2018a; Hyvärinen ym. 2019). Luontokadolla on vaikutuksia luonnon ekologisen tilan ja ekosysteemien toiminnan ja tasapainon lisäksi myös ekosysteemipalveluihin, ja tätä kautta luontokato vaikuttaa suoraan myös ihmisille käytössä olevien luonnon meille tarjoamien palveluiden määrään.

### 1.3.2 Ekosysteemipalvelut

Luonnon olemassaolo ja sen ominaisuudet ylläpitävät itse itseään ja turvaavat elämän edellytykset – myös ihmiselle. Ihminen on osa ympäröivää luontoa ja täysin riippuvainen siitä. Tätä riippuvuussuhdetta kuvataan usein käsitteellä ekosysteemipalvelu (Haines-Young ja Potschin 2018; IPBES 2019)<sup>4</sup>. Itämeri ja sen rannikkovedet tuottavat ja ylläpitävät runsaasti ihmiselle tärkeitä ekosysteemipalveluita, kuten hapen tuotanto levien ja vesikasvien toimesta, sekä ruuan tuotanto ihmisten ravinnoksi hyödynnettävien kalojen muodossa (Heckhoff ym. 2021; Jernberg ym. 2024). Rannikon ekosysteemipalveluita ovat myös esimerkiksi luontoalueiden virkistykseen ja vapaa-ajan kalastuksen edellytykset, kuten puhdas vesi. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta tärkeä ekosysteemipalvelu on hiilen sidonta, jota tuottavat muun muassa vesikasvi- ja makroleväyhteisöt sekä tietyt simpukkalajit (Attard ym. 2018; Röhr ym. 2018).

Ekosysteemipalvelut säilyvät ja jatkuvat vain sillä edellytyksellä, että niitä tuottavat ja ylläpitävät lajit, luontotyypit ja ekosysteemit ovat hyvässä kunnossa. Jos ekosysteemin tai jonkin sen osan toiminta heikkenee, saattaa myös ekosysteemipalveluiden määrä tai laatu huonontua. Yleensä korkeampi luonnon monimuotoisuus liittyy positiivisesti ekosysteemien toiminnallisuuden turvaamiseen, ja sitä kautta myös ekosysteemipalveluiden ylläpitämiseen (Haines-Young ja Potschin 2010). Vähälajisessa Itämeressä – ja etenkin monille eliöille ympäristöolosuhteiltaan vaativissa Suomen rannikkovesissä – olemassa oleva luonnon monimuotoisuus on erittäin tärkeää ekosysteemien muutosten sietokyvyille. Siksi avainlajien ja -luontotyyppien turvaaminen ja suojeleminen on tärkeää (Ahtiainen ym. 2021). Avainluontotyyppien toiminnan ja esiintymien tunteminen sekä riittävä tieto avainlajien ekologiasta on tärkeää, jotta rannikon ekosysteemipalveluiden määrää ja laatua voidaan paremmin arvioida (Heckhoff ym. 2021; Jernberg ym. 2024).

## 1.4 Raportin lähtökohdat, tarkoitus ja tavoitteet

Suomi on sitoutunut saavuttamaan sekä EU:n että YK:n luonnon monimuotoisuutta turvaavat tavoitteet vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio 2020; CBD 2022). Kansainvälisten velvoitteiden ja kansallisesti päätettävien tavoitteiden toimeenpanoa varten päivitetään kansallinen luonnon monimuotoisuusstrategia ja toimintaohjelma vuoteen 2035. Strategialuonnoksen mukaan Suomi pyrkii pysäyttämään luontokadon etenemisen ja saavuttamaan luonnon kokonaisuheikentymättömyyden vuonna 2030 ja olemaan **luontopositiivinen\*** vuoteen 2035 mennessä (Ympäristöministeriö 2022b). Kokonaisuheikentymättömyydellä tarkoitetaan, että luontohaitat ovat enintään yhtä suuret kuin luonnontilan paranemat.

<sup>4</sup> Ekosysteemipalvelut ovat luonnon ihmiselle tuottamia erilaisia hyötyjä ja palveluita, jotka jaetaan usein sääteilypalveluihin (esimerkiksi ravinteiden sääteily), tuotantopalveluihin (esimerkiksi ruuan tuotanto), kulttuuripalveluihin (esimerkiksi virkistyskäyttö), ylläpitäviin palveluihin (esimerkiksi monimuotoisuuden ylläpito) (Haines-Young ja Potschin 2018; IPBES 2019).





Luontoposiitiivisuudella tarkoitetaan, että luonnon tila on parantunut verrattuna tiettyyn ajankohtaan aikaisemmin, johon luonnon tilaa verrataan. Nykyinen hallitusohjelma tukee strategialuonnoksen tavoitteita tavoittelemalla luontokadon pysäyttämistä ja yhteiskunnan toiminnan kääntämistä luontoposiitiiviseksi (Valtioneuvosto 2023). Suomen rannikkovesien tilan heikkenemistä torjutaan HELCOMin päivitetyn Itämeren toimintaohjelman (HELCOM 2021) kansallista toimeenpanoa toteuttamalla sekä EU:n vesi- ja meristrategiapuitedirektiiveihin perustuvien kansallisten vesien- ja merenhoitosuunnitelmien toimenpideohjelmien toteuttamisella (Laamanen ym. 2021; ÅLR 2021a; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Ränä ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022). Tavoitteista huolimatta toimet luontokadon pysäyttämiseksi ja meriluonnon turvaamiseksi ovat kuitenkin tähän mennessä olleet riittämättömiä ja rannikon vedenalaisen luonnon tila jatkaa heikkenemistään (Korpinen ym. 2018; Kotilainen ym. 2018a; b; Hyvärinen ym. 2019; Auvinen ym. 2020; HELCOM 2023a; b; SYKE 2024a).

Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää päätöksenteon taustaksi selkeää ymmärrystä luonnon monimuotoisuuden tilasta ja muutoksesta, ihmistoiminnan luonnolle aiheuttamien paineiden merkityksestä sekä ennen kaikkea tämän kehityksen ja sen seurausten vakavuudesta. Tähän mennessä tietopohjassa on kuitenkin ollut puutteita, eikä koostettuna ole kattavia arvioita meriluonnon monimuotoisuuden muutoksista matalilla merialueilla. Meriluonnon suojelun edistämiseksi vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMU on 20 vuoden ajan kerännyt tietoa vedenalaisten luontotyyppien ja lajien esiintymisestä Suomen merialueilla (Viitasalo ym. 2017; SYKE 2024b). Merkityksellisyydestään huolimatta VELMU on inventointiohjelma eikä seurantaohjelma, eikä VELMUssa kerätty aineisto suoranaisesti käsittele tai pysty näyttämään luonnon monimuotoisuuden ajallisia muutoksia tai luontokadon ilmenemismuotoja eri eliöryhmissä ja luontotyypeissä. Tämä raportti pyrkii osaltaan paikkaamaan tätä tietopuutetta. Raportti käsittelee Suomen merialueiden matalien rannikkoympäristöjen vedenalaista luontoa, ja tarkoituksena on luoda kokonaiskuva luonnon monimuotoisuuden muutoksista sekä ihmistoiminnan aikaansaamista paineista näiden muutosten aiheuttajina.

Raportti pyrkii vastaamaan seuraavaan kolmeen ydinkysymykseen:

1. Miten luontokato ilmenee Suomen matalilla vedenalaisilla rannikkoalueilla?
2. Miten luontokatoa esiintyy Suomen eri merialueilla, eri vedenalaisissa luontotyypeissä ja eri eliöryhmissä, ja miten luontokadon ilmeneminen eroaa alueiden, luontotyyppien ja eliöryhmien välillä?
3. Mitkä ovat merkittävimmät luontokatoa aiheuttavat paineet ja syyt matalissa rannikkovesissä?

Keskeinen tavoite on saada käsitys siitä, mitä luontokato tai luonnon köyhtyminen rannikkovesissä tarkoittaa ja millä tavoin tutkimushavainnot osoittavat luontokadon ilmentymistä (yleisesti, eri merialueilla, eri elinympäristöissä ja eri eliöryhmissä). Lisäksi raportissa käsitellään luontokatoa aiheuttavien syiden merkitystä, ilmastonmuutoksen ja paikallisten paineiden mahdollisia yhteisvaikutuksia, sekä toimenpiteitä matalien rannikkoalueiden vedenalaisen luontokadon pysäyttämiseksi. Tärkeää on saada myös selkeä kuva tiedon puutteista ja tarpeista. Tuloksillaan raportti tukee yleisesti tieteeseen perustuvaa luontopoliittista päätöksentekoa ja erityisesti matalien rannikkoalueiden vedenalaisen luonnon hoitoa, suojelua ja ennallistamista koskevaa päätöksentekoa.

## 2 LÄHESTYMISTAVAT JA MENETELMÄT

### 2.1 Määritelmät ja rajaukset

Luonnon monimuotoisuudella on useita ulottuvuuksia ja luontokato on ilmiönä laaja, minkä vuoksi raportissa käsitelty kokonaisuus on pyritty ensin tarkoituksenmukaisesti määrittelemään ja rajaamaan. Tulosten tarkastelua varten kokonaisuus on jaoteltu muun muassa maantieteellisesti, luontotyypeittäin, eliöittain sekä luonnon monimuotoisuuden eri ulottuvuuksien osalta. Seuraavissa luvuissa raportin keskeiset määritelmät ja rajaukset on esitetty aihealueittain.



### 2.1.1 Ajallinen ja alueellinen kattavuus

Sillä, millainen ajanjakso luonnossa tapahtuvien muutosten tarkastelulle valitaan, voi olla tulosten kannalta merkittävä vaikutus. Tarkasteltaessa luonnossa tapahtuvia muutoksia ajallisen tarkastelujakson ja lähtötilan ei tarvitse olla samoja kaikille luonnon monimuotoisuuden elementeille niissä tapahtuneiden muutosten havaitsemiseksi. Tässä raportissa aineiston tarkastelulle ei asetettu tiettyä ajanjaksoa eikä tarkastelun aloitusvuotta määritelty tai rajattu etukäteen, vaan raporttiin päätettiin sisällyttää laajasti kaikki saatavilla oleva tieto. Tämä mahdollisti tulosten tarkastelun ja esittelyn eri ajanjaksoille.

Alueellisesti raportti käsittää oletusarvoisesti vedenalaiset matalat rannikkoympäristöt kaikilla Suomen merialueilla. Meren vedenalaisten matalien alueiden määriteltiin kattavan soveltuva laajuudessa sekä **hydrolitoraalin\*** (tyrskyvyöhyke) että **infralitoraalin\***, ja osittain – esimerkiksi koskien punaleviä ja sinisimpukkaesiintymiä – myös **circalitoraalin\*** alueen. Hydrolitoraali on rantavyöhykkeen eli litoraalin ensimmäinen vyöhyke, joka voi ajoitellen olla vedenpinnan yläpuolella. Infralitoraali on ensimmäinen rantavyöhykkeen osa, joka on jatkuvasti vedenpinnan alapuolella, ja se jatkuu siihen vedensyvyyteen asti, johon enää 1 prosentti auringonvalosta yltää. Circalitoraali on tästä seuraava rantavyöhyke, ja jatkuu siihen syvyyteen asti, jossa valo loppuu ja josta pimeävyöhyke alkaa. Näitä litoraalin vyöhykkeitä käytetään EU:n lainsäädännössä (Komission päätös 2017/848) ja ne ovat määritelty EUNIS-luontotyyppiluokitusjärjestelmässä (Davies ym. 2004; Evans 2016). Näiden litoraalivyöhykkeiden virallisiin määritelmiin nojautuen, raportti koskee sitä vedenalaista aluetta, jossa veden syvyys on valoisian vyöhykkeen sisällä, eli sitä aluetta vedenpinnasta pohjaan, johon auringonvalo yltää. Koska valoisian vyöhykkeen kattavuus vaihtelee alueittain ja ajallisesti olosuhteiden mukaan, käytettiin tämän syvyyden arvioituna käytännön raja-arvona noin 10 metriä. Poikkeuksena yllä esitetulle alueelliselle rajaukselle kalastoa tai kalakantoja koskevaa aineistoa sisällytettiin harkinnanvaraisesti kalojen liikkuvuuden takia myös tapauksissa, joissa aineisto kattoi varsinaista litoraalivyöhykettä laajempiakin alueita, silloin kun kyseessä oli lajeja, joiden tiedetään hyödyntävän litoraalialueita kausittain tai elinkiertonsa jossain vaiheessa (esimerkiksi lisääntyessä tai poikasvaiheessa) täten muodostaen tärkeän osan litoraalin ekosysteemejä ja näiden alueiden luonnon monimuotoisuutta. Lisäksi käsiteltäessä jo olemassa olevia raportteja ja arviointeja matalan rannikkoluonnon luontokatoon liittyen, ei aina ole mahdollista rajoittaa tämän raportin määriteltyyn syvyydenvyöhykkeeseen (0–10 m), vaikka työssä pyrittiin keskittymään mahdollisimman tarkasti matalien rantavyöhykkeiden osia koskeviin tuloksiin.

Raportti kattaa kaikki Suomelle kuuluvat Itämeren matalat rannikkoalueet, mukaan lukien Ahvenanmaan merialueet (kuva 1). Suomen eri merialueet määriteltiin HELCOMin käyttämän osa-aluejaon mukaisesti (HELCOM 2013c), jota myös sovelletaan EU:n meristrategiapuitedirektiivin kansallisessa toimeenpanossa (Korpinen ym. 2018; Laamanen ym. 2021, SYKE 2024a). Merialueet ovat: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmaan merialue<sup>5</sup>, Saaristomeri ja Suomenlahti. Tässä raportissa merialuejaottelua käytettiin luontokatotietojen kohdistamiseen ja tarkastelemiseen merialueittain ja sitä kautta mahdollisten erityispiirteiden ja alueellisten eroavaisuuksien esille tuomiseen. Aineistojen tarkastelussa huomioitiin myös eri saaristovyöhykkeet. Saaristovyöhykkeet sijoittuvat mantereeseen ja avomeren väliin, ja määräytyvät saariston tiheyden ja avoimuuden mukaan sisä-, väli- ja ulkosaaristoksi.

### 2.1.2 Luontotyypit ja elinympäristöt

Raportti kattaa kaikki litoraalin erilaiset ympäristöt. Yhtenäisten ympäristöominaisuuksien luonnehtimaa alueita merenpohjassa tai vesimassassa voidaan luokitella ja niistä käytetään yleisesti käsitteitä luontotyyppi tai biotooppi ja elinympäristö tai habitaatti. Tässä raportissa käytetään pääasiassa käsitettä luontotyyppi, mutta myös käsitettä elinympäristö, kun viitataan muihin olemassa oleviin meriluonnon arviointeihin. Näiden termien yleisen päällekkäisen käytön takia raportin aineistohaussa huomioitiin kuitenkin kaikki yllä mainitut termit.

Luontotyyppi-käsitettä käytetään myös muun muassa Suomen uhanalaisuusarvioinnissa (Kontula ja Raunio 2018). Luontotyyppien uhanalaisuusarviossa käytetyt luontotyyppiluokitukset perustuvat ympäristökijöiden ja eliöstön samankaltaisuuteen tietyllä alueella ja, Itämeren luontotyyppien osalta, soveltuvin osin HELCOM

<sup>5</sup> Ahvenanmaan merialue kuuluu ja rajautuu vesipuitedirektiivin ja vesienhoidon mukaisista maakuntahallituksen hallinnoimista rannikkovesimuodostumista.



HUB biotooppiluokitteluun (HELCOM 2013d; Kotilainen ym. 2018b). Luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa on tunnistettu 42 Itämeren luontotyyppiä (esimerkiksi haurupohjat) tai laajempaa luontotyyppiyhdistelmää (esimerkiksi riutat). Myös EU:n luontodirektiivi (92/43/ETY) käsittelee luontotyyppiä, mutta ne eivät määritelmiltään ole täysin samoja kuin uhanalaisuusarvioinnissa. Luontodirektiivin Itämeren vedenalaisia luontotyyppiä tai luontotyyppien vedenalaisia osia Suomessa esiintyy kaikkiaan kahdeksan: vedenalaiset hiekkasärkät, jokisuistot, rannikon laguunit, laajat matalat lahdet, riutat, kapeat murtovesilahdet, harjusaaret sekä ulkosaariston luodot ja saaret (SYKE 2020a). Lisäksi luontotyyppikäsitetä käytetään Suomen kansainvälisistä vastuuluontotyypeistä. Nämä ovat luontotyyppiä, joiden esiintyminen globaalisti painottuu Suomeen. Rannikkovesien osalta vastuuluontotyyppejä ovat meriajokaspohjat, Itämeren kalliopohjat, vesisammalpohjat, merijää, maankohoamisrannikon flada-kluuvi-kehityssarjat ja rannikon jokisuistot (Kontula ja Raunio 2018). Merenpohjan laajat elinympäristöt on vuorostaan käsite, jota käytetään muun muassa merenhoidon piirissä (Korpinen ym. 2018), ja luokittelu perustuu EU:n EUNIS luontotyyppiluokitukseen (Davies ym. 2004; Evans 2016). Merenpohjan laajat elinympäristöt määritellään pohjamateriaalin ja syvyysvyöhykkeisyyden mukaan, ja niitä luonnehtii tyypilliset putkilokasvi-, makrolevä- ja pohjaeläinyhteisöt. Käytännössä merenpohjan laajat elinympäristöt seuraavat EUNIS luontotyyppiluokituksen tasoa 3 ja ovat siten täysin yhteneväisiä tämän raportin tutkimusaineiston käsittelyn yhteydessä käytettävän luontotyyppi-käsitteen kanssa.

Raportin kirjallisuusaineiston kokoamista, luokittelua ja esittelyä varten käytettiin eri tarkkuustason luokitteluja (taulukko 1). Karkeimpaa pohjan laatuun liittyvää ryhmittelyä käytettäessä kovat pohjat jaoteltiin kallio- ja kivipohjiin (kallioperä, lohkareet, kivet, ja keinotekoinen/rakennettu pohja) sekä **biogeenisiin elinympäristöihin\*** (elinympäristön muodostava eläin- tai kasvi-/leväkasvusto). Pehmeät pohjat jaettiin karkeisiin sedimentteihin (sorapohjat ja karkeat hiekkapohjat), hiekkapohjiin, mutapohjiin (muta ja muut hienommat sedimentit) sekä erilaisiin sekasedimenttityyppeihin. Litoraalin vesipatsas sisältää litoraalialueiden selkeästi eritellyn vesimassan pohjan yläpuolella. Lisäksi käytettiin rantavyöhykkeen ja pohjan aineksen mukaan luokiteltavia EUNIS tason 3 luontotyyppiä (taulukko 1) ja mahdollisuuksien mukaan myös tarkempaa EUNIS luokittelutasoa 4 (Davies ym. 2004; Evans 2016).



**Taulukko 1. Raportissa käytetty vedenalaisen ympäristön ja luontotyyppien luokittelu rantavyöhykkeen ja pohjan aineksen mukaan EUNIS-luontotyyppiluokitusta soveltaen.** EUNIS-luokittelun tasolla 3 luontotyyppit luokitellaan kasvavan syvyyden sekä pohjan aineksen tai sen puutteen (vesipatsas) mukaan. Luokittelu on mukailtu Evans 2016 mukaan.

POHJAN AINES								
← SWMS	Kovat pohjat			Pehmeät pohjat			Vesipatsas	
		Kallio- /kivipohjat	Biogeeniset elin- ympäristöt	Karkeat sedimentti- pohjat	Seka- sedimentti- pohjat	Hiekka- pohjat	Mutapohjat	Vesipatsas
	<b>Hydrolitoraali (HL)</b>	HL kallio- /kivipohjat	HL biogeeniset elinympäristöt	HL karkeat pohjat	HL sekapohjat	HL hiekkapohjat	HL mutapohjat	Litoraalin vesipatsas
	<b>Infralitoraali (IL)</b>	IL kallio- /kivipohjat	IL biogeeniset elinympäristöt	IL karkeat pohjat	IL sekapohjat	IL hiekkapohjat	IL mutapohjat	Litoraalin vesipatsas
<b>Circularitoraali (CL)</b>	CL kallio- /kivipohjat	CL biogeeniset elinympäristöt	CL karkeat pohjat	CL sekapohjat	CL hiekkapohjat	CL mutapohjat	Litoraalin vesipatsas	

Tässä raportissa luontotyyppiluokittelu perustui ensisijaisesti raporttiin sisällytetyssä kirjallisuusaineistoissa annettuihin ympäristön kuvauksiin, mutta tällaisen tiedon usein puuttuessa tai sen ollessa vajallinen, tehtiin luokittelu annettuun ja olemassa olevaan yleiseen tietoon sekä asiantuntijuuteen perustuvana arviona. Kaikkia aineistoja ei voitu tarkoituksenmukaisella tavalla liittää johonkin tiettyyn luontotyyppiin, jolloin aineisto luokiteltiin kuuluvan useat ympäristöt -ryhmään. Tämä oli yleistä esimerkiksi aineistojen käsitellessä laajoja ekosysteemikonaisuuksia, mutta myös kalastoa tai kalakantoja koskevissa aineistoissa kalojen laajan liikkuvuuden takia. Kala-aineistot pyrittiin luokittelemaan mahdollisimman tarkasti luontotyypeittäin aineistoissa annettujen näytteenotto- ja tutkimusaluekuvausten perusteella<sup>6</sup> silloin kun tietoja oli saatavilla.

### 2.1.3 Eliöstön kattavuus ja määritelmät

Raportin lähtökohtana on arvioida rannikon vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuutta. Tämän takia sisällytettävä eliöstö on rajattu litoraalin vesieliöihin siten, että vesilintuja, nisäkkäitä tai matelijoita ei käsitellä. Sisällytettäväksi on hyväksytty esimerkiksi lentävien hyönteisten veden alla elävät varhaiset toukkavaiheet osana muuta selkärangatonta pohjaeläimistöä. Yllä esitetyt rajaukset huomioiden, lähtökohtaisesti kaikki eri eliöryhmät sisällytettiin seuraavasti: mikrobit, mikrolevät (sisältäen planktonlevät ja päällysläinä esiintyvät piilevät), makrolevät, vesikasvillisuus (putkilokasvit sekä vesisammaleet ja näkinpartaislevät<sup>7</sup>), eläinplankton, pehmeiden pohjien pohjaeläimet (eli infauna), kovien pohjien pohjaeläimet (eli epifauna, sisältää pohjan päällä elävät lajit (englanniksi epibenthic), kasvien tai levien pinnalla kasvavat, eli epifyttiset, lajit ja muiden pohjaeläinten pinnalla (englanniksi epizoic) elävät lajit) ja kalat. Aineistoja, jotka eivät selkeästi koskeneet yhtä tiettyä eliöryhmää vaan käsitelivät laajempia kokonaisuuksia, luokiteltiin useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmään.

Vieraslajien käsittelyä on ollut syytä harkita erityisen tarkasti. Esimerkiksi uuden vieraslajin ilmaantuminen arvioidulla ajanjaksolla saattaa vääristää todellista kuvaa luonnon monimuotoisuuden muutoksista. Jonkin eliöryhmän tai luontotyyppin kokonaislajirunsaus saattaa lisääntyä vieraslajien, kuten myös tulokaslajien, saapumisen myötä, vaikka kotoperäinen lajisto olisikin samaan aikaan köyhtynyt, jolloin pelkästään

<sup>6</sup> Huomioitavaa on, että luokiteltu luontotyyppi vastasi tällöin tutkimusalueen tiettyä luontotyyppiä, jota kalasto tai kalalaji todistetusti hyödyntää vähintään jonain vuodenaikana tai jossain elinkiertonsa vaiheessa, mutta, joka ei välttämättä kuitenkaan kata kalaston tai kalalajin koko elinympäristöä.

<sup>7</sup> Taksonomisesti näkinpartaislevät kuuluvat leviin, mutta koska ne esiintyvät usein samoissa kartoitustutkimuksissa akvaattisten putkilokasvien kanssa on ne tässä raportissa valittu käsiteltäväksi vesikasvillisuuden yhteydessä.



kokonaislajimäärää tarkasteltaessa alkuperäislajiston negatiiviset muutokset saattavat jäädä pimentoon. Alkuperäisesti eliöstöön kuulumattomalla lajilla voi olla kielteisiä vaikutuksia kotoperäiseen eliöstöön saalistuksen tai kilpailun kautta, tai ekosysteemin toimintaan muiden uusien toiminnallisten ominaisuuksiensa vuoksi. Tällaisissa tapauksissa käytetään usein käsitettä haitallinen vieraslaji (Paulomäki ym. 2023a). Toisaalta jokin vieraslaji saattaa myös täyttää jonkin vapaan ekologeron syrjäyttämättä lajeja tai vaikuttamatta muutoin kielteisesti kotoperäiseen eliöstöön ja ekosysteemiin, mikä taas saattaa (jostain näkökulmasta) rikastuttaa niin alueen taksonomista kuin toiminnallista luonnon monimuotoisuutta (esimerkiksi Norkko ym. 2012). Vierasperäisiin lajeihin suhtautumista monimutkaistaa kysymys siitä, milloin alun perin muualta tulleen lajin voidaan katsoa kotoutuneen osaksi alueen vakiintunutta eliöstöä, vai voidaanko lainkaan (Paulomäki ym. 2023a).

Tässä raportissa vieraslajeja ei pääsääntöisesti sisällytetä tarkasteltavaan eliöstöön, vaan vieraslajit nähdään lähtökohtaisesti ihmistoiminnan aiheuttamana paineena, joka voi muuttaa vedenalaista luonnon monimuotoisuutta ja aiheuttaa luontokatoa. Mahdollisia merkittäviä muutoksia vieraslajien populaatioissa ja levinneisyydessä on huomioitu osana tämän paineen huomioimista. Joissain tapauksissa vieraslajin ilmaantuminen ja vakiintuminen saattaa kuitenkin näyttäytyä osana jonkin eliöyhteisön kokonaismuutosta niin, että sitä ei tässä raportissa ole pystytty järkevästi erottelamaan. Kauan sitten vakiintuneita vieraslajeja, kuten esimerkiksi hietasimpukkaa, joita yleisesti pidetään osana paikallista eliöstöä, on harkinnanvaraisesti käsitelty myös osana tarkasteltavaa eliöstöä.

#### **2.1.4 Luonnon monimuotoisuus ja sen eri osa-alueet**

Luonnon monimuotoisuus on elinympäristöjen, eliöiden ja eliöyhteisöiden moninaisuutta ja vaihtelevuutta. Tässä raportissa on käytetty hallitustenvälisen luontopaneelin IPBESin<sup>8</sup> käyttämää laajaa luonnon monimuotoisuuden määritelmää: luonnon monimuotoisuus ymmärretään elävien organismien ja niihin kytköksissä olevien ekologisten kompleksien vaihtelevuutena kaikissa elinympäristöissä mukaan lukien maa-, meri- ja muut vesiekosysteemit. Tämä vaihtelevuus käsittää vaihtelut geneettisissä, fenotyyppisissä (eliön ominaisuuksiin liittyvissä), fylogeneettisissä (kehityshistorialliseen sukulaisuuteen perustuviissa) ja toiminnallisissa ominaisuuksissa sekä ajalliset ja spatiaaliset muutokset runsaudessa ja levinneisyydessä lajien, biologisten yhteisöjen ja ekosysteemien sisällä ja välillä<sup>9</sup> (IPBES 2019).

Luonnon monimuotoisuuden muutoksia voidaan tarkastella monilla erilaisilla mittareilla, kuten esimerkiksi lajien lukumäärällä sekä lajimäärät ja runsaudet huomioivilla monimuotoisuusindekseillä, mutta myös lajien tai eliöryhmien esiintymisen, levinneisyyden ja runsauden muutoksilla sekä eliöyhteisöjen välisten runsaussuhteiden muutosten perusteella. Luonnon monimuotoisuutta arvioidaan myös eri mittakaavoissa: paikallisesti, alueiden välillä ja monimuotoisuuden kokonaismääränä laajalla alueella (Díaz ja Malhi 2022). Luonnon monimuotoisuutta voidaan lisäksi tarkastella hallinnollispoliittisella tasolla, esimerkiksi Suomen valtion mittakaavassa.

#### **2.1.5 Luontokato ja luontokatoa aiheuttavat tekijät**

Luontokadolla tarkoitetaan luonnon köyhtymistä, luonnon monimuotoisuuden menetystä tai heikkenemistä sekä luontaisen elämän ja elämänmuotojen hiipumista. Luontokato on määritelty esimerkiksi seuraavasti: "Luontokato on luonnon monimuotoisuuden heikentymistä populaatioiden, geneettisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien tasolla. Se vaikuttaa luonnon sopeutumiskykyyn, ihmisten terveyteen, talouteen ja elämänlaatuun" (Valtioneuvosto 2022, s. 21). Luontokato on käsite, joka vastaa luonnon tilan heikentymistä ihmistoiminnasta johtuen.

Tässä raportissa luontokadolla tarkoitetaan luonnon monimuotoisuuden negatiivisia muutoksia yli ajan ja luonnon monimuotoisuudesta sovelletaan sen laajaa määritelmää (luku 2.1.4). Muutos määräytyy kussakin

<sup>8</sup> IPBES on lyhenne englanniksi sanoista Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

<sup>9</sup> Alkuperäinen muotoilu englanniksi: "The variability among living organisms from all sources including terrestrial, marine, and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are a part. This includes variation in genetic, phenotypic, phylogenetic, and functional attributes, as well as changes in abundance and distribution over time and space within and among species, biological communities, and ecosystems." (IPBES 2019).



aineistossa annetun tarkasteltavan vertailun aloitusvuoden ja lopetusvuoden luonnon monimuotoisuuden elementin tilan tai arvon välisestä erotuksesta.

Luontokato voi käsittää laajasti erilaisia negatiivisia muutoksia missä tahansa luonnon monimuotoisuuden osatekijässä. Koska negatiivisen muutoksen määrittely on lähtökohtaisesti jokseenkin subjektiivista, päädyttiin tässä raportissa määrittelemään negatiivisuus yksinkertaisesti tarkasteltavan muutoksen tyyppin (eikä esimerkiksi sen ekologisen merkityksen) mukaan. Muutoksen tyypit olivat esimerkiksi vähentyminen, katoaminen, pieneneminen, heikkeneminen ja niin edelleen. Toisin sanoen tarkasteluun sisällytettävät muutokset voivat koostua lajien tai populaatioiden katoamisesta ja vähenemisestä, populaatioiden ja eliöyhteisöjen yksilömäärien tai biomassan vähenemisestä, levinneisyysalueiden pienenemisestä, ekologisten toimintojen heikkenemisestä (esimerkiksi perustuotanto), yksilön ominaisuuksien heikkenemisestä populaatiotasolla sekä ekosysteemien ja/tai eliöyhteisöiden rakenteellisista tai toiminnallisista muutoksista, joita niiden monimutkaisuuden vuoksi on vaikeata määritellä selkeästi negatiivisiksi tai positiivisiksi.

Tässä raportissa pyrittiin huomioimaan kaikki tekijät, jotka mahdollisesti selittävät osoitettuja luonnon monimuotoisuuden negatiivisia muutoksia. Muutoksen syyt liittyvät joko suoraan tai välillisesti ihmistoiminnan aiheuttamiin paineisiin. Luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvat paineet voidaan ryhmitellä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja muihin ihmistoiminnan aiheuttamiin paineisiin. Ilmastonmuutoksen paineet voivat sisältää ainakin seuraavat tekijät: kohonnut lämpötila, vähentynyt suolapitoisuus, meriveden happamoituminen, jääpeitteen muutokset, muutokset tuuli- ja aalto-olosuhteissa, päivänvalon/pilvisyyden vaihtelu, sekä lisääntynyt ravinteiden, kiintoaineksen ja muiden päästöjen huuhtoutuminen mereen lisääntyvän sadannan vuoksi (HELCOM/Baltic Earth 2021). Muut ihmisen toiminnan aiheuttamat paineet voivat sisältää ainakin seuraavat tekijät: ravinnekuormituksen aiheuttama rehevöityminen, kemikaalipäästöjen aiheuttamat vesistöjen ympäristömyrkyt ja vaaralliset aineet, merenpohjan menetys ja häiriintyminen ihmisen aiheuttaman mekaanisen toiminnan seurauksena (esimerkiksi ruoppauksen, rakentamisen ja hiekan ottamisen kautta), kalastus, meriroska (sisältäen myös mikromuovin), ihmisen toiminnan kautta tuodut tai levinneet vieraslajit sekä meriliikenteen ja vedenalaisen rakentamisen aiheuttama vedenalainen melu (Korpinen ym. 2018; HELCOM 2020b). Ilmastonmuutoksen ja muiden ihmisten aiheuttamien paineiden toissijaiset vaikutukset eliöiden vuorovaikutussuhteisiin ja sitä kautta luonnon monimuotoisuuden tilaan voivat koskea ainakin seuraavia tekijöitä: saalistus, kilpailu, ruoan ja muiden resurssien menetys, sekä tautien lisääntyminen (Reckermann ym. 2022). Muutokset näissä ekologisissa tekijöissä saattavat lopulta heijastua muutoksina laajasti luonnon monimuotoisuuden eri osa-alueilla.

## 2.2 Tietohaku

Tässä raportissa pyritään avaamaan luontokatokäsitettä ja -ilmiötä tuomalla esille ja arvioimalla tutkimukseen ja seurantaan perustuvia havaintoja Suomen rannikon vedenalaisen luontokadon erilaisista ilmenemismuodoista. Raportti on katsaustyyppinen ja keskeinen lähestymistapa on tietohaku. Tietohaun tavoitteena oli löytää ja kerätä tietoa Suomen rannikon matalien vesialueiden luonnon monimuotoisuuden muutoksista. Tietohaku rakennettiin raportin tunnistettuihin rajauksiin ja määritelmiin perustuen (luku 2.1) vastaamaan kysymykseen: Miten luontokato ilmenee matalissa rannikon elinympäristöissä (Suomessa)?

Ensisijaisena tietolähteenä käytettiin tieteellistä kirjallisuutta ja pääasiallisena tiedonhankintamenetelmänä systemaattista kirjallisuushakua. Kirjallisuushaussa sovellettiin vakiintuneita systemaattisen kirjallisuushaun menetelmiä (Haddaway ym. 2018). Haku kohdistui julkaistuihin vertaisarvioituihin tieteellisiin artikkeleihin, jotka mahdollisesti sisältäisivät havaintoja luonnon monimuotoisuuden muutoksista ja luontokadon ilmenemisestä (luku 2.1.5) matalilla rannikkoalueilla pitkin Suomen rannikkoa ja saaristoa (luku 2.1.1). Lähtökohtaisesti hakuun ei määritelty ajallista rajausta (luku 2.1.1). Haku kohdistui ajallisiin trenditutkimuksiin tai aikapistevertailuihin eli aineistoihin, jotka rakenteeltaan voisivat osoittaa muutoksia luonnon monimuotoisuuden mittareissa tai jossain muussa luonnon monimuotoisuuden elementin kuvaajassa, jos muutoksia on tapahtunut.

Kirjallisuushaku suoritettiin englanniksi, koska haun valittuna kohteena olevat vertaisarvioidut tieteelliset artikkelit ovat lähes poikkeuksetta englanninkielisiä, mutta mitään osumia ei rajattu pois kielen perusteella. Kirjallisuushaku tehtiin Web of Science- ja Scopus -tietokantapalveluissa. Kirjallisuushausta saaduille



artikkeliosumille suoritettiin seulonta asetettujen kelpoisuuskriteerien perusteella (luku 2.2.2). Yksityiskohtaisempi menetelmäselostus kirjallisuushaun rakenteesta, hakusanoista ja seulonnasta on annettu liitteessä 1. Liite on englanninkielinen.

Kirjallisuushakua täydennettiin joiltain osin manuaalisesti kirjallisuushaun osumien lähdetiedoissa esiintyneillä tai muilla tiedossa olevilla relevanteilla artikkeleilla, jotka syystä tai toisesta eivät nousseet haussa esille. Kelpoisuuskriteerit täyttäneistä sisällytetyistä artikkeleista poimittiin luontokatoa osoittavat tiedot, jotka käsiteltiin ja analysoitiin tuloksia varten (luku 2.2.3).

Lisäksi tarkasteluun sisällytettiin aihealueen kannalta keskeiset arviointiraportit, kuten viimeisimmät julkaistut Suomen meren- ja vesienhoidon tila-arvioinnit (Korpinen ym. 2018; ÅLR 2019a; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Ränä ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022), kansalliset uhanalaisuusarvioinnit (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019), ja HELCOMin Itämeren tila- ja biodiversiteettiarvioinnit (HELCOM 2023a; b). Tätä raporttia laadittaessa merenhoidon uusin Suomen meriympäristön tila-arvio on laadinnassa ja siihen liittyvät luonnosmateriaalit (SYKE 2024a) ovat kuulemismenettelyn vuoksi saatavilla ympäristöhallinnon internetsivuilla (ympäristö.fi). Raportissa on tämän luonnoksen tuloksia ja viestejä huomioitu jossain määrin yleisellä tasolla, mutta tarkempi meren tilan kuvaajiin liittyvä käsittely perustuu kuitenkin viimeisimpään julkaistuun versioon Suomen meriympäristön tila -raportista vuodelta 2018 (Korpinen ym. 2018).

Raporttiin ei kerätty tai analysoitu seurantojen raakadataa. Ympäristöhallinnon rannikkovesien seurantatiedot on analysoitu ja raportoitu meren- ja vesienhoidon tila-arvioinneissa. Kuormittajien velvoitetarkkailujen tietoja on kattavasti sisällytetty vesienhoidon mukaisiin vesienhoitoalueiden pintavesien ekologisen tilan arviointeihin, eikä niitä siksi erikseen käsitelty tässä raportissa.

### 2.2.1 Hakuosumien käsittely ja aineistojen hyväksymiskriteerit

Lopullisten sisällytettävien artikkeleiden löytämiseksi kirjallisuushakuajoista saadut artikkeliosumat läpikävivät kaksivaiheisen seulonnan, ensin otsikon ja tiivistelmän perusteella ja viimeiseksi koko tekstin perusteella. Seulonta suoritettiin asetettujen kelpoisuuskriteerien perusteella. Pääasiallinen kelpoisuuskriteeri oli, että artikkeli sisältää tuloksia jostain ajallisesta trenditutkimuksesta tai aikapistevertailusta, eli sisältää aineistoa, joka osoittaa tai voisi osoittaa muutoksia Suomen meriluonnon monimuotoisuudessa matalissa rannikkovesissä. Sisällytettäväksi aineistoiksi hyväksyttiin niin laadullisia (kvalitatiivisia) kuin määrällisiä (kvantitatiivisia) tuloksia. Kriteerit seurasivat raportille määriteltyjä rajauksia ja määritelmiä (luku 2.1) ja olivat tiivistettynä seuraavanlaiset:

- Ajallinen: tarkastelujakso on pituudeltaan vähintään 4 vuotta, aloitusvuosilukua ei ole määritelty etukäteen.
- Spatiaalinen: kaikki Suomelle kuuluvat merialueet ja niiden matalat rannikkoalueet, jotka määritellään vedenalaisena alueena pinnasta pohjaan, matalasta rantavedestä valoisan vyöhykkeen alarajaan asti (noin 10 m; mutta käytetään tarvittaessa tapauskohtaista arviointia niin, että potentiaalisesti olennaisia tietoja enemmän sisällytetään kuin hylätään).
- Eliöryhmät: kaikki vesieliöt, poisluettuna vesilinnut, nisäkkäät ja matelijat.
- Luonnon monimuotoisuuden muutosten ja luontokadonosatekijät: luonnon monimuotoisuuden muutoksena tulkitaan laajasti missä tahansa sen osatekijässä tapahtunutta ajallista muutosta. Luontokato käsittää kaikki tällaiset luonnon monimuotoisuuden negatiiviset muutokset, mukaan lukien muun muassa lajien tai populaatioiden paikallisen katoamisen, populaatioiden runsauden vähenemisen, lajien esiintymisen ja levinneisyyden muutokset, eliöyhteisöissä tapahtuneet muutokset, ja muuttuneet tai heikentyneet ekologiset toiminnot tai muut ekosysteemitason muutokset.
- Aineisto: lähinnä kenttätutkimusaineistot, jotka ovat peräisin luonnossa tehdyistä ajallisista havainnoista, näytteenotoista, mittauksista ja seurannoista, pois lukien muun muassa puhtaat kokeelliset tutkimukset tai tulevaisuuden skenaariomallinnukset.



Artikkelit, joissa oli olennaista, kelpoisuuskriteerit täyttävää näyttöä luontokadosta, valikoituivat lopullisesti sisällytettävien artikkeleiden joukkoon. Luontokadon ilmenemismuotojen suhteellisen vertailun mahdollistamiseksi (esimerkiksi merialueiden, luontotyyppien tai eliöryhmien välillä), hakuosumista kirjattiin luontokatoa osoittavien tutkimushavaintojen lisäksi myös havainnot relevanteista tutkimuksista, jotka potentiaalisesti olisivat voineet osoittaa luontokadon ilmenemistä, mutta jotka eivät niin tehneet vaan sen sijaan osoittivat positiivisia muutoksia tai ei muutoksia lainkaan. Tulosten tarkastelussa kaiken tutkimushavaintoaineiston osalta viitataan koko sisällytettyyn aineistoon, ja luontokatoon liittyvän aineiston osalta luontokadon aineistoon/luontokatoaineistoon tai luontokatoa osoittaviin tutkimushavaintoihin.

## 2.2.2 Tutkimusaineistojen käsittely ja analysointi

Kirjallisuushausta saaduista artikkeleista (sekä manuaalisesti lisätyistä aineistoista) poimittiin luonnon monimuotoisuuden muutoksiin liittyvät tutkimushavainnot. Yhdeksi tutkimushavainnoksi käsiteltiin yksi artikkelissa erillisesti esitetty tai siitä poimittavissa oleva luontokadon ilmenemismuoto. Yhdessä artikkelissa saattoi olla yksi tai useampia luonnon monimuotoisuuden muutoksiin liittyvä havainto. Mikäli löytyi useampia selkeästi identtisiä, samaan aineistoon perustuvia havaintoja, pyrittiin niistä havaintojen listaan sisällyttämään vain yksi. Kuitenkin, jos samantapaisten havaintojen mahdollinen identtisyys oli epäselvää, tutkimushavaintoja enemmän sisällytettiin kuin karsittiin listasta. Jokainen luonnon monimuotoisuuden muutoksiin liittyvä tutkimushavainto yhdistettiin kirjallisuudessa annettuihin tai epäsuorasti ilmeneviin oheistietoihin, kuten muun muassa ajalliseen ja maantieteelliseen kattavuuteen, ympäristön ominaisuuksiin, luontotyyppeihin ja eliöryhmiin.

Tutkimushavaintojen luonnon monimuotoisuutta koskevien tietojen luokittelua varten sovellettiin seuraavaa luonnon monimuotoisuuden tasoryhmittelyä (Pereira ym. 2013): geneettinen koostumus, lajien ominaisuudet, lajien populaatiot, eliöyhteisöjen koostumus, ekosysteemin rakenne ja ekosysteemin toiminta. Yksityiskohtaisempaa luokittelua varten tutkimushavaintoihin liitettiin myös tiedot luonnon monimuotoisuuden elementeistä, jotka ryhmiteltiin suurempiin tässä raportissa luonnon monimuotoisuuden kategorioiksi kutsuttuihin kokonaisuuksiin. Eliömäärän kategoriaan kuuluvat yksilömäärä, biomassa, tiheys ja kattavuus eli esiintymisen laajuus. **Taksonin\*** esiintyminen kategoriassa ovat presenssi eli lajin läsnäolo tai poissaolo alueelta, esiintyvyyshfrekvenssi ja levinneisyys. Eliöyhteisön rakenne kategoriassa lajikoostumus ja -määrä, lajien valtasuhteet, luonnon monimuotoisuusindeksit, **trofiatasot\*** eli ravintoverkon tasot ja yhteisön kokorakenne eli erikokoisten yksilöiden määrä yhteisössä. Yksilöominaisuudet kategoriaan kuuluvat kasvu, sukukypsyys, jälkeläistuotto, sekä kehon koostumus ja häiriöt. Populaatorakenne kategoriassa ovat ikä, sukupuoli ja koko. Ekosysteemimuutos kategoria sisältää moninaisia muutoksia ekosysteemitasolla. Ekologiset toiminnot kategoriassa ovat toiminnallinen monimuotoisuus sekä ekologiset prosessit. Muut kategoriaan kuuluvat geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila sekä lajin/populaation fenologia eli elinkierron ajoitus esimerkiksi vuodenvaihtelun mukaan.

Luontokatoa osoittavien havaintojen muutoksen tyyppi (tai ilmentymisen päätyyppi) määriteltiin seuraavanlaisesti: muutos, väheneminen, paikallinen katoaminen, lisääntyminen, ei paranemista, ja useita muutostyyppiä. Muutostyyppi väheneminen kattoi myös seuraavat muutokset: pieneneminen, hidastuminen, heikkeneminen ja kaventuminen. Aineistojen luonnon monimuotoisuuden elementeistä ja muutostyyppistä koostui luontokadon ilmenemismuoto kunkin tutkimushavainnon kohdalla, esimerkiksi: "lajin levinneisyyden muutos" tai "populaation yksilömäärän vähentyminen".

Mikäli tutkimushavainto käsitti määrällisiä (kvantitatiivisia) tuloksia kohteena olevasta suureesta ennen ja jälkeen, laskettiin muutoksen suuruutta kuvaava vaikutusaste seuraavanlaisesti:

$$ABS((x-y)/MAX((ABS(x),ABS(y))),$$

jossa y on muutosvertailun aloitusarvo ja x ajallisesti myöhempi lopetusarvo, ABS on lukujen absoluuttinen arvo ja MAX on lukujen maksimaalinen arvo. Laskentatapa tuottaa muutossuuruutta kuvastavan lukuarvon 0 ja 1 välillä, jossa 1 vastaa mahdollisimman suurta muutosta ja 0 ei muutosta lainkaan<sup>10</sup> (Thomsen 2020; Ojaveer ym. 2021). Huomioitavaa on, että tällä tavoin laskettuna luonnon monimuotoisuuden muutoksen suuruutta ei

<sup>10</sup> Vaikutusasteen lukuarvo 1 tarkoittaa mitattavan suureen arvon vähenemistä noltaan, ja vaikutusasteen lukuarvo 0, ettei mitattavan suureen arvo ole muuttunut lainkaan.





arvioida yhtä tiettyä referenssivuotta tai oletettua luonnontilaa vasten (koska tällaisia tietoja ei myöskään ole kattavasti olemassa), vaan muutoksen suuruus on laskettu kunkin tutkimushavainnon vertailun aloitusvuodesta sen lopetusvuoteen. Täten laskettuna vaikutusaste ei pysty huomioimaan muutoksen aikajännettä, eivätkä eri havaintojen vaikutusasteet siten ole tämän suhteen suoraan verrannollisia. Kuitenkin vaikutusastetta käsiteltäessä tarkastellaan myös laadullisesti (kvalitatiivisesti) vaikutusasteen suhdetta muutoksen aikajänteeseen koko luontokatoa osoittavan aineiston osalta sekä erikseen eliöryhmittäin.

Kerätyt tutkimushavainnot käsiteltiin ja analysoitiin luontokadon ilmenemismuotojen sekä aineiston muiden ominaisuuksien osalta, ja tuloksia tarkasteltiin kokonaisuudessaan sekä eri jaotteluja hyödyntäen. Oleellista on huomioida, että tuloksia tarkasteltaessa esitetään tutkimuskirjallisuuteen perustuvat luontokadon havainnot kahdella tavalla, 1) luontokatoa osoittavien havaintojen määränä ja 2) luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellisena osuutena kaikesta sisällytetystä aineistosta. Tulosten tarkastelun yhteydessä näihin viitataan lisäksi käsitteillä luontokadon esiintyvyys (1) ja luontokadon yleisyys (2). Tulosten ajallisessa tarkastelussa tutkimushavainnot jaettiin kahteen tarkasteluryhmään käyttäen vuotta 2000 ajallisena ryhmittelyrajana niin, että ajallisesti vanhemmassa ryhmässä olivat aineistot, joiden ajallinen kattavuus ei yltänyt vuosituhannen vaihteen yli, ja uudemmassa ryhmässä olivat vastaavasti aineistot, jotka ylsivät 2000-luvulle. Ajallisen ryhmittelyn rajavuosi 2000 valittiin subjektiivisesti käytännön perustein. Ajallinen tarkastelu tällä ryhmittelyrajalla antaa kuitenkin soveltuvin osin myös suuntaa antavan kuvan vuonna 2004 käynnistetyn Vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman, VELMUn, vaikutuksista olemassa olevaan tietopohjaan.

Luontokatoa osoittavat havainnot pyrittiin liittämään muutoksia aiheuttaneisiin mekanismeihin ja syihin siinä määrin kuin tällaista tietoa oli saatavilla. Luontokadon syyt luokiteltiin todennäköisiksi, mahdollisiksi tai todistusperustaisiksi. Todistusperustaisiksi luokiteltiin sellaiset syyt, joiden vaikutusta luonnon monimuotoisuuden johonkin elementtiin oli nimenomaisesti tutkittu. Syiden merkittävyyttä arvioitiin kunkin syyn prosentuaalisena esiintyvyytenä luontokatoa osoittavissa aineistossa. Tiettyyn luontokatoa osoittavaan havaintoon saattaa olla liitettyinä useampia syitä, minkä vuoksi luontokadon syiden esiintyvyyssosuudet eivät ole yhteismitallisia. Syyt ryhmiteltiin seuraavanlaisesti: rehevöityminen, ilmastonmuutos, elinympäristöjen katoaminen/heikkeneminen, luonnolliset ympäristöolosuhteiden vaihtelut, ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus, vieraslajit, rehevöitymisen väheneminen, happamoituminen, merenpohjan fyysinen häiriö, haitalliset aineet, kalalajien tuki-istutukset, välilliset ekologiset vuorovaikutukset ja veden keinotekoinen lämpeneminen.

Tulosten yksityiskohtainen tarkastelu tehtiin erikseen jokaiselle eliöryhmälle, luontotyyppille ja merialueelle (luvut 3.5–3.7), näin tuoden esille raportin keskeisimpiä tuloksia kolmesta eri toisiaan täydentävästä ja eri tietotarpeita palvelevasta näkökulmasta. Kunkin eliöryhmän, luontotyypin ja merialueen osalta tehtiin i) kirjallisuusaineiston tulosten tarkastelu luontokadon ilmenemisestä, ii) aineistoon perustuva kirjallisuuskatsaus ja iii) muiden meriluontoa ja sen monimuotoisuutta koskevien arvioiden ja raporttien olennaisten tulosten käsittely.

Kutakin eliöryhmää, luontotyyppiä ja merialuetta käsittelevässä luvussa esitettiin olemassa olevien oleellisten tutkimushavaintojen määrä, luontokadon suhteellinen yleisyys sekä luontokadon ilmenemismuotojen moninaisuus aineistossa. Aineistomäärän luokittelu perustui eliöryhmä-, luontotyyppi- tai merialuekohtaisen aineistomäärän kokolukuun pyöristettyihin prosentuaalisiin osuuksiin koko sisällytetystä aineistomäärästä. Aineistomäärä luokiteltiin niukaksi (0–9 prosenttia, ”punainen”), kohtalaiseksi (10–24 prosenttia, ”oranssi”) tai runsaaksi ( $\geq 25$  prosenttia, ”vihreä”). Luontokadon yleisyyden luokittelu perustui kokolukuun pyöristettyyn luontokatoa osoittavien tutkimushavaintojen suhteelliseen osuuteen kunkin ryhmän tai ryhmittelyn koko sisällytetystä aineistosta. Luontokadon yleisyys luokiteltiin vähäiseksi (0–32 prosenttia, ”vihreä”), kohtalaiseksi (33–67 prosenttia, ”keltainen”) tai yleiseksi ( $\geq 68$  prosenttia, ”punainen”). Luontokadon moninaisuus luokiteltiin eliöryhmä-, luontotyyppi- tai merialuekohtaisten luontokadon eri ilmenemismuotojen kappalemäärään mukaan suppeaksi (0–9 kappaletta, ”vihreä”), kohtalaiseksi (10–19 kappaletta, ”keltainen”) tai suureksi ( $\geq 20$  kappaletta, ”punainen”).



### 3 LUONTOKATO SUOMEN RANNIKKOVESISSÄ

Suomen merialueen tila on monin paikoin heikko. Ihmisten tarpeiden ja toiminnan jäljet ulottuvat suojaisista sisälahdistista avomerelle, eikä Itämerellä enää ole koskemattomia alueita. Ihmistoiminnan aiheuttamat paineet luonnolle ovat merkittäviä varsinkin matalilla rannikkoalueilla, missä ihmistoiminta on vilkkainta. Ihmistoiminnasta johtuvat paineet kohdistuvat rannikon elinympäristöihin ja niitä hyödyntäviin leviin, kasveihin, eläimiin sekä koko ekosysteemin monin eri tavoin. Kun paineet ovat pysyviä ja vaikuttavat riittävän kauan tai voimakkaasti, tai kun niitä on samanaikaisesti liian monia, on seurauksena luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä eli luontokatoa. Rannikon luontokadolla on vakavia seurauksia ekosysteemien toiminnalle ja ekosysteemien tuottamiin palveluihin, myös meille ihmisille.

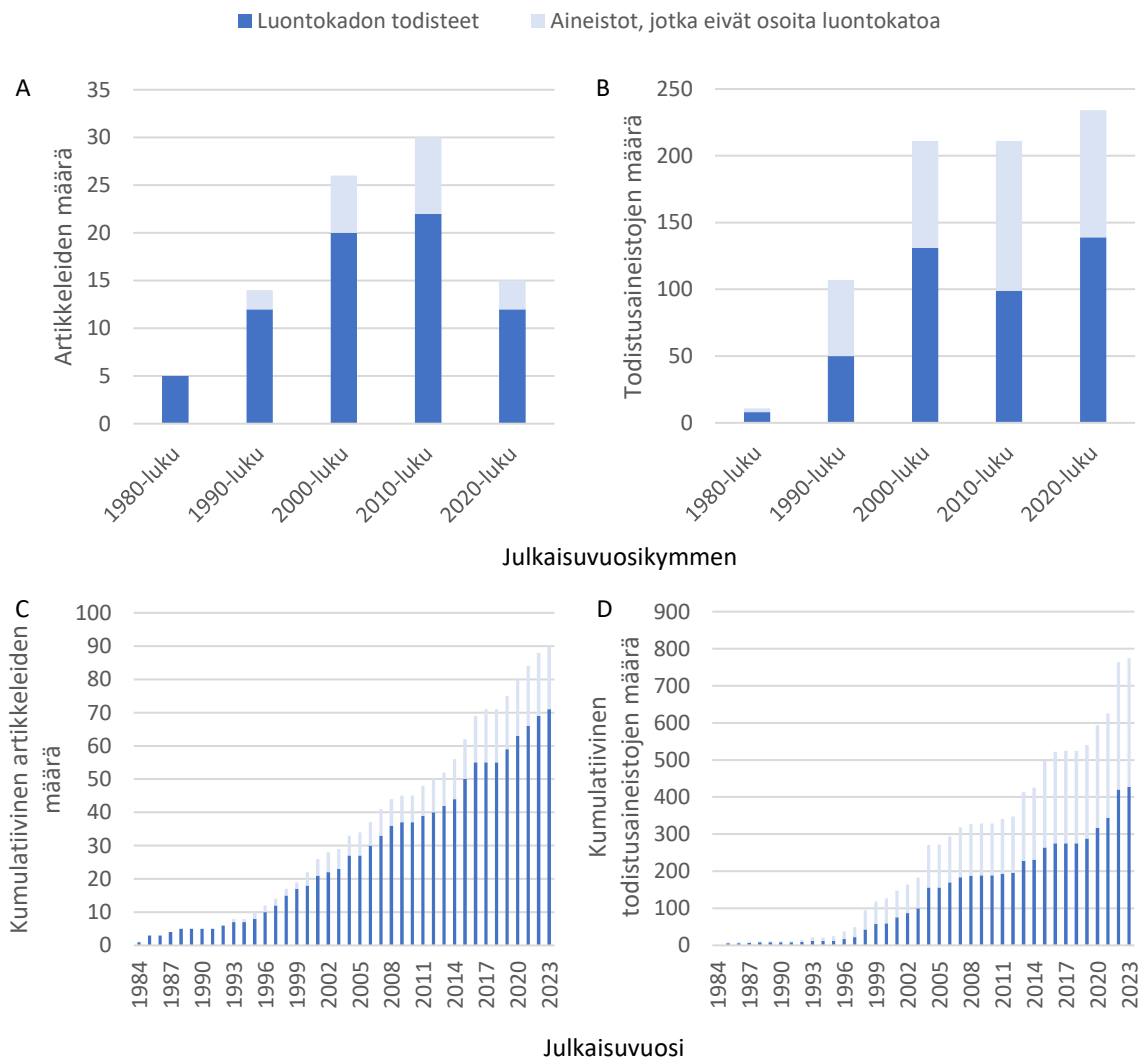
Tässä raportissa Suomen rannikkoalueiden luontokatoa tarkastellaan tutkimuskirjallisuushaun aineiston sekä muiden keskeisten meriluontoa ja sen monimuotoisuutta koskevien arvioiden ja raporttien perusteella. Luvussa 3.1 esitellään lyhyesti kirjallisuushaun hakutuloksia ja sisällytetyn aineiston ominaisuuksia. Luvussa 3.2 esitetään kirjallisuusaineiston tarkastelun tuloksia luontokadon esiintymisestä eri ympäristöihin ja luonnon monimuotoisuuteen liittyvien ryhmittelyjen mukaan. Luvussa 3.3 käsitellään yleisesti luontokadon ilmenemismuotoja kirjallisuusaineiston perusteella. Luvussa 3.4 esitellään kirjallisuusaineiston tarkastelun perusteella tärkeimpiä ihmistoiminnan aiheuttamia paineita rannikon vedenalaisen luonnon luontokadon syinä, ja yleisemmin rannikon vesiluontoa ja merialueita koskevia ihmistoiminnan aiheuttamia paineita muun muassa merenhoidon arvioiden sekä uhanalaisuusarvioiden mukaan. Luvussa 3.5–3.7 käsitellään yksityiskohtaisemmin luontokadon ilmenemistä eliöryhmä-, luontotyyppi- ja merialuekohtaisesti, ja tuodaan näin esille raportin keskeisimpiä tuloksia kolmesta toisiaan täydentävästä ja eri tietotarpeita palvelevasta näkökulmasta. Kunkin eliöryhmän, luontotyypin ja merialueen osalta esitetään i) kirjallisuusaineiston tarkastelun tulokset luontokadon ilmenemisestä, ii) aineistoon perustuva kirjallisuuskatsaus ja iii) muiden meriluontoa ja sen monimuotoisuutta koskevien arvioiden ja raporttien olennaisia tuloksia.

#### 3.1 Kirjallisuushaun tulokset ja aineiston ominaisuudet

Kirjallisuushaku tuotti tutkimuskysymysten kannalta 90 oleellista artikkelia, joista 71 sisälsi luontokatoa osoittavia havaintoja ja 19 ei sisältänyt havaintoja luonnon monimuotoisuuden muutoksista tai sisälsi havaintoja luonnon monimuotoisuuden kannalta positiivisista muutoksista (liite 2). Sisällytetyt artikkelit olivat peräisin 48 eri tieteellisestä lehdestä. Yhteensä tutkimushavaintoja potentiaalisista luonnon monimuotoisuuden muutoksista löytyi 774 kappaletta, joista luontokadon ilmenemistä osoitti yhteensä 427 havaintoa, ja loput olivat aineistoja, jotka osoittivat positiivisia muutoksia tai ei muutoksia lainkaan luonnon monimuotoisuuteen. Sisällytetyt tutkimushavainnot olivat pääosin peräisin tutkimusartikkeleista (757 kappaletta), mutta myös muutamista kirjallisuuskatsauksista (17 kappaletta). Havainnoista suurin osa koostui kahden vertailuvuoden tai vertailujakson välisistä muutoksista (501 kappaletta, 65 prosenttia<sup>11</sup>), pieni osa nykytilakatsauksista<sup>12</sup> (46 kappaletta, 6 prosenttia), ja loput useamman vuoden aikasarjoista (227 kappaletta, 30 prosenttia). Sisällytetyt artikkelit olivat peräisin 40 viimeisen vuoden ajalta ja julkaisuvuodet sijoituivat välille 1984–2023. Artikkeleiden ja tutkimushavaintojen lukumäärät julkaisuvuosittain ja vuosikymmenittäin on esitetty kuvassa 2. Luontokatoa osoittavien havaintojen osuus kaikista sisällytetyistä tutkimushavainnoista oli 55 prosenttia ja julkaisuvuosikymmenittäin tarkasteltuna vaihteli 47 prosenttiin (1990- ja 2010-luku) ja 73 prosenttiin (1980-luku) välillä ilman viitteitä selkeästä ajallisesta muutoksesta (kuva 2B). Luontokadon ilmenemismuodot oli luontokatoa osoittavassa aineistossa vaihtelevasti liitetty eri aiheuttajiin tai syihin. Suurin osa (81 prosenttia) luontokadon aiheuttajista luokiteltiin aineistoissa annetun tiedon perusteella todennäköisiksi, osa mahdollisiksi (12 prosenttia) ja vain pieni osa (8 prosenttia) aiheuttajista liitettiin todistusperusteisesti tiettyyn luontokadon muotoon (eli oli nimenomaisesti tutkittu jonkin aiheuttajan vaikutusta johonkin monimuotoisuuden elementtiin). Lisätietoja tietohaun aineiston ja sen ominaisuuksien tarkastelun tuloksista on esitetty liitteessä 3.

<sup>11</sup> Raportin tuloksissa esitetyt prosenttiluvut on pyöristetty lähimpään kokolukuun.

<sup>12</sup> Osa aineistoista oli peräisin sellaisista tilakatsauksista, joissa nykytilan lisäksi ilmoitettiin, arvioitiin tai indikoitiin tapahtuneesta muutoksesta, vaikka muutoksen arvioiminen ei ollut tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus.



Kuva 2. Sisällytettyjen artikkelien ja tutkimushavaintojen lukumäärät julkaisuvuosikymmenittäin ja kumulatiiviset lukumäärät julkaisuvuosittain. Luontokatoa osoittavien aineistojen osuus koko aineistossa on esitetty tummemmalla värillä. Artikkeleita on yhteensä 90 kappaletta, ja tutkimushavaintoja 774 kappaletta.

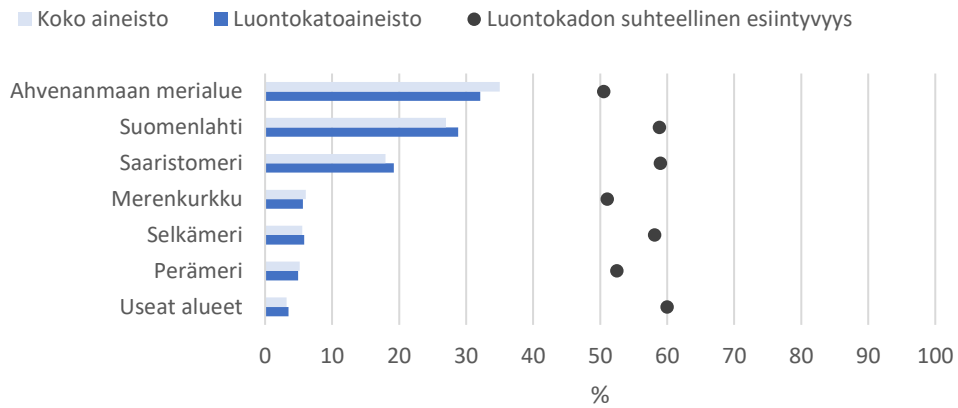
### 3.2 Luontokadon esiintyminen

Luonnon monimuotoisuuden muutoksiin liittyvistä tutkimushavainnoista kaikkiaan 427 kappaletta eli 55 prosenttia kaikista sisällytetyistä aineistoista osoitti luontokatoa<sup>13</sup>. Maantieteellisesti suurin osa luontokatoa osoittaneista havainnoista koski Ahvenanmaan merialuetta (32 prosenttia), Suomenlahtea (29 prosenttia) ja Saaristomerta (19 prosenttia), kattaen 80 prosenttia kaikista luontokatoa osoittaneista havainnoista (kuva 3). Luontokatoa osoittaneiden havaintojen suhteellinen yleisyys koko aineistosta oli suurinta Saaristomerellä ja Suomenlahdella (59 prosenttia) ja pienintä (51 prosenttia) Ahvenanmaalla ja Merenkurkussa (kuva 3). Saaristovyöhykkeittäin tarkasteltuna mikään vyöhyke ei ollut erityisen hallitseva ja luontokatoa osoittavat havainnot jakautuivat melko tasaisesti kaikille saaristovyöhykkeille (kuva 4A). Luontokatoa osoittavissa aineistoissa tavallisin veden syvyysryhmä oli tarkemmin määrittelemätön alle 10 metrin syvyys (liite 3, kuva 3.10), mikä toisaalta saattaa kuvastaa aivan matalimpien alueiden niukkaa tutkimushavaintojen määrää, mutta

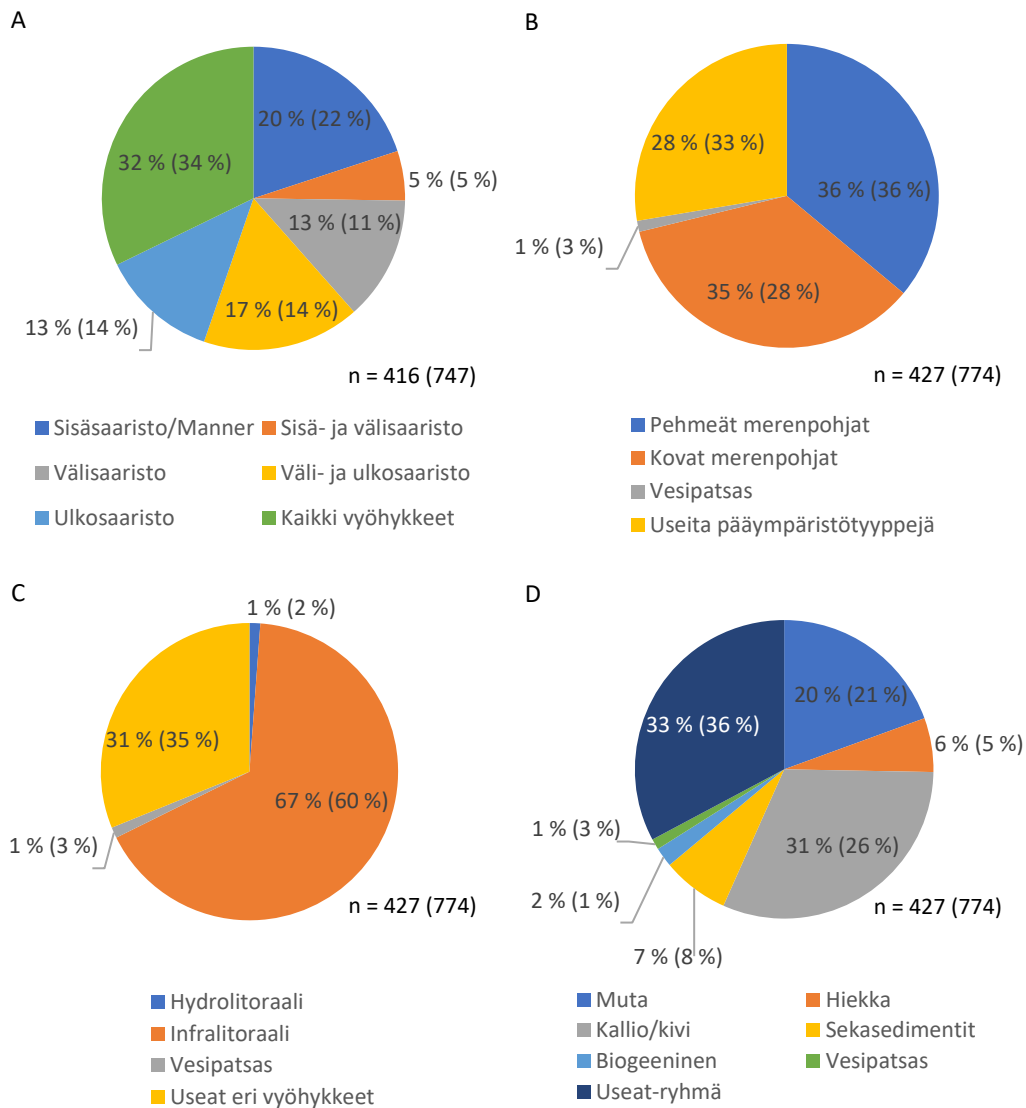
<sup>13</sup> Huomioitavaa, että tässä luvussa ja myöhemmin luvuissa 3.1.2–3.1.4 esitetään luontokadon aineistoa kahdella tavalla, 1) luontokatoa osoittavien havaintojen määränä eli esiintyvyytenä ja 2) luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellisena osuutena kaikesta sisällytetyistä aineistosta eli yleisyytenä (katso luku 2.2.2).



varsinkin tutkimushavaintojen syvyyسمäärittelyn epätarkkuutta. Syvyys- ja saaristovyöhykkeiden osalta luontokatoa osoittaneiden aineistojen suhteellinen yleisyys vaihteli 50 prosentin ja 66–67 prosentin välissä (liite 3, kuvat 3.11 ja 3.12).



**Kuva 3. Tutkimushavaintojen jakautuminen sekä luontokadon suhteellinen yleisyys merialueittain.** Koko sisällytetyn aineiston (n = 774) prosentuaalinen jakautuminen on esitetty vaalealla palkilla ja vastaavasti luontokatoa osoittavat aineistot (n = 427) tummalla palkilla. Luontokatoa osoittavien havaintojen esiintyvyys (prosentteina) suhteessa koko aineistoon on esitetty mustalla pisteellä kullekin merialueelle.



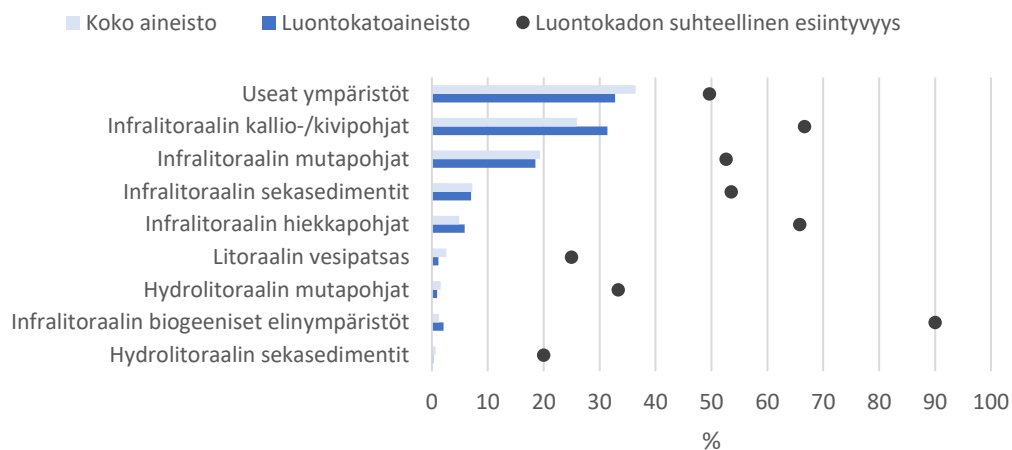
**Kuva 4. Luontokatoa osoittavien tutkimushavaintojen jakautuminen aineistossa eri ympäristöominaisuuksien mukaan.** Kuvaaja A) esittää aineiston jakautumisen saaristovyöhykkeittäin, B) pääympäristötyypeittäin, C) litoraalin vyöhykkeiden ja D) pohjan aineksen tai sen puutteen (vesipatsas) mukaan. Suluissa annetut prosenttiosuudet kuvastavat vastaavaa kaikkien sisällytettyjen tutkimushavaintojen jakautumista. Kaikkia aineistoja ei aina voitu liittää ympäristöominaisuuksiin annettujen taustatietojen puutteiden tai tutkimuksen yleisen luonteen takia. Kunkin kuvaajan yhteydessä on esitetty käytettävissä ollut luontokatoa osoittavien havaintojen lukumäärä (n) ja suluissa vastaava koko sisällytetyn aineiston määrä.

Pääympäristötyypeittäin tarkasteltuna yksittäisiin ympäristötyyppeihin määriteltävissä olevat luontokatoa osoittavat aineistot kattoivat melko tasaisesti sekä pehmeät (36 prosenttia) että kovat (35 prosenttia) merenpohjat, kun taas noin kolmannes kaikista aineistoista oli liitetty useampaan kuin yhteen pääympäristötyyppiin (kuva 4B). Puhtaasti litoraalin vesipatsasta koski vain viisi tutkimushavaintoa, noin kolmannes käsitti useita litoraalivyöhykkeitä, kun taas selkeästi suurin osa (67 prosenttia) koski infralitoraalia (kuva 4C). Suhteessa koko sisällytettyyn aineistoon luontokatoa oli raportoitu yleisimmin ympäristötyypeistä kovilla pohjilla (69 prosenttia, liite 3 kuva 3.13) ja litoraalin vyöhykkeistä infralitoraalissa (61 prosenttia, liite 3 kuva 3.14). Vähiten luontokatoa on molempien jaotteluiden mukaan raportoitu vesipatsaasta (25 prosenttia). Eri pohjatyypeistä luontokatoa osoittavat havainnot liittyivät eniten kallio-/kivipohjiin (31 prosenttia) ja mutapohjiin (20 prosenttia, kuva 4D). Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys oli suurinta



(90 prosenttia,  $n^{14} = 10$ ) biogeenisissä elinympäristöissä ja pienintä vesimassassa (51 prosenttia, liite 3, kuva 3.15).

EU:n luontotyyppiluokituksen mukaan tarkasteltuna EUNIS tason 3 luokitteluun liitettävissä olevia tutkimushavaintoja oli 67 prosenttia kaikista luontokatoa osoittavista aineistoista. Aineistoon liitettäviä EUNIS tason 3 luontotyyppiä oli yhteensä kahdeksan kappaletta. Luontokatoa osoittavissa aineistoissa vallitsevin luontotyyppi oli Itämeren infralitoraalin kallio-/kivipohjat (31 prosenttia kaikista aineistoista ja 47 prosenttia luontotyyppeihin luokitelluista aineistoista), ja vähiten luontokadon havaintoja oli liitettävissä Itämeren hydrolitoraalin sekasedimentit- (1 kappale) ja mutapohjat -luontotyyppeihin (4 kappaletta, kuva 5). Suhteellisesti yleisintä luontokato oli infralitoraalin biogeenisiin elinympäristöihin liittyvissä aineistoissa (90 prosenttia,  $n = 10$ ) mutta myös infralitoraalin kallio-/kivipohjien sekä infralitoraalin hiekkapohjien aineistoissa (66–67 prosenttia), kun taas pienin suhteellinen yleisyys oli hydrolitoraaliin sekasedimenteillä (20 prosenttia,  $n = 5$ ) ja litoraalin vesipatsaassa (25 prosenttia). Litoraalin karkeisiin sedimentteihin liitettäviä aineistoja ei löytynyt lainkaan. EU:n ennallistamisasetusehdotuksen liitteessä II listatuista Itämeren koskevista 42:sta EUNIS tason 3 ja 4 luontotyypeistä (Euroopan unionin neuvosto2023) tämän raportin kirjallisuushaun tutkimushavainnot kattoivat 10 kappaletta (24 prosenttia), ja käännettynä aineiston 27:stä EUNIS tason 3 ja 4 luontotyyppistä 37 prosenttia sisältyi ennallistamisasetusehdotuksen liitteen II luontotyyppilistaukseen.



**Kuva 5. Tutkimushavaintojen jakautuminen sekä luontokadon suhteellinen yleisyys EUNIS tason 3 luontotyypeittäin.** Koko sisällytetyn aineiston ( $n = 774$ ) prosentuaalinen jakautuminen on esitetty vaalealla palkilla ja vastaavasti luontokatoa osoittavat aineistot ( $n = 427$ ) tummalla palkilla. Luontokatoa osoittavien havaintojen esiintyvyys (%) suhteessa koko aineistoon on esitetty mustalla pisteellä. Karkeiden pohjien luonnehtimia tai ciralitoraalin luontotyyppiä ei aineistossa esiintynyt lainkaan. Hydrolitoraalin luontotyypeistä aineisto liittyi vain mutapohjiin ja sekasedimenttipohjiin.

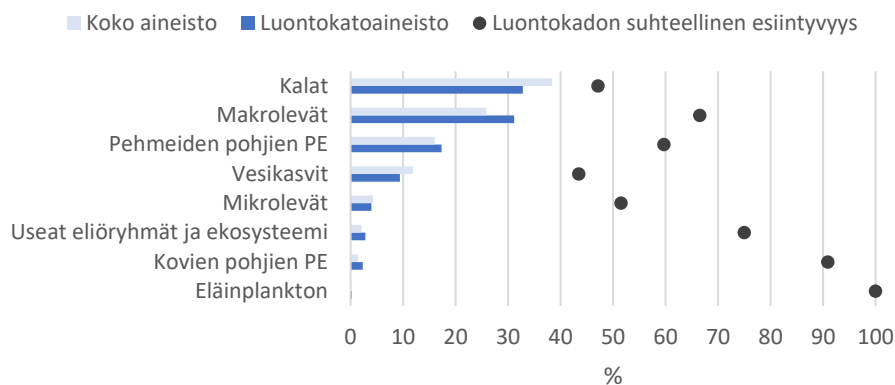
Luontokatoa osoittavat havainnot sisälsivät lähes 130 lajia tai lajitasoa korkeampaa taksonia<sup>15</sup>, eli ylempää eliöiden systemaattisen ryhmittelyn tasoa. Eniten lajeja ja taksonia esiintyi makroleivissä ja vesikasveissa (35 ja 30 kappaletta), ja vähiten eläinplanktonissa (ei yhtään erillistä lajia tai taksonia) sekä mikrolevissä (6 kappaletta) ja koviin pohjien pohjaeläimissä (3 kappaletta, liite 4, taulukko 4.1). Eliöryhmittäin eniten luontokadon todisteita sisältäviä aineistoja oli kaloista (33 prosenttia) ja makroleivistä (31 prosenttia) ja vähiten eläinplanktonista ja koviin pohjien pohjaeläimistä (1 ja 10 kappaletta, kuva 6). Mikrobeja koskevia aineistoja ei löytynyt lainkaan, eikä tätä ryhmää sen takia käsitellä tuloksissa tarkemmin. Useampia tutkimushavaintoja sisältäneistä eliöryhmistä (eläinplanktonia koskevia aineistoja oli vain yksi), luontokadon havaintojen suhteellinen yleisyys koko eliöryhmäkohtaisesta aineistosta oli suurinta koviin pohjien pohjaeläimissä (91 prosenttia) ja pienintä vesikasveissa (44 prosenttia, kuva 6). Merenpohjalla eläviä (benttisiä) eliöitä ja/tai

<sup>14</sup> Aineistojen kappalemäärä ( $n$ ) esitetään, jos  $n \leq 10$ . Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellisen yleisyyden yhteydessä esitettynä  $n$  kuvastaa koko sisällytetyn aineiston määrää tarkasteltavassa ryhmittelyssä.

<sup>15</sup> Korkeampi taksonitaso huomioitiin, jos samasta taksonista ei ollut lajitason aineistoa.



yhteisöjä koskevia luontokatoaineistoja oli selkeästi enemmän (86 prosenttia) kuin vastaavasti vapaasti vesipatsaassa eläviä (pelagisia) eliöitä/yhteisöjä koskevia aineistoja, ja trofiatasoittain luontokadon aineistoista suurin osa (46 prosenttia) trofiatasoihin liitettävistä havainnoista käsitteli perustuotantoa (liite 3, kuva 3.20).



**Kuva 6. Tutkimushavaintojen jakautuminen sekä luontokadon suhteellinen yleisyys eliöryhmittäin.** Koko sisällytetyn aineiston (n = 774) prosentuaalinen jakautuminen esitetty vaalealla palkilla ja vastaavasti luontokatoa osoittavat aineistot (n = 427) tummammalla palkilla. Luontokatodisteiden esiintyvyys (%) suhteessa koko aineistoon esitetty mustalla pisteellä. Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällysysevinä eläviä piileviä. Vesikasvit-ryhmä sisältää putkilokasvien lisäksi vesisammaleet ja näkinpartaislevät. Eläinplanktonia koskevia aineistoja oli vain yksi kappale, ja mikrobeja koskevia aineistoja ei löytynyt lainkaan. Kuvan lyhenteet: PE = pohjaeläimet.

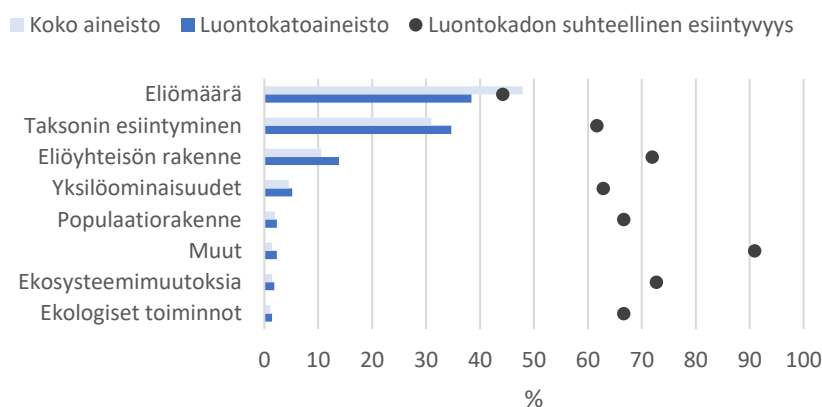
Luontokatoaineistot käsittivät luonnon monimuotoisuuden eri tasoja, joista selkeästi vallitsevana (69 prosenttia) oli populaatiotaso, kun taas vähiten aineistoja (2 kappaletta) oli geneettisen monimuotoisuuden tasolla (liite 3, kuva 3.22). Erilaisia luonnon monimuotoisuuden elementtejä tunnistettiin aineistossa yhteensä 20 kappaletta (taulukko 2) ja näiden elementtien muodostamia laajempia kategorioita kahdeksan kappaletta (kuva 7). Luonnon monimuotoisuuden kategorioista Eliömäärä ja Taksonien esiintyvyys olivat vallitsevia luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa (38 prosenttia ja 35 prosenttia), mutta merkittävä osuus oli myös Eliöyhteisön rakenne -kategorialla (14 prosenttia, kuva 7). Aineistossa harvinaisia luonnon monimuotoisuuden elementtejä olivat muun muassa Muut-kategoriaan sijoittuva geneettinen erilaistuminen ja lajin/populaation yleistila, sekä Ekologiset toiminnot -kategorian toiminnallinen monimuotoisuus, ekologiset toiminnot ja ravintoverkon prosessit (kuva 7, taulukko 2). Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli pienintä (44 prosenttia) Eliömäärä-kategoriassa ja suurinta (91 prosenttia) Muut-kategoriassa (kuva 7).

**Taulukko 2. Kaikkien sisällytettyjen tutkimushavaintojen (n = 774) sekä luontokatoaineistojen (n = 427) jakautuminen luonnon monimuotoisuuden eri elementtien mukaan.** Suluissa vastaavat prosenttiosuudet.

Luonnon monimuotoisuuden elementti	Kaikki aineistot	Luontokatoaineistot
Yksilömäärä	208 (26,9)	95 (22,2)
Taksonin presenssi ja esiintymisfrekvenssi	197 (25,5)	109 (25,5)
Biomassa	148 (19,1)	63 (14,8)
Taksonin/populaation levinneisyys	43 (5,6)	39 (9,1)
Eliöyhteisön lajikoostumus, lajisuhteet, kokorakenne, trofiataso	37 (4,8)	33 (7,7)
Lajien ja taksonien määrä	37 (4,8)	21 (4,9)
Kasvunopeus	17 (2,2)	8 (1,9)
Populaation kasvutiheys/alan kattavuus	15 (1,5)	6 (1,4)
Useita ekosysteemimuutoksia	11 (1,4)	8 (1,9)



Sukukypsyyss	9 (1,2)	7 (1,6)
Luonnon monimuotoisuus -indeksit	8 (1,0)	5 (1,2)
Yksilön koko	8 (1,0)	3 (0,7)
Ikä/ikäjakauma	7 (0,9)	7 (1,6)
Yksilön kehon koostumus/häiriöt	7 (0,9)	6 (1,4)
Lajin/populaation fenologia	6 (0,8)	6 (1,4)
Ravintoverkon prosessit	5 (0,6)	4 (0,9)
Toiminnallinen monimuotoisuus ja ekologiset toiminnot	4 (0,5)	2 (0,5)
Lajin/populaation yleistila	3 (0,4)	3 (0,7)
Jälkeläistuotto	2 (0,3)	1 (0,2)
Geneettinen erilaistuminen	2 (0,3)	1 (0,2)
<b>Yhteensä</b>	<b>774</b>	<b>427</b>



**Kuva 7. Tutkimushavaintojen jakautuminen sekä luontokadon suhteellinen yleisyys luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan.** Koko sisällytetyn aineiston (n = 774) prosentuaalinen jakautuminen on esitetty vaalealla palkilla ja vastaavasti luontokatoa osoittavat aineistot (n = 427) tummalla palkilla. Luontokatoaineistojen esiintyvyys (%) suhteessa koko aineistoon on esitetty mustalla pisteellä. Luonnon monimuotoisuuskategoriat sisältävät seuraavia luonnon monimuotoisuuden elementtejä: Eliömäärä = yksilömäärä, biomassa, tiheys, kattavuus; Taksonin esiintyminen = presenssi, esiintymäfrekvenssi, levinneisyys; Eliöyhteisön rakenne = lajikoostumus ja -määrä, dominanssisuhteet, monimuotoisuusindeksit, trofiatasot, kokorakenne; Yksilöominaisuudet = kasvu, sukukypsyyss, jälkeläistuotto, kehon koostumus ja häiriöt; Populaatorakenne = ikä, sukupuoli, koko; Ekosysteemimuutos = moninaisia muutoksia ekosysteemitasolla; Ekologiset toiminnot = toiminnallinen identiteetti ja monimuotoisuus, ekologiset prosessit; Muut = geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila, lajin/populaation fenologia.

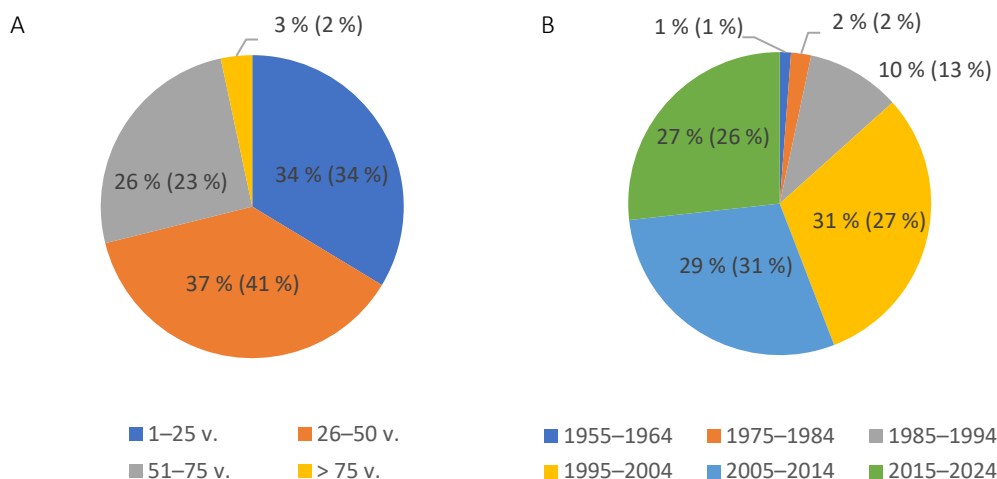
Yhteenvetona voidaan todeta, että luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä tapahtuu rannikon kaikilla merialueilla, ja luontokato kohdistuu lähes kaikkiin mataliin vedenalaisiin luontotyypppeihin sekä eliöryhmiin. Eniten luontokatoa osoittavia aineistoja on kaloista ja makrolevistä, infralitoraalin kovilta pohjilta ja Pohjanlahtea eteläisemmiltä merialueilta. Vähiten luontokatoaineistoja on mikrobeista, eläinplanktonista ja koviin pohjien pohjaeläimistä, tyrskyvyöhykkeestä ja Perämereltä. Aineiston perusteella suhteellisesti yleisintä luontokato on eläinplanktonissa ja koviin pohjien pohjaeläimissä, infralitoraalin biogeenisissä elinympäristössä sekä Saaristomerellä ja Suomenlahdella.





### 3.2.1 Ajallinen esiintyminen ja muutokset

Sisällytettyjen aineistojen ajallinen kattavuus vaihteli 4 ja 250 vuoden välillä ja oli keskimäärin 37 vuotta ( $\pm 28$  vuotta<sup>16</sup>). Suurin osa luontokadon todisteita sisältävistä aineistoista kattoi 26–50 vuoden ajanjakson (37 prosenttia, kuva 8), ja kymmenen vuoden jaksoin tarkasteltuna hallitseva ajallinen kattavuus oli 11–20 vuotta (25 prosenttia, liite 3, kuva 3.4). Tutkimushavaintojen ajallinen sijoittuminen vaihteli myös laajasti. Vertailujen aloitusvuodet vaihtelivat vuosien 1800 ja 2010 välillä ja lopetusvuodet vuosien 1955 ja 2022 välillä. Yli puolet (58 prosenttia) tutkimushavainnoista ulottui vähintään vuoteen 2005 asti (kuva 8) ja noin 74 prosenttia luontokatoaineistoista käsitti uudempia, vuosituhatteen vaihteen yli ulottuvia aineistoja. Ajallisen kattavuuden suhteen tarkasteltuna luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys koko aineistossa oli suurinta (88 prosenttia) ajallisesti kattavimmissa, yli 75 vuoden tarkastelujakson aineistoissa, mutta vaihteli muuten noin 50 ja 60 prosentin välissä (liite 3, kuva 3.5). Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli suurimmillaan aikaisimmissa aineistoissa (100 prosenttia kun aineiston päättymisvuodet olivat 1955–1964 välillä), joita kuitenkin lukumäärällisesti oli hyvin vähän (5 kappaletta), jonka jälkeen yleisyys vaihteli melko maltillisesti noin 43 ja 64 prosentin välissä (liite 3, kuva 3.6). Tämän perusteella matalien rannikkoalueiden luontokato ei olisi yleistynyt sitten 1960/1970-luvun, mutta toisaalta luontokatoa ei myöskään ole saatu hillittyä viimeisen 60 vuoden aikana.



**Kuva 8. Luontokatoa osoittavien tutkimushavaintojen ajallisen kattavuuden jakautuminen 25 vuoden jaksoissa (A, n = 419) sekä aineistojen päättymisvuosien mukaan ryhmiteltynä kymmenen vuoden jaksoihin (B, n = 427). Suluissa annetut prosentiosuudet kuvastavat vastaavaa kaikkien sisällytettyjen todistusaineistojen (n = 774) jakautumista.**

Merialueittain tarkasteltuna Ahvenanmaan merialueen osuus luontokatoa osoittavissa aineistoissa oli selkeästi suurempi (36 prosenttia) uudemmissa (vuoden 2000 jälkeen ulottuvissa) kuin vanhemmissa (vuotta 2000 edeltävissä) tutkimuksissa (23 prosenttia) ja Saaristomerен osuus taas selkeästi pienempi (15 prosenttia vs. 32 prosenttia, liite 3, kuva 3.8). Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys vanhoissa aineistoissa oli pienintä Perämerellä ja Merenkurkussa (40 prosenttia) ja suurinta Selkämerellä (63 prosenttia). Vuosituhannen vaihteen yli ulottuvissa tutkimuksissa pienin luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli Ahvenanmaan merialueella (51 prosenttia) ja suurin Saaristomerellä (60 prosenttia, liite 3, kuva 3.9), indikoiden luontokadon yleistymistä Saaristomerellä.

Luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa kaloja koskevien aineistojen osuus (32 prosenttia) ei muuttunut ajallisesti, mutta makrolevien osuus oli suurempi uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa (noin 35 prosenttia vs. 22 prosenttia, liite 3, kuva 3.18). Vesikasveja, kovien pohjien pohjajeläimiä ja eläinplanktonia koskevat aineistot olivat kaikki uudempia, kun taas pehmeiden pohjien pohjajeläimiä ja mikroleviä koskevien

<sup>16</sup> Tässä raportissa  $\pm$ -luku esitettynä keskiarvon yhteydessä osoittaa keskihajontaa.



luontokatoa osoittavien aineistojen osuudet olivat selkeästi pienemmät uudemmissa kuin vanhemmissa tutkimuksissa (14 prosenttia vs. 28 prosenttia, ja <1 prosentti vs. 14 prosenttia, liite 3, kuva 3.18). Eliöryhmittäin vanhoissa aineistoissa luontokadon suhteellinen yleisyys niissä ryhmissä, joissa todisteita löytyi, oli pienintä kaloissa (51 prosenttia) ja suurinta useita eliöryhmiä ja ekosysteemiä koskevissa laajemmissa aineistoissa, joista kaikki sisälsivät luontokadon todisteita (liite 3, kuva 3.19). Vuosituhannen vaihteen yli ulottuvissa aineistoissa pienin luontokadon suhteellinen yleisyys oli mikrolevissä, jossa se oli laskenut vanhempien aineistojen 56 prosentista noin 33 prosenttiin, kun taas suurin luontokadon suhteellinen yleisyys uudemmissa aineistoissa oli eläinplanktonissa (100 prosenttia, n = 1) ja koviin pohjien pohjaeläimissä (91 prosenttia), joita koskevia vanhempia aineistoja ei ollut lainkaan (liite 3, kuva 3.19).

Luonnon monimuotoisuuden kategorioiden mukaan tarkasteltuna luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa Taksonien esiintyvyy- ja Eliömäärä-kategoriaa koskevien aineistojen osuudet olivat suurempia uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa (38 prosenttia vs. 25 prosenttia, ja 40 prosenttia vs. 35 prosenttia) ja Eliöyhteisön rakenne -kategoriaa koskevien aineistojen osuus taas selkeästi pienempi (9 prosenttia vs. 29 prosenttia; liite 3, kuva 3.24). Vuotta 2000 edeltäneissä aineistoissa luontokadon todisteita ei ollut lainkaan Populaatorakenne- ja Ekologiset toiminnot -kategorioissa, ja niistä kategorioista, joissa aineistoja oli olemassa, pienin (29 prosenttia) luontokatotodisteiden suhteellinen yleisyys oli Yksilöominaisuudet-kategoriassa ja suurin Ekosysteemimuutos- ja Muut-kategorioissa (100 prosenttia), joissa molemmissa aineistojen lukumäärä oli kuitenkin hyvin pieni (n = 4 ja n = 6, liite 3, kuva 3.25). Vuosituhannen vaihteen yli ulottuvissa aineistoissa pienin (47 prosenttia) luontokadon suhteellinen yleisyys oli Eliömäärä-kategoriassa, jossa se oli kuitenkin noussut verrattuna vanhempien aineistojen vastaavaan osuuteen (36 prosenttia). Uudempien aineistojen suurin (75 prosenttia, n = 8) luontokadon suhteellinen yleisyys oli Ekologiset toiminnot -kategorioissa (liite 3, kuva 3.25). Luontokadon suhteellinen yleisyys oli vähentynyt merkittävimmin Taksonin esiintyvyy-, Ekosysteemimuutos- ja Muut-kategorioissa (23, 43 ja 50 prosenttiyksikköä), ja kasvanut eniten Yksilöominaisuudet-, Populaatorakenne- ja Ekologiset toiminnot -kategorioissa (43, 67 ja 75 prosenttiyksikköä, liite 3, kuva 3.25).

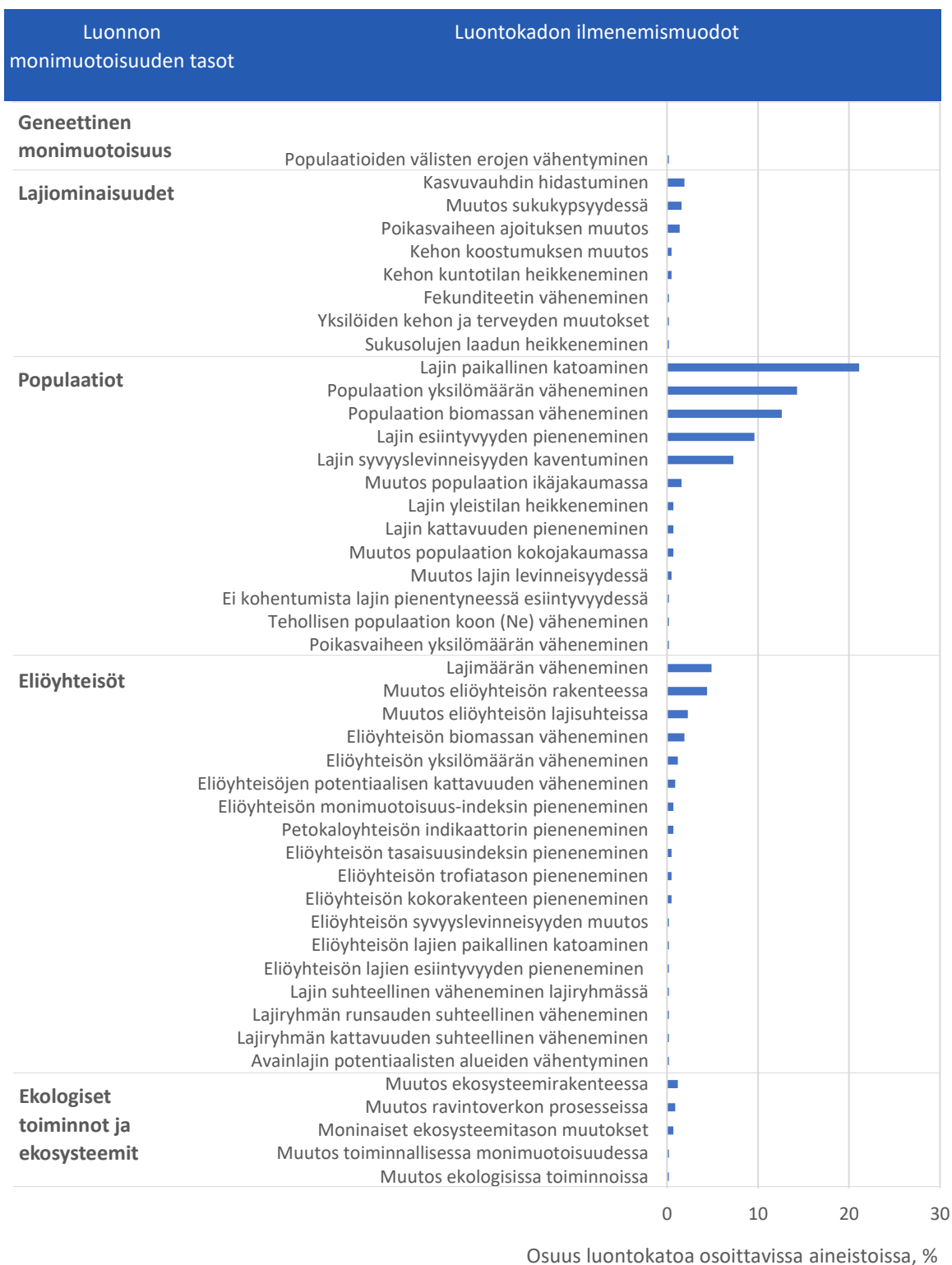
Yhteenvetona, olemassa olevat aineistot painottuvat selkeästi uudempiin kuin vanhempiin luonnon monimuotoisuuden muutoksiin. Yksittäisten merialueiden osalta tulokset indikoivat luontokadon yleistymistä Saaristomerellä, kun verrataan aineistoja ennen ja jälkeen vuosituhannen vaihteen. Kirjallisuusaineiston perusteella matalien rannikkoalueiden luontokato ei kuitenkaan kokonaisuudessaan olisi yleistynyt sitten 1960-luvun. Toisaalta luontokatoa ei myöskään ole saatu hillittyä viimeisen 60 vuoden aikana, vaikka meriin ja rannikkovesiin vaikuttavat ihmistoiminnan aiheuttamat paineet ovat olleet jo pitkään tiedossa.

### 3.3 Luontokadon ilmenemismuodot

Vedenalaisilla matalilla rannikkoalueilla havaitun luontokadon päätyypeiksi luokiteltiin Väheneminen<sup>17</sup>, Paikallinen katoaminen, Muutos, Ei parannusta ja Useita ilmenemismuotoja (luku 2.2.2). Tarkastellun luontokatoaineiston selvästi vallitsevin (64 prosenttia) luontokadon päätyyppi oli Väheneminen ja seuraavaksi yleisin oli Paikallinen katoaminen (21 prosenttia). Luontokadon päätyypeistä johdettuja tarkempia erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja esiintyi aineistossa kaikkiaan 45 kappaletta (kuva 9; liite 5, taulukot 5.2–5.4). Viisi yleisintä luontokadon ilmenemismuotoa kattoivat 65 prosenttia kaikista luontokatoaineistoista ja olivat: lajin paikallinen katoaminen (21 prosenttia), populaation yksilömäärän väheneminen (14 prosenttia), populaation biomassan väheneminen (13 prosenttia), lajin esiintyvyyden pieneneminen<sup>18</sup> (10 prosenttia), syvyyksilevinneisyyden kaventuminen (7 prosenttia; kuva 9; liite 5, taulukot 5.1–5.3). Geneettiseen monimuotoisuuteen ja lajiominaisuuksiin liittyvät ilmenemismuodot olivat harvinaisimpia ja esiintyivät yksinomaan kala-aiheisissa aineistoissa ja pääosin Useat ympäristöt -luontotyyppiryhmässä, mutta olivat jakautuneet useammalle merialueelle (genettiseen monimuotoisuuteen liittyvän ilmenemismuodon yksi tutkimushavainto oli Perämereltä; liite 5, taulukot 5.1–5.3).

<sup>17</sup> Luontokadon ilmentymisen päätyyppi (muutostyyppi). Väheneminen kattoi myös seuraavat muutokset: pieneneminen, hidastuminen, heikkeneminen, kaventuminen.

<sup>18</sup> Lajin esiintyvyyden pieneneminen kuvaa ilmenemismuotona sellaisia tutkimustuloksia, joissa on ajallisesti vertailtu jonkin lajin esiintymisfrekvenssiä tietyllä useita havaintopaikkoja sisältävällä tutkimusalueella.



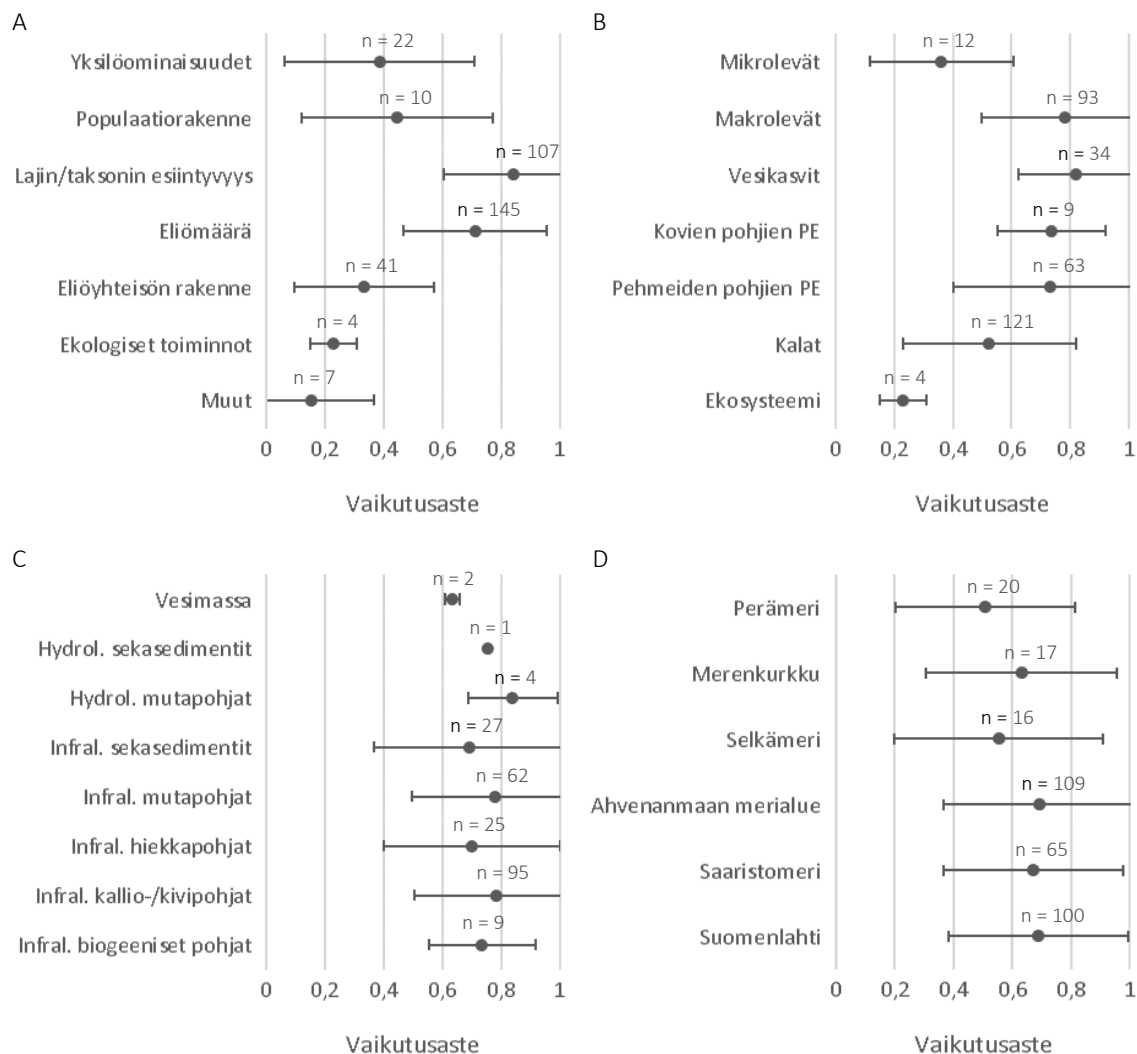
Kuva 9. Luontokadon ilmenemismuotojen esiintyminen luontokatoa osoittavassa aineistossa (n = 427). Luontokatoa on tutkimuskirjallisuudessa havaittu tapahtuvan rannikkoalueilla kaikkiaan 45 erilaisella tavalla. Aineisto on jaoteltu luonnon monimuotoisuuden eri tasojen mukaan. Kuvan termien selitteet: fekunditeetti = jälkeläistuotto, kuntotila = pituuden ja painon suhde kaloilla, tehollinen populaatiokoko = kuvaa sitä, kuinka hyvin perinnöllinen vaihtelu säilyy populaatiossa.



Eniten (18 kappaletta) erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja oli eliöyhteisöjä koskevalta luonnon monimuotoisuuden tasolta (kuva 9). Luontokadon eri ilmenemismuotoja esiintyi yleisesti useissa eri eliöryhmissä ja luontotyypeissä sekä useilla merialueilla. Aineiston perusteella kaloissa luontokadon ilmeneminen oli kaikista eliöryhmistä moninainen (27 luontokadon ilmenemismuotoa), mutta useimmissa eliöryhmissä luontokatoa ilmeni alle 10 eri tavalla (Liite 5, taulukko 5.1; luku 3.5). Merialueiden osalta luontokadon erilaiset ilmenemismuodot runsastuivat pohjoisesta etelään kulkiessa: kaikilla merialueilla esiintyy luontokatoa, mutta Perämerellä ja Merenkurkun alueella luontokadon ilmenemismuotoja löytyi aineistossa vähemmän kuin Ahvenanmaan merialueella, Saaristomerellä ja Suomenlahdella, missä luontokatoa ilmeni aineiston perusteella yli 20 eri tavalla (Liite 5, taulukko 5.3; luku 3.7). Määriteltävissä olevista luontotyypeistä eniten (13 kappaletta) erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja oli infralitoraalien mutapohjat -luontotyyppissä (Liite 5, taulukko 5.2; luku 3.6). Luontokadon moninaisuutta tarkasteltaessa on tässä yhteydessä tärkeää huomioida, että ilmenemismuotojen lukumäärän ja tarkasteltavan aineistomäärän välillä on selkeää korrelaatiota (Liite 5, kuva 5.1), joka todennäköisesti ainakin osittain selittää esimerkiksi eri merialueiden ja eliöryhmien välisiä eroja.

Luontokadon todisteita sisältävistä aineistoista 79 prosentissa voitiin laskea kvantitatiivinen luontokadon suuruutta kuvaava vaikutusaste (0–1; luku 2.2.2). Vaikutusasteissa luku 1 vastaa mahdollisimman suurta muutosta ja 0 ei muutosta lainkaan. Vaikutusaste koko luontokatoa osoittavassa aineistossa vaihteli 0,02 ja 1 välillä ja oli keskiarvoltaan 0,66 ( $\pm 0,32$ ). Kun vaikutusastetta tarkkailtiin tutkimushavaintojen ajallisen sijoittuvuuden lopetusajankohdan mukaan kymmenen vuoden jaksoihin jaettuna, vaikutusasteen keskiarvo vaihteli ilman mitään selkeätä trendiä. Alhaisin vaikutusasteen keskiarvo ( $0,61 \pm 0,36$ ) oli lopetusvuosien 1995–2004 aikana ja korkein ( $0,70 \pm 0,29$ ) vuosien 2005–2014 aikana (Liite 5, kuva 5.2). Luontokadon vaikutusasteen ja muutostarkastelun ajallisen kattavuuden suhteen ei ollut havaittavissa mitään selkeää yhteyttä koko luontokatoaineistossa eikä myöskään minkään eliöryhmän kohdalla erikseen (Liite 5, kuvat 5.3–5.5).

Luonnon monimuotoisuuden kategorioiden mukaan tarkasteltuna korkeimmat luontokadon ilmenemismuotojen vaikutusasteen keskiarvot olivat Lajin/taksonin esiintyvyys- ( $0,84 \pm 0,24$ ) ja Eliömäärä-kategorioiden ( $0,71 \pm 0,25$ ), ja vastaavasti alhaisimmat olivat Ekologiset toiminnot- ( $0,23 \pm 0,08$ ,  $n = 4$ ) ja Muut-kategorioiden ( $0,15 \pm 0,21$ ,  $n = 7$ ; kuva 10A; Liite 5, taulukko 5.4). Kategorioiden vaikutusasteen keskihajonta oli yleisesti melko suurta ( $> 0,21$ , paitsi Ekologiset toiminnot -kategoriassa  $0,08$ ) ja kategorioiden välillä päällekkäistä, indikoiden kategorioiden välillä samankaltaista vaikutusasteen vaihtelua ja keskiarvojen selkeiden erojen puuttumista, lukuun ottamatta vaikutusasteen keskiarvon ääripäissä olevia kategorioita (Lajin/taksonin esiintyvyys ja Eliömäärä vs. Ekologiset toiminnot ja Muut).



Kuva 10. Luontokadon suuruus osoitettuna muutoksen suuruutta kuvaavalla vaikutusasteella (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta) luonnon monimuotoisuuskategorioiden (A), eliöryhmittäin (B), luontotyypeittäin (C) ja merialueittain (D). Vaikutusaste (0–1) kuvastaa muutoksen suuruutta niin, että lukuarvo 1 vastaa mahdollisimman suurta muutosta ja 0 pientä (1 = mitattavan suureen arvon väheneminen nollaan; 0 = mitattavan suureen arvo ei ole muuttunut lainkaan). Jokaisen lasketun vaikutusasteen keskiarvon yläpuolella on näytetty aineistomäärä n. Eliöryhmittäin ei ole näytetty eläinplanktonaineistoja koska, niistä vain yksi osoitti luontokatoa eikä vaikutusastetta voitu laskea. Mikrobeja koskevia aineistoja ei löytynyt sisällytetystä aineistosta lainkaan. PE = ”pohjaeläimet”.

Eliöryhmittäin tarkasteltuna korkeimmat luontokadon vaikutusasteen keskiarvot olivat vesikasveissa ( $0,82 \pm 0,19$ ) ja makrolevissä ( $0,78 \pm 0,28$ ) ja vastaavasti alhaisimmat olivat mikrolevissä ( $0,36 \pm 0,24$ ) ja Ekosysteemi-ryhmässä ( $0,23 \pm 0,08$ ,  $n = 4$ ; kuva 10B; Liite 5, taulukko 5.4). Tässäkin ryhmittelyssä vaikutusasteen keskihajonta oli monin paikoin päällekkäistä ryhmien välillä, mikä viittaisi yleisesti ryhmien keskiarvojen selkeiden erojen puuttumiseen, lukuun ottamatta vaikutusasteen keskiarvon ääripäissä eliöryhmiä (vesikasvit vs. mikrolevät ja ekosysteemi, sekä ekosysteemi vs. makrolevät, vesikasvit, kovien ja pehmeiden pohjien pohjaeläimet).

Luontotyypeittäin luontokadon suuruus vaikutusasteen kautta tarkasteltuna oli hyvin tasaista ryhmien kesken, eikä selkeitä eroja vaikutusasteen keskiarvoissa näkynyt. Pienin vaikutusasteen keskiarvo oli vesimassa-luontotyyppin aineistoissa ( $0,63 \pm 0,03$ ,  $n = 2$ ) ja suurin hydrolitoraalien mutapohjat -luontotyyppissä Selkämerellä ( $0,84 \pm 0,15$ ,  $n = 4$ ), joissa molemmissa kuitenkin oli hyvin pieni aineistomäärä (kuva 10C; Liite 5, taulukko 5.4).



Merialueittain tarkasteltuna vaikutusasteiden keskiarvot olivat myös hyvin samansuuruisia kaikilla alueilla, selkeästi päällekkäisillä keskihajonnoilla ja ilman selkeitä eroja. Suurin vaikutusasteen keskiarvo oli Ahvenanmaan merialueen aineistoissa ( $0,69 \pm 0,33$ ) ja pienin Perämerellä ( $0,51 \pm 0,31$ ; kuva 10D; Liite 5, taulukko 5.4).

Yhteenvetona luontokadon ilmeneminen on tieteellisen kirjallisuusaineiston perusteella hyvin moninaista (kaikkiaan 45 luontokadon eri ilmenemismuotoa). Yleisimmät luontokadon ilmenemismuodot olivat lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen, sekä populaation runsauden väheneminen. Alueilla, joilla luontokatoa ilmeni, oli muutos kaikkiaan hyvin selkeää muutoksen suuruuden kautta tarkasteltuna (vaikutusasteen keskiarvo oli 0,7). Vaikutusasteen keskiarvo oli suurempi kuin 0,5 kaikilla merialueilla sekä kaikissa eliöryhmissä mikroleviä ja Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmää lukuun ottamatta. Luontokadon suuruudessa ei näkynyt kovin selviä eroja eri luonnon monimuotoisuuskategorioiden, eliöryhmien, luontotyyppien tai merialueiden välillä, mutta luonnon monimuotoisuuden negatiiviset muutokset olivat selkeimmät vesikasveissa ja makroleivissä, eteläisillä merialueilla sekä koskien lajien esiintymistä ja eliömäärää. Luontokadon vaikutusasteen suhteen täytyy kuitenkin huomioida, että reilusta viidesosasta luontokatoa osoittavia havaintoja muutoksen suuruutta ei voitu arvioida ja ettei vaikutusasteen laskennassa huomioitu tutkimushavaintojen vaihtelevaa ajallista kestoa. Täten, vaikka vaikutusasteen ja muutostarkastelun ajallisen kattavuuden suhteen ei ollut havaittavissa selkeää yhteyttä, on huomattava, että vaikutusaste antaa parhaimmillaan vain suuntaa antavan kuvan luontokadon suuruudesta, mutta ei muutostahdistista. Liitteen 5 taulukossa 5.5 esitetään yhteenveto koko aineiston luontokadon ilmenemismuodoista esimerkein ja vaikutusastein jaoteltuna merialueittain ja luontotyypeittäin.

### 3.4 Luontokadon syyt rannikkovesissä

Ihmistoiminnalla on monia suoria vaikutuksia rannikolluontoon muun muassa vesirakentamisen (sisältää tuulivoiman) ja ruoppausten, veneilyn ja laivaliikenteen, satamatoiminnan, teollisuuden, vesiviljelyn, kalastuksen ja metsästyksen kautta sekä, ja epäsuorempia vaikutuksia muun muassa asumisen, rantojen rakentamisen, maanviljelyn, metsätalouden ja vesivoiman kautta. Tietty ihmistoiminta voi aiheuttaa yhden tai useampia luontoon kohdistuvia paineita, ja tietty painetyyppi taas voi aiheutua monesta eri toiminnasta. Itämeren koskevia ihmistoiminnan ja paineiden tarkempia yhteyksiä ei tämän raportin puitteissa tarkastella, mutta niitä on käsitelty kattavasti tutkimuskirjallisuudessa (HELCOM 2020b; Laamanen ym. 2021).

Tämän raportin tutkimuskirjallisuusaineiston perusteella Suomen rannikkovesien luontokadon taustalla oleva yleisin (78 prosenttia) syy on rehevöityminen (kuva 11A). Luontokadon muita aiheuttajia olivat ilmastonmuutos, välilliset ekologiset vuorovaikutukset, merenpohjan fyysinen häiriö, ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus, luonnolliset ympäristöolosuhteiden vaihtelut, happamoituminen, elinympäristöjen katoaminen tai heikkeneminen, haitalliset aineet, vieraslajit, rehevöitymisen väheneminen, lajien tukistutukset ja meriveden keinotekoinen lämpeneminen. Rehevöityminen oli myös tärkein syy kaikille viidelle yleisimmälle luontokadon ilmenemismuodolle ja esiintyi yli 40 prosentissa luontokatoaineistoista näiden ilmenemismuotojen osalta. Luontokadon yleisimmän ilmenemismuodon, lajin paikallisen katoamisen, taustalla olevia syitä oli ainoastaan neljä kappaletta: rehevöityminen, ilmastonmuutos, merenpohjan fyysinen häiriö ja välilliset ekologiset vuorovaikutukset.

Kun tutkimuskirjallisuusaineistoa tarkastellaan ajallisesti, huomataan, että rehevöityminen on ylivoimaisesti vallitsevin luontokadon taustalla oleva syy yli ajallisen vertailun, mutta sen yleisyys aineistossa on laskenut hieman, 84 prosentista 78 prosenttiin, kun verrataan 2000-lukua edeltäviä aineistoja uudempiin, 2000-luvulle ulottuneisiin aineistoihin (kuva 11B). Monien muiden seuraavaksi tärkeimpien syiden yleisyydet aineistossa luontokadon aiheuttajina ovat vastaavasti kasvaneet samaisten ajallisten vertailujaksojen yli. Ilmastonmuutoksen yleisyys aineistossa on kasvanut eniten, kuudesta prosentista 39 prosenttiin yli ajan (kuva 11B). Myös välilliset ekologiset vuorovaikutukset, merenpohjan fyysinen häiriö ja ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus olivat nousseet yli 10 prosentin yleisyyteen luontokatoaineistossa.

Merenhoitosuunnitelman viimeisimmässä julkaistussa tila-arviossa meren heikon tilan aiheuttajiksi nostettiin esille ravinteiden ja muiden haitallisten aineiden aiheuttama kuormitus, merenpohjan häiriötä aiheuttavat toiminnot, kuten ruoppaukset, ruoppausmassojen läjitykset ja vesirakentaminen sekä kalastus, vieraslajit,



roskaantuminen ja vedenalainen melu (Korpinen ym. 2018). Näistä ravinnekuormitus ja rehevöityminen tunnistettiin merkittävimäksi meren heikentyneen tilan aiheuttajaksi. Viimeisimmän luontotyyppien uhanalaisuusarvion mukaan Itämeren uhanalaisten luontotyyppien uhanalaisuuden merkittävimmät syyt olivat rehevöityminen, vesirakentaminen ja vesiliikenne, joista rehevöityminen oli merkittävin (Kotilainen ym. 2018a). Uhanalaisuuden syiden taustalla ovat varsinkin maatalouden, asutuksen ja teollisuuden ravinnepestöt sekä ruoppaus ja ruoppausmassojen läjitys merenpohjille. Myös ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat jo havaittavissa esimerkiksi merijään levinneisyydessä ja jääpeitteen kestossa sekä kasvien kasvukauden pituudessa (Kotilainen ym. 2018a).

### Rehevöityminen

Liiallisesta ravinnekuormituksesta johtuvan rehevöitymisen vaikutukset luontokatoon näkyvät kaikissa rannikon vedenalaisissa eliöryhmissä ja kaikilla Suomen merialueilla. Rannikkovesien rehevöityminen johtaa moninaisesti muutoksiin lajien esiintymisessä ja populaatioiden runsauksissa ja sitä kautta muutoksiin eliöyhteisöjen ja ekosysteemin rakenteessa ja toiminnassa (Bonsdorff ym. 1997a; b; Rönnberg ja Bonsdorff 2004). Pitkään jatkunut Itämeren rehevöityminen on määritelty lähes kaikkien arvioitujen rannikon vedenalaisten luontotyyppien tärkeimmäksi uhanalaistumisen syyksi (Kotilainen ym. 2018a). Merenhoidon rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan kaikki Suomen rannikkovesialueet olivat hyvää tilaa huonommassa tilassa (Korpinen ym. 2018), eikä merkittävää tila parantumista ole tuoreimman tarkastelukauden aikana näkynyt (SYKE 2024a).

Tämän raportin tutkimuskirjallisuusaineistossa rehevöityminen oli liitetty lähes 80 prosenttiin kaikista luontokatoa osoittavista aineistoista ja yhteensä 30 eri luontokadon ilmenemismuotoon, eli 75 prosenttiin kaikista ilmenemismuodoista (kuva 11A). Rehevöitymiseen liitetyt viisi yleisintä luontokadon ilmenemismuotoa olivat samat kuin koko aineistossa, eli koskivat lajien esiintymistä ja katoamista sekä populaatioiden runsauden vähenemistä. Nämä kattoivat 74 prosenttia kaikista rehevöitymiseen liitetystä luontokatoa osoittavista aineistoista.

Ravinteita pääsee mereen erityisesti maa- ja metsätaloudesta hajakuormituksena, mutta myös yhdyskuntajätevesien, vesiviljelyn ja teollisuuden pistekuormituksena (Fleming ym. 2023; SYKE 2024a). Merelle sijoitetulla kalankasvatustoiminnalla saattaa olla paikallisesti hyvin merkittävät kuormitusvaikutukset, varsinkin Ahvenanmaan ja Saaristomeren merialueilla (SYKE 2024a). Kokonaisravinnekuormituksessa ei ole tapahtunut riittäviä parannuksia vesiensuojelutoimista huolimatta. Merialuekohtaiset enimmäiskuormitusmäärät ylittyvät kaikilla Suomen merialueilla, eniten Suomenlahdella ja Saaristomerellä (Korpinen ym. 2018; Fleming ym. 2023; SYKE 2024a).

### Merenpohjan fyysinen häiriö

Rannikon mataliin merenpohjiin ja niiden luontotyyppien ja lajien tilaan vaikuttavat rehevöitymisen lisäksi monet paikallisesti fyysistä häiriötä tuottavat ihmistoiminnot. Jos fyysisestä häiriöstä johtuva merenpohjan negatiivinen muutos on pysyvä, määritellään merenpohja menetetyksi. Jos merenpohja voi palautua muutoksesta, määritellään merenpohja häiriintyneeksi (Korpinen ym. 2018). Suomen merialueiden kokonaispinta-alasta häiriintyneeksi on arvioitu jopa 30 prosenttia, mutta menetetyksi vain muutama promille (Korpinen ym. 2018). Häiriintyneitten pohjien pinta-alojen arvioissa on kuitenkin suuria epävarmuuksia (Laamanen ym. 2021). Merenpohjan fyysisen menetyksen ja häiriintymisen kokonaisvaikutukset merenpohjan luonnolle ovat suurimmat Selkämeren sisemmällä rannikkovesillä sekä Saaristomeren ja Suomenlahden sisäsaaristossa (Korpinen ym. 2018).

Tämän raportin tutkimuskirjallisuusaineistossa merenpohjan fyysinen häiriö oli liitetty lähes 11 prosenttiin kaikista luontokatoa osoittavista aineistoista, ja oli siten neljänneksi yleisin luontokatoon liitetty taustatekijä (kuva 11A). Merenpohjan fyysinen häiriö liittyi vajaan neljännekseen kaikista aineistossa esiintyneistä ilmenemismuodoista. Merenpohjan häiriöön liitetyt yleisimmät luontokadon ilmenemismuodot koskivat lajien esiintymistä, kattavuutta ja paikallista katoamista. Nämä kolme ilmenemismuotoa kattoivat 83 prosenttia kaikista merenpohjan häiriöön liitetystä luontokatoa osoittavista aineistoista.

Fyysistä häiriötä merenpohjilla aiheuttavat muun muassa ruoppaus ja siihen liittyvä ruoppausmassojen läjitys, sekä rantarakentaminen, satamatoiminta ja vesiliikenne. Esimerkiksi rannikon pienimuotoisia (halkaisijaltaan



<100 m) ruoppausaloja on Suomen rannikolla arvioitu olevan ainakin noin 36 000 kappaletta, kattaen karkeasti viisi prosenttia rannikon matalista pehmeistä pohjista (Virtanen ym. 2023). Satamien ja vesiliikenneväylien ylläpito vaatii jatkuvia ruoppaustoimia, mutta myös rannikon ja saariston lisääntyvä vapaa-ajan asutus muodostaa tarpeita lukuisille pienimuotoisille ruoppauksille (Korpinen ym. 2018; Virtanen ym. 2023). Myös vilkas vesiliikenne lisää merenpohjan häiriötä, muun muassa siitä aiheutuvan eroosion myötä. Soranotto uhkaa vedenalaisia hiekkapohjia, kuten harjusaarten vedenalaisia jatkeita. Merituulivoiman arvioidaan lisääntyvän voimakkaasti ja sen rakentaminen tarkoittaa rakennusalueen mutta myös liityntäkaapeleiden ja muun tarvittavan infran alle jäävien elinympäristöjen tuhoutumista joko väliaikaisesti tai pysyvästi (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a). Merituulivoimaan liittyvistä rannikon vesiluontoon kohdistuvista haitoista ei tutkimuskirjallisuudessa eikä viimeisimmässä julkaistussa meren tilan arvioissa ollut suoranaisesti todisteita, mutta merituulivoiman rakentamisen voimakas lisääntyminen lähitulevaisuudessa tuo mukanaan potentiaalisesti myös rannikon vedenalaista luontoa uhkaavia paineita (Virtanen ym. 2022b; SYKE 2024a; Vihavainen ym. 2024).

### **Kalastuksen aiheuttama suora kuolleisuus ja muut kalastuksen vaikutukset**

Rehevöitymisen ja merenpohjan fyysisen häiriön lisäksi kalastus aiheuttaa merkittävää painetta meriluonnolle. Tämän raportin tutkimuskirjallisuusaineistossa kalastuksen aiheuttama suora kuolleisuus oli liitetty noin 10 prosenttiin kaikista luontokatoa osoittavista aineistoista, ja oli siten viidenneksi yleisin luontokatoon liitetty taustatekijä (kuva 11A). Kalastus liittyi reiluun neljännekseen kaikista aineistossa esiintyneistä ilmenemismuodoista. Kalastuksen liitetyt yleisimmät luontokadon ilmenemismuodot koskivat muutoksia kalakantojen ikäjakaumassa, sukukypsyydessä ja yksilöiden kasvuvauhdissa, mutta myös populaatioiden biomassan vähenemistä sekä lajien yleistilan heikkenemistä. Nämä viisi ilmenemismuotoa kattoivat kaksi kolmannesta kaikista kalastukseen liitetystä luontokatoa osoittavista aineistoista.

Kalastus verottaa rannikon kalakantoja ja liian voimakkaana vaikuttaa kannan tilaan ja uusiutumiskykyyn negatiivisesti. Kalastuskuolleisuus on vaellussiiian (*Coregonus lavaretus*) ja osittain silakan (*Clupea harengus membras*) kohdalla liian suurta, jotta hyvä tila voidaan saavuttaa (SYKE 2024a). Lisäksi kuhakanta Saaristomerellä ei vielä ole palautunut aiemmasta voimakkaasta kalastuksesta. Esimerkiksi 2000-luvun alkuvuosina kalastus poisti vuosittain 60–80 prosenttia kalastettavasta kuhakannasta Saaristomerellä (Heikinheimo ym. 2014). Lisäksi valikoivat pyyntimuodot muokkaavat kalastettavien lajien koko- ja ikäjakaumaa, jolla voi olla välillisiä vaikutuksia populaation tuottoon (Korpinen ym. 2018). Tällaisia vaikutuksia on nähty Saaristomerellä kuhissa ja Perämeren vaellussiiialla (Kokkonen ym. 2015; Veneranta ym. 2021). Valikoiva pyynti saattaa myös aiheuttaa perinnöllisiä muutoksia kohti hitaampaa kasvua ja aikaisempaa sukukypsyyden, jolloin populaatiovaikutukset voivat olla pysyvämpiä (Veneranta ym. 2021). Vaelluskalojen heikkoon tilaan vaikutta korkea kalastuskuolleisuus yhdessä lisääntymisalueina toimivien rannikon virtavesien vaellusesteisiin ja vesistöjen tilaan liittyvien ongelmien kanssa (Jutila ym. 2007).

### **Haitalliset aineet, roskaantumisen, vedenalainen melu ja vieraslajit**

Haitallisten ja vaarallisten aineiden vaikutuksia rannikon vesiluonnon monimuotoisuuteen oli kirjallisuudessa esille tullessa tutkimuskirjallisuudesta liitetty vain yhteen, silakan epämuodostumiin koskevaan, luontokatoaineistoon (Rajasilta ym. 2016). Itämerellä tutkimukset haitallisten aineiden biologisista vaikutuksista ovat suhteellisen harvinaisia (Lehtonen ja Schiedek 2006). Kuitenkin haitallisten ja vaarallisten aineiden tiedetään meressä aiheuttavat haittaa vesieläimille ja voivat ravinnon mukana kulkeutua myös ihmisiin. Viimeisimmässä julkaistussa merenhoidon tila arvioissa sekä tuoreimmassa tila-arvion luonnoksessa meren tila oli näiden aineiden osalta edelleen heikko. Vaikka monien kiellettyjen tai rajoitettujen yhdisteiden pitoisuudet ovat vähentyneet, ovat tietyt yhdisteet koholla ja varsinkin bromattujen PBDE-palonestoaineiden kynnysarvot ylittivät kaikilla merialueilla (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a).

Meriroskan esiintymistä ja lähteitä on alettu enenevässä määrin tutkia, mutta meriroska ei vielä näkyntä luontokadon syynä tutkimuskirjallisuudessa. Roskia on meressä eniten ihmistoimintojen lähetyillä, esimerkiksi kaupunkien rannoilla. Tuoreimmassa merenhoidon meren tilan arvioinnin luonnoksessa merialueiden roskaantumisen tilaa on arvioitu ensimmäistä kertaa, nyt ajalle 2017–2022 (SYKE 2024a). Tämän mukaan roskaantumisen suhteen tila oli heikko Suomen merialueilla Selkämerta ja Merenkurkkua lukuun ottamatta.





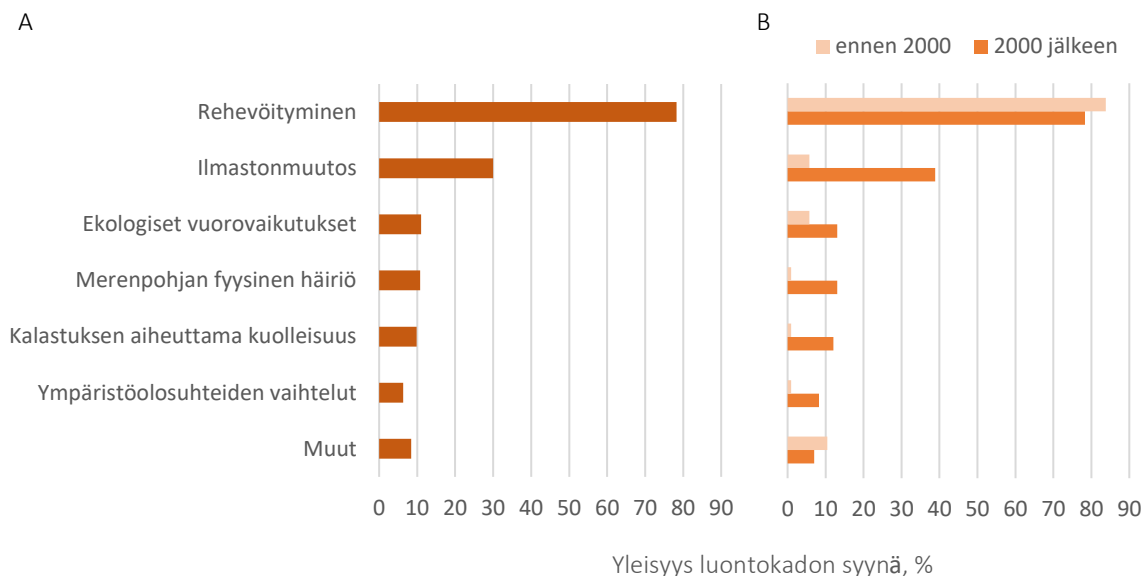
Laivaliikenne ja muu ääntä aiheuttava ihmistoiminta tuottaa veden pinnan alle melua, joka voi häiritä merieliöitä. Melun vaikutuksia meriekosysteemiin on tutkittu vasta melko vähän ja tutkimuskirjallisuudessa melu ei esiintynyt lainkaan luontokadon syynä. Merenhoidon puitteissa meren tilaa on arvioitu melun osalta ensimmäistä kertaa vasta nyt tuoreimmassa merenhoidon meren tilan arvioinnin luonnoksessa (SYKE 2024a). Suomenlahdella varsinkin laivaliikenteen potkuriäänistä peräisin oleva jatkuva melu ylittää hyvän tilan määritelmän ja alue on sen osalta heikossa tilassa. HELCOMin viimeisimmässä Itämeren tila-arvioinnissa vedenalalaisen melun osalta tila arvioitiin hyväksi koko Itämeren osalta (HELCOM 2023b). Tosin tähänastiset melututkimukset perustuvat laivojen AIS-järjestelmistä saatuun tietoon ja koskevat avomerta. Pienveneiden aiheuttaman melun on todettu monilla aluilla dominoivan vedenalaista äänimaailmaa ja olevan jopa häiritsevämpää eliöille kuin laivojen matalataajuisen äänen (Hermannsen ym. 2019). Pienveneiden melun määrien ja melun vaikutusten selvitystä Suomen saaristoissa onkin vasta aloitettu BIODIVERSEA LIFE IP -hankkeessa.

Ihmisavusteisesti, esimerkiksi laivojen painolastiveden mukana, muualta Itämeren ulkopuolelta saapuvat lajit saattavat vakiintuessaan aiheuttaa haitallisia rakenteellisia ja toiminnallisia muutoksia rannikon eliöyhteisöissä (Korpinen ym. 2018). Pahimmillaan haitalliset vieraslajit saattavat menestyessään jopa kokonaan syrjäyttää kotoperäisiä lajeja. Tutkimuskirjallisuudessa vieraslajien vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen oli kuitenkin vain muutamia, lähinnä koskien selkärangattomia pohjaeläimiä. Myös merenhoidon viimeisimmän julkaistun arvioinnin mukaan tilanne oli hyvä, eikä Suomen merialueille ei ole tullut Itämerelle täysin uusia vieraslajeja viimeisen kuusivuotisjakson aikana yhtään (Korpinen ym. 2018). Toisaalta tuoreimmassa Suomen merialueiden tila-arvion luonnoksessa vieraslajien osalta tila on heikko johtuen vakiintuneiden vieraslajien levittäytymisestä ja runsastumisesta (SYKE 2024a).

#### **Ihmistoiminnan paineiden yhteisvaikutukset**

Vaikka meren heikon tilan aiheuttajiksi ja rannikon vedenalaisen luontokadon suorina syinä on tunnistettu tärkeimpänä rehevöityminen, mutta myös merenpohjan fyysinen häiriö sekä kalastus, eivät paineet vaikuta luontoon eristyksissä toisistaan vaan yhdessä ja usein samanaikaisesti. Lisäksi ihmistoiminnasta johtuvien paineiden aiheuttamat suorat muutokset eliöihin ja eliöyhteisöihin voivat vuorostaan aiheuttaa johdannaismuutoksia muissa luonnon monimuotoisuuden elementeissä ekologisten kytkentöjen ja vuorovaikutusten kautta. Tällaiset välilliset ekologiset vuorovaikutukset olivat kirjallisuuden perusteella kolmanneksi merkittävien luontokadon syy (kuva 11A).

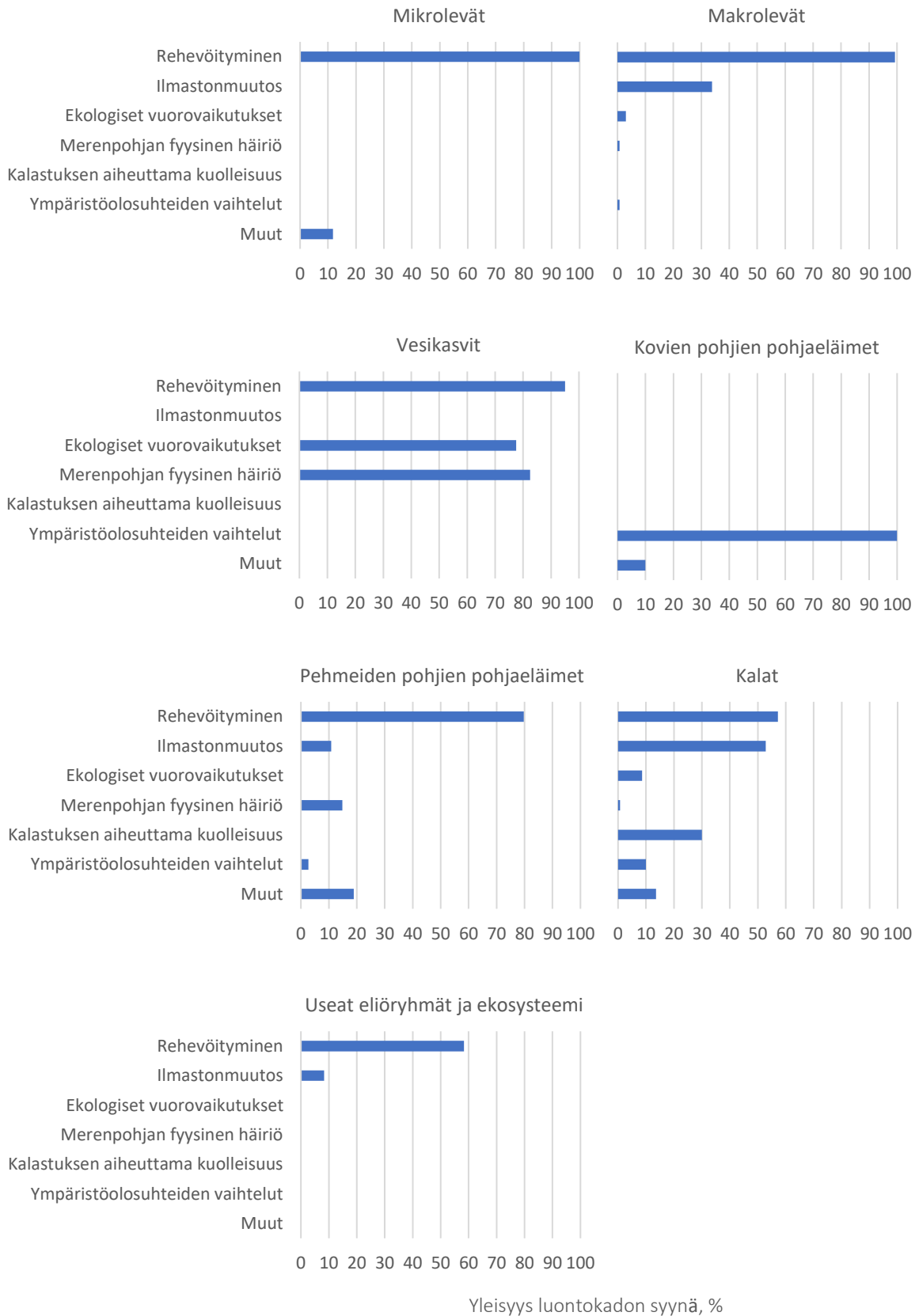
Monien ihmistoiminnan suorien ja välillisten paineiden yhteisvaikutukset ovat erityisen haitallisia ja voivat ylittää meriluonnon kantokyvyn (Korpinen ym. 2021). Paineiden yhteisvaikutuksista tehdyn mallin mukaan suurimmat yhteisvaikutukset kohdistuvat Suomen eteläisille merialueille, Saaristomeren ja Ahvenanmeren alueille, ja pienimmät pohjoisimmille, Perämeren ja Selkämeren merialueille (SYKE 2024a). Rannikkoalueilla, jossa on avomerta enemmän ihmistoiminnan paineille alttiita lajeja ja luontotyyppejä, ovat myös paineiden yhteisvaikutukset voimakkaimpia. Paikallisten paineiden yhteisvaikutusten lisäksi globaalin ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan meren ja rannikon lajien perustavanlaatuisiin elinolosuhteisiin, mutta myös paikallisiin paineisiin sekä niiden vaikutuksiin merieliöille (Reckermann ym. 2022; Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Ilmastonmuutoksen aiheuttamia paineita ja ilmastonmuutoksen ja paikallisten paineiden yhteisvaikutuksia käsitellään tarkemmin luvussa 3.4.2.



**Kuva 11. Luontokadon eri syiden prosentuaalinen esiintymisfrekvenssi (yleisyys) aineistossa.** Luontokadon taustalla olevat syyt on esitetty koko luontokatoaineiston (n = 427) osalta (A) ja eritelty ajallisesti aineistoihin ennen vuotta 2000 (n = 105) ja vuodesta 2000 (n = 314) eteenpäin aineistojen lopetusvuosien mukaan (B). Yhteen luontokatotodisteeseen on saattanut liittyä useita luontokadon syitä. Muut-ryhmään sisältyy seuraavat alle viiden prosentin esiintymisfrekvenssin syyt: ravinteisuuden väheneminen, elinympäristöjen katoaminen tai laadun heikkeneminen, vieraslajit, veden happaamotuminen, veden keinotekoinen lämpeneminen, Lajien tuki-istutukset ja haitalliset aineet.

### 3.4.1 Luontokadon syyt eliöryhmittäin, luontotyypeittäin ja merialueittain

Eliöryhmittäin tarkasteltuna eri luontokadon syiden yleisyydet kirjallisuusaineistossa vaihtelivat suuresti eri ryhmien välillä (kuva 12). Mikrolevissä ja Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmässä esiintyi melko rajallinen määrä syitä, kun taas muun muassa kaloja koskevissa luontokadon aineistossa useita eri syitä oli liitetty kattavasti. Rehevöityminen näkyi kaikkien eliöryhmien luontokadon aineistoissa ja oli yleisin yksittäinen syy kaikissa ryhmissä lukuun ottamatta kovien pohjien pohjaeläimiä, ja esiintyi kaikissa tai lähes kaikissa (95–100 prosenttia) mikroleviä, makroleviä, ja vesikasveja koskevissa luontokadon todisteissa. Mikrolevät-eliöryhmässä esiintyi rehevöitymisen lisäksi jonkin verran muita harvinaisempia syitä, joiden yhteenlaskettu yleisyys aineistossa oli hieman vajaa 12 prosenttia. Makrolevissä ilmastonmuutos (34 prosenttia) ja vesikasveissa välilliset ekologiset vuorovaikutukset (76 prosenttia) sekä merenpohjan fyysinen häiriö (83 prosenttia) esiintyivät merkittäväällä yleisyydellä aineistossa rehevöitymisen lisäksi. Kovien pohjien pohjaeläimiä koskevissa aineistoissa ympäristöolosuhteiden vaihtelut oli selkeästi yleisin (100 prosenttia) luontokadon luonnon monimuotoisuuden negatiivisten muutosten syy. Pehmeiden pohjien pohjaeläin -aineistossa rehevöityminen oli myös selkeästi tärkein syy (80 prosenttia), kun taas kaloissa rehevöitymisen (57 prosenttia) lisäksi merkittäviä syitä olivat ilmastonmuutos (53 prosenttia) sekä ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus (30 prosenttia). Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmässä rehevöitymisen merkitys oli suurin (58 prosenttia) ja ilmastonmuutoksen merkitys koko aineistoon verrattuna selkeästi pienempi (8 prosenttia).

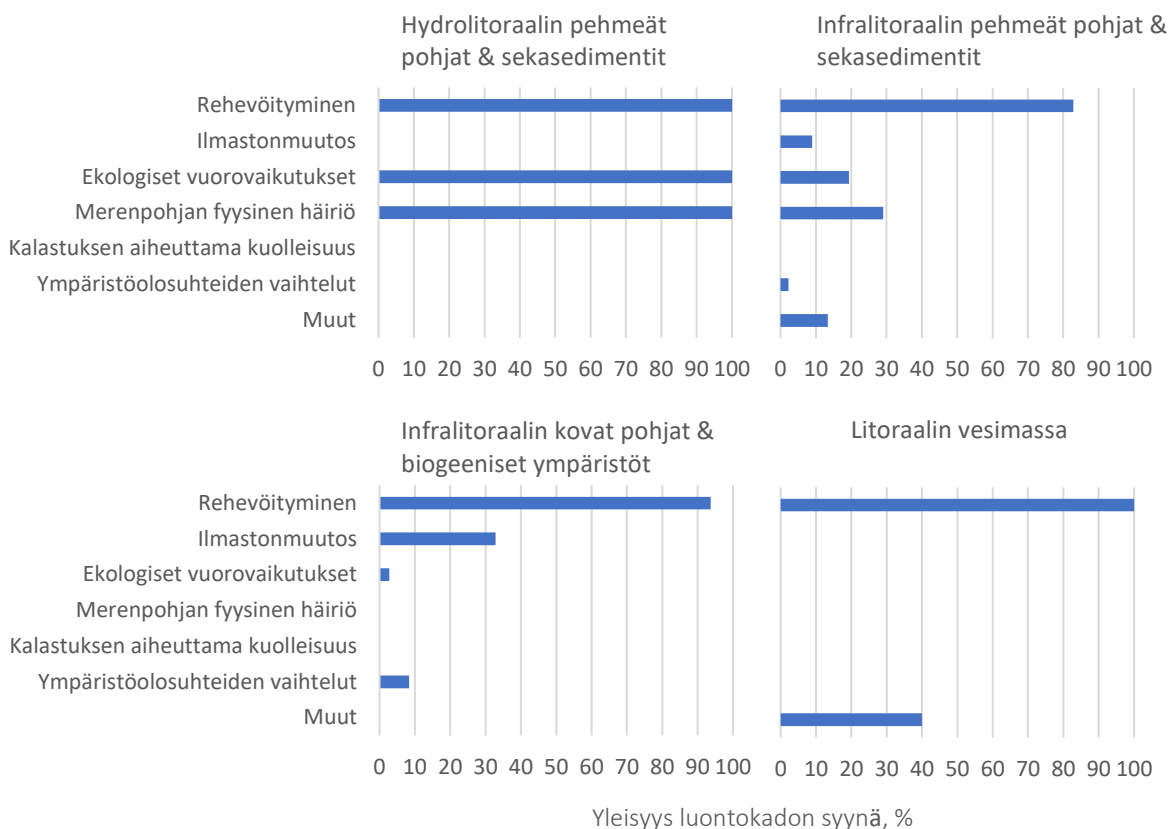




**Kuva 12. Luontokadon taustalla olevien syiden prosentuaalinen yleisyys luontokatoa osoittavissa tutkimushavainnoissa esitettynä eliöryhmittäin:** mikrolevät (n = 17), makrolevät (n = 133), vesikasvit (n = 40), kovien pohjien pohjaeläimet (n = 10), pehmeiden pohjien pohjaeläimet (n = 74), kalat (n = 140), useat eliöryhmät ja ekosysteemi (n = 12). Yhteen luontokatoa osoittavaan tutkimushavaintoon on saattanut liittyä useita luontokadon ajureita. Muut-ryhmään sisältyy seuraavat alle viiden prosentin esiintymisfrekvenssin syyt: rehevöitymisen väheneminen, elinympäristöjen katoaminen tai laadun heikkeneminen, vieraslajit, veden happamoituminen, veden lämpeneminen, lajien tuki-istutukset ja haitalliset aineet. Eliöryhmistä on jätetty pois eläinplankton, jossa oli vain yksi luontokatoaineisto ja johon oli liitetty rehevöityminen ainoana syynä. Mikrobeista ei ollut yhtään aineistoja.

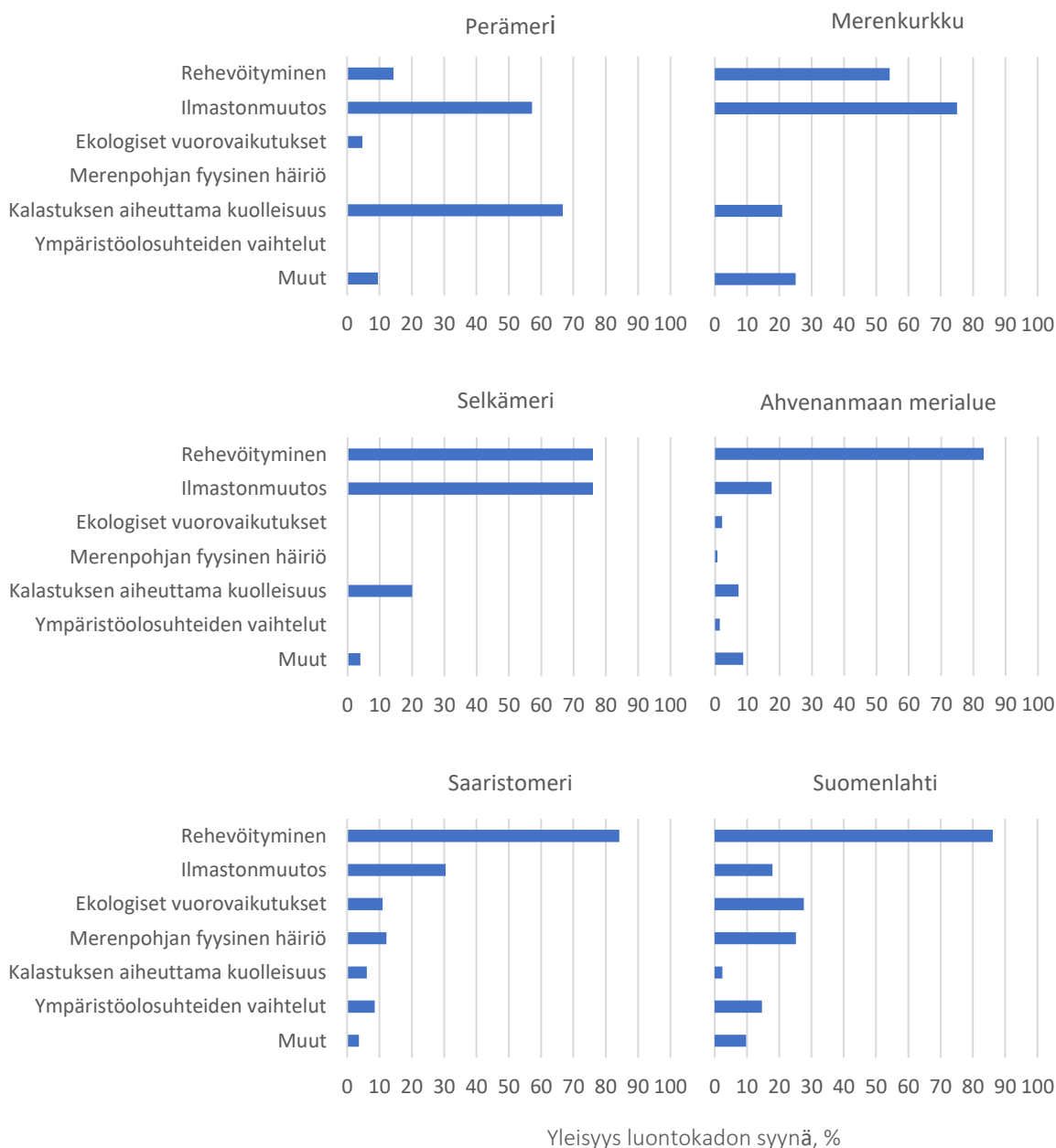
Luontotyypeittäin tarkasteltuna eri syiden yleisyydet luontokatoaineistossa vaihtelivat suuresti eri luontotyyppien välillä (kuva 13). Luontokadon syiden luontotyyppikohtaisessa tarkastelussa infralitoraalin muta- ja hiekkapohjat sekä sekasedimentit on yhdistetty yhdeksi infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -ryhmäksi. Hydrolitoraalin luontotyyppien kohdalla on tehty vastaavanlainen ryhmittely. Lisäksi infralitoraalin kallio-/kivipohjat sekä sinisimpukkavaltaiset ympäristöt on käsitelty tässä yhtenä infralitoraalin kovat pohjat ja biogeeniset ympäristöt -ryhmänä. Hydrolitoraalin pehmeillä pohjilla ja sekasedimenteillä esiintyi vähiten eri syitä, vain kolme kappaletta, kun taas infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitetyissä luontokadon todisteissa esiintyi runsaasti erilaisia syitä.

Rehevöityminen näkyi kaikkien tarkasteltujen luontotyyppiryhmien luontokadon aineistoissa ja oli yleisin yksittäinen syy kaikissa ryhmissä. Rehevöityminen esiintyi luontokadon syynä kaikilla hydrolitoraalin pehmeillä pohjilla ja sekasedimenteillä, ja suuressa osassa (83 prosenttia) infralitoraalin pehmeitä pohjia ja sekasedimenttejä sekä kovia pohjia ja biogeenisiä ympäristöjä (94 prosenttia) koskevissa luontokadon todisteissa. Hydrolitoraalin pehmeillä pohjilla ja sekasedimenteillä rehevöitymisen lisäksi luontokadon syynä esiintyi merenpohjan fyysinen häiriö sekä välilliset ekologiset vuorovaikutukset. Infralitoraalin pehmeiden pohjin ja sekasedimenttien muita merkittäviä luontokadon syitä olivat rehevöitymisen lisäksi ilmastonmuutos (9 prosenttia), välilliset ekologiset vuorovaikutukset (19 prosenttia) sekä merenpohjan fyysinen häiriö (29 prosenttia). Ilmastonmuutoksen vaikutukset liittyivät merkittävänä syynä infralitoraalin kovien pohjien ja biogeenisten ympäristöjen luontokatoon rehevöitymisen lisäksi (33 prosenttia). Litoraalin vesimassan luontokadon syitä olivat rehevöitymisen lisäksi muut-ryhmän syyt (40 prosenttia).



**Kuva 13. Luontokadon eri syiden prosentuaalinen yleisyys luontokatoa osoittavissa tutkimushavainnoissa esitettynä luontotyyppiryhmittelyjen mukaan.** Yhteen luontokatoa osoittavaan havaintoon on saattanut liittyä useita luontokadon syitä. Muut-ryhmään sisältyy seuraavat alle viiden prosentin esiintymisfrekvenssin syyt: rehevöitymisen väheneminen, elinympäristöjen katoaminen tai laadun heikkeneminen, vieraslajit, veden happamoituminen, veden lämpeneminen, lajien tuki-istutukset ja haitalliset aineet. Hydrolitoraalin (n = 5) ja infralitoraalin (n = 134) pehmeät pohjat & sekasedimentit -luontotyyppiryhmät käsittävät hydrolitoraalin ja infralitoraalin muta- ja hiekkapohjat sekä eri sedimenttien yhdistelmistä koostuvat sekasedimenttipohjat. Infralitoraalin kovat pohjat & biogeeniset ympäristöt luontotyyppiryhmä (n = 143) käsittää infralitoraalin kallio-/kivipohjat, sekä pääsääntöisesti sinisimpukkaesiintymistä koostuvat biogeeniset ympäristöt. Litoraalin vesimassa -luontotyyppi (n = 5) käsittää selkeästi vesipatsaassa, pohjan yläpuolella olevat litoraalin vedenalaiset ympäristöt. Useita tutkimuskirjallisuuden luontokadon aineistoja ei voitu yhdistää suoraan yhteen tiettyyn litoraalin luontotyyppiin, vaan liitettiin Useat ympäristöt -ryhmään (n = 140), jota ei tässä kuvassa ole näytetty.

Maantieteellisesti katsottuna luontokadon syiden yleisyydet aineistossa erosivat merialueiden välillä (kuva 14). Perämerellä, Merenkurkussa ja Selkämerellä esiintyi melko suppea valikoima syitä, kun taas Ahvenanmaan merialueella, Saaristomerellä ja Suomenlahdella esiintyi aineiston perusteella selvästi laajempi kirjo luontokadon syitä kuin pohjoisimmilla alueilla. Rehevöitymisen merkitys oli selkeä (50 prosenttia) kaikilla merialueilla, Perämerta lukuun ottamatta, ja suurin (> 80 prosenttia) eteläisillä merialueilla. Ilmastonmuutoksen rooli taas oli korostunut vastaavasti pohjoisilla merialueilla (> 50 prosenttia). Perämeren aineistossa yleisyydellä mitattuna tärkeimmät luontokadon syyt olivat ilmastonmuutos ja ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus (57 prosenttia ja 67 prosenttia), kun taas rehevöitymisen merkitys oli selvästi pienempi kuin koko aineistossa keskimäärin (14 prosenttia). Merenkurkun ja Selkämeren alueilla tärkeimmät luontokadon syyt olivat ilmastonmuutos (75 prosenttia ja 76 prosenttia) ja rehevöityminen (54 prosenttia ja 76 prosenttia). Ahvenanmaan merialueella, Saaristomerellä ja Suomenlahdella rehevöityminen oli selvästi tärkein syy, suuremmalla yleisyydellä kuin koko aineistossa (83–86 prosenttia vs. 78 prosenttia). Kaikilla näillä alueilla myös ilmastonmuutos oli tunnistettu yleiseksi luontokatoa aiheuttavaksi tai lisääväksi tekijäksi (> 15 prosenttia), ja Suomenlahdella lisäksi välilliset ekologiset vuorovaikutukset sekä merenpohjan fyysinen häiriö esiintyivät yleisesti aineistossa (28 prosenttia ja 25 prosenttia).



**Kuva 14. Luontokadon eri syiden prosentuaalinen yleisyys luontokatoa osoittavissa tutkimushavainnoissa esitettynä merialueittain:** Perämeri (n = 21), Merenkurkku (n = 24), Selkämeri (n = 25), Ahvenanmaan merialue (n = 137), Saaristomeri (n = 82), Suomenlahti (n = 123). Yhteen luontokatoa osoittavaan havaintoon on saattanut liittyä useita luontokadon syitä. Muut-ryhmään sisältyy seuraavat alle viiden prosentin esiintymisfrekvenssin syyt: rehevöitymisen väheneminen, elinympäristöjen katoaminen tai laadun heikkeneminen, vieraslajit, veden happamoituminen, veden lämpeneminen, lajien tuki-istutukset ja haitalliset aineet. Joitain tutkimuskirjallisuuden luontokadon aineistoja ei voitu yhdistää suoraan yhteen tiettyyn merialueeseen, jolloin ne liitettiin useat alueet -ryhmään (n = 115), jota ei tässä kuvassa ole näytetty.

### 3.4.2 Ilmastomuutoksen aiheuttamat paineet ja yhteisvaikutukset

Globaali ilmastomuutos on maailman laajuisestikolmanneksi merkittävin luontokadon taustalla oleva syy (IPBES 2019). Ilmastomuutoksen vaikutukset näkyvät jo Itämeressä ja lämpenemistä seuraavat haitat luonnolle lisääntyvät (HELCOM 2023b). Ilmastomuutos lisää luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen riskiä monilla eri tavoin, suorasti ja välillisesti, ja voimistaa olemassa olevien paikallisten paineiden vaikutusta.



Ilmastonmuutos yhdessä muiden paineiden kanssa on tehnyt Itämerestä maailman nopeimmin muuttuvan meren. Rannikkovesien luontokato, ilmastonmuutos, ja paikalliset ihmistoiminnan paineet ovat monin tavoin toisiinsa kytköksissä (Belkin 2009; Reusch ym. 2018).

Pohjoisella Itämerellä mittaustulosten perusteella pohjanläheisen veden lämpötila on noussut 0.75–2.9 °C (vuosittain 0.013–0.115 °C) ja pintaveden suolapitoisuus on laskenut 0.31–1.14 yksikköä (vuodessa 0.005–0.019) 1960-luvulta lähtien (Kankaanpää ym. 2023). Läntisen Suomenlahden rannikolla merivesi on lämmennyt viimeisen noin sadan vuoden aikana (1927–2020) 1,3–1,8°C, ja vedenalaiset hellejaksot ovat yleistyneet ja voimistuneet kaikkina vuodenaikoina (Goebeler ym. 2020). Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen arvioidaan Itämeressä nostavan entuudestaan meriveden lämpötilaa, lisäävän voimakkaita meriveden hellejaksoja ja vähentävän jääpeitettä (Meier ym. 2022a). Lisäksi muutokset suolapitoisuudessa, veden kerrostuneisuudessa ja veden happamoitumisessa ovat todennäköisiä, mutta ennusteet ovat epävarmoja (Meier ym. 2022b). Ilmastonmuutoksen vaikutusten tiedetään ylläpitävän ja pahentavan Itämeren rehevöitymistilaa, mutta ilmastonmuutoksen kokonaisvaikutusten arvioiminen vaati vieläkin tarkempaa paikallisten paineiden ja ilmastonmuutoksen yhteisvaikutusten ymmärtämistä (Meier ym. 2022a; Reckermann ym. 2022).

Monen Itämeren ja Suomen rannikkovesien eliöyhteisön lajimäärä ja toiminnallinen monimuotoisuus on suhteellisen pieni, mikä tekee ekosysteemistä haavoittuvan. Jos yksi laji häviää paikallisesti, korvaavia lajeja on niukasti tai ei yhtään, ja ekologiset toiminnot kärsivät. Tämä erityispiirre erottaa Itämeren maailman meristä ja tekee sen eliöyhteisöt erityisen alttiiksi ja herkiksi ilmastonmuutoksen vaikutuksille (Reckermann ym. 2022). Ilmastonmuutoksella on moninaisia vaikutuksia Itämeren lajeihin, yhteisöihin ja ekosysteemien toimintaan meren fysikaalisten ja biogeokemiallisten ympäristöominaisuuksien muutosten kautta (HELCOM/Baltic Earth 2021; Viitasalo ja Bonsdorff 2022).

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Itämeren ekosysteemiin käsittelevässä katsauksessa on esitetty myös Suomen rannikkoalueita koskevaa tietoa vuosilta 2010–2022 (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Matalissa rannikkovesissä muuan muassa yleistyneet niin sanotut meriveden hellejaksot voivat aiheuttaa rehevöitymistä muistuttavia vaikutuksia, kuten päällyslievien voimakasta runsastumista rakkolevillä, ja ilmastonmuutoksen vaikutuksesta aleneva suolapitoisuus vaikuttaa kielteisesti moniin keskeisiin merilajeihin kuten meriajokkaaseen, rakkolevään ja sinisimpukkaan, millä taas voi olla merkittäviä välillisiä vaikutuksia niistä riippuvaisiin muihin eliöihin, kuten moniin selkärangattomiin eläimiin ja kaloihin (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Nousevat lämpötilat suosivat joitakin rannikkokaloja, johtaan muutoksiin kalayhteisöjen koostumuksessa. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat ympäristömuutokset luovat myös suotuisat olosuhteet vieraslajien leviämiselle, mikä voi monin tavoin häiritä rannikon ravintoverkon normaalia dynamiikkaa. Erilaisten ilmasto- ja ympäristötekijöiden synergisistä vuorovaikutuksista johtuvia suuria ekosysteemitason muutoksia ja kerrannaisvaikutuksia on myös jo havaittu sekä vesimassan että pohjanläheisissä eliöyhteisöissä ja elinympäristöissä. Havaitut muutokset korostavat Itämeren ekosysteemin monimutkaista ja keskinäisriippuvaista luonnetta. Näiden dynamiikkojen ymmärtäminen on ratkaisevan tärkeää ilmastonmuutoksen pitkän aikavälin ekologisten seurausten ennustamiseksi ja lieventämiseksi alueella (HELCOM/Baltic Earth 2021; Viitasalo ja Bonsdorff 2022).

Tämän raportin kirjallisuusaineiston perusteella ilmastonmuutos ja sen vaikutukset olivat toiseksi yleisin (30 prosenttia) luontokatoon liitetty taustatekijä (kuva 11A). Ilmastonmuutos liittyi 18 kaikista aineistossa esiintyneistä 45 luontokadon ilmenemismuodoista. Ilmastonmuutokseen liitetyt viisi yleisintä luontokadon ilmenemismuotoa olivat samat kuin koko aineistossa, eli koskivat lajien esiintymistä ja katoamista sekä populaatioiden runsauden vähenemistä. Nämä kattoivat 73 prosenttia kaikista ilmastonmuutokseen liitetyistä luontokatoa osoittavista aineistoista. Raporttiin sisällytyistä tutkimuskirjallisuuden kaikista luontokatoaineistoista kuitenkin vain kahdeksassa tapauksessa ilmastonmuutoksen vaikutusta oli varsinaisesti analysoitu ja voitu todistuspuhujaisesti osoittaa. Vain yhdessä luontokatoaineistoja sisältävässä katsausartikkelissa käsiteltiin erityisesti ilmastonmuutoksen aiheuttamia vaikutuksia (Viitasalo ja Bonsdorff 2022), kun taas valtaosassa ilmastonmuutokseen liitetyistä aineistoista ilmastonmuutos oli esitetty todennäköisenä muutoksen ajurina.

Kokonaisvaltaisena ja moninaisena paineena ilmastonmuutos vaikuttaa luontoon usein muiden ihmistoimintojen aiheuttamien paineiden rinnalla, ja tämän raportin kaikista ilmastonmuutokseen liitetyistä luontokadon tutkimushavainnoista valtaosa (88 prosenttia) liittyi samalla myös johonkin muuhun syyhyn.



Näissä tapauksissa muina syinä esiintyi muun muassa kalastuksen aiheuttama suora kuolleisuus sekä selkeästi yleisimmin (74 prosenttia) rehevöityminen. Tarjolla ei kuitenkaan ollut tutkimusta, joka olisi keskittynyt käsittelemään ja analysoimaan juuri ilmastonmuutoksen ja paikallisten paineiden yhteisvaikutuksia (vedenalaisista luonnon monimuotoisuutta huomioiden). Tämä voidaan nähdä selkeänä puutteena, joka voi vaikeuttaa rannikon vedenalaisen luontokadon ymmärtämistä ja sen torjuntaa etenevän ilmastonmuutoksen alla.

Raportin kirjallisuusaineistossa esille nousi muun muassa sinisimpukoiden runsauden vaihtelu, jota selitettiin veden suolaisuuden, lämpötilan ja talviolosuhteiden muutoksilla. Levinneisyytensä rajoilla elävän sinisimpukan runsauden vaihtelut muodostuvat usein näiden avainympäristömuuttujien määrittämien epäsuunnollisten otollisten olosuhteiden mahdollistamista hyvistä lisääntymisvuosista ja vastaavasti epäsuotuisten olosuhteiden negatiivisista vaikutuksista. Epäsuotuisten olosuhteiden yleistymistä liitettyä ilmastonmuutokseen on jo viitteitä (Westerbom ym. 2019). Suurin osa matalien pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevasta luontokadon todisteista on liitetty rehevöitymiseen, mutta myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia on nostettu esille (Weigel ym. 2015). Myös rannikon kaloja koskevassa luontokadossa on taustatekijänä tunnistettu ilmastonmuutoksen vaikutukset (Veneranta ym. 2021; Rajasilta ym. 2019; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022). Esimerkiksi Pohjanlahden siikakannassa on kasvun hidastuminen ja sukukypsyden aikaistuminen liitetty muun muassa kalastukseen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Veneranta ym. 2021). Muutokset vähentävät vanhempien ja kookkaampien naaraiden osuutta kutukannasta, mikä todennäköisesti pienentää siian lisääntymis- ja tuotokapasiteettia kantatasolla (Birkeland ja Dayton 2005). Ilmastonmuutoksen odotettavissa olevista kokonaisvaltaisista ympäristövaikutuksista huolimatta suoria viitteitä ilmastonmuutoksen vaikutuksista meren heikkoon tilaan ei merenhoidon meren tilan arvioissa ole kuitenkaan esitetty (Korpinen ym. 2018). Kansallisissa uhanalaisuusarvioinneissa. Lisäksi HELCOMin viimeisimmässä Itämeren tila -raportissa ilmastonmuutos on nostettu keskeiseksi, Itämeren ekologiseen tilaan ja muihin paineisiin vaikuttavaksi tekijäksi (HELCOM 2023b).

Mikäli meriveden suolaisuus ilmastonmuutoksen vaikutuksesta laskee skenaarioiden ennustamalla tavalla, erittäin moni mereistä alkuperää oleva laji tulisi siitä kärsimään. Suomen rannikolta saattaisi kadota muun muassa meriajokas, rakkohauru, ja sinisimpukka, sekä näiden muodostamissa eläviä muita selkärangattomia eläimiä suoraan tai elinympäristöjen katoamisen takia (Vuorinen ym. 2015). Monet Suomen rannikon vedenalaiset eliöt elävät fysiologisen sietokykynsä rajoilla, jolloin kriittisten ympäristöntekijöiden (muun muassa suolapitoisuus, lämpötila) pienilläkin muutoksilla voi olla vakavia seurauksia.

Monien lajien tai paikallisten populaatioiden vähäinen geneettinen monimuotoisuus ja nopeat ympäristönmuutokset heikentävät sopeutumisen mahdollisuuksia (Johannesson ja André 2006), ja sitä kautta koko ekosysteemin sieto- ja puskurointikykyä ilmastonmuutoksen edessä (Reusch ym. 2005). Esimerkiksi Perämeren siian tehollisessa populaatiokoossa on tapahtunut merkittävä romahdus (99 prosenttia) verrattuna historiallisiin noin 250 vuoden takaisiin tasoihin, millä saattaa olla vaikutuksia muun muassa siikapopulaation geneettiseen monimuotoisuuteen ja sitä kautta sopeutumiskykyyn ilmastonmuutosten vaikutusten edessä (McCairns ym. 2012).

Rakkohaurun esiintymiseen vaikuttaa lämpötila, veden suolaisuus ja valon saatavuus. Ilmastonmuutoksen tiedetään lisäävän rehevöitymistä ja todennäköisesti madaltavan veden suolapitoisuutta (Takolander ym. 2017). Jos rehevöityminen ja sen aiheuttama veden samentuminen jatkuu ja samalla veden suolaisuus laskee, tulee näiden paineiden yhteisvaikutukset rakkohaurulle olemaan suuret. Paikallisesti sopeutuneet genotyytit eivät välttämättä pysty sopeutumaan tai muuttamaan levinneisyysalueitaan riittävän nopeasti ilmastonmuutoksen vaikutusten edetessä. Pahimman skenaarion mukaan rakkohauru saattaa ilmastonmuutoksen vaikutusten vuoksi hävitä suuresta osasta Itämerta ennen tämän vuosisadan loppua (Jonsson ym. 2018). Samalla on arvioitu, että mikäli nykyinen rehevöitymisen kehityssuunta jatkuu, saattaa haurujen elinympäristöjen tila Suomen rannikolla romahtaa jo 10–15 vuoden kuluessa (Sahla ym. 2020). Tämä vaikuttaisi myös rakkohaurukasvustoissa eläviin selkärangattomiin (Kotta ym. 2019). Tällaiset erilaisten samanaikaisten paineiden yhteisvaikutukset rannikon avainelinympäristöissä voivat siis olla erittäin merkittäviä, ja muutokset vakavia rannikon luonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemien toimintaan. Toisaalta viimeisimpien oseanografisten mallinnusten mukaan suolaisuuden lasku ei tulisi olemaan yhtä voimakasta kuin aiemmin on arvioitu (Meier ym. 2022a).





### 3.5 Luontokato eliöryhmittäin

Luontoon kohdistuvien paineiden ensisijaiset kokijat tai vastaanottajat ovat yksilöt eliötasolla. Yksilöiden kautta vaikutukset usein kanavoituvat muille luonnon monimuotoisuuden tasoille, geneettiseltä tasolta ekosysteemitasolle. Usein riippumatta siitä mitä luonnon monimuotoisuuden aluetta tarkastellaan, on eliöiden tai eliöryhmien ominaispiirteiden tunnistaminen ja huomioon ottaminen olennaista ja tämän takia luontokadon ilmenemisen tarkastelu eliöryhmätasolla perusteltavissa. Myös meriluonnon käyttöä ja suojelutoimenpiteitä suunniteltaessa on hyödyllistä huomioida eliöiden elinolosuhteita koskevia vaatimuksia ja niihin kohdistuvia uhkia riippumatta siitä, suuntautuvatko suunnitelmat yksittäisiin lajeihin, eliöryhmiin vai suurempiin aluekohtaisiin kokonaisuuksiin.

Rannikkovesien eliöiden tila on Suomessa yleisesti heikko. Viimeisimmässä (v. 2011–2016) merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arvion mukaan minkään tämän raportin eliöryhmiä koskevan, arvioinnissa käytetyn luonnon monimuotoisuuden mittarin tila ei ollut hyvä kaikilla Suomen merialueilla, eikä mikään merialue ollut hyvässä tilassa kaikkien mittareiden mukaan (Korpinen ym. 2018). Rannikon mikrolevien a-klorofyllimäärät olivat kauttaaltaan hyvän tilan tavoitetasoa korkeammat, mikä kuvastaa rehevöitymisen vaikutuksia (Korpinen ym. 2018). Makrolevien alakasvurajan mukaan tila oli Merenkurkkua lukuun ottamatta heikko kautta rannikon sekä rakkohaurun että punalevien osalta (SYKE 2023c). Rannikon pohjaeläimet olivat heikossa tilassa Perämerellä ja Suomenlahdella, mutta paremmassa tilassa Saaristomerellä, Selkämerellä ja Merenkurkussa. Meritaimen oli heikossa tilassa koko rannikolla, mutta rannikon kaupallisista kalalajeista ahven ylsi hyvää tilaan kaikilla merialueilla (SYKE 2023d). Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnin mukaan, Itämeressä esiintyvistä arvioiduista lajeista, lintuja ja nisäkkäitä lukuun ottamatta (301 kappaletta), uhanalaisia olivat kaikkiaan 15 lajia ja silmälläpidettäviä 21 lajia (Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisista lajeista punaleviä oli yksi, näkinpartaisleviä kolme, putkilokasveja kolme, selkärangattomia eläimiä neljä, joista kaikki hyönteisiä, ja uhanalaisia kalalajeja oli neljä.

Tämän raportin aineistoissa luontokadon todisteita löytyi mikrobeja lukuun ottamatta kaikista sisällytettävistä eliöryhmistä, eniten kaloista ja makroleivistä ja vähiten eläinplanktonista ja kovien pohjien pohjaeläimistä (kuva 6). Luontokatoaineistojen eliöryhmäkohtainen suhteellinen osuus koko aineistosta oli keskimäärin 67 prosenttia ( $\pm$  19 prosenttia) ja kaikissa eliöryhmissä yli 40 prosenttia. Eniten (27 kappaletta) erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja löytyi kaloja koskevasta aineistoista (Liite 5, taulukko 5.1). Taulukossa 3 esitetään yhteenveto tutkimuskirjallisuusaineiston eliöryhmäkohtaisen tarkastelun tulokset koskien aineistomäärä, luontokadon yleisyyttä ja luontokadon moninaisuutta.

Eliöryhmäkohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioittain, luontotyypeittäin ja merialueittain on esitetty Liitteen 3 kuvakollaasissa (kuva 3.26). Alla on käsitelty erikseen jokaisen eliöryhmän osalta luontokadon esiintyvyys, yleisyys ja eri ilmenemismuodot (Liite 5, taulukko 5.1) esimerkkeineen. Lisäksi esitellään jokaista eliöryhmää koskevat tiedot meren- ja vesienhoidon tila-arvioista, kansallisista uhanalaisuusarvioista, luontodirektiivissä listattujen lajien ja luontotyyppien tila-arvioista, sekä HELCOMin viimeisimmästä biodiversiteettiarviosta. Kutakin eliöryhmää käsittelevän luvun lopussa keskeisimmät tulokset ja johtopäätökset on tiivistetty tietolaatikkoon. Tietolaatikossa aineistomäärällä tarkoitetaan kirjallisuushaun perusteella sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellisistä artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatotodisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetyistä aineistosta kunkin eliöryhmän kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä kertoo, kuinka monella eri tavalla aineistossa luontokatoa esiintyy, ja määrä on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luontokadon esiintymisellä viitataan luontokatotodisteiden löytymiseen ja määrään aineistossa, ja tietolaatikoissa on listattu merialueet ja luontotyypit, joissa tämän mukaisesti luontokatoa esiintyy, ja lihavoituna on suurimman esiintyvyyden merialue ja luontotyyppi. Lisäksi tietolaatikoissa on esitetty kunkin eliöryhmän merkittävimmät luontokadon ilmenemismuodot sekä aineistossa yleisimmät luontokadon syyt<sup>19</sup>. Tietolaatikoiden luokittelujen määritelmät ja perustelut on selitetty tarkemmin raportin luvussa 2.2.2. Eliöryhmäkohtaisessa tarkastelussa Mikrolevät-ryhmä käsitti sekä

<sup>19</sup> Tietolaatikoissa listataan 2–4 yleisintä luontokadon ilmenemismuotoa sekä kaksi yleisintä, > 10 prosenttia esiintymisfrekvenssin syytä.



planktonlevät että päällyksinä eläviä piileviä. Käsittelystä on jätetty pois mikrobit, koska sitä ryhmää koskevia luontokadon todisteita ei tämän raportin aineistohaussa löytynyt lainkaan.

**Taulukko 3. Yhteenveto sisällytettyyn tutkimuskirjallisuuteen perustuvista tuloksista eliöryhmittäin.** Aineistomäärällä tarkoitetaan sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellistä artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatotodisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetystä aineistosta kunkin eliöryhmän kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi. Erilaisten luontokadon ilmenemismuotojen määrä aineistossa on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luokittelujen määritelmät ja luokkarajat on selitetty tarkemmin luvussa 2.2.2.

	Aineistomäärä			Luontokadon yleisyys			Luontokadon ilmenemismuotojen määrä		
	niukka	kohtalainen	runsaas	vähäistä	kohtalaista	yleistä	suppeaa	kohtalaista	suurta
<b>Eliöryhmät</b>									
Mikrolevät	■				■		■		
Makrolevät			■		■			■	
Vesikasvit		■			■		■		
Eläinplankton	■					■	■		
Kovien pohjien PE	■					■	■		
Pehmeiden pohjien PE		■			■			■	
Kalat			■		■				■
Useat eliöryhmät ja ekosysteemi	■					■	■		

### 3.5.1 Mikrolevät

Mikroleviin kuuluu mikroskooppiset, yksisoluiset planktonlevät (niin kutsuttu kasviplankton), mutta myös pohjilla elävät perifyyttiset muodot. Mikrolevät ovat yhteyttäjinä keskeinen ravintoverkkojen perusta ja tuottavat tärkeitä ekosysteempalveluita (esimerkiksi hapen tuottaminen; Naselli-Flores ja Padisák 2023). Mikrolevien esiintyminen ja kausittainen vallitsevuuden vaihtelu voi vaikuttaa niitä ravinnokseen hyödyntävien muiden eliöiden kautta laajemmin ravintoverkon tilaan ja ekosysteemin toimintaan. Kasviplanktonin runsautta käytetäänkin rehevöitymisen indikaattorina (Rantajärvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa

Litoraalin mikroleviä koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi niukasti, vain 17 kappaletta. Näistä vain kaksi oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokatoa osoittavien aineistojen suhteellinen osuus koko aineistosta Mikrolevät-ryhmässä oli 52 prosenttia. Mikrolevät-ryhmässä, luontokadon todisteita esiintyi luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista vain Eliömäärä- ja Eliöyhteisön rakenne -kategorioissa, joista luontokatoa löytyi yleisimmin (79 prosenttia) Eliöyhteisön rakenne -kategorista. Luontotyypeittäin tarkasteltuna luontokadon todisteita sisältävät mikroleväaineistot koskivat litoraalin vesimassaa ja Useat ympäristöt -ryhmää, joista jälkimmäisessä luontokatotodisteiden yleisyys oli suurin (76 prosenttia). Merialueittain luontokadon todisteita löytyi Selkämereltä, Saaristomereltä ja absoluuttisesti sekä suhteellisesti eniten (54 prosenttia) Suomenlahdelta. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli suppeaa, ja eri ilmenemismuodoista Mikrolevät-ryhmässä esiintyi vain kuusi kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat muutokset eliöyhteisön rakenteessa (24 prosenttia) ja lajien vallitsevuudessa (29 prosenttia) sekä lajien/taksonien lukumäärän väheneminen (29 prosenttia).

#### Kirjallisuuskatsaus

Rannanläheisessä planktonleväyhteisössä on osoitettu joitain muutoksia eri puolella Suomenlahtea sekä Selkämerellä. Itäisellä Suomenlahdella tehdyssä seurantatutkimuksessa aiemmin merkittävän panssarilevän (*Peridiniella catenata*), suhteellinen osuus pieneni alle 50 prosenttiin kokonaiskasviplanktonbiomassasta 1980-luvulta eteenpäin. Samalla syanobakteerien määrät planktonyhteisössä jonkin verran lisääntyivät ja niiden lajikohtaiset runsaussuhteet muuttuivat yleisen rehevöitymiskehityksen myötä mutta myös paikallisen



voimalaitoksen lämpöpäästön vaikutuksesta (Ilus ja Keskitalo 2008). Sedimenttikerrostumien piileväesiintymien perusteella on samalta merialueelta havaittu lajiston rikkaudessa selkeä lasku ajan myötä vuosituhannen vaihteeseen saakka, mikä yleisesti liittyy rehevöitymisen aiheuttamaan perifyyttisen (merenpohjaan kiinnittyneen) piilevälajiston katoamiseen (Weckström 2006). Myös muualta Suomenlahdelta ja Selkämereltä on osoitettu samansuuntaisia tuloksia; rehevöitymistä suosivat lajit (muun muassa useat syanobakteerit) runsastuivat vähäravinteisempaa ympäristöä suosivien lajien kustannuksella lajien kustannuksella varsinkin 1970- ja 1980-luvuilla (Keskitalo 1987; Finni ym. 2001).

Suurten kaupunkien, kuten Helsingin ja Turun, läheisyydessä on osoitettu urbanisaation aiheuttaman voimakkaan paikallisen rehevöitymisen vaikutuksesta luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä piileväyhteisön rakenteissa, lajimäärissä ja diversiteetti-indekseillä mitattuna. Tällaisilla alueilla perifyyttinen piilevälajisto tuhoutui monin paikoin lähes kokonaan viime vuosisadan puoleenväliin mennessä, kun vastaavasti rehevöitymistä suosivat planktoniset lajit taas runsastuivat (Korhola ja Blom 1996; Weckström ym. 2007). Vaikka urbaaneilla alueilla on havaittu selkeätä toipumista jäteveden kuormituksen vähennyttyä 1950- ja 60-luvuilta eteenpäin, eivät leväyhteisöjen muuttuneet koostumukset ole vielä palautuneet tilaan ennen kaupungistumista.

Luontokatoa osoittavien todisteiden lisäksi raportin kirjallisuusaineistossa oli mikroleviä koskevia aineistoja, jotka päätettyjen luontokadon määritelmien mukaan eivät osoittaneet luontokatoa vaan positiivisia muutoksia tai ei muutoksia lainkaan jossain luonnon monimuotoisuuden elementissä. Osa tällaisista aineistoista on kuitenkin usein muissa yhteyksissä tulkittu kielteisinä meriympäristön tilan muutoksina. Tällaisia olivat varsinkin rehevöitymiseen liitetty yleinen kokonaiskasviplanktonin määrän lisääntyminen yli ajan Suomenlahden rannikkoalueilla (Reuss ym. 2005; Fernandes ym. 2012), Selkämeren rannikolla (Keskitalo 1987) sekä osana laajempia ekosysteemimuutoksia myös Ahvenanmaan ja Saaristomeren alueella (Bonsdorff ym. 1997a; b).

Valtaosa mikrolevien muutoksista on liitetty rehevöitymiseen (Keskitalo 1987; Korhola ja Blom 1996; Finni ym. 2001; Weckström 2006; Weckström ym. 2007), mutta muun muassa myös paikallisen lämpöpäästön vaikutuksiin (Ilus ja Keskitalo 2008).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Rannikkovesien planktonlevien määrää ja koostumusta seurataan Suomessa osana vesien- ja merenhoitoa niissä määriteltyjen seurantaohjelmien mukaisesti (Rantajärvi ym. 2020; ÅLR 2021b; ELY-keskukset 2022). Lisäksi Itämeren suojelukomission (HELCOM) puitteissa tehtävässä kansainvälisessä Itämeren tilan arvioinnissa huomioidaan rannikkovesien planktonlevät (HELCOM 2023b). Mikrolevät eivät sisälly Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin, jossa mikroskooppisten lajien arviointiin soveltumattomien arviointikriteerien takia on tarkasteltu vain makroskooppista lajistoa (Hyvärinen ym. 2019).

Rannikkovesien viimeisimmässä vesienhoidon tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 (Ahvenanmaan osalta 2012–2018) kasviplanktonkuvaaja, jonka tilaa arvioitiin a-klorofylli ja/tai kasviplanktonbiomassan mukaan, oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 90 prosentissa kaikista arvioituista (254 kappaletta) vesimuodostumista (ÅLR 2019a; HERTTA 2023). Luokittelukriteerien mukaan veden tila on sitä huonompi mitä korkeammat kasviplanktonin a-klorofylli tai biomassa-arvot ovat, koska tämä indikoi rehevöitymistä (Aroviita ym. 2019).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) rannikkovesien kasviplanktonin tilaa on arvioitu lähinnä kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella (Korpinen ym. 2018). Mikään Suomen merialueiden rannikkoalue ei yltänyt kasviplanktonin suhteen hyvään meren tilaan. Rannikkovesialueilla a-klorofyllissä on nähtävissä vaihteleva mutta yleisesti nouseva pitkän ajan trendi, poikkeuksena jotkut ulkosaariston alueet, joissa arviointijakson viimeisimpinä vuosina on näkynyt merkkejä a-klorofyllimäärien laskusta (SYKE 2018a). Lisäksi rannikkovesien kasviplanktonin yleistä tilaa on kuvattu sinileväkukintojen määrällä. Rannikon sinileväkukintojen runsaudelle ei ole vielä toiminnallista indeksiä, mutta yleisesti ottaen vuosien välinen vaihtelu on suurta, eikä selkeitä trendejä ole havaittu (Korpinen ym. 2018). Sinilevien runsaus kuvastaa rehevyyttä, ja lisäksi sinilevät ovat yleensä huonolaatuista ravintoa eläinplanktonille, jonka takia suurempi sinilevien määrä indikoi tila-arviossa huonompaa meren tilaa. Rannikkoalueiden kasviplanktoniyhteisön koostumusta tai monimuotoisuutta ei ole suoranaisesti arvioitu,



vaikka tällaisen arvioinnin mahdollistavaa tietoa on kerätty yli 100:ta rannikon seuranta-asemalta pääosin jo 1980–90-luvuilta lähtien (Rantajärvi ym. 2020; HERTTA 2023).

#### Tietolaatikko 4. Mikrolevät

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Selkämeri\*, Saaristomeri\*, **Suomenlahti**
  - luontotyypit: litoraalin vesimassa, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: muutokset eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa, lajimäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, muut\*\*
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa mikroleviä koskevasta luontokadosta on suhteellisen niukasti matalilta rannikkoalueilta. Luontokatoa ilmeni yli puolessa mikroleväaineistoista. Tietoa on Selkämereltä, Saaristomereltä ja Suomenlahdelta, ja mikrolevien luontokatoa on havaittu eniten ja yleisimmin Suomenlahdella. Valtaosa mikrolevien luontokadosta koskee eliöyhteisöä. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on suppeaa, ja luontokatoa ilmenee muutoksina eliöyhteisön rakenteessa ja lajien vallitsevuudessa sekä lajimäärän vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymistä suosivien lajien runsastumisesta vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella. Tietopuutteita on varsinkin Perämeren, Merenkurkun ja Ahvenanmaan merialueen matalilla rannikkoalueilla. Myös ajallisesti, suuri osa julkaistusta aineistosta oli yli 20 vuotta vanhaa. Vakavia tietopuutteita on myös ekologisten toimintojen ja lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista; molemmat ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden osia. Ympäristöhallinnon ja veloitettarkkailujen pitkän ajan seurantatietoja on kuitenkin olemassa pitkin Suomen rannikkoa, ja näiden tietojen parempaa hyödyntämistä litoraalin kasviplanktoniyhteisöjen ja luonnon monimuotoisuuden ajallisten muutosten ja luontokadon arvioinnissa voisi edistää ja kehittää.

\*vain yksi aineisto

\*\*muut-paineryhmittely sisältää yhden tai useampia seuraavista aineistossa harvinaisemmista luontokadon syistä: ravinteisuuden väheneminen, elinympäristöjen katoaminen tai laadun heikkeneminen, vieraslajit, veden happamoituminen, veden keinotekoinen lämpeneminen, lajien tukitukset ja haitalliset aineet.

HELCOMin uusimmassa Itämeren tilan arvioinnissa (v. 2016–2022) rannikkovesien mikroleviä koskevat kaksi indikaattoria, Vallitsevien kasviplanktoniryhmien kausisukcessio ja Kasviplanktonin a-klorofylli (HELCOM 2023b). Viimeisimpien indikaattoritulosten mukaan lähes koko Suomen rannikkoalueella kumpikin kasviplanktonindikaattori osoitti hyvää tilaa huonompaa ympäristön tilaa (HELCOM 2023d; e). Tämän raportin määritelmiin nähden kasviplanktonin määrän lisääntyminen suhteessa vertailuarvoon olisi kuitenkin positiivinen muutos luonnon monimuotoisuuden elementissä (muun muassa eliöyhteisön runsaudessa ja korkeamman perustuotannon kautta ekologisena toimintona), eikä kasviplanktonin määrän lisääntyminen ole siten itsessään luontokadon ilmenemismuoto. Asian arvioiminen luontokadon näkökulmasta ei kuitenkaan välttämättä ole aivan yksiselitteistä, kun tunnetaan rehevöitymisen lajiyhteisöjä samankaltaistava vaikutus (Olli ym. 2022) ja lisääntyneen kasviplanktonin välilliset negatiiviset vaikutukset rannikon elinympäristöihin (muun muassa pohjien happikato; Conley ym. 2011).



### 3.5.2 Makrolevät

Makrolevät-ryhmään<sup>20</sup> kuuluu pääsääntöisesti kovaan alustaan kiinnittyneitä, yksi- tai monivuotisia viher-, rusko- ja punaleviä (Hyvärinen ym. 2019). Maantieteellisen levinneisyyden tärkein tekijä on meriveden suolaisuus, mikä myös näkyy makrolevien lajimäärän vähenemisenä pohjoiseen ja itään mentäessä (Snoeij 1999; Rinne ym. 2011) sekä muun muassa monien punalevien ja yhtenäisten rakkoleväesiintymien rajoittumisena Merenkurkun alueelle (Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022). Makrolevät muodostavat tärkeitä elinympäristöjä rannikkovesissä, muun muassa monille selkärangattomille eläimille sekä kaloille (Kontula ja Raunio 2018). Muutokset makroleväyhteisössä indikoivat rehevöitymisen ja sameuden vaikutuksia ja voivat ennakoida muutoksia leväyhteisöstä riippuvien muiden eliöiden elinolosuhteisiin (Rantajärvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa

Makroleviä koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi runsaasti (133 kappaletta) ja kaikista eliöryhmistä toiseksi eniten. Näistä valtaosa (83 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen osuus Makrolevät-ryhmässä oli 67 prosenttia. Luontokadon todisteita löytyi kolmesta luonnon monimuotoisuuden kategoriasta: Eliömäärä, Taksonin esiintyvyys ja Eliöyhteisön rakenne, joista suhteellisesti yleisimmin (77 prosenttia) Taksonin esiintyvyys -kategoriasta. Luontotyypeittäin tarkasteltuna luontokadon aineistoja oli liitetty kahteen luontotyyppiin, joista infralitoraalin koviin pohjiin harvemmin (66 prosenttia) kuin aineistomäärällisesti niukkaan Infralitoraalin mutapohjat -luontotyyppiin (1/1). Merialueittain makrolevien luontokatoaineistoja oli Perämeren lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja eniten Ahvenanmaan merialueelta. Suhteellisesti yleisimmin luontokadon todisteita löytyi kuitenkin Suomenlahdelta (93 prosenttia) ja vähiten Ahvenanmaan merialueelta (58 prosenttia). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli kohtalaista, ja eri ilmenemismuotoja esiintyi 11 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin esiintyvyyden pieneneminen (11 prosenttia) ja paikallinen katoaminen (38 prosenttia), syvyyksilevinneisyyden kaventuminen (23 prosenttia) sekä populaation yksilömäärän väheneminen (17 prosenttia).

#### Kirjallisuuskatsaus

Makrolevien esiintyvyyden muutoksia on raportoitu Pohjanlahtea lukuun ottamatta useimmilta merialueilta, mutta runsaasti varsinkin Saaristomereltä ja Ahvenanmaan merialueelta. Ruskoleviin ja Itämeren tärkeisiin avainlajeihin kuuluvat haurut (rakkohauru ja itämerenhauru, *Fucus radicans*) ovat monin paikoin selvästi taantuneet viimeisten noin 50 vuoden aikana. Esimerkiksi Saaristomerellä ja Ahvenanmaan merialueella rakkohauru vähentyi voimakkaasti 1970-luvun lopulla (Rönneberg ym. 1985), eikä selkeää parannusta ole sen jälkeen tapahtunut (Snickars ym. 2014). Vielä 1980-luvulla laajoja rakkoleväesiintymiä löydettiin kuitenkin ulkosaaristosta lähes kaikilta kallio- ja kivipohjilta, kun taas uudemmissa tutkimuksissa rakkolevän esiintyminen on erittäin vähäistä myös uloimmissa Saaristomeren osissa, ja sen sijaan esiintymiä on havaittu enemmän sisä- ja välisaaristosta (Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016). Myös muiden makrolevien esiintymisessä on havaittu muutoksia. Esimerkiksi punalevistä haarukkalevän (*Furcellaria lumbricalis*) ja takkupunahuiskan (*Rhodomela confervoides*) yleisyys on pienentynyt verrattuna 1950–60-lukujen esiintyvyyteen varsinkin sisäsaaristossa (Rinne ja Kostamo 2022). Joitain lajeja on myös paikallisesti kadonnut, muun muassa ruskolevä tankeahavusuti (*Halopteris scoparia*) ja punalevä sarvipunaliuska (*Phyllophora pseudoceranoides*) Ahvenanmaan uloimman saariston Lågskäristä (Eveleens Maarse ym. 2020), ja esimerkiksi purppuraluulevä (*Polysiphonia fibrillosa*) eteläiseltä Ahvenanmaan merialueelta, Föglöstä ja Lemlandista (Roos ym. 2004).

Syvyyksilevinneisyyden kaventumista on raportoitu rakkohaurulla ja erällä punalevillä. Rakkohaurun enimmäissyvyydessä on raportoitu yleisesti vähenemistä kautta Suomen rannikon (Torn ym. 2006; Rinne ja Salovius-Laurén 2020). Selkämerellä esiintyvyyden maksimisyvyys pieneni 1950-luvulta lähtien seitsemästä metrillä alle kolmeen metriin, ja Saaristomerellä välisaaristossa yhdeksästä viiteen metriin 1960-luvun lopusta lähtien (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Ahvenanmaan merialueen kaakkoisosissa, Kökarissa, esiintyvyyden enimmäissyvyys oli vähentynyt yhdestätoista metrillä noin metriin 1950-luvulta lähtien (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Ahvenanmaan uloimmassa saaristossa rakkohaurun syvyyksiintyvyyden alaraja oli laskenut yhdestätoista metrillä seitsemään metriin vuosien 1956

<sup>20</sup> Taksonomisesti makroleviin kuuluvat näkinpartaislevät on elinympäristönsä vuoksi tässä raportissa käsitelty vesikasvit-ryhmässä putkilokasvien kanssa (katso luvut 2.1.3 ja 3.5.3)



ja 1993 välillä (Rönnerberg ja Mathiesen 1998) ja edelleen viiteen metriin vuoteen 2018 mennessä (Eveleens Maarse ym. 2020). Muualla eteläisellä Ahvenanmaalla syvyyslevinneisyys on voimakkaasti pienentynyt erityisesti suojaisilla paikoilla, joissa vuosituhanen vaihteessa rakkohauru ei yltänyt kahta metriä syvemmälle (Roos ym. 2004). Rakkohaurun esiintyvyyden maksimisyvyys oli pienentynyt 1990-luvun alusta vuoteen 2016 mennessä kolmesta noin kahteen metriin itäisellä Suomenlahdella, Suomenlahden keskiosissa yli viidestä metrillä vajaan neljään metriin, ja läntisellä Suomenlahdella 1980-luvulta lähtien yli seitsemästä metrillä alle viiteen metriin (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Punalevistä muun muassa töpöpunaröyhelön (*Coccolytus truncatus*) / sarvipunaliuskan (*Phyllophora pseudoceranoides*)<sup>21</sup> sekä haarukkalevän on uudemmissa tuloksissa osoitettu esiintyvän selvästi matalammassa vedessä verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin kaikilla kyseisten lajien esiintymisalueilla (Rinne ja Kostamo 2022). Kasvusyvyuden pienenemisen voidaan mallintamalla osoittaa johtavan myös lajien peittämän pinta-alan ja samalla kokonaisbiomassan alenemiseen Suomen rannikoilla (Lappalainen ym. 2019). Tällä on vaikutuksia kyseisissä levälajeissa viihtyvien äyriäisten, nilviäisten ja kalojen levinneisyyteen.

Monin paikoin Saaristomerellä ja Ahvenanmaan merialueella rakkohaurun runsaus alkoi pienentyä voimakkaasti 1970-luvulla (Rönnerberg ym. 1985) ja esimerkiksi eteläisellä Saaristomerellä lajin runsaus väheni noin 85 prosenttia vuosien 1993 ja 2001 välillä, ja on sen jälkeen pysynyt alhaisena (Vahteri ja Vuorinen 2016). Lisäksi esimerkiksi Ahvenanmaan ulkosaaristossa on lajin arvioitu runsausluokka tavanomaisessa 4–7 metrin syvyysvyöhykkeessä vaihtunut ”tavallisesta” ”niukkaan” vuosien 1956 ja 1993 välillä (Rönnerberg ja Mathiesen 1998). Eteläisellä Ahvenanmaalla on rakkohaurun lisäksi osoitettu muidenkin ruskolevälajien (muun muassa litupilivlevä, *Ectocarpus siliculosus*), punalevien (muun muassa punahelmilevä, *Ceramium tenuicorne*) ja viherlevien (muun muassa liinavihersäie, *Chaetomorpha linum*) määrien vähentymistä 1970-luvun puolestavälisestä vuosituhanen vaihteeseen (Roos ym. 2004). Myös makroleväyhteisön koostumuksessa ja lajimäärissä on osoitettu muutoksia. Muun muassa Ahvenanmaan merialueen ulkosaaristossa on osoitettu yleinen punalevien väheneminen vuosien 1993 ja 2018 välillä, sekä 12–15 metrin syvyysvyöhykkeellä kokonaislajimäärän vähentyminen 18 lajista vuonna 1956 vain kuuteen lajiin vuonna 2018 (Eveleens Maarse ym. 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Toisessa tutkimuksessa eteläisen Ahvenanmaan merialueelta raportoitui kokonaislajimäärän vähentyminen ja suojaisilla paikoilla erityisesti puna- ja ruskolevien vähentymistä 1970-luvun puolivälisestä vuosituhanen vaihteeseen (Roos ym. 2004).

Luontokadon todisteiden lisäksi raportissa on makroleviä koskevia aineistoja, jotka eivät osoittaneet luontokatoa vaan sellaisia positiivisia muutoksia (tai ei muutoksia lainkaan), jotka usein muissa yhteyksissä tulkitaan kielteisinä meriympäristön tila kuvaajina. Tällaisia olivat muun muassa ne aineistot, jotka osoittivat yksivuotiset rihmalevien runsastumista 1970-luvulta lähtien Saaristomerellä ja Ahvenanmaan merialueella (Bonsdorff ym. 1997a; b; Rönnerberg ja Mathiesen 1998; Eveleens Maarse ym. 2020). Esimerkiksi Ahvenanmaan Lemlandin alueella 1970-luvulla levämatot peittivät tutkituilla aloilla keskimäärin 30 prosenttia pohjista 4–5 metrin syvydessä ja vuosina vuosituhanen vaihteeseen mentäessä rihmalevämattojen syvyysesintyvyyden oli kaksinkertaistunut ja peittävyys noussut yli 80 prosenttiin kaikilla paikoilla (Roos ym. 2004).

Valtaosa makrolevien muutoksista on liitetty rehevöitymiseen (Roos ym. 2004; Torn ym. 2006; Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016; Eveleens Maarse ym. 2020; Rinne ja Kostamo 2022). Rehevöityminen lisää planktonlevien ja muun orgaanisen irtoaineksen määrää, mikä taas samentaa vettä ja heikentää valon saatavuutta makrolevien käyttöön, ja laskeutuessaan aiemmin puhtaille kallio- ja kivipohjille heikentää makrolevien kiinnittymistä alustaansa (Berger ym. 2003).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Rannikkovesien makroleviä seurataan Suomessa osana vesien- ja merenhoitoa niissä määriteltyjen seurantaohjelmien mukaisesti (Rantajarvi ym. 2020; ÅLR 2021; ELY-keskukset 2022). Makrolevät sisältyvät myös Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin (Hyvärinen ym. 2019). Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 makroleväkuvaaja, jonka tilaa rannikkovesissä arvioitiin rakkohaurun syvyyslevinneisyyden mukaan, oli hyvää tilaa huonommassa tilassa lähes 90 prosentissa kaikista mantereen

<sup>21</sup> *Coccolytus truncatus* ja *Phyllophora pseudoceranoides* punalevälajit voivat olla hyvin samannäköisiä ja joskus vaikeasti eroteltavissa, minkä vuoksi lajiparia on tietyissä aineistoissa käsitelty ja esitetty yhdessä.



rannikon vesimuodostumista (HERTTA 2023). Perämerta lukuun ottamatta Suomen rannikon kattavan vesienhoidon 55 seurantapaikan aineiston perusteella on rakkohaurun alakasvuraja madaltunut vuosien 1991 ja 2017 välillä keskimäärin 0,3 metriä sijaiten nyt 2,9–2,6 metrin syvyydessä (Sahla ym. 2020). Ahvenanmaan maakunnan vesialueilla vastaavaa tila-arviota varten käytetään 11 eri makrolevä- ja vesikasvilajia huomioivaa makrofyytti-indeksiä (Holgersson 2013), joka edellisellä arviointikaudella (2012–2018) osoitti hyvää tilaa vain 23 prosentissa kaikista vesimuodostumista, mutta vuosilta 2017–2022 jo vajaassa 60 hyvä tai erinomaisesta tilaa (ÅLR 2019; tiedot vuosilta 2017–2022 pyydetty tietoja ylläpitävältä Ahvenanmaan maakuntahallitukselta). Luokittelukriteerien mukaan veden tila on sitä huonompi mitä pienempi syvyyksilevinneisyys rakkohaurulla/makrofyyteillä on, koska tämä indikoi muun muassa rehevöitymistä ja makrolevien/makrofyyttien muodostamien elinympäristöjen kutistumista (Aroviita ym. 2019).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) rannikkovesien makrolevien tilaa on arvioitu rakkohaurun alakasvurajan sekä punaleväyhteisön syvyyksilevinneisyyden perusteella (Korpinen ym. 2018). Suomen merialueista pääosa ei yltänyt näiden indikaattoreiden suhteen hyvään meren tilaan (SYKE 2023c). Rakkohaurun alakasvurajan perusteella ainoastaan Merenkurkun ulkosaaristo oli hyvässä tilassa, ja muut alueet vesienhoidon luokitteluasteikon mukaan pääosin välttävässä tai tyydyttävässä tilassa<sup>22</sup> (Korpinen ym. 2018). Punalevävyöhykkeiden tila oli hyvä ainoastaan Merenkurkussa, ja kaikilla muilla arvioiduilla alueilla tyydyttävässä tilassa, vaikkakin hieman parempi ulommilla kuin sisemmillä rannikon alueilla (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023c). Perämerellä makroleväarvioita ei tehdä, koska rakkohaurua ei siellä esiinny ja koska punalevälajisto eroaa liikaa muihin alueisiin verrattuna (Rantajarvi ym. 2020; SYKE 2023c). Ahvenanmaan merialueelta arvioita ei tehty, koska alueella on käytössä vain erilainen maakunnan vesienhoidon makrofyytti-indikaattori (ÅLR 2019b; SYKE 2023c).

Viimeisimmässä Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa Itämeren makrolevistä arvioitiin 68 puna-, rusko-, ja viherlevälajia (Hyvärinen ym. 2019). Näistä punalevät tummahelmilevä (*Ceramium virgatum*) luokiteltiin vaarantuneeksi ja takkupunahuiska silmälläpidettäväksi, sekä ruskolevät joushiluppolevä (*Dictyosiphon chordaria*), rakkohauru, ja itämerenhauru silmälläpidettäväksi (Hyvärinen ym. 2019). Huomattava osa (57 prosenttia) arvioiduista Itämeren makrolevälajeista oli uhanalaisuusarvion mukaan puutteellisesti tunnettuja VELMU-ohjelman tuottamasta laajasta tietoaaineistosta huolimatta. HELCOMin Itämeren tilan arvioinnissa ei ole makroleviä koskevia indikaattoreita (HELCOM 2023b).

<sup>22</sup> Vesienhoidon 5-portaista luokitteluasteikkoa käytetään paikoin myös merenhoito rannikkovesien tilaa ilmentävien indikaattoritulosten esittämisessä (Korpinen ym. 2018).





### Tietolaatikko 5. Makrolevät

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon moninaisuus: **kohtalaista**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Merenkurkku, Selkämeri, **Ahvenanmaan merialue**, Saaristomeri, Suomenlahti
  - luontotyypit: infralitoraalin mutapohjat\*, **infralitoraalin kallio-/kivipohjat**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen, syvyyslevinneisyyden kaventuminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, lajien uhanalaisuusarviointi

Tietoa makroleviä koskevasta luontokadosta on suhteellisen runsaasti matalilta rannikkoalueilta. Luontokatoa ilmeni lähes 70 prosentissa makroleväaineistoista, josta suuri osa käsitteli monivuotista rakkohaurua ja punaleviä. Tietoa on Perämeren lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja makrolevien luontokatoa on havaittu eniten Ahvenanmaan merialueella, mutta yleisimmin Suomenlahdella. Valtaosa makrolevien luontokadosta koskee lajien esiintyvyyttä. Luontokadon ilmenemisen on vaihtelevaa, ja luontokatoa ilmenee yleisimmin esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena ja syvyyslevinneisyyden kaventumisena. Yleisesti ottaen nämä muutokset ovat seurausta rehevöitymisestä, joka heikentää valon saatavuutta vedessä ja lisää kilpailua rehevöitymistä suosivien ja vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien välillä. Huomattava osa makrolevälajeista on edelleen puutteellisesti tunnettuja. Tietopuutteita on varsinkin Perämerellä, jossa eroavan lajiston takia tavanomaista makroleväseurantaa ei tehdä. Vakavia tietopuutteita on myös yleisesti ekologisten toimintojen ja lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista; molemmat ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden osia. Koko leväyhteisön kattavia seurantoja voisi edistää ja laajentaa, ja Perämeren alueen makroleviin perustuvaa luontokadon arviointia kehittää.

\*vain yksi aineisto

### 3.5.3 Vesikasvit

Putkilokasvit ja näkinpartaislevät muodostavat tärkeitä rannikon vedenalaisia elinympäristöjä monille kalalajeille ja selkärangattomille eliöille, sekä ruokailupaikkoja vesilinnuille. Muutokset näissä vesikasviyhteisössä heijastavat rehevöitymistä, pohjan häiriöitä ja muuta kuormitusta ja voivat ennakoida muutoksia vesikasveista riippuvaisten muiden eliöiden elinolosuhteisiin (Rantajarvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa

Vesikasveja koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi kohtalaisen vähän, 40 kappaletta. Kaikki ajallisesti luokiteltavissa olevat vesikasveja koskevat luontokatoaineistot (38 kappaletta) olivat uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen osuus vesikasveja koskevissa aineistossa oli 44 prosenttia, eli keskimääräistä alhaisempi. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi vain Eliömäärä- ja Taksonin esiintyvyyttä -kategorioista, joista eniten ja yleisimmin (49 prosenttia) Taksonin esiintyvyyttä -kategorista. Luontotyyppittäin luontokadon todisteita löytyi kaikista pehmeiden pohjien luontotyypeistä ja yleisimmin (71 prosenttia) infralitoraalin hiekkapohjilta. Vesikasveissa luontokadon





todisteita löytyi vain Ahvenanmaan merialueelta ja Suomenlahdelta, joista jälkimmäisestä eniten ja yleisimmin (48 prosenttia). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli suppea, ja eri ilmenemismuotoja esiintyi vain seitsemän kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin esiintyvyyden pieneneminen (48 prosenttia) ja paikallinen katoaminen (30 prosenttia) sekä populaation yksilömäärän väheneminen (10 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Läntisellä Suomenlahdella, Pohjanlahden-Tammisaaren saaristossa, tehdyssä laajassa vesikasvillisuustutkimuksessa vuosina 2005–2007 tarkasteltiin akvaattisten putkilokasvien ja näkinpartaislevien esiintymistä 91 kasvillisuuslinjalla ja verrattiin tuloksia vastaaviin 1930- ja 40-luvuilla tehtyihin inventointeihin (Luther 1951a, b; Pitkänen ym. 2013). Ajan saatossa kaikkiaan kymmenen lajia oli kokonaan kadonnut tutkimusalueelta, ja merkittävää esiintyvyyden vähenemistä havaittiin 18 (38 prosenttia) kaikkiaan 48 lajista (Pitkänen ym. 2013). Kadonneista lajeista yksi oli näkinpartaisleviin kuuluva Itämerennäkinparta (*Chara baltica*) ja loput yhdeksän varsinaisia vesikasveja (muun muassa ruskoärviä, *Myriophyllum alterniflorum*, ja vaalealahnanruoho, *Isoetes echinospora*), ja vähentyneistä lajeista kolme kuului näkinpartaisleviin (muun muassa hapranäkinparta, *Chara globularis*) ja loput 15 putkilokasveihin (muun muassa ratamosarpio, *Alisma plantago-aquatica* ja merivita, *Stuckenia filiformis*; Pitkänen ym. 2013). Lisäksi esimerkiksi hentovidan (*Potamogeton pusillus*) esiintymisessä näkyi muutoksia saaristovyöhykkeiden välillä niin, että laji väheni suojaisilla sisäsaariston alueilla ja vastaavasti yleistyi ulommilla alueilla. (Pitkänen ym. 2013). Yleisesti ottaen, runsastyyppisiä olosuhteita ja heikkoa valon saatavuutta suosivien lajien esiintyvyys kasvoi, kun taas vähäravinteisia oloja ja matalia vesialueita suosivien lajien esiintyvyys väheni. Läntisellä Suomenlahdella on myös tarkemmin tutkittu punanäkinparran (*Chara tomentosa*) esiintyvyyttä. Tarkastelujakson yli osoitettiin lajin paikallisissa esiintyvyyksissä enemmän negatiivisia muutoksia (77 prosenttia) kuin positiivisia muutoksia tai ei-muutoksia (23 prosenttia; Munsterhjelm ym. 2008). Myös Ahvenanmaan merialueella on osoitettu muutoksia vesikasveissa. Föglössä ahvenvidan (*Potamogeton perfoliatus*) ja merisykeröparran (*Tolypella nidifica*) runsaus väheni ja hapsivita (*Stuckenia pectinata*) oli kokonaan kadonnut, kun taas Lemlandissa ahvenvita ja hapsivita olivat vähentyneet ja mukulanäkinparta (*Chara aspera*) kokonaan kadonnut vuosien 1975 ja 2000 välillä (Roos ym. 2004).

Luontokadon todisteiden lisäksi raportissa on vesikasveja koskevia aineistoja, jotka eivät osoittaneet luontokatoa vaan sellaisia positiivisia muutoksia (tai ei muutoksia lainkaan), jotka muissa yhteyksissä tulkitaan yleisesti kielteisinä meriympäristön tila kuvaajina. Tällaisia olivat muun muassa aineistot, jotka osoittivat rehevöitymistä suosivan järviruo'on (*Phragmites australis*) levinneisyyden ja esiintyvyyden kasvua Suomenlahdella (Pitkänen ym. 2013; Altartouri ym. 2014) sekä Saaristomerellä (von Numers ja Korvenpää 2007; Altartouri ym. 2014). Tiheitä esiintymä muodostavalla järviruo'olla on toisaalta vesikasviyhteisöjä yksinkertaistava vaikutus (Munsterhjelm 1997), ja toisaalta taas monimuotoisuutta lisäävä vaikutus tärkeänä elinympäristön muodostajana, muun muassa koskien vesilintujen pesimäympäristöjä (Meriste ym. 2012) ja kalojen lisääntymisalueita (Lappalainen ym. 2008).

Vesikasveissa osoitetut muutokset ovat pääosin liitetty yleiseen rehevöitymiskehitykseen (Roos ym. 2004; von Numers ja Korvenpää 2007; Munsterhjelm ym. 2008; Pitkänen ym. 2013; Altartouri ym. 2014). Lisäksi rannanläheisten ruoppausten aiheuttama merenpohjan häiriö ja muutos voi myös olla merkittäviä vesikasvien esiintyvyyden muutosten aiheuttaja (Munsterhjelm ym. 2008; Virtanen ym. 2023).

### Muut arvioinnit ja raportit

Rannikkovesien vesikasveja seurataan Suomessa osana merenhoitoa ja vesienhoidossa Ahvenanmaan maakunnan alueella, niihin liittyvien seurantaohjelmien mukaisesti (Rantajärvi ym. 2020; ÅLR 2021). Vesikasvit sisältyvät myös Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin (Hyvärinen ym. 2019). EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) mukaisia Itämereen liitetyjä vesikasvilajeja ei Suomessa ole, mutta osa direktiivin suojelluista lajeista esiintyy kuitenkin osittain myös Itämeren rannikkovesissä (SYKE 2020b). Ahvenanmaan vesienhoidon pintavesiseurannassa käytetään makrofyytti-indeksiä, joka huomioi yksitoista vesikasvi- ja makrolevälajia (ÅLR 2019b). Ahvenanmaan makrofyytti-indeksi osoitti edellisellä arviointikaudella (2012–2018) tyydyttävää tilaa kaikissa 77 prosentissa vesimuodostumista ja lopuissa hyvää tilaa (ÅLR 2019a). Vuosilta 2017–2022 tilanne parani ja hyvään tai erinomaiseen tilaan päästiin vajaassa 60 prosentissa kaikista vesimuodostumista (tiedot vuosilta 2017–2022 pyydetty tietoja ylläpitävältä Ahvenanmaan maakuntahallitukselta). Manner-Suomen



rannikon vesienhoitoalueilla biologisen tilan arviointi ei käsitä vesikasveja (Aroviita ym. 2019), vaikka vesikasviseurantaa jossain määrin tehdään muun muassa rannikon velvoitetarkkailujen puitteissa (Ruuskanen 2017).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) rannikkovesien vesikasvien tilaa koskien esiteltiin kasvien herkkyyssuokituksen perustuva ja lajimäärän tai peittävyuden mukaan laskettava uusi indeksi, mutta kynnyksarvojen vielä puuttuessa tämän perusteella ei voitu tehdä tila-arviota tai arviota ajallisista muutoksista (Korpinen ym. 2018). Merenhoidon käynnissä olevan kolmannen kauden seurantaohjelmaan on kuitenkin sisällytetty herkkyyssuokituksen edelleen kehittäminen sekä vesikasvilajiston seuranta rannikon hiekkapohjilla ja matalien lahtien ja rannikkovesien pehmeillä pohjilla (Rantajärvi ym. 2020).

Viimeisimmässä Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa Itämereen liitetyistä vesikasveista arvioitiin yhteensä 43 putkilokasvilajia ja näkinpartaislevää<sup>23</sup> (Hyvärinen ym. 2019). Putkilokasveista hentonäkinruoho (*Najas tenuissima*) luokiteltiin erittäin uhanalaiseksi, ja upossarpio (*Alisma wahlenbergii*) sekä hukkariisi (*Leersia oryzoides*) vaarantuneiksi. Silmälläpidettäviä lajeja oli neljä. Näkinpartaislevistä piikkinäkinparta (*Chara horrida*) luokiteltiin erittäin uhanalaiseksi, ja silonäkinparta (*Chara braunii*) sekä kalvassiloparta (*Nitella hyalina*) vaarantuneiksi. Näkinpartaislevistä kaksi luokiteltiin silmälläpidettäviksi. Suomen EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) mukaisten lajien suojelutason vuoden 2019 raportoinnin mukaan kokonaisarvio hentonäkinruohon (*N. tenuissima*) suojelutasosta oli epäsuotuisa ja riittämätön sekä heikkenevä, ja upossarpion (*A. wahlenbergii*) epäsuotuisa ja riittämätön mutta vakaa, vaikka tässä arviossa uhanalaisuusarviosta poiketen kyseisten lajien ei katsottu esiintyvän Itämeressä (SYKE 2020b). HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteetti-arvioinnissa (HELCOM 2023a) ei ole suoraan vesikasveja koskevia indikaattoreita, mutta arvioinnissa huomioitiin HELCOMin Itämeren lajien uhanalaisuusarvioinnin tulokset (HELCOM 2013a). HELCOMin lajien punaisella listalla Suomessa esiintyvistä putkilokasveista erittäin uhanalaiseksi arvioitiin lietetatar (*Persicaria foliosa*) ja nelilehtivesikuusi (*Hippuris tetraphylla*), ja vaarantuneeksi upossarpio (*A. wahlenbergii*), sekä silmälläpidettäväksi paunikko (*Crassula aquatica*; HELCOM 2013a). Aiemmin mainitun upossarpion lisäksi matalassa rantavedessä esiintyvät lietetatar (*P. foliosa*), nelilehtivesikuusi (*H. tetraphylla*), ja paunikko (*Crassula aquatica*) löytyvät myös Suomen lajien punaiselta listalta uhanalaisina, mutta niitä ei ole siinä liitetty Itämeren lajistoon kuuluviksi (Hyvärinen ym. 2019). Näistä kaksi ensimmäiseksi mainittua ovat myös luontodirektiivin lajeja ja niiden suojelutaso Suomen vuoden 2019 raportoinnin mukaan oli lietetattareen kohdalla epäsuotuisa ja huono sekä heikkenevä, ja nelilehtivesikuusen kohdalla epäsuotuisa ja riittämätön sekä heikkenevä (SYKE 2020b). Näkinpartaislevistä HELCOMin punaisella listalla oli Suomessa esiintyvistä lajeista vaarantuneiksi arvioituina silonäkinparta (*Chara braunii*) ja kalvassiloparta (*Nitella hyalina*) sekä silmälläpidettävänä piikkinäkinparta (*Chara horrida*; HELCOM 2013a).

<sup>23</sup> Suomen lajien uhanalaisuusarviossa näkinpartaisleviä arvioitiin 15 lajia makroleväkategoriasa (Hyvärinen ym. 2019), mutta tässä raportissa ne käsitellään vesikasvien yhteydessä (katso luku 2.1.3).



### Tietolaatikko 6. Vesikasvit

- Aineistomäärä: **kohtalainen**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Ahvenanmaan merialue, **Suomenlahti**
  - luontotyypit: hydrolitoraalin mutapohjat ja sekasedimentit\*, **infralitoraalin muta-** ja hiekkapohjat sekä sekasedimentit, useat ympäristöt
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen/paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, merenpohjan fyysinen häiriö
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, lajien uhanalaisuusarviointi, luontodirektiivi, HELCOM

Tietoa vesikasveja koskevasta luontokadosta on kohtalaisesti matalilta rannikkoalueilta. Luontokatoa ilmeni alle puolessa vesikasviaineistoista. Tietoa on Ahvenanmaalta, Saaristomereltä ja Suomenlahdelta ja vesikasvien luontokatoa on havaittu eniten ja yleisimmin Suomenlahden merialueelta. Valtaosa vesikasvien luontokadosta koskee lajien esiintyvyyttä. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on suppeaa, ja luontokatoa ilmenee yleisimmin esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena ja yksilömäärän vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymisestä, joka heikentää valon saatavuutta, muuttaa karumpia kasvuolosuhteita runsastyyppisimmiksi, ja aiheuttaa kilpailua rehevöitymistä suosivien ja vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien välillä. Ruoppausten aiheuttama merenpohjan häiriö voi olla paikallisesti merkittävä tekijä. Meressä elävät putkilokasvi- ja näkinpartaislevälajit ovat yleisesti hyvin tunnettuja Suomessa, mutta tietopuutteita on ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämeren, Merenkurkun, Selkämeren ja Saaristomeren alueilla. Muun muassa tärkeän avainlajin, meriajokkaan, muutoksista ei ole tietoa. Vakavia tietopuutteita on myös ekologisten toimintojen ja lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista; molemmat ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden osia. Vesikasvien seurantoja voisi edistää ja laajentaa, ja varsinkin manner-Suomen merialueiden vesikasveihin perustuvaa luontokadon arviointia kehittää.

\*vain yksi aineisto

### 3.5.4 Eläinplankton

Eläinplanktonyhteisöt muodostavat tärkeän sekundaarituotannon tason ja perustan ravintoverkkojen toiminnalle. Muutokset eläinplanktonyhteisössä selittävät usein ylemmillä ravintoverkon tasoilla, kuten kaloissa, tapahtuneita muutoksia planktonyhteisöissä (Rantajarvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa ja kirjallisuuskatsaus

Eläinplanktonaineistoja oli tämän raportin aineistohaussa kaikkiaan vain yksi luontokatoa osoittava, eliöyhteisön rakenteeseen liittyvä, vesimassaa koskeva aineisto peräisin Suomenlahdelta. Aineisto on peräisin Helsingin alueen planktonyhteisöjen muutoksia rehevöitymiskehityksen vaikutuksesta käsittelevästä katsauksesta, jossa osoitettiin yleisesti sisälahtien eläinplanktonyhteisössä tapahtuneita muutoksia kohti rehevöitymistä suosivien lajien (muun muassa *Brachionus spp.*, *Filinia longiseta*, ja *Acanthocyclops robustus*)



vallitsevuutta (Finni ym. 2001). Muutosten ajoittuminen vaihteli kuitenkin eri alueiden välillä jo 1900-luvun alkupuolelta aina 1970-luvulle riippuen paikallisesta rehevöitymisen kehityksestä.

### Muut arvioinnit ja raportit

Eläinplanktonin määrää seurataan Suomessa osana merenhoitoa (Rantajärvi ym. 2020). Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) eläinplanktonin tilaa kuvaava indeksi on kuitenkin laskettu vain avomerialueille (Korpinen ym. 2018). Käynnissä olevassa merenhoidon kolmannen kauden seurantaohjelman mukaan myös rannikon eläinplanktonin runsautta ja lajistoa tullaan seuraamaan ja arvioimaan, hyödyntäen olemassa olevaa rannikon 15 eläinplanktonin seuranta-asemaa, joista osa seuranta-aikasarjoista Saaristomerellä ja Suomenlahdella ovat lähtöisin jo 1960-luvulta ja muut aikasarjat vuodesta 2014 (Rantajärvi ym. 2020). Rannikon eläinplanktonin seuranta-asemista kuitenkin vain kaksi on matalilla (< 10 m syvyys) litoraaliaalueilla (HERTTA 2023). Vesienhoidon rannikon biologinen pintavesien tilaseuranta ei sisällä eläinplanktonia (Aroviita ym. 2019), vaikkakin eläinplanktonin seuranta-aineistoa saattaa jossain määrin olla kerättyä velvoitetarkkailujen ja ympäristövaikutusarviointien yhteydessä. Vastaavasti myöskään HELCOMin biodiversiteettiarvioinnissa ei ole matalia rannikkovesiä koskevia eläinplanktonindikaattoreita tai tila-arvioita (HELCOM 2023a). Eläinplankton ei myöskään sisälly Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin, jossa on tarkasteltu vain makroskooppista lajistoa (Hyvärinen ym. 2019).

#### Tietolaatikko 7. Eläinplankton

- Aineistomäärä: **niukka\***
- Luontokadon yleisyys: **yleistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: **Suomenlahti**
  - luontotyypit: **litoraalin vesimassa**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: muutos eliöyhteisön rakenteessa
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen
- Muut arvioinnit: –

Tietoa matalien rannikkovesien eläinplanktonia koskevasta luontokadosta on erittäin niukasti, vain yksi eliöyhteisön rakenteeseen liittyvä, luontokatoa osoittava, aineisto peräisin Suomenlahdelta. Luontokato ilmenee muutoksina eliöyhteisön rakenteessa. Muutokset olivat yleisesti seurausta rehevöitymistä suosivien lajien runsastumisesta vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella. Vakavia tietopuutteita on matalien (< 10 m) rannikkovesien eläinplanktonin yhteisörakenteen ja runsauden muutoksista kaikilla Suomen merialueilla. Matalien rannikkoalueiden (mm. sisälahdet ja rannikon laguunit) eläinplanktonseurantoja tulisi edistää ja laajentaa, ja niihin perustuvaa luontokadon arviointia kehittää.

\*vain yksi aineisto

### 3.5.5 Koviin pohjien pohjaeläimet

Koviin pohjien pohjaeläimet koostuvat erilaisista selkärangattomista, pohjaan kiinnittyneistä tai vapaasti liikkuvista eläimistä. Tärkeimpiä koviin pohjien pohjaeläimiä ovat sinisimpukat, jotka muodostavat tärkeitä elinympäristöjä muille lajeille, kuten kotiloille, katkoille ja siiroille (Koivisto ja Westerborn 2010). Sinisimpukan esiintymistä Suomen rannikolla rajoittaa suolaisuus, ja laji puuttuu Merenkurkun pohjoispuolelta sekä itäiseltä Suomenlahdelta (Kotilainen ym. 2018b). Muutokset koviin pohjien pohjaeläimissä heijastavat perusolosuhteiden, kuten suolaisuuden ja lämpötilan, vaihtelua sekä muun muassa pohjien liettymistä, joka estää simpukoiden kiinnittymisen kalliopohjille (Rantajärvi ym. 2020). Koviin pohjien eläimet, varsinkin



sinisimpukat, ovat tärkeää ravintoa monille kaloille (Lappalainen ym. 2004; Borg ym. 2014) ja ovat myös monien merilintujen, kuten haahkan, pääasiallinen ravinnonlähde (Öst ja Kilpi 1997).

### Luontokato aineistossa

Kovien pohjien pohjaeläimiä käsitteleviä luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi niukasti, vain 10 kappaletta. Kaikki aineistot olivat uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen osuus tässä eliöryhmässä oli korkea, 91 prosenttia. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliöyhteisön rakenne- ja Eliömäärä -kategorioista, joista viimeisimmässä runsaslukuisimmin ja molemmissa kategorioissa hyvin yleisesti (90–100 prosenttia). Kovien pohjien pohjaeläinaineistot oli useimmiten liitetty Infralitoraalin biogeeniset elinympäristöt -luontotyyppiin, jossa luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys oli korkea (90 prosenttia), kuten myös yksittäin esiintyneessä infralitoraalin sekasedimentteihin liitetyssä aineistossa (1/1). Merialueittain kovien pohjien pohjaeläinaineistot sijoittuivat yksinomaan Suomenlahdelle, jossa luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli suuri (91 prosenttia). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli suppea, ja eri ilmenemismuotoja esiintyi vain kolme kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation yksilömäärän (60 prosenttia) sekä biomassan väheneminen (30 prosenttia), ja yksittäisenä esiintyi muutos eliöyhteisön rakenteessa.

### Kirjallisuuskatsaus

Valtaosa löydetyistä epifaunaa koskevista luontokadon aineistoista käsitteli sinisimpukan (*Mytilus trossulus/ Mytilus edulis*) populaatiomuutoksia. Kolmella Suomenlahden ulkosaariston tutkimuspaikalla Porvoosta Hankoniemelle seurattiin sinisimpukoiden yksilötiheyttä ja biomassaa kymmenen vuoden ajan, ja havaittiin vähenemistä niin nuorissa vastailmaantuneissa simpukoissa (rekryytit) kuin aikuisissa simpukoissa (Westerbom ym. 2019). Rekryyttien määrien laskua vuoden 1998 huippuarvoista aikasarjan loppuun (v. 2005) seurasi vuotta myöhemmin aikuispopulaation pieneneminen kahdella itäisimmällä tutkimuspaikalla ja vuodesta 2001 myös läntisimmällä alueella. Sinisimpukoiden runsauden vaihtelua selitettiin muun muassa veden suolaisuuden, lämpötilan, ja talviolosuhteiden muutoksilla. Levinneisyytensä rajoilla elävän sinisimpukan runsauden vaihtelut muodostuvat usein paikallisten avainympäristömuuttujien määrittämien epäsäännöllisten otollisten olosuhteiden mahdollistamista hyvistä lisääntymisvuosista ja vastaavasti epäsuotuisten olosuhteiden negatiivisista vaikutuksista, joiden ilmastonmuutokseen liitetystä yleistymisestä on jo viitteitä (Westerbom ym. 2019). Suomenlahden lisäksi myös Saaristomereltä on yksi sinisimpukoita koskeva luontokadon todiste. Kuristenlahdella, Airistolla sinisimpukka (*Mytilus edulis*) oli hallitseva laji 1960-luvun alussa, mutta vuonna 2005 lajia ei enää alueella havaittu (Holmström ym. 2007). Tämä paikallinen katoaminen on liitetty yleisen rehevöitymiskehityksen lisäksi, kalankasvatuksen ja satamatoiminnan paikallisiin vaikutuksiin. Sinisimpukoiden lisäksi on raportoitu kovien pohjien pohjaeläinyhteisössä muutoksia vieraslajin vaikutuksesta. Suomenlahdella, Helsingin rannikkoalueella, havaittiin vuosina 2003–2008 uusi katkalaji, *Gammarus tigrinus*, joka oli monin paikoin runsaslukuinen ja usealla paikalla hallitseva katkalaji kotoperäisten lajien kustannuksella (Packalén ym. 2008). Ihmisavusteisen saapumisensa jälkeen laji on hyötynyt rannikkovesien rehevöityneistä olosuhteista.

### Muut arvioinnit ja raportit

Rannikkovesien kovien pohjien pohjaeläinyhteisöä koskevaa kansallista seurantaa ei Suomessa ole. Itämeren avainlajina ja kovien pohjien eläinyhteisön keskeisenä osana sinisimpukan populaatioita, niiden peittävyyttä, optimisyvyttä, tiheyttä ja kokojakaumaa seurataan kuitenkin Perämerta lukuun ottamatta kaikilla merialueilla vuodesta 2014 lähtien osana merenhoidon seurantaohjelmaa (Rantajärvi ym. 2020). Lisäksi kovien pohjien eläimistöä seurataan osaltaan merenhoidon vieraslajiseurannan puitteissa (Rantajärvi ym. 2020). Kovien pohjien selkärangattomat eläimet sisältyvät myös Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin (Hyvärinen ym. 2019).

Merenhoidon viimeisimmässä julkaistussa tila-arvioinnissa vuosilta 2011–2016 sinisimpukoita koskevaa toiminnallista indikaattoria ei ollut vielä käytössä, mutta olemassa olevaa tietoa huomioitiin kokonaisarviossa. Sinisimpukan 1980–90-luvuilla meriveden suolaisuuden pienenemisen takia tapahtuneen laajan romahduksen jälkeen lisääntyneiden suolavesipulssien seurauksena sinisimpukkapopulaatiot ovat monin paikoin elpyneet ja runsastuneet (Korpinen ym. 2018). Kuitenkin verrattuna vielä vanhempiin tutkimustietoihin, sinisimpukan levinneisyys Suomen merialueella on kokonaisuudessaan kaventunut, ja sinisimpukoita ja niiden muodostamia kovien pohjien eliöyhteisöjä uhkaavat ilmastonmuutoksen suolaisuuteen ja lämpötiloihin vaikuttavien



muutosten lisäksi myös paikalliset paineet, kuten ruoppauksista ja jokivalumasta peräisin oleva lisääntynyt laskeutuvan kiintoaineksen määrä vedessä (Korpinen ym. 2018). Käynnissä olevassa merenhoidon kolmannen kauden seurantaohjelmassa on myös mainittu rakkohaurun eläinyhteisön lajikoostumusta käsittelevän seurannan ja indikaattorin kehittäminen (Rantajarvi ym. 2020), mutta viimeisimmässä tila-arviossa tämä ei ollut vielä käytössä (Korpinen ym. 2018).

Viimeisimmässä Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa Itämeren kovien pohjien eläimistöä arvioitiin noin 40 äyriäisiin, nilviäisiin, ja muihin selkärangattomiin kuuluvaa lajia (Hyvärinen ym. 2019). Arvioituista lajeista oli yleisesti riittävästi tietoa. Eliöryhmän lajeista yhtään lajia ei arvioitu uhanalaiseksi ja vain kaksi yksi laji, ruskomerietana (*Alderia modesta*), silmälläpidettäväksi (Hyvärinen ym. 2019). HELCOMin Itämeren tilan arvioinnissa ei ole kovien pohjien pohjaeläimiä koskevia indikaattoreita, mutta HELCOMin Itämeren lajien uhanalaisuusarvioinnissa niitä on käsitelty (HELCOM 2013a). HELCOMin punaisella listalla olevista Suomessa esiintyvistä lajeista on vaarantuneeksi luokiteltu pikkusydänsimpukka (*Parvicardium hauniense*), joka kuitenkin Suomen alueella on arvioitu elinvoimaiseksi (HELCOM 2013a; Hyvärinen ym. 2019).

### Tietolaatikko 8. Kovien pohjien pohjaeläimet

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **yleistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: **Suomenlahti**
  - luontotyyppit: infralitoraalin **biogeeniset ympäristöt** ja sekasedimentit\*
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation yksilömäärän ja biomassan väheneminen
- Tärkeimmät paineet: ympäristöolosuhteiden vaihtelut
- Muut arvioinnit: merenhoito, lajien uhanalaisuusarviointi, (HELCOM)

Tietoa kovien pohjien pohjaeläimiä koskevasta luontokadosta on suhteellisen niukasti matalilta rannikkoalueilta. Luontokatoa ilmeni yli 90 prosentissa kovien pohjien pohjaeläinaineistoista. Tietoa on Saaristomereltä\* ja Suomenlahdelta ja eniten sekä yleisimmin luontokatoa havaittiin Suomenlahden merialueelta. Valtaosa kovien pohjien pohjaeläinten luontokadosta koskee eliömäärää. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on suppeaa, ja luontokatoa ilmenee yleisimmin populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta avainympäristömuuttujien (mm. suolaisuus ja lämpötila) määrittämistä epäsuotuisista olosuhteista, joiden ilmastonmuutokseen liitetystä yleistymisestä on viitteitä. Lisäksi vakiintuvat vieraslajit voivat aiheuttaa muutoksia kovien pohjien pohjaeläinyhteisöissä. Kovien pohjien pohjaeläinlajit ovat yleisesti hyvin tunnettuja Suomessa, mutta tietopuutteita on ajallisten muutosten suhteen Suomenlahtea lukuun ottamatta kaikilla merialueilla. Vakavia tietopuutteita on myös ekologisten toimintojen ja lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista; molemmat ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden osia. Kovien pohjien pohjaeläinten seurantoja voisi yleisesti edistää ja laajentaa, ja tärkeän avainlajin, sinisimpukan, mutta myös muun kovien pohjien eläimistön luontokadon arviointia kehittää.

\* vain yksi aineisto



### 3.5.6 Pehmeiden pohjien pohjaeläimet

Pehmeiden pohjien pohjaeläimet koostuvat erilaisista selkärangattomista eläimistä, kuten simpukoista, kotiloista, moni- ja harvasukasmadoista, äyriäisistä, ja hyönteistoukista. Pohjaeläimiä esiintyy kaikilla Suomen merialueilla ja lajimäärä on suurin Suomenlahdella, jossa eliöstössä on merellisten lajien lisäksi runsaasti makeanveden lajeja (HELCOM 2020a). Pohjaeläimet ovat tärkeitä ravintoa monille rannikon kalalajeille, minkä lisäksi terve pohjaeläinyhteisö ylläpitää muun muassa ravinteiden ja hiilen kiertoon liittyviä ekologisia toimintoja (Tomczak ym. 2009; Snelgrove ym. 2014). Muutokset pohjaeläinyhteisössä heijastavat rannikon pohjanläheisen veden laatua, pohjan häiriöitä ja muuta kuormitusta, ja voivat ennakoida muutoksia niitä hyödyntävissä ravintoketjun ylempien tason kuluttajissa sekä tärkeissä ekosysteemitoinnissa (Rantajarvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa

Pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi kohtalaisen paljon, 74 kappaletta, joista 59 prosenttia uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys pehmeiden pohjien pohjaeläimissä oli 60 prosenttia, eli kokonaisyteisyyttä hieman korkeampi mutta eliöryhmien keskiarvoa matalampi. Luontokadon todisteita löytyi neljästä luonnon monimuotoisuuden kategoriasta (Eliömäärä, Taksonin esiintyvyys, Eliöyhteisön rakenne ja Ekologiset toiminnot), joista yleisimmin (76 prosenttia) Eliöyhteisön rakenne -kategoriasta. Määriteltävissä olevista luontotyypeistä pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevat luontokatoaineistot liittyivät infralitoraalin hiekkaja mutapohjiin, joista mutapohjat olivat ymmärrettävästi pohjaeläimiä koskevissa aineistoissa selkeästi vallitsevana. Luontokadon todisteita sisältävien aineistojen suhteellinen osuus oli suurin (79 prosenttia) infralitoraalin hiekkapohjilla. Pehmeiden pohjien eläimiä koskevia luontokadon aineistoja oli Merenkurkkua ja Perämeren lukuun ottamatta kaikilta merialueilta, ja suhteellisesti yleisimmin (73 prosenttia) Suomenlahdelta. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli kohtalaista, ja eri ilmenemismuotoja esiintyi 14 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin paikallinen katoaminen (32 prosenttia), populaation yksilömäärän väheneminen (15 prosenttia) ja muutos eliöyhteisön rakenteessa (12 prosenttia).

#### Kirjallisuuskatsaus

Läntisellä Suomenlahdella, Tvärminnessä Hankoniemellä, on tutkittu ja seurattu pehmeiden pohjien pohjaeläimiä jo lähes sata vuotta sitten (Seegerstråle 1933). Tutkimuksessa, joka vertaili matalan ja suojaan Krogarviken-lahden historiallisia pohjaeläinaineistoja vuodelta 1928 uudempiin vuoden 2000 tuloksiin, osoitettiin selkeä (> 90 prosenttia) väheneminen kokonaisyksilömäärissä (Laine ym. 2003). Aikaisempi liejukatkan (*Corophium volutator*), liejusimpukan sekä surviaissääksitoukkien (*Chironomus* sp.) luonnehtima yhteisö oli muuttunut ajan saatossa liejusimpukan ja rannikollemme saapuneen vieraslajin Amerikansukasmadon (*Marenzelleria viridis*) hallitsemaksi yhteisöksi (Laine ym. 2003). Lajirunsaus pieneni yli ajan neljästoista lajista kahdeksaan lajiin, ja jopa 11 lajia, mukaan lukien kaikki äyriäislajit, olivat kadonneet, ja vuonna 1928 esiintyneistä lajeista löydettiin vuonna 2000 enää vain kolme lajia (Laine ym. 2003). Alun perin runsaslukuiset harvasukasmadot (Oligochaeta) sekä liejusimpukka vähenivät merkittävästi vertailuvuosien välillä, ja kokonaan olivat kadonneet muun muassa vesisiira (*Asellus aquaticus*), kilkki (*Saduria entomon*) ja limamatolaji (*Prostoma obscurum*; Laine ym. 2003). Toisessa meriajakasniittyihin keskittyvässä tutkimuksessa läntiseltä Suomenlahdelta havaittiin 1960- ja 1970-lukujen vaihteesta vuoteen 1993 selkeitä muutoksia pohjaeläinten yhteisörakenteessa, muun muassa heikkenemistä Shannon-Wiener monimuotoisuusindeksissä ja Pielou tasaisuusindeksissä, lajimäärän vähenemistä neljällä lajilla, sekä muutoksia monisukasmatojen vallitsevuussuhteissa (Boström ym. 2002). Vuoteen 1993 mennessä monisukasmatojen lajistossa vallitsi suistosukasmato (*Manayunkia aestuarina*) sekä vieraslajina uutena tullut amerikansukasmato samaan aikaan kun muun muassa merisukasjalkainen (*Nereis diversicolor*), hiekkaputkimato (*Pygospio elegans*), ja liejukatka olivat vähentyneet (Boström ym. 2002).

Saaristomerellä on raportoitu pohjaeläinyhteisön muutoksista muun muassa suhteessa kalankasvatuksen vaikutuksiin. Saaristomeren, Kaukolanlahdella havaittiin vuosien 1982–1998 välillä lajimäärän väheneminen, kokonaisyksilömäärän ja kokonaisbiomassa pienenemistä, muun muassa sukkulakotiloiden (*Hydrobia* sp.), liejusimpukan ja merisukasjalkaisen väheneminen sekä muun muassa okamakaramadon (*Halicyrtus spinulosus*) ja valkokatkan (*Monoporeia affinis*) paikallinen katoaminen (Kraufvelin ym. 2001). Kun orgaanisen





kuormituksen määrä vähentyi 1990-luvun alusta lähtien, pohjaeliöstössä ei näkynyt vastaavaa palautumista (Kraufvelin ym. 2001). Toisessa Saaristomereltä löytyneestä aineistosta pohjaeläinyhteisön kokonaislajimäärä pieni, kokonaisbiomassa romahti (> 90 prosenttia), liejusimpukan biomassasta väheni, amerikansukasmato ilmaantui ja runsastui, ja muun muassa hoikkasarvikotilo (*Bithynia tentaculata*) sekä hietasimpukka (*Mya arenaria*) katosivat kokonaan 1960-luvun alusta vuoteen 2005 (Holmström ym. 2007). Aikaisemmassa tutkimuksessa Saaristomeren Houtskarista osoitettiin myös lajimäärän ja kokonaisrunsauden väheneminen 1980-luvulla (Bonsdorff ym. 1997b).

Laajassa Ahvenanmaan saariston pehmeiden pohjien pohjaeläimistön tutkimuksessa<sup>24</sup> osoitettiin selkeitä muutoksia pohjaeliöstön rakenteessa ja eliömäärissä (aiemmin muun muassa Perus and Bonsdorff 2004 ja myöhemmin Weigel ym. 2015). Rehevöitymisen aikaansaama pohjaeläinyhteisön tuottavuuden huippu saavutettiin 1980-luvun lopussa, mikä näkyi muun muassa korkeimpina kokonaisrunsauden ja biomassan arvoina. Tämän jälkeen pohjaeliöstössä nähtiin taantumista niin lajirikkaudessa kuin kokonaisuudessa sekä muutoksia lajien välisissä runsaussuhteissa, mutta eri tavoin eri saaristovyöhykkeillä. Sisäsaariston alueilta oli lajistosta vuosina 1973 ja 2013 välillä kokonaan kadonnut viisi lajia, muun muassa idänsydänsimpukka (*Cerastoderma glaucum*), liejukatka sekä kilkki (*Saduria entomon*; Weigel ym. 2015). Lisäksi sisäsaaristossa surviaissäskitoukkien osuus kokonaisuudesta oli ensin kasvanut noin 40 prosentista yli 60 prosenttiin ja taas laskenut alle 50 prosenttiin vuodesta 1973 vuoteen 1989 ja edelleen vuoteen 2000 mennessä, kun taas liejusimpukan osuus oli vastaavasti pienentynyt 14 prosentista, 12 prosenttiin ja edelleen alle 7 prosenttiin (Perus and Bonsdorff 2004). Välisaaristossa surviaissäskitoukkien osuus oli ensin pysynyt vakaana (33–35 prosenttia) ja sitten vuoteen 2000 mennessä laskenut 25 prosenttiin, liejusimpukan osuus oli saman tapaisesti ensiksi pysynyt vakaana (32–33 prosenttia) ja vuoteen 2000 mennessä laskenut 19 prosenttiin, kun taas valkokatkan ja harvasukasmatojen osuudet olivat laskeneet 16 ja 13 prosentista alle 5 prosenttiin jo vuosien 1973 ja 1989 välillä. Ulkosaaristossa liejusimpukan osuus oli tasaisesti kasvanut 36 prosentista 47 prosenttiin ja edelleen 63 prosenttiin tehden siitä selvästi dominoivan lajin uloimmalla saaristovyöhykkeellä, kun taas valkokatkan osuus oli ensin hieman noussut 23 prosentista 33 prosenttiin ja sitten taas selkeästi laskenut 13 prosenttiin vuoteen 2000 mennessä (Perus and Bonsdorff 2004). Vieraslaji amerikansukasmato, joka levisi nopeasti koko alueelle 1990-luvulla, oli vuoteen 2000 mennessä yleisesti vakiinnuttanut paikkansa pohjaeläinyhteisössä ja oli välisaaristossa toiseksi hallitsevin laji (24 prosenttia; Perus and Bonsdorff 2004). Summattuna, pohjaeläinyhteisöt olivat rehevöitymiskehityksen myötä muuttuneet niin, että yleisesti rehevöitymistä hyvin sietävät lajit kuten surviaissäskentoukat sisä- ja välisaaristossa ja liejusimpukka väli-ulkosaaristossa olivat menestyneet, valkokatkan esiintyminen oli siirtynyt ulkosaaristoon, ja amerikansukasmato oli vakiintunut merkittäväksi lajiksi kaikilla alueilla.

Ahvenanmaan merialueella on tutkittu myös kalankasvatuksesta peräisin oleva orgaanisen aineksen ja paikallisen rehevöitymisen aiheuttamia muutoksia pohjaeläinyhteisössä vuosina 1981–2001 (Villnäs ym. 2011). Kalankasvatustoiminnan aloittamisen jälkeen kasvattamoiden läheisyydessä havaittiin yleisesti muuttuneita ja huonokuntoisia pohjaeläinyhteisöjä, ja ajoittain jopa täysin kuolleita pohjia. Kotilojen (*Hydrobia* ja *Potamopyrgus*), harvasukasmatojen, ja surviaissäskitoukkien runsaudet kasvoivat yleisesti ja liejusimpukka säilytti hallitsevan roolinsa yhteisössä, samalla kun pohjaeläinyhteisön kokonaisbiomassa väheni ja valkokatka katosi käytännössä kokonaan (Villnäs ym. 2011). Kalankasvatuksen lopettamisen jälkeen havaittiin osittainen toipuminen lajistossa, mutta runsaus- ja biomassalukemat olivat edelleen pienentyneet ja eliöyhteisön rakenteelliset muutokset säilyivät (Villnäs ym. 2011).

Selkämeren alueelta löytyi pohjaeläinaineistoja selvästi niukemmin. Yhdessä tutkimuksessa tarkasteltiin pohjaeläimistön muutoksia Uudenkaupungin ja Rauman edustalla 1960-/1970-luvuilta 1990-luvulle. Uudenkaupungin alueella valkokatka oli useilla asemilla hallitseva laji, kunnes heikentynyt vedenlaatu, muun muassa vähentynyt happipitoisuus, lannoitetehtaan ravinne päästöjen aiheuttaman rehevöitymisen seurauksena, aiheutti vakavia muutoksia pohjaeläinten yhteisörakenteissa, mukaan lukien valkokatkan

<sup>24</sup> Ahvenanmaan pohjaeläintutkimukset katsoivat suuren määrän näytteenottoaikoja (esimerkiksi Perus ja Bonsdorff 2004: 57 näytteenottoaikoja) suojaisilla lahtialueilla kaikilla saaristovyöhykkeillä. Näytteenottosyvyydet katsoivat aivan matalia alueita, mutta myös syvempiä, ja keskisyvyydet vaihtelivat 7,5 metristä 14,5 metriin saaristovyöhykkeiden välillä. Näytteenottoaikoja kohtaisia tuloksia ei ollut mahdollista eritellä, ja vaikka kaikki paikat eivät olleet aivan tämän raportin litoraalisen syvysmääritelmän (< 10 m) puitteissa, päätettiin ne kuitenkin enemmän sisällyttää ja esittää tulokset aineiston yleisen niukkuuden ja ilmenemismuotojen esille tuomisen merkittävyyden takia.





määrien romahduksen ja paikallisen katoamisen monilla näyteasemilla (Mattila 1993). Rauman edustalla lajikoostumus muuttui ja lajimäärä väheni merkittävästi 1970-luvun alusta 1980-luvulle, jonka jälkeen pohjaeläimistössä oli havaittavissa joitain elpymisen merkkejä (Mattila 1993).

Suurin osa raportoiduista pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevan luontokadon todisteista kaikilla merialueilla oli liitetty rehevöitymiseen (Mattila 1993; Bonsdorff ym. 1997b; Laine ym. 2000; Kraufvelin ym. 2001; Boström ym. 2002; Perus and Bonsdorff 2004; Holmström ym. 2007; Villnäs ym. 2011; Weigel ym. 2015), mutta myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia on nostettu esille (Weigel ym. 2015). Lisäksi rannanläheisten ruoppausten aiheuttama paikallinen merenpohjan häiriö ja muutos voi myös olla merkittäviä pohjaeläimistön muutosten aiheuttaja (Virtanen ym. 2023).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Rannikkovesien pehmeiden pohjien pohjaeläimiä seurataan Suomessa osana meren- ja vesienhoitoa niihin liittyvien seurantaohjelmien mukaisesti (Rantajarvi ym. 2020; ÅLR 2021b; ELY-keskukset 2022). Selkärangattomat pohjaeläimet sisältyvät myös Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin (Hyvärinen ym. 2019).

Rannikkovesien vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pohjaeläinkuvaaja, jonka tilaa arvioitiin BBI-indeksin (eng. Brackish water Benthic Index) avulla, oli hyvää tilaa huonommassa tilassa vajaan 50 prosentissa kaikista arvioituista (225 kappaletta) vesimuodostumista (ÅLR 2019a; HERTTA 2023). Mannerrannikon pehmeiden pohjien noin 300 pohjaeläinseurantapaikasta kuitenkin alle puolessa on vedensyvyys tämän raportin litoraalmääritelmän mukaisesti < 10 metriä (HERTTA 2023). Vesienhoidon tila-arvioinnissa käytettävä lajien herkkyyksiin perustuva BBI-Indeksi on kehitetty rannikon olosuhteisiin ja se ottaa huomioon luonnollisesti alhaisen monimuotoisuuden samoin kuin syvyyden vaikutuksen lajikoostumukseen, ja laskennassa hyödynnetään lajimääriä sekä lajien yksilömääriä. Luokittelukriteerien mukaan veden tila on sitä huonompi mitä pienempi BBI-indeksiluku on (Aroviita ym. 2019).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) rannikkovesien pohjaeläinten tilaa arvioitiin synkronoidusti vesienhoidon pohjaeläinkuvaajan tila-arvioinnin kanssa BBI-indeksin avulla (SYKE 2018b). Rannikkovesien pinta-alasta arvioitiin yhteensä 88 prosenttia, josta 63 prosenttia oli pohjaeläimistön suhteen hyvässä tilassa (Korpinen ym. 2018). Pohjaeläinyhteisöt olivat pääosin hyvässä tilassa Ahvenanmaan merialueella, Merenkurkun ja Selkämeren ulkosaaristossa, sekä Saaristomeren ja läntisimmän Suomenlahden väli- ja ulkosaaristossa (Korpinen ym. 2018; SYKE 2018b). Lähes kaikki sisemmät rannikkovesialueet kuten myös kokonaisuudessaan Perämeren ja Suomenlahden rannikko arvioitiin tilaltaan heikoksi (Korpinen ym. 2018; SYKE 2018b). Edellisiin tila-arviointeihin verrattuna pohjaeläinyhteisöjen tila rannikkovesialueilla oli yleisesti parantunut, mutta Perämeren ja Selkämeren sisemmillä alueilla sekä lounaisessa välisaaristossa heikossa tilassa olevien alueiden laajuus oli noussut (Korpinen ym. 2018). Käynnissä olevan merenhoito kolmannen kauden seurantaohjelmassa on rannikon pohjaeläinten osalta listattu BBI-indeksin lisäksi myös liejusimpukan kokojakaumaan sekä pohjaeläinyhteisön biomassaan perustuvat indikaattorit (Rantajarvi ym. 2020), mutta nämä eivät vielä olleet toiminnallisia edellisessä tila-arviossa (Korpinen ym. 2018).

Viimeisimmässä Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa Itämeren pehmeiden pohjien eläimistöstä arvioitiin noin 35 äyriäisiin, nilviäisiin, nivelmatoihin, ja muihin selkärangattomiin kuuluvaa lajia (Hyvärinen ym. 2019). Arvioituista lajeista oli yleisesti riittävästi tietoa, eikä yhtään lajia arvioitu uhanalaiseksi (Hyvärinen ym. 2019). HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarvioinnissa käsitellään Itämeren pehmeiden pohjien pohjaeläimistöä, mutta vain avomerialueiden osalta, eikä rannikkoalueiden tilaa ole siten pohjaeläimistön perusteella arvioitu (HELCOM 2023a).



### Tietolaatikko 9. Pehmeiden pohjien pohjaeläimet

- Aineistomäärä: **kohtalainen**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **kohtalaista**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Selkämeri, Ahvenanmaan merialue, Saaristomeri, **Suomenlahti**
  - luontotyypit: **infralitoraalin muta-** ja hiekkapohjat, useat ympäristöt\*
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, merenpohjan fyysinen häiriö
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, lajien uhanalaisuusarviointi, (HELCOM)

Tietoa pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevasta luontokadosta on suhteellisen niukasti matalilta rannikkoalueilta. Luontokatoa ilmeni lähes 60 prosentissa aineistoista. Tietoa on kahta pohjoisinta merialuetta lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten ja yleisimmin Suomenlahden merialueelta. Valtaosa pehmeiden pohjien pohjaeläinten luontokadosta koskee eliömäärää. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on suppeaa, ja luontokatoa ilmenee yleisimmin lajin paikallisena katoamisena ja populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymisestä, joka heikentää pohjien happiolosuhteita, lisää pohjaeläinten ravinnon määrää, ja aiheuttaa rehevöitymistä suosivien lajien runsastumisesta vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella. Lisäksi vakiintuvat vieraslajit aiheuttavat muutoksia pehmeiden pohjien pohjaeläinyhteisöissä. Ruoppausten aiheuttama merenpohjan häiriö voi olla paikallisesti merkittävä tekijä. Pehmeiden pohjien pohjaeläinlajit ovat yleisesti hyvin tunnettuja Suomessa, mutta tietopuutteita on ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämeren, Merenkurkun, ja Selkämeren matalilla rannikkoalueilla. Vakavia tietopuutteita on myös lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista. Pehmeiden pohjien pohjaeläinten seurantoja voisi edistää ja laajentaa erityisesti matalilla (< 10 m) rannikkoalueilla (mm. sisälahdet ja rannikon laguunit). Perämeren ja Merenkurkun pohjaeläinarviointia tulisi kehittää alueiden lajiston ominaispiirteitä paremmin huomioivaksi.

\* vain yksi aineisto

### 3.5.7 Kalat

Suomen rannikon kaloihin kuuluu merilajeja, makean veden lajeja ja vaelluskaloja (Lehtonen ym. 2021). Kaloilla on merkittävä rooli rannikon ekosysteemissä, ja kuluttajina ne vaikuttavat ravintoketjun monella eri tasolla. Usein laajastikin liikkuvina eläiminä kalat myös yhdistävät eri elinympäristöjä vaikuttamalla orgaanisen aineen ja ravinteiden siirtymiseen ravintoverkkojen välillä (Polis ym. 1997). Tehokkaina kuluttajina ja saalistajina kalat saattavat myös kyetä kontrolloimaan ravintoverkossa niiden alapuolella olevien eliöryhmien runsautta (Frank ym. 2007). Kaloihin ja kalakantoihin vaikuttaa voimakkaasti ihmisen toiminta, kuten kalastus ja rehevöityminen, ja erilaisten paineiden takia heikentyneet elinympäristöt. Kalaston ja kalakantojen tila heijastelee siten koko rannikon ja laajemminkin Itämeren tilaa (Rantajarvi ym. 2020).

#### Luontokato aineistossa

Kaloja koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi runsaasti ja kaikista eliöryhmistä eniten, kaikkiaan 140 kappaletta. Näistä 73 prosenttia olivat uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon



suhteellinen yleisyys Kalat-ryhmässä oli 47 prosenttia, eli kokonaiskeskiarvoa matalampi. Luontokadon todisteita löytyi kaikista luonnon monimuotoisuuden kategorioista lukuun ottamatta Ekologiset toiminnot- ja Ekosysteemimuutos-kategorioita. Suhteellisesti yleisimmin (91 prosenttia) luontokatoa esiintyi Muut-kategoriassa, joka käsitti aineistossa suhteellisen harvinaisia luonnon monimuotoisuuden elementtejä, kuten geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila ja lajin/populaation fenologia. Luontotyypeittäin tarkasteltuna kala-aineistot liittyivät suhteellisen harvoin yksittäin määriteltäviin luontotyyppeihin, mutta käsittivät kuitenkin infralitoraalin hiekka- ja mutapohjat, sekasedimentit sekä kallio-/kivipohjat. Ylivoimaisesti vallitsevin luontotyyppiryhmä oli Useat ympäristöt -ryhmä, mikä oli ymmärrettävää kalojen muita eliöitä suuremman liikkuvuuden ja sitä kautta aineistojen luonteen rajoittaman tarkemman luontotyyppimääriteltävyyden takia. Infralitoraalin kallio-/kivipohja -luontotyypin kahdesta aineistosta molemmat sisälsivät luontokadon todisteita, ja myös Infralitoraalin sekasedimentit -luontotyypissä luontokatotodisteiden suhteellinen yleisyys oli melko korkea (61 prosenttia). Kala-aiheisia luontokadon aineistoja löytyi kaikilta merialueilta, ja suhteellisesti yleisimmin (55 prosenttia) Saaristomereltä. Luontokadon ilmenemismuodot olivat hyvin moninaisia, ja eri ilmenemismuotoja löytyi 27 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation biomassan ja yksilömäärän väheneminen (35 prosenttia ja 13 prosenttia) sekä pienemmillä osuuksilla (5–6 prosenttia) lajin esiintyvyyden pieneneminen, muutos populaation keski-ässä/ikäjakaumassa, ja muutokset useissa lajiominaisuuksissa, muun muassa kasvuvauhdissa (6 prosenttia) ja sukukypsyydessä (5 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Suomen rannikon kalakantoja<sup>25</sup> on usein tutkittu ammattikalastuksen saalistietoihin perustuen. Yleisesti Suomen rannikon kalastuksessa yleisimpien kalalajien tilaa ja kantojen kokoa vuosina 1984–2018 tarkasteltiin mallinnustyökalujen avulla. Tulokset osoittivat, että etenkin lämpimämpään veteen sopeutuneet makeanveden lajit ovat hyötynet jatkuvista ympäristömuutoksista, kun taas useimpien kylmään veteen sopeutuneiden meri- tai vaelluskalalajit ovat vähentyneet (Peltonen ja Weigel 2022). Selkeästi rannikkolajeihin kuuluvista lajeista erityisesti särjen, lahnan, säynävän, ahvenen, kuhan saaliit ovat yleisesti kasvaneet ajan myötä, kun taas kampelan, meritaimenen, silakan, siian ja mateen (*Lota lota*) saaliit ovat monin paikoin vähentyneet (Peltonen ja Weigel 2022). Suomenlahdella, Saaristomerellä ja Ahvenanmaan merialueella kaupallisen kalastuksen saaliin perusteella 10-vuotiskausittain tarkasteltuna havaittiin petokalojen runsausindikaattorissa jatkuva laskusuuntaus kausien 1994–2003 ja 2002–2011 välillä (Bergström ym. 2016). Lisäksi samoilla Suomen eteläisillä merialueilla on havaittu kaupallisen kalastuksen vuotuisten haukisaaliiden selkeää vähentymistä (40–60 prosenttia) vuosina 2005–2019, mikä viittaa mahdollisiin muutoksiin eteläisen rannikon haukikannan tilassa (Olsson ym. 2023). Lisäksi kautta Suomen rannikon on osoitettu silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumista 1970-luvulta 1990-luvulle, lähes kahdeksalla päivällä vuosikymmentä kohden (Weigel ym. 2021). Kehittymisen aikaistumisella voi olla kriittinen merkitys selviytymisen kannalta, jos ravinnon tarve ja saatavuus eivät enää ajallisesti kohtaa (Edwards ja Richardson 2004). Rannikon vaelluskaloista meritaimenkantojen yleisen tilan heikkenemisestä kalastuksen ja virtavesien heikkojen lisääntymis- ja kasvuolosuhteiden seurauksena on myös raportoitu. Suuri osa historiallisista Pohjanlahden luonnontaimenpopulaatioista on kuollut sukupuuttoon, ja jäljellä olevat ovat haavoittuvaisia kantojen pienen koon takia (Jutila ym. 2007).

Suomenlahdella, Helsingin Vanhankaupunginlahdella, kalakantojen muutoksia on tutkittu 1980-/90-luvuilla. Aiemmin merkittävästi rehevöityneen lahden ravinnekuormituksen pienentyessä 80-luvun loppu- ja 90-luvun alkuvuosien aikana havaittiin 80-luvun alkuvuosiin verrattuna särjen ja kiiskan poikasmäärissä selkeää vähenemistä, kun taas silakan, norssin, ahvenen ja kuhan poikasmäärät samaan aikaan kasvoivat (Lehtonen ym. 1998). Toisessa pääkaupunkiseudun sisälähdessä toinen rehevöitymistä suosiva laji, pasuri (*Blicca bjoerkna*), väheni samaisesta syytä vuosien 1969 ja 1998 välillä (Lappalainen ja Pesonen 2000). Ulompana Helsingin edustalla merellisistä kaloista kampela väheni vuosina 1998–2013 sekä yksilömäärissä (74 prosenttia) että biomassana mitattuna (78 prosenttia; Jokinen ym. 2015). Yhtenä harvoista kalakannoista kampelakannan muutoksia on tarkasteltu hyvin perusteellisesti ja tutkittu myös muun muassa kannan geneettistä

<sup>25</sup> Tähän raporttiin on sisällytetty laajasti rannikon kalalajeja ja kalakantoja käsitteleviä aineistoja, myös sellaisia, jotka eivät suoranaisesti rajoitu litoraali-alueille, mutta jotka koskevat siellä ainakin ajoittain esiintyviä lajeja. Näin on tehty koska eliöryhmänä kalat ovat monesti varsin liikkuvia ja voivat hyödyntää laajasti erilaisia ympäristöjä (katso luku 2.1.3).



koostumusta. On osoitettu, että Suomen rannikon, ja varsinkin Suomenlahden, kampelakanta kostuu kahdesta saman näköisestä mutta lisääntymisen suhteen erilaisesta kampelalajista, (Euroopan-) kampelasta (*P. flesus*) ja vastikään kuvatusta rannikon vähäsuolaisempiin vesiin sopeutuneesta Itämerenkampelasta (*P. solemdali*; Momigliano ym. 2018). Näiden kampelalajien sekakannan suhteellisten osuuksien muutokset liittyivät monisyisiin ekologisiin prosesseihin ja paikallisiin sekä laajempiin ympäristöolosuhteiden muutoksiin, ja voivat selittää Suomenlahden kampelakannassa havaittua taantumista 1980-luvulta lähtien (Momigliano ym. 2019). Nämä kampelatutkimukset korostavat vaikeasti havaittavan geneettisen monimuotoisuuden paljastamisen ja aiemmin tuntemattomien sekakantojen koostumuksen muutosten tutkimisen merkitystä, myös luontokadon ymmärtämisen ja pysäyttämisen kannalta (Momigliano ym. 2019).

Myös läntisellä Suomenlahdella on tutkittu kampelakannan muutoksia. Kaupallisesta kalastuksesta riippumatonta aineistoa hyödyntäen on osoitettu kampelakannan taantumista 1970-/80-luvuilta lähtien. Hankoniemellä tehtyjen koekalastusten perusteella aikuisten kampeloiden yksilömäärät (66–97 prosenttia) ja biomassa (75–90 prosenttia) olivat pienentyneet selvästi 2010-luvun alkuun mennessä (Jokinen ym. 2015), ja samalla alueella matalilla hiekkapohjilla kampeloiden poikasmäärät olivat romahtaneet (98 prosenttia) vuosien 1979–1992 tasosta 2012–2014 tasoon (Jokinen ym. 2016). Lisäksi aikuiskalojen keskipituus ja kuntoindeksi olivat laskeneet vuosien 1975 ja 2012 välillä, indikoiden mahdollisesti kalastuspoistuman vaikutuksia sekä heikentynyttä ravinnonsaantia (Jokinen ym. 2015). Läntisen Suomenlahden ulkosaaristossa, vapaa-ajankalastuksen pitkään pyynti- ja aikasarjaan perustuen havaittiin hauen (*Esox lucius*) runsaudessa ajan myötä jatkuva ja hyvin selkeä lasku (97 prosenttia) noin 1940-luvulta 2000-luvulle (Lehtonen ym. 2009). Lisäksi 1970-luvulta kohti vuosituhannen vaihdetta väli- ja ulkosaariston kalayhteisö muuttui särkikalalajien vallitsemaksi yhteisöksi, muun muassa ahvenen ja kampelan kustannuksella (Lappalainen ym. 2001), ahvenen kaupallisen kalastuksen pyyntiponnistuskohtainen saalismäärä väheni vuodesta 2000 vuoteen 2005, ja pysyi sen jälkeen vakaana tai jopa kasvoi hieman vuoteen 2009 asti (Lehikoinen ym. 2011), ja särjillä on osoitettu ajan myötä hitaampaa kasvua 1970-luvulta 2000-luvulle mahdollisesti heikentyneen ravinnon saatavuuden takia (Lappalainen ym. 2001).

Saaristomerellä, Airistolla, Seilin saaren ympäristössä havaittiin rantanuottaustutkimuksessa vuonna 1996 litoraalin kalaston romahtaminen aiemmissä 1970-luvun alussa ja 1980-luvulla tehtyihin tutkimuksiin (Rajasilta ym. 1999). Keskimääräinen lajimäärä oli vähentynyt kuudesta neljään, kuuden lajin esiintyvyys oli pienentynyt, ja kolme lajia oli kokonaan kadonnut. Kalaston kokonaisbiomassa väheni 99 prosenttia. Aiemmin yleisimmän lajin kolmipiikin (*Gasterosteus aculeatus*) runsaus väheni voimakkaasti ja laji oli lähes kadonnut, mikä on yllättävää verrattuna muihin tuloksiin Itämereltä. Esimerkiksi Ruotsista on raportoitu kolmipiikin voimakasta runsastumista (Bergström ym. 2015; Olsson ym. 2019). Seilin litoraalitutkimuksessa myös kymmenpiikki (*Pungitius pungitius*) oli selvästi vähentynyt. Mahdollisina syinä pidettiin rehevöitymisen voimakasta lisääntymistä välisaaristossa yhdessä laivaliikenteen yleistymisen kanssa (Rajasilta ym. 1999). Erilaisilla kalakantojen arviointimenetelmillä tutkittuna Saaristomeren ahvenen poikasmäärissä nähtiin vähenemistä vuosien 1990 ja 2009 välillä ja kutukalakannan koossa havaittiin laskua vuodesta 1993 vuoteen 2009 (Kokkonen ym. 2019). Samalla alueella samoihin aikoihin heikkeni myös kuhan kuntoindeksi ja sukukypsyys saavuttaminen oli aikaistunut, mikä merkitsi, että kuhat saavuttivat sukukypsyysnuoremmalla iällä, pienempikokoisina, ja heikommassa kunnossa kuin aiemmin, jolla taas voi olla vaikutuksia kalojen kasvuun ja tulevaan poikastuotantoon (Kokkonen ym. 2015). Ahvenkannassa havaitut muutokset liittyivät muun muassa veden lämpöön ja kutukannan kokoon, mutta myös kuhan kannan kokoon (Kokkonen ym. 2019), kun taas kuhapopulaatiossa osoitetut muutokset liittyivät voimakkaaseen kalastuspaineeseen (Kokkonen ym. 2015). Saaristomerellä, Airistolla, on myös tärkeitä silakan (*Clupea harengus membras*) lisääntymisalueita rannikon litoraalissa. Alueen kutusilakkaa on tutkittu useiden vuosikymmenten ajan, ja kaloissa on osoitettu muun muassa kasvun heikkenemistä, kehon koostumuksen sekä mätimunien laadun heikkenemistä, ja jälkeläistuoton, eli kutevien naaraiden mätimunien määrän, vähenemistä 1980-luvulta 2010-luvulle (Rajasilta ym. 2019; 2021). Muutokset on liitetty silakan pääosin eläinplanktonista koostuvan ruoan saatavuuden ja laadun heikkenemiseen, sekä veden suolapitoisuuden ja lämpötilan muutoksiin (Rajasilta ym. 2019; 2021). Eteläisellä Saaristomerellä on osoitettu kampelan vähenemistä vuodesta 1996 alkaen aikasarjan loppuun 2010-luvulle saakka (Jokinen ym. 2015).

Ahvenanmaan rannikolla on myös aineistoja, jotka näyttävät taantumista kampelakannassa. Kampelanpoikasten määrät vähenivät lähes 70 prosenttia vuosien 1980–1992 tasosta vuosien 2012–2014



tasoon (Jokinen ym. 2016), ja aikuisten kampeloiden määrät laskivat jyrkästi vuodesta 1994 vuoteen 2002 asti, jonka jälkeen määrät pysyivät tasaisen (Jokinen ym. 2015). Ahvenanmaan pääsaaren selkävesillä, Ivarskärsfjärden:illä ja Lumparn:illa, on tutkittu rannikon kalastoa ja kuhakantoja. Molemmilla alueilla osoitettiin vuosina 2000–2009 kalayhteisön koostumuksessa ja rakenteessa muutoksia, muun muassa kuhan osuuden väheneminen ja särkikalalajien suhteellinen runsastuminen, kalayhteisön kalojen keskipituuden pieneneminen, sekä yhteisön trofiatason lasku (Mustamäki ja Mattila 2015). Lisäksi isompien, yli 40 senttimetrin pituisten, kuhien runsaudessa osoitettiin selvää vähenemistä (Mustamäki ym. 2014).

Selkämeren rannikon siikatutkimuksissa on havaittu siian (*Coregonus* sp.) pienpoikasten esiintymisen kaventumista ja levinneisyyden pienentymistä 1990-luvulta 2000-luvulle (Veneranta ym. 2013). Aikuisen siian kasvuvauhti on osoittanut hidastumisen merkkejä, kannan keski-ikä on laskenut vuosina 1984–2001, ja kudulle nousevien yksilöiden keskikoko pienentynyt noin 50 senttimetristä alle 45 senttimetriin 1980-luvulta 1990-luvulle (Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Veneranta ym. 2021). Lisäksi siiat saavuttavat sukukypsyyden entistä aikaisemmin (Veneranta ym. 2021). Kasvun hidastuminen ja sukukypsyyden aikaistuminen vähentää vanhempien ja kookkaampien naaraiden osuutta kutukannasta, mikä todennäköisesti pienentää siian lisääntymis- ja tuottokapasiteettia kantatasolla (Birkeland ja Dayton 2005). Muutokset siikakannassa on liitetty muun muassa kalastukseen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Veneranta ym. 2021).

Merenkurkun rannikolla, Kyröjoen edustalla, on osoitettu 1970- ja 1980-luvun loppujen välillä muutoksia useissa kalalajeissa. Kaupallisiin saalistietoihin perustuen lahnan, mateen, ahvenen, ja hauen määrät olivat romahtaneet (kaikki yli 80 prosenttia) paikallisten happamien sulfaattimaaperien huuhtoumien aiheuttaman veden happamoitumisen seurauksena (Hudd ja Leskelä 1998; Kjellman ja Hudd 1996). Lisäksi myös Merenkurkun alueella on raportoitu siian sukukypsyyden saavuttamisen aikaistumista vuosina 1998–2014 (Veneranta ym. 2021). Siikaa on tutkittu myös Perämeren rannikolla. 1980-luvulta 2010-lukuun verrattuna siian kaupallisen kalastuksen saaliit olivat vähentyneet, vaikka kalastusmäärä oli samalla yleisesti lisääntynyt (McCairns ym. 2012; Lappalainen ym. 2020). Perämeren siian tehollisessa populaatiokoossa (Ne) on tapahtunut merkittäviin romahdus (99 prosenttia) verrattuna historiallisiin noin 250 vuoden takaisiin tasoihin, millä saattaa olla vaikutuksia muun muassa siikapopulaation geneettiseen monimuotoisuuteen ja sitä kautta sopeutumiskykyyn esimerkiksi ilmastonmuutosten vaikutusten edessä (McCairns ym. 2012). Lisäksi on osoitettu siian kutukantojen välisen geneettisen erilaistumisen vähenemistä vuosina 1981–2006, mikä saattaa heijastaa tietyistä kasvatuskannoista peräisin olevien tuki-istutusten negatiivisia vaikutuksia luonnonkantojen geneettiseen monimuotoisuuteen (McCairns ym. 2012). Siikakannassa on myös raportoitu sukukypsyyden saavuttamisen aikaistuminen, sekä ikäjakauman muutos, jossa vanhempien (5–12 merivuotta) kalojen osuudet kannasta laskivat tuntuvasti yli 70 prosentista alle 20 prosenttiin vuodesta 1998 vuoteen 2014 (Veneranta ym. 2021). Siian lisäksi Perämerellä on tutkittu muikkukantaa. Kaupallisen saalistiedon perusteella muikkumäärät laskivat 1970-luvun lopun ja 1980-luvun alun tasolta 1990-lukuun verrattuna (Lehtonen ja Jokikokko 1995).

Yleisesti kaloja koskevia luontokadon todisteita oli liitetty rehevöitymiseen (Rajasilta ym. 1999; Lehtonen ym. 2009; Jokinen ym. 2015; 2016; Mustamäki ja Mattila 2015), ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Rajasilta ym. 2019; Veneranta ym. 2021; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022), kalastuskuolleisuuteen (Lehtonen ja Jokikokko 1995; Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Jutila ym. 2007; McCairns ym. 2012; Mustamäki ym. 2014; Kokkonen ym. 2015), elinympäristöjen heikkenemiseen tai niiden menetykseen (Jutila ym. 2007; Lehtonen ym. 2009; Olsson ym. 2023), sekä erilaisiin ekologiisiin vuorovaikutussuhteisiin (Kokkonen ym. 2015; Lappalainen ym. 2020; Rajasilta ym. 2021).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Rannikkovesien kalastoa ja kalakantoja seurataan Suomessa sekä ympäristö- että kalastuspolitiikan ohjaamana. EU:n yhteisen kalastuspolitiikan (EU 1380/2013) mukaisesti kalatalouden EU-tiedonkeruuhjelmassa kerätään sekä biologisia että taloudellisyhteiskunnallisia tietoja kaupallisen kalastuksen kansainvälisesti kiintiöidyistä lajeista, kuten lohesta, kilohailista, silakasta sekä muista tiedonkeruuvaihtojen alaisista rannikon kalastuksen tärkeistä lajeista, kuten ahvenesta, kuhasta, siiasta ja muikusta. Kerättyjä tietoja hyödynnetään kansallisesti kalataloushallinnossa ja paikallisesti muun muassa kalatalousalueiden käyttö- ja hoitosuunnitelmissa, mutta myös kansainvälisesti merentutkimusneuvoston (ICES) kanta-arviotyössä, johon myös kiintiöityjen lajien vuotuiset EU komission tekemät kiintiöpäätökset



perustuvat. EU-tiedonkeruuhjelmassa kerättyä kapallisen kalastuksen saalistietoa ja kalakantojen biologista tietoa hyödynnetään myös ympäristöhallinnossa, muun muassa osana merenhoitoa (Rantajärvi ym. 2020). Lisäksi Suomessa seurataan muun muassa eri koekalastusmenetelmin meritaimenkantoja, vaellussiikaa sekä saaristoalueen kalastoa. Näitä hyödynnetään kalataloushallinnon lisäksi meriympäristön tilan arvioinnissa merenhoidossa sekä HELCOMin biodiversiteetti indikaattoreina (Rantajärvi ym. 2020; HELCOM 2023f; g; h; i). Vesienhoidon seurannassa ja pintavesien tila-arvioissa ei tähän mennessä ole rannikkovesien osalta käytetty kalastoa biologisena kuvaajana, vaikka valmius ja aineistoaikasarjoja kyseiseen seurantaan olisikin (ELY-keskukset 2022), muun muassa kalatalousalueiden tekemien seurantojen sekä kuormittajien velvoitetarkkailujen muodossa (Koekalastusrekisteri 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) rannikkovesien kalalajien tilaa arvioitiin osin meriluonnon monimuotoisuuden kuvaajina sellaisten lajien osalta, joilla ei Suomen rannikolla ole laajempaa kaupallista merkitystä, ja osin kaupallisen kalastuksen kohteena olevien kalakantojen tila-arviona (Korpinen ym. 2018). Merentila arvion monimuotoisuustarkastelussa on käsitelty rannikon meritaimenkantoja, mutta myös ankeriasta ja ympyräsuihin kuuluvaa nahkiaista. Meritaimenen tilaa arvioidaan lisääntymisjokien poikastiheyksillä sekä meritaimeniin merkintäaineistojen perusteella (Rantajärvi ym. 2020). Meritaimenen tila arvioitiin heikoksi kaikilla merialueilla ja heikko tila liitettiin lisääntymisalueina toimivien virtavesien ongelmiin sekä kalastukseen (Korpinen ym. 2018). Ankariaan ja nahkiaisien tilan seuranta ei varsinaisesti ole merenhoidon seurannan osana, mutta ankeriaan yleinen taantuma ja koko Euroopan laajuinen heikko tila sekä nahkiaisien heikentyneet elinolosuhteet mainittiin (Korpinen ym. 2018). Rannikon kaupallisten kalakantojen tila arvioitiin kuhan, ahvenen ja vaellussiian osalta. Muutoksia rannikkolajien runsaudessa seurataan osin koeverkkokalastuksin, ja osin ammattikalastuksen yksikkösaaliiden perusteella (Rantajärvi ym. 2020). Kuha- ja ahvenkantojen runsautta ja tilaa on arvioitu yksikkösaaliiden perusteella ja Saaristomerellä myös varsinaisilla kanta-arviomenetelmillä. Viimeisimmän arvioinnin perusteella ahvenkantojen tila oli hyvä kaikilla merialueilla, mutta kuhan tila oli heikko Saaristomerellä ja vaellussiian tila heikko Perämerellä lähinnä voimakkaan kalastuksen takia (Korpinen ym. 2018). Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa kaikilla arvioiduilla merialueilla (Ahvenanmaan merialuetta koskevia tietoja ei ollut), kun taas rannikon särkikalaindikaattori, joka kuvastaa sitä parempaa tilaa mitä vähemmän särkikaloja on, osoitti heikkoa tilaa Perämeren lukuun ottamatta kaikilla merialueilla (SYKE 2023b). Perämeren vaellussiian emokalojen kasvun ja koon perusteella arvioitava tila oli myös heikko (Korpinen ym. 2018).

Kalat sisältyvät myös Suomen lajien uhanalaisuusarviointiin ja viimeisimpään arviointiin sisältyi 50 Itämeren kalalajia (Hyvärinen ym. 2019). Arvioiduista lajeista yksi oli kokonaan kadonnut, neljä oli uhanalaisia, ja seitsemän oli silmälläpidettäviä (Hyvärinen ym. 2019). Aiemmin Suomen rannikolla ja jokivesissä esiintynyt sinisampi (*Acipenser oxyrinchus*) on harvoja lajeja, joiden katsotaan kadonneet Itämereltä kokonaan. Äärimmäisen uhanalaisiksi on arvioitu ankerias (*Anguilla anguilla*) ja merialueen harjus (*Thymallus thymallus*), erittäin uhanalaiseksi meritaimen (*Salmo trutta m. trutta*), vaarantuneeksi lohi (*Salmo salar*), ja silmälläpidettäviksi muun muassa rantanuoliainen (*Cobitis taenia*) ja seitsenruototokko (*Gobiusculus flavescens*; Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisten lajien merkittäviä uhkatekijöitä olivat muun muassa virtavesien vesirakentaminen sekä kalastus (Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisen meritaimen eteen tehdyt suojelu- ja ennallistamistoimet ovat monin paikoin näyttäneet positiivisia vaikutuksia, ja meritaimen uhanalaisuusluokka onkin kohentunut äärimmäisen uhanalaisesta yhden luokan verran sitten viimeistä edellisen uhanalaisuusarviointin vuonna 2010 (Hyvärinen ym. 2019). Luonnonvaraisesti syntyneet ja lisääntyvät taimenet ovat Suomessa kokonaan rauhoitettuja kaikilla rannikon merialueilla ja niihin laskevissa virtavesissä (2015/379). EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) mukaisia Itämereen liitettyjä kalalajeja Suomessa on merialueen siika, harjus ja muikku, joista muikun suojelun taso vuonna 2019 oli suotuisa, siian epäsuotuisa riittämätön, ja harjuksen epäsuotuisa huono ja kehityssuunta heikkenevä (SYKE 2020b).

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteetti-arvioinnissa (2016–2021) on käsitelty Itämeren rannikon kalalajeja ja -kantoja kolmen rannikkokalaindikaattorin sekä meritaimenten jokipoikasia koskevan indikaattorin perusteella. Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio osoittaa Suomen rannikolla hyvää tilaa Perämerellä ja Selkämerellä, ja heikointa tilaa Saaristomerellä (HELCOM 2023a). Rannikon avainlajien runsausindikaattori, joka Suomen alueella käsittää ahvenen, kuhan, sekä hauen, osoitti hyvää tilaa Perämerellä ja Selkämerellä ja muualla sitä heikompaa tilaa (HELCOM 2023f). Rannikon avainlajiryhmäindikaattori, joka



Suomessa perustui särkikaloihin, osoitti heikkoa tilaa kaikilla arvioituilla alueilla, Suomenlahdella, Saaristomerellä, ja Ahvenanmaan merialueella (HELCOM 2023g). Rannikon avainlajien kokoindeksi, joka Suomessa käsitti ahvenen ja kuhan, osoitti hyvää tilaa Merenkurkussa ja Selkämerellä, ja sitä huonompaa tilaa kaikilla Suomen eteläisillä merialueilla (HELCOM 2023h). Meritaimenen jokipoikasmääriin perustuva indikaattori osoitti hyvää tilaa Selkämerellä ja Suomenlahdella, ja muualla huonompaa tilaa (Merenkurkun merialuetta ei arvioitu; HELCOM 2023i). HELCOMin uhanalaisuusarviossa Suomessa esiintyvistä lajeista esille

### Tietolaatikko 10. Kalat

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suurta**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmaan merialue, **Saaristomeri**, Suomenlahti
  - luontotyytit: litoraalin vesimassa, infralitoraalin muta-, hiekka-, kallio-/kivipohjat sekä sekasedimentit, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation biomassan ja yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: merenhoito, lajien uhanalaisuusarviointi, luontodirektiivi, HELCOM, ICES

Tietoa rannikon kaloja koskevasta luontokadosta on suhteellisen runsaasti. Luontokatoa ilmeni lähes puolessa kala-aineistoista. Tietoa on kaikilta merialueilta ja kalojen luontokatoa on havaittu eniten ja yleisimmin Saaristomeren merialueelta. Valtaosa rannikon kalojen luontokadosta koskee eliömäärää. Luontokadon ilmenemismuodot ovat moninaisia, ja luontokatoa ilmenee yleisimmin populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat seurausta monesta tekijästä: (1) rehevöitymisestä, joka samentaa vettä ja muuttaa ravinto-olosuhteita; (2) kalastuksesta, joka suoran poiston lisäksi muuttaa lajiominaisuuksia valikoivien pyyntimuotojen takia; (3) elinympäristöjen heikkenemisestä, joka vaikuttaa mm. poikasvaiheiden menestymiseen; (4) ilmastonmuutoksen vaikutuksista avainympäristöolosuhteisiin, jolla on moninaisia vaikutuksia menestymiseen; sekä (5) välillisistä vaikutuksista ekologisten vuorovaikutusten kautta. Rannikon kalalajit ovat yleisesti melko hyvin tunnettuja Suomessa, mutta tietopuutteita on rannikon kalaston ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämeren, Merenkurkun, ja Selkämeren merialueilla. Rannikon kansallisia koeverkkokalastusseurantoja voisi laajentaa kattamaan myös Pohjanlahden rannikkoalueet, ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää. Erityyppisten merkittävien matalien litoraali-alueiden (mm. sisälahdet, rannikon laguunit, meriajokaspohjat) kalayhteisöjen seurantaa ja arviointia erityisesti luontokadon näkökulmasta voisi edistää ja kehittää.

nousi samat kuin vastaavassa kansallisessa arviossa (HELCOM 2013a).

### 3.5.8 Useat eliöryhmät ja ekosysteemit

Rannikon ekosysteemi on lajien ja eliöyhteisöiden sekä niiden elinympäristöjen muodostama toiminnallinen kokonaisuus. Ekosysteemin perustana on perustuottajien, levien ja kasvien, toimesta yhteyttämällä orgaaniseen biomassaansa sitoma aurinkoenergia. Yhdessä perustuottajien kanssa eri trofiatasoilla olevat lajit eläinplanktonista huippupetoihin muodostavat ekologisiin vuorovaikutussuhteisiin perustuvan ekosysteemin





ravintoverkon, jota pitkin yhteyttämällä alun perin valjastettu energia siirtyy ekosysteemin osasta toiseen. Kun ekosysteemin eliöt ovat tasapainossa keskenään ja elinympäristönsä kanssa, ravintoverkko toimii ja ekosysteemi on kunnossa. Jos ekosysteemiä häiritään saattaa tasapaino järkkyy ja ravintoverkon toiminta muuttua (Yletyinen ym. 2016). Rannikon ekosysteemien rakenteen ja varsinkin toiminnan ymmärtäminen on tärkeää niitä uhkaavien paineiden hillitsemiseksi ja niistä riippuvien merkittävien ekosysteemipalveluiden turvaamisen vuoksi.

### Luontokato aineistossa

Useita eliöryhmiä kattavia ja laajemmin rannikon ekosysteemiä koskevia luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi niukasti, vain 12 kappaletta. Näistä kaksi kolmasosaa oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä ja loput sitä vanhempia. Luontokadon suhteellinen yleisyys tässä ryhmässä oli 75 prosenttia, eli kokonaisyleisyyttä ja eliöryhmien keskiarvoa selvästi korkeampi. Luontokadon todisteita löytyi kahdesta luonnon monimuotoisuuden kategoriasta (Ekologiset toiminnot ja Ekosysteemimuutos), joissa molemmissa melko yleisesti (73–80 prosenttia). Laajatasoisuutensa vuoksi kaikki tämän ryhmän aineistot olivat määriteltäviä liittyvän useampaan kuin yhteen luontotyyppiin. Luontokadon suhteellinen yleisyys Useat ympäristöt -ryhmässä oli 75 prosenttia. Useita eliöryhmiä ja ekosysteemiä koskevia luontokatoaineistoja löytyi Pohjanlahtea eteläisimmiltä merialueilta ja selvästi eniten Ahvenanmaan merialueelta. Luontokadon todisteita oli suhteellisesti eniten Saaristomerellä ja Suomenlahdella (100 prosenttia), mutta suhteellinen yleisyys oli melko korkea myös Ahvenanmaan merialueella (88 prosenttia). Tässä ryhmässä esiintyi kaikkiaan kolme ekologisiin toimintoihin ja ekosysteemiin liittyvää luontokadon eri ilmenemismuotoa, jotka olivat yleisyysjärjestyksessä: moninaiset ekosysteemitason muutokset (42 prosenttia), muutos ravintoverkon prosesseissa (33 prosenttia) ja muutos ekosysteemirakenteessa (25 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Ekosysteemitason muutoksia käsittelevät aineistot olivat lähinnä eri teemoja käsitteleviä laajoja katsauksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Itämeren ekosysteemiin käsittelevässä katsauksessa on myös Suomen rannikkoalueita koskevaa tietoa vuosilta 2010–2022. Matalissa rannikkovesissä muuan muassa yleistyneet niin sanotut meriveden hellejaksot voivat aiheuttaa rehevöitymistä muistuttavia vaikutuksia, kuten päällysvien voimakasta runsastumista rakkolevillä, ja ilmastonmuutoksen vaikutuksesta aleneva suolapitoisuus vaikuttaa kielteisesti moniin keskeisiin merilajeihin kuten meriajokkaaseen, rakkolevään ja sinisimpukkaan, millä taas voi olla merkittäviä välillisiä vaikutuksia niistä riippuvaisiin muihin eliöihin, kuten moniin selkärangattomiin eläimiin ja kaloihin (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Ilmastonmuutoksen aiheuttamat ympäristömuutokset luovat myös suotuisat olosuhteet vieraslajien leviämiseksi, mikä voi monin häiritä rannikon ravintoketjun normaalia dynamiikkaa.

Katsaus rehevöitymisen vaikutuksiin Saaristomeren ja Ahvenanmaan merialueilla 1970-luvulta kohti vuosituhaten vaihdetta osoitti yleisesti korkeampaa alkutuotantoa, yksivuotisten rihmalevien runsastumista ja sitä seurannutta rannikkovesien pohjien hapenpuutetta lisäävien levämattojen määrän kasvua, rakkohaurun määrän vähenemistä, myrkyllisten leväkukintojen yleistymistä, pohjaeläinten biomassan kasvua, ja rannikon kalakantojen yleistä runsastumista (Bonsdorff ym. 1997a). Toinen samalta ajalta oleva katsaus rehevöitymisen vaikutuksista Saaristomerellä ja Ahvenanmaalla raportoi myös useista muutoksista elinympäristöjen laadussa, kovien pohjien makroleväyhteisön rakenteessa, matalien pehmeiden pohjien eliöyhteisöjen koostumuksessa, sekä rannikon kalayhteisöjen hallitsevuussuhteissa. Katsaus osoitti muun muassa silakan lisääntymisaluiden katoamista ja laadun heikkenemistä lisääntyneen rihmalevien ja orgaanisen aineen kertymisen johdosta, rakkohaurun vähenemistä lisääntyneiden yksivuotisten rihmalevien kustannuksella ja sen johdannaisvaikutuksia lukuisiin rakkohauruvyöhykkeen eliöihin, pohjaeläimistöön lajikoostumuksen ja toiminnan muutos suodattavien eläinten vaihtuessa sedimentin pinnalta syöviin pohjaeläimiin, ja rannikon kalayhteisön muutoksia kokonaisbiomassa sekä särkikalajien suhteellisen runsauden kasvuna (Leppäkoski ym. 1999). Suomen rannikon ekosysteemin rakenteeseen kohdistuvien rehevöitymisen vaikutuksia käsittelevä katsaus vuosilta 1950–2000 osoitti muun muassa vesikasvien (esimerkiksi meriajokas) ja monivuotisten levien (esimerkiksi rakkohaurun) vähenemistä, yksivuotisten rihmalevien ja planktonlevien runsastumista, sekä yhteisörakenteen muutoksia pehmeiden pohjien pohjaeläimistössä ja rannikon kalastossa Suomen eteläisillä merialueilla (Rönnerberg ja Bonsdorff 2004). Lisäksi rannikon ravintoverkon dynamiikan systeemimuutoksia on käsitelty Ahvenanmaan merialueen osalta. Useita ravintoverkon tasoja ja eliöryhmiä käsittäneen aineiston





perusteella rakennetulla ravintoverkon mallilla tutkittiin muutoksia ravintoverkon prosesseissa ja osoitettiin, että muun muassa näennäiskilpailun merkitys rannikon ravintoverkkojen muodostumisessa on vähentynyt 1980-luvulta 2000-lukuun verrattuna, kun taas generalisti- ja avainlajien merkitys on kasvanut (Yletyinen ym. 2015). Tulokset viittaavat siihen, että rannikon ravintoverkkojen vastustuskyky paineille (kalastus, rehevöityminen jne.) saattaa olla heikentynyt, ja edelleen jatkuvat paineet tai uudet häiriötekijät voivat aiheuttaa perustavanlaatuisia ekosysteemitason muutoksia (Yletyinen ym. 2015).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Meriekosysteemin tilaa arvioidaan Suomessa osana merenhoitosuunnitelmaa. Merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmassa ei suoranaisesti ole varsinaista ekosysteemiseurantaa tai ekosysteemiä kokonaisuutena kuvaavaa indikaattoria, mikä ekosysteemikäsitteen laajuuden ja monimutkaisuuden takia ei edes olisi kovin helposti toteutettavissa, mutta ekosysteemin tilaa tarkastellaan ravintoverkkojen näkökulmasta (Rantajärvi ym. 2020). Merenhoitosuunnitelmassa ravintoverkkojen tilaa arvioidaan 13 eri indikaattorin perusteella, jotka ovat tuotettu luonnon monimuotoisuuden, kaupallisten kalakantojen, ja merenpohjan koskemattomuuden arvioinnin ja seurantojen puitteissa (Rantajärvi ym. 2020). Indikaattoreihin kuuluu muun muassa merinisäkkäiden ja merilintujen populaatiokoot, petokalojen ja särkikalojen runsauden indikaattorit, sekä planktonyhteisöjen runsautta ja muutoksia kuvaavat indikaattorit. Viimeisimmässä merenhoitosuunnitelman tila-arviossa ravintoverkkojen tila oli Suomen merialueilla kokonaisuudessaan hyvä. (Korpinen ym. 2018). Kokonaisuudessaan ravintoverkon toiminnallisuuden ei ollut arvioitu heikentyneen, vaikka planktonyhteisöjä, pohjaeläimiä ja särkikaloja kuvaavat indikaattorit osoittivatkin paikoin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018). Ravintoverkon huippupedot olivat laajalti hyvässä tilassa (Korpinen ym. 2018).

Vesienhoidon puitteissa tehtävä rannikon pintavesien ekologisen tilan luokitus perustuu pääasiassa biologisiin kuvaajiin, kasviplanktoniin, pohjaeläimiin sekä makrofytyteihin (Aroviita ym. 2019; ÅLR 2021; ELY-keskukset 2022). Lisäksi huomioidaan vedenlaadun kokonaisarvio, jossa yhdistetään kaikkien laatutekijöiden antama tieto veden tilasta. Tämä ekologisen tilan arvio perustuu hyvin rajalliseen indikaattorivalikoimaan ja useita ekosysteemin eliöryhmiä tai trofiatasoja (muun muassa kalat, ja eläinplankton) puuttuu kuvaajina tila-arviosta (ÅLR 2021b; ELY-keskukset 2022), mutta rajoitteet huomioiden kuvastaa rannikon ekosysteemin tilaa. Viimeisimmässä vesienhoidon tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 (Ahvenanmaan osalta 2012–2018) rannikkovesien ekologinen tila oli hyvää tilaa huonommassa tilassa 94 prosentissa kaikista arvioiduista (275 kappaletta) vesimuodostumista (ÅLR 2019a; HERTTA 2023). Kokonaisuudessaan rannikkovedet olivat pääosin tyydyttävässä tilassa.

HELCOMin biodiversiteettiarvioinnissa käsitellään ekosysteemitason kuvaajista Itämeren ravintoverkkoja. Ravintoverkkojen tilaa varten ei ole vielä toiminnallisia indikaattoreita ja tällä hetkellä tilaa pystytään arvioimaan vain kvalitatiivisesti muita HELCOMin luonnon monimuotoisuuden indikaattoreita hyödyntäen (HELCOM 2023a). Arvion mukaan useiden tärkeiden lajien runsaudessa ja biomassassa on tapahtunut merkittäviä ihmistoiminnasta johtuvia muutoksia, jotka ovat liittyneet vastaaviin muutoksiin Itämeren ravintoverkoissa. Huolestuttavia muutoksia on havaittu sekä avomeri- että rannikkoympäristöissä, ja viitteitä on ravintoverkkojen koostumuksen ja toiminnan kriittisten kynnyksarvojen ylittymisestä (HELCOM 2023a). EU:n meristrategiapuitedirektiivin kriteerien mukaisesti ravintoverkon tilaa arvioidaan pääasiassa trofiakiltojen monimuotoisuuden ja runsauden ja niiden välisen tasapainon perusteella tarkastelemalla biomassan tai lajikoostumuksen muutoksia (Euroopan komissio 2022). Syvällisemmän ja kokonaisvaltaisemman ymmärryksen saavuttamiseksi ravintoverkkojen tilan arvioinnissa on kuitenkin otettava huomioon myös troofiset vuorovaikutukset ja arvioitava, miten ravintoverkot vaikuttavat koko ekosysteemin toimintakykyyn (Korpinen ym. 2022).



### Tietolaatikko 11. Useat eliöryhmät ja ekosysteemi

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **yleistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: **Ahvenanmaan merialue**, Saaristomeri, Suomenlahti\*
  - luontotyypit: **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: moninaiset ekosysteemitason muutokset, muutos ravintoverkon prosesseissa
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: (vesienhoito), merenhoito, HELCOM

Tietoa laajemmin rannikon ekosysteemiä koskevasta luontokadosta on suhteellisen niukasti. Luontokatoa ilmeni 75 prosentissa aineistoista. Tietoa on kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten Ahvenanmaan, mutta yleisimmin Saaristomereltä ja Suomenlahdelta\*. Rannikon ekosysteemin luontokato koski ekologisista toimintoja ja ekosysteemimuutosta. Luontokato ilmeni moninaisina muutoksina ekosysteemin rakenteessa ja toiminnassa, sekä muutoksina ravintoverkon prosesseissa. Muutokset ovat seurausta rehevöitymisen ja ilmastonmuutoksen moninaisista vaikutuksista. Rannikon ekosysteemit ovat yleistasolla melko hyvin tunnettuja Suomessa, mutta tietopuutteita on edelleen ilmastonmuutoksen, rehevöitymisen, ja muiden paineiden sekä luontokadon eri ilmenemismuotojen kumulatiivisista yhteisvaikutuksista rannikon ekosysteemien toimintaan ja systeemitason vakauteen. Rannikon ekosysteemien rakenteen ja varsinkin toiminnan ymmärtäminen on tärkeää niitä uhkaavien paineiden hillitsemiseksi ja niistä riippuvien merkittävien ekosysteemipalveluiden turvaamisen vuoksi. Siksi ekosysteemitason perustutkimusta, arviointia ja siihen tarvittavia kuvaajia ja indikaattoreita tulisi kehittää merkittävästi.

\*vain yksi aineisto

## 3.6 Luontokato luontotyypeittäin

Vedenalainen luonto ei kaikkialla näytä samanlaiselta, vaan erilaisia ympäristöjä, eli luontotyyppejä, on veden alla runsaasti. Meren luontotyypit ovat elottoman ja elollisen luonnon määrittämien yhtenäisten ympäristöjen luonnehtimia alueita merenpohjassa tai vesimassassa. Kussakin luontotyypissä elää tietynlainen eliölajisto, ja siten luontotyypit toisaalta ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta mutta toisaalta myös ovat keskeinen osa sitä (luku 1.1.2). Meriluonnon käyttöä ja suojelutoimenpiteitä suunniteltaessa ja toimeenpantaessa, on usein käytännöllistä hallinnoida kohteita eliölajeja suuremmalla luontotyyppitasolla, minkä vuoksi myös luontokadon tarkastelu tällä tasolla on perusteltavissa. Usein myöskään lajien suojelu ei ole mahdollista ilman että niiden elinympäristöjä suojellaan. Tässä raportissa käytettäväksi valitun luontotyyppi-käsitteen rinnalla käytetään monessa yhteydessä myös muita merkityksiltään samankaltaisia termejä, kuten elinympäristö (muun muassa merenhoitosuunnitelmassa; Korpinen ym. 2018) tai biotooppi ja habitaatti (muun muassa HELCOM HUB-luokittelu; HELCOM 2013d; luku 2.1.2).

Lähes kaikkia rannikon laajoja elinympäristöjä esiintyy kaikilla merialueillamme, ja erityisesti eri litoraali-vyöhykkeiden sekasedimentit ovat yleisiä. Yleisesti hydro-, infra-, ja circalitoraalin hiekkapohjia on eniten Perämerellä, kun taas kovia pohjia on eniten Ahvenanmaan, Saaristomeren, ja Selkämeren alueilla (Korpinen ym. 2018). Suomen rannikon vedenalaiset luontotyypit ovat kuitenkin uhattuina. Merenhoitosuunnitelmassa,



jossa merenpohjan laajojen elinympäristöjen tilaa arvioidaan usean indikaattorin ja aineiston avulla suhteessa elinympäristöjen rakenteeseen ja toiminnallisuuteen sekä niihin kohdistuvien ihmistoiminnan vaikutusten perusteella, viidennes arvioitavista elinympäristöistä oli heikossa tilassa ja jopa 10 prosenttia elinympäristöjen alasta oli ihmistoiminnan seurauksesta mahdollisesti haitallisesti häiriintynyt (Korpinen ym. 2018). Matalimpien litoraalivyöhykkeiden elinympäristöjen tila oli pääosin arvioitu heikoksi kautta Suomen rannikon, poikkeuksina tyrskyvyöhykkeen kallio ja biogeeninen riutta elinympäristöt sekä lisäksi Merenkurkun alueella myös infralitoraalin kovat pohjat ja biogeeninen riutta (SYKE 2018c). Syvemmällä circalitoraalivyöhykkeessä oli enemmän myös hyvään tilaan yltäviä elinympäristöjä pääasiassa Pohjanlahdella, missä ihmisen toiminnan aiheuttamat paineet ovat suhteessa vähäisempiä ja pohjanläheinen vesi on yleisesti hapekasta (Korpinen ym. 2018; SYKE 2018c).

Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarviossa käytetyt luontotyyppiluokitukset perustuvat lajien ja lajiryhmien vallitsevuuteen. Luontotyyppien uhanalaisuusarvioin Itämeren 42 arvioidusta luontotyypistä 10 eli noin neljännes oli uhanalaisia ja neljä arvioitiin silmälläpidettäviksi. Erittäin uhanalaisiksi luokiteltiin muun muassa koviin pohjien hauru- ja punalevöpohjat, ja vaarantuneiksi muun muassa pehmeiden pohjien suojaosat näkinpartaispohjat ja meriajokaspohjat (Kotilainen ym. 2018a). Suurin osa, eli lähes neljännes (24 prosenttia), Itämeren luontotyypeistä, arvioitiin edelleen heikkeneväksi. Uhanalaisten luontotyyppien merkittävimmät uhkatekijät olivat rehevöityminen, vesirakentaminen ja vesiliikenne. Itämeren luontotyypeistä jopa 14 kappaletta, eli kolmannes, oli uhanalaisuusarviointia varten liian heikosti tunnettuja, ja tämä osuus on suhteellisesti suurin verrattuna muiden ympäristöjen luontotyyppeihin (Kotilainen ym. 2018a). Luontokadon ymmärtämisen näkökulmasta on myös huomionarvoista, että luontotyyppien lajien vallitsevuuteen perustuvien luokittelukriteerien takia juuri monimuotoiset sekayhteisöjen määrittelemät ympäristöt, joita rannikollamme tiedetään olevan runsaasti, eivät kuulu uhanalaisuusarvioinnin piiriin lainkaan (Kontula ja Raunio 2018). Uhanalaisuusarvioinnin lisäksi EU:n luontodirektiivin liitteen I mukaisten Itämeren vedenalaista luontoa koskevien luontotyyppien suojelun tasoa arvioidaan joka kuudes vuosi. Viimeisimmän, vuosia 2012–2018 koskevan, raportoinnin mukaan näiden luontodirektiivin luontotyyppien tila oli yleisesti heikentynyt, kaikkien tila oli epäsuotuisa, ja neljä kahdeksasta (muun muassa rannikon laguunit) oli huonossa suojelun tasossa (SYKE 2020a).

Tämän raportin kirjallisuushaun aineistot käsittelivät yleisesti eliölajeja ja -ryhmiä ja niiden muodostamia yhteisöjä eivätkä pääosin luontotyyppejä tai olleet niihin suoranaisesti yhdistetty, vaan ovat aineiston käsittelyn yhteydessä mahdollisimman osuvasti liitetty EU:n EUNIS luontotyyppiluokituksen tason 3 mukaisiin luontotyyppeihin (luku 2.1.2). Aineiston luontokatoa osoittavat todisteet olivat liitettävissä hydrolitoraalin, infralitoraalin ja vesimassan luontotyyppeihin. Circalitoraaliin tai karkeisiin sedimenttipohjiin liitettäviä luontokadon aineistoja ei ollut lainkaan. Luontokatoa osoittavasta aineistosta eniten oli liitetty tarkemmin määrittelemättömään useat ympäristöt -ryhmään, ja määriteltävissä olevista luontotyypeistä eniten luontokadon aineistoja oli infralitoraalin kallio-/kivipohjilla ja mutapohjilla, ja vähiten hydrolitoraalin sekasedimenteillä ja mutapohjilla (kuva 5). Luontokadon luontotyyppikohtainen suhteellinen esiintyvyys vaihteli suuresti (20–90 prosenttia) ja oli keskimäärin 51 prosenttia ( $\pm$  21 prosenttia). Eniten (31 kappaletta) erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja löytyi Useat ympäristöt -ryhmästä, ja määriteltävissä olevista luontotyypeistä eniten (13 kappaletta) luontokadon ilmenemismuotoja oli Infralitoraalin mutapohjat - luontotyypissä (Liite 5, taulukko 5.2). Taulukossa 4 esitetään yhteenveto tutkimuskirjallisuusaineiston luontotyyppikohtaisen tarkastelun tulokset koskien aineistomäärää, luontokadon yleisyyttä ja luontokadon moninaisuutta.

Luontotyyppikohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioittain, eliöryhmittäin ja merialueittain on esitetty Liitteen 3 kuvakollaasissa (kuva 3.27). Alla on käsitelty erikseen jokaisen luontotyypin osalta luontokadon esiintyvyys, yleisyys ja eri ilmenemismuodot (Liite 5, taulukko 5.2) esimerkkeineen. Lisäksi esitellään luontotyyppejä koskevat tiedot merenhoidon tila-arvioista, kansallisista uhanalaisuusarvioista, sekä luontodirektiivin kansallisesta raportoinnista. Kutakin luontotyyppiä käsittelevän luvun lopussa keskeisimmät tulokset ja johtopäätökset on tiivistetty tietolaatikkoon. Tietolaatikossa aineistomäärällä tarkoitetaan kirjallisuushaun perusteella sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellistä artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatotodisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetyistä aineistosta kunkin luontotyypin kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi.



Luontokadon ilmenemismuotojen määrä kertoo, miten usealla tavalla aineistossa luontokato esiintyy, ja määrä on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luontokadon esiintymisellä viitataan luontokatotodisteiden löytymiseen ja määrään aineistossa, ja tietolaatikoissa on listattu eliöryhmät ja merialueet, joissa luontokatoa esiintyi, lihavoituna suurimmat esiintyvyydet. Lisäksi tietolaatikoissa on esitetty kunkin luontotyypin merkittävimmät luontokadon ilmenemismuodot sekä yleisimmät luontokadon taustalla olevat syyt. Tietolaatikoiden luokittelujen määritelmät ja perustelut on selitetty tarkemmin raportin luvussa 2.2.2.

Kirjallisuusaineistossa ei ilmennyt yhtään circolitoraaliin tai karkeiden sedimenttien luonnehtimiin luontotyyppisiin liitettävissä olevaa luontokatoa osoittavaa havaintoa, ja hydrolitoraalivyöhykkeestä esiintyi vain mutapohjien ja sekasedimenttien luonnehtimat luontotyypit. Luontotyyppisiä, joita aineisto ei koskenut ei myöskään tarkemmin käsitellä alla. Infralitoraalin hiekka- ja mutapohjat sekä sekasedimentit ja hydrolitoraalin vastaavat luontotyypit ovat luontotyyppikohtaisessa tarkastelussa ryhmitelty yhteen Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -ryhmäksi ja vastaavasti Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -ryhmäksi. Lisäksi Infralitoraalin kovat kallio-/kivipohjat ja biogeeniset elinympäristöt on käsitelty alla yhtenä luontotyyppiryhmänä.

**Taulukko 4. Yhteenveto sisällytettyyn tutkimuskirjallisuuteen perustuvista tuloksista luontotyyppiryhmittäin.** Aineistomäärällä tarkoitetaan sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellisten artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatotodisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetystä aineistosta kunkin luontotyypin kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi. Erilaisten luontokadon ilmenemismuotojen määrä aineistossa on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luokittelujen määritelmät ja luokkarajat on selitetty tarkemmin luvussa 2.2.2.

	Aineistomäärä			Luontokadon yleisyys			Luontokadon ilmenemismuotojen määrä		
	niukka	kohta-lainen	runsas	vähäistä	kohta-laista	yleistä	suppeaa	kohta-laista	suurta
<b>Luontotyypit</b>									
Hydrolitoraalin pehmeät pohjat	■			■			■		
Infralitoraalin pehmeät pohjat			■		■			■	
Infralitoraalin kovat pohjat*			■			■		■	
Litoraalin vesimassa	■			■			■		
Useat ympäristöt			■		■				■

\*Pehmeät pohjat kattavat myös sekasedimenttipohjat ja kovat pohjat kattavat myös biogeeniset ympäristöt.

### 3.6.1 Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit

Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit koostuvat tyrskyvyöhykkeen hiekka- ja mutapohjista sekä erilaisten sedimenttien sekoituksista. Hiekka- ja mutapohjia luonnehtivat kunkin sedimenttityypin pääasiallinen vallitsevuus sekä erilaisten putkilokasvien, näkinpartaisten, ja selkärangattomien pohjaeläinten esiintyminen (Davies ym. 2004; Evans 2016).

#### Luontokato aineistossa

Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit-luontotyyppisiin liittyviä luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi hyvin niukasti, vain viisi kappaletta. Näistä kaikki olivat uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys tässä luontotyyppiryhmittelyssä oli 29 prosenttia, eli kokonaiskeskiarvoa selvästi matalampi. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi ainoastaan Taksonin esiintyvyyden -kategoriasta, jossa niiden suhteellinen yleisyys oli melko alhainen (38 prosenttia). Nämä hydrolitoraalin aineistot sisälsivät yksinomaan vesikasveja koskevia aineistoja. Merialueittain tässä luontotyyppiryhmittelyssä luontokadon todisteita oli vain Suomenlahdelta ja siellä puolessa kaikista aineistoista. Luontokadon eri ilmenemismuotoja tässä ryhmässä oli vain kaksi, lajin esiintyvyyden pieneneminen (neljä tutkimushavaintoa) ja lajin paikallinen katoaminen (yksi tutkimushavainto).

#### Kirjallisuuskatsaus



Kaikki hydrolitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitetyt luontokadon todisteet olivat peräisin läntisellä Suomenlahdella, Pohjanlahden-Tammisaaren saaristossa, tehdystä laajasta vesikasvillisuus-tutkimuksesta vuosilta 2005–2007 (myös uku 3.5.3). Tutkimuksessa tarkasteltiin akvaattisten putkilokasvien ja näkinpartaislevien esiintymistä ja verrattiin tuloksia vastaaviin 1930- ja 40-luvuilla tehtyihin inventointeihin (Luther, 1951a; b; Pitkänen ym. 2013). Hydrolitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin oli liitetty näissä luontotyypeissä tyypillisesti esiintyvien lajien yksi paikallinen katoaminen (hentosätkin, *Ranunculus confervoides*) sekä muutamia esiintyvyyden pienenemisiä (muun muassa putkikaislat, *Schoenoplectus* sp.; Pitkänen ym. 2013). Aineiston perusteella rehevöityminen oli tärkein syy tämän luontotyyppin luontokadon taustalla. Lisäksi löytyi aineistoja, jotka eivät raportin määritelmien mukaan varsinaisesti olleet luontokadon ilmenemistä, mutta joita kuitenkin yleisesti tulkitaan kielteisinä muutoksina rannikkoympäristöissä. Tällaisia olivat muun muassa rehevöitymistä suosivan järviruo'on (*Phragmites australis*) levinneisyyden ja esiintyvyyden lisääntyminen Suomenlahdella (Pitkänen ym. 2013; Altartouri ym. 2014) sekä Saaristomerellä (von Numers ja Korvenpää 2007; Altartouri ym. 2014). Tiheitä esiintymä muodostavalla järviruo'olla on toisaalta matalan veden pehmeiden ja sekasedimenttipohjien putkilokasviyhteisöjen luonnehtimia luontotyyppejä köyhdyttävä vaikutus (Munsterhjelm 1997), ja toisaalta taas monimuotoisuutta lisäävä vaikutus muun muassa tärkeänä vesilintujen ja kalojen elinympäristöjen muodostajana (Lappalainen ym. 2008; Meriste ym. 2012).

### Muut arvioinnit ja raportit

Viimeisimmän julkaistun merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviotyön (v. 2011–2016) mukaan hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit olivat heikossa tilassa kaikilla merialueilla ja yleisesti hyvään tasoon kautta rannikon ylsivät hydrolitoraalin elinympäristöistä vain kalliopohjat ja biogeeniset riutat (SYKE 2018c). Suomen meriympäristön tila 2018-raportissa hydrolitoraalin elinympäristöjen kokonaistilaa ei kuitenkaan lopullisesti voitu arvioida tiedon puutteen vuoksi (Korpinen ym. 2018).

Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion luontotyyppimäärittelyjen takia suoraa vertailua tämän raportin Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -luontotyyppiryhmittelyyn on vaikea tehdä<sup>26</sup>, mutta osittain yhteneväisistä luontotyypeistä erittäin uhanalaisiksi arvioitiin pehmeiden sedimenttien suursimpukkapohjat ja vaarantuneiksi suojaisat näkinpartaispohjat (Kotilainen ym. 2018a). Laajemmista luontotyyppiyhdistelmistä erittäin uhanalaisia olivat rannikon jokisuistot ja vaarantuneita fladat ja kluuvit (Kotilainen ym. 2018a). EU:n Luontodirektiivin Itämeren vedenalaista luontoa koskevistä luontotyypeistä riutat- ja ulkosaariston luodot ja saaret -luontotyyppejä lukuun ottamatta kaikki saattavat osittain käsittää hydrolitoraalin pehmeiden pohjien ja sekasedimenttien luonnehtimia luontotyyppejä, ja viimeisimmän (v. 2013–2018) kansallisen raportoinnin mukaan kaikki nämä luontotyypit olivat epäsuotuisalla suojelun tasolla (SYKE 2020a).

<sup>26</sup> Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarviossa Itämeren vedenalaisten luontotyyppien määrittely perustui HELCOM HUB luokitteluun (HELCOM 2013d), mutta painotti eri lajien ja lajiryhmien vallitsevuutta muiden elottomaan ympäristöön liittyvien ominaisuuksien sijaan (Kotilainen ym. 2018). HELCOM HUB luokittelu vuorostaan on tehty EU EUNIS luokittelun kanssa yhteensopivaksi, mutta jaottelee syvyyden vain valoisaan ja valottomaan vyöhykkeeseen eikä tunnista EUNIS luokittelun tapaan litoraalivyöhykkeitä (HELCOM 2013d). Näin myös Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion luontotyypit saattavat kattaa useita litoraalivyöhykkeitä ja pohjanlaatu-tyyppejä, ja tulosten tarkastelu tässä raportissa käytettyjen luontotyyppien mukaan ei ole suoraan mahdollista.



### Tietolaatikko 12. Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **vähäistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: **Suomenlahti**
  - eliöryhmät: **vesikasvit**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, merenpohjan fyysinen häiriö
- Muut arvioinnit: merenhoito, luontotyyppien uhanalaisuusarviointi, luontodirektiivi

Tietoa tyrskyvyöhykkeen pehmeitä pohjia ja sekasedimenttipohjia koskevasta luontokadosta on hyvin niukasti. Luontokatoa ilmeni vajaassa 30 prosentissa aineistoista. Tietoa on Saaristomereltä ja Suomenlahdelta, mutta luontokatoa on havaittu vain Suomenlahdelta ja sielläkin melko harvinaisesti. Tyrskyvyöhykkeen pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitetty luontokato koskee pääosin vesikasvien esiintyvyyttä, ja luontokato ilmenee esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymisestä, joka heikentää valon saatavuutta, muuttaa karumpia kasvuolosuhteita runsastyyppisimmiksi, ja aiheuttaa kilpailua rehevöitymistä suosivien ja vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien välillä. Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimenttipohjat ovat yleisesti heikossa tilassa ja moni näihin liittyvä luontotyyppi on uhanalainen. Tietopuutteita luontotyyppien tilasta on kuitenkin yleisesti, ja ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämeren, Merenkurkun, Selkämeren, ja Ahvenanmaan alueilla. Näiden luontotyyppien kokonaisvaltaisia, useita eliöryhmiä käsittäviä, seurantoja voisi kehittää ja olemassa olevia aineistoja tehokkaammin hyödyntää uhanalaiskehityksen arvioimiseksi, mutta myös elinvoimaisten tärkeiden avainluontotyyppien osalta luontokadon arvioimiseksi.

### 3.6.2 Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit

Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit koostuvat valoisan vyöhykkeen hiekka- ja mutapohjista sekä erilaisten sedimenttien sekoituksista. Hiekka- ja mutapohjia luonnehtivat kunkin sedimenttityypin pääasiallinen vallitsevuus sekä erilaisten putkilokasvien, näkinpartaisten ja selkärangattomien pohjaeläinten esiintyminen (Davies ym. 2004; Evans 2016).

#### Luontokato aineistossa

Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -luontotyyppeihin liittyviä luontokatoaineistoja löytyi runsaasti, kaikkiaan 134 kappaletta, ja tämän ryhmittelyn yksittäisistä luontotyypeistä eniten luontokadon aineistoja oli mutapohjilta (79 kappaletta). Valtaosa (61 prosenttia) näihin infralitoraalin luontotyyppeihin liitettyistä aineistoista oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen yleisyys oli 55 prosenttia, eli sama kuin koko aineistossa ja luontotyyppien keskiarvoa hieman korkeampi. Luontokadon todisteita löytyi kaikista luonnon monimuotoisuuden kategorioista lukuun ottamatta Populaatorakenne-, Ekosysteemi-muutos-, ja Muut-kategorioita, ja eniten Taksonin esiintyvyys -kategoriasta. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli melko tasaista kaikissa luonnon monimuotoisuuden kategorioissa (50–69 prosenttia) ja korkeinta Eliöyhteisön rakenne -kategoriassa. Nämä infralitoraalin aineistot eivät koskeneet mikroleviä, eläinplanktonia tai ekosysteemiä, mutta kaikkia muita eliöryhmiä, ja eniten pehmeiden pohjien



pohjaeläimiä. Suurimmat suhteelliset luontokatotodisteiden osuudet koko aineistoissa (1/1) löytyivät tämän luontotyyppiryhmän aineistomäärällisesti harvinaisimmista eliöryhmistä, makroleivistä ja kovien pohjien pohjaeläimistä, mutta myös pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevissa aineistoissa esiintyi luontokadon todisteita yleisesti (60 prosenttia). Tähän luontotyyppiryhmittelyyn liitettyjä luontokatoa osoittavia havaintoja oli Perämerta ja Merenkurkkua lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja suhteellisesti yleisimmin Selkämereltä (67 prosenttia). Myös aineistomäärällisesti harvalukuisessa Useita alueita -merialueeryhmässä luontokadon todisteita esiintyi kaikissa sisällytetyissä aineistoissa (4/4). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli kohtalaista, ja eri ilmenemismuotoja esiintyi 16 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin paikallinen katoaminen (28 prosenttia) ja esiintyvyyden pieneneminen (16 prosenttia) sekä populaation yksilömäärän väheneminen (18 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitettyjä luontokadon todisteita olivat muun muassa näissä luontotyypeissä tyyppillisesti esiintyvien putkilokasvien ja näkinpartaislevien muutokset (myös luku 3.5.3). Läntisellä Suomenlahdella tehdyssä laajassa vesikasvillisuustutkimuksessa vuosina 2005–2007 osoitettiin kolmen näkinpartaislevälajin ja 15 putkilokasvin esiintyvyyden vähenemistä sekä yhden näkinpartaislevän ja yhdeksän putkilokasvin paikallinen katoaminen verrattuna 1930- ja 40-luvuilla tehtyihin inventointeihin (Luther 1951a; b; Pitkänen ym. 2013). Paikallisesti kokonaan kadonneet lajit olivat Itämerennäkinparta, (*Chara baltica*) hiekkapohjilta ja putkilokasveista muun muassa heinävita (*Potamogeton gramineus*) hiekkapohjilta ja vesirikot (*Elatine* sp.) sekasedimenttipohjilta. Läntisellä Suomenlahdella Infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liittyi myös toisessa tutkimuksessa osoitettu punanäkinparran (*Chara tomentosa*) esiintyvyyden väheneminen (Munsterhjelm ym. 2008). Myös eteläisellä Ahvenanmaan merialueella on näihin luontotyypeihin liitetty muutoksia vesikasveissa. Vuosien 1975 ja 2000 välillä putkilokasveista ahvenvidan (*Potamogeton perfoliatus*) runsaus väheni ja hapsivita (*Stuckenia pectinata*) väheni tai oli kokonaan kadonnut tutkimusalueilta, kun taas näkinpartaisista merisykeröparran (*Tolypella nidifica*) runsaus väheni ja mukulanäkinparta (*Chara aspera*) oli kokonaan kadonnut (Roos ym. 2004).

Infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitetyt todisteet käsittivät myös pehmeiden pohjien pohjaeläimissä osoitetut muutokset (myös luku 3.5.6). Läntisellä Suomenlahdella on tutkittu muun muassa mutapohjaisen lahtialueen pohjaeläimistöä vuosien 1928 ja 2000 välillä, ja osoitettu lajirunsauden pieneneminen neljästätoista lajista kahdeksaan lajiin ja selkeä (yli 90 prosenttia) väheneminen kokonaisyksilömäärissä (Laine ym. 2003). Lajisto oli selvästi muuttunut ja kaikkiaan 11 lajia, mukaan lukien kaikki äyriäislajit, olivat kadonneet. Aikaisempi liejukatkan, liejusimpukan sekä surviaissääksitoukkien (*Chironomus* sp.) luonnehtima yhteisö oli muuttunut liejusimpukan ja vieraslajina saapuneen Amerikansukasmadon (*Marenzelleria viridis*) hallitsemaksi yhteisöksi (Laine ym. 2003). Pohjaeläinyhteisössä tapahtuneet muutokset heijastavat selkeästi niiden elinympäristössä, pehmeillä mutapohjilla, tapahtunutta muutosta. Toisessa infralitoraalin hiekkapohjien meriajokasniittyihin keskittyvässä tutkimuksessa samalta merialueelta havaittiin 1960- ja 1970-lukujen vaihteesta vuoteen 1993, heikkenemistä monimuotoisuusindeksissä, lajimäärän vähenemistä neljällä lajilla, sekä selkeitä muutoksia pohjaeläinten yhteisörakenteessa ja vallitsevuussuhteissa (Boström ym. 2002). Saaristomerellä on myös useassa tutkimuksessa raportoitu pehmeiden pohjien pohjaeläinyhteisön lajimäärän ja runsauden vähenemistä, sekä yhteisörakenteen muutoksia muun muassa liejusimpukan vähenemisenä ja vieraslaji amerikansukasmadon runsastumisena (Bonsdorff ym. 1997b; Kraufvelin ym. 2001; Holmström ym. 2007). Laajassa Ahvenanmaan saariston pehmeiden pohjien pohjaeläimistön tutkimuksessa osoitettiin 1980-luvun lopun, rehevöitymisen aikaansaaman tuottavuuden huipun jälkeen taantumista lajirikkaudessa ja runsaudessa, sekä muutoksia lajien välisissä vallitsevuussuhteissa, mutta eri tavoin eri saaristovyöhykkeillä. Yleisesti rehevöitymistä hyvin sietävät lajit kuten surviaissääksitoukat sisä- ja välisaaristossa ja liejusimpukka väli- ulkosaaristossa olivat menestyneet, valkokatkan esiintyminen oli siirtynyt ulkosaaristoon, ja amerikansukasmato oli vakiintunut merkittäväksi lajiksi kaikilla alueilla (Perus and Bonsdorff 2004; Weigel ym. 2015). Selkämerellä, lajikoostumus muuttui ja lajimäärä väheni merkittävästi 1970 luvun alusta 1980-luvulle, ja 1990-luvulle tultaessa aiemmin hallitsevan valkokatkan määrät yleisesti romahtivat ja useilta paikoilta laji katosi kokonaan elinympäristöjen heikentyneiden olosuhteiden (muun muassa happikato) vuoksi (Mattila 1993).





Infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin on liitetty myös muutamia paikallisia kalalajeissa ja kalastossa osoitettuja muutoksia. Muun muassa Ahvenanmaalla suojaisaisan liejupohjaisen kluuvin kalastotutkimuksessa osoitettiin pasurin ja salakan vähentymistä ja särjen, kiiskan, hauen ja ruutanan runsastumista 1970 ja 1980-lukujen välillä ruoppauksen seurauksena (Blomqvist 1984). Saaristomerellä, litoraalin sekasedimenttipohjilta osoitettiin lajimäärän väheneminen, kalaston kokonaisbiomassan romahtaminen (99 prosenttia), sekä useiden aiemmin yleisten sekä harvinaisempien lajien vähenemistä ja joidenkin lajien katoaminen 1970- ja 1980-luvulta 1990-luvulle (Rajasilta ym. 1999). Aikaisemman valtalajin, kolmipiikin (*Gasterosteus aculeatus*) runsaus oli voimakkaasti vähentynyt ja laji oli lähes kokonaan kadonnut. Lisäksi kampelanpoikasten määrät matalilla hiekkapohjilla vähenivät merkittävästi 1980-luvulta 2010-luvulle Ahvenanmaalla (68 prosenttia) ja Suomenlahdella (98 prosenttia; Jokinen ym. 2016), kun taas siianpoikasten määrät vähenivät (50 prosenttia) vastaavasti Selkämeren matalilla hiekkarannoilla 1990-luvulta 2010-luvulle (Veneranta ym. 2013).

Aineiston perusteella tärkein syy näiden infralitoraalin luontotyyppien luontokadon taustalla oli rehevöityminen (Mattila 1993; Bonsdorff ym. 1997b; Kraufvelin ym. 2001; Boström ym. 2002; Laine ym. 2003; Perus and Bonsdorff 2004; Roos ym. 2004; Holmström ym. 2007; Pitkänen ym. 2013; Weigel ym. 2015), mutta myös ruoppausten aiheuttama paikallinen merenpohjan häiriö (Blomqvist 1984; Virtanen ym. 2023) sekä ilmastonmuutoksen vaikutukset on nostettu esille (Weigel ym. 2015).

### Muut arvioinnit ja raportit

Viimeisimmän julkaistun merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviotyön (v. 2011–2016) mukaan infralitoraalin pehmeät pohjien ja sekasedimenttien luonnehtimat elinympäristöt olivat heikossa tilassa kaikilla merialueilla (SYKE 2018c). Lopullisessa Suomen meriympäristön tila raportissa kokonaisarvioita tilasta ei kuitenkaan tiedon puutteen vuoksi voitu tehdä Infralitoraalin hiekkapohjien osalta, ja lopullisessa asiantuntija-arviossa myös Pohjanlahden merialueiden Infralitoraalin sekasedimentit sekä Perämeren liejupohjat ylsivät hyvään tilaan (Korpinen ym. 2018).

Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion luontotyyppimäärittelyjen takia suoraa vertailua Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit luontotyyppiryhmittelyyn on vaikea tehdä<sup>26</sup>, mutta osittain yhteneväisistä luontotyypeistä erittäin uhanalaisiksi arvioitiin pehmeät suursimpukkapohjat ja vaarantuneiksi suojaisat näkinpartaispohjat sekä meriajokaspohjat (Kontula ja Raunio 2018). Osittain yhteneväisistä laajemmista luontotyyppiyhdistelmistä erittäin uhanalaisia olivat rannikon jokisuistot ja vaarantuneita fladat ja kluuvit, kun taas hiekkasärkät jätettiin viimeisimmässä luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa arvioimatta<sup>27</sup> (Kontula ja Raunio 2018). Uhanalaisten luontotyyppien tärkeimmät uhkatekijät olivat vesirakentaminen sekä vesien rehevöityminen ja likaantuminen. EU:n Luontodirektiivin Itämeren vedenalaista luontoa koskevista luontotyypeistä riuttoja lukuun ottamatta kaikki saattavat osittain käsittää Infralitoraalin pehmeiden pohjat ja sekasedimenttien luonnehtimia luontotyyppisiä, ja viimeisimmän (v. 2013–2018) kansallisen raportoinnin mukaan kaikki kyseiset luontotyypit olivat epäsuotuisalla suojelun tasolla (SYKE 2020a).

<sup>27</sup> Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa luontotyyppi tai luontotyyppiyhdistelmä jätettiin kokonaan arvioimatta, mikäli minkään arviointikriteerin käyttämiseksi ei pystytty soveltamaan tai kehittämään sopivaa muuttujaa (Kontula ja Rainio 2018).





### Tietolaatikko 13. Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **kohtalaista**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Selkämeri, Ahvenanmaan merialue, Saaristomeri, **Suomenlahti**
  - eliöryhmät: makrolevät\*, vesikasvit, kovien\* ja **pehmeiden pohjien pohjaeläimet**, kalat
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, merenpohjan fyysinen häiriö
- Muut arvioinnit: merenhoito, luontotyyppien uhanalaisuusarviointi, luontodirektiivi

Tietoa infralitoraalin pehmeitä pohjia ja sekasedimenttipohjia koskevasta luontokadosta on suhteellisen runsaasti. Luontokatoa ilmeni 55 prosentissa aineistoista. Tietoa on kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten Suomenlahdella, mutta yleisimmin Selkämerellä. Infralitoraalin pehmeisiin pohjiin ja sekasedimentteihin liitetty luontokato koskee pääosin pohjaeläinten ja vesikasvien esiintyvyyttä ja runsautta. Luontokadon ilmeneminen on vaihtelevaa, ja luontokato ilmenee yleisimmin esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena sekä populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymisestä, joka mm. heikentää valon saatavuutta kasveille ja happiolosuhteita pohjaeläimille sekä aiheuttaa kilpailua rehevöitymistä suosivien ja vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien välillä. Vakiintuvat vieraslajit muuttavat pohjaeläinyhteisöjä ja ruoppaukset voivat aiheuttaa paikallisesti merkittävää häiriötä. Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit ovat yleisesti heikossa tilassa ja moni näihin liittyvä luontotyyppi on uhanalainen. Tietopuutteita luontotyyppin tilasta on kuitenkin yleisesti, ja ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämeren ja Merenkurkun alueilla. Myös tärkeän avainluontotyyppin, meriajokaspohjien, muutoksista ei ole todennettua tietoa. Näiden luontotyyppien kokonaisvaltaisia, useita eliöryhmiä käsittäviä, seurantoja voisi yleisesti kehittää ja laajentaa uhanalaiskehityksen arvioimiseksi, mutta myös elinvoimaisten tärkeiden avainluontotyyppien osalta luontokadon arvioimiseksi. Erityisesti vedenalaisten hiekkasärkkien uhanalaisuusarviointia tulisi kehittää.

\*vain yksi aineisto

### 3.6.3 Infralitoraalin kovat pohjat ja biogeeniset elinympäristöt

Infralitoraalin kovat pohjat ovat valoisan vyöhykkeen peruskallion ja suurten kivien luonnehtimia merenpohjia, joissa elää monikerroksiset levä- ja selkärangaton yhteisöt, ja infralitoraalin biogeeniset elinympäristöt ovat valoisan vyöhykkeen pohjaan kiinnittyneiden eläimien, tyyppillisesti sinisimpukoiden, muodostamia elinympäristöjä (Davies ym. 2004; Evans 2016). Makrolevät jakautuvat yleensä kolmeen syvyydsvyöhykkeeseen, jotka kaikki ylläpitävät erilaisista selkärangattomista muodostuvaa eläinyhteisöä (Kotilainen ym. 2018b). Levävyöhykkeet määräytyvät pääasiassa valonmäärän mukaan ja ovat matalasta syvempään seuraavat: rihmalevävyöhyke, rakkohauruvyöhyke ja punalevävyöhyke (esimerkiksi Kiirikki 1996). Tyyppillisesti yhtenäisten levävyöhykkeiden alapuolelta, 8–12 metrin syvyydestä, löytyvät tiheet sinisimpukkaesiintymät, mutta niitä voi tavata myös sekä tätä matalammassa että syvemmässä vedessä (Westerbom ja Jattu 2006). Sinisimpukoiden



levinneisyyttä rajoittaa veden suolaisuus, eikä tiheitä sinisimpukkaesiintymiä ja siten merkittäviä luontaisia biogeenisiä ympäristöjä, löydy Merenkurkun pohjoispuolelta tai itäisimmältä Suomenlahdelta (Kotilainen ym. 2018b). Näiden luontotyyppien tärkeimpiä ympäristöjä ovat rakkohauru- ja sinisimpukkapohjat, ja niitä muodostavat päälajit, rakkohauru ja sinisimpukka, ovat molemmat Itämeren avainlajeja (Ahtiainen ym. 2021). Nämä elinympäristöt tarjoavat suojaa ja ravintoa lukuisille muille lajeille (Wikström ja Kautsky 2007; Koivisto ja Westerborn 2010).

### Luontokato aineistossa

Infralitoraalin kovat pohjat oli kaikista yksittäisistä luontotyypeistä aineistossa vallitsevin, ja siihen liittyviä luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi kaikkiaan 134 kappaletta. Infralitoraalin biogeeniset elinympäristöt - luontotyyppiin liittyviä luontokatoa osoittavia havaintoja oli vain yhdeksän kappaletta. Nämä infralitoraalin kovien pohjien ja biogeenisten elinympäristöjen luontokatoaineistot olivat pääosin (84 prosenttia) uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen yleisyys näihin luontotyyppisiin liitetyissä aineistoissa oli 68 prosenttia, eli selvästi sekä koko aineistoa että ja luontotyyppien keskiarvoa korkeampi. Infralitoraalin koviin pohjiin ja biogeenisiin elinympäristöihin liitettyjä luontokadon todisteita löytyi Eliöyhteisön rakenne-, Eliömäärä- ja Taksonin esiintyvyyden luonnon monimuotoisuuskategorioista, joista viimeisimmässä suhteellisesti yleisimmin (71 prosenttia). Näiden luontotyyppien luontokatoaineistot käsittelivät pääosin makroleviä, mutta myös kovien pohjien pohjaeläimiä, eteenkin sinisimpukoita. Makrolevisissä luontokatotodisteiden suhteellinen osuus kaikesta aineistosta oli 66 prosenttia ja kovien pohjien pohjaeläimissä 90 prosenttia. Merialueittain näihin luontotyyppisiin liitettyjä luontokadon todisteita löytyi Perämeren lukuun ottamatta koko rannikolta, ja yksittäisistä merialueista suhteellisesti yleisimmin Suomenlahdelta (92 prosenttia). Myös harvalukuisessa Useita alueita -merialueeryhmässä luontokatotodisteiden suhteellinen yleisyys oli suuri, kaikkien näiden aineistojen sisältäessä luontokadon todisteita (3/3). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli kohtalaista, ja eri ilmenemismuotoja infralitoraalin kovilla pohjilla ja biogeenisissä elinympäristöissä esiintyi 11 kappaletta, joista yleisimpiä olivat lajin paikallinen katoaminen (36 prosenttia), lajinsyvyyslevinneisyyden kaventuminen (22 prosenttia) ja populaation yksilömäärän väheneminen (20 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Infralitoraalin koviin pohjiin ja biogeenisiin elinympäristöihin yhdistettyjä luontokadon todisteita olivat näissä luontotyypeissä tyypillisesti esiintyvien makrolevien ja pohjaeläinten esiintyvyyteen, runsauteen, ja syvyyslevinneisyyteen liitetyt muutokset (myös luvut 3.5.2 ja 3.5.5). Saaristomerellä ja Ahvenanmaan merialueella rakkohaurun esiintyvyyden ja runsaus alkoi pienentyä voimakkaasti 1970-luvulla (Rönnerberg ym. 1985) ja esimerkiksi eteläisellä Saaristomerellä lajin runsaus väheni noin 85 prosenttia vuosien 1993 ja 2001 välillä, eikä selkeää parannusta ole sen jälkeen tapahtunut (Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016). Vielä 1980-luvulla laajoja rakkoleväesiintymiä löydettiin kuitenkin ulkosaaristosta lähes kaikilta kalliota- ja kivipohjilta, kun taas uudemmissa tutkimuksissa rakkolevän esiintyminen on erittäin vähäistä myös ulommissa Saaristomerellä osissa (Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016). Ympäristömallinnukseen perustuen haurujen luonnehtimien elinympäristöjen tila osoittaa selvää heikkenemistä, ja jos nykyinen kehityssuuntaus jatkuu, näiden elinympäristöjen tila saattaa romahtaa 10–15 vuoden kuluessa (Sahla ym. 2020).

Myös muiden makrolevien esiintymisessä sekä laajemmin makroleväyhteisön koostumuksessa on havaittu muutoksia kovilla pohjilla. Ahvenanmaan eteläisen merialueen ulommissa saaristossa makrolevien lajimäärä oli vähentynyt 32 lajista (v. 1956) 26 lajiin (v. 1993), ja edelleen 21 lajiin vuoteen 2018, ja kaikkiaan kahdeksan lajia oli kokonaan kadonnut sitten 1956 (muun muassa ruskolevä tankeahavusuti, *Halopteris scoparia*) ja viisi lajia sitten 1993 (muun muassa punalevä purppuraluulevä, *Polysiphonia fibrillosa*; Eveleens Maarse ym. 2020). Myös toisessa tutkimuksessa eteläiseltä Ahvenanmaalta raportoitiin lajimäärän pienenemistä, 15 levälajin osalta paikallisia katoamisia, sekä yleisesti varsinkin puna- ja ruskolevien runsauksien vähenemistä 1970-luvulta 2000-luvulle (Roos ym. 2004). Lisäksi punalevistä on Suomen rannikolla yleisesti havaittu sekä tavallisempien että harvinaisempien lajien esiintyvyydessä ja kattavuudessa pienenemistä, kun verrattiin vuoden 2015 inventointitietoja 1950–60-lukujen esiintyvyyteen (Rinne ja Kostamo 2022). Jotkut lajit (muun muassa meririsu, *Ahnfeltia plicata*) osoittautuivat aineiston perusteella kokonaan kadonneeksi (Rinne ja Kostamo 2022). Kovien pohjien makrolevien syvyyslevinneisyyden merkittävää kaventumista on raportoitu rakkohaurulla ja eräillä punalevillä. Rakkohauruesiintymien enimmäissyvytydessä on raportoitu yleisesti



useiden metrien pienen-tymistä kautta Suomen rannikon, muun muassa Ahvenanmaan merialueen kaakkoisosissa, Kökarissa, esiintyvyyden enimmäisyvyys oli vähentynyt yhdestätoista metristä noin metriin 1950-luvulta lähtien (Roos ym. 2004; Torn ym. 2006; Rinne ja Salovius-Laurén 2019; Eveleens Maarse ym. 2020). Punalevissä on yleisesti havaittu useiden lajien kohdalla syvyyksilevinneisyyden pienenemistä, varsinkin saariston sisäosissa, sekä syvemmissä vesissä esiintyvien lajien vähenemistä (Rinne ja Kostamo 2022).

Sinisimpukoiden yksilötiheyttä ja biomassaa seurattiin kymmenen vuoden ajan kolmella Suomenlahden ulkosaariston tutkimuspaikalla, ja havaittiin vähenemistä niin nuorissa simpukoissa (rekryytit) kuin aikuisissa simpukoissa (Westerbom ym. 2019). Osoitettu sinisimpukan runsauden vaihtelu liittyi pääasiassa muutoksiin suolaisuudessa, veden lämpötilassa, ja talviolosuhteissa, joihin kaikkiin ilmastonmuutokseen tiedetään vaikuttavan (Westerbom ym. 2019).

Valtaosa infralitoraalin koviin pohjiin ja biogeenisiin elinympäristöihin liitetystä makroleviä ja pohjaeläimiä koskevista muutoksista oli yhdistetty rehevöitymiseen (Roos ym. 2004; Torn ym. 2006; Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016; Eveleens Maarse ym. 2020; Rinne ja Kostamo 2022), mutta joitain myös ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Westerbom ym. 2019; Rinne ja Kostamo 2022). Muutokset sinisimpukkaesiintymisissä heijastavat perusolosuhteiden, kuten suolaisuuden ja lämpötilan, vaihteluja, joihin molempiin ilmastonmuutos vaikuttaa. Rehevöityminen on lisännyt monivuotisten makrolevien kanssa tilasta kilpailevien yksivuotisten rihmalevien määrää (Bonsdorff ym. 1997a; b; Eveleens Maarse ym. 2020), joka näkyy myös pohjia peittävien irtonaisista rihmalevistä koostuvien levämattojen runsastumisena (Roos ym. 2004). Rehevöityminen myös lisää planktonlevien ja muun orgaanisen irtoaineksen määrää, mikä taas samentaa vettä ja heikentää valon saatavuutta makrolevien käyttöön, ja laskeutuessaan aiemmin puhtaille kallio- ja kivipohjille heikentää makrolevien kiinnittymistä alustaansa (Berger ym. 2003). Valon läpäisevyyttä kuvaavan näkösyvyyden perusteella tehdyt mallinnustulokset osoittivat, että valon saatavuuden heikkeneminen on vähentänyt rakkohaurun vallitsevuudelle suotuisia alueita sadan vuoden aikana 45 prosentilla, ja viimeisen 50 vuoden aikana (1955–2005) keskimääräinen yli 30 prosenttia. (Sahla ym. 2020).

### **Muut arviot ja raportit**

Viimeisimmän julkaistun merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila -arviotyön (v. 2011–2016) mukaan infralitoraalin kovat pohjat olivat Merenkurkkua lukuun ottamatta heikossa tilassa kaikilla merialueilla (SYKE 2018c). Suomen meriympäristön tila -raportin lopullisessa asiantuntija-arviossa lisäksi myös Perämeren infralitoraalin kalliopohjat ylsivät hyvään tilaan (Korpinen ym. 2018).

Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion luontotyyppimäärittelyjen takia suoraa vertailua Infralitoraalin koviin pohjiin on vaikea tehdä, mutta osittain yhteneväisistä luontotyypeistä erittäin uhanalaisiksi arvioitiin hauru- ja punalevöpohjat, kun taas sinisimpukkapohjat ja merirokkopohjat eivät olleet uhanalaisia tai silmälläpidettäviä (Kotilainen ym. 2018a). Infralitoraalin kovien pohjien ja biogeenisten elinympäristöjen kanssa osittain yhteneväinen Riutat-luontotyyppiyhdistelmistä jätettiin viimeisimmässä luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa arvioimatta (Kotilainen ym. 2018a). EU:n Luontodirektiivin Itämeren luontotyypeistä riutat sekä ulkosaariston luodot ja saaret luontotyypin vedenalaiset osat vastaavat melko hyvin Infralitoraalin kallio-/kivipohjat -luontotyyppiä, ja viimeisimmän (v. 2013–2018) kansallisen raportoinnin mukaan kyseisten luontotyyppien suojelun tasot arvioitiin epäsuotuisiksi ja riittämättömiksi (SYKE 2020a).



#### Tietolaatikko 14. Infralitoraalin kovat pohjat ja biogeeniset\* elinympäristöt

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **yleistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **kohtalaista**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Merenkurkku, Selkämeri, **Ahvenanmaan merialue**, Saaristomeri, Suomenlahti
  - eliöryhmät: **makrolevät**, kovien pohjien pohjaeläimet, kalat
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin paikallinen katoaminen ja syvyyslevinneisyyden kaventuminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: merenhoito, luontotyyppien uhanalaisuusarviointi, luontodirektiivi

Tietoa infralitoraalin kovia pohjia ja biogeenisiä\* elinympäristöjä koskevasta luontokadosta on suhteellisen runsaasti. Luontokatoa ilmeni lähes 70 prosentissa aineistoista. Tietoa on Perämeren lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten Ahvenanmaalla, mutta yleisimmin Suomenlahdella. Infralitoraalin koviin pohjiin ja biogeenisiin elinympäristöihin liitetty luontokato koski pääosin makrolevien ja sinisimpukoiden esiintyvyyttä ja runsautta, ja luontokato ilmeni yleisimmin paikallisena katoamisena ja syvyyslevinneisyyden kaventumisena, sekä runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat pääosin seurausta rehevöitymisestä, joka heikentää valon saatavuutta vedessä ja makrolevien kiinnittymistä alustansa. Biogeenisten elinympäristöjen muutokset johtuvat avainympäristömuuttujien (mm. suolaisuus ja lämpötila) määrittämistä epäsuotuisista olosuhteista, joiden ilmastonmuutokseen liitetystä yleistymisestä on viitteitä. Infralitoraalin kovat pohjat ovat monin paikoin heikossa tilassa ja muutama näihin liittyvä luontotyyppi (mm. avainluontotyyppi haurupohjat) on uhanalainen. Tietopuutteita on makroleväpohjien ajallisten muutosten suhteen varsinkin Perämerellä ja sinisimpukkapohjien suhteen Suomenlahtea lukuun ottamatta kaikilla merialueilla. Kovien pohjien kokonaisvaltaisia, useita eliöryhmiä käsittäviä, seurantoja voisi yleisesti kehittää ja laajentaa uhanalaiskehityksen arvioimiseksi, mutta myös erityisesti avainluontotyyppien osalta luontokadon arvioimiseksi. Erityisesti vedenalaisten riuttojen uhanalaisuusarviointia tulisi kehittää.

\*pohjaan kiinnittyneiden eläimien, tyypillisesti sinisimpukoiden, muodostamia elinympäristöjä

### 3.6.4 Litoraalin vesimassa

Litoraalin vesimassa -luontotyyppi käsittää täysin sekoittuneen matalan suolapitoisuuden vesipatsaan ja esiintyy suhteellisen matalilla rannikkoalueilla maalta tulevan makean veden valunnan vaikutusalueella (Davies ym. 2004; Evans 2016). Suomessa tätä luontotyyppiä esiintyy kaikilla rannikkoalueilla, mutta veden suolaisuus vaihtelee yleisesti etelästä pohjoiseen ja lännestä itään, sekä ulkosaaristosta sisäsaaristoon päin. Litoraalin vesimassa muodostaa elinympäristön varsinkin levä- ja eläinplanktonille, jotka ovat perusta rannikon ekosysteemeille.

#### Luontokato aineistossa

Litoraalin vesimassaan liittyviä luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi hyvin niukasti, vain viisi kappaletta. Näistä vain kaksi oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys



oli 25 prosenttia, eli kokonaiskeskiarvoa selvästi matalampi. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä- ja Eliöyhteisön rakenne -kategorioista, joista jälkimmäisessä kappalemääräisesti eniten ja suhteellisesti yleisimmin (80 prosenttia). Eliöryhmittäin tarkasteltuna tässä luontotyyppissä luontokadon todisteita sisälsi eläinplanktonia koskeva yksi aineisto ja neljännes mikroleväaineistosta. Merialueittain vesimassaan liittyviä luontokadon todisteita löytyi Suomenlahdelta ja suurimmalla suhteellisella yleisyydellä Selkämereltä, jossa yksi kaikkiaan kahdesta aineistosta osoitti luontokatoa. Luontokadon eri ilmenemismuotoja tässä ryhmässä oli vain kaksi, muutos eliöyhteisön rakenteessa (neljä tutkimushavaintoa) ja populaation biomassan väheneminen (yksi tutkimushavainto).

### **Kirjallisuuskatsaus**

Litoraalin vesimassa -luontotyyppiin yhdistettyjä luontokadon todisteita olivat tässä luontotyyppissä tyypillisesti esiintyviin planktonleviin ja eläinplanktoniin liitetyt muutokset (myös luvut 3.5.1 ja 3.5.4). Suomenlahdelta ja Selkämereltä on osoitettu yleisesti rehevöitymistä suosivien lajien (muun muassa useat syanobakteerit) runsastumisia vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella varsinkin 1970- ja 1980-luvulta eteenpäin (Keskitalo 1987; Finni ym. 2001; Ilus ja Keskitalo 2008). Suomenlahdella on myös sisälahtien eläinplanktoniyhteisössä osoitettu samantyyppisiä muutoksia kohti rehevöitymistä suosivien lajien vallitsevuutta (Finni ym. 2001). Eläinplanktoniyhteisöjen muutokset vaihtelivat kuitenkin ajallisesti eri alueiden välillä 1900-luvun alkupuolelta aina 1970-luvulle riippuen paikallisesta rehevöitymisen kehityksestä. Litoraalin vesimassassa tapahtuneiden negatiivisten muutosten lisäksi löytyi mikroleväaineistoja, jotka eivät osoittaneet luontokatoa vaan positiivisia muutoksia. Tällaisia olivat varsinkin rehevöitymiseen liitetty yleinen kokonaiskasviplanktonin määrän lisääntyminen yli ajan Suomenlahdella (Reuss ym. 2005; Fernandes ym. 2012) ja Selkämerellä (Keskitalo 1987). Tällaiset muutokset on usein muissa yhteyksissä tulkittu kielteisinä meriympäristön tilan muutoksina.

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) ei suoranaisesti ole arvioitu rannikon vesimassaa elinympäristönä merenpohjien tapaan, mutta veden tilaa elinympäristönä on arvioitu erityisesti rehevöitymistilan sekä kasvi- ja eläinplanktoniyhteisöjen kautta (Korpinen ym. 2018). Rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan kaikki Suomen rannikkovesialueet olivat hyvää tilaa huonommassa tilassa, mutta tilanne oli heikoin Suomenlahdella ja Saaristomerellä (Korpinen ym. 2018). Rannikkovesityyppitasolla rehevöitymistilaa kuvaavat ravinneindikaattorit sekä näkösyvyys ylsivät hyvän tilan raja-arvoihin Merenkurkun ja Perämeren ulommilla rannikkovesillä ja ravinteiden osalta Ahvenanmaan rannikkovesillä, mutta muilla alueilla ilmensivät heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018). Kasviplanktonin a-klorofyllin osalta kaikki rannikkoalueet olivat heikossa tilassa, ja eläinplanktonin tilaa kuvaavaa indeksiä ei ole laskettu rannikkovesille (Korpinen ym., 2018). Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarviossa vesimassaa kuvastavia ulappatyyppisiä on kuvattu vain avomerialueelle (Kontula ja Raunio 2018). EU:n luontodirektiivin suojeltavien luontotyyppien joukossa ei ole vesimassaa kuvaavia luontotyyppisiä (SYKE 2020a).



### Tietolaatikko 15. Litoraalin vesimassa

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **vähäistä**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Selkämeri\*, **Suomenlahti**
  - eliöryhmät: **mikrolevät**, eläinplankton\*
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: muutos eliöyhteisön rakenteessa, populaation biomassan väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ympäristöolosuhteiden vaihtelut
- Muut arvioinnit: (vesienhoito), (merenhoito)

Tietoa vesimassaa koskevasta luontokadosta on hyvin niukasti. Luontokatoa ilmeni lähes neljänneksessä aineistoista. Tietoa on kahta pohjoisinta merialuetta lukuun ottamatta kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten Suomenlahdella, mutta yleisimmin Selkämerellä. Litoraalin vesimassaan liitetty luontokato koskee pääosin mikrolevin yhteisörakennetta sekä populaation runsautta, ja luontokato ilmenee muutoksena eliöyhteisön rakenteessa ja populaation runsauden vähenemisenä. Yleisesti ottaen nämä muutokset ovat seurausta rehevöitymistä suosivien lajien runsastumisesta vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella. Tietopuutteita koskien litoraalin vesimassan planktonlevien ajallisia muutoksia on varsinkin Perämeren, Merenkurkun ja Ahvenanmaan merialueen matalilla rannikkoalueilla. Vakavia tietopuutteita on matalien (< 10 m) rannikkovesien eläinplanktonin yhteisörakenteen ja runsauden muutoksista kaikilla Suomen merialueilla. Litoraalin vesimassan seurantoja tulisi yleisesti edistää ja laajentaa mm. rannikon ulappatyypien uhanalaiskehityksen arvioimiseksi. Vesimassan seuranta ja arviointia osana matalien rannikkoalueiden luontotyyppikokonaisuuksien (mm. sisälahdet ja rannikon laguunit) arviointia voisi edistää ja laajentaa, ja niihin perustuvaa luontokadon arviointia kehittää.

\*vain yksi aineisto

### 3.6.5 Useat ympäristöt

Useat ympäristöt -ryhmä käsitti sellaisia aineistoja, joiden tiedettiin liittyvän kahteen tai useampaan luontotyyppiin tai aineistoja, joiden yhteyttä tiettyyn yksittäiseen luontotyyppiin ei voitu varmuudella tietää.

#### Luontokato aineistossa

Tämän ryhmän luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi kaikista luontotyyppiryhmistä eniten, kaikkiaan 140 kappaletta, ja valtaosa (75 prosenttia) näistä aineistoista oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä. Luontokadon suhteellinen yleisyys oli 50 prosenttia, eli sama kuin luontotyyppien keskiarvo ja koko aineistoa hieman matalampi. Luontokadon todisteita löytyi kaikista luonnon monimuotoisuuden kategorioista ja suhteellisesti yleisimmin (91 prosenttia) Muut-kategoriasta, joka sisälsi geneettinen erilaistumista, lajin/populaation yleistilaa ja lajin/populaation fenologiaa koskevat luonnon monimuotoisuuden elementit. Useat ympäristöt -luontotyyppiryhmään liitetyt aineistot koskivat mikroleviä, vesikasveja, pohjaeläimiä, ekosysteemiä ja lukumäärällisesti ylivoimaisesti eniten kaloja. Luontokatotodisteiden suhteellinen yleisyys oli korkein (77 prosenttia) mikroleviä koskevissa aineistoissa. Tähän luontotyyppiryhmään liitettyjä luontokadon aineistoja löytyi kaikilta merialueilta, ja suhteellinen yleisyys vaihteli 40 ja 57 prosentin välissä. Luontokatoa



osoittavien aineistojen suhteellinen yleisyys oli suurinta Perämerellä, Saaristomerellä ja Suomenlahdella ja pienintä Ahvenanmaan merialueella. Luontokadon ilmeneminen oli erittäin moninaista, ja eri ilmenemismuotoja kaikkiaan löytyi 31 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation biomassan (34 prosenttia) ja yksilömäärän väheneminen (6 prosenttia) sekä muutos eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa (6 prosenttia).

### **Kirjallisuuskatsaus**

Useat ympäristöt -ryhmään yhdistetyt luontokadon todisteet olivat yksittäisiin luontotyyppeihin soveltumattomia, usein laajempia kokonaisuuksia (yhteisöjä tai ekosysteemejä), laajempia tutkimuksia (muun muassa maantieteellisesti laajat vesikasvi- ja pohjaeläintutkimukset), tai suuren liikkuvuuden omaavia ja useita luontotyyppejä hyödyntäviä eliöitä (tässä varsinkin kalat) käsittäviä aineistoja. Useat ympäristöt-ryhmään liitetyt mikroleviä koskevia luontokadon todisteita olivat sedimenttikerrostumien perusteella tutkitut pohjalla elävien perifyyttisten ja vesimassan pelaagisten piilevien muodostamien yhteisöjen muutokset Suomenlahdella ja Saaristomerellä (myös luku 3.5.1). Perifyyttinen piilevälajisto tuhoutui monin paikoin lähes kokonaan viime vuosisadan puoleenväliin mennessä, kun vastaavasti rehevöitymistä suosivat planktoniset lajit taas runsastuivat (Korhola ja Blom 1996; Weckström 2006; Weckström ym. 2007). Useat ympäristöt-ryhmän vesikasveja koskevat luontokadon todisteet liittyivät läntisellä Suomenlahdella tehtyyn laajaan hydro- ja infralitoraalien pehmeitä ja sekasedimenttipohjia kattavaan vesikasvillisuustutkimukseen (myös luku 3.5.3). Tutkimuksessa kaikkiaan kymmenen lajia oli kokonaan kadonnut tutkimusalueelta, ja merkittävää esiintyvyyden vähenemistä havaittiin 18 (38 prosenttia kaikista) lajilla, kun verrattiin 1930- ja 40-lukujen tuloksia vuosiin 2005–2007 (Pitkänen ym. 2013). Erityyppisiä pehmeitä pohjia kattaneessa laajassa pohjaeläintutkimuksessa Ahvenanmaan merialueella osoitettiin lajimäärän pienenemistä 1970-luvulta 1990-luvulle (Bonsdorff ym. 1992). Useat ympäristöt-ryhmään liitetyt luontokadon todisteita oli eniten Kalat-eliöryhmästä, kun suurin osa runsaslukuisesta kala-aineistosta oli liitetty juuri tähän tarkemmin määrittelemättömään luontotyyppiin. Kaloja koskevia luontokadon todisteita oli kaikilta merialueilta, ja ne liittyivät yleisimmin eliömäärän muutoksiin mutta käsittivät laajasti myös muita luonnon monimuotoisuuden elementtejä (myös luku 3.5.7). Yleisesti Suomen rannikolla etenkin lämpimämpään veteen sopeutuneet makeanveden lajit ovat hyötäneet rehevöitymisestä ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista, kun taas useimmat kylmään veteen sopeutuneisiin meri- tai vaelluskalalajeihin ympäristöolosuhteiden muutokset ovat vaikuttaneet kielteisesti (muun muassa Lappalainen ja Pesonen 2000; Lappalainen ym. 2001; Jutila ym. 2007; Veneranta ym. 2013; Jokinen ym. 2015; Rajasilta ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022). Useat ympäristöt-ryhmään liitetyt ekosysteemitason muutokset (myös luku 3.5.8) käsittelivät rannikon ravintoverkon dynamiikan systeemimuutoksia Ahvenanmaan merialueella (Yletyinen ym. 2015), ilmastonmuutoksen vaikutuksia rannikon ekosysteemiin (Viitasalo ja Bonsdorff 2022), rehevöitymisen vaikutuksia Saaristomeren ja Ahvenanmaan merialueilla (Bonsdorff ym. 1997a; b; Leppäkoski ym. 1999; Rönnberg ja Bonsdorff 2004) sekä Selkämerellä (Rönnberg ja Bonsdorff 2004). Ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten hellejaksot ja aleneva meriveden suolapitoisuus, vaikuttavat kielteisesti moniin keskeisiin merilajeihin kuten meriajokkaaseen, rakkolevään ja sinisimpukkaan (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Rehevöityminen on aiheuttanut muun muassa rakkohaurun vähenemistä lisääntyneiden yksivuotisten rihmalevien kustannuksella, sekä yhteisörakenteen muutoksia pehmeiden pohjien pohjaeläimistöissä ja rannikon kalastossa (Bonsdorff ym. 1997a; b; Leppäkoski ym. 1999; Rönnberg ja Bonsdorff 2004).



### Tietolaatikko 16. Useat ympäristöt\*

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suurta**
- Luontokadon esiintyminen
  - merialueet: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenenmaan merialue, Saaristomeri, **Suomenlahti**
  - eliöryhmät: mikrolevät, vesikasvit, pehmeiden pohjien pohjaeläimet\*\*, **kalat**, useat eliöryhmät ja ekosysteemi
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation biomassan ja yksilömäärän väheneminen, muutos eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: (vesienhoito), (merenhoito)

Tietoa useat ympäristöt-ryhmää koskevasta luontokadosta on hyvin runsaasti. Luontokatoa ilmeni puolessa aineistoista. Tietoa on kaikilta merialueilta ja luontokatoa on havaittu eniten Suomenlahdella, mutta yleisimmin Perämerellä. Useat ympäristöt -ryhmään liitetty luontokato koski pääosin kalojen runsautta, ja luontokato ilmeni yleisimmin populaatioiden runsauden vähenemisenä ja muutoksina lajien vallitsevuudessa. Muutokset ovat seurausta monesta tekijästä: kalastuksesta, elinympäristöjen heikkenemisestä, rehevöitymisen ja ilmastonmuutoksen moninaisista vaikutuksista, sekä välillisistä vaikutuksista ekologisten vuorovaikutusten kautta. Tietopuutteita on monessa erillisessä luontotyypissä ja laajemmin ilmastonmuutoksen, rehevöitymisen ja muiden paineiden sekä luontokadon eri ilmenemismuotojen kumulatiivisista yhteisvaikutuksista ekosysteemitasolla. Ekosysteemitason arviointia ja siihen tarvittavia kuvaajia ja indikaattoreita tulisi edelleen kehittää. Lisäksi erityisesti useita luontotyyppiä hyödyntävän rannikon kalaston seurantoja voisi laajentaa kattamaan myös Pohjanlahden rannikkoalueet, ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*Useat ympäristöt -ryhmä käsitti sellaisia aineistoja, joiden tiedettiin liittyvän kahteen tai useampaan luontotyyppiin tai aineistoja, joiden yhteyttä tiettyyn yksittäiseen luontotyyppiin ei voitu varmuudella tietää

\*\*vain yksi aineisto

## 3.7 Luontokato merialueittain

Suomen rannikko on pitkä ja rantaa on paljon. Lisäksi Ahvenanmaan ja Saaristomeren saaristot lisäävät rantaviivan mittaa. Tälle matkalle mahtuu runsaasti matalia rannikkoalueita. Rannikkoalueet eivät kuitenkaan ole samanlaisia kaikkialla, vaan eroavat toisistaan muun muassa pohjan laadun ja muotojen, mutta erityisesti suolaisuuden suhteen, mikä taas määrittää mitkä eliölajit voivat elää missäkin. Muut ympäristöolosuhteet, kuten veden ravinnepitoisuudet sekä valon määrän ja lämpötilan vuodenaikavaihtelut, ovat myös erilaisia eri puolilla rannikkoa, mikä taas vaikuttaa ekosysteemien tuottavuuteen ja sitä ylläpitävien ravintoverkkojen toimintaan ja tasapainoon. Näin eri puolilla rannikkoa on siis erityyppisiä elinympäristöjä, joissa elää omanlaisensa lajisto ja niistä muodostuvia yhteisöjä ja ekosysteemejä.

Suomen rannikko on jaettu kuuteen merialueeseen Itämeren ala-allasjaon mukaisesti (HELCOM 2013a; luku 1.1.1). Merialuejaottelu on yhtenäinen Itämeren valtioiden kesken, ja sitä käytetään laajemman tason meriluontoa koskevassa hallintotyössä ja Suomen meriympäristön ja koko Itämeren kattavissa tila-





arvioinneissa. Laajempien alueellisten ominaispiirteiden huomioon ottaminen on kohdentamisen ja onnistumisen kannalta tärkeää meriluonnon tilan arvioinnissa, sekä käyttöä ja suojelutoimenpiteitä suunniteltaessa ja toimeenpantaessa. Näiden seikkojen vuoksi myös luontokadon tarkastelu merialueetasolla on perusteltavissa.

Suomen merialueiden tila on yleisesti heikko. Viimeisimmän julkaistun merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arvion mukaan (v. 2011–2016) millään luonnon monimuotoisuuden mittarilla, hallikantaa lukuun ottamatta, tila ei ollut hyvä kaikilla Suomen merialueilla, eikä mikään merialue ollut hyvässä tilassa kaikkien mittareiden mukaan (Korpinen ym. 2018). Rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan kaikki Suomen rannikkovesialueet olivat hyvää tilaa huonommassa tilassa, mutta tilanne oli heikoin Suomenlahdella ja Saaristomerellä (Korpinen ym. 2018). Merkittävä osa myös merenpohjan elinympäristöistä oli heikossa tilassa, ja rannikon matalien litoraalialueiden elinympäristöt eivät yltäneet kokonaan hyvään tilaan millään merialueella (SYKE 2023c). Myös vesienhoidon tila-arvio on synkkä. Viimeisimmän julkaistun arvioinnin (v. 2011–2016) mukaan vain reilu 10 (6 prosenttia) yli 200 arvioidusta rannikon vesimuodostumista ja 13 prosenttia pinta-alasta ylsi hyvään ekologiseen tilaan (HERTTA 2023). Missään ei päästä erinomaiseen ekologiseen tilaan. Hyvässä tilassa olevat rannikkoalueet löytyvät Pohjanlahdelta. Suomenlahden rannikko on pääosin välttävissä tilassa, kuin myös monet Saaristomeren sisälahdet.

Tämän raportin kirjallisuushausta saadut aineistot eivät pääosin käsitelleet suoranaisesti merialueiden tilaa tai laajemmin niissä tapahtuneita muutoksia (poikkeuksena muun muassa muutama rehevöitymisen laajoja vaikutuksia merialueittain tarkasteleva kirjallisuuskatsaus), vaan yleisesti eliölajeja ja -ryhmiä ja niiden muodostamia yhteisöjä. Aineistojen lähdekirjallisuudessa annetuista tutkimusten taustatiedoista oli kuitenkin pääsääntöisesti mahdollista selvittää aineistojen maantieteellinen sijoittuminen ja siten yhdistää aineistot merialueisiin. Aineistoja, jotka käsittivät selkeästi yksittäistä merialueita useampia merialueita tai aineistoja, joita ei selkeästi pystytty yhdistämään tiettyyn merialueeseen vaan olivat luonteeltaan yleisiä tai suurempia kokonaisuuksia kattavia, liitettiin Useat alueet -merialuekategoriaan.

Aineiston luontokadon todisteet olivat peräisin kaikilta Suomen merialueilta. Luontokadon aineistoja oli enemmän eteläisiltä merialueilta kuin pohjoisilta, ja eniten (35 prosenttia) Ahvenanmaan merialueelta (kuva 3). Luontokadon merialuekohtainen suhteellinen yleisyys vaihteli melko vähäisesti (51–60 prosenttia) ja oli keskimäärin 56 prosenttia ( $\pm 4$  prosenttia). Suomenlahdelta peräisin oleva aineisto oli siinä suhteessa kattavin, että tämän merialueen luontokadon todisteita löytyi kaikista raportista esiintyneistä rantavyöhykkeen luontotyypeistä ja eliöryhmistä sekä lähes kaikista luonnon monimuotoisuuden kategorioista. Eniten (25 kappaletta) erilaisia luontokadon ilmenemismuotoja löytyi Saaristomeren merialueelta (Liite 5, taulukko 5.3). Taulukossa 5 esitetään yhteenveto tutkimuskirjallisuusaineiston merialuekohtaisen tarkastelun tulokset koskien aineistomäärä, luontokadon yleisyyttä ja luontokadon moninaisuutta.

Merialuekohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioittain, eliöryhmittäin ja luontotyypeittäin on esitetty Liitteen 3 kuvakollaasissa (kuva 3.28). Alla on käsitelty erikseen jokaisen merialueen osalta luontokadon esiintyvyys, yleisyys sekä luontokadon eri ilmenemismuodot (Liite 5, taulukko 5.3) esimerkkeineen. Lisäksi esitellään merialueita koskevat tiedot vesien- ja merenhoidon, sekä HELCOMin tila-arvioista. Kutakin merialuetta käsittelevän luvun lopussa keskeisimmät tulokset ja johtopäätökset on tiivistetty tietolaatikkoon. Tietolaatikossa aineistomäärällä tarkoitetaan kirjallisuushaun perusteella sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellistä artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatotodisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetystä aineistosta kunkin merialueen kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä kertoo, kuinka monella eri tavalla luontokato aineistossa ilmenee ja määrä on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luontokadon esiintymisellä viitataan luontokatotodisteiden löytymiseen ja määrään aineistossa, ja tietolaatikoissa on listatta eliöryhmät ja luontotyypit, joissa tämän mukaisesti luontokatoa esiintyy ja lihavoituna on merkitty suurin esiintyvyys. Lisäksi tietolaatikoissa on esitetty kunkin eliöryhmän merkittävimmät luontokadon ilmenemismuodot sekä yleisimmät luontokadon taustalla olevat syyt. Tietolaatikoiden luokittelujen määritelmät ja perustelut on selitetty tarkemmin raportin luvussa 2.2.2.



**Taulukko 5. Yhteenveto sisällytettyyn tutkimuskirjallisuuteen perustuvista tuloksista merialueittain.** Aineistomäärällä tarkoitetaan sisällytettyjen luonnon monimuotoisuuden muutoksia käsittelevien tieteellisten artikkeleista peräisin olevien aineistojen määrää, joka on luokiteltu niukaksi, kohtalaiseksi tai runsaaksi. Luontokadon yleisyydellä tarkoitetaan luontokatoa todisteiden suhteellista osuutta kaikesta sisällytetystä aineistosta kunkin merialueen kohdalla, ja yleisyys on luokiteltu vähäiseksi, kohtalaiseksi tai yleiseksi. Erilaisten luontokadon ilmenemismuotojen määrä aineistossa on luokiteltu suppeaksi, kohtalaiseksi tai suureksi. Luokittelujen määritelmät ja luokkarajat on selitetty tarkemmin luvussa 2.2.2.

	Aineistomäärä			Luontokadon yleisyys			Luontokadon ilmenemismuotojen määrä		
	niukka	kohtalainen	runsaas	vähäistä	kohtalaista	yleistä	suppeaa	kohtalaista	suurta
<b>Merialueet</b>									
Perämeri	■				■		■		
Merenkurkku	■				■		■		
Selkämeri	■				■			■	
Ahvenenmaan merialue			■		■				■
Saaristomeri		■			■				■
Suomenlahti			■		■				■
Useat alueet	■				■		■		

### 3.7.1 Perämeri

#### Luontokato aineistossa

Perämeren merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi melko vähän, vain 21 kappaletta. Näistä valtaosa (81 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys Perämerellä oli 53 prosenttia, eli aavistuksen matalampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä-, Yksilöominaisuudet-, Populaatorakenne- ja Muut-kategorioista, joista suhteellisesti yleisimmän (100 prosenttia) Populaatorakenne-kategoriasta. Perämeren alueelta luontokadon todisteita sisältäviä aineistoja oli yksinomaan Kalat-eliöryhmässä, jossa niiden suhteellinen yleisyys oli 54 prosenttia. Luontotyyppittäin tarkasteltuna kaikki Perämeren luontokatoaineistot liittyivät tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt -ryhmään, jossa luontokadon suhteellinen yleisyys oli 57 prosenttia. Erilaisten luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli suppeaa, ja eri ilmenemismuotoja Perämereltä oli yhdeksän kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat muutos populaation keski-ikässä/ikäjakaumassa (33 prosenttia), populaation biomassan väheneminen (29 prosenttia) ja muutos sukukypsytydessä (10 prosenttia).

#### Kirjallisuuskatsaus

Perämeren merialueen kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteet liittyivät yksinomaan kaloihin (myös luku 3.5.7). Perämeren rannikolla on 1980-luvulta 2010-lukuun nähty taantumista silakka-, meritaimen-, ja siikakannan koossa on (McCairns ym. 2012; Lappalainen ym. 2020; Peltonen ja Weigel 2022). Siioissa on myös nähty sukukypsytyden aikaistumista ja vanhempien kookkaiden kalojen suhteellista vähenemistä (Veneranta ym. 2021), mikä todennäköisesti on pienentänyt kannan lisääntymis- ja tuottokapasiteettia (Birkeland ja Dayton 2005). Lisäksi on osoitettu siian kutukantojen välisen geneettisen erilaistumisen vähenemistä sekä pidemmällä tarkastelujaksolla tehollisessa populaatiokoon (Ne) romahdus (99 prosenttia), millä saattaa olla vaikutuksia siikapopulaation sopeutumiskykyyn erilaisten ympäristönmuutosten edessä (McCairns ym. 2012). Siian lisäksi on viitteitä Perämeren muikkukannan taantumisesta 1990-luvulle tultaessa, sekä merkkejä silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumisesta (Weigel ym. 2021). Muutokset Perämeren kalakannoissa on liitetty muun muassa kalastukseen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin, ja meritaimenen osalta myös virtavesien lisääntymisalueisiin liittyviin ongelmiin (Jutila ym. 2007; McCairns ym. 2012; Lappalainen ym. 2020; Veneranta ym. 2021; Weigel ym. 2021).

#### Muut arvioinnit ja raportit

Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pintavesien ekologinen tila oli Perämerellä hyvää huonompi 77 prosentissa alueen rannikkovesien pinta-alasta (Laine ym. 2022; Ränä ym. 2022a; b;



Westberg ym. 2022). Ekologinen tila oli huonontunut viime arviointikauteen verrattuna, varsinkin uloimmissa rannikkovesissä, mutta Perämeren rannikkovesien luokittelu on ongelmallista, sillä biologiset laatutekijät eivät riittävästi huomioi Perämeren ominaispiirteitä (Laine ym. 2022; Ränkä ym. 2022a; b). Biologisten tilakuvaajien suhteen 65 prosenttia arvioituista vesimuodostumista oli tyydyttävässä tilassa ja 20 prosenttia ylsi hyvään tilaan (HERTTA 2023). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 82 prosentissa arvioituista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Rakkohaurukasvustot puuttuvat Perämeren alueelta, eikä rakkohaurun alakasvuraja siten voi käyttää biologisena luokittelutekijänä (ELY-keskukset 2022). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 68 prosentissa arvioituista vesimuodostumista (HERTTA 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Perämeren rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Ravinneindikaattoreiden (kokonaistyyppi ja -fosfori) perusteella Perämeren ulommat rannikkovedet olivat kuitenkin hyvässä tilassa. Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonaisarvioinnissa puolet Perämeren merialueesta oli tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta hyvässä tilassa, ja infralitoraalin osalta koko merialue oli heikossa tilassa (SYKE 2023c). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makroleväindikaattorin tilaa ei Perämerellä arvioida rakkohaurun ja seurattavien punalevien puuttumisen takia. Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinten osalta hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu Perämerellä (SYKE 2023c). Kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa meritaimenen tila arvioitiin heikoksi Perämerellä, ja heikko tila liitettiin kutuvesistöjen ongelmiin sekä kalastukseen (Korpinen ym. 2018). Rannikon kalakantojen osalta ahven- ja kuhakantojen tila oli hyvä, mutta vaellussiian ja meritaimenen tila heikko (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023d). Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa, kuin myös särkikalaindikaattori, joka kuvastaa sitä parempaa tilaa mitä vähemmän särkikaloja on (SYKE 2023d). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Perämeren merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteetti-arvioinnissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arvio, ja molemmat sitä kuvaavat planktonleväindikaattorit osoittivat heikkoa tilaa Perämerellä (HELCOM 2023a). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila osoitti samaisessa arvioinnissa hyvää tilaa. Rannikon avainlaji-indikaattori (petokalat) osoitti hyvää tilaa, ja avainlajiryhmä-indikaattoria (särkikalat) sekä avainlajien koko -indikaattoria (ahven ja kuha) ei Perämeren osalta arvioitu (HELCOM 2023f; g; h). Meritaimenen jokipoikasmääriin perustuva indikaattori osoitti heikkoa tilaa Perämerellä (HELCOM 2023i).



### Tietolaatikko 17. Perämeri

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: **kalat**
  - luontotyypit: **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: muutos populaation keski-ikässä/ikäjakaumassa, populaation biomassan väheneminen
- Tärkeimmät paineet: kalastuksen aiheuttama suora kuolleisuus, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Perämeren merialuetta koskevasta luontokadosta on niukasti. Luontokatoa ilmeni reilussa 50 prosentissa aineistoista. Tietoa on kaloista ja useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä\*, ja luontokatoa on havaittu kaloista ja niissä hyvin tavallisesti. Tieto liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään, jossa luontokatoa on havaittu hyvin tavallisesti. Perämerellä luontokato koskee pääosin kalojen populaatorakennetta ja runsautta. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on melko suppeaa, ja luontokato ilmenee yleisimmin populaatioiden runsauden vähenemisenä ja muutoksina lajien vallitsevuudessa. Muutokset ovat seurausta muun muassa kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tietopuutteita on kaikissa luontotyypeissä ja eliöryhmissä, varsinkin tyrskyvyöhykkeeltä sekä eläinplanktonista ja makrolevistä. Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuusseurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Eteenkin eläinplanktonin ja makrolevy yhteisön seuranta ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi Perämeren pohjaeläin arviointia tulisi kehittää alueiden lajiston ominaispiirteitä paremmin huomioivaksi, ja rannikon kalaston kansallisia koeverkkokalastus-seurantoja voisi laajentaa kattamaan myös Perämeren rannikkoalueet, ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*vain yksi aineisto

### 3.7.2 Merenkurkku

#### Luontokato aineistossa

Merenkurkun merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi melko vähän, vain 24 kappaletta. Näistä suurin osa (71 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys Merenkurkun aineistossa oli 51 prosenttia, eli hieman matalampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyy-, Yksilöominaisuudet- ja Muut-kategorioista, joista suhteellisesti yleisimmin Muut-kategoriassa (2/2), mutta yleisesti myös Taksonin esiintyvyy -kategoriasta (89 prosenttia). Merenkurkun alueelta luontokatoa osoittavat havainnot koskivat kaloja ja makroleviä, joista jälkimmäisessä niiden suhteellinen yleisyys oli korkein (89 prosenttia). Luontotyypeittäin tarkasteltuna nämä luontokatoaineistot liittyivät tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt -ryhmään ja infralitoraalisiin koviin pohjiin, joista jälkimmäisessä esiintyivät suhteellisesti yleisimmin (89 prosenttia). Luontokadon ilmenemismuotojen määrää oli melko suppea, ja eri ilmenemismuotoja oli yhdeksän kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation



biomassan väheneminen (38 prosenttia), lajin syvyyslevinneisyyden kaventuminen (13 prosenttia) ja lajin paikallinen katoaminen (13 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Merenkurkun merialueen kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteet liittyivät makroleviin ja kaloihin (myös luvut 3.5.2 ja 3.5.7). Punaleviä ja hauruja esiintyy Suomen rannikolla aina Merenkurkun alueelle asti. Merenkurkun alueella punalevien lajimäärä on kuitenkin usein alhainen (alle 5 lajia) ja useiden lajien (muun muassa takkupunahuiskan) nykyesiintyvyys oli hyvin niukkaa suhteessa historiallisiin esiintyvyytietoihin (Rinne ja Kostamo 2022). Jotkut lajit alueella aiemmin esiintyneet harvinaiset lajit, kuten meririsu (*Ahnfeltia plicata*) osoittautuivat aineiston perusteella kokonaan kadonneeksi (Bergström ja Bergström 1999; Rinne ja Kostamo 2022). Haurujen esiintyvyydessä ja runsaudessa tapahtuneista muutoksista ei ollut tietoa (Rinne ja Salovius-Laurén 2020), mutta syvyytesiintyvyydessä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia 1950-luvulta 2010-lukuun verrattuna (6 metriä vs. 5,5 metriä), ja sen perustella rakkohaurun tila Merenkurkun alueella vaikuttaa vakaalta (Sahla ym. 2020). Kalastossa Merenkurkun rannikolla on 1970- ja 1980-luvun loppujen välillä nähty paikallisesti merkkejä lahnan, mateen, ahvenen ja hauen määrien vähenemisestä (kaikki yli 80 prosenttia; Kjellman ja Hudd 1996; Hudd ja Leskelä 1998) sekä myöhemmin 1980-luvulta 2010-lukuun laajempaa taantumista silakka-, meritaimen-, hauki-, norssi- ja siikakannan koossa (Peltonen ja Weigel 2022). Lisäksi Merenkurkun siioissa on osoitettu sukukypsyiden aikaistumista ja vanhempien kookkaiden kalojen suhteellista vähenemistä (Veneranta ym. 2021), mikä on voinut pienentää kantojen lisääntymis- ja tuottokapasiteettia (Birkeland ja Dayton 2005). Myös silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumisesta on todisteita (Weigel ym. 2021). Muutokset Merenkurkun kalakannoissa on liitetty paikalliseen ja ajoittaiseen veden happamoitumiseen, kalastukseen sekä ilmastomuutoksen vaikutuksiin, ja meritaimenen osalta myös virtavesien lisääntymisalueisiin liittyviin ongelmiin (Kjellman ja Hudd 1996; Hudd ja Leskelä 1998; Jutila ym. 2007; Veneranta ym. 2021; Weigel ym. 2021).

### Muut arvioinnit ja raportit

Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pintavesien ekologinen tila oli Merenkurkun merialueella hyvää huonompi 41 prosentissa alueen rannikkovesien pinta-alasta, eli tila oli pääosin hyvä (Westberg ym. 2022). Hyvässä tilassa oli Merenkurkun ulkosaariston alueet, kun vastaavasti sisäsaariston alueet olivat tyydyttävässä tai jopa välttävissä tilassa (HERTTA 2023). Biologisista tilakuvaajista 53 prosenttia arvioiduista vesimuodostumista oli tyydyttävässä tilassa ja 32 prosenttia ylsi hyvään tilaan (HERTTA 2023). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 74 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Rakkohaurun alakasvurajasta koostuva makroleväkuvaaja osoitti erinomaista tilaa koko alueella, mutta oli arvioitu vain kahdelle ulkosaariston vesimuodostumalle (HERTTA 2023). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 37 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Merenkurkun rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Yhden ravinneindikaattorin (kokonaistypen) sekä näkösyvyyden perusteella Merenkurkun ulommat rannikkovedet olivat kuitenkin hyvässä tilassa (Korpinen ym. 2018). Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonais-arvioinnissa puolet Merenkurkun merialueesta oli tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta hyvässä tilassa, ja infralitoraalin osalta merialue oli osittain hyvässä tilassa (SYKE 2023c). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makrolevien osalta Merenkurkun alueella hyvä tila saavutettiin punaleväindikaattorin perusteella, ja rakkohaurun alakasvurajan perusteella Merenkurkun ulkosaaristossa (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023c). Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinten osalta hyvän tilan tavoitearvoa saavutettiin (SYKE 2023c). Kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa meritaimenen tila arvioitiin heikoksi Merenkurkun alueella (Korpinen ym. 2018). Heikko tila liittyi kutujokien ongelmiin sekä kalastukseen (Korpinen ym. 2018). Rannikon kaupallisten kalakantojen osalta ahven- ja kuhakantojen tila oli hyvä, ja vaellussiian tilaa ei arvioida alueella (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023d). Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa, mutta särkikalaindikaattori heikkoa ympäristön tilaa (SYKE 2023d). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Merenkurkun merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).



HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarvioinnissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arvio osoitti Merenkurkun rannikolla heikkoa ympäristön tilaa, mutta yksi sitä kuvaavista indikaattoreista, kasviplanktonin a-klorofylli, osoitti hyvää tilaa (HELCOM 2023a; e). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio osoitti heikkoa tilaa (HELCOM 2023a). Rannikon avainlaji-indikaattori (ahven, hauki, kuha) osoitti heikkoa tilaa, ja avainlajien koko -indikaattori (ahven ja kuha) hyvää tilaa (HELCOM 2023f; HELCOM 2023h). Avainlajiryhmä-indikaattoria (särkikalat) ja meritaimenen jokipoikasindikaattoria ei Merenkurkun osalta arvioitu (HELCOM 2023g; HELCOM 2023i).

### Tietolaatikko 18. Merenkurku

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: makrolevät, **kalat**
  - luontotyytit: infralitoraalin kovat pohjat, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation biomassan väheneminen, syvyyksilevneisyyden kaventuminen ja lajin paikallinen katoaminen
- Tärkeimmät paineet: ilmastonmuutos, rehevöityminen
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Perämeren merialuetta koskevasta luontokadosta on niukasti. Luontokatoa ilmeni noin puolessa aineistoista. Tietoa on makrolevistä, kaloista, ja useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä\*, ja luontokatoa on havaittu eniten kaloissa, mutta yleisimmin makrolevissä. Luontokato liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään, mutta yleisimmin infralitoraalin koviin pohjiin. Merenkurkussa luontokato koskee pääosin eliömäärää ja lajien esiintyvyyttä. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on melko suppeaa, ja luontokato ilmenee yleisimmin populaation runsauden vähenemisenä, syvyyksilevneisyyden kaventumisena, ja lajin paikallisena katoamisena. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista, mutta myös paikallisesta ja ajoittaisesta veden happamoitumisesta. Selkeitä tietopuutteita on kaloja ja makroleviä lukuun ottamatta kaikista eliöryhmistä ja ympäristöistä, varsinkin tyrskyvyöhykkeeltä ja pehmeiltä pohjilta (mm. matalat lahdet ja laguunit). Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuusseurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Eteenkin eläinplanktonin seuranta ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi Merenkurkun pohjaeläinarviointia tulisi kehittää alueiden lajiston ominaispiirteitä paremmin huomioivaksi, ja rannikon kalaston kansallisia koeverkkokalastusseurantoja voisi laajentaa kattamaan myös Merenkurkun rannikkoalueen, ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*vain yksi aineisto

### 3.7.3 Selkämeri

#### Luontokato aineistossa

Selkämeren merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi melko vähän, vain 25 kappaletta. Näistä suurin osa (76 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys tässä Selkämeren aineistossa oli 58 prosenttia, eli hieman korkeampi kuin merialueiden keskiarvo ja



yleisyys koko aineistossa. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyys-, Eliöyhteisön rakenne-, Yksilöominaisuudet- ja Muut-kategorioista, joista suhteellisesti yleisimmin Eliöyhteisön rakenne- ja Muut-kategorioista (100 prosenttia). Selkämeren alueelta luontokadon todisteita sisältäviä aineistoja löytyi mikrolevistä, makrolevistä, pehmeiden pohjien pohjaeläimistä ja kaloista. Luontokadon todisteiden suhteellinen yleisyys oli suurin (82 prosenttia) Makrolevät-ryhmässä. Luontotyypeittäin tarkasteltuna nämä luontokatoaineistot liittyivät infralitoraalin koviin pohjiin, hiekkapohjiin ja mutapohjiin, sekä tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt -ryhmään. Luontokadon suhteellinen yleisyys oli suurin infralitoraalin hiekkapohjilla (1/1) ja kovilla pohjilla (82 prosenttia). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli kohtalaista, ja eri ilmenemismuotoja oli 11 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation biomassan väheneminen (20 prosenttia), lajin syvyyslevinneisyyden kaventuminen (16 prosenttia) ja lajin paikallinen katoaminen (12 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Selkämeren merialueelta kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteet liittyivät mikro- ja makroleviin, pohjaeläimiin ja kaloihin. Selkämeren rannikon planktonleväyhteisössä (myös luku 3.5.1) on osoitettu rehevöitymistä suosivien lajien (muun muassa useat syanobakteerit) runsastumista vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella varsinkin 1970- ja 1980-luvuilla (Keskitalo 1987). Punalevien sekä rakkohaurun tila Selkämeren alueella on suhteellisen hyvä, verrattuna esimerkiksi Saaristomereen, todennäköisesti alueen yleisti jokseenkin paremman vedenlaadun ja ympäristön kokonaistilan johdosta (Snickars ym. 2014; Korpinen ym. 2018; Rinne and Salovius-Laurén 2019; Rinne ja Kostamo 2022; myös luku 3.5.2). Silti punalevistä esimerkiksi haarukkalevän ja takkupunahuiskan yleisyys on pienentynyt, ja monet lajit (muun muassa töpöpunaröyhelön, *Coccotylus truncatus*, ja sarvipunaliuskan, *Phyllophora pseudoceranoides*) esiintyvät aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna selvästi matalammassa vedessä (Rinne ja Kostamo 2022). Myös rakkohaurun esiintyvyyden maksimisyvyys on tietyillä alueilla pienentynyt, esimerkiksi 1950-luvulta seitsemästä metristä alle kolmeen metriin (Häyrén 1950; Rinne ja Salovius-Laurén 2020), vaikka laji onkin ollut yleisesti suhteellisen runsas ja hyvinvoiva Selkämerellä (Snickars ym. 2014). Makrolevien muutokset on liitetty rehevöitymiseen ja ilmastomuutoksen vaikutuksiin (Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022).

Selkämereltä on hyvin vähän aineistoja matalien rannikkoalueiden pehmeiden pohjien eläimistön muutoksista (myös luku 3.5.6). Ennen vuosituhaten vaihdetta tehdyssä tutkimuksessa Rauman ja Uudenkaupungin edustoilla osoitettiin, että pohjaeläimistön lajikoostumus muuttui ja lajimäärä väheni merkittävästi 1970-luvun alusta 1980-luvulle, ja 1990-luvulle tultaessa aiemmin hallitsevan valkokatkan määrät yleisesti romahtivat ja useilta paikoilta laji katosi kokonaan elinympäristöjen heikentyneiden olosuhteiden (muun muassa pohjan happikato) vuoksi (Mattila 1993). Selkämeren rannikon kalatutkimukset ovat pääosin käsitelleet siikaa (*Coregonus* sp.; myös luku 3.5.7). Alueen siikakannan yleisestä taantumisesta 1980-luvulta 2010-lukuun on viitteitä (Peltonen ja Weigel 2022). Siian pienpoikasten esiintymisessä on havaittu heikkenemistä ja levinneisyydessä pienentymistä 1990-luvulta 2000-luvulle (Veneranta ym. 2013). Aikuisen siian kasvuvauhti on osoittanut hidastumisen merkkejä, ja kannan keski-ikä oli laskenut 2000-luvulle tultaessa, kun taas kutevien yksilöiden keskikoko oli pienentynyt jo 1990-luvulle tultaessa (Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Veneranta ym. 2021). Lisäksi siiat saavuttavat sukukypsyyden entistä aikaisemmin (Veneranta ym. 2021), mikä on voinut pienentää kantojen lisääntymis- ja tuottokapasiteettia (Birkeland ja Dayton 2005). Siian lisäksi on esitetty viitteitä taantumisesta silakka-, meritaimen-, made- ja kempelakannoissa (Peltonen ja Weigel 2022), ja myös silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumisesta on todisteita (Weigel ym. 2021). Muutokset Selkämeren kalakannoissa on liitetty muun muassa kalastukseen sekä ilmastomuutoksen vaikutuksiin (Aronsoo ja Huhmarniemi 2004; Veneranta ym. 2021; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022).

### Muut arvioinnit ja raportit

Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pintavesien ekologinen tila oli Selkämeren merialueella hyvää huonompi 77 prosentissa alueen rannikovesien pinta-alasta (Westberg ym. 2022). Pääosa pohjoisesta Selkämerestä oli luokiteltu hyväksi. Biologisista tilakvaajista 59 prosenttia arvioiduista vesimuodostumista oli tyydyttävässä tilassa ja 23 prosenttia ylsi hyvään tilaan (HERTTA 2023). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 89 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Rakkohaurun alakasvuraja oli arvioitu vain yhdelle sisäsaariston vesimuodostumalle, ja sen



perusteella tila oli tyydyttävä (HERTTA 2023). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa 24 prosentissa arvioituista vesimuodostumista (HERTTA 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Selkämeren rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Näkösyvyyden perusteella Selkämeren ulommat rannikkovedet olivat kuitenkin hyvässä tilassa (Korpinen ym. 2018). Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonaisarvioinnissa puolet Merenkurkun merialueesta oli tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta hyvässä tilassa, ja infralitoraalin osalta hyvää tilaa ei saavutettu (SYKE 2023c). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makrolevien osalta Selkämeren alueella tila oli heikko sekä punaleväindikaattorin että rakkohaurun alakasvurajan perusteella (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023c). Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinten osalta hyvän tilan tavoitearvo saavutettiin (SYKE 2023c). Kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa meritaimenen tila arvioitiin heikoksi Selkämeren alueella (Korpinen ym. 2018). Rannikon kaupallisten kalakantojen osalta ahven- ja kuhakantojen tila oli hyvä, ja vaellussiian tilaa ei arvioida alueella (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023d). Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa, mutta särkikalaindikaattori heikkoa ympäristön tilaa (SYKE 2023d). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Selkämeren merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarvioinnissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arviot ei ollut Selkämeren osalta tehty (HELCOM 2023a). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio osoitti hyvää tilaa (HELCOM 2023a), kun sitä kuvaavat avainlaji- (ahven, hauku, kuha) ja avainlajien koko -indikaattoria (ahven ja kuha), sekä meritaimenen jokipoikasindikaattoria ylsivät kaikki hyvän tilan raja-arvoon (HELCOM 2023f; h; i). Avainlajiryhmä-indikaattoria (särkikalat) ei Selkämeren osalta arvioitu (HELCOM 2023g).





### Tietolaatikko 19. Selkämeri

- Aineistomäärä: **niukka**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **kohtalaista**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: mikrolevät\*, makrolevät, pehmeiden pohjien eläimet, **kalat**
  - luontotyypit: litoraalin vesimassa, infralitoraalin muta-, hiekka-\*, ja kovat pohjat, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation biomassan väheneminen, syvyyksilevinneisyyden kaventuminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Selkämeren merialuetta koskevasta luontokadosta on niukasti. Luontokatoa ilmeni vajaassa 60 prosentissa aineistoista. Tietoa on mikro- ja makrolevistä, pohjaeläimistä, kaloista ja useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä\*, ja luontokatoa on havaittu eniten kaloissa, mutta yleisimmin makrolevissä. Luontokato liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään, mutta yleisimmin infralitoraalin hiekka-\* ja koviin pohjiin. Selkämerellä luontokato koskee pääosin lajien esiintyvyyttä. Luontokadon ilmeneminen on vaihtelevaa, ja luontokato ilmenee yleisimmin populaation runsauden vähenemisenä ja syvyyksilevinneisyyden kaventumisena. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tietopuutteita on monissa ympäristöistä ja useasta eliöryhmästä, varsinkin tyrskyvyöhykkeen luontotyypeistä, sekasedimentti- ja hiekkapohjilta sekä mikrolevistä, vesikasveista ja eläinplanktonista. Myös avainlajien, meriajokkaan ja sini-simpukan, muutoksista ei ole todennettua tietoa alueelta. Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuusseurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Etenkin mikrolevien ja eläinplanktonin seurantaa ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi rannikon kalaston kansallisia koekalastusseurantoja voisi laajentaa kattamaan myös Selkämeren rannikkoalueen, ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*vain yksi aineisto

### 3.7.4 Ahvenanmaan merialue

#### Luontokato aineistossa

Ahvenanmaan merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi runsaasti ja kaikista merialueista eniten, kaikkiaan 137 kappaletta. Valtaosa (82 prosenttia) luontokatoaineistoista oli uudempia ja ylsi vähintään vuoteen 2000. Luontokadon suhteellinen yleisyys tässä Ahvenanmaan merialueen aineistoissa oli 51 prosenttia, eli hieman matalampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luonnon monimuotoisuuden eri kategoriosta luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyy-, Eliöyhteisön rakenne-, Ekologiset toiminnot-, Ekosysteemimuutos- ja Muut-kategoriosta, joista suhteellisesti yleisimmin (100 prosenttia) aineistomäärällisesti harvalukuisimmista Ekosysteemimuutos- ja Muut-kategoriosta, mutta melko yleisesti myös Ekologiset toiminnot -kategoriasta (75 prosenttia). Luontokadon todisteita kappalemääräisesti eniten sisältävässä Eliömäärä-ryhmässä suhteellinen yleisyys oli matalin, vain 43



prosenttia. Ahvenenmaan merialueelta luontokadon todisteita sisältäviä aineistoja löytyi makrolevistä, vesikasveista, pehmeiden pohjien pohjaeläimistä, kaloista ja Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä, joista viimeisimmässä luontokadon todisteiden suhteellinen yleisyys oli suurin (88 prosenttia). Ahvenanmaan luontokatoaineistot liittyivät infralitoraalin koviin pohjiin, hiekkapohjiin, mutapohjiin, sekasedimentteihin sekä tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt -ryhmään. Luontokadon suhteellinen yleisyys oli Ahvenanmaan merialueella suurin (1/1) vain yhden aineiston sisältävässä Infralitoraalin hiekkapohjat -luontotyyppissä, mutta melko korkea myös infralitoraalin kovilla pohjilla (58 prosenttia). Luontokadon ilmeneminen oli hyvin moninaista, ja eri ilmenemismuotoja oli jopa 22 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin paikallinen katoaminen (34 prosenttia), populaation yksilömäärän väheneminen (21 prosenttia) sekä lajien/taksonien lukumäärän väheneminen (7 prosenttia) ja lajin syvyyssleivneisyyden kaventuminen (7 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Ahvenanmaan merialueelta kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteet liittyivät makroleviin, vesikasveihin, pohjaeläimiin, kaloihin, ja laajemmin ekosysteemiä koskeviin muutoksiin. Ahvenanmaan alueelta makroleväaineistoja on runsaasti, ja ne koskevat muun muassa makroleväyhteisön koostumusta, lajien esiintyvyyttä ja runsautta, sekä syvyyssleivneisyyttä (myös luku 3.5.2). Ahvenanmaan eteläisen merialueen uloimmassa saaristossa oli makrolevien kokonaislajimäärä 1950-luvulta lähtien vähentynyt (34 prosenttia), ja erityisesti syvemmässä levävyöhykkeessä lajimäärä pieneni voimakkaasti, jopa kolmannekseen (Eveleens Maarse ym. 2020). Kaikkiaan kahdeksan lajia oli kokonaan kadonnut sitten 1956 ja viisi lajia sitten 1993, ja lisäksi punalevien kattavuus oli pienentynyt (Eveleens Maarse ym. 2020). Eteläisen Ahvenanmaan sisemmiltä rannikkoalueilta on myös raportoitu kokonaislajimäärän vähentymistä, 15 levälajin osalta paikallisia katoamisia, ja erityisesti puna- ja ruskolevien vähentymistä 1970-luvun puolivälistä vuosituuhannen vaihteeseen (Roos ym. 2004). Lisäksi punalevistä on yleisesti havaittu sekä tavallisempien (muun muassa haarukkalevän) että harvinaisempien lajien (muun muassa takkupunahuiskan) esiintyvyydessä ja kattavuudessa pienentymistä, kun verrattiin vuoden 2015 inventointitietoja 1950–60-lukujen esiintyvyyteen (Rinne ja Kostamo 2022). Myös tärkeän Itämeren avainlajeihin kuuluvan rakkohaurun esiintyvyys ja runsaudet vähentyivät voimakkaasti 1970-luvun lopulla (Rönnerberg ym. 1985). Esimerkiksi Ahvenanmaan ulkosaaristossa on lajin arvioitu runsausluokka ”niukaksi” 1990-luvulle tultaessa (Rönnerberg ja Mathiessen 1998). Lisäksi syvyyssleivneisyyden kaventumista on raportoitu rakkohaurulla ja erällä punalevillä. Ahvenanmaan eteläisessä ulkosaaristossa, rakkohauru esiintyi 1950-luvulla jopa 11 metrin syvyydessä (Andersson 1955; Rönnerberg ja Mathiessen 1998), mutta oli noin 2010-luvun puolen välin mennessä noussut viiteen metriin Lågskärissä avomeren laidalla (Eveleens Maarse ym. 2020) ja jopa vain yhteen metriin alueen kaakkoisosissa, Kökarissa (Rinne ja Salovius-Laurén 2020). Muualla eteläisen Ahvenanmaan sisemmillä alueilla syvyyssleivneisyys oli myös voimakkaasti pienentynyt eikä rakkohauru yltänyt kahta metriä syvemmälle (Roos ym. 2004). Samalla kuitenkin läntisellä Ahvenanmaan merialueella ei ole näkynyt muutoksia rakkohaurun esiintymisen syvyydessä (Rinne ja Salovius-Laurén 2020 ja siinä esitetyt lähteet). Myös punalevissä on yleisesti havaittu useiden lajien kohdalla syvyyssleivneisyyden pienenemistä, varsinkin saariston sisäosissa, sekä syvemmissä vesissä esiintyvien lajien vähenemistä (Rinne ja Kostamo 2022). Lisäksi löytyi makroleväaineistoja, jotka eivät osoittaneet raportin määritelmien mukaista luontokatoa vaan positiivisia muutoksia. Tällaisia olivat varsinkin rehevöitymiseen liitetty yksivuotisten rihmalevien runsastumista 1970-luvulta lähtien (Bonsdorff ym. 1997a; Rönnerberg ja Mathiessen 1998; Eveleens Maarse ym. 2020). Esimerkiksi Ahvenanmaan Lemlandin alueella tutkituilla aloilla rihmalevämattojen syvyyssiintyvyys oli kaksinkertaistunut ja peittävyys noussut yli 80 prosenttiin vuosituuhannen vaihteeseen mentäessä (Roos ym. 2004). Ahvenanmaan merialueelta on aineistoa myös vesikasveissa tapahtuneista muutoksista (myös luku 3.5.3). Eteläisellä Ahvenanmaalla ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*) väheni ja hapsivita (*Stuckenia pectinata*) väheni tai oli kokonaan kadonnut tutkimusalueilta, kun taas näkinpartaisista merisykeröparran (*Tolypella nidifica*) runsaus väheni ja mukulanäkinparta (*Chara aspera*) oli kokonaan kadonnut vuosien 1975 ja 2000 välillä (Roos ym. 2004).

Pohjaeläinaineistoa Ahvenanmaan merialueelta oli kohtalaisesti (myös luku 3.5.6). Laajassa pehmeiden pohjien pohjaeläimistön tutkimuksessa osoitettiin 1980-luvun lopun rehevöitymisen aikaansaaman tuottavuuden huipun jälkeen taantumista lajirikkaudessa ja runsaudessa, sekä muutoksia lajien välisissä vallitsevuussuhteissa, mutta eri tavoin eri saaristovyöhykkeillä. Yleisesti rehevöitymistä hyvin sietävät lajit kuten surviaissääskentoukat sisä- ja välisaaristossa ja liejusimpukka väli- ulkosaaristossa olivat menestyneet,



valkokatkan esiintyminen oli siirtynyt ulkosaaristoon, ja amerikansukasmato oli vakiintunut merkittäväksi lajiksi kaikilla alueilla (Perus and Bonsdorff 2004; Weigel ym. 2015). Lisäksi on tutkittu kalankasvatamoiden vaikutuksia pohjaeläimiin. kalankasvatuksesta peräisin oleva orgaanisen aineksen ja paikallisen rehevöitymisen aiheuttamia muutoksia pohjaeläinyhteisössä vuosina 1981–2001 (Villnäs ym. 2011). Toiminnan aloittamisen jälkeen 1980-luvulla havaittiin, että pohjaeläinyhteisöt muuttuivat huonokuntoisiksi: rehevöitymistä sietävät lajit runsastuivat, kokonaisbiomassa väheni, valkokatka katosi käytännössä kokonaan, ja paikoin pohjat olivat täysin kuolleita (Villnäs ym. 2011). Kalankasvatuksen lopettamisen jälkeen havaittiin palautumista lajistossa, mutta ei eliöyhteisön kokonaisrunsaudessa ja vallitsevuussuhteissa (Villnäs ym. 2011).

Ahvenanmaan merialueella kaloja koskevia aineistoja oli kohtalaisesti (myös luku 3.5.7). Rannikon kalaston rakenne on rehevöitymiskehityksen takia yleisesti muuttunut särkikalavoittoiseksi jo ennen vuosituhannen vaihdetta (Bonsdorff ym. 1997a; b), ja 2010-luvulle saavuttaessa on saalistietojen perusteella nähty viitteitä silakka-, meritaimen-, made-, ja kampelakantojen taantumista (Peltonen ja Weigel 2022). Kaupallisen saaliin perusteella havaittiin yleisesti petokalojen runsausindikaattorissa laskusuuntausta 1990-luvulta 2010 luvulle (Bergström ym. 2016), sekä viitteitä rannikon haukikannan pienentymisestä (saaliin väheneminen 40–60 prosenttia) 2000-luvun alusta (Olsson ym. 2023). Kampelakannan taantumista on osoitettu myös koekalastusaineistoihin perustuen. Kampelanpoikasten määrät vähenivät lähes 70 prosenttia 1980-luvulta 2010-luvulle (Jokinen ym. 2016), ja aikuisten kampeloiden määrät laskivat jyrkästi 1990-luvun puolesta välistä 2000-luvun alkuun, jonka jälkeen määrät pysyivät tasaisen pieninä (Jokinen ym. 2015). Ahvenanmaan pääsaaren selkävesillä, Ivarskärsfjärden:illä ja Lumparn:illa, on molemmilla alueilla osoitettu vuosina 2000–2009 muun muassa kuhan vähenemistä ja särkikalojen suhteellista runsastumista, kalaston keskipituuden pienenemistä, sekä yhteisön trofiatason laskua (Mustamäki ym. 2014; Mustamäki ja Mattila 2015). Suojaisaisan liejupohjaisen kluuvin kalastotutkimuksessa osoitettiin pasurin ja salakan vähentymistä ja särjen, kiiskan, hauen ja ruutan runsastumista 1970 ja 1980-lukujen välillä ruoppauksen seurauksena (Blomqvist 1984). Lisäksi myös silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumisesta on todisteita (Weigel ym. 2021).

Ahvenanmaata koskevat ekosysteemitason tutkimushavainnot käsittelivät rannikon ravintoverkon systeemimuutoksia sekä rehevöitymisen vaikutuksia (myös luku 3.5.8). Ravintoverkkojen dynamiikkaan liittyen on osoitettu muun muassa, että generalisti- ja avainlajien merkitys on kasvanut (Yletyinen ym. 2015). Rehevöitymisen on osoitettu aiheuttavan merkittäviä muutoksia läpi ekosysteemin, muun muassa rakkohaurun vähenemistä lisääntyneiden yksivuotisten rihmalevien kustannuksella, sekä yhteisörakenteen muutoksia kaloissa ja pohjaeläimissä (Bonsdorff ym. 1997a; b; Rönnberg ja Bonsdorff 2004). Ahvenanmaan merialueen luontokadosta valtaosa oli liitetty rehevöitymiseen kaikissa eliöryhmissä (Bonsdorff ym. 1997a; b; Rönnberg ja Mathiessen 1998; Roos ym. 2004; Rönnberg ja Bonsdorff 2004; Eveleens Maarse ym. 2020; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022), osa makrolevien ja kalojen luontokadosta ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022; Rinne ja Kostamo 2022), ja kaloihin liittyen myös kalastuksen vaikutuksiin (Mustamäki ym. 2014; Bergström ym. 2016). Lisäksi rannanläheisten ruoppausten aiheuttama merenpohjan häiriö ja muutos voivat olla merkittäviä varsinkin vesikasvien, ja pohjaeläinten muutosten ajureita (Virtanen ym. 2023), mutta paikallisesti myös kalojen kannalta (Blomqvist 1985).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Vesienhoidon tuoreimmassa tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2018 pintavesien ekologinen tila oli Ahvenamaan merialueen rannikkovesillä pääosin tyydyttävä ja osassa sisäsaaristoa myös välttävä tai jopa huono (ÅLR 2019a). Biologisten tilakuvaajien yhdistetyn arvion mukaan 74 prosenttia arvioiduista vesimuodostumista oli tyydyttävässä tilassa ja 21 prosenttia välttävässä tilassa, eikä yksikään yltänyt hyvään tilaan (tiedot saatu tietoja ylläpitävältä Ahvenanmaan maakuntahallitukselta). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 95 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (ÅLR 2019a). Ahvenanmaan maakunnan vesialueilla käytettiin tila-arviota varten 11 eri makrolevä- ja vesikasvilajia huomioivaa makrofyytti-indeksiä (ÅLR 2019b), joka edellisellä osoitti hyvää tilaa huonompaa tilaa 77 prosentissa vesimuodostumista (ÅLR 2019a). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa 44 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista, eli pääosin hyvässä tilassa (ÅLR 2019a).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Ahvenanmaan merialueen rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan heikossa tilassa



(Korpinen ym. 2018). Rehevöitymistä kuvaavista indikaattoreista kokonaistypen osalta kaikki rannikkovedet ja kokonaisfosforin osalta Ahvenanmaan sisä- ja välisaariston vedet ylsivät hyvään tilaan, mutta näkösyvyyden perusteella kaikki rannikkovedet olivat heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonaisarvioinnissa tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta tilaa ei tiedon puutteen vuoksi arvioitu Ahvenanmaan alueelta, ja infralitoraalin osalta hyvää tilaa ei pääosin saavutettu (Korpinen ym. 2018). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makrolevien ja putkilokasvien osalta Ahvenanmaan merialueella käytössä olevan makrofytytti-indeksin mukaan tila oli pääosin heikko ja ainoastaan osassa ulkosaaristoa päästiin hyvään tilaan (Korpinen ym. 2018). Pohjaeläinyhteisöt olivat pääosin hyvässä tilassa Ahvenanmaan rannikkoalueilla (Korpinen ym. 2018; SYKE 2018b). Meriympäristön tila-arvion kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa tai rannikon kaupallisten kalakantojen osalta Ahvenanmaan merialuetta koskevia arvioita ei ollut (Korpinen ym. 2018). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Ahvenanmaan merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).

### Tietolaatikko 20. Ahvenanmaan merialue

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suurta**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: **makrolevät**, vesikasvit, pehmeiden pohjien eläimet, kalat, useat eliöryhmät ja ekosysteemi
  - luontotyytit: infralitoraalin muta-, hiekkapohjat\*, sekasedimentit, ja kovat pohjat, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Ahvenanmaan merialuetta koskevasta luontokadosta on runsaasti. Luontokatoa ilmeni noin puolessa aineistoista. Tietoa on makrolevistä, vesikasveista, pohjaeläimistä, kaloista ja useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä, ja luontokatoa on havaittu eniten makrolevissä, mutta yleisimmin laajemmalla ekosysteemitasolla. Luontokato liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään, mutta yleisimmin infralitoraalin koviin pohjiin ja hiekkapohjiin\*. Ahvenanmaan merialueella luontokato koskee pääosin eliömäärää. Luontokadon ilmeneminen on hyvin moninaista, ja luontokato ilmenee yleisimmin lajin paikallisena katoamisena ja populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tietopuutteita on monista ympäristöistä ja useasta eliöryhmästä, varsinkin tyrskyvyöhykkeeltä ja hiekkaisilta pohjilta sekä mikrolevistä ja eläinplanktonista. Myöskään avainlajien, meriajokkaan ja sinisimpukan, muutoksista ei ole todennettua tietoa alueelta. Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuusseurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Etenkin mikrolevien ja eläinplanktonin sekä pehmeiden ja kovien pohjien avainlajien seurantaa ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi vesikasvien koordinoitua seurantaa ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*vain yksi aineisto

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarvioinnissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arvio, ja molemmat sitä kuvaavat planktonleväindikaattorit osoittivat heikkoa tilaa Ahvenanmaan merialueella



(HELCOM 2023a; d; e). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio ja kaikki sitä kuvaavat indikaattorit osoittivat heikkoa tilaa (HELCOM 2023a; f; g; h; i).

### 3.7.5 Saaristomeri

#### Luontokato aineistossa

Saaristomeren merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi kohtalaisen paljon, kaikkiaan 82 kappaletta. Näistä yli puolet (59 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys Saaristomeren aineistoissa tässä oli 59 prosenttia, eli hieman korkeampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luontokadon todisteita löytyi Ekologiset toiminnot -kategoriaa lukuun ottamatta kaikista aineistossa esiintyneistä luonnon monimuotoisuuden kategorioista. Näistä luontokadon todisteita sisältävien aineistojen osuus kaikista aineistoista oli suurin (100 prosenttia) aineistomäärällisesti harvalukuisimmista Ekosysteemimuutos- ja Muut-kategorioissa, mutta korkea myös Yksilöominaisuudet-kategoriassa (80 prosenttia). Saaristomeren merialueelta luontokadon todisteita löytyi vesikasveja, eläinplanktonia ja kovien pohjien eläimiä lukuun ottamatta kaikista eliöryhmistä. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli suurinta (100 prosenttia) aineistomäärällisesti harvalukuisissa Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmässä, mutta suurta myös makrolevissä (82 prosenttia). Luontotyypeittäin tarkasteltuna nämä luontokatoaineistot liittyivät infralitoraalin koviin pohjiin, mutapohjiin, sekasedimentteihin sekä tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt -ryhmään. Luontokadon suhteellinen yleisyys oli suurinta infralitoraalin kovilla pohjilla (82 prosenttia). Luontokadon ilmeneminen oli hyvin moninaista, ja eri ilmenemismuotoja oli jopa 25 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin paikallinen katoaminen (20 prosenttia) ja esiintyvyyden pieneneminen (12 prosenttia) sekä populaation yksilömäärän (11 prosenttia) ja biomassan väheneminen (11 prosenttia).

#### Kirjallisuuskatsaus

Saaristomeren merialueelta kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteet liittyivät mikro- ja makroleviin, pohjaeläimiin, kaloihin, ja laajemmin ekosysteemiä koskeviin muutoksiin. Mikroleväaineisto liittyi pohjalla elävien perifyyttisten ja vesimassan pelaagisten piilevien muodostamien yhteisöjen muutoksiin yhteiskuntajätevesien aiheuttaman voimakkaan paikallisen rehevöitymisen vaikutuksesta (myös luku 3.5.1). Turun kaupungin ulkopuolella perifyyttinen piilevälajisto tuhoutui paikon lähes kokonaan viime vuosisadan puoleenväliin mennessä, kun vastaavasti rehevöitymistä suosivat planktoniset lajit runsastuivat (Weckström ym. 2007). Jätevesikuormituksen vähentymisestä huolimatta 1950-luvulta eteenpäin, eivät leväyhteisöjen muuttuneet koostumukset ole vielä palautuneet tilaan ennen kaupungistumista, mikä saattaa liittyä alueen hajakuormituksen korkeaan tasoon (Weckström ym. 2007).

Saaristomerta koskevia makroleväaineistoja on kohtalaisesti (myös luku 3.5.2), mutta vesikasviaineistoja ei ole lainkaan. Saaristomerellä rakkohaurun esiintyvyys ja runsaus alkoi pienentyä voimakkaasti jo 1970-luvulla (Rönneberg ym. 1985) ja esimerkiksi eteläisellä Saaristomerellä lajin runsaus väheni noin 85 prosenttia 1990-luvulta 2000-luvulle tultaessa, eikä selkeää parannusta ole sen jälkeen tapahtunut (Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016). Vielä 1980-luvulla laajoja rakkoleväesiintymiä löydettiin kuitenkin ulkosaaristosta lähes kaikilta kallio- ja kivipohjilta, kun taas uudemmista tutkimuksista rakkolevän esiintyminen on erittäin vähäistä myös uloimmissa Saaristomeren osissa (Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016). Myös muiden makrolevien esiintymisessä on havaittu muutoksia. Esimerkiksi punalevistä haarukkalevän ja takkupunahuisikan yleisyys on pienentynyt verrattuna 1950–60-lukujen esiintyvyyteen varsinkin sisäsaaristossa (Rinne ja Kostamo 2022). Lisäksi Saaristomerellä on tapahtunut syvyyksilevinneisyyden kaventumista rakkohaurulla ja eräillä punalevillä. Rakkohaurun esiintyvyyden enimmäissyvyydessä on raportoitu vähenemistä jo 1970- ja 1980-luvulla (Haahtela ja Lehto 1982; Rönneberg ym. 1985), ja välisaaristossa yhdeksästä viiteen metriin ja Seilin alueella, Airstolla, kolmesta metristä alle kahteen 1960-luvun lopusta 2000-/2010-luvuille (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Punalevissä on monen tavallisen lajin (esimerkiksi haarukkalevän) kohdalla havaittu syvyyksilevinneisyyden pienenemistä, varsinkin saariston sisäosissa, sekä yleisemmin syvemmissä vesissä esiintyvien lajien vähenemistä (Rinne ja Kostamo 2022; ja siinä esitetyt lähteet).



Pohjaeläinaineistoa Saaristomeren merialueelta oli kohtalaisesti (myös luku 3.5.6). Saaristomerellä on raportoitu pohjaeläinyhteisön muutoksista muun muassa suhteessa kalankasvatuksen vaikutuksiin. Saaristomerellä, Kaukolanlahdella havaittiin vuosien 1980-luvun alusta 1990-luvun loppuun lajimäärän väheneminen, kokonaisrunsauden pienenemistä, sekä aiemmin runsaiden lajien vähenemistä (muun muassa liejusimpukka) ja paikallista katoamista (muun muassa valkokatkan, *Monoporeia affinis*; Kraufvelin ym. 2001). Kun orgaanisen kuormituksen määrä vähentyi 1990-luvun alusta lähtien, pohjaeliöstössä ei näkynyt vastaavaa palautumista (Kraufvelin ym. 2001). Toisessa Saaristomereltä löytyneestä aineistosta pohjaeläinyhteisön kokonaislajimäärä pieneni, kokonaisbiomassa romahti (> 90 prosenttia), liejusimpukan biomassassa väheni, amerikansukasmato ilmaantui ja runsastui, ja muun muassa hietasimpukka (*Mya arenaria*) katosi kokonaan 1960-luvun alusta vuoteen 2005 (Holmström ym. 2007). Aikaisemmassa tutkimuksessa Saaristomeren Houtskarista osoitettiin myös lajimäärän ja kokonaisrunsauden väheneminen 1980-luvulla (Bonsdorff ym. 1997b).

Saaristomeren kaloja koskevia aineistoja oli melko runsaasti (myös luku 3.5.7). Saaristomeren Brunskär:issä särkikaloiden ja ahventen hallitsevuus kasvoi 1990-luvun alusta 2000-luvulle alkuun (Ådjers ym. 2006), ja 2010-luvulle saavuttaessa on saalistietojen perusteella nähty viitteitä silakka-, meritaimen-, made-, hauki- ja kampelakantojen taantumista (Peltonen ja Weigel 2022). Kaupallisen saaliin perusteella havaittiin yleisesti petokalojen runsausindikaattorissa laskusuuntausta 1990-luvulta 2010 luvulle (Bergström ym. 2016), sekä viitteitä haukikannan pienentymisestä (saalin väheneminen 58 prosenttia) 2000-luvulla (Olsson ym. 2023). Kampelakannan taantumista on osoitettu myös koekalastusaineistoihin perustuen. Eteläisellä Saaristomerellä, Brunskär:issä, kampela väheni (46 prosenttia) vuodesta 1996 alkaen aikasarjan loppuun 2010-luvulle saakka (Jokinen ym. 2015). Airstolla, Seilin saaren ympäristössä tehdyssä rantanuottaustutkimuksessa havaittiin 1990-luvun puolella välissä litoraalin kalaston romahtaminen aiemmin, 1970-luvun ja 1980-luvulla, tehtyihin tutkimuksiin verrattuna (Rajasilta ym. 1999). Lajimäärä oli vähentynyt, kuuden lajin esiintyvyys oli pienentynyt, ja kolme lajia oli kokonaan kadonnut. Kalaston kokonaisbiomassa väheni 99 prosenttia, aiemmin yleisin laji kolmipiikki (*Gasterosteus aculeatus*) oli lähes kokonaan kadonnut, ja kymmenpiikki (*Pungitius pungitius*) oli selvästi vähentynyt. Syinä muutoksille pidettiin rehevöitymistä ja laivaliikenteen aiheuttamaa häiriötä (Rajasilta ym. 1999). Kalakantojen arviointimenetelmällä tutkittuna Saaristomeren ahvenen poikasmäärissä nähtiin vähenemistä vuosien 1990 ja 2009 välillä, ja kutukalakannan koossa havaittiin laskua vuodesta 1993 vuoteen 2009 (Kokkonen ym. 2019). Samalla alueella ja samoihin aikoihin havaittiin, että kuhat saavuttivat sukukypsyyden nuoremmalla iällä, pienempikokoisina, ja heikommassa kunnossa kuin aiemmin, millä voi olla vaikutuksia kalojen kasvuun ja tulevaan poikastuotantoon (Kokkonen ym. 2015). Ahvenkannassa havaitut muutokset liittyivät veden lämpöön ja kutukannan kokoon, mutta myös kuhan kannan kokoon (Kokkonen ym. 2019), kun taas kuhapopulaatiossa osoitetut muutokset liittyivät voimakkaaseen kalastuspaineeseen (Kokkonen ym. 2015). Saaristomerellä, Airstolla, on tutkittu kutusilakkaa useiden vuosikymmenten ajan, ja kaloissa on osoitettu muun muassa kasvun heikkenemistä, kehon koostumuksen sekä mätimunien laadun heikkenemistä, ja kutevien naaraiden mätimunien määrän, vähenemistä 1980-luvulta 2010-luvulle (Rajasilta ym. 2019; 2021). Muutokset on liitetty silakan pääosin eläinplanktonista koostuvan ruoan saatavuuden ja laadun heikkenemiseen sekä veden suolapitoisuuden ja lämpötilan muutoksiin (Rajasilta ym. 2019; 2021). Lisäksi myös silakan pienpoikasten kehittymisen aikaistumisesta on todisteita (Weigel ym. 2021).

Saaristomerta koskevat ekosysteemitason tutkimushavainnot käsittelivät rehevöitymisen vaikutuksia (myös luku 3.5.8). Rehevöitymisen on osoitettu aiheuttavan merkittäviä muutoksia läpi ekosysteemin, muun muassa rakkohaurun vähenemistä lisääntyneiden yksivuotisten rihmalevien kustannuksella, sekä yhteisörakenteen muutoksia kaloissa ja pohjaeläimissä (Bonsdorff ym. 1997a; b; Leppäkoski ym. 1999; Rönnerberg ja Bonsdorff 2004). Saaristomeren merialueen luontokadosta valtaosa oli liitetty rehevöitymiseen (Rönnerberg ym. 1985; Bonsdorff ym. 1997a; b; Rajasilta ym. 1999; Kraufvelin ym. 2001; Roos ym. 2004; Rönnerberg ja Bonsdorff 2004; Ådjers ym. 2006; Holmström ym. 2007; Weckström ym. 2007; Snickars ym. 2014; Vahteri ja Vuorinen 2016; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022), osa makrolevien ja kalojen luontokadosta ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Rajasilta ym. 2019; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022; Rinne ja Kostamo 2022), ja kaloihin liittyen myös muun muassa kalastuksen vaikutuksiin (Kokkonen ym. 2015; Bergström ym. 2016).

### Muut arvioinnit ja raportit



Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pintavesien ekologinen tila oli Saaristomeren merialueella kauttaaltaan hyvää huonompi (Westberg ym. 2022; HERTTA 2023). Sisälahdet ja kaupunkien edustat olivat osin välttävissä tai jopa huonossa tilassa, kun taas ulommat alueet pääosin tyydyttävässä. Biologisista tilakuvajista 56 prosenttia arvioiduista vesimuodostumista oli tyydyttävässä tilassa, 38 prosenttia välttävissä ja yksikään ei yltänyt hyvään tilaan (HERTTA 2023). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa yli 98 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Rakkohaurun alakasvurajasta koostuva makroleväkuvaaja ei yltänyt missään hyvään tilaan ja osoitti huonoa tilaa jopa neljänneksessä arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa 43 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Saaristomeren rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion, sekä sen perustana olevien ravinneindikaattorien ja näkösyvyyden perusteella heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonaisarvioinnissa puolet Saaristomeren merialueesta oli tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta hyvässä tilassa, ja infralitoraalin osalta hyvää tilaa ei saavutettu (SYKE 2023a). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makrolevien osalta Saaristomeren alueella tila oli heikko sekä punaleväindikaattorin että rakkohaurun alakasvurajan perusteella (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023c). Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinten osalta hyvän tilan tavoitearvo saavutettiin (SYKE 2023c). Kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa meritaimenen tila arvioitiin heikoksi Saaristomeren alueella, ja rannikon kaupallisten kalakantojen osalta ahvenkantojen tila oli hyvä ja kuhakantojen heikko (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023d). Vaellussiian tilaa ei arvioida alueella. Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa, mutta särkikalaindikaattori heikkoa ympäristön tilaa (SYKE 2023d). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Saaristomeren merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarvioinnissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arvio, ja molemmat sitä kuvaavat planktonleväindikaattorit osoittivat heikkoa tilaa Saaristomeren merialueella (HELCOM 2023a; d; e). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio, ja kaikki sitä kuvaavat indikaattorit osoittivat heikkoa tilaa (HELCOM 2023a; f; g; h; i).





### Tietolaatikko 21. Saaristomeri

- Aineistomäärä: **kohtalainen**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suurta**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: mikrolevät, makrolevät, pehmeiden pohjien eläimet, **kalat**, useat eliöryhmät ja ekosysteemi
  - luontotyytit: infralitoraalin muta-, kallio-/kivipohjat ja sekasedimentit, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän ja biomassan väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Saaristomeren merialuetta koskevasta luontokadosta on kohtalaisesti. Luontokatoa ilmeni lähes 60 prosentissa aineistoista. Tietoa on eläinplanktonia lukuun ottamatta kaikista eliöryhmistä\*\*, ja luontokatoa on havaittu eniten kaloista, mutta yleisimmin makrolevissä ja laajemmalla ekosysteemitasolla. Luontokato on liitetty pääosiin tarkemmin määrittelemättömiin useat ympäristöt -ryhmään ja infralitoraalin mutapohjiin. Yleisimmin luontokatoa on havaittu infralitoraalin kovilta pohjilta. Saaristomeren merialueella luontokato koskee pääosin eliömäärää ja esiintyvyyttä. Luontokadon ilmeneminen on hyvin moninaista, ja luontokato ilmenee yleisimmin lajin esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena sekä populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tietopuutteita on monista ympäristöistä ja useasta eliöryhmistä, varsinkin tyrskyvyöhykkeeltä ja hiekkaisilta pohjilta sekä mikrolevistä, eläinplanktonista, kovien pohjien eläimistä ja vesikasveista. Myöskään avainlajien, meriajokkaan ja sinisimpukan, muutoksista ei ole todennettua tietoa alueelta. Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuusseurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Etenkin mikrolevien ja eläinplanktonin seurantaa ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi vesikasvien koordinoitua seurantaa ja olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

### 3.7.6 Suomenlahti

#### Luontokato aineistossa

Suomenlahden merialueelta luontokatoa osoittavia havaintoja löytyi runsaasti, kaikkiaan 126 kappaletta. Näistä suurin osa (72 prosenttia) oli uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys Suomenlahden aineistoissa oli 59 prosenttia, eli hieman korkeampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luontokadon todisteita löytyi Ekologiset toiminnot -kategoriaa lukuun ottamatta kaikista aineistossa esiintyneistä luonnon monimuotoisuuden kategorioista, joista suhteellisesti yleisimmin aineistomäärällisesti harvalukuisista Ekosysteemi- ja Muut-kategorioista (1/1), mutta hyvin yleisesti myös Eliöyhteisön rakenne -kategorista (76 prosenttia). Suomenlahden merialueelta luontokadon todisteita löytyi kaikista aineistossa esiintyneistä eliöryhmistä. Luontokatoaineistoja oli suhteellisesti eniten (1/1) aineistomäärällisesti harvinaisissa Eläinplankton- sekä Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmissä, mutta suhteellinen yleisyys oli korkea myös makrolevissä (93 prosenttia) ja kovien pohjien pohjaeläimissä (91





prosenttia). Tältä merialueelta luontokadon todisteita löytyi kaikista aineistossa esiintyneistä luontotyypeistä. Luontokatodisteiden suhteellinen yleisyys oli korkein (1/1) yksittäisessä Hydrolitoraalin sekasedimentit - luontotyypin aineistossa, mutta korkea myös infralitoraalin biogeenisissä elinympäristöissä (90 prosenttia) sekä infralitoraalin kovilla pohjilla (94 prosenttia). Luontokadon ilmeneminen oli hyvin moninaista, ja eri ilmenemismuotoja oli kaikkiaan 22 kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat lajin esiintyvyyden pieneneminen (20 prosenttia), lajin paikallinen katoaminen (17 prosenttia) ja populaation yksilömäärän väheneminen (16 prosenttia).

### Kirjallisuuskatsaus

Suomenlahden merialueelta kirjallisuuskatsauksen luontokadon todisteita löytyi kaikista eliöryhmistä. Mikroleväaineistoa oli useita ja ne liittyivät etenkin rehevöitymisen vaikutuksiin lajistossa ja runsauksissa, kun taas eläinplankton aineistoja oli vain yksi (myös luvut 3.5.1 ja 3.5.4). Suomenlahden rannikkovesissä on osoitettu yleisesti rehevöitymistä suosivien planktonlajien (muun muassa useat syanobakteerit) runsastumisia vähäravinteisempia ympäristöjä tarvitsevien lajien kustannuksella varsinkin 1970- ja 1980-luvuilta eteenpäin (Finni ym. 2001; Illus ja Keskitalo 2008). Myös sisälähtien eläinplanktonyhteisössä on osoitettu samantyyppisiä muutoksia kohti rehevöitymistä suosivien lajien vallitsevuutta (Finni ym. 2001). Historiallisten piileväesiintymien perusteella on havaittu pohjalla elävien perifyyttisten ja vesimassan pelaagisten piilevien muodostamien yhteisöjen muutoksia toisaalta maatalouden hajakuormituksen ja toisaalta yhteiskunta-jätevesien aiheuttaman voimakkaan paikallisen rehevöitymisen vaikutuksesta. Perifyyttinen piilevälajisto tuhoutui monin paikoin lähes kokonaan viime vuosisadan puoleenväliin mennessä, kun vastaavasti rehevöitymistä suosivat planktoniset lajit taas runsastuivat (Korhola ja Blom 1996; Weckström 2006; Weckström ym. 2007). Piilevien monimuotoisuus on vähentynyt niin lajimäärissä kuin diversiteetti-indeksillä mitattuna. Vaikka urbaaneilla alueilla on havaittu selkeätä toipumista jäteveden kuormituksen vähennyttyä 1950- ja 60-luvuilta eteenpäin, eivät leväyhteisöjen muuttuneet koostumukset ole vielä palautuneet tilaan ennen kaupungistumista (Weckström 2006; Weckström ym. 2007). Lisäksi on osoitettu rehevöitymiseen liitetty yleinen kokonaiskasviplanktonin määrän lisääntyminen Suomenlahden rannikkovesissä (Reuss ym. 2005; Fernandes ym. 2012).

Suomenlahtea koskevia makroleväaineistoja on useita ja ne käsittelivät rakkohaurun ja punalevien runsauden ja syvyyksilevinneisyyden muutoksia (myös luku 3.5.2). Läntisellä Suomenlahdella on nähty rakkohaurun esiintyvyydessä selvää taantumista, ja varsinkin ulkosaariston suojaisimmilla paikoilla rakkohauruesiintymät katosivat lähes täysin jo 1970-luvun lopussa (Kangas ym. 1982). Rakkohaurun esiintyvyyden maksimisyvyys oli pienentynyt läntisellä Suomenlahdella 1980-luvulta lähtien yli seitsemästä metrillä alle viiteen metriin (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Yhtenäistä rakkoleväkasvustoa löydettiin alueella vielä 1970-luvulla yli 10 metrin syvyydestä, mutta 1990-luvun puoleen väliin mennessä enää viidestä metrillä, ja 2010-luvulla vain kahden ja puolen metrin syvyydestä, vaikkakin vuosituhannen vaihteessa oli joitain merkkejä myös tilanteen paranemisesta (Torn ym. 2016; Rinne ja Salovius-Laurén 2020). Suomenlahden keskiosissa maksimisyvyys oli pienentynyt 1990-luvun alusta vuoteen 2016 mennessä yli viidestä metrillä vajaan neljään metriin, ja itäisellä Suomenlahdella kolmesta noin kahteen metriin (Rinne ja Salovius-Laurén 2020, ja siinä esitetyt lähteet). Punalevistä on myös raportoitu yleisesti aiemmin yleisten lajien taantumista ja monen lajin esiintymistä matalammassa vedessä verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin (Rinne ja Kostamo 2022).

Suomenlahden merialueelta on melko runsaasti aineistoa vesikasveissa tapahtuneista muutoksista (myös luku 3.5.3). Läntisellä Suomenlahdella tehdyssä laajassa vesikasvillisuustutkimuksessa vuosina 2005–2007 osoitettiin merkittäviä rehevöitymiseen ja elinympäristöjen heikkenemiseen liitettyjä muutoksia. Kaikkiaan 10 lajia oli kokonaan kadonnut tutkimusalueelta, ja merkittävää esiintyvyyden vähenemistä havaittiin 38 prosentissa kaikista 48 lajista (Pitkänen ym. 2013). Lisäksi esimerkiksi hentovita (*Potamogeton pusillus*) harvinaistunut suojaisilla sisäsaariston alueilla ja vastaavasti yleistynyt ulommilla alueilla, ja järviruoko (*Phragmites australis*) oli merkittävästi lisääntynyt koko alueella. Yleisesti ottaen, runsastyyppisiä olosuhteita ja heikkoa valon saatavuutta suosivien lajien esiintyvyys kasvoi, kun taas vähäravinteisia oloja ja matalia vesialueita suosivien lajien esiintyvyys väheni (Pitkänen ym. 2013). Läntisellä Suomenlahdella on toisessa tutkimuksessa osoitettu punanäkinparran (*Chara tomentosa*) esiintyvyyden vähenemistä (Munsterhjelm ym. 2008), ja itäisellä Suomenlahdella rehevöitymistä suosivan järviruokan levinneisyyden ja esiintyvyyden kasvu (Altartouri ym. 2014).



Suomenlahden kovien ja pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskevia aineistoja oli yhteensä melko runsaasti (myös luvut 3.5.5 ja 3.5.6). Kolmella ulkosaariston tutkimuspaikalla itäiseltä Suomenlahdelta läntiselle Suomenlahdelle seurattiin sinisimpukoiden yksilötiheyttä ja biomassaa kymmenen vuoden ajan (1995–2005), ja havaittiin vähenemistä niin nuorissa vastailmaantuneissa simpukoissa (rekryytit) kuin aikuisissa simpukoissa (Westerbom ym. 2019). Sinisimpukan runsauden vaihtelu liittyi muutoksiin suolaisuudessa, veden lämpötilassa, ja talviolosuhteissa, joihin kaikkiin ilmastonmuutoksen tiedetään vaikuttavan. Helsingin rannikkoalueella havaittiin vuosina 2003–2008 uusi katkalaji, *Gammarus tigrinus*, joka oli monin paikoin runsaslukuinen ja usealla paikalla hallitseva kotoperäisten katkojen kustannuksella (Packalén ym. 2008). Ihmisavusteisen saapumisensa jälkeen laji on hyötynyt rannikkovesien rehevöityneistä olosuhteista. Läntisellä Suomenlahdella on tutkittu matalan lahtialueen pohjaeläimistöä vuosien 1928 ja 2000 välillä, ja osoitettu lajirunsauden pieneneminen neljästätoista lajista kahdeksaan lajiin sekä selkeä (> 90 prosenttia) väheneminen kokonaisuksilömäärissä (Laine ym. 2003). Lajisto oli selvästi muuttunut ja kaikkiaan 11 lajia, mukaan lukien kaikki äyriäislajit, olivat kadonneet. Pohjaeläinyhteisön valtalaji oli vaihtunut liejukatkasta liejusimpukkaan, ja vieraslajina saapunut amerikansukasmato (*Marenzelleria viridis*) oli vakiintunut (Laine ym. 2003). Toisessa meriajokasniittyihin keskittyvässä tutkimuksessa samalta alueelta havaittiin 1960- ja 1990-luvun välillä heikkenemistä monimuotoisuusindeksissä, lajimäärän vähenemistä neljällä lajilla, sekä muutoksia yhteisörakenteessa ja vallitsevuussuhteissa, mukaan lukien vieraslaji amerikansukasmadon vakiintuminen merkittäväksi osaksi pohjaeläinyhteisöä (Boström ym. 2002).

Suomenlahden merialueella kaloja koskevia aineistoja oli melko runsaasti (myös luku 3.5.7). Rannikon kalaston rakenne oli rehevöitymiskehityksen takia muuttunut särkikalavoittoiseksi jo ennen vuosituhannen vaihdetta (Lappalainen ym. 2000; 2001). Toisaalta on nähty myös vastakkaista kehitystä tai palautumista ravinnekuormituksen pienentyessä paikallisesti (Lehtonen ym. 1998; Lappalainen ja Pesonen 2000). Kampelan runsaus väheni Helsingin edustalla merkittävästi (> 74 prosenttia) 1990-luvun puolesta välistä 2010-luvulle, ja läntisellä Suomenlahdella (> 66 prosenttia) 1970-/80-luvuilta 2010-luvun alkuun mennessä (Jokinen ym. 2015). Läntisellä Suomenlahdella myös kampeloiden poikasmäärät olivat romahtaneet (98 prosenttia) vuosien 1980-luvulta 2010-luvulle (Jokinen ym. 2016). Lisäksi aikuiskalojen keskipituus ja kuntoindeksi olivat laskeneet vuosien 1975 ja 2012 välillä, mikä saattaa heijastaa kalastuspoistuman vaikutuksia sekä heikentynyttä ravinnonsaantia (Jokinen ym. 2015). Läntisen Suomenlahden ulkosaaristossa havaittiin hauen runsaudessa jatkuva ja merkittävä lasku (97 prosenttia) noin 1940-luvulta 2000-luvulle (Lehtonen ym. 2009). Lisäksi samalla alueella särjillä on osoitettu hitaampaa kasvua 1970-luvulta 2000-luvulle, mahdollisesti heikentyneen ravinnon saatavuuden takia (Lappalainen ym. 2001). Kaupallisen saaliin perusteella koko Suomenlahden rannikon alueelta on viitteitä silakka-, meritaimen-, made-, norssi-, ja kampelakantojen pidemmän ajan taantumisesta 2010-luvulle saavuttaessa (Peltonen ja Weigel 2022) sekä haukikannan pientymisestä (saalin väheneminen 40 prosenttia) 2000-luvun alusta (Olsson ym. 2023).

Suomenlahtea koskevat ekosysteemitason tutkimushavainnot käsittelivät rehevöitymisen vaikutuksia (myös luku 3.5.8). Rehevöitymisen on osoitettu aiheuttavan merkittäviä muutoksia läpi ekosysteemin, muun muassa rakkohaurun vähenemistä lisääntyneiden yksivuotisten rihmalevien kustannuksella, sekä yhteisörakenteen muutoksia kaloissa ja pohjaeläimissä (Rönnberg ja Bonsdorff 2004). Suomenlahden merialueen luontokadosta valtaosa oli liitetty rehevöitymiseen (Kangas ym. 1985; Korhola ja Blom 1996; Finni ym. 2001; Lappalainen ym. 2001; Boström ym. 2002; Laine ym. 2003; Reuss ym. 2005; Torn ym. 2006; Weckström, 2006; Weckström ym. 2007; Ilus ja Keskitalo 2008; Lehtonen ym. 2009; Fernandes ym. 2012; Pitkänen ym. 2013; Altartouri ym. 2014; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022). Lisäksi osa makrolevien ja kalojen luontokadosta Suomenlahden alueella oli liitetty ilmastonmuutoksen mahdollisiin vaikutuksiin (Westerbom ym. 2019; Peltonen ja Weigel 2022; Rinne ja Kostamo 2022), kaloihin ja vesikasvien osalta myös elinympäristöjen heikkenemiseen (Munsterhjelm ym. 2008; Lehtonen ym. 2009; Pitkänen ym. 2013; Olsson ym. 2023), ja pohjaeläinten osalta myös vieraslajeihin (Boström ym. 2002; Laine ym. 2003; Packalén ym. 2008).

### **Muut arvioinnit ja raportit**

Vesienhoidon viimeisimmässä tila-arvioinnissa vuosilta 2012–2017 pintavesien ekologinen tila oli Suomenlahden merialueella kauttaaltaan hyvää huonompi (Mäntykoski ym. 2022; HERTTA 2023). Sisälahdet ja kaupunkien edustat olivat osin välttävissä tai jopa huonossa tilassa, kun taas ulommat alueet pääosin tyydyttävissä. Biologisista tilakuvaajista 55 prosenttia arvioidusta vesimuodostumista oli tyydyttävissä tilassa,



43 prosenttia välttävissä, eikä yksikään yltänyt hyvään tilaan (HERTTA 2023). Kasviplanktonkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa kaikissa arvioiduissa vesimuodostumissa (HERTTA 2023). Rakkohaurun alakasvu-rajasta koostuva makroleväkuvaaja osoitti pääosin tyydyttävää tai välttävää tilaa, ja ylsi hyvään tilaan vain kahdeksassa prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023). Pohjaeläinkuvaaja oli hyvää tilaa huonommassa tilassa 73 prosentissa arvioiduista vesimuodostumista (HERTTA 2023).

Viimeisimmässä julkaistussa merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arviossa (v. 2011–2016) Suomenlahden rannikkovedet olivat rehevöitymistilan kokonaisarvion, sekä sen perustana olevien ravinneindikaattorien ja näkösyvyyden perusteella heikossa tilassa (Korpinen ym. 2018). Laajojen merenpohjan elinympäristöjen kokonaisarviointissa puolet Suomenlahden merialueesta oli tyrskyvyöhykkeen elinympäristöjen osalta hyvässä tilassa, ja infralitoraalin osalta hyvää tilaa ei saavutettu (SYKE 2023c). Kasviplanktonin a-klorofyllin perusteella hyvän tilan tavoitearvoa ei saavutettu (Korpinen ym. 2018). Makrolevien osalta Suomenlahden alueella tila oli heikko sekä punaleväindikaattorin että rakkohaurun alakasvurajan perusteella (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023c). Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinten osalta hyvän tilan tavoitearvoa ei myöskään saavutettu (SYKE 2023c). Kaloja koskevassa monimuotoisuustarkastelussa meritaimenen tila arvioitiin heikoksi Suomenlahden alueella, mutta rannikon kaupallisten kalakantojen osalta ahven- ja kuhakantojen tila oli hyvä (Korpinen ym. 2018; SYKE 2023d). Vaellussiian tilaa ei arvioida alueella. Rannikon petokalojen (ahven, kuha ja hauki) runsautta mittaava indikaattori osoitti hyvää tilaa, mutta särkikalaindikaattori heikkoa ympäristön tilaa (SYKE 2023d). Ekosysteemin tilaa laajemmin kuvaava ravintoverkkojen tila oli Suomenlahden merialueella hyvä, vaikka osa sitä kuvaavista biologisista indikaattoreista osoittikin heikkoa tilaa (Korpinen ym. 2018).

HELCOMin viimeisimmässä biodiversiteettiarviointissa (2016–2021) rannikon vesimassaan kokonaistila-arvio, ja molemmat sitä kuvaavat planktonleväindikaattorit osoittivat heikkoa tilaa Suomenlahden merialueella (HELCOM 2023a; d; e). Rannikkokalaindikaattoreihin pohjautuva kokonaistila-arvio, ja kaikki sitä kuvaavat indikaattorit, meritaimenen jokipoisindikaattoria lukuun ottamatta, osoittivat heikkoa tilaa (HELCOM 2023a; f; g; h; i).



## Tietolaatikko 22. Suomenlahti

- Aineistomäärä: **runsas**
- Luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- Luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suurta**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöt: mikro- ja makrolevät, **vesikasvit**, eläinplankton\*, kovien ja pehmeiden pohjien eläimet, kalat, useat eliöryhmät ja ekosysteemi\*
  - luontotyytit: hydrolitoraalin mutapohjat ja sekasedimentit\*, infralitoraalin muta-, hiekkapohjat, sekasedimentit, ja kovat pohjat, **useat ympäristöt**
- Merkittävimmät ilmenemismuodot: lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen, populaation yksilömäärän väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, välilliset ekologiset vuorovaikutukset
- Muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Tietoa Suomenlahden merialuetta koskevasta luontokadosta on runsaasti. Luontokatoa ilmeni lähes 60 prosentissa aineistoista. Tietoa on kaikista eliöryhmistä\*\*, ja luontokatoa on havaittu eniten vesikasveista, mutta yleisimmin eläinplanktonista\* ja ekosysteemitasolla\*, mutta yleisesti myös makrolevistä ja kovien pohjien eläimistä. Luontokato liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään, ja yleisimmin tyrskyvyöhykkeen sekasedimentteihin\* ja infralitoraalin koviin pohjiin. Suomenlahden merialueella luontokato koskee pääosin esiintyvyyttä ja eliömäärää. Luontokadon ilmeneminen on moninaista, ja luontokato ilmenee yleisimmin lajin esiintyvyyden pienenemisenä tai paikallisena katoamisena sekä populaation runsauden vähenemisenä. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, kalastuksen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Suomenlahdella tietoa on kattavasti eri eliöryhmistä ja ympäristöistä. Silti tietopuutteita on, varsinkin tyrskyvyöhykkeeltä ja eläinplanktonista. Sinisimpukasta on verrattain hyvin tietoa, mutta toisen avainlajin, meriajokkaan, muutoksista ei ole todennettua tietoa. Matalien alueiden monia eliöryhmiä käsittäviä monimuotoisuus-seurantoja voisi edistää ja niihin perustuvaa kokonaisvaltaista luontokadon arviointia kehittää. Eteenkin matalien alueiden eläinplanktonin seurantaa ja arviointia voisi kehittää. Lisäksi olemassa olevien seurantatietojen tehokkaampaa hyödyntämistä voisi edistää, erityisesti luontokadon arvioinnin näkökulmasta.

\*vain yksi aineisto

\*\*bakteereja koskevia aineistoja ei ollut lainkaan, eikä tätä ryhmää tässä tarkemmin tarkastella

### 3.7.7 Useat alueet

#### Luontokato aineistossa

Useat alueet merialuekategoriaan kuului aineistoja, jotka käsittivät laajempia rannikkoalueita tai joita ei maantieteellisesti voitu erottaa ja liittää tietyille yksittäisille merialueille. Tähän merialuekategoriaan liitettyjä luontokatoa osoittavia löytyi niukasti, vain 15 kappaletta, joista ajallisesti määriteltävistä aineistoista kaikki olivat uudempia, vähintään vuoteen 2000 yltäviä aineistoja. Luontokadon suhteellinen yleisyys tässä merialuekategoriaassa oli merialueista korkein, 60 prosenttia, eli korkeampi kuin merialueiden keskiarvo ja yleisyys koko aineistossa. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista luontokadon todisteita löytyi Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyyden- ja Ekosysteemimuutos-kategorioista. Suhteellisesti yleisimmin luontokadon todisteita löytyi vain yhden aineiston Ekosysteemimuutos-kategoriassa (1/1) sekä Taksonin esiintyvyyden -kategoriassa (7/7). Eliöryhmittäin tämän merialuekategorian luontokadon todisteita löytyi makrolevistä,



vesikasveista, pehmeiden pohjien pohjaeläimistä, kaloista ja Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä, joista kala-aineistoja lukuun ottamatta yhtä yleisesti (100 prosenttia) kaikissa eliöryhmissä. Tämän merialuekategorian luontokadon todisteita löytyi infralitoraalin mutapohjilta ja kallio-/kivipohjilta sekä tarkemmin määrittelemättömästä Useat ympäristöt -ryhmästä. Näistä luontotyypeistä luontokadon suhteellinen yleisyys oli suurinta infralitoraalin mutapohjilla ja kallio-/kivipohjilla, joissa molemmissa kaikki aineistot sisälsivät luontokadon todisteita (4/4 ja 3/3). Luontokadon ilmenemismuotojen määrä oli suppeaa, ja eri ilmenemismuotoja oli vain kuusi kappaletta. Näistä yleisimpiä olivat populaation biomassan väheneminen (40 prosenttia), lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden väheneminen (27 prosenttia) ja lajin syvyyssleivneisyyden kaventuminen (13 prosenttia).

### **Kirjallisuuskatsaus**

Useat alueet merialuekategoriaan yhdistettyihin aineistoja oli kaikkiaan niukasti ja luontokadon todisteet liittyivät makroleviin, vesikasveihin, pohjaeläimiin, kaloihin, ja laajemmin ekosysteemiä koskeviin muutoksiin. Perämeren lukuun ottamatta koko rannikon kattavan syvyyssiintyvyyden tila-arvion perusteella rakkohaurun tila on merkittävästi heikennyt 1960-luvulta nykypäivään ja rakkohaurun alakasvuraja madaltunut keskimäärin 0,3 metriä 1990-luvun alusta, sijaiten nyt kahden ja puolen ja kolmen metrin välissä (Sahla ym. 2020). Valon läpäisevyyttä kuvaavan näkösyvyyden perusteella tehdyt mallinnustulokset osoittivat, että valon saatavuuden heikkeneminen on vähentänyt rakkohaurun vallitsevuudelle suotuisia alueita Suomen rannikolla sadan vuoden aikana 45 prosentilla, ja viimeisen 50 vuoden aikana (1955–2005) keskimääräinen yli 30 prosenttia. (Sahla ym. 2020). Jos nykyinen kehityssuuntaus jatkuu, saattaa rakkohaurun tila romahtaa seuraavan 10–15 vuoden kuluessa (Sahla ym. 2020). Laajassa mallinnustyössä osoitettiin ruoppausten haitallisia vaikutuksia näkinpartaisleville ja putkilokasveille (Virtanen ym. 2023). Keskimääräiset lajikohtaiset vahingot olivat suurimmat näkinpartaislevien kohdalla, mutta kokonaisvahingot olivat merkittävimmät putkilokasveille. Myös pehmeiden pohjien pohjaeläimien elinympäristöjä tuhoutuu merkittävästi ruoppausten seurauksena. Yleisesti Suomen rannikolla etenkin lämpimämpään veteen sopeutuneet makeanveden kalalajit ovat hyötäneet rehevöitymisestä ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista, kun taas useimmat kylmään veteen sopeutuneisiin meri- tai vaelluskalalajeihin ympäristöolosuhteiden muutokset ovat vaikuttaneet kielteisesti (Peltonen ja Weigel 2022). Kaupallisen saaliin perusteella onkin koko Suomen rannikon osalta yleisesti viitteitä silakka-, siika-, meritaimen-, made-, norssi- ja kampelakantojen pidemmän ajan taantumisesta 2010-luvulle saavuttaessa (Peltonen ja Weigel 2022). Ilmastonmuutos koskee koko Suomen rannikkoa ja sen ekosysteemiä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten hellejaksot ja aleneva meriveden suolapitoisuus, vaikuttavat kielteisesti moniin keskeisiin merilajeihin kuten meriajokkaaseen, rakkolevään ja sinisimpukkaan, ja välillisesti näitä avainlajeja hyödyntäviin selkärangattomien eläimien ja kalojen muodostamiin yhteisöihin (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Ilmastonmuutoksen aiheuttamat ympäristömuutokset edistävät myös vieraslajien vakiintumista, mikä voi vaikuttaa Itämeren ravintoverkon dynamiikkaan.



### Tietolaatikko 23. Useat alueet

- aineistomäärä: **niukka**
- luontokadon yleisyys: **kohtalaista**
- luontokadon ilmenemismuotojen määrä: **suppeaa**
- Luontokadon esiintyminen
  - eliöryhmät: makrolevät, vesikasvit, pehmeiden pohjien eläimet, **kalat**, useat eliöryhmät ja ekosysteemi\*
  - luontotyypit: infralitoraalin mutapohjat ja kovat pohjat, **useat ympäristöt**
- merkittävimmät ilmenemismuodot: populaation biomassan väheneminen, lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden väheneminen
- Tärkeimmät paineet: rehevöityminen, ilmastonmuutos
- muut arvioinnit: vesienhoito, merenhoito, HELCOM

Useat alueet-merialuekategoria käsitti laajempia rannikkoalueita tai tapauksia, joita ei maantieteellisesti voitu erotella ja liittää tietyille yksittäisille merialueille. Tietoa tällaisia kokonaisuuksia koskevasta luontokadosta on niukasti. Luontokatoa ilmeni 60 prosentissa aineistoista. Tietoa on makrolevistä, kaloista ja useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmästä\*, ja luontokatoa on havaittu eniten makrolevistä ja kaloista, mutta yleisimmin makrolevistä ja laajemmin ekosysteemitasolla\*. Luontokato liittyy pääosin useat ympäristöt -ryhmään ja yleisimmin infralitoraalin muta- koviin pohjiin. Useat alueet -ryhmässä luontokato koskee pääosin esiintyvyyttä ja eliömäärää. Luontokadon ilmenemismuotojen määrä on suppeaa, ja luontokato ilmenee populaation runsauden vähenemisenä ja lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden vähenemisenä. Muutokset ovat seurausta muun muassa rehevöitymisen, merenpohjan häiriön, ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Tämän aluekategorian tietoa on kattavasti eri eliöryhmistä ja ympäristöistä. Tietopuutteita on monessa erillisessä eliöryhmässä ja luontotyypissä, ja laajemmin ilmastonmuutoksen, rehevöitymisen, ja muiden paineiden sekä luontokadon eri ilmenemismuotojen kumulatiivisista yhteisvaikutuksista ekosysteemitasolla ja koko rannikon kattavasti.

\*vain yksi aineisto

## 4 TOIMENPITEET JA SUOSITUKSET

Perustuslain 20 §:n mukaan vastuu luonnosta ja sen monimuotoisuudesta kuuluu kaikille. Luontokadon torjuminen on siis koko yhteiskunnan ja sen kaikkien sektoreiden yhteinen tehtävä. Tätä mieltä on myös valtaosa kansalaisista (Ympäristöministeriö 2022a). Julkisvallalla ja poliittisella päätöksenteolla sekä lainsäädännön ohjauskeinoilla on kuitenkin keskeinen ja korostunut rooli luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa. Päätöksenteon perustaksi tulee olla saatavilla luotettavaa tietoa luonnon tilasta ja kehityksestä. Itämeren ja rannikkovesiemme kohdalla tutkimus- ja seurantatietoa on olemassa (Korpinen ym. 2018; HELCOM 2023b), vaikka puutteitakin löytyy (luvut 3.5–3.7).

Kaikista meriluonnon monimuotoisuuden osa-alueista ei ole ajallisesti tai maantieteellisesti tarpeeksi kattavaa tietoa, ja joistakin keskeisistä eliöryhmistä, ympäristöistä, ekologisista toiminnoista tai muista monimuotoisuuden elementeistä tieto saattaa puuttua kokonaan. Laajasti ottaen kuitenkin tiedetään, että meri ei voi hyvin. Vakavimmat ongelmakohdat ja niitä aiheuttavat tekijät ovat tiedossa. Keskeistä on ymmärtää luonnollisen ympäristön ja luonnon monimuotoisuuden merkitys ja tärkeys myös ihmisen hyvinvoinnin ja



olemassaolon perustana (Kortetmäki ym. 2021; Marttila ja Lukkarinen 2022). Tämä ymmärrys on edellytys luonnon – ja myös ihmisen osana luontoa – kannalta suotuisten arvovalintojen tekemiseen poliittisessa priorisoinnissa kilpailevien intressien kesken.

Luontokato on ihmisen aikaansaamaa. Itämeren huono kunto ei ole meren sisäsyntyinen ominaisuus, vaan ihmisen aiheuttama tila. Rannikkovesien samentuminen, pohjien liettyminen, rakkohaurun väheneminen, kalakantojen taantuminen, mätänevien irtonaisten rihmalevälauttojen valtaamat rannat sekä monet muut matalien rannikkoalueiden elinympäristöjen, eliöyhteisöjen ja ekosysteemien rakenteelliset ja toiminnalliset muutokset eivät ole ilmaantuneet itsestään, vaan ovat luonnon kantokyvyn ja häiriönsietokyvyn rajat ylittäneen ja pitkään jatkuneen ihmistoiminnan tuotosta. Jos ja kun kehityskulku halutaan muuttaa ja rannikkovesien – ja koko Suomen luonnon – luontokato todella pysäyttää, luonnon merkitys ja tärkeys täytyy ymmärtää, ja sen tulee näkyä poliittisessa päätöksenteossa.

Vaikka luontokadon uhkaa ei ole riittävässä määrin torjuttu, luontokadon vakavuuteen ja luonnon monimuotoisuuden merkitykseen ollaan kuitenkin heräämässä. Biodiversiteetti ja luonnon monimuotoisuus käsitteinä ovat valtavirtaistuneet yhteiskunnassa. Kansalaiset välittävät luonnosta ja ovat Itämerestä huolissaan (Nieminen ym. 2019; Sitra 2021; Ympäristöministeriö 2022a). Tähän mennessä tehdyt poliittiset päätökset ja niihin nojautuvat toimenpiteet eivät kuitenkaan vielä ole olleet riittäviä luontokadon pysäyttämiseksi (Auvinen ym. 2020). Olemassa olevaan tietoon perustuen ja tietopuutteistakin huolimatta päättäjien on ryhdyttävä ripeisiin toimiin ja tehtävä vaikutuksiltaan riittäviä päätöksiä – päätöksiä, jotka riittävän voimakkaasti ohjaavat luonnon tilan heikkenemisen aiheuttajia, eli ihmistoimintaa, poistamaan, välttämään ja vähentämään luontohaittoja (IPBES 2019; Marttila ja Lukkarinen 2022).

Se, että luontokadon pysäyttämisessä ei ole toistaiseksi tavoitteista huolimatta onnistuttu, kertoo syvemmästä rakenteellisesta ongelmasta, joka kohdistuu luontokadon juurisyihin, kuten demografisiin, sosiaalisiin, ekonomisiin, teknologisiin, institutionaalisiin ja hallinnollisiin tekijöihin (Bulkeley ym. 2020). Luontokadon pysäyttäminen vaatii luonnon monimuotoisuuden keskeisesti huomioivaa, sosiaalisesti ja taloudellisesti oikeudenmukaista ja koko yhteiskunnan kattavaa kestävä kehityksen siirtymää (Auvinen ym. 2020; Marttila ja Lukkarinen 2022). Ekologisen siirtymän aikaansaaminen vaatii positiivisen vision, joka auttaa tunnistamaan luonnon monimuotoisuuden turvaamisen hyödyt ja ehkäisemään luontoa heikentävien vastakkaisten etujen törmäyksiä (Bulkeley ym. 2020). Tällaisen vision jalkautumiseen ja toiminnaksi muuttamiseen tarvitaan politiikan, talouselämän, kansalaisyhteisön ja koko yhteiskunnan pitkäjänteistä panosta. Tällä tavoin luontoon kohdistuvat ihmistoiminnan paineet vähitellen vähenevät ja elvyttävät toimenpiteet lisääntyvät, luontokato pysähtyy ja luonnon palautuminen voi alkaa (Marttila ja Lukkarinen 2022).

Tukeakseen päättäjiä kestävyysmurroksessa sekä Suomen luontopolitiikan suunnittelua Suomen Luontopaneeli on aiemmassa kannanotossaan (Ketola ym. 2022) pureutunut seuraaviin laajoihin kokonaisuuksiin, joilla luonto voidaan saattaa elpymisuralle: 1. Tehdään pitkäjänteistä ja johdonmukaista luontopolitiikkaa, 2. Pysäytetään luontokato ja parannetaan luonnon kokonaistilaa, 3. Kannetaan globaali vastuumme, 4. Hillitään ylikulutusta, ja 5. Turvataan maan- ja vesienkäytön kestävyys. Näiden viiden kokonaisuuden alla esitetään useita konkreettisempia suosituksia päätöksentekijöille. Suomen Luontopaneeli on lisäksi nostanut kuusi keskeistä kokonaisuutta luontokadon pysäyttämiseksi Suomessa (Kotiaho ym. 2021): 1. Kasvatetaan luonnonsuojelun määrärahoja nopeasti mutta pitkäjänteisesti, 2. Sitoudutaan luonnon kokonaisuheikentymättömyyteen, 3. Käynnistetään luontohaittojen ylikompensoinnin velvoittavuuden valmistelu, 4. Tuetaan monimuotoisuutta ja työllisyyttä samanaikaisesti, 5. Lisätään ympäristökasvatusta ja 6. Toteutetaan vihreä siirtymä vähähiiliseen yhteiskuntaan. Nämä laajemmat yhteiskunnalliset toimenpiteet ja muutokset ovat myös edellytyksenä meriluonnon turvaamiselle ja suojelemiselle sekä rannikon vedenalaisen luontokadon pysäyttämiseksi.

## 4.1 Mahdolliset toimenpiteet ja yhteiskunnalliset edellytykset

Suomen rannikon vedenalaisen luontokadon pysäyttämiseksi tarvittava keinovalikoima koostuu pääpiirteittäin luontokatoa aiheuttavien toiminnan ja paineiden muuttamisesta ja vähentämisestä, suojelutoimenpiteistä ja kunnostus- ja ennallistamistoimista. Näiden keinojen käyttäminen ja toimeenpano taas vaatii arvoihin ja asenteisiin, poliittiseen päätöksentekoon ja priorisointiin sekä resursseihin liittyviä edellytyksiä. Koko Itämeren





tasolla on arvioitu, että vaikuttavimmat meren tilan parantamiseen tähtäävät toimenpiteet liittyvät kansainväliseen regulaatioon kohdistuen varsinkin rehevöitymiseen, kalastukseen ja ihmisen aiheuttamaan meren ravintoverkon epätasapainoon, vaikkakin myös rajallisemmilla aluesuojelun toimenpiteillä on tärkeä merkityksensä (HELCOM ACTION 2021).

On keskeistä huomioida ja ymmärtää, että edellytykset suojele- ja kunnostus- tai ennallistamistoimenpiteille eivät ole hyvät, jos alun perin luontokatoa ja meren heikkoa tilaa aiheuttaneita tekijöitä ei ole saatu vähennettyä tai poistettua. Jos meriajokasniitty on jostain kadonnut rehevöitymisen ja liian samean veden takia, ei se tule menestymään myöskään siirtoistutuksia tekemällä, jos veden tila ei ole parantunut. Vaikka ihmistoiminnasta johtuviin paineisiin puuttuminen saattaa olla vaikeaa, tulisi rajallisten resurssien mahdollisimman tehokkaaksi hyödyntämiseksi kuitenkin varmistua, että edellytykset suojele- ja ennallistamistoimien onnistumiselle ja luonnon palautumiselle on aidosti olemassa, mikä vaati aina myös luontoon kohdistuvien paineiden vähentämistä.

Monet ihmisen tarpeet ja toiminnot ovat myös suoraan tai välillisesti riippuvaisia rannikkovesien tuottamista ja ylläpitämistä ekosysteemipalveluista. Täyttämällä tarpeitaan ja toiminnoillaan ihminen kuitenkin usein samalla heikentää paitsi meriluonnon tilaa myös omia toiminnan edellytyksiään. Tällainen epätasapaino ei ole järkevää eikä pitkän päälle kestävä. Konkreettisena vaihtoehtona on esitetty entistä kestävämmän käytön varaan rakentuvaa merta ja sen resursseja hyödyntävää niin sanottua sinistä kasvua sekä uusiutuvien meriluonnonvarojen kestäväan käyttöön perustuva sinistä biotaloutta (muun muassa Korpinen ym. 2018). Sininen kasvu kuvastaa yleisesti mereen liittyviä kestäväan kasvun periaatteiden mukaisia liiketoimintamalleja, kuten esimerkiksi fossiilittoman energiatuotannon siirtymään tähtäävä merituulivoiman ja voimansiirto-infrastruktuurin voimakasta lisärakentamista (Joensuu ym. 2021). Sininen biotalous liittyy suoraan meren luonnonvarojen hyödyntämiseen ja on siten suoranaisesti riippuvainen meren hyvästä tilasta. Sinisen biotalouden toimet eivät lähtökohtaisesti saisi lisätä meren tilaa heikentävää kokonaispainetta eivätkä saisi olla ristiriidassa meren luonnon tilan parantamisen kanssa, vaan päinvastoin parhaimmillaan jopa edistäisivät sitä. Esimerkiksi vajaasti hyödynnettyjen runsaiden särkikalakantojen kalastus poistaa merestä ravinteita ja saattaa edesauttaa rannikon kalaston palautumista rehevöitymistä edeltävään luontaisemman ekologisen tasapainon tilaan. On kuitenkin riski, että sinisen biotalouden nimissä myös ylläpidetään tai lisätään meriluonnolle haitallisia toimintoja, kuten esimerkiksi kalankasvatusta merellä. Lähtökohdiltaan kestäviin periaatteisiin tukeutuvien vihreän siirtymän, sinisen kasvun tai sinisen biotalouden toimintojen ekologisia ja yhteiskunnallisia yhteis- ja kokonaisvaikutuksia täytyy kattavasti tarkastella ennen toimintojen laajamittaista toimeenpanoa.

Parhaillaan päivitettävän kansallisen luonnon monimuotoisuusstrategian toimenpideohjelman luonnos tuo esille tapoja ja toimenpiteitä, joilla luonnon monimuotoisuuden turvaaminen ja luontokadon pysäyttäminen pyritään saavuttamaan (Ympäristöministeriö 2022b). Suomen rannikkovesien ja meriluonnon tilan parantamiseksi on laadittu Itämeren alueellisen suojeluyhteistyön puitteissa hyväksytyt HELCOMin Itämeren suojelun toimintaohjelman (BSAP; HELCOM 2021) kansallinen toimeenpanosuunnitelma (Ympäristöministeriö 2023b), ja merenhoitosuunnitelman osana on laadittu oma toimenpideohjelma (Laamanen ym. 2021). Vesienhoidon puitteissa on vesienhoitoaluekohtaisesti vesienhoitosuunnitelmissa tuotu esille keskeisimpiä toimenpiteitä rannikkovesien ekologisen tilan parantamiseksi (ÅLR 2021a; b; Laine ym. 2022; Mäntyselkä ym. 2022; Räänä ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022). Lisäksi vedenalaista rannikkoluontoa ja sen tilaa pyritään parantamaan erinäisillä poliittisilla ohjelmilla, joihin ohjataan julkisia varoja myös käytännön toimien toteuttamiseksi. Toimenpiteitä toteuttavat niin keskushallinnon alaiset organisaatiot kuten ELY-keskukset ja Metsähallitus kuin kunnat, mutta myös yhdistykset ja yksityiset toimijat.

Itämeren suojelukomission HELCOMin viimeisimmän Itämeren tila-arvioinnin mukaan toimet paineiden vähentämiseksi toimivat, kunhan niitä toimeenpannaan (HELCOM 2023b). Luontotavoitteiden täyttyminen riippuu toimeenpanoon sitoutumisesta ja siinä onnistumisesta. Tarvitaan pitkäjänteistä poliittista ohjausta ja sääntelyä kohti luontopositiivista yhteiskuntaa ja sen perustaksi murrosta yhteiskuntamme arvojärjestyksessä (Ketola ym. 2022; Paulomäki ym. 2023b).





#### 4.1.1 Luontokatoa aiheuttavien toiminnan ja paineiden vähentäminen

Kun syyt luontokatoon on tunnistettu, olisi ensisijainen toimenpide niihin puuttuminen, eli ihmistoiminnan muuttaminen ja paineiden vähentäminen. Meriluonnolle paineita aiheuttavaa ihmistoimintaa on Suomen rannikolla paljon: suoria vaikutuksia syntyy muun muassa vesirakentamisesta, ruoppauksista ja läjityksestä, veneilystä ja laivaliikenteestä, satamatoiminnasta, teollisuudesta, vesiviljelystä, kalastuksesta ja metsästyksestä, ja epäsuoria muun muassa maanviljelystä, metsätaloudesta, asumisesta, rantojen rakentamisesta ja vesivoiman tuotannosta (Laamanen ym. 2021; HELCOM 2023b). Näiden toimintojen rannikon luontoa merkittävimmin heikentävät suorat paineet ovat rehevöitymistä aiheuttava ravinnekuormitus, elinympäristöjä ja lajien tilaa heikentävät merenpohjan häiriöt, kalakantoja muuttava kalastuksen aiheuttama valikoiva kuolleisuus sekä muun muassa roskaantuminen, vieraslajit ja vedenalainen melu (Korpinen ym. 2018; luku 3.4). Esimerkiksi noin 50–75 prosenttia fosforin ja typen mereen päätyvästä kokonaiskuormituksesta aiheutuu ihmistoiminnasta, joista merkittävimmät ovat maa- ja metsätalous sekä yhdyskuntien jätevedet (Laamanen ym. 2021; Fleming ym. 2023).

Paineiden vähentäminen on keskeisessä roolissa niin HELCOMin Itämeren suojelun toimintaohjelmassa kuin kansallisessa merenhoidon toimenpideohjelmassa (HELCOM 2021; Laamanen ym. 2021). Paineiden vähentämisen osalta keskitytään suurimman meriluontoon vaikuttavan paineen, ravinnekuormituksen, hillitsemiseen, mutta myös vaarallisten ja haitallisten aineiden kuormituksen ja vaikutusten vähentämiseen, haitallisten vieraslajien torjuntaan, merellisten luonnonvarojen kestävän käytön ja hoidon edistämiseen, merenpohjiin kohdistuvien ihmisvaikutusten vähentämiseen, hydrografisten muutosten aiheuttamien häiriöiden estämiseen, meren ja rantojen roskaantumisen vähentämiseen, vedenalaisen melun vähentämiseen sekä meriympäristöön kohdistuvien riskien pienentämiseen (HELCOM 2021; Laamanen ym. 2021). Ravinnekuormitusta vähentäviä keskeisiä toimenpiteitä merenhoidon toimenpideohjelmassa ovat maatalouden kuormitusta hillitsevä ympäristökorvausjärjestelmä sekä jätevedenpuhdistamojen toiminnan sääntely. Maatalouden kuormitusta laskee myös tuotantoeläinten lannasta johtuva ravinnepäästöjen hallinnan ja tehokkaamman kierrätyksen edistäminen. Lisäksi suunnitelmassa on voimassa oleva haja-asutuksen ja merenkulun päästöjä rajoittava lainsäädäntö, sekä ruuantuotannon ja -kulutuksen kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä, kuten kasvisruoan ja luonnonkalan syömisen edistäminen (Laamanen ym. 2021). Vesienhoitosuunnitelmissa (2022–2027) pyritään vastaavanlaisesti tunnistamaan ja kehittämään tarvittavat toimenpiteet rannikon pintavesien ekologisen tilan parantamiseksi, ja etenkin maalta peräisin olevan ravinnekuormituksen vähentämisen suhteen näiden toimenpiteiden toteuttaminen on ratkaisevaa (ÅLR 2021a; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Räinen ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022).

Toinen tulevaisuudessa merkittävä ja kaikkiin muihin paineisiin ja niiden seurauksiin vaikuttava paine on ilmastonmuutos (HELCOM 2023b). Ilmastonmuutoksen nykykehityksen mukaan tilanne ei näytä lupaavalta. Ilmasto jatkaa lämpenemistään talvikauden muutoksiin painottuen (Ruosteenoja ja Jylhä 2021). Lämpenemiskehitys tulevina vuosikymmeninä on voimakkaasti riippuvainen ilmastonmuutoksen hillintätoimien onnistumisesta. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat moninaisia ja niiden hillitseminen vaatii niin kansallisia kuin globaalin mittaluokan, pitkäjänteisiä toimia. Keskeistä ilmastonmuutoksen hillinnässä on kasvihuonepäästöinä ilmakehään vapautuvan hiilen määrän nopea vähentäminen, ja tässä myös matalilla rannikkoekosysteemeillä on osoitettu olevan potentiaalisesti merkittäväkin rooli (Duarte 2017). Hiilen vapautumisen hillinnässä tulisi rajoittaa sedimentaatiopohjia muokkaavaa toimintaa, kuten ruoppausta (Moksnes ym. 2021). Rannikkoalueilla myös vesikasvi- ja makrolevä, ja simpukkayhteisöt voivat olla merkittäviä hiilensitojia (muun muassa Attard ym. 2018), ja siten näiden suojeleminen edesauttaa osaltaan myös ilmastonmuutoksen hillinnässä. Ilmastonmuutoksen tiedetään pahentavan rehevöitymiskehitystä entisestään, ja toisaalta rehevöitymisen tiedetään vaikuttavan negatiivisesti moniin rannikon ympäristöihin, joissa se voi heikentää varsinkin matalien rannikkoalueiden hiilensidonnan nettovaikutuksia kasvavilla kasvihuonepäästöillä (Roth ym. 2023). Ilmastonmuutoksen vakavuudesta huolimatta, kuitenkin lyhyellä aikavälillä rehevöitymisen hillitsemisen arvioidaan vaikuttavan Itämeren tilaan enemmän kuin ilmastonmuutoksen (Murray ym. 2019).

Toimenpiteitä meriluontoa heikentävien paineiden vähentämiseksi on jo aiemmin pyritty tekemään ja myös tehty (muun muassa Laamanen 2016; HELCOM 2007), mutta koska luontokato jatkuu, voidaan todeta, että toimia ei ole ollut riittävästi (Kotilainen ym. 2014; Korpinen ym. 2018; Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym.



2019; HELCOM ACTION 2021; HELCOM 2023b; SYKE 2024a). Rehevöitymistä aiheuttavaa ravinnekuormitusta on vähennetty, mutta ei tarpeeksi ja rehevöityminen Suomen rannikkovesissä edelleen jatkuu. Paineiden vähentäminen vaatii tarpeiden ja intressien yhteensovittamista. Meriluontoon suoraan vaikuttavan toiminnan ja paineiden vähentäminen vaatii luonnonsuojelupolitiikan keinojen vahvistamista, mutta myös luonnon kokonaisvaltaisen, nykyistä paremman huomioimisen kaikkien yhteiskunnan eri sektorien toiminnassa (Marttila ja Lukkarinen 2022).

#### 4.1.2 Suojelutoimenpiteet

Keskeinen keino luontokadon hillitsemiseksi on luontoon kohdistetut suojelutoimenpiteet. Suojelu voi kohdistua lajeihin ja luontotyyppisiin niitä lainsäädännön keinoin rauhoittamalla tai muulla tavoin suojelemalla, tai merialueisiin, joiden suojelu myös pääosin perustuu suojeltuihin lajiin tai luontotyyppisiin ja niiden esiintymisalueiden suojeluun.

Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmassa on esitetty viisi suoranaisesti suojeluun liittyvää toimenpidettä (Laamanen ym. 2021): (1) Meriharjuksen suojelua edistetään muun muassa toteuttamalla hoitosuunnitelmaa, kartoittamalla ja arvioimalla esiintymisalueita sekä kantojen ja elinympäristöjen tilaa, ja arvioimalla tarvetta kalastusrajoituksille; (2) Suojelualueverkostoa laajennetaan meriluonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi EU:n biodiversiteettistrategian esittämällä tavalla, huomioiden myös HELCOMin Itämeren suojelun toimintaohjelman Itämeren laajuiset sekä allaskohtaiset suojelualueverkostotavoitteet; (3) Merellisten suojelualueiden suojelun tehokkuutta parannetaan laatimalla ja päivittämällä hoidon ja käytön suunnitelmat (HKS) niille alueille, joille Natura-yleissuunnittelun yhteydessä on määritetty HKS-tarve, ja alueet, joilla ei ole HKS-tarvetta, tehdään Natura-alueiden tila-arvio (NATA) sekä tarvittaessa toimenpidesuunnitelmat; (4) Tehdään selvitys meriympäristöön liittyvien lainsäädäntöjen toimivuudesta ja tehokkuudesta meriluonnonsuojelussa, missä muun muassa tunnistetaan keskeiset mereen vaikuttavat lainsäädännöt, ja arvioidaan merellisten toimijoiden ja niiden toimia säätelevien lakien ja säädösten vaikuttavuutta meriluonnonsuojelussa; ja (5) Edistetään uhanalaisten merilajien ja luontotyyppien suojelua laatimalla toimenpideohjelmat sitä tarvitseville lajeille ja luontotyypeille. Lisäksi kolme merenhoidon toimenpideohjelman toimenpidettä koskee merialuesuunnittelua ja siten sivuaa suojelua (Laamanen ym. 2021).

Uhanalaisten lajien ja luontotyyppien suojeluun löytyy selkeitä keinoja lainsäädännöstä, kuten luonnonsuojelulaissa tunnistettujen uhanalaisten lajien ja luontotyyppien suojelu ja lajien rauhoittaminen, sekä EU:n luontodirektiivin mukaisten lajien ja luontotyyppien suojelu. Lajien ja luontotyyppien turvaamiseen tarkoitettujen alueiden suojeluun liittyy Luonnonsuojelulain (1096/1996) mukainen heikentämiskielto, jonka mukaan suojelun perusteena olevia luontoarvoja heikentävät toiminnot ovat kiellettyjä (Kuusela ym. 2022). Merialuesuojelu Suomessa koostuu Natura 2000-alueista, kansallispuistoista, yksityisistä suojelualueista, HELCOMin merensuojelualueista, Ramsar-alueista, Ahvenanmaan luonnonsuojelualueista ja muista valtion suojelualueista (Kuusela ym. 2022; Pappila ja Puharinen 2022). EU:n luontodirektiivin ja luonnonsuojelulain aluesuojelun pohjalta perustettu Natura 2000-verkosto on laajin merellinen suojelualueverkostomme (Arnkil ym. 2019; Laamanen ym. 2021). Merellisten Natura 2000 -alueiden ytimenä toimii luontodirektiivin suojeluun velvoittavat, direktiivin liitteessä I luetellut vedenalaiset ja vedenalaisia osia sisältävät kahdeksan luontotyyppiä: vedenalaiset hiekkasärkät (1110), kapeat murtovesilahdet (1650), riutat (1170), laajat matalat lahdet (1160), laguunit (1150), jokisuistot (1130), sekä vedenalaiset osat luontotyypeistä harjusaaret (1610) ja ulkosaariston luodot ja saaret (1620; Kuusela ym. 2022). Näistä kansallisesti uhanalaisia luontotyyppiä sisältävät jokisuistot sekä laguuneihin laskettavat fladat ja kluuvit (Kotilainen ym. 2018b). Fladat ja kluuvit ovat myös ainoita vesilailia (587/2011) suojeltuja rannikkovesien luontotyyppiä (Pappila ja Puharinen 2022).

Yhteensä Suomen merialueista on suojeltu tällä hetkellä noin 11 prosenttia (Heinonen ja Alanen 2022). Näistä valtaosa on Natura 2000 -alueita, jotka turvaavat vain tiettyjä luontoarvoja (Pappila ja Puharinen 2022). Eniten suojelualueita meripinta-alaa nähden on Itäisellä Suomenlahdella ja vähiten Ahvenanmaalla. Verrattuna suojelun tasoon koko Itämeren alueella (16 prosenttia suojeltu, josta 4 prosenttia tiukan suojelun piirissä), Suomen suojelun taso on selvästi heikompi (HELCOM 2023a; b). Monella muulla Itämeren maalla, muun muassa Ruotsilla, on myös enemmän täysin suojeltuja, niin kutsuttuja ”no take” tai ”no-go” alueita (Virtanen ym. 2018).



Rannikon suojelualueita on perustettu aiemmin hyvinkin vajavaisella vedenalaista luontoa koskevalla tietopohjalla, minkä vuoksi paljon arvokkaita ja uhanalaisia lajeja ja luontotyyppejä sijaitsee edelleen suojelualueiden ulkopuolella (Kuusela ym. 2022). Monimuotoisuusarvojen perusteella tunnistettujen ekologisesti merkittävien vedenalaisten alueiden (Lappalainen ym. 2020) sijainnin perusteella on arvioitu merialueiden nykyistä suojelutilannetta ja suojelun puutealueita. Arvioinnin mukaan merensuojelualueet kattavat kolmanneksen arvokkaimmista vedenalaisista alueista (Kuusela ym. 2022). Suojelupuutteita on Selkämeren lukuun ottamatta kaikilla Suomen merialueilla. Uhanalaisten ja silmälläpidettävien merilajien ja meriluontotyyppien esiintymisalueista on Suomessa tällä hetkellä suojeltu 36 ja 33 prosenttia, ja luontodirektiivin Itämeren luontotyypeistä noin 31 prosenttia (Kuusela ym. 2022).

Harvinaisten lajien lisäksi tärkeitä olisi turvata myös yleisiä ja runsaitakin lajeja ja luontotyyppejä. Tällaisia ovat rannikon monimuotoisuutta ja rannikon ekosysteemien toiminnallisuutta ylläpitävät avainlajit ja niiden muodostamat avainluontotyyppit. On arvioitu, että suojelutoimien kohdistamisella yksinomaan uhanalaisiin lajeihin, saatetaan menettää jopa yli 60 prosenttia yleisten lajien kattavuudesta (Virtanen ja Moilanen 2023). Sitä vastoin, jos suojelusuunnitelmat perustuisivat vain yleisten lajien esiintyvyyteen uhanalaiset lajit kärsivät vain yhden prosentin menetyksen. Toisin sanoen yleisiä lajeja suojelemalla tullaan suojelleeksi myös uhanalaisia lajeja, mutta uhanalaisiin lajeihin perustuva suojelu turvaa heikosti vedenalaista luonnon monimuotoisuutta laajemmin (Virtanen ja Moilanen 2023). Uhanalaisilla ja harvinaisilla lajeilla on pääsääntöisesti spesifit ekolokerot ja ympäristövaatimukset, kun taas avainlajit ja avainelin ympäristöt mahdollistavat muiden lajien esiintymisen ja ylläpitävät suurta osaa meren toiminnoista, ja ovat siten rannikkovesien monimuotoisuuden ja koko rannikon vedenalaisen luonnon hyvinvoinnin kannalta keskeisen tärkeitä (Lappalainen ym. 2020; Ahtiainen ym. 2021). Avainluontotyyppit saattavat jäädä suojelun ulkopuolelle juuri yleisyytensä ja monimuotoisuutensa vuoksi. Esimerkiksi viimeaikaisen kehityssuunnan perusteella uhanalaisiksikin arvioituista haurupohjista vajaa 40 prosenttia ja meriajokaspohjista yli kolmannes tunnetuista esiintymistä on suojelualueiden ulkopuolella (Kuusela ym. 2022).

Suojelun lisäämis- ja kehittämistarpeita Suomen rannikkoalueilla siis on. Lisäämällä nykyistä suojelupinta-alaa noin prosentilla voitaisiin suojella jopa 60 prosenttia merkittävistä vedenalaisista luontoarvoista (Virtanen ym. 2018). Luonnonsuojelualueiden pinta-alaa voisi kustannustehokkaasti lisätä suojelemalla valtion omistamia alueita (Kotiaho ym. 2021). Suomen rannikon valtio-omisteiset vesialueet sijoittuvat kuitenkin suurilta osin avomerelle monien luontoarvoiltaan tärkeimpien alueiden ulkopuolelle, ja suojelun tarpeessa olevat alueet ovat pääsääntöisesti yksityisiä vesialueita (Kuusela ym. 2022). Yksityisten vesialueiden suojelun tehostamista ja suojeluun kannustamista tulisikin edistää. Meriluonnon suojelua voisi lisäksi tehostaa ulottamalla luontotyyppisuojele nykyistä useampiin vedenalaisiin luontotyyppisiin, ja suojelualueverkoston kehittämisen ohella tulisi huomioida myös niin sanotut muut tehokkaat aluelähtöiset suojelutoimet (OECM-alueet eng. Other Effective Area-based Conservation Measures), kuten esimerkiksi Vesiliikennelain (782/2019) mahdollistamia rajoituksia (Heinonen ja Alanen 2022; Pappila ja Puharinen 2022).

Mereistä suojelua ja suojelualueverkosta kehitettäessä on oleellista huomioida vesiekosysteemien ekologiset ominaispiirteet sekä vesiluonnolle haittaa aiheuttavien paineiden ominaisuudet, jotka usein eroavat selvästi maanpäällisistä alueista. Esimerkiksi rannikkovesien luonnon merkittävin heikentävä paine, rehevöityminen ei noudata aluesuojelun rajoja, vaikka suojelualueella ei rehevöitymistä aiheuttavaa ravinnekuormitusta olisikaan. Ravinnepitoinen vesi kulkeutuu virtausten mukana alueelta toiselle, mutta varsinkin myös suoraan maalta mereen matalien rannikkoalueiden läpi. Vaikka valuma-alueella tapahtuva ihmistoiminta vaikuttaa ravinnevaluman kautta voimakkaasti meren rannikkovesiin, tätä ei aluesuojelun yhteydessä juurikaan huomioida eikä rajoiteta (Kuusela ym. 2022). Useat rannikon vedenalaiset lajit hyödyntävät elinkiertonsa aikana useita elinympäristöjä, minkä takia ekologinen kytkeytyvyys on merkittävä tekijä rannikon ekosysteemien rakenteen ja toiminnan kannalta (Kininmonth ym. 2011). Ekologisen kytkeytyvyyden huomioiminen mereisessä aluesuojelussa on haastavaa, osittain puutteellisen biologisen tiedon takia mutta myös koska kytkeytyvyyteen vaikuttaa oleellisesti suojelualueiden väliin jäävien elinympäristöjen levinneisyys ja tila (Virtanen ym. 2020; 2022a).



### 4.1.3 Kunnostus ja ennallistaminen

Jotta voidaan kunnostaa tai ennallistaa, on tällaisen toiminnan kohteen jo täytynyt muuttua jollain tavalla heikompaan suuntaan. Eli, erilaiset paineet ovat heikentäneet luontoa, eikä suojelutoimenpiteillä sitä ole pystytty estämään. Ennallistamis- ja kunnostustoimissa onnistuminen ja niiden kestävyys edellyttää heikennystä aiheuttaneiden paineiden poistamista tai vähentämistä.

Meren ja rannikkoalueiden kunnostaminen ja ennallistaminen on Itämerellä vielä alkutekijöissään, ja tietopohjan ja osaamisen rakentamiselle ja kehittämiselle on selkeä tarve (HELCOM 2023b). Ennallistamisen merkitys luonnon säilyttämisen keinona on kuitenkin lisääntymässä ja se korostuu esimerkiksi EU:n biodiversiteettistrategiassa (Euroopan komissio 2020) ja Komission ennallistamisasetuksen luonnoksessa (Euroopan unionin neuvosto 2023, ja sisältyy myös merenhoidosuunnitelman toimenpideohjelmaan (Pappila ja Puharinen 2022). Merenhoidon toimenpideohjelmassa meriluonnon ennallistamis- ja kunnostustoimenpiteillä pyritään edistämään arvokkaiden lajien ja luontotyyppien aktiivista turvaamista ja tilan parantamista, sekä kalakantojen osalta tilan parantamista ja kalavarojen kestävä käytön turvaamista. Toimenpideohjelmassa on esitetty seitsemän kunnostukseen ja ennallistamiseen liittyvää toimenpidettä (Laamanen ym. 2021): (1) Tehdään tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan toimenpiteitä suojelualueilla heikentyneiden meriluonnon luontoarvojen ennallistamiseksi ja kunnostamiseksi huomioiden myös valuma-alueyhteys, sisältäen kunnostus- ja ennallistamissuunnitelmat ja niiden toteuttamisen; (2) Meriajokkaan ja näkinpartaisten palauttaminen vähentämällä tai poistamalla alkuperäisen häiriintymisen tai häviämisen syyt ja sen jälkeen ennallistamalla luontotyypit muun muassa siirtoistutuksin; (3) Kuolleen rihmalevä- ja vesikasvibiomassan merestä poistaminen edistäminen selvittämällä ongelman laajuutta ja tehostamalla levämässän keräämistä; (4) Järviviruo'on poisto monimuotoisuuden lisäämiseksi selvittämällä potentiaaliset kohteet ja vaikutukset, laatimalla kunnostussuunnitelmat, ja toteuttamalla poistoa suunnitelmien mukaisesti; (5) Rannikkokalalajeja koskevien kalataloudellisten kunnostustoimenpiteiden edistäminen muun muassa rannikon kalataloudellisten kunnostusten koetoimintaa jatkamalla ja kunnostustoiminnan tuottavuuden arviointimenetelmiä kehittämällä; (6) Meriharjuksen suojelun edistäminen selvittämällä mahdollisuuksia ennallistaa ja kunnostaa meriharjuksen lisääntymisalueita; ja (7) Ankeriaskannan elvyttämiseen tähtäävät kunnostustoimenpiteet muun muassa kulun mahdollistaminen virtavesissä.

Muita kunnostus- tai ennallistamistoimia voivat olla muun muassa kosteikoiden tai ruopattujen rannikon laguunien ennallistamiset, tai kalojen tärkeiden kutu- ja kasvialueiden kunnostamiset, mutta myös esimerkiksi ekosysteemipalveluihin, kuten meriruohoalueiden hiilensidonnan parantamiseen liittyvät toimet, joita korostetaan muun muassa EU:n biodiversiteettistrategiassa (Pappila ja Puharinen 2022). Esimerkiksi kosteikoiden luominen kaupunkiympäristöön tai kaupunkien pienten virtavesien kunnostaminen, on samanaikaisesti sekä kaupunkiympäristön että sen läheisyydessä olevan rannikoluonnon monimuotoisuutta parantava toimenpide. Ennallistamisvelvoitteita ei tällä hetkellä yleisesti ole lainsäädännössä, ja kunnostus- ja ennallistamistoimet ovatkin usein vapaaehtoisia, yleensä yksittäisiä kohteita koskevia hankkeita, joiden toteuttamiseen saadaan valtiolta tai yksityiseltä taholta tukea ja joiden toimijoina ovat usein paikalliset yhdistykset tai ELY-keskukset (Pappila ja Puharinen 2022).

### 4.1.4 Toimenpiteiden edellytykset

Jotta luontokadon torjunnan toimenpiteitä voi toteuttaa, täytyy siihen tarvittavat edellytykset olla olemassa. Edellytykset toimiin sitoutumiselle ja niissä onnistumiselle liittyvät riittävään tietoon, arvoihin ja tahtotilaan, poliittisiin edellytyksiin, sekä resurssointiin.

#### 4.1.4.1 Tutkittu tieto

Itämeren ja Suomen rannikon vedenalaisen luonnon heikkenemisestä on olemassa tietoa (Korpinen ym. 2018; Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019; ÅLR 2019a; 2021b; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Räinen ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022; HELCOM 2023a; b; SYKE 2024a; tämän raportin tutkimuskirjallisuus), mutta ei aina juuri luontokadon näkökulmasta tai kaikilta luonnon monimuotoisuuden osa-alueilta. Selviä tutkimus- ja tietopuutteita on niin merialueittain, luontotyypeittäin kuin eliöryhmittäin (luku 3). Tutkimustietoa matalien rannikkoalueiden luontokadosta on selvästi vähemmän pohjoisilla kuin eteläisimmillä merialueilla. Luontotyypeistä varsinkin matalimmalta tyrskyvyöhykkeeltä ei ole kattavasti tietoa. Eliöryhmistä esimerkiksi



matalien rannikkovesien mikrobi- ja eläinplanktonin muutoksia koskevia aineistoja ei ole lähes lainkaan, kovien pohjien pohjaeläinaineistoja on niukasti ja vain Suomenlahdelta ja vesikasveista on vain vähän tai ei ollenkaan tietoa neljältä merialueelta. Myös useiden luontotyyppien tilasta ja muutoksista on puutteellisesti tietoa. Esimerkiksi varsinaista vedenalaisten luontotyyppien seurantaa ei Suomessa vielä ole (Kotilainen ym. 2018), ja Suomen rannikkovesien kansainvälisistä vastuuluontotyypeistä luontokatoon liittyvää tutkimus- ja seurantatietoa on hyvin niukasti tai ei lainkaan, erityisesti meriajokaspohjilta, vesisammalpohjilta, sekä merijään suhteen.

Erityisen heikosti tietoa on lajien geneettisen Suomen matalilla rannikkoalueilla. Ilmastonmuutoksen ja ihmistoiminnan aiheuttamien paikallisten paineiden tiedetään pystyvän aiheuttamaan eliöissä hyvin nopeita evoluutiivisia muutoksia (Merilä ja Hendry 2014). Luonnon hoito- ja suojelusuunnittelu ja -käytännöt, jotka ottavat nämä evoluutiiviset muutokset huomioon tulevat olemaan aikaisempia käytäntöjä merkittävästi tehokkaampia (Ashley ym. 2003; Lankau ym. 2011). Suomen rannikolla varsinkin avainlajien geneettisen vaihtelun merkityksen ymmärtäminen olisi olennaista esimerkiksi merenpohjan luontotyyppien ennallistamishankkeissa (Reusch ym. 2005; Salo ym. 2015).

Muutosten syihin liittyen on lisäksi tietopuutteita varsinkin ilmastonmuutoksen ja paikallisten paineiden kumulatiivisista yhteisvaikutuksista eri eliöryhmissä ja ekosysteemitasolla Suomen rannikolla. Erityisen heikosti tietoa on myös ekosysteemirakenteen ja -toimintojen tilasta ja muutoksista matalilta rannikkoalueilta. Ilmastonmuutoksen ja muiden ihmistoiminnan paikallisten vaikutuksesta elinympäristöt ja eliöyhteisöjen koostumus ovat kovan muutospaineen alla (Reusch ym. 2018; Ammar ym. 2021). Jos tietyt ekosysteemin kynnysarvot tai keikahduspisteet ylitetään, saattaa koko ravintoverkko siirtyä rakenteellisesti ja toiminnallisesti erilaisiin uusiin tiloihin ja takaisin vanhaan tilaan on vaikea palata (Österblom ym. 2007). Vaikka tällaiset perustavanlaatuiset ekosysteemitason muutokset ovat vaikutuksiltaan merkittäviä ja ekosysteemien toiminnan kannalta vakavia, taustalla olevista prosesseista ei ole vielä tarpeeksi tietoa. Ravintoverkkojen kaskadivaikutuksia ja ekosysteemin keikahduksia on tutkittu ja havaittu Itämeressä avomerialueilla, mutta rannikkoekosysteemeistä vastaavaa tutkimusta ja tietoa on niukasti (Yletyinen ym. 2015). Näiden aukkojen täyttämiseksi, kokeellisen työn tulokset ja johtopäätökset tulisi integroida paremmin laajempiin empiirisiin ja mallintamistutkimuksiin ravintoverkon dynamiikasta (Korpinen ym. 2022). Lisäksi tulisi kiinnittää enemmän huomiota ilmastonmuutoksen vaikutusten tutkimiseen myös vähemmän tutkituissa ympäristöissä, kuten rannikon esimerkiksi mikrobiologisessa ravintoverkossa ja merijääyhteisöissä (Viitasalo ja Bonsdorff 2022). Tällaiset tutkimukset mahdollistaisivat kattavamman kuvan koko ekosysteemin reagoinnista ilmastonmuutokseen ja paikallisiin ihmistoiminnan paineisiin (Kortsch ym. 2021).

Vuodesta 2004 käynnissä ollut manner-Suomen rannikon kattava vedenalaisen luonnon inventointiohjelma, VELMU, on tuottanut valtavasti tärkeää tietoa meri- ja rannikkoalueiden ympäristöistä, niiden ominaisuuksista, esiintyvyydestä ja levinneisyydestä (Viitasalo ym. 2017; 2021; SYKE 2024b). Vastaavasti Ahvenanmaan saariston ja rannikon vedenalaista luontoa on inventoitu Åbo Akademin ja Ahvenanmaan maakunnanhallituksen toimesta (Rinne ym. 2019; Weckström ym. 2024). Lisäksi rannikkoalueilta on tietoa ihmistoiminnasta ja sen aiheuttamista paineista meriluontoa kohtaan (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a). Näitä tietoja on käytetty myös muun muassa ekologisesti merkittävien vedenalaisten alueiden tunnistamiseen (Lappalainen ym. 2020), merenpohjan häiriöiden luonnon monimuotoisuudelle aiheuttamien vaikutusten analysointiin (Virtanen ym. 2018), suojelualueiden kehittämisen pohjaksi (Virtanen ym. 2022a) sekä merialuesuunnittelussa (Ympäristöministeriö 2020). VELMUn tuottamasta suuresta ja arvokkaasta tietomäärästä huolimatta, jopa kolmannes uhanalaisuusarviointin Itämeren vedenalaisista luontotyypeistä arvioitiin kuitenkin puutteellisesti tunnetuiksi. VELMUn inventoinneista yli puolet kohdentuu suojelualueille, joten varsinkin suojelualueiden ulkopuolisilta alueilta tarvitaan enemmän tietoa (Virtanen ym. 2022a).

Tunnistetut tietopuutteet tulisi korjata, luonnon monimuotoisuusseurantoja lisäämällä ja kehittämällä sekä tutkimusta kohdentamalla. Seurannan osalta näin on myös osittain tehty merenhoitosuunnitelman tuoreimmassa seurantaohjelmassa (Rantajarvi ym. 2019). Erityisesti luontotyyppien seurantaa on kehitetty valtakunnallisesti (SYKE 2021), ja etenkin meriluontotyyppien osalta parhaillaan BIODIVERSEA LIFE IP-hankkeessa (Metsähallitus 2023).

Tärkeää on kuitenkin huomata, että puutteista huolimatta tietoa on riittävästi, jotta varmuudella voidaan todeta rannikkovesien luonnon tila yleisesti heikoksi (muun muassa Korpinen ym. 2018). Tiedon perusteella



voidaan tunnistaa tilan parantamisen erityiset tarpeet ja viipymättä ryhtyä tarpeellisiin toimenpiteisiin (muun muassa Laamanen ym. 2021).

#### 4.1.4.2 Tahtotila ja tavoitteet

Tiedon lisäksi täytyy olla tahtoa ja tavoitteita. Tahtotilan ja tavoitteiden täytyy näkyä myös käytännössä. Esimerkiksi merenhoidon toimenpidesuunnitelmassa esitetyt hyvän tilan saavuttamiseksi asetetut toimenpiteet ovat samaisessa toimenpidesuunnitelmassa arvioitu jo lähtökohtaisesti riittämättömiksi ainakin rehevöitymisen, merenpohjan koskemattomuuden, luonnon monimuotoisuuden, ja kaupallisten kalakantojen osalta (Laamanen ym. 2021). Lisäksi valtionvaroin ylläpidetään ympäristölle haitallisia tukia, jotka heikentävät luontoa ja vaikeuttavat luontokadon pysäyttämistavoitteen saavuttamista (Pihlainen ym. 2023). Myös muun muassa rannikolluontoa häiritsevää ihmistoimintaa koskevan ympäristöluvituksen sääntelyn ja nykykäytännön toimivuudessa on osoitettu korjaamattomia puutteita, esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeiden avainluontotyyppien huomioidinnissa (Kuismanen ym. 2022a). Tähän mennessä tehdyt poliittiset päätökset ja lainsäädäntö, sekä niihin nojautuvat toimenpiteet, tulkinnot ja käytännöt eivät vielä ole olleet riittäviä luontokadon pysäyttämiseksi (Auvinen ym. 2020). Kunnianhimon tasoa täytyy edelleen nostaa kaikilla alueilla.

Luontokadon pysäyttäminen vaatii systemisen muutoksen. Tarvitaan asennemuutos ja luonnon monimuotoisuuden ymmärtämistä laajasti kulttuuria, taloutta ja politiikkaa koskevana asiana. Yhteiskunnan kaikkien eri toimijoiden, kuten poliittisten päätöksentekijöiden, yritysten, maanomistajien ja sijoittajien täytyy sitoutua ekologisen siirtymän toteuttamiseen (Marttila ja Lukkarinen 2022). Silloin päätöksentekijät, mutta myös muut yhteiskunnan toimijat, uskaltavat tehdä luontokadon pysäyttämisen kannalta välttämättömiä päätöksiä. Tämä vaatii luontosuhteemme tarkastelua ja uudenlaista ajattelutapaa, joka ottaa huomioon luonnon moninaiset arvot, laajemmin kuin vain hyödyntämisen näkökulmasta (Paulomäki ym. 2023b).

#### 4.1.4.3 Poliittiset edellytykset

Luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi ja luontokadon pysäyttämiseksi vaadittaviin laajoihin ja tehokkaisiin toimenpiteisiin tarttuminen vaatii poliittisia edellytyksiä. Tällaisia ovat kansainväliset ja kansalliset biodiversiteettisitoumukset ja -strategiat, luontoon, ympäristöön, meren-, ja vesienhoitoon sekä luonnonvaroihin liittyvä lainsäädäntö ja sen kehittäminen, sekä poliittisilla päätöksillä käynnistetyt luonnon monimuotoisuuteen liittyvät ohjelmat. Keskeisiä kansainvälisiä sitoumuksia ovat YK:n luonnon monimuotoisuutta koskeva yleissopimus (YK 1992) ja EU:n biodiversiteettistrategia (Euroopan komissio 2020). Suomi on sitoutunut saavuttamaan sekä EU:n että YK:n luonnon monimuotoisuutta turvaavat tavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Sekä EU:n biodiversiteettistrategia (Euroopan komissio 2020) että YK:n Kunmingin-Montrealin luontotavoitteissa (CBD 2022) keskeisimpiä ovat suojelupinta-alan lisäys ja luonnon ennallistaminen. Näiden sitoumusten tavoitteena on pysäyttää luontokato ja kääntää luonnon monimuotoisuuden kehitys myönteiseksi vuoteen 2030 mennessä. EU:n biodiversiteettistrategian mukaan tavoite saavutetaan kaikkien suojelualueiden hoidon tehostamisella ja kasvattamalla suojelupinta-alaa niin, että 30 prosenttia EU:n sekä maa- että merialueista on oikeudellisen suojelun piirissä ja että tiukan suojelun piirissä on vähintään 10 prosenttia EU:n suojelualueista (Euroopan komissio 2020). Tiukan suojelun tarkkaa määrittelmää ei ole vielä annettu, mutta sillä pyritään siihen, että suojellun alueen ekologisia tarpeita kunnioitetaan ja ettei luonnollisia prosesseja häiritä (Pappila ja Puharinen 2022). Lisäksi osana EU:n biodiversiteettistrategiaa EU:n ennallistamisasetuksen ehdotuksessa linjataan, että vuoteen 2030, 2040 ja 2050 mennessä heikennetyistä EU:n direktiiviluontotyypeistä tai luontotyyppiryhmistä 30, 60 ja 90 prosenttia on oltava ennallistettuna niin, että ne saavuttavat hyvän tilan (Euroopan unionin neuvosto 2023). Tämä määräys koskee niin suojelualueilla kuin niiden ulkopuolella sijaitsevia luontotyyppisiä sekä maa- että meriekosysteemeissä. EU tasolla Itämeren alueen suojelua ja kestävä kehitystä tavoitellaan myös EU:n Itämeri-strategiassa (Euroopan komissio 2018).

Suomen kansallisen luonnon monimuotoisuusstrategian päivittäminen on myös parhaillaan käynnissä. Strategialuonnoksen mukaan päätavoite on luontokadon pysäyttäminen ja luonnon monimuotoisuuden kehityksen kääntäminen elpymisuralle vuoteen 2030 mennessä, niin että vuoteen 2035 mennessä luonnon tila on parempi kuin se oli vuonna 2020 (Ympäristöministeriö 2022b). Lisäksi tavoitellaan, että Suomi on luontopositiivinen vuoden 2035 loppuun mennessä. Strategian on tarkoitus tehostaa luonnon





monimuotoisuuden suojelua ja edistää heikentyneiden ekosysteemien palautumista, kytkeä kansallisen luonnon monimuotoisuusstrategian tavoitteet kansainvälisesti ja EU:ssa asetettuihin uusiin tavoitteisiin, parantaa toimintaohjelman toimenpiteiden toimeenpanon ja vaikuttavuuden mitattavuutta, ja ulottaa toimintaohjelman toimenpiteet luonnon monimuotoisuuden vähenemisen suorien syiden lisäksi vähenemisen juurisyihin (Ympäristöministeriö 2022b). Meriluonnon monimuotoisuuden suojelu ja luontokadon pysäyttäminen sisältyvät lisäksi myös maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaiseen merialuesuunnitelmaan (Ympäristöministeriö 2020) sekä juuri päivetettävään rannikkostrategiaan (Ympäristöministeriö 2023a).

Kansainvälisiä ja kansallisia sitoumuksia ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen tähtäviä strategioita toimeenpannaan sekä EU:n yhteisölaainsäädännöllä että kansallisella lainsäädännöllä. Vedenalaisen rannikkoluonnon sääntelyn osalta keskeisimmät EU direktiivit ovat luontodirektiivi (92/43/ETY), meristrategiapuitedirektiivin (2008/56/EY) ja vesipuitedirektiivin (2000/60/EC). Luontodirektiivi suojelee tiettyjä Suomen rannikon tärkeitä vedenalaisia luontotyyppisiä ja muutamia lajeja. Lisäksi ennallistamisasetuksen ehdotuksessa veloitetaan ennallistamistoimenpiteiden ulottaminen myös sellaisten uhanalaisten lajien elinympäristöihin, jotka on listattu alueellisten mertensuojelusopimusten, kuten OSPARin ja Helsingin sopimuksen, uhanalaisten lajien luetteloissa, vaikka niitä ei olisi listattu luontodirektiivin liitteissä (Euroopan unionin neuvosto 2023. EU:n meristrategiapuitedirektiivi (2008/56/EY) ja vesipuitedirektiivi (2000/60/EC) velvoittavat Suomea seuraamaan ja arvioimaan meren ja rannikkovesien tilaa ja ryhtyvän tarvittaviin toimenpiteisiin hyvän tilan saavuttamiseksi. Meristrategiapuitedirektiivissä yhtenä keskeisenä meriympäristön hyvän tilan tavoitteen osatekijöistä on luonnon monimuotoisuus. Luonnon monimuotoisuus ei ole samalla tavalla keskeinen kuvaaja vesipuitedirektiivissä, mutta rannikon pintavesien hyvän ekologisen tilan tavoite kuvastaa yleisesti vesimuodostuman pintavesiekosysteemin rakennetta ja toimintaa, ja hyvä tila tukee vesimuodostumassa esiintyviä lajeja ja luontotyyppisiä (Pappila ja Puharinen 2022).

Meristrategiapuitedirektiivin (2008/56/EY) ja vesipuitedirektiivin (2000/60/EC) kansallisesta toimeenpanosta säädetään manner-Suomen osalta laissa vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (2004/1299) ja Ahvenanmaan osalta sen oman vesilainsäädäntönsä nojalla (Åländsk vattenlag; 1996:61). Näiden perusteella tehdään vesien- ja merenhoidon suunnitelmat. Merenhoitosuunnitelma koostuu joka kuudes vuosi päivitettävästä seurantaohjelmasta (Rantajärvi ym. 2021), meren tila-arviosta (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a) ja toimenpideohjelmasta tilan parantamiseksi (Laamanen ym. 2021). Myös vesienhoitoaluekohtaiset vesienhoitosuunnitelmat päivitetään kuuden vuoden välein, ja ne sisältävät seurantaohjelmat, rannikkovesien ekologisen tilan arviot, sekä toimenpideehdotukset (ÅLR 2021a; b; ELY-keskukset 2022; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Räinen ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022). Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmassa (2022–2027) on 63 uutta toimenpidettä, joita toteuttamalla tavoitteena on saavuttaa meriympäristön hyvä tila viimeistään vuonna 2027. Merenhoidon toimenpideohjelmassa meriluonnon monimuotoisuus on läpileikkaava teema ja monimuotoisuuden hyvän tilan saavuttaminen ja ylläpitäminen on merenhoidon ydintavoite (Laamanen ym. 2021).

Meriluonnon kannalta muu keskeinen kansallinen lainsäädäntö sisältää ainakin Luonnonsuojelulain (1096/1996), Kalastuslain (379/2015), Vesilain (587/2011), YVA-lain (252/2017), Vesiliikennelain (782/2019), Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999), Ympäristönsuojelulain (527/2014), (Maa-aineslaki 555/1981), Erämaalain (62/1991) ja Ulkoilulain (606/1973). Esimerkiksi luonnon monimuotoisuutta heikentäviä ihmistoimintoja säännellään Vesilain (587/2011) ja YVA-lain (252/2017) nojalla luvituskäytännön avulla. Ranta- ja vesialueiden alueiden käytön (muun muassa rakentamista, vesiliikennettä, luonnonsuojelua, tuulivoimaa) ohjausta sääntelee maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) merialuesuunnittelun ja aluekaavoituksen keinoin, ja rannikkovesien luonnonsuojelua laji- ja aluesuojelun keinoin sääntelee luonnonsuojelulaki (1096/1996). Rannikon kalavarojen käyttöä ja suojelua säännellään kalastuslain (379/2015) avulla. Meriluonnon suojelun sääntelyä Suomessa on hiljattain käsitelty kattavasti Pappilan ja Puharisen toimesta (2022).

Suomen edellinen ja nykyinen hallitus on sitoutunut luonnon tilan parantamiseen ja luontokadon pysäyttämiseen (Valtioneuvosto 2019; 2023). Tähän perustuen Suomessa on myös joitain poliittisilla päätöksillä käynnistettyjä luonnon monimuotoisuuteen liittyviä ohjelmia. Vesienhoidon tehostamisohjelma (2019–2023) käynnistettiin edellisellä hallituskaudella ja sen on määrä jatkua nykyisellä. Tehostamisohjelma perustuu vesien- ja merenhoidon suunnitelmiin ja toimenpideohjelmiin, ja pyrkii nimensä mukaisesti



tehostamaan vesienhoitoa ja -suojelua (Ympäristöministeriö 2023c). Saaristomeriohjelma (2021–2025) jatkuu myös Petteri Orpon hallituskaudella. Sen tavoitteena on vähentää Saaristomeren valuma-alueen hajakuormitusta niin, että alue saadaan poistettua Itämeren suojelukomission (HELCOM) pahimpien kuormittajien ”hot spot”-listalta viimeistään vuonna 2027 (ELY-keskus 2023). Helmi-elinympäristöohjelma 2021–2030 vahvistaa Suomen luonnon monimuotoisuutta, muun muassa fladoja ja kluuveja sekä rantaluonnon kunnostuksilla (Ympäristöministeriö 2023d).

Itämerta koskevalla alueellisella tasolla merellisen ympäristön suojeluun velvoittaa sitä koskeva yleissopimus (1974, 1992) eli niin kutsuttu Helsingin sopimus (SopS 2/2000). Sopimuksen osapuolia ovat Itämeren kaikki rantavaltiot sekä EU. Helsingin sopimus velvoittaa osapuolia vähentämään kuormitusta kaikista päästölähteistä, suojelemaan meriluontoa, ja säilyttämään lajien monimuotoisuutta. Itämeren suojelukomissio (Helsinki Commission, HELCOM) tarkkailee ja edistää Helsingin sopimuksen soveltamista. HELCOMin puitteissa Itämeren maat ja EU toteuttavat Itämeren suojelun toimintaohjelmaa, Baltic Sea Action Plania (BSAP), jonka päivitetty versio hyväksyttiin vuonna 2021 (HELCOM 2021). Toimintaohjelma sisältää yhteensä 199 toimenpidettä Itämeren tilan parantamiseksi viimeistään vuoteen 2030 mennessä. Toimintaohjelman pääteemoja ovat rehevöitymisen ehkäisy, luonnon monimuotoisuuden suojelu, haitallisten aineiden päästöjen ja roskaantumisen vähentäminen, sekä merellä tapahtuvan ihmistoiminnan haitallisten vaikutusten vähentäminen. Itämeren suojelun toimintaohjelman kansallisia toimenpiteitä toteutetaan vesien- ja merenhoidon toimenpideohjelmien 2022–2027 keinoin.

#### 4.1.4.4 Resurssit

Luontokadon pysäyttämisen toimenpiteet vaativat myös resursseja. Tähän mennessä Itämeren luonnon parantamiseen tähtäävien toimenpiteisiin on panostettu melko paljon suhteessa moneen muuhun elinympäristöön, mikä osaltaan myös liittyy meriluonnonsuojelun kansainvälisiin veloitteisiin (Auvinen ym. 2020). Itämeren suojeluun käytettiin vuosina 2012–2020 yli 100 miljoonaa euroa ja vedenalaisen luonnon inventointiin yli 10 miljoonaa euroa (Auvinen ym. 2020). Vesienhoidon tehostamisohjelmaan panostettiin 69 miljoonaa euroa, ja merenhoidon nykyisen toimenpideohjelman kustannukset ovat noin 299 miljoonaa euroa koko toimenpideohjelmakaudelle 2022–2027, eli noin 50 miljoonaa euroa vuosittain (Laamanen ym. 2021). Toisaalta meriluonnon tilan parantamisella saavutetaan myös merkittäviä taloudellisia hyötyjä, luonnon monimuotoisuuden turvaamisen itseisarvon lisäksi. Jos meriluonnon monimuotoisuuden, kaupallisten kalojen ja merenpohjan koskemattomuuden suhteen saavutettaisiin hyvä tila vuoteen 2040 mennessä, voisi tästä seurata kansalaisten maksuhalukkuuteen perustuneen kyselytutkimuksen mukaan 890 miljoonan euron rahallinen kokonaishyöty vuoden 2027 kohdalla ja 2 351 miljoonaa euron kokonaishyöty vuoteen 2040 mennessä (Laamanen ym. 2021). Toisen arvion mukaan pelkästään meren tuottamien ja ylläpitämien virkistysarvojen yhteenlaskettu rahallinen arvo Suomessa on jopa yli 2,5 miljardia euroa vuodessa, ja meren kohentuminen parhaaseen tilaan lisäisi vuotuista arvoa yli 700 miljoonalla eurolla (HELCOM 2023c).

Vaikka nykyinen hallitus on sitoutunut luontokadon pysäyttämiseen ja tavoittelee meriympäristön hyvän tilan saavuttamista (Valtioneuvosto 2023), ei näiden tärkeys selkeästi heijastu valtion talousarviossa. Valtion vuoden 2024 talousarvion mukaan ympäristöministeriön hallinnon alan kokonaismäärärahat ovat kaikkien ministeriöiden alhaisimmat ja vähenevät edellisvuoteen verrattuna 0,38 Mrd. eurosta 0,24 Mrd. euroon (Valtiovarainministeriö 2024). Ympäristön- ja luonnonsuojelun määrärahat laskivat yli kolmanneksen, ja Itämeren ja vesien suojelun edistämisen määrärahat supistuivat seitsemän prosenttia edellisestä noin 11,7 miljoonaan euroon (Valtiovarainministeriö 2024). Nykyisellä luonnonsuojelun rahoitustasolla asetettuja tavoitteita ei saavuteta, eikä luontokato Suomessa pysähdy. Luontokadon pysäyttäminen edellyttää pitkäjänteistä luonnon turvaamisen rahoitusohjelmaa ja rahoitustason moninkertaistamista nykyiseen verrattuna (Ketola ym. 2022).

## 4.2 Luontopaneelin suositukset rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden tilan parantamiseksi

Alla esitetään tähän raporttiin perustuvat Suomen Luontopaneelin suositukset luontopolitiikan suunnittelun ja päätöksenteon tueksi (Boström ym. 2024).





## Puututaan ravinnekuormitusta aiheuttaviin päästölähteisiin koko Itämeren valuma-alueella

Itämerellä pitkään tehty suojelutyö on ollut arvokasta ja todennäköisesti hidastanut luontokadon etenemistä. Toimet rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden tukemiseksi ovat kuitenkin olleet tähän mennessä riittämättömiä. Luontopaneelin raportti osoittaa, että Suomen rannikkovesissä tapahtuvan luontokadon merkittävin ajuri on rehevöityminen, eikä sitä ole saatu hillittyä tavoitteista huolimatta. Petteri Orpon hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto 2023) on sitouduttu edistämään vesistöjen parempaa ekologista tilaa sisävesistöissä ja merialueilla. Rehevöitymisen vähentäminen on avainasemassa tämän tavoitteen saavuttamiseksi.

Luontopaneelin suositukset:

- **Parannetaan hajakuormitusta aiheuttavan maankäytön vesiensuojelutoimia.** Maatalouden hajakuormitusta pienentävät toimet tuovat usein samanaikaisesti hyötyjä myös hiilensidontaan. Metsätalouden hajakuormituksen pienentämiseksi metsänuudistamisen ja kunnostusojitusten vesiensuojelutoimia tulisi parantaa. Parannuksia voitaisiin tehdä metsälain tai vesilain päivityksillä.
- **Kytetään maa- ja metsätaloustuet ympäristön tilaa parantaviin toimenpiteisiin ja kuormituksen vähentämiseen.** Muutetaan kansallista tukijärjestelmää niiltä osin kuin se on kansallisesti päätettävissä. Vaikutetaan EU:n yhteiseen maatalouspolitiikkaan, jotta siihen saataisiin enemmän ympäristönsuojelua edistäviä mekanismeja.
- **Tuetaan ravinnekiertoa maataloudessa.** Tehostetaan maatalouden ravinteiden kierrätystä, kuten lannan, biojätteiden ja lietteen hyödyntämistä lannoitteiden valmistuksessa tai biokaasuna. Suljettu ravinnekierto estää ravinteiden valumia vesistöihin. Ravinnekierron parantaminen on myös Orpon hallitusohjelman tavoite Saaristomeri-ohjelman osana.
- **Vähennetään pistekuormitusta.** Tukijärjestelmien ja lainsäädännön avulla tulee puuttua merkittävimpiin pistekuormituksen lähteisiin, kuten yhdyskuntien jätevesiin ja kalankasvattamoiden ravinnepäästöihin. Kalankasvattamoille tulisi luoda edellytykset siirtyä kokonaan suljetun kierron laitoksiin.

## Edistetään meriluonnon huomioimista suunnittelussa ja luvituksessa

Luontokadon pysäyttäminen vaatii lähtökohtaisesti luontohaittojen välttämistä sekä yhteisvaikutusten parempaa huomioimista osana kaikkea suunnittelua ja luvitusta. Meriluonnon painoarvoa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä ja lupaharkinnassa tulisi vahvistaa.

Luontopaneelin suositukset:

- **Huomioidaan vedenalainen meriluonto kattavammin lupa- ja arviointimenettelyissä.** Edellytetään, että hankkeen vaikutukset meriluontoon yksinään ja yhdessä muiden toimintojen kanssa huomioidaan kattavammin ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä sekä ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisissa lupa- ja ilmoitusmenettelyissä (Kuismanen ym. 2022b). Vahvistetaan lisäksi vesienhoidon ja merenhoidon tavoitteiden oikeudellista painoarvoa lupaharkinnassa (Pappila ja Puharinen 2022, Puharinen ym. 2021).
- **Edellytetään lievennyshierarkian noudattamista lupahakemuksissa.** Lievennyshierarkian mukaan luontoon kohdistuvia haittoja tulee ensin välttää ja lieventää, ja jäljelle jäävät luontohaitat kompensoida. Lupahakemuksissa luontohaitoista tulisi esittää kompensatiosuunnitelma.
- **Kehitetään merialuesuunnittelua.** Merialuesuunnittelun tulisi ohjata nykyistä sitovammin muun muassa merituulivoimaa ja muita rannikkoluontoa uhkaavia hankkeita pois herkimmiltä ja ekologisesti merkittävimmiltä alueilta sekä vähentää hankkeiden haitallisia yhteisvaikutuksia (Pappila ja Puharinen 2022, Puharinen ym. 2021, Kuismanen ym. 2022b).



## Kehitetään ja tehostetaan merialueiden suojelua

Kunmingin-Montrealin luontotavoitteiden mukaisesti vähintään 30 prosenttia merialueista tulee suojella vuoteen 2030 mennessä. Kolmannes eli 10 prosenttia merialueiden pinta-alasta on suojeltava tiukasti. Petteri Orpon hallitusohjelmassa on sitouduttu käynnistämään vapaaehtoisen suojelun ohjelma myös meriluonnolle. Suojelun lisäksi luonnonarvoltaan jo heikentyneitä meriympäristöjä on kunnostettava ja ennallistettava kansainvälisten tavoitteiden mukaisesti.

Luontopaneelin suositukset:

- **Lisätään luonnonsuojelulain mukaisia luonnonsuojelualueita ja turvataan arvokkaita vedenalaisia alueita.** Jo tunnistettujen ekologisesti merkittävien vedenalaisten alueiden suojelua tulisi parantaa ja varmistaa suojelualueiden riittävä kytkettyisyys (Virtanen ym. 2018, 2022b). Vesiliikennelain mukaisten rajoitusmahdollisuuksien käytöstä tulisi valmistella ohjeistus, jonka avulla voidaan turvata luonnonsuojelulain nojalla suojeltujen luontotyyppien ja muiden uhanalaisten luontotyyppien esiintymiä (Pappila ja Puharinen 2022, Arnkil ym. 2019) sekä muita arvokkaita merialueita.
- **Täydennetään vesiluontotyyppien suojelua lisäämällä luonnonsuojelulakiin vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden turvaamisen kannalta tärkeät avainluontotyypit.** Näitä luontotyyppisiä ovat esimerkiksi vita- ja ärviäpohjat, haurupohjat ja sinisimpukkapohjat (Kuismanen ym. 2022b).
- **Pyritään lainsäädännön avulla estämään kaloille tärkeiden kutu- ja poikasalueiden heikentäminen.** Rehevöitymisen estämisen lisäksi tämä edellyttäisi luonnonsuojelulain luontotyyppi- tai lajin esiintymispaikkojen suojelun kaltaista instrumenttia (Pappila ja Puharinen 2022, Kraufelin ym. 2018).
- **Estetään ylikalastus ja ohjataan kalastusta kalakantojen monimuotoisuuden ja elinvoimaisuuden turvaamiseksi.** Ohjataan rannikon kalakantojen ammatti- ja vapaa-ajankalastusta tieteellisten suositusten perusteella, tarvittaessa entistä tehokkaammin, sääntelemällä pyyntimääriä, -välineitä ja -aikoja sekä kalojen pyyntikokoja.
- **Vähennetään merenpohjan elinympäristöihin kohdistuvaa mekaanista häirintää.** Säädetään ruoppaus ja läjitys luvanvaraiseksi tai parannetaan vesilakia ja ilmoitusprosessia niin, että parhaat käyttökelpoiset menetelmät ovat aina käytössä sekä pienennetään ruoppaustoimenpiteiden kumulatiivista kokonaisuutta vesistöalueilla (Laamanen ym. 2021, Pappila ja Puharinen 2022).
- **Selvitetään tehokkaimmat toimenpiteet meriluonnon ennallistamiseksi ja toimeenpannaan niitä koskevat kansainvälisten sitoumusten tavoitteet.** Kehitetään samalla matalien vedenalaisten alueiden ennallistamista koskevaa osaamista ja pilotoidaan ennallistamistoimenpiteitä, jotka sopivat rannikon luonnonarvoiltaan heikentyneille matalille alueille.

## Korjataan tietopuutteet, jotka koskevat matalien rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuutta

Vesiensojelu- ja ennallistamistoimien kohdentaminen sekä niitä koskevien tavoitteiden toteutumisen seuranta edellyttävät vedenalaisen rannikkoluonnon seurantoja ja tutkimusta. Näiden riittävä resursointi tulee turvata.

Luontopaneelin suositukset:

- **Turvataan pitkäjänteinen rahoitus matalien rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden seuranta-ohjelmaa varten.** Toteutetaan merenhoidon nykyinen seurantaohjelma ja lisätään matalien rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuusseurantoja kattamaan kaikki Suomen merialueet ja niiden keskeisimmät luontotyypit.
- **Lisätään ymmärrystä ilmastonmuutoksen ja paikallisten paineiden kumulatiivisista vaikutuksista rannikkoluontoon.** Rannikkoympäristö muuttuu nopeasti ja ymmärrys eliöiden sopeutumiskyvystä on olennaista. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia selvittäviä mallinnuksia tulisi kehittää huomioimaan paremmin matalat ja monimuotoiset saaristo- ja rannikkoalueet. Ilmastonmuutoksen kumulatiiviset



vaikutukset muiden paikallisten paineiden kanssa tulee aina selvittää rannikkovesien käytön, hoidon ja suojelu- sekä ennallistamistoimenpiteiden suunnittelussa ja toimeenpanossa.

- **Lisätään tutkimusta sisäisen kuormituksen merkityksestä suhteessa kokonaisfosforikuormitukseen.** Saaristomeren valuma-alueen maatalouden kuormitus on Itämeren Suomen rannikon kokonaiskuormituksen kannalta merkittävin kuormituslähde eli niin sanottu HELCOM hot spot.
- **Pyritään saamaan meren ja rannikkovesien tutkimukselle tasaisempi maantieteellinen kattavuus.** VELMU-ohjelma on kansainvälisesti ainutlaatuinen ja sen laaja maantieteellinen tietopohja luo tälle tavoitteelle hyvät edellytykset. Pohjoisemmilta merialueiltamme on vähemmän tutkimustietoa kuin eteläisemmiltä, mutta myös eteläisten merialueiden luontokadon ja sen syiden ymmärtämiseksi tarvitsemme lisää tutkimusta.
- **Varmistetaan rannikon eliölajeja, eliöyhteisöjä ja ekologisia toimintoja koskevan kokeellisen perustutkimuksen jatkuvuus riittävällä rahoituksella.** Tähän tarkoitukseen olemassa oleva Suomen merentutkimuksen FINMARI-tutkimusinfrastruktuuri muodostaa vankan tieteellisen alustan. FINMARI kokoaa yhteen suomalaisen merentutkimuksen infrastruktuurin ja kehittää sitä kansallisen ja kansainvälisen yhteistyön voimin.

### **Luontokadon pysäyttäminen vaatii luonnon priorisointia poliittisessa päätöksenteossa ja pitkäjänteisesti turvattua rahoitusta**

Jotta luontokato voidaan pysäyttää, tarvitaan koko yhteiskunnan läpileikkaava kestävyysmurros, jossa luonto ja sen turvaaminen omaksutaan keskeiseksi osaksi kaikkien yhteiskunnan osa-alueiden toimintaa ja niihin liittyvää päätöksentekoa. Luonnon monimuotoisuuden huomioimisen, luontoarvojen turvaamisen ja luonnon tilan parantamisen tulee näkyä poliittisessa päätöksenteossa, jos Suomi haluaa saavuttaa hallitusohjelman tavoitteet ja kansainväliset sitoumukset luontokadon pysäyttämiseksi. Jo asetettujen tavoitteiden ja sitoumusten toteutuminen tulee varmistaa ja toimenpiteiden toimeenpanoa vauhdittaa. Luontokadon edelleen jatkuessa saatetaan tarvita myös lisäpäätöksiä tavoitteiden kirittämiseksi.

Luontopaneelin suositukset:

- **Lisätään rahoitusta konkreettisiin toimenpiteisiin meren ja rannikkovesien tilan parantamiseksi ja luontokadon pysäyttämiseksi.** Petteri Orpon hallitus on jo sitoutunut vahvistamaan hallinnonalojen ja tutkimuksen kokonaiskoordinaatiota ja parantamaan Itämeren, erityisesti Saaristomeren, suojelutoimien kohdentamisen vaikuttavuutta. Näiden toimien toteutuminen vaatii riittävän rahoituksen.
- **Vahvistetaan meri-, saaristo- ja rannikkoluonnon tuntemusta eri koulutusasteilla ja keskeisten toimijoiden keskuudessa.** Orpon hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto 2023) tavoitellaan Itämeritiedon vaikuttavuuden lisäämistä. Tämän tavoitteen saavuttaminen vaatii hyvää suunnittelua. Koulutus ja tiedon välittäminen ovat keskeisessä asemassa kestävyysmurroksen mahdollistamisessa.
- **Asetetaan riippumaton tutkijaryhmä laatimaan näyttöön perustuva pitkän aikavälin suunnitelma luontokadon torjumiseksi.** Pitkän aikavälin suunnitelman tavoitteiden tulisi olla toiminnallisia, määrällisiä ja aikaan sidottuja, jotta suunnitelman ekologisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia voidaan ennakoita ja tavoitteiden toteutumista seurata. Suunnitelma kattaisi kaikki Suomen luontotyypit ja tukisi oleellisesti myös vedenalaisen luonnon monimuotoisuutta.

## **5 PÄÄTELMÄT JA YHTEENVETO**

### **5.1 Ydinviestit**

Vedenalaisen rannikkoluonnon luontokato on moninaista ja esiintyy kaikilla merialueilla, kaikissa matalissa rannikkoympäristöissä ja kohdistuu kaikkiin vedenalaisiin eliöryhmiin.



Raportti osoittaa, että Suomen rannikkovesien tila on yleisesti heikko ja vedenalainen luontokato matalilla merialueilla etenee. Luonnon monimuotoisuuden heikkenemistä tapahtuu rannikon kaikilla merialueilla, lähes kaikissa matalissa rannikkoympäristöissä ja kohdistuu kaikkiin vedenalaisiin eliöryhmiin. Luontokatoa esiintyy kirjallisuusaineiston perusteella hyvin tavallisesti, ja luontokadon ilmeneminen on moninaista. Yleisimmät luontokadon ilmenemismuodot ovat lajin esiintyvyyden pieneneminen ja paikallinen katoaminen sekä populaation runsauden väheneminen.

Suomen rannikolla elävistä vedenalaisista lajeista noin 5 prosenttia ja luontotyypeistä vajaa neljännes on arvioitu uhanalaisiksi, ja noin neljännes luontotyypeistä arvioitiin edelleen heikkeneväksi (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisten lajien lisäksi tärkeiden avainlajien, kuten rakkohaurun, meriajokkaan ja sinisimpukan, taantuminen on huolestuttavaa, koska ne muodostavat matalilla rannikkoalueilla luonnon monimuotoisuutta ylläpitäviä, tärkeitä avainluontotyyppejä. Viimeisimmän julkaistun merenhoitosuunnitelman meriympäristön tila-arvion mukaan millään luonnon monimuotoisuuden mittarilla, hallikantaa lukuun ottamatta, meren tila ei ollut hyvä kaikilla Suomen merialueilla, eikä mikään merialue ollut hyvässä tilassa kaikkien mittareiden mukaan (Korpinen ym. 2018). Vesienhoidon arvioinnin mukaan vain 13 prosenttia rannikkovesien pinta-alasta ylsi hyvään ekologiseen tilaan, eikä missään päästä erinomaiseen ekologiseen tilaan (HERTTA 2023).

#### **Luontokadon yleisin aiheuttaja Suomen rannikkovesissä on rehevöityminen.**

Luontokadon yleisin aiheuttaja Itämeressä ja matalissa rannikkovesissä on rehevöityminen. Rehevöitymisellä tarkoitetaan lisääntyneestä ravinteiden (typen ja fosforin) saatavuudesta johtuvaa levien ja vesikasvien perustuotannon kasvua, ja sen aiheuttamia välillisiä muutoksia kuten veden samentumista, pohjien liettyminen, ja liiallisesta orgaanista kuormitusta ja siitä johtuva pohjan läheisen veden hapettomuutta. Rehevöitymisen vaikutukset luontokatoon näkyy kaikissa rannikon vedenalaisissa eliöryhmissä ja kaikilla Suomen merialueilla, mutta eniten eteläisillä merialueilla ja vähiten Perämerellä ja Merenkurkussa.

Pitkään jatkunut Itämeren rehevöityminen on myös määritelty lähes kaikkien arvioitujen rannikon vedenalaisten luontotyyppien tärkeimmäksi uhanalaistumisen syyksi (Kontula ja Raunio 2018), merenhoidon rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan kaikki Suomen rannikkovesialueet olivat hyvää tilaa huonommassa tilassa (Korpinen ym. 2018). Luontokadon muita aiheuttajia ovat muun muassa ilmastonmuutoksen vaikutukset, merenpohjan fyysinen häiriö, sekä ihmisen aiheuttama suora kuolleisuus. Itämeren luontotyyppien uhanalaisuuden merkittävimmät syyt olivat rehevöityminen lisäksi vesirakentaminen ja vesiliikenne (Kontula ja Raunio 2018), ja häiriintyneeksi on arvioitu jopa 30 prosenttia Suomen rannikon merenpohjista (Korpinen ym. 2018). Lisäksi kalastus aiheuttaa suoran kuolleisuutta ja sen lisäksi kalastettavien lajien koko- ja ikäjakauman muutoksia, joita on nähty Saaristomeren kuhissa ja Perämeren vaellussiiialla (Kokkonen ym. 2015; Veneranta ym. 2021).

#### **Ilmastonmuutos etenee ja pahentaa rehevöitymisen vaikutuksia.**

Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset on tunnistettu merkittäväksi ja kasvavaksi luontokadon aiheuttajaksi. Ilmastonmuutos yhdessä muiden paineiden kanssa on tehnyt Itämerestä yhden maailman nopeimmin muuttuvista meristä (Belkin 2009; Reusch ym. 2018). Ilmastonmuutoksen arvioidaan Itämeressä nostavan meriveden lämpötilaa ja vähentävän jääpeitettä (Meier ym. 2022a). Lisäksi muutokset suolapitoisuudessa, veden kerrostuneisuudessa, ja veden happamoitumisessa ovat todennäköisiä, mutta ennusteet ovat epävarmoja (Meier ym. 2022). Ilmastonmuutoksella on moninaisia vaikutuksia Itämeren lajeihin, yhteisöihin ja ekosysteemien toimintaan meren fysikaalisten ja biogeokemiallisten ympäristöominaisuuksien muutosten kautta (HELCOM/Baltic Earth 2021; Viitasalo ja Bonsdorff, 2022). Muun muassa rannikkovesien ravintoverkkojen perustana olevien selkärangattomien eläinten toiminnallinen monimuotoisuus on suhteellisen pieni, mikä tekee ekosysteemistä haavoittuvan. Jos yksi laji häviää paikallisesti, korvaavia lajeja on niukasti tai ei yhtään. Tämä erityispiirre erottaa Itämeren maailman meristä.

Monet eliöt elävät rannikollamme fysiologinen sietokykynsä rajoilla, jolloin kriittisten ympäristöntekijöiden (muun muassa suolapitoisuus, lämpötila) pienilläkin muutoksilla voi olla vakavia seurauksia. Monien lajien vähäinen geneettinen monimuotoisuus ja nopeat ympäristönmuutokset heikentävät sopeutumisen mahdollisuuksia, ja sitä kautta koko ekosysteemin sieto- ja puskurointikykyä ilmastonmuutoksen edessä. Ilmastonmuutoksen vaikutusten tiedetään ylläpitävän ja pahentavan Itämeren rehevöitymistilaa, mutta



ilmastonmuutoksen kokonaisvaikutusten arvioiminen vaati vieläkin parempaa paikallisten paineiden ja ilmastonmuutoksen yhteisvaikutusten ymmärtämistä (Meier ym. 2022).

### **Mahdollisuudet havaita ja osoittaa luontokatoa ovat Suomen rannikkovesissä kuitenkin rajalliset.**

Matalien rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuuden muutosten osalta on selviä tutkimus- ja tietopuutteita niin merialueittain, ympäristöittäin kuin eliöryhmittäin. Matalien rannikkovesien luonnon monimuotoisuuden ajallisia muutoksia käsitteleviä tieteellisiä artikkeleita löytyi kaikkiaan 90 kappaletta (julkaistu vuosina 1984–2023), mutta tieto jakautuu epätasaisesti eri eliöryhmien, luontotyyppien ja merialueiden välillä.

Varsinkin matalimman tyrskyvyöhykkeen kaikista ympäristöistä ei ole tietoa ja olemassa oleva tieto kattaa lähinnä vain tyrskyvyöhykkeen pehmeät mutapohjat, mutta niistäkin luontotyypeistä tietoa on rajallisesti. Eliöryhmistä esimerkiksi matalien rannikkovesien eläinplanktonaineistoja oli kaikkiaan vain yksi ja vesikasveista oli hyvin vähän tai ei yhtään tietoa Perämereltä, Merenkurkusta, Selkämereltä ja Saaristomereltä. Tämä on erityisen huolestuttavaa, sillä rannikon eläinplankton on avainasemassa kaikille rannikolla lisääntyville kalakannoille, muun muassa taloudellisesti merkittävälle silakalle, ahvenelle ja kuhalle. Rannikon matalien, pehmeiden pohjien vesikasvit taas ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta tarjoamalla elinympäristöjä ja lisääntymispaikkoja useille kalalajeille sekä selkärangattomille eläimille. Planktoneliöitä pienemmistä mikrobeista ei löytynyt yhtään tietoa.

Myös kansallisissa seurannoissa ja arvioinneissa on puutteita. Vedenalaisen luonnon inventointiohjelman, VELMUn, tuottamasta suuresta ja arvokkaasta tietomäärästä huolimatta, jopa kolmannes uhanalaisuusarvioinnin Itämeren vedenalaisista luontotyypeistä on arvioitu puutteellisesti tunnetuiksi, eikä Suomessa varsinaisesti ole rannikon vedenalaisia luontotyyppejä käsittävää seurantaa (Kontula ja Raunio 2018). Myös merenhoidon seurantaohjelmassa on alueellisia ja eliöryhmäkohtaisia puutteita, esimerkiksi koskien rannikon kalastoseurantoja, joita Pohjanlahden merialueilla ei ole lainkaan (Rantajärvi ym. 2020). Tiedon ja seurannan puutteiden takia kyky havaita ja osoittaa luontokatoa on Suomen rannikkovesissä rajallinen, mikä on huolestuttavaa ottaen huomioon luontokadon vakavuuden.

### **E erityisen heikosti tietoa on lajien geneettisen monimuotoisuuden muutoksista sekä ekosysteemitointojen tilasta ja muutoksista.**

Rannikon vedenalaisten eliöiden geneettisen monimuotoisuuden muutoksiin liittyvä tutkimustieto on erittäin rajallinen. Tämä on huolestuttavaa varsinkin ilmastonmuutoksen odotettujen vaikutusten, sekä muiden ympäristönmuutosten eliöille aiheuttaman fysiologisen stressin vaikutusten arvioinnin kannalta. Eliöiden sopeutumiskapasiteetin ja sen muutosten ymmärtäminen olisi olennaista esimerkiksi merenpohjan luontotyyppien ennallistamishankkeissa, missä lajien stressinsietokyky nopeasti muuttuvassa rannikkovedessä on onnistumisen perusta.

E erityisen heikosti tietoa oli myös ekosysteemitointojen tilasta ja muutoksista. Yleisesti osoitetut muutokset lajien esiintymisessä ja runsaudessa heijastuvat eliöyhteisöissä useimmiten muuttuvina lajien välisinä vallitsevuussuhteina, jotka saattavat ratkaisevasti muuttavat ekosysteemien toimintoja (muun muassa ravinneverkon linkit ja biogeokemialliset prosessit) usein odottamattomilla seurauksilla ekosysteemien vakauteen ja häiriönsietokykyyn, kuin myös ekosysteemien tuottamiin palveluihin.

### **Tietopuutteista huolimatta tiedetään riittävästi, jotta voidaan ryhtyä toimenpiteisiin.**

Puutteista huolimatta tietoa on kuitenkin riittävästi, jotta varmuudella voidaan todeta rannikkovesien luonnon tila yleisesti heikoksi ja tunnetaan merkittävimmät luontoon kohdistuvat paineet ja niitä aiheuttavat ihmistoiminnot (muun muassa Korpinen ym. 2018). Lisäksi monien rannikon vedenalaisten lajien ja luontotyyppien uhanalaisuutta on pystytty arvioimaan (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019). Tiedon perusteella voidaan tunnistaa tilan parantamisen erityiset tarpeet ja ryhtyä tarpeellisiin toimenpiteisiin (muun muassa Laamanen ym. 2021). Toimenpiteitä tarvitaan, kokonaisvaltaisesti. Luontokadon pysäyttämiseksi tarvitaan monia, kaikkia mahdollisia, keinoja. Keinovalikoima koostuu luontokatoa aiheuttavien toiminnan ja paineiden muuttamisesta ja vähentämisestä, suojelutoimenpiteistä, ja kunnostus- ja ennallistamistoimista. Valittavien toimenpiteiden tulisi olla tarkkaan harkittuja ja niiden odotettu vaikuttavuus maksimoitu. On keskeistä ymmärtää, että edellytykset suojelu- ja kunnostus- tai ennallistamistoimenpiteille eivät ole hyvät, jos alun perin luontokatoa ja meren heikkoa tilaa aiheuttaneita tekijöitä ei ole saatu vähennettyä tai poistettua.



Lisäksi ilmastonmuutoksen hillitseminen ja luontokadon pysäyttäminen ovat toisiaan tukevia tavoitteita (Pörtner ym. 2021), ja kunnianhimoisella ilmastopolitiikalla vältetään osaltaan myös meriluonnon entuudestaan jatkuvaa heikkenemistä.

**Päätöksenteon kunnianhimon tasoa täytyy edelleen nostaa ja tarvitaan koko yhteiskuntaa läpivalaiseva, luonnon keskeisesti huomioiva kestävä kehityksen siirtymä.**

Toimet rannikkovesien kokonaisuheikentymättömyyden saavuttamiseksi ovat tähän mennessä olleet riittämättömiä. Päätöksenteon kunnianhimon tasoa täytyy edelleen nostaa, varmistamalla tosiasiallinen jo asetettujen tavoitteiden ja olemassa olevien sitoumuksien konkreettinen toimeenpaneminen, ja tekemällä tarvittaessa riittäviä lisäpäätöksiä tavoitteiden tiukentamiseksi. Näiden keinojen käyttäminen ja toimeenpano taas vaatii arvoihin ja asenteisiin, poliittiseen päätöksentekoon ja priorisointiin, sekä resursseihin liittyviä edellytyksiä. Samalla kyse syvemmästä muutostarpeesta. Tarvitaan koko yhteiskunnan kattava kestävä kehityksen siirtymä, jossa luonto ja sen turvaaminen omaksutaan keskeisenä osana kaikkien yhteiskunnan sektoreiden toimintaa ja niihin liittyvää päätöksentekoa.

## 5.2 Selvityksen mahdolliset kehittämistarpeet

Tämä raportti keskittyy lähinnä vertaisarvioituissa tiedeartikkeleissa julkaistuihin tutkimus- ja seuranta-tuloksiin. Rajaus antaa laajan kuvan Suomen merialueiden rannikon vedenalaisen monimuotoisuuden muutoksista, mutta ei välttämättä kata kaikkia mahdollisia luontokadon ilmenemismuotoja, -alueita tai kohteena olevia eliöryhmiä. Olemassa olevan tutkimusaineiston ominaisuuksiin ja kattavuuteen saattaa vaikuttaa esimerkiksi tutkimuslaitosten ja -asemien sijainti, tutkijoiden intressit ja osaamisalueet sekä saatavissa ollut tutkimusrahoitus ja yhteiskunnallinen kysyntä eri aihealueisiin. Aineiston kattavuutta olisi mahdollisesti voitu laajentaa sisällyttämällä tarkasteluun julkaistujen tiedeartikkeleiden lisäksi erinäistä niin sanottua harmaata kirjallisuutta, kuten esimerkiksi paikallisia ja alueellisia ympäristön tilan seurantaraportteja sekä veloitettarkkailuja. Tämän raportin puitteissa näitä ei kuitenkaan ole sisällytetty (luku 2.2).

Raportissa huomioitiin ja käsiteltiin myös keskeiset, meriluontoa ja/tai sen monimuotoisuutta käsittelevät kansalliset ja kansainväliset arviot, kuten Suomen merenhoitosuunnitelman tila-arvio (Korpinen ym. 2018; SYKE 2024a), vesienhoitoaluekohtaiset vesienhoitosuunnitelmat ja niissä esitetyt tila-arviot (ÅLR 2019a; 2021b; Laine ym. 2022; Mäntykoski ym. 2022; Räinen ym. 2022a; b; Westberg ym. 2022), kansalliset lajien ja luontotyyppien uhanalaisuusarviot (Kontula ja Raunio 2018; Hyvärinen ym. 2019), luontodirektiivin mukaiset laji- ja luontotyyppiarviot (SYKE 2020a; b) sekä Itämeren suojelukomission (HELCOM) kansainväliset Itämeren tila- ja indikaattoriarviot (HELCOM 2023a; b). Näiden arvioiden perustana olevan seuranta-aineiston tarkempi uudelleenanalysointi luontokadon näkökulmasta saattaisi antaa jotain lisätietoa matalien rannikkoalueiden luonnon monimuotoisuuden muutoksista. Seurantatiedon avoimen saatavuuden periaatteesta huolimatta kaikkia seurantatietoja (esimerkiksi vesikasvillisuus ja makrolevät) ei kuitenkaan ole vielä saatavilla ympäristöhallinnon avoimista tietojärjestelmistä, mikä vaikeuttaa niiden hyödyntämistä uusiin tarkoituksiin. Lisäksi muun muassa vesienhoidon puitteissa tehtävät rannikkovesien tila-arviot on tehty kaikkiaan 276 vesimuodostumalle, joissa kaikissa on yksi tai useampi seurantapaikka ja seurantapaikkaa kohden useampia havaintopaikkoja (ELY-keskukset 2022). Tällaisen tietokantatiedon kerääminen, koostaminen, analysointi ja ryhmittely uudestaan luonnon monimuotoisuuden muutosten näkökulmasta ei tämän raportin puitteissa ollut mahdollista, mutta sen tuomat mahdollisuudet tulevaisuuden rannikkoluonnon köyhtymistä käsittelevissä hankkeissa on ottaa huomioon.

Luontokadon ilmenemismuotojen – eli luonnon monimuotoisuuden negatiivisten muutosten – suhteellisen vertailun mahdollistamiseksi (esimerkiksi alueiden, ympäristöjen tai eliöryhmien välillä) aineistossa on pyritty huomioimaan kaikki relevantit tutkimukset, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokadon ilmenemistä, eli myös ne tulokset, jotka ovat osoittaneet positiivisia muutoksia tai eivät ole osoittaneet muutoksia lainkaan. Tästä huolimatta on huomioitava, että aineistossa on mahdollinen perustavanlaatuinen sisäänrakennettu vinouma juuri koska se perustuu pääosin julkaistuihin tutkimusartikkeleihin, joiden sisältö riippuu siitä, mitä on haluttu tutkia ja millaisia tuloksia on julkaistu. Harvoin on tutkittu jotain meriluonnon monimuotoisuuden elementtiä nimenomaisesti ja suunnitellusti luontokadon ilmenemisen näkökulmasta. Tämä vaatisi huolellisesti laadittuja seurantaohjelmia, joita valitettavasti ei ole kattavasti olemassa. Näiden aineiston



ominaisuuksien vuoksi raportissa ei päästä kiinni luontokadon määrään, luontokatomuotojen absoluuttiseen merkitykseen tai aukottomasti edes suhteelliseen tärkeyteen, mutta tuloksilla voidaan avata rannikon luontokatoilmiötä ja esitellä osoitettuja ilmenemismuotoja. Tällä lähestymistavalla ja käytettävissä olevalla aineistolla pystytään siis näyttämään miten luontokato voi ilmetä (ja miten se ainakin ilmenee), mutta se saattaa aliarvioida todellista luontokadon ilmentymisen kattavuutta. Se, että aineistossa ei ole todisteita jostain ilmenemismuodosta, ei välttämättä tarkoita, etteikö kyseistä ilmenemismuotoa voisi olla olemassa.

Yllä mainituista lähestymistavan ja aineistojen puutteista ja heikkouksista huolimatta rannikon luontokadon osoitettujen ilmenemismuotojen koostaminen on arvokasta ja auttaa lisäämään ymmärrystä meriluonnon tilasta ja muutoksista sekä konkretisoimaan mitä luontokatoilmiö rannikollamme nykytiedon valossa vähintäänkin käsittää.



## LÄHTEET

- Ahtiainen H, Jernberg S, Haavisto F, Kiviluoto S, Kostamo K, Kuosa H, Kuningas S, Lai T-Y, Lappalainen M, Saikkonen L, Oljemark K, Turkia T, Venesjärvi R. 2021. Suomen merenalaiset avainluontotyypit ja ekosysteempalvelut. Metsähallitus. <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Muut/Meriavain.pdf> [16.11.2023].
- Altartouri A, Nurminen L, Jolma A. 2014. Modeling the role of the close-range effect and environmental variables in the occurrence and spread of *Phragmites australis* in four sites on the Finnish coast of the Gulf of Finland and the Archipelago Sea. *Ecology and Evolution* 4:987–1005.
- Ammar Y, Niiranen S, Otto SA, Möllmann C, Finsinger W, Blenckner T. 2021. The rise of novelty in marine ecosystems: The Baltic Sea case. *Global Change Biology* 27:1485–1499.
- Andersson L. 1955. On the distribution and ecology of brown and red algae in the southwestern archipelago. *Luonnon Tutkija* 59:138–146.
- Arnkil A, Hoikkala J, Sahla M (toim.). 2019. Suojelualueet merialuesuunnittelussa – suositus suojelualueiden huomioimiseksi. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, Sarja A 231. <https://julkaisut.metsa.fi/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/a231.pdf> [31.1.2024].
- Aronsuu K, Huhmarniemi A. 2004. Changes in the European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) population of the Kalajoki — potential consequences of the alterations of fishing patterns in the Gulf of Bothnia. *Annales Zoologici Fennici* 41:195–204.
- Aroviita J, Mitikka S, Vienonen S (toim.). 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen ympäristökeskus.
- Ashley MV, Willson MF, Pergams ORW, O'Dowd DJ, Gende SM, Brown JS. 2003. Evolutionarily enlightened management. *Biological Conservation* 111:115–123.
- Asmala E, Gustafsson C, Krause-Jensen D, Norkko A, Reader H, Staehr PA, Carstensen J. 2019. Role of eelgrass in the coastal filter of contrasting Baltic Sea environments. *Estuaries and Coasts* 42:1882–1895.
- Attard KM, Rodil IF, Glud RN, Berg P, Norkko J, Norkko A. 2019. Seasonal ecosystem metabolism across shallow benthic habitats measured by aquatic eddy covariance. *Limnology and oceanography letters* 4:79–86.
- Auvinen A-P, Kempainen E, Jäppinen J-P, Heliölä J, Holmala K, Jantunen J, Koljonen M-L, Kolström T, Lumiaro R, Punttila P, Venesjärvi R, Virkkala R, Ahlroth P. 2020. Suomen biodiversiteettistrategian ja toimintaohjelman 2012–2020 toteutuksen ja vaikutusten arviointi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:36. Valtioneuvoston kanslia.
- BACC Author Team. 2008. Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer International Publishing.
- BACC II Author Team. 2015. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer International Publishing.
- Belkin IM. 2019. Rapid warming of large marine ecosystems. *Progress in Oceanography* 81:207–213.
- Berger R, Henriksson E, Kautsky L, Malm T. 2003. Effects of filamentous algae and deposited matter on the survival of *Fucus vesiculosus* L. germlings in the Baltic Sea. *Aquatic Ecology* 37:1–11.
- Bergström L, Bergström U. 1999. Species diversity and distribution of aquatic macrophytes in the northern Quark, Baltic Sea. *Nordic Journal of Botany* 19:375–383.
- Bergström L, Heikinheimo O, Svirgsden R, Kruze E, Ložys L, Lappalainen A, Saks L, Minde A, Dainys J, Jakubavičiute E, Ådjers K, Olsson J. 2016. Long term changes in the status of coastal fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169:74–84.





- Bergström U, Olsson J, Casini M, Eriksson BK, Fredriksson R, Wennhage H, Appelberg M. 2015. Stickleback increase in the Baltic Sea—a thorny issue for coastal predatory fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 163:134–142.
- Birkeland C, Dayton PK. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends in Ecology & Evolution* 20:356–358.
- Blomqvist E. 1984. Changes in fish community structure and migration activity in a brackish bay isolated by land upheaval and reverted by dredging. *Ophelia Supplement* 3:11–21.
- Bonsdorff E, Blomqvist E, Mattila J, Norkko A. 1997a. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta* 20:319–329.
- Bonsdorff E, Blomqvist E, Mattila J, Norkko A. 1997b. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the Archipelago areas of the northern Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 44:63–72.
- Borg JPG, Westerborn M, Lehtonen H. 2014. Sex-specific distribution and diet of *Platichthys flesus* at the end of spawning in the northern Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 84:937–951.
- Boström C, Bonsdorff E, Kangas P, Norkko A. 2002. Long-term changes of a brackish-water eelgrass (*Zostera marina* L.) community indicate effects of coastal eutrophication. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 55:795–804.
- Boström C, Aalto J, Hyytiäinen K, Häyrynen S, Jarva J, Koivula M, Kotiaho JS, Laine I, Mykrä H, Nieminen TM, Pappila M, Paulomäki H, Silfverberg O, Sääksjärvi I, Sumelius H. 2024. Vedenalaisen luonnon köyhtyminen Suomen rannikkoalueilla. Luontopaneelin yhteenveto ja suositukset luontopolitiikan suunnittelun ja päätöksenteon tueksi. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 1A/2024.
- Bulkeley H, Kok M, van Dijk J, Forsyth T, Nagy G, Villasante S. 2020. Moving towards transformative change for biodiversity: harnessing the potential of the post-2020 global biodiversity framework. An EKLIPSE Expert Working Group report. <https://www.eclipse-mechanism.eu/documents/13905/0/Moving+Towards+Transformative+Change/> [17.11.2024].
- Carstensen J, Conley DJ, Almroth-Rosell E, Asmala E, Bonsdorff E, Fleming-Lehtinen V, Gustafsson BG, Gustafsson C, Heiskanen A-S, Janas U, Norkko A, Slomp C, Villnäs A, Voss M, Zilius M. 2020. Factors regulating the coastal nutrient filter in the Baltic Sea. *Ambio* 49:1194–1210.
- CBD. 2020. Global Biodiversity Outlook 5. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal.
- CBD 2022. CBD/COP/DEC/15/4. Decision adopted by the conference of the parties to convention on biological diversity. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop15/cop-15-dec-04-en.pdf> [31.1.2024].
- Conley DJ, Carstensen J, Aigars J, Axe P, Bonsdorff E, Eremina T, Haahti BM, Humborg C, Jonsson P, Kotta J, Lännegren C, Larsson U, Maximov A, Medina MR, Lysiak-Pastuszek E, Remeikaitė-Nikienė N, Walve J, Wilhelms S, Zillén L. 2011. Hypoxia is increasing in the coastal zone of the Baltic Sea. *Environmental Science and Technology* 45:6777–6783.
- Czajkowski M, Ahtiainen H, Artell J, Budzinski W, Hasler B, Hasselström L, Meyerhoff J, Nommann T, Semenienė D, Söderqvist T, Tuhkanen H, Lankia T, Vanags A, Zandersen M, Zyllicz T, Hanley N. 2015. Valuing the commons: An international study on the recreational benefits of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Management* 156:209–217.
- Dasgupta P. 2021. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury. London.
- Davies CE, Moss D, Hill MO. 2004. EUNIS habitat classification revised 2004. Report to: European Environment Agency-European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. <http://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/eunis/eunis-habitatclassification/> [11.9.2023].



- Díaz S, Malhi Y. 2022. Biodiversity: concepts, patterns, trends, and perspectives. *Annual Review of Environment and Resources* 47:31–63.
- Díaz S, Settele J, Brondízio ES, Ngo HT, Agard J, Arneth A, Balvanera P, Brauman KA, Butchart SHM, Chan KMA, Garibaldi LA, Ichii K, Liu J, Subramanian SM, Midgley GF, Miloslavich P, Molnár Z, Obura D, Pfaff A, Polasky S, Purvis A, Razaque J, Reyers B, Chowdhury RR, Shin Y-J, Visseren-Hamakers I, Willis KJ, Zayas CN. 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366:eaax3100
- Duarte CM. 2017. Reviews and syntheses: hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* 14:301–310.
- Edwards M, Richardson AJ. 2004. Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature* 430:881–884.
- ELY-keskukset. 2022. Vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027: Osa 2: suunnittelussa käytetyt menetelmät ja periaatteet. Raportteja 6/2022. ELY-keskukset.
- ELY-keskus. 2023. Saaristomeren Hot Spot -tiekarttahanke. Internetsivu. ELY-keskus. <https://www.ely-keskus.fi/web/saaristomeren-hot-spot-tiekarttahanke/saaristomeriohjelma>.
- Euroopan komissio 2018. EU:n Itämeri-strategia. <http://doi.org/10.2776/19001>.
- Euroopan komissio. 2020. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia: Luonto takaisin osaksi elämäämme (COM(2020) 380 final/2). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380R\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380R(01)&from=EN) [31.1.2024].
- Euroopan komissio. 2022. MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD.
- Euroopan unionin neuvosto. 2023. 15907/23. Brussels, 22 November 2023. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration - Letter to the Chair of the European Parliament Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (ENVI).
- Evans D, Aish A, Boon A, Condé S, Connor D, Gelabert E, Michez N, Parry M, Richard D, Salvati E, Tunesi L. 2016. Revising the marine section of the EUNIS Habitat classification - Report of a workshop held at the European Topic Centre on Biological Diversity, 12 & 13 May 2016. ETC/BD report to the EEA.
- Eveleens Maarse F, Salovius-Laurén S, Snickars M. 2020. Long-term changes in the phytobenthos of the southern Åland Islands, northern Baltic Sea. *Nordic Journal of Botany* 38:e02751.
- Fernandes JA, Kauppila P, Uusitalo L, Fleming-Lehtinen V, Kuikka S, Pitkänen H. 2012. Evaluation of reaching the targets of the water framework directive in the Gulf of Finland. *Environmental Science and Technology* 46:8220–8228.
- Finni T, Laurila S, Laakkonen S. 2001. The history of eutrophication in the sea area of Helsinki in the 20th century – Long-term analysis of plankton assemblages. *Ambio* 30:264–271.
- Fleming V, Kuosa H, Hoikkala L, Räike A, Huttunen M, Miettunen E, Virtanen E, Tuomi L, Nygård H, Kauppila P. 2021. Rannikkovesiemme vedenlaadun ja rehevöitymistilan tulevaisuus ja sen arvioiminen Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:14. Valtioneuvoston kanslia.
- Fleming V, Berninger K, Aikola T, Huttunen M, Iho A, Kuosa H, Niskanen L, Piiparinen J, Räike A, Salo M, Sarkkola S, Valve H. 2023. Rannikkovesien ravinteiden kuormituskatot ja kuormituksen vähentämisen keinoja: Loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:45. Valtioneuvoston kanslia.
- Frank KT, Petrie B, Shackell NL. 2007. The ups and downs of trophic control in continental shelf ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 22:236–242.
- Goebeler N, Norkko A, Norkko J. 2022. Ninety years of coastal monitoring reveals baseline and extreme ocean temperatures are increasing off the Finnish coast. *Communications Earth & Environment* 3:1–11.



- Granö O, Roto M, Laurila L. 1999. Environment and land use in the shore zone of the coast of Finland. Publicationes Istituti Geographici Universitatis Turkuensis.
- Hahtela I, Lehto J. 1982. The occurrence of bladder wrack (*Fucus vesiculosus*) in 1975–1980 in the Seli area, Archipelago Sea. Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica 58:1–5.
- Haddaway NR, Macura B, Whaley P, Pullin AS. 2018. ROSES RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps. Environmental Evidence 7:1–8.
- Halpern BS, Longo C, Lowndes JSS, Best BD, Frazier M, Katona SK, Kleisner KM, Rosenberg AA, Scarborough C, Selig ER. 2015. Patterns and emerging trends in global ocean health. PLoS One 10:e0117863.
- Haines-Young R, Potschin MB. 2010. The links between biodiversity, ecosystem service and human well-being. Julkaisussa: Raffaelli DG, Frid CLJ. (toim.). Ecosystem Ecology: A New Synthesis. Cambridge University Press. s. 110–139.
- Haines-Young R, Potschin MB. 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. <http://cices.eu> [31.1.2024].
- Heckwolf MJ, Peterson A, Jänes H, Horne P, Künne J, Liversage K, Sajeva M, Reusch TBH, Kotta J. 2021. From ecosystems to socio-economic benefits: A systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. Science of the Total Environment 755:142565.
- Heikinheimo O, Pekcan-Hekim Z, Raitaniemi J. 2014. Spawning stock-recruitment relationship in pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in the Baltic Sea, with temperature as an environmental effect. Fisheries Research 155:1–9.
- Heinonen M, Alanen A (toim.) 2022. Suojelualueverkostoa tukevat luonnon monimuotoisuutta turvaavat alueet Suomessa. OECM-työryhmän ehdotus. Ympäristöministeriön julkaisu 2022:16.
- HELCOM. 2007. HELCOM Baltic Sea Action Plan (2007 version). Baltic Marine Environment Protection Commission.
- HELCOM. 2010. Ecosystem health of the Baltic Sea 2003–2007. HELCOM Initial Holistic Assessment. Baltic Sea Environment Proceedings 122.
- HELCOM. 2013a. HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. Baltic Sea Environmental Proceedings 140.
- HELCOM. 2013b. Red List of Baltic Sea underwater biotopes, habitats and biotope complexes. Baltic Sea Environment Proceedings 138.
- HELCOM. 2013c. HELCOM Monitoring and Assessment Strategy, Appendix 4 (updated 2022).
- HELCOM. 2013d. HELCOM HUB – Technical Report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classification. Baltic Sea Environment Proceedings 139.
- HELCOM. 2018. State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011–2016. Baltic Sea Environment Proceedings 155.
- HELCOM. 2020a. HELCOM Checklist 2.0 of Baltic Sea Macrospecies. Baltic Sea Environment Proceedings 174.
- HELCOM. 2020b. Development of human activities for the SOM analysis. Third meeting of HELCOM Platform for sufficiency of measures, 24.–26.3.2020.
- HELCOM. 2021. Baltic Sea Action Plan 2021 update. Baltic Marine Environment Protection Commission.
- HELCOM. 2023a. HELCOM Thematic assessment of biodiversity 2016–2021. Baltic Sea Environment Proceedings 191.
- HELCOM. 2023b. State of the Baltic Sea. Third HELCOM holistic assessment 2016–2021. Baltic Sea Environment Proceedings 194.



- HELCOM. 2023c. HELCOM Thematic assessment of economic and social analyses 2016–2021. Baltic Sea Environment Proceedings 188.
- HELCOM. 2023d. Seasonal succession of functional phytoplankton groups. HELCOM pre-core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/phytoplankton/> [5.10.2023].
- HELCOM. 2023e. Chlorophyll-a. HELCOM core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/chlorophyll/> [5.10.2023].
- HELCOM. 2023f. Coastal fish key species. HELCOM core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/coastal-fish-key-species/> [23.10.2023].
- HELCOM. 2023g. Coastal fish key groups. HELCOM core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/coastal-fish-key-groups/> [23.10.2023].
- HELCOM. 2023h. Coastal fish size. HELCOM core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/coastal-fish-size/> [23.10.2023].
- HELCOM. 2023i. Trout abundance. HELCOM core indicator report. <https://indicators.helcom.fi/indicator/trout-abundance/> [23.10.2023].
- HERTTA. 2023. Vesienhoito, pintavedet: 3. Suunnittelukausi. Vesienhoito-tietojärjestelmä. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötietojärjestelmät. <https://www.p2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp> [15.10.2023].
- HELCOM ACTION. 2021. Sufficiency of existing measures to achieve good status in the Baltic Sea. Summary report.
- HELCOM/Baltic Earth. 2021. Climate Change in the Baltic Sea: 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings 180.
- Hermanssen L, Mikkelsen L, Tougaard J, Beedholm K, Johnson M, Madsen PT. 2019. Recreational vessels without Automatic Identification System (AIS) dominate anthropogenic noise contributions to a shallow water soundscape. *Scientific Reports* 9:15477.
- Holgerson E. 2013. Karttering av makrofyter, framtagandet av en klassificeringsmetod för att kunna beräkna ekologisk status för Ålands skärgård och skapandet av miljöövervakningsprogram. *Forskningsrapporter*, No 134. Husö biologiska station. 41 s.
- Holmström N, Haahtela I, Bonsdorff E. 2007. A new reality for coastal zoobenthos: Long-term changes (1958–2005) in a shallow sheltered bay. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 83:1–8.
- Hudd R, Leskelä A. 1998. Acidification-induced species shifts in coastal fisheries off the River Kyrönjoki, Finland: A case study. *Ambio* 27:535–538.
- Hyvärinen E, Juslén A, Kempainen E, Uddström A, Liukko U-M (toim.). 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.
- Häyrén E. 1950. Botaniska anteckningar från Nystads skärgård. *Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk* 93:1–19.
- Ilus E, Keskkitalo J. 2008. The response of phytoplankton to increased temperature in the Loviisa archipelago, Gulf of Finland. *Boreal Environment Research* 13:503–516.
- IOC-UNESCO. 2022. State of the Ocean Report, pilot edition. Paris, IOC-UNESCO. IOC Technical Series, 173.
- IPBES. 2019. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat. Bonn. 1144 s.
- Jernberg S, Kuosa H, Boström C, Burdon D, Haavisto F, Heiskanen A-S, Kiviluoto S, Kuningas S, Kunasranta M, Uusitalo L, Villnäs A, Westerbom M, Kostamo K. 2024. Linking natural capital stocks with ecosystem services in the Northern Baltic Sea. *Ecosystem Services* 65:101585.



- Joensuu K, Väyrynen L, Tolppanen J, Karhu L, Salmi T, Hartikka S, Leino L, Viljanen J, Smids S, Hujanen A, Sipilä M, Huuskonen A. 2021. Tuulivoimarakentamisen edistäminen – Keinoja sujuvaan hankekehitykseen ja eri tavoitteiden yhteensovittamiseen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:51. Valtioneuvoston kanslia.
- Johannesson K, André C. 2006. Life on the margin: genetic isolation and diversity loss in a peripheral marine ecosystem, the Baltic Sea. *Molecular Ecology* 15: 2013–2029.
- Jokinen H, Wennhage H, Ollus V, Aro E, Norkko A. 2016. Juvenile flatfish in the northern Baltic Sea – long-term decline and potential links to habitat characteristics. *Journal of Sea Research* 107:67–75.
- Jokinen H, Wennhage H, Lappalainen A, Ådjers K, Rask M, Norkko A. 2015. Decline of flounder (*Platichthys flesus* (L.)) at the margin of the species' distribution range. *Journal of Sea Research* 105:1–9.
- Jones KR, Klein CJ, Halpern BS, Venter O, Grantham H, Kuempel CD, Shumway N, Friedlander AM, Possingham HP, Watson JEM. 2018. The location and protection status of earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology* 28:2506–2512.
- Jonsson PR, Kotta J, Andersson HC, Herkül K, Virtanen E, Nyström Sandman A, Johannessen K. 2018. High climate velocity and population fragmentation may constrain climate driven range shift of the key habitat former *Fucus vesiculosus*. *Diversity and Distributions* 24:892–905.
- Jutila E, Saura A, Kallio-Nyberg I, Huhmarniemi A, Romakkaniemi A. 2007. The status and exploitation of sea trout on the Finnish coast of the Gulf of Bothnia in the Baltic Sea. Teoksessa: Harris G, Milner N (toim.). *Sea Trout: Biology, Conservation and Management*. Blackwell Publishing Ltd. s. 128–138.
- Kangas J, Majasalmi T, Juva K, Kotiaho JS, Ahlvik L. 2023. Suomen luonnon tila ja tulevaisuus – skenaariotarkastelu luontokadon pysäyttämiseksi vaadittavista toimista. Suomen Luontopaneelin julkaisu 4B/2023.
- Kangas P, Autio H, Hällfors G, Luther H, Niemi A, Salemaa H. 1982. A general model of the decline of *Fucus vesiculosus* at Tvärminne, south coast of Finland in 1977–81 (Baltic Sea). *Acta Botanica Fennica* 118:1–27.
- Kankaanpää HT, Alenius P, Kotilainen P, Roiha P. 2023. Decreased surface and bottom salinity and elevated bottom temperature in the Northern Baltic Sea over the past six decades. *Science of The Total Environment* 859:160241.
- Keskitalo J. 1987. Phytoplankton in the sea area off the Olkiluoto nuclear power station, west coast of Finland. *Annales Botanici Fennici* 24:281–299.
- Ketola T, Boström C, Bäck J, Herzon I, Jokimäki J, Kallio KP, Kulmala L, Laine I, Lehikoinen A, Nieminen TM, Oksanen E, Pappila M, Silfverberg O, Sinkkonen A, Sääksjärvi I, Kotiaho JS. 2022. Kohti luontoviisasta Suomea: Keinoja luontopositiivisuuden saavuttamiseksi. Suomen Luontopaneelin julkaisu 2/2022.
- Kiirikki M. 1996. Mechanisms affecting macroalgal zonation in the northern Baltic Sea. *European Journal of Phycology* 31:225–231.
- Kininmonth S, Beger M, Bode M, Peterson E, Adams VM, Dorfman D, Brumbaugh DR, Possingham HP. 2011. Dispersal connectivity and reserve selection for marine conservation. *Ecological Modelling* 222:1272–1282.
- Kjellman J, Hudd R. 1996. Changed length-at-age of burbot, *Lota lota*, from an acidified estuary in the Gulf of Bothnia. *Environmental Biology of Fishes* 45:65–73.
- Koekalastusrekisteri. 2023. Kalataloushallinnon koekalastusrekisteri. Luonnonvarakeskus. [https://wwwp2.ymparisto.fi/koekalastus\\_nordic/yhteinen/Login.aspx](https://wwwp2.ymparisto.fi/koekalastus_nordic/yhteinen/Login.aspx) [23.11.2023].
- Koivisto M, Westerborn M. 2010. Invertebrate communities associated with blue mussel beds in a patchy environment: a landscape ecology approach. *Marine Ecology Progress Series* 471:101–110.
- Kokkonen E, Vainikka A, Heikinheimo O. 2015. Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch *Sander lucioperca*. *Fisheries Research* 167:1–12.



- Kokkonen E, Heikinheimo O, Pekcan-Hekim Z, Vainikka A. 2019. Effects of water temperature and pikeperch (*Sander lucioperca*) abundance on the stock–recruitment relationship of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) in the northern Baltic Sea. *Hydrobiologia* 841:79–94.
- Kontula T, Raunio A (toim.). 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö.
- Korhola A, Blom T. 1996. Marked early 20th century pollution and the subsequent recovery of Töölö Bay, central Helsinki, as indicated by subfossil diatom assemblage changes. *Hydrobiologia* 341:169–179.
- Korpinen S, Laamanen M, Suomela J, Paavilainen P, Lahtinen T, Ekeboom J (toim.). 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKE:n julkaisuja 4/2018. Suomen ympäristökeskus.
- Korpinen S, Uusitalo L, Nordström MC, Dierking J, Tomczak MT, Haldin J, Opitz S, Bonsdorff E, Neuenfeldt S. 2022. Food web assessments in the Baltic Sea: Models bridging the gap between indicators and policy needs. *Ambio* 51:1687–1697.
- Kortetmäki T, Puurtinen M, Salo M, Aro R, Baumeister S, Duflo R, Elo M, Halme P, Husu H-M, Huttunen S, Hyvönen K, Karkulehto S, Kataja-aho S, Keskinen KE, Kulmunki I, Mäkinen T, Näyhä A, Okkolin M-A, Perälä T, Purhonen J, Raatikainen KJ, Raippalinn L-M, Salonen K, Savolainen K, Kotiaho JS. 2021. Planetary well-being. *Humanities and Social Sciences Communications* 8:258.
- Kortsch S, Frelat R, Pecuchet L, Olivier P, Putnis I, Bonsdorff E, Ojaveer H, Jurgensone I, Strake S, Rubene G, Kruze E, Nordström MC. 2021. Disentangling temporal food web dynamics facilitates understanding of ecosystem functioning. *Journal of Animal Ecology* 90:1205–1216.
- Kostamo K, Pekkonen M, Ahlrooth P, Heikkinen R, Kallasvuo M, Kuningas S, Laamanen L, Lappalainen A, Veneranta L. 2018. Ekologiset kompensatit Suomen rannikolla ja merialueilla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 24/2018. Suomen ympäristökeskus Merikeskus.
- Kotiaho JS, Ahlvik L, Boström C, Bäck J, Herzon I, Jokimäki J, Kallio KP, Kulmala L, Lehikoinen A, Nieminen TM, Oksanen E, Pappila M, Pöyry J, Saarikoski H, Sinkkonen A, Sääksjärvi I, Ketola T. 2021. Keskeiset keinot luontokadon pysäyttämiseksi: luontopaneelin viestit hallituksen puoliväliriihiin. Kannanotto. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2/2021.
- Kotilainen A, Kiviluoto S, Kurvinen L, Sahla M, Ehrnsten E, Laine A, Lax H-G, Kontula T, Blankett P, Ekeboom J, Hällfors H, Karvinen V, Kuosa H, Laaksonen R, Lappalainen M, Lehtinen S, Lehtiniemi M, Leinikki J, Leskinen E, Riihimäki A, Ruuskanen A, Vahteri P. 2018a. Itämeri. Teoksessa: Kontula T, Raunio A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018a. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1 – tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. s. 47–62.
- Kotilainen A, Kiviluoto S, Kurvinen L, Sahla M, Ehrnsten E, Laine A, Lax H-G, Kontula T, Blankett P, Ekeboom J, Hällfors H, Karvinen V, Kuosa H, Laaksonen R, Lappalainen M, Lehtinen S, Lehtiniemi M, Leinikki J, Leskinen E, Riihimäki A, Ruuskanen A, Vahteri P. 2018b. Itämeri. Julk.: Kontula T, Raunio A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 2: luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. s. 15–98.
- Kotilainen AT, Arppe L, Dobosz S, Jansen E, Kabel K, Karhu J, Kotilainen MM, Kuijpers A, Loughheed BC, Meier HEM, Moros M, Neumann T, Porsche C, Poulsen N, Rasmussen P, Ribeiro S, Risebrobakken B, Ryabchuk D, Schimanke S, Snowball I, Spiridonov M, Virtasalo JJ, Weckström K, Witkowski A, Zhamoida V. 2014. Echoes from the past: a healthy Baltic Sea requires more effort. *Ambio* 43:60–68.
- Kotta J, Vanhatalo J, Jänes H, Orav-Kotta H, Rugiu L, Jormalainen V, Bobsien I, Viitasalo M, Virtanen E, Nyström Sandman A, Isaeus M, Leidenberger S, Jonsson PR, Johannesson K. 2019. Integrating experimental and distribution data to predict future species patterns. *Scientific Reports* 9:1821.
- Kraufvelin P, Sinisalo B, Leppäkoski E, Mattila J, Bonsdorff E. 2001. Changes in zoobenthic community structure after pollution abatement from fish farms in the Archipelago Sea (N. Baltic Sea). *Marine Environmental Research* 51:229–245.



- Kraufvelin P, Pekcan-Hekim Z, Bergström U, Florin A-B, Lehikoinen A, Mattila J, Arula T, Briekmane L, Brown EJ, Celmer Z, Dainys J, Jokinen H, Kääriä P, Kallasvuo M, Lappalainen A, Lozys L, Möller P, Orio A, Rohtla M, Saks L, Snickars M, Støttrup J, Sundblad G, Taal I, Ustups D, Verliin A, Vetemaa M, Winkler H, Wozniczka A, Olsson J. 2018. Essential coastal habitats for fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 204:14–30.
- Kuismanen L, Kiviluoto S, Lehmijoki A, Vieno M, Kostamo K, Korpinen S. 2022a. Ympäristölle haitalliset tuet Suomessa: Katsaus ilmastolle ja luonnon monimuotoisuudelle haitallisiin tukiin. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2022. Suomen ympäristökeskus.
- Kuismanen L, Kiviluoto S, Lehmijoki A, Vieno M, Kostamo K, Korpinen S. 2022b. Mereiset avainluontotyytit ympäristöluvituksessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 10/2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5466-9>.
- Kuusela S, Annala M, Kontula T, Leikola N, Määttänen A-M, Virkkala R, Virtanen E (toim.). 2022. Kohti kattavaa suojelualueverkostoa. Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen painopisteet Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2022. Suomen ympäristökeskus.
- Laamanen (toim.). 2016. Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma 2016–2021. Ympäristöministeriön raportteja 5/2016. Ympäristöministeriö.
- Laamanen M, Suomela J, Ekeboom J, Korpinen S, Paavilainen P, Lahtinen T, Nieminen S, Hernber A. 2021. Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma vuosille 2022–2027. Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:30. Ympäristöministeriö.
- Laine AO, Luodekari K, Poikonen M, Viitasalo M. 2003. A comparison between 1928 and 2000 indicates major changes in the macrozoobenthos species composition and abundance on the SW coast of Finland (Baltic Sea). *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology* 52:3–16.
- Laine A, Aronsuu K, Ekholm-Peltonen M, Heikkinen M, Helin M, Hentilä H, Rintala J, Tertsunen J, Tuohino J, Virtanen K. 2022. Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1: Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 8:2022. ELY-keskus.
- Lankau R, Sjøgaard Jørgensen P, Harris DJ, Sih A. 2011. Incorporating evolutionary principles into environmental management and policy. *Evolutionary Applications* 4:315–325.
- Lappalainen A, Pesonen L. 2000. Changes in fish community structure after cessation of waste water discharge in a coastal bay area west of Helsinki, Northern Baltic Sea. *Archive of Fishery and Marine Research* 48:226–241.
- Lappalainen A, Rask M, Koponen H, Vesala S. 2001. Relative abundance, diet and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvärminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: Responses to eutrophication? *Boreal Environment Research* 6:107–118.
- Lappalainen A, Westerborn M, Vesala S. 2004. Blue mussels (*Mytilus edulis*) in the diet of roach (*Rutilus rutilus*) in outer archipelago areas of the western Gulf of Finland, Baltic Sea. *Hydrobiologia* 514:87–92.
- Lappalainen A, Shurukhin A, Alekseev G, Rinne J. 2000. Coastal fish communities along the northern coast of the Gulf of Finland, Baltic Sea: Responses to salinity and eutrophication. *International Review of Hydrobiology* 5–6:687–696.
- Lappalainen A, Härmä M, Kuningas S, Urho L. 2008. Reproduction of pike (*Esox lucius*) in reed belt shores of the SW coast of Finland, Baltic Sea: a new survey approach. *Boreal Environment Research* 13:370–380.
- Lappalainen A, Hyvönen J, Söderkultalahti P, Heikkinen J. 2020. Estimating annual cpue indices for perch (*Perca fluviatilis*) from monthly logbook data of a gill-net fishery in the Bothnian Bay, Baltic Sea. *Boreal Environment Research* 25:79–91.
- Lappalainen J, Kurvinen L, Kuismanen L (toim.). 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) – Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020. Suomen ympäristökeskus.





- Lappalainen J, Virtanen EA, Kallio K, Junntila S, Viitasalo M. 2019. Substrate limitation of a habitat-forming genus *Fucus* under different water clarity scenarios in the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 218:31–38.
- Lehikoinen A, Heikinheimo O, Lappalainen A. 2011. Temporal changes in the diet of great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) on the southern coast of Finland – comparison with available fish data. *Boreal Environment Research* 16:61–70.
- Lehtonen H, Jokikokko E. 1995. Changes in the heavily exploited vendace (*Coregonus albula* L) stock in the northern Bothnian Bay. *Advances in Limnology* 46:379–386.
- Lehtonen H, Urho L, Kjellman J. 1998. Responses of ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) abundance to eutrophication. *Journal of Great Lakes Research* 24:285–292.
- Lehtonen H, Nyberg K, Yrjölä S. 2021. Suomen Kalat. Otava. 288 s.
- Lehtonen H, Leskinen E, Selen R, Reinikainen M. 2009. Potential reasons for the changes in the abundance of pike, *Esox lucius*, in the western Gulf of Finland, 1939–2007. *Fisheries Management and Ecology* 16:484–491.
- Lehtonen KK, Schiedek D. 2006. Monitoring biological effects of pollution in the Baltic Sea: Neglected—but still wanted? *Marine Pollution Bulletin* 53:377–386.
- Leppäkoski E, Helminen H, Hanninen J, Tallqvist M. 1999. Aquatic biodiversity under anthropogenic stress: an insight from the Archipelago Sea (SW Finland). *Biodiversity and Conservation* 8:55–70.
- Leppänen J-M. 2012. Meriympäristön nykytilan arvio, hyvän tilan määrittäminen sekä ympäristötavoitteiden ja indikaattoreiden asettaminen.
- Leppäranta M, Myrberg K. 2009. *Physical Oceanography of the Baltic Sea*. SpringerVerlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- Luther H. 1951a: Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. I. Allgemeiner Teil. — *Acta Botanica Fennica* 49: 1–231.
- Luther H. 1951b: Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. II. Spezieller Teil. — *Acta Botanica Fennica* 50: 1–370.
- Luybaert T, Hagan JG, McCarthy ML, Poti M. 2020. Status of marine biodiversity in the Anthropocene. Teoksessa: Jungblut S, Liebich V, Bode-Dalby M (toim.). *YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future*. Springer, Cham.
- Marttila T, Lukkarinen J (toim.). 2022. Ekologinen siirtymä luonnon monimuotoisuuspolitiikassa Biodiversiteettiareenan 2021 tulokset. Ympäristöministeriön julkaisu 2022:1. Ympäristöministeriö.
- Mattila J. 1993. Long-term changes in the bottom fauna along the Finnish coast of the southern Bothnian Sea. *Aqua Fennica* 23:143–152.
- McCairns RJS, Kuparinen A, Panda B, Jokikokko E, Merilä J. 2012. Effective size and genetic composition of two exploited, migratory whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) populations. *Conservation Genetics* 13:1509–1520.
- Meier HEM, Kniebusch M, Dieterich C, Gröger M, Zorita E, Elmgren R, Myrberg K, Ahola MP, Bartosova A, Bonsdorff E, Börgel F, Capell R, Carlén I, Carlund T, Carstensen J, Christensen OB, Dierschke V, Frauen C, Frederiksen M, Gagel E, Galatius A, Haapala JJ, Halkka A, Hugelius G, Hünicke B, Jaagus J, Jussi M, Käyhkö J, Kirchner N, Kjellström E, Kulinski K, Lehmann A, Lindström G, May W, Miller PA, Mohrholz V, Müller-Karulis B, Pavón-Jordán D, Quante M, Reckermann M, Rutgersson A, Savchuk OP, Stendel M, Tuomi L, Viitasalo M, Weisse R, Zhang W. 2022a. Climate change in the Baltic Sea region: A summary. *Earth System Dynamics* 13:457–593.
- Meier HEM, Dieterich C, Gröger M, Dutheil C, Börgel F, Safonova K, Christensen OB, Kjellström E. 2022b. Oceanographic regional climate projections for the Baltic Sea until 2100. *Earth System Dynamics* 13:159–199.





- Merilä J, Hendry AP, 2014. Climate change, adaptation, and phenotypic plasticity: the problem and the evidence. *Evolutionary Applications* 7:1–14.
- Meriste M, Kirsimäe K, Freiberg L. 2012. Relative sea-level changes at shallow coasts inferred from reed bed distribution over the last 50 years in Matsalu Bay, the Baltic Sea. *Journal of Coastal Research* 28:1–10.
- Metsähallitus. 2023. Biodiversea LIFE-IP – meriluonnon puolesta. Internetsivu. Metsähallitus. <https://www.metsa.fi/projekti/biodiversea/> [2.11.2023].
- Meysick L, Norkko A, Gagnon K, Gräfnings M, Boström C. 2020. Context-dependency of eelgrass-clam interactions: implications for coastal restoration. *Marine Ecology Progress Series* 647:93–108. <https://doi:10.3354/meps13408>.
- Moksnes PO, Röhr ME, Holmer M, Eklöf JS, Eriander L, Infantes E, Boström C. 2021. Major impacts and societal costs of seagrass loss on sediment carbon and nitrogen stocks. *Ecosphere* 12:e03658
- Momigliano P, Denys GP, Jokinen H, Merilä J. 2018. *Platichthys solemdali* sp. nov. (Actinopterygii, Pleuronectiformes): a new flounder species from the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science* 5:225.
- Momigliano P, Jokinen H, Calboli F, Aro E, Merilä J. 2019. Cryptic temporal changes in stock composition explain the decline of a flounder (*Platichthys* spp.) assemblage. *Evolutionary Applications* 12:549–559.
- Munsterhjelm R. 1997. The aquatic macrophyte vegetation of flads and gloes, S coast of Finland. *Acta Botanica Fennica* 157:1–68.
- Munsterhjelm R, Henricson C, Sandberg-Kilpi E. 2008. The decline of a charophyte – occurrence dynamics of *Chara tomentosa* L. at the southern coast of Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 84:56–80.
- Murray CJ, Müller-Karulis B, Carstensen J, Conley DJ, Gustafsson BG, Andersen JH. 2019. Past, present and future eutrophication status of the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science* 6:12.
- Mäntykoski A, Nylander E, Ahokas T, Olin S, Vähä-Vahe A, Närhi M-A. 2022. Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1: Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 17:2022. ELY-keskus.
- Naselli-Flores L, Padisák J. 2003. Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton. *Hydrobiologia* 850:2691–2706.
- Nieminen E, Ahtiainen H, Lagerkvist CJ, Oinonen S. 2019. The economic benefits of achieving Good Environmental Status in the Finnish marine waters of the Baltic Sea. *Marine Policy* 99: 181–189.
- Nordström MC, Bonsdorff E. 2017. Organic enrichment simplifies marine benthic food web structure. *Limnology and Oceanography* 62:2179–2188.
- Norkko J, Reed DC, Timmermann K, Norkko A, Gustafsson BG, Bonsdorff E, Slomp CP, Carstensen J, Conley DJ. 2012. A welcome can of worms? Hypoxia mitigation by an invasive species. *Global Change Biology* 18:422–434.
- O’Hara CC, Frazier M, Halpern BS. 2021. At-risk marine biodiversity faces extensive, expanding, and intensifying human impacts. *Science* 372:84–87.
- Ojaveer H, Kotta J, Outinen O, Einberg H, Zaiko A, Lehtiniemi M. 2021. Meta-analysis on the ecological impacts of widely spread non-indigenous species in the Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, 786:147375.
- Olli K, Nyman E, Tamminen T. 2022. Half-century trends in alpha and beta diversity of phytoplankton summer communities in the Helsinki Archipelago, the Baltic Sea. *Journal of Plankton Research* 45:146–162.
- Olsson J, Jakubavičiūtė E, Kaljuste O, Larsson N, Bergström U, Cassini M, Cardinale M, Hjelm J, Byström P. 2019. The first large-scale assessment of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) biomass and spatial distribution in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 76:1653–1665.



- Olsson J, Andersson ML, Bergström U, Arlinghaus R, Audzijonyte A, Berg S, Briekmane L, Dainys J, Ravn HD, Droll J, Dziemian Ł, Fey DP, Van Gemert R, Greszkiewicz M, Grochowski A, Jakubavičiūtė E, Lozys L, Lejk AM, Mustamäki N, Naddafi R, Olin M, Saks L, Skov C, Smoliński S, Svirgsden R, Tiainen J, Östman Ö. 2023. A pan-Baltic assessment of temporal trends in coastal pike populations. *Fisheries Research* 260:106594.
- Paasche Ø, Bonsdorff E. 2018. The wicked ocean. *Ambio* 47:265–268.
- Packalén A, Korpinen S, Lehtonen KK. 2008. The invasive amphipod species *Gammarus tigrinus* (Sexton, 1939) can rapidly change littoral communities in the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Aquatic Invasions* 3:405–412.
- Pappila M, Puharinen S-T. 2022 Meriluonnon suojelun sääntely – merellisen luonnon suojelun, merenhoidon ja vesienhoidon yhteensovittaminen EU- ja Suomen oikeudessa. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:8. Ympäristöministeriö.
- Paulomäki H, Boström C, Häyrynen S, Jokimäki J, Kallio KP, Kulmala L, Laine I, Oksanen E, Silfverberg O, Sinkkonen A, Sääksjärvi I, Kotiaho JS. 2023a. Haitalliset vieraslajit ja niiden torjuminen Suomessa – Hallitustenvälisen luontopaneelin (IPBES) raportin mukautus Suomen olosuhteisiin. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2/2023.
- Paulomäki H, Aulake M, Herzon I, Jokimäki J, Kallio KP, Laine I, Nieminen TM, Oksanen E, Pappila M, Silfverberg O, Sinkkonen A, Sääksjärvi I, Kotiaho JS. 2023b Luonnon monet arvot ja niiden määrittäminen – Hallitustenvälisen luontopaneelin (IPBES) raportin mukautus Suomen kansallisiin olosuhteisiin. Suomen Luontopaneelin julkaisuja 1/2023.
- Peltonen H, Weigel B. 2022. Responses of coastal fishery resources to rapid environmental changes. *Journal Of Fish Biology* 101:686–698.
- Pereira HM, Ferrer S, Walters M, Geller GN, Jongman RHG, Scholes RJ, Bruford MW, Brummitt N, Butchart SHM, Cardoso AC, Coops NC, Dulloo E, Faith DP, Freyhof J, Gregory RD, Heip C, Höft R, Hurtt G, Jetz W, Karp DS, McGeoch MA, Obura D, Onoda Y, Pettorelli N, Reyers B, Sayre R, Scharlemann JPW, Stuart SN, Turak E, Walpole M, Wegmann M. 2013. Essential Biodiversity Variables. *Science* 339:277–78.
- Perus J, Bonsdorff E. 2004. Long-term changes in macrozoobenthos in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 52:45–56.
- Pihlainen S, Pohjola J, Piironen T, Pekkonen M, Kostamo K, Kautto P. 2023. Ympäristölle haitalliset tuet Suomessa: Katsaus ilmastolle ja luonnon monimuotoisuudelle haitallisiin tukiin. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2023. Suomen ympäristökeskus.
- Pitkänen H, Peuraniemi M, Westerborn M, Kilpi M, von Numers M. 2013. Long-term changes in distribution and frequency of aquatic vascular plants and charophytes in an estuary in the Baltic Sea. *Annales Botanici Fennici* 50:1–54.
- Polis GA, Anderson WB, Holt RD. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:289–316.
- Puharinen S-T, Hakkarainen M, Belinskij A. 2021. Suomen merenhoidolainsäädännön toimivuustarkastelu – Merenhoidon tavoitteet ja niistä poikkeaminen. Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:14. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-241-9>.
- Pörtner HO, Scholes RJ, Agard J, Archer E, Arneth A, Bai X, Barnes D, Burrows M, Chan L, Cheung WL, Diamond S, Donatti C, Duarte C, Eisenhauer N, Foden W, Gasalla MA, Handa C, Hickler T, Hoegh-Guldberg O, Ichii K, Jacob U, Inzarov G, Kiessling W, Leadley P, Leemans R, Levin L, Lim M, Maharaj S, Managi S, Marquet PA, McElwee P, Midgley G, Oberdorff T, Obura D, Osman E, Pandit R, Pascual U, Pires APF, Popp A, Reyes-García V, Sankaran M, Settele J, Shin YJ, Sintayehu DW, Smith P, Steiner N, Strassburg B, Sukumar R, Trisos C, Val AL, Wu J, Aldrian E, Parmesan C, Pichs-Madruga R, Roberts DC, Rogers AD, Díaz S, Fischer M, Hashimoto S, Lavorel S, Wu N, Ngo HT. 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. IPBES and IPCC.



- Rajasilta M, Mankki J, Ranta-Aho K, Vuorinen I. 1999. Littoral fish communities in the Archipelago Sea, SW Finland: a preliminary study of changes over 20 years. *Hydrobiologia* 393:253–260.
- Rajasilta M, Mäkinen K, Ruuskanen S, Hänninen J, Laine P. 2021. Long-term data reveal the associations of the egg quality with abiotic factors and female traits in the Baltic herring under variable environmental conditions. *Frontiers in Marine Science* 8:698480.
- Rajasilta M, Elfving M, Hänninen J, Laine P, Vuorinen I, Paranko J. 2016. Morphological abnormalities in gonads of the Baltic herring (*Clupea harengus membras*): Description of types and prevalence in the northern Baltic Sea. *Ambio* 45:205–214.
- Rajasilta M, Hänninen J, Laaksonen L, Laine P, Suomela J-P, Vuorinen I, Mäkinen K. 2019. Influence of environmental conditions, population density, and prey type on the lipid content in Baltic herring (*Clupea harengus membras*) from the northern Baltic Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 76:576–585.
- Rantajärvi E, Pitkänen H, Korpinen S, Nurmi M, Ekeboom J, Liljanieni P, Cederberg T, Suomela J, Paavilainen P, Lahtinen T (toim.). 2020. Seurantakäsikirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaan vuosille 2020–2026. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2020. Suomen ympäristökeskus.
- Ray GC. 1991. Coastal-zone biodiversity patterns. *BioScience* 41:490–498.
- Reckermann M, Omstedt A, Soomere T, Aigars J, Akhtar N, Beldowska M, Beldowski J, Cronin T, Czub M, Eero M, Hyytiäinen KP, Jalkanen J-P, Kiessling A, Kjellström E, Kulinski K, Guo Larsén X, McCrackin M, Meier HEM, Oberbeckmann S, Parnell K, Pons-Seres de Brauwier C, Poska A, Saarinen J, Szymczycha B, Undeman E, Wörman A, Zorita E. 2022. Human impacts and their interactions in the Baltic Sea region. *Earth System Dynamics* 13:1–80.
- Remane A. 1934. Die Brackwasserfauna. *Zoologischer Anzeiger* 7(Suppl):34–74.
- Reusch TBH, Ehlers A, Hämmerli A, Worm B. 2005. Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102:2826–2831.
- Reusch TBH, Dierking J, Andersson HC, Bonsdorff E, Carstensen J, Casini M, Czajkowski M, Hasler B, Hinsby K, Hyytiäinen K, Johannesson K, Jomaa S, Jormalainen V, Kuosa H, Kurland S, Laikre L, MacKenzie BR, Margonski P, Melzner F, Oesterwind D, Ojaveer H, Refsgaard JC, Sandström A, Schwarz G, Tonderski K, Winder M, Zandersen M. 2018. The Baltic Sea as a time machine for the future coastal ocean. *Science Advances* 4:eaar8195.
- Reuss N, Conley D, Bianchi T. 2005. Preservation conditions and the use of sediment pigments as a tool for recent ecological reconstruction in four Northern European estuaries. *Marine Chemistry* 95:283–302.
- Rinne H, Salovius-Laurén S. 2020. The status of brown macroalgae *Fucus* spp. and its relation to environmental variation in the Finnish marine area, northern Baltic Sea. *Ambio* 49:118–129.
- Rinne H, Kostamo K. 2022. Distribution and species composition of red algal communities in the northern Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 269:107806.
- Rinne H, Salovius-Laurén S, Mattila J. 2011. The occurrence and depth penetration of macroalgae along environmental gradients in the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 94:182–191.
- Rinne H, Björklund C, Hämäläinen J, Häggblom M, Salovius-Laurén S. 2019. Mapping Marine Natura 2000 habitats in Åland Final report. *Forskningsrapporter från Husö biologiska station No 153*. Husö biologiska station, Åbo Akademi.
- Roth F, Broman E, Sun X, Bonaglia S, Nascimento F, Prytherch J, Brüchert V, Lundevall Zara M, Brunberg M, Geibel MC, Humborg C, Norkko A. 2023. Methane emissions offset atmospheric carbon dioxide uptake in coastal macroalgae, mixed vegetation and sediment ecosystems. *Nature Communications* 14:42.
- Ruosteenoja K, Jylhä K. 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. *Geophysica* 56:39–69.



- Ruuskanen A. 2017. Velvoitetarkkailujen vesikasvillisuustutkimuksia vuosina 1921–2014 – vesikasvillisuuden muutokset veden tilan muutosten kuvaajina Uudenmaan rannikkovesillä. Raportteja 34/2017. Uudenmaan ELY-keskus.
- Räinä P, Ylikörkkö J, Lindholm A, Puro-Tahvanainen A, Pasanen J, Karjalainen N. 2022a. Kemijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1. Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 31:2022. ELY-keskus.
- Räinä P, Ylikörkkö J, Lindholm A, Puro-Tahvanainen A, Pasanen J, Karjalainen N. 2022b. Tornionjoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1. Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 33:2022. ELY-keskus.
- Röhr M, Holmer M, Baum J, Björk M, Boyer K, Chin D, Chalifour L, Cimon S, Cusson M, Dahl M, Deyanova D, Duffy JE, Eklöf JS, Geyer JK, Griffin JN, Gullström M, Hereu CM, Hori M, Hovel KA, Hughes AR, Jorgensen P, Kiriakopolos S, Moksnes P-O, Nakaoka M, O'Connor MI, Peterson B, Reiss K, Reynolds PL, Rossi F, Ruesink J, Santos R, Stachowicz JJ, Tomas F, Lee K-S, Unsworth RKF, Boström C. 2018. Blue carbon storage capacity of temperate eelgrass (*Zostera marina*) meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 32:1457–1475.
- Rönnerberg C, Bonsdorff E. 2004. Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences. *Hydrobiologia* 514:227–241.
- Rönnerberg O, Mathiesen L. 1998. Long-term changes in the marine macroalgae of Lågskär, Åland Sea (N Baltic). *Nordic Journal of Botany* 18:379–384.
- Rönnerberg O, Lehto J, Haahtela I. 1985. Recent changes in the occurrence of *Fucus vesiculosus* in the Archipelago Sea, SW Finland. *Annales Botanici Fennici* 22:231–244.
- Roos C, Rönnerberg O, Berglund J, Alm A. 2004. Long-term changes in macroalgal communities along ferry routes in a northern Baltic archipelago. *Nordic Journal of Botany* 23:247–259.
- Sahla M, Tolvanen H, Ruuskanen A, Kurvinen L. 2020. Assessing long term change of *Fucus* spp. communities in the northern Baltic Sea using monitoring data and spatial modeling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 245:107023.
- Seegerstråle SG. 1933. Studien über die Bodentierwelt in süd-finländischen Küstengewässern. II. Übersicht über die Bodentierwelt, mit besonderer Berücksichtigung der Produktionverhältnisse. *Commentationes Biologicae Societatis Scientiarum Fennicae*. IV:1–79.
- Sitra. 2021. Suomalaisten luontosuhteet. Kyselytutkimus 9.12.2021. Sitra ja Kantar TNS.
- Snelgrove PVR, Thrush SF, Wall DH, Norkko A. 2014. Real world biodiversity–ecosystem functioning: a seafloor perspective. *Trends in Ecology & Evolution* 29:398–405.
- Snickars M, Rinne H, Salovius-Laurén S, Arponen H, O'Brien K. 2014. Disparity in the occurrence of *Fucus vesiculosus* in two adjacent areas of the Baltic Sea — current status and outlook for the future. *Boreal Environment Research* 19:441–451.
- Snoeijs P. 1999. Marine and brackish waters. Teoksessa: Rydin H, Snoeijs P, Diekmann M (toim.). *Swedish Plant Geography. Acta Phytogeographica Suecica* 84:187–212.
- SYKE. 2018a. Meren tilan indikaattorit: Kasviplanktonin a-klorofylli. Faktasivu. Suomen ympäristökeskus. <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Kasviplanktonin%20a-klorofylli%202018.pdf> [9.10.2023]
- SYKE. 2018b. Meren tilan indikaattorit: Pohjaeläimet. Faktasivu. Suomen ympäristökeskus. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Pohjael%C3%A4inyhteis%C3%B6t\\_2018.pdf](https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Pohjael%C3%A4inyhteis%C3%B6t_2018.pdf) [9.10.2023]
- SYKE. 2018c. Meren tilan indikaattorit: Merenpohjan laajojen elinympäristöjen tila. Faktasivu. Suomen ympäristökeskus.



[https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Laajat%20elinymp%C3%A4rist%C3%B6t\\_2018.pdf](https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Laajat%20elinymp%C3%A4rist%C3%B6t_2018.pdf)  
[9.10.2023]

SYKE. 2020a. Luontodirektiivin (92/43/ETY) artiklan 17 mukainen raportointi 2019; yhteenveto 2019 luontotyypiraportoinnista ja vertailu edelliseen 2013 raportointiin.

<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/LUD-tulokset-yhteenveto-luontotyypit-2013-2019.pdf> [12.10.2023]

SYKE. 2020b. Luontodirektiivin (92/43/ETY) artiklan 17 mukainen raportointi 2019; yhteenveto 2019 lajiraportoinnista ja vertailu edelliseen 2013 raportointiin.

<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Suomen%20yhteenveto%202019%20lajiraportoinnista%20ja%20vertailu%20edelliseen%202013%20raportointiin.xlsx> [12.10.2023]

SYKE. 2021. Luontotyyppien seurannan kehittäminen Suomessa (LUSEK). Internetsivu. Suomen ympäristökeskus. [https://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Luontotyyppien\\_seurannan\\_kehittaminen\\_Suomessa\\_LUSEK](https://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Luontotyyppien_seurannan_kehittaminen_Suomessa_LUSEK)

[10.10.2023].

SYKE. 2023a. Luonnontila-sivusto. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus. <https://luonnontila.fi/> [6.12.2023]

SYKE. 2023b. Meriluonnon monimuotoisuus. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/meriluonnon-monimuotoisuus#Suomenlahden%20saaristovy%C3%B6hyke%20on%20kapea%20ja%20monin%20paikoin%20mantereelta%20voi%20ihaila%20ulkomerta>

[10.10.2023]

SYKE. 2023c. Merenpohjan tila. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila/merenpohjan-tila>  
[10.10.2023]

SYKE. 2023d. Kalakannat. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila/kalakannat>  
[23.10.2023]

SYKE. 2024a. Suomen meriympäristön tila 2024. Kuulemisaineisto 5.1.2024. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/kommentoi-merenhoidon-tila-arviota>  
[17.1.2024]

SYKE. 2024b. VELMU karttapalvelu. Internetsivu. Suomen ympäristökeskus. <https://velmu.syke.fi/>

[26.1.2024]

Takolander A, Cabeza M, Leskinen E. 2017. Climate change can cause complex responses in Baltic Sea macroalgae: A systematic review. *Journal of Sea research* 123:16–29.

Thomsen MS. 2020. Indiscriminate data aggregation in ecological meta-analysis underestimates impacts of invasive species. *Nature Ecology & Evolution* 4:312–314.

Tomczak MT, Müller-Karulis B, Järv L, Kotta J, Martin G, Minde A, Pöllumäe A, Razinkovas A, Strake S, Bucas M, Blenckner T. 2009. Analysis of trophic networks and carbon flows in South Eastern Baltic coastal ecosystems. *Progress in Oceanography* 81:111–131.

Torn K, Krause-Jensen D, Martin G. 2006. Present and past depth distribution of bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) in the Baltic Sea. *Aquatic Botany* 84:53–62.

Vahtera E, Conley DJ, Gustafsson BG, Kuosa H, Pitkänen H, Savchuk OP, Tamminen T, Viitasalo M, Voss M, Wasmund N, Wulff F. 2007. Internal ecosystem feedbacks enhance nitrogen-fixing cyanobacteria blooms and complicate management in the Baltic Sea. *Ambio* 36:186–194.

Vahteri P, Vuorinen I. 2016. Continued decline of the bladderwrack, *Fucus vesiculosus*, in the Archipelago Sea, northern Baltic proper. *Boreal Environment Research* 21:373–386.



- Valtioneuvosto. 2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 2019. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:31. Valtioneuvoston kanslia.
- Valtioneuvosto. 2022. Ministeriöiden tulevaisuuskatsaus 2022: Yhteiskunnan tila ja päätöksiä vaativat kysymykset. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:58. Valtioneuvoston kanslia.
- Valtioneuvosto. 2023. Vahva ja välittävä Suomi. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58. Valtioneuvoston kanslia.
- Valtiovarainministeriö. 2024. Valtion talousarvio vuodelle 2024.  
<https://budjetti.vm.fi/indox/download.jsp?lang=fi&file=/2024/aky/numerotaulu.pdf> [31.1.2024]
- Veneranta L, Hudd R, Vanhatalo J. 2013. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Marine Ecology Progress Series* 477:231–250.
- Veneranta L, Kallio-Nyberg I, Saloniemi I, Jokikokko E, Nash AER. 2021. Changes in age and maturity of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus*) in the northern Baltic Sea from 1998 to 2014. *Aquatic Living Resources* 34:9.
- Vihavainen P, Saari P, Länsisalo E, Tkachenko E, Jaatinen K, Väisänen A, Lantta E-M, Lehtoranta I, Irrmann L, Huhtanen S, Semkin N, Peltoniemi M, Bonn T, Nurminen-Piirainen M, Pihlajasaari M. Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4. Valtioneuvoston kanslia.
- Viitasalo M, Bonsdorff E. 2022. Global climate change and the Baltic Sea ecosystem: direct and indirect effects on species, communities and ecosystem functioning. *Earth System Dynamics* 13:711–747.
- Viitasalo M, Kostamo K, Hallanaro E-L, Viljanmaa W, Kiviluoto S, Ekebom J, Blankett P (toim.). 2017. *Meren Aarteet*. Gaudeamus. Helsinki.
- Viitasalo M, Kostamo K, Hallanaro E-L, Viljanmaa W, Kiviluoto S, Salovius-Laurén S, Ekebom J, Blankett P (toim.). 2021. *Havets skattkammare*. Gaudeamus. Helsinki.
- Villnäs A, Perus J, Bonsdorff E. 2011. Structural and functional shifts in zoobenthos induced by organic enrichment - Implications for community recovery potential. *Journal of Sea Research* 65:8–18.
- Virtanen EA, Moilanen A. 2023. High focus on threatened species and habitats may undermine biodiversity conservation. *Diversity and Distributions* 29:979–985.
- Virtanen EA, Moilanen A, Viitasalo M. 2020. Marine connectivity in spatial conservation planning: analogues from the terrestrial realm. *Landscape Ecology* 35:1021–1034.
- Virtanen EA, Viitasalo M, Lappalainen J, Moilanen A. 2018. Evaluation, gap analysis, and potential expansion of the Finnish marine protected area network. *Frontiers in Marine Science* 5:402.
- Virtanen EA, Kallio N, Nurmi M, Jernberg S, Saikkonen L, Forsblom L. 2023. Recreational land use contributes to the loss of marine biodiversity. *People and Nature* 3:10444.
- Virtanen E, Forsblom L, Haavisto F, Keskinen E, Kiviluoto S, Kuismanen L, Laine A, Salovius-Lauren S, Viitasalo M. 2022a. Itämeri. Teoksessa: Kuusela S, Annala M, Kontula T, Leikola N, Määttänen A-M, Virkkala R, Virtanen E. (toim.). Kohti kattavaa suojelualueverkostoa. Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen painopisteet Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2022. Suomen ympäristökeskus. s. 267–300.
- Virtanen EA, Lappalainen J, Nurmi M, Viitasalo M, Tikanmäki M, Heinonen J, Atlaskin E, Kallasvuori M, Tikkanen H, Moilanen A. 2022b. Balancing profitability of energy production, societal impacts and biodiversity in offshore wind farm design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 158:112087.
- von Numers M, Korvenpää T. 2007. 20th Century vegetation changes in an island archipelago, SW Finland. *Ecography* 30:789–800.



- Vuorinen I, Hänninen J, Rajasilta M, Laine P, Eklund J, Montesino-Pouzols F, Corona F, Junker K, Meier HEM, Dippner JW. 2015. Scenario simulations of future salinity and ecological consequences in the Baltic Sea and adjacent North Sea areas—implications for environmental monitoring. *Ecological Indicators* 50:196–205.
- Weckström K. 2006. Assessing recent eutrophication in coastal waters of the Gulf of Finland (Baltic Sea) using subfossil diatoms. *Journal of Paleolimnology* 35:571–592.
- Weckström K, Korhola A, Weckström J. 2007. Impacts of eutrophication on diatom life forms and species richness in coastal waters of the Baltic Sea. *Ambio* 36:155–160.
- Weckström K, Rinne H, Häggblom M, Salovius-Laurén S. 2024. Marine inventories to support ecosystem-based management and the expansion of the MPA network in the Åland Islands – Final report of the ÅlandSeaMap project (2019–2023). *Forskningsrapporter från Husö Biologiska Station*. In press. Husö biologiska station, Åbo Akademi.
- Weigel B, Mäkinen J, Kallasvuo M, Vanhatalo J. 2021. Exposing changing phenology of fish larvae by modeling climate effects on temporal early life-stage shifts. *Marine Ecology Progress Series* 666:135–148.
- Weigel B, Andersson HC, Meier HEM, Blenckner T, Snickars M, Bonsdorff E. 2015. Long-term progression and drivers of coastal zoobenthos in a changing system. *Marine Ecology Progress Series* 528:141–159.
- Westberg V, Bonde A, Koivisto A-M, Mäkinen M, Puro H, Siiro P, Teppo A. 2022. Kokemäenjoen – Saaristomeren – Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 Osa 1: Vesienhoitoaluekohtaiset tiedot. Raportteja 15:2022. ELY-keskus.
- Westerbom M, Jattu S. 2006. Effects of wave exposure on the sublittoral distribution of blue mussels (*Mytilus edulis*) in a heterogeneous archipelago. *Marine Ecology Progress Series* 306:191–200.
- Westerbom M, Mustonen O, Jaatinen K, Kilpi M, Norkko A. 2019. Population dynamics at the range margin: implications of climate change on sublittoral blue mussels (*Mytilus trossulus*). *Frontiers in Marine Science* 6:292.
- WEF. 2024. The Global Risk Report. World Economic Forum.  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf).
- Wikström S, Kautsky L. 2007. Structure and diversity of invertebrate communities in the presence and absence of canopyforming *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72:168–176.
- YK. 1992. Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro 1992.
- Yletyinen J, Bodin Ö, Weigel B, Nordström MC, Bonsdorff E, Blenckner T. 2016. Regime shifts in marine communities: a complex systems perspective on food web dynamics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283:20152569.
- Ympäristöministeriö. 2020. Merialuesuunnitelma 2030. Internetsivu. Ympäristöministeriö.  
<https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/> [31.1.2024].
- Ympäristöministeriö. 2022a. Luontosuhdebarometri 2022. Kysely suomalaisten luontosuhteesta. Yhteenveto. Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö. 2022b. Kansallinen luonnon monimuotoisuusstrategia 2035. Luonnos 14.12.2022. Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö. 2023a. Suomen rannikkostrategia. Luonnos 6.7.2023. Ympäristöministeriö.
- Ympäristöministeriö. 2023b. HELCOMin Itämeren suojelun toimintaohjelman (BSAP) kansallinen toimeenpanosuunnitelma. Lausuntoversio 2023. Ympäristöministeriö.  
<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=2464e98a-9510-4cc8-bc0d-624e185d9aff&attachmentId=20046> [30.1.2024].





## LIITTEET

### Liite 1. Systemaattisen kirjallisuushaun menetelmäselostus

Menetelmäselostusdokumentti on kirjallisuushaun suorituskielellä englanniksi.

This document presents the primary data search for the literature assessment of the Finnish Nature Panel's report 'Vedenalaisen luonnon köyhtyminen Suomen rannikkoalueilla' ('Marine Biodiversity Loss in Coastal Areas of Finland'). The approach used for the literature search and the retrieved bibliographic results from the conducted search are presented.

## SISÄLLYSLUETTELO

1 Literature search and screening of search records and data.....	145
2 Literature search strategy and set-up .....	145
2.1 Level 1 .....	146
2.2 Level 2 .....	148
2.3 Level 3 .....	151
3 Literature search results .....	159

### 1 Literature search and screening of search records and data

The primary data search for literature assessment is conducted as a systematic literature search of published scientific literature. Founded on the primary study question of the report, first a search strategy and structural set-up for the literature search were developed. Then, the study question was partitioned into its main elements, followed by a listing of relevant search words. Thereafter, search queries and sub-queries with complete search strings were constructed and consecutive runs of the search queries were made in **Web of Science** (All Databases including Web of Science Core Collection, BIOSIS Citation Index, Current Contents Connect, Data Citation Index, Derwent Innovations Index, MEDLINE®, SciELO Citation Index, and Zoological Record) and **Scopus** databases according to search strategy and set-up.

The search strategy, structural set-up, search words and queries are presented in (chapter [2](#)) and the bibliographic literature search results are presented in chapter [4](#)).

The primarily study question for the literature search is: How is marine nature/biodiversity loss manifested in shallow coastal habitats (in Finland)?

### 2 Literature search strategy and set-up

The literature search strategy was developed so that a query structure of three basic levels was constructed. The different levels correspond to the amount of inclusive detail used in identifying search words and building search strings for sub-queries, aiming for increased relevant coverage with each sub-sequent query level, with best coverage and potential for highest number of found literature records from the full query search at level 3.



## 2.1 Level 1

Level 1 dissects the study question into three main elements to be answered/targeted by the literature search: Area and Environment, Research subject, and Phenomenon. The query at level 1 can be seen as the core apex of the search, whereas the subsequent levels aim at widening the search in a purposeful way to cover more potentially relevant papers.

The level 1 query is composed of three sub-queries corresponding to the three main elements of the search as Q 1.1 – Area and Environment, Q 1.2 – Research subject, and Q 1.3 – Phenomenon. The Web of Science search string of level 1 query is thus:

**Query 1: (TS=(Q 1.1 AND Q 1.2 AND Q 1.3))**

where *TS* stands for search field code “*Topic*”, searching for topic terms in the Title, Abstract, and keywords fields within a record.

The Scopus search string of level 1 query is:

**Query 1: TITLE-ABS-KEY(Q 1.1 AND Q 1.2 AND Q 1.3)**

where *TITLE-ABS-KEY* stands for search field code “*Doc Title, Abstract, Keyword*”, searching for topic terms in the Title, Abstract, and keywords fields within a record.

### Q 1.1 – Area and Environment

Sub-query Q 1.1 aims to cover and target the area and environment of the literature records matching with the study question, “*marine, shallow coastal areas in Finland*”. The area and environment consist of the following terms defined:

Area:

- Finland [*Finland OR Finnish OR Åland\* OR Aland\**]  
**AND**
- marine areas [*marine OR sea OR brackish*]  
**OR**
- Finnish sea areas [*“Bothnian Bay” OR “Bay of Bothnia” OR “Gulf of Bothnia” OR Quark OR Kvarken OR “Bothnian Sea” OR “Archipelago Sea” OR “Gulf of Finland”*] Address [*Finland*]
- Baltic Sea [*“Baltic Sea”*] Address [*Finland*]

Environment:

- shallow coastal areas [*shallow OR littoral OR infralittoral OR \*shore\* OR flad\* OR glo\* OR lagune\* OR coast\* OR photic OR euphotic OR “sunlight zone\*” OR “light zone\*” OR bay\* OR estuar\**]

The Web of Science search string of level 1 sub-query Q 1.1 is thus:

**Q 1.1: ((TS=(Finland OR Finnish OR Åland\* OR Aland\*) AND TS=(marine OR sea OR brackish)) OR (TS=(“Baltic Sea” OR “Bothnian Bay” OR “Bay of Bothnia” OR “Gulf of Bothnia” OR Quark OR Kvarken OR “Bothnian Sea” OR “Archipelago Sea” OR “Gulf of Finland”) AND AD=(Finland))) AND TS=(shallow OR littoral OR infralittoral OR \*shore\* OR flad\* OR glo\* OR lagune\* OR coast\* OR photic OR euphotic OR “sunlight zone\*” OR “light zone\*” OR bay\* OR estuar\*))**

The Scopus search string of level 1 sub-query Q 1.1 is thus:

**Q 1.1: ( ( TITLE-ABS-KEY ( finland OR finnish OR åland\* OR aland\* ) AND TITLE-ABS-KEY ( marine OR sea OR brackish ) ) OR ( TITLE-ABS-KEY ( “Baltic Sea” OR “Bothnian Bay” OR “Bay of Bothnia” OR “Gulf of Bothnia” OR quark OR kvarken OR “Bothnian Sea” OR**



*"Archipelago Sea" OR "Gulf of Finland" ) AND AFFILCOUNTRY ( finland ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( shallow OR littoral OR infralittoral OR \*shore\* OR flad\* OR glo\* OR lagune\* OR coast\* OR photic OR euphotic OR "sunlight zone\*" OR "light zone\*" OR bay\* OR estuar\* ) )*

#### Q 1.2 – Research subject

Sub-query Q 1.2 aims to cover and target the research subject of the literature records matching with the study question, *"nature/biodiversity"*. This is here composed of different common components of nature as including the different main aspects of biodiversity, namely genetic diversity, species diversity, phylogenetic diversity, habitat and ecosystem level diversity, and functional diversity. The research subject consists of the following terms defined:

Research subject:

- components of nature [*nature OR ecolog\* OR biolog\* OR gene\* OR geno\* OR allel\* OR phenotyp\* OR phylogenetic\* OR taxon\* OR \*species OR population\* OR ecotype\* OR stock\* OR assemblage\* OR communit\* OR "food web" OR foodweb OR food-web OR trophic OR biotope\* OR habitat\* OR biome\* OR ecosystem\* OR trait\* OR "functional group\*" OR "functional role\*"*]
- OR
- biodiversity [*biodiversit\* OR \*diversit\* OR \*richness\* OR \*evenness\* OR \*distinctness\* OR \*similarit\* OR \*disparit\* OR \*divergence\* OR heterogeneit\* OR FGR OR FAD OR BEF OR biodiversity-ecosystem OR diversity-ecosystem OR endanger\* OR extinct\* OR "diversity ind\*" OR "Simpson index" OR Shannon-Wiener OR Margalef\**]

The Web of Science search string of level 1 sub-query Q 1.2 is thus:

Q 1.2: *TS=(nature OR ecolog\* OR biolog\* OR gene\* OR geno\* OR allel\* OR phenotyp\* OR phylogenetic\* OR taxon\* OR \*species OR population\* OR ecotype\* OR stock\* OR assemblage\* OR communit\* OR "food web" OR foodweb OR food-web OR trophic OR biotope\* OR habitat\* OR biome\* OR ecosystem\* OR trait\* OR "functional group\*" OR "functional role\*" OR biodiversit\* OR \*diversit\* OR \*richness\* OR \*evenness\* OR \*distinctness\* OR \*similarit\* OR \*disparit\* OR \*divergence\* OR heterogeneit\* OR FGR OR FAD OR BEF OR biodiversity-ecosystem OR diversity-ecosystem OR endanger\* OR extinct\* OR "diversity ind\*" OR "Simpson index" OR Shannon-Wiener OR Margalef\*)*

The Scopus search string of level 1 sub-query Q 1.2 is thus:

Q 1.2: *TITLE-ABS-KEY(nature OR ecolog\* OR biolog\* OR gene\* OR geno\* OR allel\* OR phenotyp\* OR phylogenetic\* OR taxon\* OR \*species OR population\* OR ecotype\* OR stock\* OR assemblage\* OR communit\* OR "food web" OR foodweb OR food-web OR trophic OR biotope\* OR habitat\* OR biome\* OR ecosystem\* OR trait\* OR "functional group\*" OR "functional role\*" OR biodiversit\* OR \*diversit\* OR \*richness\* OR \*evenness\* OR \*distinctness\* OR \*similarit\* OR \*disparit\* OR \*divergence\* OR heterogeneit\* OR FGR OR FAD OR BEF OR biodiversity-ecosystem OR diversity-ecosystem OR endanger\* OR extinct\* OR "diversity ind\*" OR "Simpson index" OR Shannon-Wiener OR Margalef\*)*

#### Q 1.3 – Phenomenon

Sub-query Q 1.3 aims to cover and target the phenomenon assessed in the literature records matching with the study question, *"(nature) loss"*. The phenomenon consists of the following terms defined:



Phenomenon:

- loss/degradation/change [*loss\* OR collaps\* OR crash\* OR degrad\* OR declin\* OR decreas\* OR reduc\* OR weakening\* OR diminishing\* OR worsening\* OR diverg\* OR develop\* OR shift\* OR alteration\* OR temporal OR long-term OR "difference between timepoints" OR "difference between periods" OR trend\* OR "past decade\*" OR "over time" OR "pattern\* in time" OR "over year\*" OR "across year\*" OR "over decade\*" OR chang\* OR variabilit\* OR variation\* OR homogeni\* OR "more homogeneous" OR "increasingly homogeneous" OR status\* OR state\**]

The Web of Science search string of level 1 sub-query Q 1.3 is thus:

*Q 1.3: TS=(loss\* OR collaps\* OR crash\* OR degrad\* OR declin\* OR decreas\* OR reduc\* OR weakening\* OR diminishing\* OR worsening\* OR diverg\* OR develop\* OR shift\* OR alteration\* OR temporal OR long-term OR "difference between timepoints" OR "difference between periods" OR trend\* OR "past decade\*" OR "over time" OR "pattern\* in time" OR "over year\*" OR "across year\*" OR "over decade\*" OR chang\* OR variabilit\* OR variation\* OR homogeni\* OR "more homogeneous" OR "increasingly homogeneous" OR status\* OR state\*)*

The Scopus search string of level 1 sub-query Q 1.3 is thus:

*Q 1.3: TITLE-ABS-KEY(loss\* OR collaps\* OR crash\* OR degrad\* OR declin\* OR decreas\* OR reduc\* OR weakening\* OR diminishing\* OR worsening\* OR diverg\* OR develop\* OR shift\* OR alteration\* OR temporal OR long-term OR "difference between timepoints" OR "difference between periods" OR trend\* OR "past decade\*" OR "over time" OR "pattern\* in time" OR "over year\*" OR "across year\*" OR "over decade\*" OR chang\* OR variabilit\* OR variation\* OR homogeni\* OR "more homogeneous" OR "increasingly homogeneous" OR status\* OR state\*)*

## 2.2 Level 2

Level 2 aims at widening the search in a purposeful way to cover more potentially relevant papers. The level 2 Query builds upon Query 1 from the previous level 1, by widening the concept of the research subject "nature", for which "biodiversity" was used as the quality element in focus, through adding level 2 sub-queries to the Q 1.2 sub-query term of Query 1. As biodiversity is defined as "the variability among living organisms from all sources including terrestrial, marine, and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are a part. This includes variation in genetic, phenotypic, phylogenetic, and functional attributes, as well as changes in abundance and distribution over time and space within and among species, biological communities and ecosystems" (IPBES 2019), the searched concept of biodiversity was elaborated to encompass more aspects of biodiversity than what just the core terminology of biodiversity and its sub-categorizations can as such manage to do.

The level 2 Query is composed of two sub-queries all aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. These sub-queries are Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity and Q 2.2 – Main organism groups/communities/assemblages. The Web of Science search string of level 2 Query is thus:

*Query 2: TS=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2) AND Q 1.3)*

The Scopus search string of level 2 Query is:

*Query 2: TITLE-ABS-KEY(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2) AND Q 1.3)*

### Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity

Sub-query Q 2.1 aims to cover and target additional aspects of biodiversity. These consist of the following terms defined:



Additional aspects of biodiversity:

- biological entities/measurements/functions [*phenology\* OR abundance\* OR biomass\* OR densit\* OR distribution\* OR frequenc\* OR occurrence\* OR composition\* OR turnover\* OR "biotic integrit\*" OR "biotic intactness\*" OR "biotic resilience\*" OR "functional integrit\*" OR "functional intactness\*" OR "functional resilience" OR "primary producti\*" OR "secondary producti\*" OR "carbon sequestration" OR "nutrient recycling" OR decomposition*]
- population characteristics and life histories [*lifelifehistor\* OR life-histor\* OR "life history\*" OR longevit\* OR "age distribution\*" OR "age composition\*" OR "age structure\*" OR "mean age\*" OR "average age\*" OR "size distribution\*" OR "size composition\*" OR "size structure\*" OR "mean size\*" OR "average size\*" OR "length distribution\*" OR "length composition\*" OR "length structure\*" OR "mean length\*" OR "average length\*" OR "length at age" OR length-at-age OR bodymass OR body-mass OR "body mass" OR "mean weight" OR "average weight" OR "weight at age" OR weight-at-age OR weight-at-length OR "weight at length" OR "body condition" OR "Fulton\* condition" OR "Fulton index" OR maturity OR growth OR reproduct\* OR spawning*]

The Web of Science search string of level 2 sub-query Q 2.1 is thus:

*Q 2.1: TS=(phenology\* OR abundance\* OR biomass\* OR densit\* OR distribution\* OR frequenc\* OR occurrence\* OR composition\* OR turnover\* OR "biotic integrit\*" OR "biotic intactness\*" OR "biotic resilience\*" OR "functional integrit\*" OR "functional intactness\*" OR "functional resilience" OR "primary producti\*" OR "secondary producti\*" OR "carbon sequestration" OR "nutrient recycling" OR decomposition OR lifehistor\* OR life-histor\* OR "life history\*" OR longevit\* OR "age distribution\*" OR "age composition\*" OR "age structure\*" OR "mean age\*" OR "average age\*" OR "size distribution\*" OR "size composition\*" OR "size structure\*" OR "mean size\*" OR "average size\*" OR "length distribution\*" OR "length composition\*" OR "length structure\*" OR "mean length\*" OR "average length\*" OR "length at age" OR length-at-age OR bodymass OR body-mass OR "body mass" OR "mean weight" OR "average weight" OR "weight at age" OR weight-at-age OR weight-at-length OR "weight at length" OR "body condition" OR "Fulton\* condition" OR "Fulton index" OR maturity OR growth OR reproduct\* OR spawning)*

The Scopus search string of level 2 sub-query Q 2.1 is thus:

*Q 2.1: TITLE-ABS-KEY(phenology\* OR abundance\* OR biomass\* OR densit\* OR distribution\* OR occurrence\* OR composition\* OR turnover\* OR "biotic integrit\*" OR "biotic intactness\*" OR "biotic resilience\*" OR "functional integrit\*" OR "functional intactness\*" OR "functional resilience" OR "primary producti\*" OR "secondary producti\*" OR "carbon sequestration" OR "nutrient recycling" OR decomposition OR lifehistor\* OR life-histor\* OR "life history\*" OR longevit\* OR "age distribution\*" OR "age composition\*" OR "age structure\*" OR "mean age\*" OR "average age\*" OR "size distribution\*" OR "size composition\*" OR "size structure\*" OR "mean size\*" OR "average size\*" OR "length distribution\*" OR "length composition\*" OR "length structure\*" OR "mean length\*" OR "average length\*" OR "length at age" OR length-at-age OR bodymass OR body-mass OR "body mass" OR "mean weight" OR "average weight" OR "weight at age" OR weight-at-age OR weight-at-length OR "weight at length" OR "body condition" OR "Fulton\* condition" OR "Fulton index" OR maturity OR growth OR reproduct\* OR spawning)*

#### Q 2.2 – Main organism groups/communities/assemblages

Sub-query Q 2.2 aims to cover and target main organism groups, communities, and assemblages as aspects of biodiversity. Main organism groups/communities/assemblages consist of the following terms defined:

VEDENALAISEN LUONNON KÖYHTYMINEN SUOMEN RANNIKKOALUEILLA



Main organism groups/communities/assemblages:

- bacteria [*bacteria OR microbe\* OR picoplankt\* OR Spirulina OR Rivularia OR Calothrix*]  
OR
- aquatic vegetation, including water mosses [*"aquatic vegetation\*" OR "aquatic flora" OR macrophyte\* OR "aquatic plant\*" OR "water plant\*" OR "sea grass\*" OR seagrass\* OR "reed belt\*" OR "water moss\*" OR "underwater meadow\*"*]  
OR
- macroalgae, including charophytes [*macroalgae OR "sea weed\*" OR seaweed\* OR charophyte\* OR "brown algae" OR Phaeophyt\* OR "red algae" OR Rhodophyt\* OR "green algae" OR Chlorophyt\* OR "filamentous algae"*]  
OR
- phytoplankton [*phytoplankton OR microalgae OR "autotroph\* \*plankt\*" OR "mixotroph\* \*plankt\*" OR "photosynthe\* \*plankt\*" OR "autotroph\* microorganism\*" OR "mixotroph\* microorganism\*" OR "photosynthe\* microorganism\*" OR cyanobacteria OR diatom\* OR Chrysophyt\* OR Cyanophyt\* OR Cryptophyt\* OR Dinophyt\* OR Haptophyt\* OR Euglenophyt\* OR Chlorophyt\* OR Zoomastigophor\* OR "Incertae cedis" OR Bacillariophyt\*]*  
OR
- zooplankton [*\*zooplankton OR "heterotroph\* \*plankt\*" OR "heterotroph\* microorganism\*" OR "planktonic crustacean\*" OR Radiolaria\* OR Foraminifera\* OR Amoeba OR Ciliate\* OR Dinoflagellate\*]*  
OR
- benthic invertebrates [*"benthic invertebrate\*" OR "benthic animal\*" OR "benthic fauna\*" OR \*benth\* OR infauna\* OR "benthic macrofauna\*" OR "benthic meiofauna\*" OR "burrow\* animal\*" OR "burrow\* fauna\*" OR "burrow\* macrofauna\*" OR "burrow\* meiofauna\*" OR "burrow\* invertebrate\*"*]  
OR
- epibenthic, epiphytic and epizoic fauna [*epibenthos OR "epibenthic fauna" OR "epibenthic animal\*" OR epifauna OR epiphytes OR "epiphytic fauna" OR "epiphytic animal\*" OR epiphyte\* OR epizoic OR "associated fauna" OR "associated invertebrate fauna"*]  
OR
- periphyton [*periphyt\**]  
OR
- fish [*fish\**]

The Web of Science search string of level 2 sub-query Q 2.2 is thus:

Q 2.2: *TS=(bacteria OR microbe\* OR picoplankt\* OR Spirulina OR Rivularia OR Calothrix OR "aquatic vegetation\*" OR "aquatic flora" OR macrophyte\* OR "aquatic plant\*" OR "water plant\*" OR "sea grass\*" OR seagrass\* OR "reed belt\*" OR "water moss\*" OR "underwater meadow\*" OR macroalgae OR "sea weed\*" OR seaweed\* OR charophyte\* OR "brown algae" OR Phaeophyt\* OR "red algae" OR Rhodophyt\* OR "green algae" OR Chlorophyt\* OR*





*"filamentous algae" OR phytoplankton OR microalgae OR "autotroph\* \*plankt\*" OR "mixotroph\* \*plankt\*" OR "photosynthe\* \*plankt\*" OR "autotroph\* microorganism\*" OR "mixotroph\* microorganism\*" OR "photosynthe\* microorganism\*" OR cyanobacteria OR diatom\* OR Chrysophyt\* OR Cyanophyt\* OR Cryptophyt\* OR Dinophyt\* OR Haptophyt\* OR Euglenophyt\* OR Chlorophyt\* OR Zoomastigophor\* OR "Incertae cedis" OR Bacillariophyt\* OR \*zooplankton OR "heterotroph\* \*plankt\*" OR "heterotroph\* microorganism\*" OR "planktonic crustacean\*" OR Radiolaria\* OR Foraminifera\* OR Amoeba OR Ciliate\* OR Dinoflagellate\* OR "benthic invertebrate\*" OR "benthic animal\*" OR "benthic fauna\*" OR \*benth\* OR infauna\* OR "benthic macrofauna\*" OR "benthic meiofauna\*" OR "burrow\* animal\*" OR "burrow\* fauna\*" OR "burrow\* macrofauna\*" OR "burrow\* meiofauna\*" OR "burrow\* invertebrate\*" OR epibenthos OR "epibenthic fauna" OR "epibenthic animal\*" OR epifauna OR epiphytes OR "epiphytic fauna" OR "epiphytic animal\*" OR epiphyte\* OR epizoic OR "associated fauna" OR "associated invertebrate fauna" OR periphyt\* OR fish\*)*

The Scopus search string of level 2 sub-query Q 2.2 is thus:

*Q 2.2: TITLE-ABS-KEY(bacteria OR microbe\* OR picoplankt\* OR Spirulina OR Rivularia OR Calothrix OR "aquatic vegetation\*" OR "aquatic flora" OR macrophyte\* OR "aquatic plant\*" OR "water plant\*" OR "sea grass\*" OR seagrass\* OR "reed belt\*" OR "water moss\*" OR "underwater meadow\*" OR macroalgae OR "sea weed\*" OR seaweed\* OR charophyte\* OR "brown algae" OR Phaeophyt\* OR "red algae" OR Rhodophyt\* OR "green algae" OR Chlorophyt\* OR "filamentous algae" OR phytoplankton OR microalgae OR "autotroph\* \*plankt\*" OR "mixotroph\* \*plankt\*" OR "photosynthe\* \*plankt\*" OR "autotroph\* microorganism\*" OR "mixotroph\* microorganism\*" OR "photosynthe\* microorganism\*" OR cyanobacteria OR diatom\* OR Chrysophyt\* OR Cyanophyt\* OR Cryptophyt\* OR Dinophyt\* OR Haptophyt\* OR Euglenophyt\* OR Chlorophyt\* OR Zoomastigophor\* OR "Incertae cedis" OR Bacillariophyt\* OR \*zooplankton OR "heterotroph\* \*plankt\*" OR "heterotroph\* microorganism\*" OR "planktonic crustacean\*" OR Radiolaria\* OR Foraminifera\* OR Amoeba OR Ciliate\* OR Dinoflagellate\* OR "benthic invertebrate\*" OR "benthic animal\*" OR "benthic fauna\*" OR \*benth\* OR infauna\* OR "benthic macrofauna\*" OR "benthic meiofauna\*" OR "burrow\* animal\*" OR "burrow\* fauna\*" OR "burrow\* macrofauna\*" OR "burrow\* meiofauna\*" OR "burrow\* invertebrate\*" OR epibenthos OR "epibenthic fauna" OR "epibenthic animal\*" OR epifauna OR epiphytes OR "epiphytic fauna" OR "epiphytic animal\*" OR epiphyte\* OR epizoic OR "associated fauna" OR "associated invertebrate fauna" OR periphyt\* OR fish\*)*

### 2.3 Level 3

Level 3 aims at even further widening the search to cover more potentially relevant papers. The level 3 Query builds upon Query 2 from the previous level 2, by elaborating the concept of "biodiversity", through adding level 3 sub-queries to the Q 1.2, Q 2.1, and Q 2.2 sub-query terms of Query 2. At this level species and higher taxonomic common names and scientific nomenclature is added to the search.

The level 3 Query is composed of two sub-queries all aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. These sub-queries are Q 3.1 – Organism and taxon common names and Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon. The Web of Science search string of level 3 Query is thus:

**Query 3: TS=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2 OR Q 3.1 OR Q 3.2) AND Q 1.3)**

The Scopus search string of level 3 Query is thus:

**Query 3: TITLE-ABS-KEY(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2 OR Q 3.1 OR Q 3.2) AND Q 1.3)**





### Q 3.1 – Organism and taxon common names

Sub-query Q 3.1 aims to cover and target organism and taxon common names as aspects of biodiversity. Organism and taxon common names consist of the following terms defined:

- Common names in English [*barnacle\* OR prawn\* OR shrimp\* OR crab\* OR sturgeon\* OR eel\* OR garfish\* OR flounder\* OR flatfish OR turbot\* OR herring\* OR sprat\* OR trout\* OR seatrout\* OR "sea trout\*" OR whitefish\* OR carp\* OR bream\* OR belica\* OR dace\* OR minnow\* OR ide\* OR sichel\* OR roach\* OR bleak\* OR rudd\* OR tench\* OR loach\* OR pike\* OR cod\* OR burbot\* OR goby OR gobies OR smelt\* OR sandeel\* OR perch\* OR ruffe\* OR pike-perch\* OR pikeperch\* OR zander\* OR "European bullhead\*" OR lumpsucker\* OR seasnail\* OR sculpin\* OR stickleback\* OR blenny\* OR gunnel\* OR eelpout\* OR vendace\* OR salmon\* OR grayling\* OR pipefish\* OR ragworm\* OR leach\* OR "trembling sea mat\*" OR "moon jelly\*" OR jellyfish\* OR jelly-fish\* OR snail\* OR mudsnail\* OR ramshorn\* OR mussel\* OR cockle\* OR clam\* OR polyp\* OR "ribbon worm\*" OR "water insect\*" OR "aquatic insect\*" OR "bristle worm\*" OR mollusk\* OR flatworm\* OR "flat worm\*" OR "wheel animal\*" OR sponge\* OR stoneworth\* OR pondweed\* OR bladderwrack OR bladder-wrack OR "bladder wrack" OR eelgrass\* OR reed\*]*
- OR
- Higher taxon anglicized names [*arthropod\* OR mollusc\* OR plathyhelminth\* OR nematode\* OR annelid\* OR polychaete\* OR cnidaria\* OR bryozoan\* OR rotifer\* OR crustacean\* OR bivalve\* OR gastrop\* OR hydrozoan\* OR insect\* OR malacostracan\* OR amphipod\* OR clupeid\* OR cyprinid\* OR decapod\* OR isopod\* OR mysid\* OR percid\* OR chironomid\* OR gammarid\* OR gobid\* OR salmonid\* OR copepod\* OR calanoid\* OR naiad\* OR phanerogam\* OR spermatophyt\*]*

The Web of Science search string of level 3 sub-query Q 3.1 is thus:

*Q 3.1: TS=(barnacle\* OR prawn\* OR shrimp\* OR crab\* OR sturgeon\* OR eel\* OR garfish\* OR flounder\* OR flatfish OR turbot\* OR herring\* OR sprat\* OR trout\* OR seatrout\* OR "sea trout\*" OR whitefish\* OR carp\* OR bream\* OR belica\* OR dace\* OR minnow\* OR ide\* OR sichel\* OR roach\* OR bleak\* OR rudd\* OR tench\* OR loach\* OR pike\* OR cod\* OR burbot\* OR goby OR gobies OR smelt\* OR sandeel\* OR perch\* OR ruffe\* OR pike-perch\* OR pikeperch\* OR zander\* OR "European bullhead\*" OR lumpsucker\* OR seasnail\* OR sculpin\* OR stickleback\* OR blenny\* OR gunnel\* OR eelpout\* OR vendace\* OR salmon\* OR grayling\* OR pipefish\* OR ragworm\* OR leach\* OR "trembling sea mat\*" OR "moon jelly\*" OR jellyfish\* OR jelly-fish\* OR snail\* OR mudsnail\* OR ramshorn\* OR mussel\* OR cockle\* OR clam\* OR polyp\* OR "ribbon worm\*" OR "water insect\*" OR "aquatic insect\*" OR "bristle worm\*" OR mollusk\* OR flatworm\* OR "flat worm\*" OR "wheel animal\*" OR sponge\* OR stoneworth\* OR pondweed\* OR bladderwrack OR bladder-wrack OR "bladder wrack" OR eelgrass\* OR reed\* OR arthropod\* OR mollusc\* OR plathyhelminth\* OR nematode\* OR annelid\* OR polychaete\* OR cnidaria\* OR bryozoan\* OR rotifer\* OR crustacean\* OR bivalve\* OR gastrop\* OR hydrozoan\* OR insect\* OR malacostracan\* OR amphipod\* OR clupeid\* OR cyprinid\* OR decapod\* OR isopod\* OR mysid\* OR percid\* OR chironomid\* OR gammarid\* OR gobid\* OR salmonid\* OR copepod\* OR calanoid\* OR naiad\* OR phanerogam\* OR spermatophyt\*)*

The Scopus search string of level 3 sub-query Q 3.1 is thus:

*Q 3.1: TITLE-ABS-KEY(barnacle\* OR prawn\* OR shrimp\* OR crab\* OR sturgeon\* OR eel\* OR garfish\* OR flounder\* OR flatfish OR turbot\* OR herring\* OR sprat\* OR trout\* OR seatrout\* OR "sea trout\*" OR whitefish\* OR carp\* OR bream\* OR belica\* OR dace\* OR minnow\* OR ide\* OR sichel\* OR roach\* OR bleak\* OR rudd\* OR tench\* OR loach\* OR pike\* OR cod\* OR burbot\* OR goby OR gobies OR smelt\* OR sandeel\* OR perch\* OR ruffe\* OR pike-perch\* OR pikeperch\**



OR zander\* OR "European bullhead\*" OR lumpsucker\* OR seasnail\* OR sculpin\* OR stickleback\* OR blenny\* OR gunnel\* OR eelpout\* OR vendace\* OR salmon\* OR grayling\* OR pipefish\* OR ragworm\* OR leach\* OR "trembling sea mat\*" OR "moon jelly\*" OR jellyfish\* OR jelly-fish\* OR snail\* OR mudsnail\* OR ramshorn\* OR mussel\* OR cockle\* OR clam\* OR polyp\* OR "ribbon worm\*" OR "water insect\*" OR "aquatic insect\*" OR "bristle worm\*" OR mollusk\* OR flatworm\* OR "flat worm\*" OR "wheel animal\*" OR sponge\* OR stonewort\* OR pondweed\* OR bladderwrack OR bladder-wrack OR "bladder wrack" OR eelgrass\* OR reed\* OR arthropod\* OR mollusc\* OR plathyhelminth\* OR nematode\* OR annelid\* OR polychaete\* OR cnidaria\* OR bryozoan\* OR rotifer\* OR crustacean\* OR bivalve\* OR gastrop\* OR hydrozoan\* OR insect\* OR malacostracan\* OR amphipod\* OR clupeid\* OR cyprinid\* OR decapod\* OR isopod\* OR mysid\* OR percid\* OR chironomid\* OR gammarid\* OR gobid\* OR salmonid\* OR copepod\* OR calanoid\* OR naiad\* OR phanerogam\* OR spermatophyt\*)

### Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon

Sub-query Q 3.2 aims to cover and target organisms and taxon common names as aspects of biodiversity. Scientific nomenclature of taxon consists of the following terms defined:

- higher taxon\_Class [*Actinopteri OR Bangiophyceae OR Bivalvia OR Bryopsida OR Charophyceae OR Chlorophyceae OR Clitellata OR Demospongiae OR Florideophyceae OR Gastropoda OR Gymnolaemata OR Hexanauplia OR Hoplonemertea OR Hydrozoa OR Insecta OR Magnoliopsida OR Malacostraca OR Petromyzonti OR Phaeophyceae OR Phylactolaemata OR Polychaeta OR Scyphozoa OR Trebouxiophyceae OR Ulvophyceae OR Xanthophyceae*]

OR

- higher taxon\_Order [*Acipenseriformes OR Acrochaetiales OR Ahnfeltiales OR Alismatales OR Amphipoda OR Anguilliformes OR Anthoathecata OR Architaenioglossa OR Bangiales OR Beloniformes OR Carangiformes OR Cardiida OR Ceramiales OR Chaetophorales OR Charales OR Cheilostomata OR Cladophorales OR Clupeiformes OR Coleoptera OR Ctenostomatida OR Cypriniformes OR Decapoda OR Dicranales OR Diptera OR Ectocarpales OR Esociformes OR Fucales OR Gadiformes OR Gigartinales OR Gobiiformes OR Hemiptera OR Hildenbrandiales OR Hypnales OR Isopoda OR Lamiales OR Laminariales OR Leptothecata OR Limnomedusae OR Littorinimorpha OR Myoida OR Mysida OR Mytilida OR Nudibranchia OR Odonata OR Osmeriformes OR Perciformes OR Petromyzontiformes OR Phyllococida OR Poales OR Prasiolales OR Ranunculales OR Rhynchobdellida OR Sabellida OR Salmoniformes OR Saxifragales OR Semaestomeae OR Sessilia OR Sphacelariales OR Spionida OR Spongillida OR Syngnathiformes OR Terebellida OR Tilopteridales OR Trichoptera OR Ulotrichales OR Ulvales OR Unionida OR Vaucheriales*]

OR

- higher taxon\_Family [*Acinetosporaceae OR Acipenseridae OR Acrochaetiaceae OR Acroloxidae OR Aeshnidae OR Ahnfeltiaceae OR Alismataceae OR Amblystegiaceae OR Ammodytidae OR Anguillidae OR Araceae OR Asellidae OR Balanidae OR Bangiaceae OR Bathyporeiidae OR Belonidae OR Bithyniidae OR Brachythechiaceae OR Calliergonaceae OR Calliopiidae OR Callithamniaceae OR Campanularidae OR Cardiidae OR Ceramiaceae OR Chaetiliidae OR Chaetophoraceae OR Characeae OR Chironomidae OR Chordaceae OR Chordariaceae OR Chrysomelidae OR Cladophoraceae OR Clupeidae OR Cobitidae OR Coenagrionidae OR Cordylophoridae OR Corophiidae OR Cottidae OR Crangonidae OR Cyaneidae OR Cyclopteridae OR Cyperaceae OR Cyprinidae OR Dreissenidae OR Dryopidae OR Dytiscidae OR Ecnomidae OR Ectocarpaceae OR Electridae OR Esocidae OR Fabriciidae OR Fissidentaceae OR Fontinalaceae OR Fucaeae OR Furcellariaceae OR Gadidae OR Gammaridae*]



OR *Gasterosteidae* OR *Gerridae* OR *Glossiphoniidae* OR *Gobiidae* OR *Halicryptidae* OR *Haloragaceae* OR *Halosiphonaceae* OR *Hildenbrandiaceae* OR *Hydridae* OR *Hydrobiidae* OR *Hydrocharitaceae* OR *Hydrophilidae* OR *Hydropsychidae* OR *Hydroptilidae* OR *Idoteidae* OR *Janiridae* OR *Kornmanniaceae* OR *Lepidostomatidae* OR *Leptoceridae* OR *Leuciscidae* OR *Libellulidae* OR *Limapontiidae* OR *Limnephilidae* OR *Liparidae* OR *Lithodermataceae* OR *Lotidae* OR *Lumpenidae* OR *Lymnaeidae* OR *Monostromataceae* OR *Murchisonellidae* OR *Myidae* OR *Mysidae* OR *Mytilidae* OR *Nepidae* OR *Nereididae* OR *Neritidae* OR *Olindiidae* OR *Osmeridae* OR *Palaemonidae* OR *Pallaseidae* OR *Panopeidae* OR *Percidae* OR *Petromyzontidae* OR *Pholidae* OR *Phryganeidae* OR *Phyllophoraceae* OR *Physidae* OR *Piscicolidae* OR *Pithophoraceae* OR *Planorbidae* OR *Plantaginaceae* OR *Pleuronectidae* OR *Plumatellidae* OR *Poaceae* OR *Polycentropodidae* OR *Polyidaceae* OR *Polynoidae* OR *Pontoporeiidae* OR *Portunidae* OR *Potamogetonaceae* OR *Prasiolaceae* OR *Protohydridae* OR *Psychomyiidae* OR *Psychrolutidae* OR *Ranunculaceae* OR *Rhodomelaceae* OR *Ruppiceae* OR *Salmonidae* OR *Scophthalmidae* OR *Scytosiphonaceae* OR *Sphacelariaceae* OR *Spionidae* OR *Spongillidae* OR *Stypocaulaceae* OR *Syngnathidae* OR *Tateidae* OR *Tellinidae* OR *Terebellidae* OR *Tergipedidae* OR *Tetrastemmatidae* OR *Tincidae* OR *Ulmaridae* OR *Ulotrichaceae* OR *Ulvaceae* OR *Unionidae* OR *Valvatidae* OR *Varunidae* OR *Vaucheriaceae* OR *Victorellidae* OR *Viviparidae* OR *Zoarcidae* OR *Zosteraceae*]

OR

- genus names [*Halicryptus* OR *Abramis* OR *Acipenser* OR *Alburnus* OR *Ammodytes* OR *Anguilla* OR *Belone* OR *Blicca* OR *Carassius* OR *Clupea* OR *Cobitis* OR *Coregonus* OR *Cottus* OR *Cyclopterus* OR *Esox* OR *Gadus* OR *Gasterosteus* OR *Gobius* OR *Gymnocephalus* OR *Hyperoplus* OR *Leucaspilus* OR *Leuciscus* OR *Liparis* OR *Lota* OR *Lumpenus* OR *Myoxocephalus* OR *Neogobius* OR *Nerophis* OR *Oncorhynchus* OR *Osmerus* OR *Pelecus* OR *Perca* OR *Pholis* OR *Phoxinus* OR *Platichthys* OR *Pomatoschistus* OR *Pungitius* OR *Rutilus* OR *Salmo* OR *Sander* OR *Scardinius* OR *Scophthalmus* OR *Spinachia* OR *Sprattus* OR *Syngnathus* OR *Taurulus* OR *Thymallus* OR *Tinca* OR *Vimba* OR *Zoarcis* OR *Bangia* OR *Anodonta* OR *Cerastoderma* OR *Dreissena* OR *Limecola* OR *Mya* OR *Mytilopsis* OR *Mytilus* OR *Parvicardium* OR *Calliergon* OR *Fissidens* OR *Fontinalis* OR *Hygrohypnum* OR *Oxyrrhynchium* OR *Chara* OR *Nitella* OR *Nitellopsis* OR *Tolypella* OR *Chaetophora* OR *Cystobranchnus* OR *Helobdella* OR *Piscicola* OR *Ephydatia* OR *Spongilla* OR *Aglaothamnion* OR *Ahnfeltia* OR *Ceramium* OR *Coccotylus* OR *Furcellaria* OR *Grania* OR *Hildenbrandia* OR *Phyllophora* OR *Polyides* OR *Polysiphonia* OR *Rhodochorton* OR *Rhodomela* OR *Acroloxus* OR *Alderia* OR *Anisus* OR *Bithynia* OR *Ecrobia* OR *Gyraulus* OR *Limapontia* OR *Lymnaea* OR *Peringia* OR *Physa* OR *Potamopyrgus* OR *Stagnicola* OR *Tenellia* OR *Theodoxus* OR *Valvata* OR *Viviparus* OR *Einhornia* OR *Victorella* OR *Amphibalanus* OR *Cyanophthalma* OR *Prostoma* OR *Cordylophora* OR *Gonothyrea* OR *Hydra* OR *Maeotias* OR *Protohydra* OR *Aeshna* OR *Agraylea* OR *Agrypnetes* OR *Agrypnia* OR *Allotrichia* OR *Aquarius* OR *Ceraclea* OR *Chironomus* OR *Clunio* OR *Coenagrion* OR *Cricotopus* OR *Cyrnus* OR *Dryops* OR *Ecnomus* OR *Erythromma* OR *Grammotaulius* OR *Halocladus* OR *Hydropsyche* OR *Hydroptila* OR *Hygrotus* OR *Ischnura* OR *Laccobius* OR *Lepidostoma* OR *Limnephilus* OR *Macroplea* OR *Nehalennia* OR *Oecetis* OR *Orthetrum* OR *Paratanytarsus* OR *Phryganea* OR *Polycentropus* OR *Psectrocladius* OR *Ranatra* OR *Sympetrum* OR *Tanytarsus* OR *Telmatogeton* OR *Tinodes* OR *Triaenodes* OR *Trichostegia* OR *Alisma* OR *Bolboschoenus* OR *Callitriche* OR *Eleocharis* OR *Leersia* OR *Lemna* OR *Myriophyllum* OR *Najas* OR *Phragmites* OR *Potamogeton* OR *Ranunculus* OR *Ruppia* OR *Schoenoplectus* OR *Stuckenia* OR *Zannichellia* OR *Zostera* OR *Apocorophium* OR *Asellus* OR *Bathyporeia* OR *Calliopius* OR *Carcinus* OR *Corophium* OR *Crangon* OR *Eriocheir* OR *Gammarus* OR *Hemimysis* OR *Idotea* OR *Jaera* OR *Leptocheirus* OR *Monoporeia* OR *Mysis* OR *Neomysis* OR *Palaemon* OR *Pallaseopsis* OR *Pontoporeia* OR *Praunus* OR *Rhithropanopeus* OR *Saduria* OR *Lampetra* OR *Battersia* OR *Chorda* OR *Dictyosiphon* OR *Ectocarpus* OR *Elachista* OR *Eudesme* OR *Fucus* OR *Halopteris* OR *Halosiphon* OR *Leathesia* OR *Protohalopteris* OR *Pseudolithoderma* OR *Pylaiella* OR *Scytosiphon*]



*OR Sphacelorbis OR Stictyosiphon OR Plumatella OR Bylgides OR Fabricia OR Fabriciola OR Hediste OR Manayunkia OR Marenzelleria OR Pygospio OR Terebellides OR Aurelia OR Cyanea OR Prasiola OR Rosenvingiella OR Acrosiphonia OR Aegagropila OR Blidingia OR Capsosiphon OR Chaetomorpha OR Cladophora OR Monostroma OR Percursaria OR Rhizoclonium OR Spongomorpha OR Ulothrix OR Ulva OR Urospora OR Vaucheria]*

OR

- zooplankton taxon [*Acartia OR Acineta OR Amoebzoa OR Anopla OR Arcella OR Askenasia OR Asplanchna OR Bosmina OR Brachionus OR Bryozoa OR Bylgides OR Bythotrephes OR Calanoida OR Calanus OR Centropages OR Cercopagis OR Ceriodaphnia OR Chaetognatha OR Chironomidae OR Chydorus OR Ciliophora OR Cladocera OR Cnidaria OR Collotheca OR Colurella OR Copepoda OR Coxliella OR Ctenophora OR Cyanea OR Cyclopoida OR Cyclops OR Daphnia OR Decapoda OR Diacyclops OR Diaphanosoma OR Diaptomus OR Didinium OR Diffugia OR Einhornia OR Euchlanis OR Eucyclops OR Eudiaptomus OR Eurytemora OR Evadne OR Filinia OR Fritillaria OR Harpacticoida OR Helicostomella OR Heliozoa OR Hyperia OR Hyperiidea OR Kellicottia OR Keratella OR Lacrymaria OR Lecane OR Leptotintinnus OR Leptodora OR Limnocalanus OR Macrocyclops OR Megacyclops OR Mertensia OR Microsetella OR Mnemiopsis OR Notholca OR Oikopleura OR Oithona OR Paracalanus OR Parasagitta OR Pleopis OR Pleurobrachia OR Podon OR Podonidae OR Polyarthra OR Polyphemus OR Pseudocalanus OR Radiosperma OR Rhithropanopeus OR Rotifera OR Sagitta OR Sessilida OR Strombidium OR Synchaeta OR Temora OR Thermocyclops OR Tintinnopsis OR Trichocerca OR Tunicata OR Vorticella OR Zoothamnium]*

OR

- synonyms/old names [*Ulvopsis OR Enteromorpha OR Octodicerads OR Eurhynchium OR Audouinella OR Audouinella OR Sphacelari OR Stypocaulo OR Tetrastemma OR Prostomatella OR Cardium OR Macoma OR Hydrobia OR Embletonia OR Planorbis OR Laomedea OR Pelmatohydra OR Electra OR Nereis OR Harmothoe OR Triglopsis OR Stizostedion OR Acerina OR Gobiussculus OR Psetta OR Mesidotea OR Pallasea OR Leander OR Balanus OR Ylodes OR Trichostecia OR Coelambus]*

The Web of Science search string of level 3 sub-query Q 3.2 is thus:

*Q 3.2: TS=(Actinopteri OR Bangiophyceae OR Bivalvia OR Bryopsida OR Charophyceae OR Chlorophyceae OR Clitellata OR Demospongiae OR Florideophyceae OR Gastropoda OR Gymnolaemata OR Hexanauplia OR Hoplonemertea OR Hydrozoa OR Insecta OR Magnoliopsida OR Malacostraca OR Petromyzonti OR Phaeophyceae OR Phylactolaemata OR Polychaeta OR Scyphozoa OR Trebouxiophyceae OR Ulvophyceae OR Xanthophyceae OR Acipenseriformes OR Acrochaetiales OR Ahnfeltiales OR Alismatales OR Amphipoda OR Anguilliformes OR Anthoathecata OR Architaenioglossa OR Bangiales OR Beloniformes OR Carangiformes OR Cardiida OR Ceramiales OR Chaetophorales OR Charales OR Cheilostomata OR Cladophorales OR Clupeiformes OR Coleoptera OR Ctenostomatida OR Cypriniformes OR Decapoda OR Dicranales OR Diptera OR Ectocarpales OR Esociformes OR Fucales OR Gadiformes OR Gigartinales OR Gobiiformes OR Hemiptera OR Hildenbrandiales OR Hypnales OR Isopoda OR Lamiales OR Laminariales OR Leptothecata OR Limnomedusae OR Littorinimorpha OR Myoida OR Mysida OR Mytilida OR Nudibranchia OR Odonata OR Osmeriformes OR Perciformes OR Petromyzontiformes OR Phyllococida OR Poales OR Prasiolales OR Ranunculales OR Rhynchobdellida OR Sabellida OR Salmoniformes OR Saxifragales OR Semaestomeae OR Sessilia OR Sphacelariales OR Spionida OR Spongillida OR Syngnathiformes OR Terebellida OR Tilopteridales OR Trichoptera OR Ulotrionales OR Ulvales OR Unionida OR Vaucheriales OR Acinetosporaceae OR Acipenseridae OR Acrochaetiaceae OR*





*Acroloxiidae OR Aeshnidae OR Ahnfeltiaceae OR Alismataceae OR Amblystegiaceae OR Ammodytidae OR Anguillidae OR Araceae OR Asellidae OR Balanidae OR Bangiaceae OR Bathyporeiidae OR Belonidae OR Bithyniidae OR Brachytheriaceae OR Calliergonaceae OR Calliopiidae OR Callithamniaceae OR Campanularidae OR Cardiidae OR Ceramiaceae OR Chaetiliidae OR Chaetophoraceae OR Characeae OR Chironomidae OR Chordaceae OR Chordariaceae OR Chrysomelidae OR Cladophoraceae OR Clupeiidae OR Cobitidae OR Coenagrionidae OR Cordylophoridae OR Corophiidae OR Cottidae OR Crangonidae OR Cyaneidae OR Cyclopteridae OR Cyperaceae OR Cyprinidae OR Dreissenidae OR Dryopidae OR Dytiscidae OR Ecnomidae OR Ectocarpaceae OR Electridae OR Esocidae OR Fabriciidae OR Fissidentaceae OR Fontinalaceae OR Fucaceae OR Furcellariaceae OR Gadidae OR Gammaridae OR Gasterosteidae OR Gerridae OR Glossiphoniidae OR Gobiidae OR Halicyptidae OR Haloragaceae OR Halosiphonaceae OR Hildenbrandiaceae OR Hydridae OR Hydrobiidae OR Hydrocharitaceae OR Hydrophilidae OR Hydropsychidae OR Hydroptilidae OR Idoteidae OR Janiridae OR Kornmanniaceae OR Lepidostomatidae OR Leptoceridae OR Leuciscidae OR Libellulidae OR Limapontiidae OR Limnephilidae OR Liparidae OR Lithodermataceae OR Lotidae OR Lumpenidae OR Lymnaeidae OR Monostromataceae OR Murchisonellidae OR Myidae OR Mysidae OR Mytilidae OR Nepidae OR Nereididae OR Neritidae OR Olindiidae OR Osmeridae OR Palaemonidae OR Pallaseidae OR Panopeidae OR Percidae OR Petromyzontidae OR Pholidae OR Phryganeidae OR Phyllophoraceae OR Physidae OR Piscicolidae OR Pithophoraceae OR Planorbidae OR Plantaginaceae OR Pleuronectidae OR Plumatellidae OR Poaceae OR Polycentropodidae OR Polyidaceae OR Polynoidae OR Pontoporeiidae OR Portunidae OR Potamogetonaceae OR Prasiolaceae OR Protohydridae OR Psychomyiidae OR Psychrolutidae OR Ranunculaceae OR Rhodomelaceae OR Ruppiaceae OR Salmonidae OR Scopthalmidae OR Scytosiphonaceae OR Sphacelariaceae OR Spionidae OR Spongillidae OR Stypocaulaceae OR Syngnathidae OR Tateidae OR Tellinidae OR Terebellidae OR Tergipedidae OR Tetrastemmatidae OR Tincidae OR Ulmaridae OR Ulotrichaceae OR Ulvaceae OR Unionidae OR Valvatidae OR Varunidae OR Vaucheriaceae OR Victorellidae OR Viviparidae OR Zoarcidae OR Zosteraceae OR Halicyptus OR Abramis OR Acipenser OR Alburnus OR Ammodytes OR Anguilla OR Belone OR Blicca OR Carassius OR Clupea OR Cobitis OR Coregonus OR Cottus OR Cyclopterus OR Esox OR Gadus OR Gasterosteus OR Gobius OR Gymnocephalus OR Hyperoplus OR Leucaspius OR Leuciscus OR Liparis OR Lota OR Lumpenus OR Myoxocephalus OR Neogobius OR Nerophis OR Oncorhynchus OR Osmerus OR Pelecus OR Perca OR Pholis OR Phoxinus OR Platichthys OR Pomatoschistus OR Pungitius OR Rutilus OR Salmo OR Sander OR Scardinius OR Scopthalmus OR Spinachia OR Sprattus OR Syngnathus OR Taurulus OR Thymallus OR Tinca OR Vimba OR Zoarces OR Bangia OR Anodonta OR Cerastoderma OR Dreissena OR Limecola OR Mya OR Mytilopsis OR Mytilus OR Parvicardium OR Calliergon OR Fissidens OR Fontinalis OR Hygrohypnum OR Oxyrrhynchium OR Chara OR Nitella OR Nitellopsis OR Tolypella OR Chaetophora OR Cystobranchnus OR Helobdella OR Piscicola OR Ephydatia OR Spongilla OR Aglaothamnion OR Ahnfeltia OR Ceramium OR Coccotylus OR Furcellaria OR Grania OR Hildenbrandia OR Phyllophora OR Polyides OR Polysiphonia OR Rhodochorton OR Rhodomela OR Acroloxus OR Alderia OR Anisus OR Bithynia OR Ecribia OR Gyraulus OR Limapontia OR Lymnaea OR Peringia OR Physa OR Potamopyrgus OR Stagnicola OR Tenellia OR Theodoxus OR Valvata OR Viviparus OR Einhornia OR Victorella OR Amphibalanus OR Cyanophthalma OR Prostoma OR Cordylophora OR Gonothyraea OR Hydra OR Maeotias OR Protohydra OR Aeshna OR Agraylea OR Agrypnetes OR Agrypnia OR Allotrichia OR Aquarius OR Ceraclea OR Chironomus OR Clunio OR Coenagrion OR Cricotopus OR Cynus OR Dryops OR Ecnomus OR Erythromma OR Grammotaulius OR Halocladus OR Hydropsyche OR Hydroptila OR Hygrotus OR Ischnura OR Laccobius OR Lepidostoma OR*



*Limnephilus OR Macroplea OR Nehalennia OR Oecetis OR Orthetrum OR Paratanytarsus OR Phryganea OR Polycentropus OR Psectrocladius OR Ranatra OR Sympetrum OR Tanytarsus OR Telmatogeton OR Tinodes OR Triaenodes OR Trichostegia OR Alisma OR Bolboschoenus OR Callitriche OR Eleocharis OR Leersia OR Lemna OR Myriophyllum OR Najas OR Phragmites OR Potamogeton OR Ranunculus OR Ruppia OR Schoenoplectus OR Stuckenia OR Zannichellia OR Zostera OR Apocorophium OR Asellus OR Bathyporeia OR Calliopius OR Carcinus OR Corophium OR Crangon OR Eriocheir OR Gammarus OR Hemimysis OR Idotea OR Jaera OR Leptocheirus OR Monoporeia OR Mysis OR Neomysis OR Palaemon OR Pallaseopsis OR Pontoporeia OR Praunus OR Rhithropanopeus OR Saduria OR Lampetra OR Battersia OR Chorda OR Dictyosiphon OR Ectocarpus OR Elachista OR Eudesme OR Fucus OR Halopteris OR Halosiphon OR Leathesia OR Protohalopteris OR Pseudolithoderma OR Pylaiella OR Scytosiphon OR Sphacelorbis OR Stictyosiphon OR Plumatella OR Bylgides OR Fabricia OR Fabriciola OR Hediste OR Manayunkia OR Marenzelleria OR Pygospio OR Terebellides OR Aurelia OR Cyanea OR Prasiola OR Rosenvingiella OR Acrosiphonia OR Aegagropila OR Blidingia OR Capsosiphon OR Chaetomorpha OR Cladophora OR Monostroma OR Percursaria OR Rhizoclonium OR Spongomorpha OR Ulothrix OR Ulva OR Urospora OR Vaucheria OR Acartia OR Acineta OR Amoebozoa OR Anopla OR Arcella OR Askenasia OR Asplanchna OR Bosmina OR Brachionus OR Bryozoa OR Bylgides OR Bythotrephes OR Calanoida OR Calanus OR Centropages OR Cercopagis OR Ceriodaphnia OR Chaetognatha OR Chironomidae OR Chydorus OR Ciliophora OR Cladocera OR Cnidaria OR Collotheca OR Colurella OR Copepoda OR Coxliella OR Ctenophora OR Cyanea OR Cyclopoida OR Cyclops OR Daphnia OR Decapoda OR Diacyclops OR Diaphanosoma OR Diaptomus OR Didinium OR Diffugia OR Einhornia OR Euchlanis OR Eucyclops OR Eudiaptomus OR Eurytemora OR Evadne OR Filinia OR Fritillaria OR Harpacticoida OR Helicostomella OR Heliozoa OR Hyperia OR Hyperiidea OR Kellicottia OR Keratella OR Lacrymaria OR Lecane OR Leprotintinnus OR Leptodora OR Limnocalanus OR Macrocyclus OR Megacyclops OR Mertensia OR Microsetella OR Mnemiopsis OR Notholca OR Oikopleura OR Oithona OR Paracalanus OR Parasagitta OR Pleopis OR Pleurobrachia OR Podon OR Podonidae OR Polyarthra OR Polyphemus OR Pseudocalanus OR Radiosperma OR Rhithropanopeus OR Rotifera OR Sagitta OR Sessilida OR Strombidium OR Synchaeta OR Temora OR Thermocyclops OR Tintinnopsis OR Trichocerca OR Tunicata OR Vorticella OR Zoothamnium OR Ulvopsis OR Enteromorpha OR Octodicerads OR Eurhynchium OR Audouinella OR Audouinella OR Sphacelari OR Stypocaulo OR Tetrastemma OR Prostomatella OR Cardium OR Macoma OR Hydrobia OR Embletonia OR Planorbis OR Laomedea OR Pelmatohydra OR Electra OR Nereis OR Harmothoe OR Triglopsis OR Stizostedion OR Acerina OR Gobiussculus OR Psetta OR Mesidotea OR Pallasea OR Leander OR Balanus OR Ylodes OR Trichostecia OR Coelambus)*

The Scopus search string of level 3 sub-query Q 3.2 is thus:

*Q 3.2: TITLE-ABS-KEY(Actinopteri OR Bangiophyceae OR Bivalvia OR Bryopsida OR Charophyceae OR Chlorophyceae OR Clitellata OR Demospongiae OR Florideophyceae OR Gastropoda OR Gymnolaemata OR Hexanauplia OR Hoplonemertea OR Hydrozoa OR Insecta OR Magnoliopsida OR Malacostraca OR Petromyzonti OR Phaeophyceae OR Phylactolaemata OR Polychaeta OR Scyphozoa OR Trebouxiophyceae OR Ulvophyceae OR Xanthophyceae OR Acipenseriformes OR Acrochaetiales OR Ahnfeltiales OR Alismatales OR Amphipoda OR Anguilliformes OR Anthoathecata OR Architaenioglossa OR Bangiales OR Beloniformes OR Carangiformes OR Cardiida OR Ceramiales OR Chaetophorales OR Charales OR Cheilostomata OR Cladophorales OR Clupeiformes OR Coleoptera OR Ctenostomatida OR Cypriniformes OR Decapoda OR Dicranales OR Diptera OR Ectocarpales OR Esociformes OR Fucales OR Gadiformes OR Gigartinales OR Gobiiformes OR Hemiptera OR*



*Hildenbrandiales OR Hypnales OR Isopoda OR Lamiales OR Laminariales OR Leptothecata OR Limnomedusae OR Littorinimorpha OR Myoidea OR Mysida OR Mytilida OR Nudibranchia OR Odonata OR Osmeriformes OR Perciformes OR Petromyzontiformes OR Phyllococida OR Poales OR Prasiolales OR Ranunculales OR Rhynchobdellida OR Sabellida OR Salmoniformes OR Saxifragales OR Semaestomeae OR Sessilia OR Sphacelariales OR Spionida OR Spongillida OR Syngnathiformes OR Terebellida OR Tilopteridales OR Trichoptera OR Ulotrichales OR Ulvales OR Unionida OR Vaucheriales OR Acinetosporaceae OR Acipenseridae OR Acrochaetiaceae OR Acroloxidae OR Aeshnidae OR Ahnfeltiaceae OR Alismataceae OR Amblystegiaceae OR Ammodytidae OR Anguillidae OR Araceae OR Asellidae OR Balanidae OR Bangiaceae OR Bathyporeiidae OR Belonidae OR Bithyniidae OR Brachytheriaceae OR Calliergonaceae OR Calliopiidae OR Callithamniaceae OR Campanularidae OR Cardiidae OR Ceramiaceae OR Chaetiliidae OR Chaetophoraceae OR Characeae OR Chironomidae OR Chordaceae OR Chordariaceae OR Chrysomelidae OR Cladophoraceae OR Clupeidae OR Cobitidae OR Coenagrionidae OR Cordylophoridae OR Corophiidae OR Cottidae OR Crangonidae OR Cyaneidae OR Cyclopteridae OR Cyperaceae OR Cyprinidae OR Dreissenidae OR Dryopidae OR Dytiscidae OR Ecnomidae OR Ectocarpaceae OR Electridae OR Esocidae OR Fabriciidae OR Fissidentaceae OR Fontinalaceae OR Fucaceae OR Furcellariaceae OR Gadidae OR Gammaridae OR Gasterosteidae OR Gerridae OR Glossiphoniidae OR Gobiidae OR Halicryptidae OR Haloragaceae OR Halosiphonaceae OR Hildenbrandiaceae OR Hydridae OR Hydrobiidae OR Hydrocharitaceae OR Hydrophilidae OR Hydropsychidae OR Hydroptilidae OR Idoteidae OR Janiridae OR Kornmanniaceae OR Lepidostomatidae OR Leptoceridae OR Leuciscidae OR Libellulidae OR Limapontidae OR Limnephilidae OR Liparidae OR Lithodermataceae OR Lotidae OR Lumpenidae OR Lymnaeidae OR Monostromataceae OR Murchisonellidae OR Myidae OR Mysidae OR Mytilidae OR Nepidae OR Nereididae OR Neritidae OR Olindiidae OR Osmeridae OR Palaemonidae OR Pallaseidae OR Panopeidae OR Percidae OR Petromyzontidae OR Pholidae OR Phryganeidae OR Phyllophoraceae OR Physidae OR Piscicolidae OR Pithophoraceae OR Planorbidae OR Plantaginaceae OR Pleuronectidae OR Plumatellidae OR Poaceae OR Polycentropodidae OR Polyidaceae OR Polynoidae OR Pontoporeiidae OR Portunidae OR Potamogetonaceae OR Prasiolaceae OR Protohydridae OR Psychomyiidae OR Psychrolutidae OR Ranunculaceae OR Rhodomelaceae OR Ruppiaeceae OR Salmonidae OR Scopthalmidae OR Scytosiphonaceae OR Sphacelariaceae OR Spionidae OR Spongillidae OR Stypocaulaceae OR Syngnathidae OR Tateidae OR Tellinidae OR Terebellidae OR Tergipedidae OR Tetrastemmatidae OR Tincidae OR Ulmaridae OR Ulotrichaceae OR Ulvaceae OR Unionidae OR Valvatidae OR Varunidae OR Vaucheriaceae OR Victorellidae OR Viviparidae OR Zoarcidae OR Zosteraceae OR Halicryptus OR Abramis OR Acipenser OR Alburnus OR Ammodytes OR Anguilla OR Belone OR Blicca OR Carassius OR Clupea OR Cobitis OR Coregonus OR Cottus OR Cyclopterus OR Esox OR Gadus OR Gasterosteus OR Gobius OR Gymnocephalus OR Hyperoplus OR Leucaspis OR Leuciscus OR Liparis OR Lota OR Lumpenus OR Myoxocephalus OR Neogobius OR Nerophis OR Oncorhynchus OR Osmerus OR Pelecus OR Perca OR Pholis OR Phoxinus OR Platichthys OR Pomatoschistus OR Pungitius OR Rutilus OR Salmo OR Sander OR Scardinius OR Scopthalmus OR Spinachia OR Sprattus OR Syngnathus OR Taurulus OR Thymallus OR Tinca OR Vimba OR Zoarces OR Bangia OR Anodonta OR Cerastoderma OR Dreissena OR Limecola OR Mya OR Mytilopsis OR Mytilus OR Parvicardium OR Calliergon OR Fissidens OR Fontinalis OR Hygrohypnum OR Oxyrrhynchium OR Chara OR Nitella OR Nitellopsis OR Tolypella OR Chaetophora OR Cystobrancheus OR Helobdella OR Piscicola OR Ephydatia OR Spongilla OR Aglaothamnion OR Ahnfeltia OR Ceramium OR Coccotylus OR Furcellaria OR Grania OR Hildenbrandia OR Phyllophora OR Polyides OR Polysiphonia OR Rhodochorton OR Rhodomela OR Acroloxus OR Alderia OR Anisus OR Bithynia OR Ecribia OR Gyraulus OR Limapontia OR Lymnaea OR Peringia OR Physa OR Potamopyrgus OR Stagnicola OR Tenellia OR Theodoxus OR Valvata OR Viviparus OR Einhornia OR Victorella OR Amphibalanus OR Cyanophthalma OR Prostoma OR Cordylophora OR Gonothyrea OR Hydra OR Maeotias OR Protohydra OR Aeshna OR*





*Agraylea OR Agrypneta OR Agrypnia OR Allotrichia OR Aquarius OR Ceraclea OR Chironomus OR Clunio OR Coenagrion OR Cricotopus OR Cynurus OR Dryops OR Ecnomus OR Erythromma OR Grammotaulius OR Halocladius OR Hydropsyche OR Hydroptila OR Hygrotus OR Ischnura OR Laccobius OR Lepidostoma OR Limnephilus OR Macrolea OR Nehalennia OR Oecetis OR Orthetrum OR Paratanytarsus OR Phryganea OR Polycentropus OR Psectrocladius OR Ranatra OR Sympetrum OR Tanytarsus OR Telmatogeton OR Tinodes OR Triaenodes OR Trichostegia OR Alisma OR Bolboschoenus OR Callitriche OR Eleocharis OR Leersia OR Lemna OR Myriophyllum OR Najas OR Phragmites OR Potamogeton OR Ranunculus OR Ruppia OR Schoenoplectus OR Stuckenia OR Zannichellia OR Zostera OR Apocorophium OR Asellus OR Bathyporeia OR Calliopius OR Carcinus OR Corophium OR Crangon OR Eriocheir OR Gammarus OR Hemimysis OR Idotea OR Jaera OR Leptocheirus OR Monoporeia OR Mysis OR Neomysis OR Palaemon OR Pallaseopsis OR Pontoporeia OR Praunus OR Rhithropanopeus OR Saduria OR Lampetra OR Battersia OR Chorda OR Dictyosiphon OR Ectocarpus OR Elachista OR Eudesme OR Fucus OR Halopteris OR Halosiphon OR Leathesia OR Protohalopteris OR Pseudolithoderma OR Pylaiella OR Scytosiphon OR Sphacelorbis OR Stictyosiphon OR Plumatella OR Bylgides OR Fabricia OR Fabriciola OR Hediste OR Manayunkia OR Marenzelleria OR Pygospio OR Terebellides OR Aurelia OR Cyanea OR Prasiola OR Rosenvingiella OR Acrosiphonia OR Aegagropila OR Blidingia OR Capsosiphon OR Chaetomorpha OR Cladophora OR Monostroma OR Percursaria OR Rhizoclonium OR Spongomorpha OR Ulothrix OR Ulva OR Urospora OR Vaucheria OR Acartia OR Acineta OR Amoebozoa OR Anopla OR Arcella OR Askenasia OR Asplanchna OR Bosmina OR Brachionus OR Bryozoa OR Bylgides OR Bythotrephes OR Calanoida OR Calanus OR Centropages OR Cercopagis OR Ceriodaphnia OR Chaetognatha OR Chironomidae OR Chydorus OR Ciliophora OR Cladocera OR Cnidaria OR Collotheca OR Colurella OR Copepoda OR Coxiella OR Ctenophora OR Cyanea OR Cyclopoida OR Cyclops OR Daphnia OR Decapoda OR Diacyclops OR Diaphanosoma OR Diaptomus OR Didinium OR Difflugia OR Einhornia OR Euchlanis OR Eucyclops OR Eudiaptomus OR Eurytemora OR Evadne OR Filinia OR Fritillaria OR Harpacticoida OR Helicostomella OR Heliozoa OR Hyperia OR Hyperidea OR Kellicottia OR Keratella OR Lacrymaria OR Lecane OR Leptotintinnus OR Leptodora OR Limnocalanus OR Macrocyclus OR Megacyclops OR Mertensia OR Microsetella OR Mnemiopsis OR Notholca OR Oikopleura OR Oithona OR Paracalanus OR Parasagitta OR Pleopis OR Pleurobrachia OR Podon OR Podonidae OR Polyarthra OR Polyphemus OR Pseudocalanus OR Radiosperma OR Rhithropanopeus OR Rotifera OR Sagitta OR Sessilida OR Strombidium OR Synchaeta OR Temora OR Thermocyclops OR Tintinnopsis OR Trichocerca OR Tunicata OR Vorticella OR Zoothamnium OR Ulvopsis OR Enteromorpha OR Octodicerads OR Eurhynchium OR Audouinella OR Audouinella OR Sphacelari OR Stypocaulo OR Tetrastemma OR Prostomatella OR Cardium OR Macoma OR Hydrobia OR Embletonia OR Planorbis OR Laomedea OR Pelmatohydra OR Electra OR Nereis OR Harmothoe OR Triglopsis OR Stizostedion OR Acerina OR Gobiussculus OR Psetta OR Mesidotea OR Pallasea OR Leander OR Balanus OR Ylodes OR Trichostecia OR Coelambus)*

### 3 Literature search results

Below are presented the results of the literature search (table 1.1 and table 1.2).



Table 1.1. Bibliographic records based on a systematic literature search on the study question “How is marine nature/biodiversity loss manifested in shallow coastal habitats (in Finland)?” conducted in the literature database Web of Science on 28th October 2022. The hits in sub-queries in level 1 are hits for these isolated sub-queries. Hits in sub-queries in level 2 are their contribution to Query 1, and in level 3 their contribution to Query 2.

Search level	Search level info	Queries	Hits
1	Level 1 dissects the study question into three main elements to be answered/targeted by the literature search: Area and Environment, Research subject, and Phenomenon. The query at level 1 can be seen as the core apex of the search. The level 1 Query is composed of three sub-queries corresponding to the three main elements of the search as Q 1.1 – Area and Environment, Q 1.2 – Research subject, and Q 1.3 – Phenomenon.	<i>Query 1: TS=(Q 1.1 AND Q 1.2 AND Q 1.3)</i>	<b>2 749</b>
		Q 1.1 – Area and Environment	3 945
		Q 1.2 – Research subject	53 171 692
		Q 1.3 – Phenomenon	58 267 151
2	Level 2 aims at widening the search to cover more potentially relevant papers. The level 2 Query builds upon Query 1, by widening the concept of the research subject “nature”, for which “biodiversity” was used as the quality element in focus, through adding level 2 sub-queries to the Q 1.2 sub-query term of Query 1. The level 2 Query is composed of two sub-queries both aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. The sub-queries are Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity and Q 2.2 – Main organism groups / communities/ assemblages.	<i>Query 2: TS=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2) AND Q 1.3)</i>	<b>2 981</b>
		Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity and nature loss	+209
		Q 2.2 – Main organism groups/communities/assemblages	+46
3	Level 3 aims at even further widening the search to cover more potentially relevant papers. The level 3 Query builds upon Query 2 from the previous level 2, by elaborating the concept of “biodiversity”, through adding level 3 sub-queries to the Q 1.2, Q 2.1, and Q 2.2 sub-query terms of Query 2. At this level species and higher taxonomic common names and scientific nomenclature is added to the search.  The level 3 Query is composed of two sub-queries all aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. These sub-queries are Q 3.1 – Organism and taxon common names and Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon.	<i>Query 3: TS=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2 OR Q 3.1 OR Q 3.2) AND Q 1.3)</i>	<b>3 029</b>
		Q 3.1 – Organism and taxon common names	+48
		Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon	+0



Table 1.2. Bibliographic records based on a systematic literature search on the study question “How is marine nature/biodiversity loss manifested in shallow coastal habitats (in Finland)?” conducted in the literature database Scopus on 6<sup>th</sup> October 2022. The hits in sub-queries in level 1 are hits for these isolated sub-queries. Hits in sub-queries in level 2 are their contribution to Query 1, and in level 3 their contribution to Query 2.

Search level	Search level info	Queries	Hits
1	Level 1 dissects the study question into three main elements to be answered/targeted by the literature search: Area and Environment, Research subject, and Phenomenon. The query at level 1 can be seen as the core apex of the search. The level 1 Query is composed of three sub-queries corresponding to the three main elements of the search as Q 1.1 – Area and Environment, Q 1.2 – Research subject, and Q 1.3 – Phenomenon.	<i>Query 1: (TITLE-ABS-KEY=(Q 1.1 AND Q 1.2 AND Q 1.3))</i>	<b>1 641</b>
		Q 1.1 – Area and Environment	3 360
		Q 1.2 – Research subject	28 092 811
		Q 1.3 – Phenomenon	42 564 153
2	Level 2 aims at widening the search to cover more potentially relevant papers. The level 2 Query builds upon Query 1, by widening the concept of the research subject “nature”, for which “biodiversity” was used as the quality element in focus, through adding level 2 sub-queries to the Q 1.2 sub-query term of Query 1. The level 2 Query is composed of two sub-queries both aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. The sub-queries are Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity and Q 2.2 – Main organism groups / communities/ assemblages.	<i>Query 2: (TITLE-ABS-KEY=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2) AND Q 1.3))</i>	<b>2 017</b>
		Q 2.1 – Additional aspects of biodiversity and nature loss	+328
		Q 2.2 – Main organism groups/communities/assemblages	+111
3	Level 3 aims at even further widening the search to cover more potentially relevant papers. The level 3 Query builds upon Query 2 from the previous level 2, by elaborating the concept of “biodiversity”, through adding level 3 sub-queries to the Q 1.2, Q 2.1, and Q 2.2 sub-query terms of Query 2. At this level species and higher taxonomic common names and scientific nomenclature is added to the search.  The level 3 Query is composed of two sub-queries all aiming at including more of the relevant aspects of nature and biodiversity to the search. These sub-queries are Q 3.1 – Organism and taxon common names and Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon.	<i>Query 3: (TITLE-ABS-KEY=(Q 1.1 AND (Q 1.2 OR Q 2.1 OR Q 2.2 OR Q 3.1 OR Q 3.2) AND Q 1.3))</i>	<b>2 115</b>
		Q 3.1 – Organism and taxon common names	+96
		Q 3.2 – Scientific nomenclature of taxon	+7

After the decision to include also evidence that potentially could have exhibited a negative change but that did not and instead show positive changes or no changes at all, in addition to nature loss evidence, a post-search testing of the effect of including the search-word “increase\*”, was conducted. This test did not produce any additional eligible search hits compared to the original search.



## Liite 2. Tietohaun artikkelit

**Lista 2.1. Selvitykseen sisällytetyt, kirjallisuushausta peräisin olevat tieteelliset artikkelit (90 kpl).** Miinus (–) merkintä artikkelin jälkeen tarkoittaa, että artikkelissa on luontokatoa osoittavia, eli negatiivisia muutoksia, jossain luonnon monimuotoisuuden osa-alueessa. Plus (+) merkintä viittaa aineistoihin, jotka potentiaalisesti olisivat voineet osoittaa negatiivisia muutoksia jossain luonnon monimuotoisuuden osa-alueessa, mutta jotka eivät niin tehneet vaan, joissa näkyi sen sijaan positiivisia muutoksia tai ei muutoksia lainkaan luonnon monimuotoisuuden tilassa.

- (1) Altartouri A, Nurminen L, Jolma A. 2014. Modeling the role of the close-range effect and environmental variables in the occurrence and spread of *Phragmites australis* in four sites on the Finnish coast of the Gulf of Finland and the Archipelago Sea. *Ecology and Evolution* 4:987–1005. +
- (2) Aronsuu K, Huhmarniemi A. 2004. Changes in the European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) population of the Kalajoki — potential consequences of the alterations of fishing patterns in the Gulf of Bothnia. *Annales Zoologici Fennici* 41:195–204. –
- (3) Bergström L, Heikinheimo O, Svirgsden R, Kruze E, Ložys L, Lappalainen A, Saks L, Minde A, Dainys J, Jakubavičiute E, Ådjers K, Olsson J. 2016. Long term changes in the status of coastal fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169:74–84. –, +
- (4) Blomqvist E. 1984. Changes in fish community structure and migration activity in a brackish bay isolated by land upheaval and reverted by dredging. *Ophelia Supplement* 3:11–21. –
- (5) Bonsdorff E, Aarnio K, Lindell A, Sandberg E. 1992. Long-term changes in the archipelago waters of Åland - a comparison of the zoobenthos 1972-90. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 68:1–9. –, +
- (6) Bonsdorff E, Blomqvist E, Mattila J, Norkko A. 1997a. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta* 20:319–329. –, +
- (7) Bonsdorff E, Blomqvist E, Mattila J, Norkko A. 1997b. Coastal eutrophication: Causes, consequences and perspectives in the Archipelago areas of the northern Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 44:63–72. –, +
- (8) Boström C, Bonsdorff E, Kangas P, Norkko A. 2002. Long-term changes of a brackish-water eelgrass (*Zostera marina* L.) community indicate effects of coastal eutrophication. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 55:795–804. –, +
- (9) Candolin U, Voigt H-R. 2020. Population growth correlates with increased fecundity in three-spined stickleback populations in a human-disturbed environment. *Aquatic Sciences* 82:21. +
- (10) Eveleens Maarse F, Salovius-Laurén S, Snickars M. 2020. Long-term changes in the phytobenthos of the southern Åland Islands, northern Baltic Sea. *Nordic Journal of Botany* 38: e02751 –, +
- (11) Fernandes JA, Kauppila P, Uusitalo L, Fleming-Lehtinen V, Kuikka S, Pitkänen H. 2012. Evaluation of reaching the targets of the water framework directive in the Gulf of Finland. *Environmental Science and Technology* 46:8220–8228. +
- (12) Finni T, Laurila S, Laakkonen S. 2001. The history of eutrophication in the sea area of Helsinki in the 20th century - Long-term analysis of plankton assemblages. *AMBIO* 30:264–271. –



- (13) Hänninen J, Vuorinen I. 2001. Macrozoobenthos structure in relation to environmental changes in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Boreal Environmental Research* 6:93–105. +
- (14) Heikinheimo O, Pekcan-Hekim Z, Raitaniemi J. 2014. Spawning stock-recruitment relationship in pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in the Baltic Sea, with temperature as an environmental effect. *Fisheries Research* 155:1–9. +
- (15) Holmström N, Haahtela I, Bonsdorff E. 2007. A new reality for coastal zoobenthos: Long-term changes (1958–2005) in a shallow sheltered bay. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 83:1–8. –, +
- (16) Honkanen T, Helminen H. 2000. Impacts of fish farming on eutrophication: Comparisons among different characteristics of ecosystem. *International Review of Hydrobiology* 85:673–686. +
- (17) Hudd R, Leskelä A. 1998. Acidification-induced species shifts in coastal fisheries off the River Kyrönjoki, Finland: A case study. *AMBIO* 27:535–538. –, +
- (18) Hudd R, Kjellman J, Urho L. 1996. The increase of coincidence in relative year-class strengths of coastal perch (*Perca fluviatilis* L.) stocks in the Baltic Sea. *Annales Zoologici Fennici* 33:383–387. +
- (19) Ilus E, Keskitalo J. 2008. The response of phytoplankton to increased temperature in the Loviisa archipelago, Gulf of Finland. *Boreal Environment Research* 13:503–516. –, +
- (20) Jaatinen K, Westerbom M, Norkko A, Mustonen O, Koons DN. 2021. Detrimental impacts of climate change may be exacerbated by density-dependent population regulation in blue mussels. *Journal of Animal Ecology* 90:562–573. +
- (21) Jokinen H, Wennhage H, Ollus V, Aro E, Norkko A. 2016. Juvenile flatfish in the northern Baltic Sea – long-term decline and potential links to habitat characteristics. *Journal of Sea Research* 107:67–75. –
- (22) Jokinen H, Wennhage H, Lappalainen A, Ådjers K, Rask M, Norkko A. 2015. Decline of flounder (*Platichthys flesus* (L.)) at the margin of the species' distribution range. *Journal of Sea Research* 105:1–9. –
- (23) Jutila E, Saura A, Kallio-Nyberg I, Huhmarniemi A, Romakkaniemi A. 2007. The status and exploitation of sea trout on the Finnish coast of the Gulf of Bothnia in the Baltic Sea. *Teoksessa: Harris G, Milner N (Toim.). Sea Trout: Biology, Conservation and Management. Blackwell Publishing Ltd. pp. 128–138.* –
- (24) Kääriä J, Eklund J, Hallikainen S, Kääriä R, Rajasilta M, Ranta-aho K, Soikkeli M. 1988. Effects of coastal eutrophication on the spawning grounds of the Baltic herring in the SW Archipelago of Finland. *Kieler Meeresforschungen - Sonderheft* 6:348–356. –
- (25) Kangas P, Autio H, Hällfors G, Luther H, Niemi A, Salemaa H. 1982. A general model of the decline of *Fucus vesiculosus* at Tvärminne, south coast of Finland in 1977–81 (Baltic Sea). *Acta Botanica Fennica* 118:1–27. –
- (26) Keskitalo J. 1987. Phytoplankton in the sea area off the Olkiluoto nuclear power station, west coast of Finland. *Annales Botanici Fennici* 24:281–299. –, +



- (27) Kjellman J, Hudd R. 1996. Changed length-at-age of burbot, *Lota lota*, from an acidified estuary in the Gulf of Bothnia. *Environmental Biology of Fishes* 45:65–73. –, +
- (28) Kokkonen E, Vainikka A, Heikinheimo O. 2015. Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch *Sander lucioperca*. *Fisheries Research* 167:1–12. –, +
- (29) Kokkonen E, Heikinheimo O, Pekcan-Hekim Z, Vainikka A. 2019. Effects of water temperature and pikeperch (*Sander lucioperca*) abundance on the stock–recruitment relationship of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) in the northern Baltic Sea. *Hydrobiologia* 841:79–94. –, +
- (30) Korhola A, Blom T. 1996. Marked early 20th century pollution and the subsequent recovery of Töölö Bay, central Helsinki, as indicated by subfossil diatom assemblage changes. *Hydrobiologia* 341:169–179. –, +
- (31) Kraufvelin P, Sinisalo B, Leppäkoski E, Mattila J, Bonsdorff E. 2001. Changes in zoobenthic community structure after pollution abatement from fish farms in the Archipelago Sea (N. Baltic Sea). *Marine Environmental Research* 51:229–245. –, +
- (32) Laine AO, Luodekari K, Poikonen M, Viitasalo M. 2003. A comparison between 1928 and 2000 indicates major changes in the macrozoobenthos species composition and abundance on the SW coast of Finland (Baltic Sea). *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology* 52:3. –, +
- (33) Lappalainen A, Pesonen L. 2000. Changes in fish community structure after cessation of waste water discharge in a coastal bay area west of Helsinki, Northern Baltic Sea. *Archive of Fishery and Marine Research* 48:226–241. –, +
- (34) Lappalainen A, Söderkultalahti P, Wiik T. 2002. Changes in the commercial fishery for pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) on the Finnish coast from 1980 to 1999 – Consequences of environmental and economic factors. *Archive of Fishery and Marine Research* 49:199–212. +
- (35) Lappalainen A, Rask M, Koponen H, Vesala S. 2001. Relative abundance, diet and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvärminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: Responses to eutrophication? *Boreal Environment Research* 6:107–118. –
- (36) Lappalainen A, Hyvönen J, Söderkultalahti P, Heikkinen J. 2020. Estimating annual cpue indices for perch (*Perca fluviatilis*) from monthly logbook data of a gill-net fishery in the Bothnian Bay, Baltic Sea. *Boreal Environment Research* 25:79–91. –, +
- (37) Lappalainen A, Saks L, Sustar M, Heikinheimo O, Juergens K, Kokkonen E, Kurkilahti M, Verliin A, Vetemaa M. 2016. Length at maturity as a potential indicator of fishing pressure effects on coastal pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks in the northern Baltic Sea. *Fisheries Research* 174:47–57. +
- (38) Lappalainen J, Lehtonen H. 1995. Year-class strength of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L) in relation to environmental factors in a shallow Baltic Bay. *Annales Zoologici Fennici* 32:411–419. +
- (39) Lehikoinen A, Heikinheimo O, Lappalainen A. 2011. Temporal changes in the diet of great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) on the southern coast of Finland – Comparison with available fish data. *Boreal Environment Research* 16:61–70. –, +



- (40) Lehtikoinen A, Heikinheimo O, Lehtonen H, Rusanen P. 2017. The role of cormorants, fishing effort and temperature on the catches per unit effort of fisheries in Finnish coastal areas. *Fisheries Research* 190:175–182. +
- (41) Lehtonen H, Jokikokko E. 1995. Changes in the heavily exploited vendace (*Coregonus albula* L.) stock in the northern Bothnian Bay. *Advances in Limnology* 46:379–386. –, +
- (42) Lehtonen H, Urho L, Kjellman J. 1998. Responses of ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) abundance to eutrophication. *Journal of Great Lakes Research* 24:285–292. –, +
- (43) Lehtonen H, Leskinen E, Selen R, Reinikainen M. 2009. Potential reasons for the changes in the abundance of pike, *Esox lucius*, in the western Gulf of Finland, 1939–2007. *Fisheries Management and Ecology* 16:484–491. –, +
- (44) Leonardsson K, Hudd R, Veneranta L, Huhmarniemi A, Jokikokko E. 2016. Optimal time and sample allocation for uncohort fish larvae, sea-spawning whitefish (*Coregonus lavaretus* s. l.) as a case study. *Ices Journal of Marine Science* 73:374–383. +
- (45) Leppäkoski E, Helminen H, Hanninen J, Tallqvist M. 1999. Aquatic biodiversity under anthropogenic stress: an insight from the Archipelago Sea (SW Finland). *Biodiversity and Conservation* 8:55–70. –
- (46) Mattila J. 1993. Long-term changes in the bottom fauna along the Finnish coast of the southern Bothnian Sea. *Aqua Fennica* 23:143–152. –, +
- (47) McCairns RJS, Kuparinen A, Panda B, Jokikokko E, Merilä J. 2012. Effective size and genetic composition of two exploited, migratory whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) populations. *Conservation Genetics* 13:1509–1520. –, +
- (48) Momigliano P, Jokinen H, Calboli F, Aro E, Merilä J. 2019. Cryptic temporal changes in stock composition explain the decline of a flounder (*Platichthys* spp.) assemblage. *Evolutionary Applications* 12:549–559. –
- (49) Munsterhjelm R, Henricson C, Sandberg-Kilpi E. 2008. The decline of a charophyte – occurrence dynamics of *Chara tomentosa* L. at the southern coast of Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 84:56–80. –
- (50) Mustamäki N, Mattila J. 2015. Structural changes in three coastal fish assemblages in the northern Baltic Sea archipelago. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 164:408–417. –, +
- (51) Mustamäki N, Bergström U, Ådjers K, Sevastik A, Mattila J. 2014. Pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in decline: High Mortality of Three Populations in the Northern Baltic Sea. *AMBIO* 43:325–336. –, +
- (52) Olli K, Nyman E, Tamminen T. 2023. Half-century trends in alpha and beta diversity of phytoplankton summer communities in the Helsinki Archipelago, the Baltic Sea. *Journal Of Plankton Research* 45:146–162. +
- (53) Olsson J, Andersson ML, Bergström U, Arlinghaus R, Audzijonyte A, Berg S, Briekmane L, Dainys J, Ravn HD, Droll J, Dziemian Ł, Fey DP, Van Gemert R, Greszkiewicz M, Grochowski A, Jakubavičiūtė E, Lozys L, Lejk AM, Mustamäki N, Naddafi R, Olin M, Saks L, Skov C, Smoliński S, Svirgdsen R, Tiainen J, Östman Ö. 2023. A pan-Baltic assessment of temporal trends in coastal pike populations. *Fisheries Research* 260:106594. –, +





- (54) Packalén A, Korpinen S, Lehtonen KK. 2008. The invasive amphipod species *Gammarus tigrinus* (Sexton, 1939) can rapidly change littoral communities in the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Aquatic Invasions* 3:405–412. –
- (55) Palmqvist G, von Numers M. 2006. Changes in the flora during a half-century in the central part of the Archipelago Sea, SW Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 82:10–23. +
- (56) Parmanne R, Lindström K. 2003. Annual variation in gobiid larval density in the northern Baltic Sea. *Journal of Fish Biology* 62:413–426. +
- (57) Pekcan-Hekim Z, Urho L, Auvinen H, Heikinheimo O, Lappalainen J, Raitaniemi J, Söderkultalahti P. 2011. Climate warming and pikeperch year-class catches in the Baltic Sea. *AMBIO* 40:447–456. +
- (58) Peltonen H, Weigel B. 2022. Responses of coastal fishery resources to rapid environmental changes. *Journal Of Fish Biology* 101:686–698. –, +
- (59) Perus J, Bonsdorff E. 2004. Long-term changes in macrozoobenthos in the Åland archipelago, northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 52:45–56. –, +
- (60) Pitkänen H, Peuraniemi M, Westerborn M, Kilpi M, von Numers M. 2013. Long-term changes in distribution and frequency of aquatic vascular plants and charophytes in an estuary in the Baltic Sea. *Annales Botanici Fennici* 50:1–54. –, +
- (61) Rajasilta M, Mankki J, Ranta-Aho K, Vuorinen I. 1999. Littoral fish communities in the Archipelago Sea, SW Finland: a preliminary study of changes over 20 years. *Hydrobiologia* 393:253–260. –
- (62) Rajasilta M, Mäkinen K, Ruuskanen S, Hänninen J, Laine P. 2021. Long-term data reveal the associations of the egg quality with abiotic factors and female traits in the Baltic herring under variable environmental conditions. *Frontiers in Marine Science* 8:698480. –
- (63) Rajasilta M, Elfving M, Hänninen J, Laine P, Vuorinen I, Paranko J. 2016. Morphological abnormalities in gonads of the Baltic herring (*Clupea harengus membras*): Description of types and prevalence in the northern Baltic Sea. *AMBIO* 45:205–214. –, +
- (64) Rajasilta M, Hänninen J, Laaksonen L, Laine P, Suomela J-P, Vuorinen I, Mäkinen K. 2019. Influence of environmental conditions, population density, and prey type on the lipid content in Baltic herring (*Clupea harengus membras*) from the northern Baltic Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 76:576–585. –
- (65) Reuss N, Conley D, Bianchi T. 2005. Preservation conditions and the use of sediment pigments as a tool for recent ecological reconstruction in four Northern European estuaries. *Marine Chemistry* 95:283–302. +
- (66) Rinne H, Salovius-Laurén S. 2020. The status of brown macroalgae *Fucus* spp. and its relation to environmental variation in the Finnish marine area, northern Baltic Sea. *Ambio* 49:118–129. –, +
- (67) Rinne H, Kostamo K. 2022. Distribution and species composition of red algal communities in the northern Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 269:107806. –, +
- (68) Rönnerberg C, Bonsdorff E. 2004. Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences. *Hydrobiologia* 514:227–241. –, +



- (69) Rönnerberg O, Mathiesen L. 1998. Long-term changes in the marine macroalgae of Lågskär, Åland Sea (N Baltic). *Nordic Journal of Botany* 18:379–384. –, +
- (70) Rönnerberg O, Lehto J, Haahtela I. 1985. Recent changes in the occurrence of *Fucus vesiculosus* in the Archipelago Sea, SW Finland. *Annales Botanici Fennici* 22:231–244. –, +
- (71) Roos C, Rönnerberg O, Berglund J, Alm A. 2004. Long-term changes in macroalgal communities along ferry routes in a northern Baltic archipelago. *Nordic Journal of Botany* 23:247–259. –, +
- (72) Sahla M, Tolvanen H, Ruuskanen A, Kurvinen L. 2020. Assessing long term change of *Fucus* spp. communities in the northern Baltic Sea using monitoring data and spatial modeling. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 245:107023. –
- (73) Snickars M, Weigel B, Bonsdorff E. 2015. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Marine Biology* 162:141–151. –, +
- (74) Snickars M, Rinne H, Salovius-Laurén S, Arponen H, O'Brien K. 2014. Disparity in the occurrence of *Fucus vesiculosus* in two adjacent areas of the Baltic Sea — current status and outlook for the future. *Boreal Environment Research* 19:441–451. –, +
- (75) Torn K, Krause-Jensen D, Martin G. 2006. Present and past depth distribution of bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) in the Baltic Sea. *Aquatic Botany* 84:53–62. –
- (76) Vahteri P, Vuorinen I. 2016. Continued decline of the bladderwrack, *Fucus vesiculosus*, in the Archipelago Sea, northern Baltic proper. *Boreal Environment Research* 21:373–386. –, +
- (77) Veneranta L, Hudd R, Vanhatalo J. 2013. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Marine Ecology Progress Series* 477:231–250. –, +
- (78) Veneranta L, Kallio-Nyberg I, Saloniemi I, Jokikokko E, Nash AER. 2021. Changes in age and maturity of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus*) in the northern Baltic Sea from 1998 to 2014. *Aquatic Living Resources* 34:9. –, +
- (79) Viitasalo M, Bonsdorff E. 2022. Global climate change and the Baltic Sea ecosystem: direct and indirect effects on species, communities and ecosystem functioning. *Earth System Dynamics* 13:711–747. –
- (80) Villnäs A, Perus J, Bonsdorff E. 2011. Structural and functional shifts in zoobenthos induced by organic enrichment - Implications for community recovery potential. *Journal Of Sea Research* 65:8–18. –, +
- (81) Virtanen EA, Kallio N, Nurmi M, Jernberg S, Saikkonen L, Forsblom L. 2023. Recreational land use contributes to the loss of marine biodiversity. *People and Nature* pan3:10444. –
- (82) von Numers M, Korvenpää T. 2007. 20th Century vegetation changes in an island archipelago, SW Finland. *Ecography* 30:789–800. +
- (83) Weckström K. 2006. Assessing recent eutrophication in coastal waters of the Gulf of Finland (Baltic Sea) using subfossil diatoms. *Journal of Paleolimnology* 35:571–592. –, +
- (84) Weckström K, Korhola A, Weckström J. 2007. Impacts of eutrophication on diatom life forms and species richness in coastal waters of the Baltic Sea. *AMBIO* 36:155–160. –
- (85) Weigel B, Blenckner T, Bonsdorff E. 2016. Maintained functional diversity in benthic communities in spite of diverging functional identities. *OIKOS* 125:1421–1433. –, +



- (86) Weigel B, Mäkinen J, Kallasvuo M, Vanhatalo J. 2021. Exposing changing phenology of fish larvae by modeling climate effects on temporal early life-stage shifts. *Marine Ecology Progress Series* 666:135–148. –
- (87) Weigel B, Andersson HC, Meier HEM, Blenckner T, Snickars M, Bonsdorff E. 2015. Long-term progression and drivers of coastal zoobenthos in a changing system. *Marine Ecology Progress Series* 528:141–159. –, +
- (88) Westerbom M, Mustonen O, Jaatinen K, Kilpi M, Norkko A. 2019. Population dynamics at the range margin: implications of climate change on sublittoral blue mussels (*Mytilus trossulus*). *Frontiers in Marine Science* 6:292. –, +
- (89) Yletyinen J, Bodin Ö, Weigel B, Nordström MC, Bonsdorff E, Blenckner T. 2016. Regime shifts in marine communities: a complex systems perspective on food web dynamics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283:20152569. –
- (90) Ådjers K, Appelberg M, Eschbaum, R, Lappalainen A, Minde A, Repečka R, Thoresson G. 2006. Trends in coastal fish stocks of the Baltic Sea. *Boreal Environment Research* 11.13–25. –, +



## Liite 3. Tietohaun tulokset

### SISÄLLYSLUETTELO\_Toc161945821

1.1 Koko aineisto .....	169
1.2 Todistusaineistot eliöryhmäkohtaisesti .....	184
1.3 Todistusaineistot luontotyyppikohtaisesti .....	187
1.4 Todistusaineistot merialueittain .....	189

#### 1.1 Koko aineisto

Raportin kirjallisuushaun perusteella sisällytetyt artikkelit olivat peräisin 48 eri tieteellisestä lehdestä (taulukko 3.1). Raporttiin sisällytettyjen artikkeleiden ja havaintojen tekemiseen käytetyt aineistot vaihtelivat suuresti käsittäen muun muassa tutkimusten primäärinäytteenottodataa ja aikaisempien tutkimusten raakadataa, kirjallisuustietoja, kansallista seuranta- ja inventointidataa, virallista tilastodataa, sekä tutkimushankkeiden, kuntien ja teollisuuden seurantatietoja, kansallista seuranta- ja inventointidataa, sekä virallista tilastodataa. Tähän liitteeseen on kerätty lisätietoja aineiston jakautumisesta kokonaisuutena, sekä eliöryhmä-, luontotyyppi- ja merialuekohtaisesti.

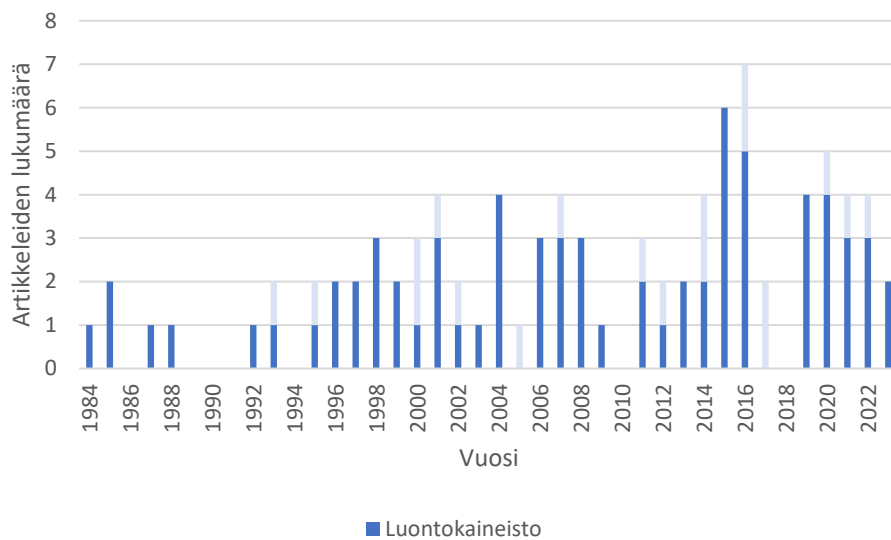
Sisällytettyjen artikkeleiden ja luonnon monimuotoisuuden muutoksiin liittyvien tutkimushavaintojen lukumäärät julkaisu vuosittain esitetään kuvissa 3.1 ja 3.2. Sisällytettyjen artikkeleiden keskimääräinen julkaisutahti oli noin 2,3 artikkelia vuosittain. Artikkeleiden julkaisutahti on vaihdellut suuresti vuosien välillä (kuva 3.1), mutta kiihtynyt 80-luvulta tähän päivään: 1980-luvulta artikkeleita on viisi, 1990-luvulta 14, 2000-luvulta 26, 2010-luvulta 30, ja 2020-luvulta 15 artikkelia. Vastaavasti tutkimushavaintojen jakautumisessa julkaisu vuosittain näkyi vuosien välistä vaihtelua (kuva 3.2) sekä ajan saatossa kasvava julkaisumäärä: 1980-luvulta havaintoja kertyi 11, 1990-luvulta 107, 2000-luvulta 211, 2010-luvulta 211 ja 2020-luvulta 234 havaintoa. Havaintoja kertyi keskimäärin 19,4 vuosittain.

Suurin osa kaikista tutkimushavainnoista kattoi 1–25 vuotta (34 prosenttia) tai 26–50 vuotta (41 prosenttia), ja kymmenen vuoden jaksoin tarkasteltuna eniten havaintoja oli tutkimuksista, jotka kattoivat 11–20 vuotta (180 kappaletta, noin 24 prosenttia, kuva 3.3). Luontokatoa osoittaneiden havaintojen ajallinen kattavuus jakaantui hyvin saman tapaisesti (kuva 3.4). Ajallisen kattavuuden suhteen tarkasteltuna luontokatoa osoittavien aineistojen suhteellinen yleisyys oli suurinta (88 prosenttia) ajallisesti kattavimmissa aineistoissa (yli 75 vuotta, kuva 3.5). Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli korkeimmillaan vanhimmissa aineistoissa (aineiston päättymisvuodet 1955–1964: 100 prosenttia), joita kuitenkin lukumäärällisesti oli hyvin vähän (viisi kappaletta), jonka jälkeen osuus vaihteli melko tasaisesti noin 43 ja 64 prosentin välissä (kuva 3.6).

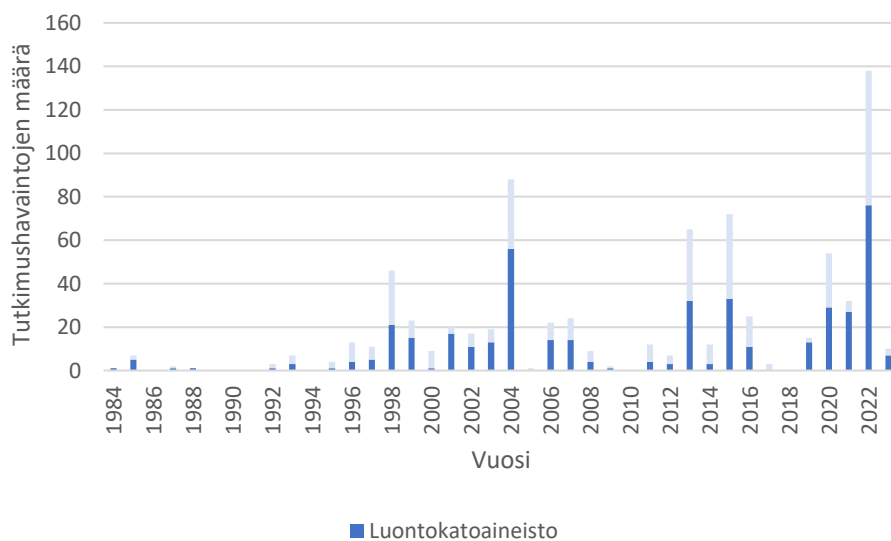


Taulukko 3.1. Raporttiin sisällytetyt artikkelit ja tutkimushavainnot listattuna julkaisuittain.

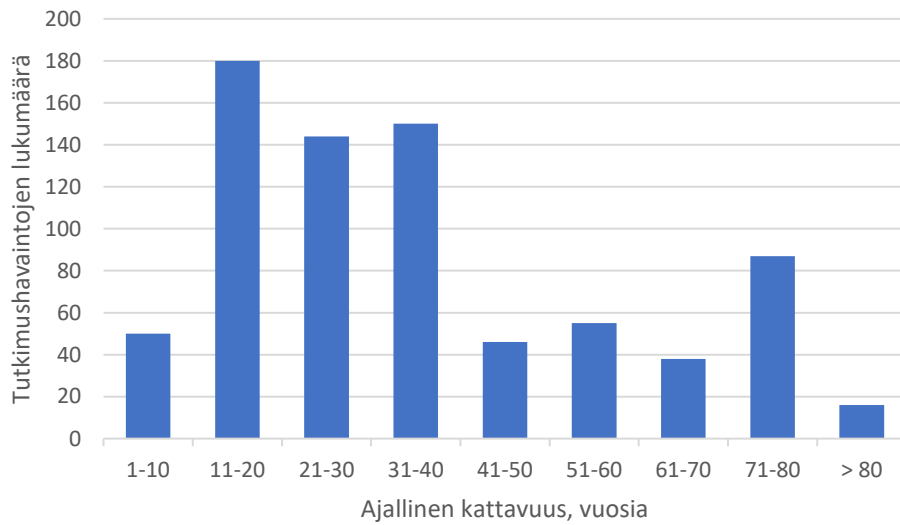
Tiedejulkaisu	Artikkelit (kpl)	Tutkimushavainnot (kpl)
Acta Botanica Fennica	1	1
Advances in Limnology	2	5
AMBIO	7	23
Annales Botanici Fennici	3	70
Annales Zoologici Fennici	3	5
Aqua Fennica	1	5
Aquatic Botany	1	3
Aquatic Invasions	1	1
Aquatic Living Resources	1	20
Aquatic Sciences	1	2
Archive of Fishery and Marine Research	2	4
Biodiversity and Conservation	1	2
Boreal Environment Research	8	35
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences	1	1
Sea Trout: Biology, Conservation and Management (book)	1	3
Conservation Genetics	1	5
Earth System Dynamics	1	1
Ecography	1	4
Ecology and Evolution	1	4
Environmental Biology of Fishes	1	7
Environmental Science and Technology	1	2
Estuarine, Coastal and Shelf Science	6	103
Evolutionary Applications	1	1
Fisheries Management and Ecology	1	2
Fisheries Research	5	17
Frontiers in Marine Science	2	14
Hydrobiologia	4	37
ICES Journal of Marine Science	1	2
International Review of Hydrobiology	1	3
Journal of Animal Ecology	1	1
Journal of Fish Biology	2	93
Journal of Great Lakes Research	1	6
Journal of Paleolimnology	1	10
Journal of Plankton Research	1	1
Journal of Sea Research	4	30
Kieler Meeresforschungen - Sonderheft	1	1
Marine Biology	1	2
Marine Chemistry	1	1
Marine Ecology Progress Series	3	35
Marine Environmental Research	1	13
Memoranda - Societatis pro Fauna et Flora Fennica	3	20
Nordic Journal of Botany	3	142
Oceanologica Acta	1	6
OIKOS	1	2
Ophelia	1	1
People and Nature	1	4
Proceedings of the Estonian Academy of Sciences	1	19
Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	1	5



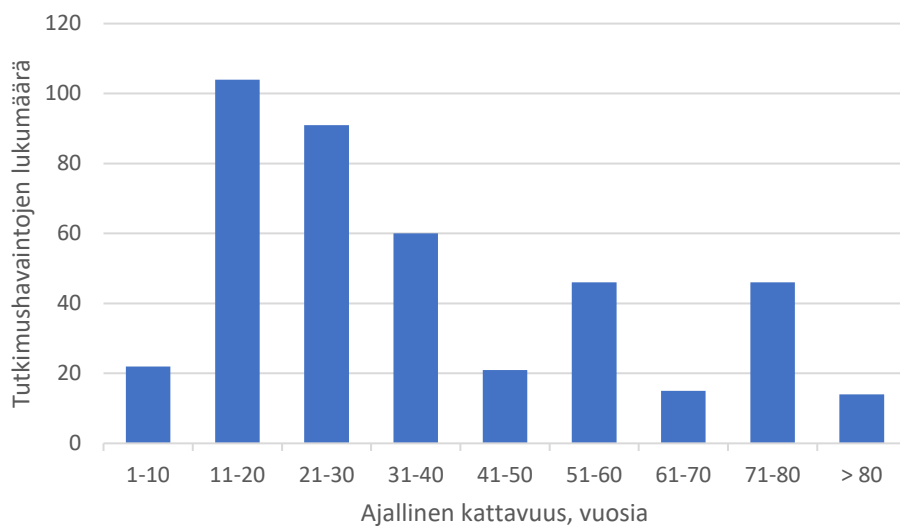
Kuva 3.1. Sisällytettyjen artikkeleiden (n = 90) lukumäärä julkaisuvuosittain. Luontokatoaineistoja sisältävien artikkeleiden osuus koko aineistossa esitetty tummemmalla värillä.



Kuva 3.2. Tutkimushavaintojen lukumäärä (n = 774) julkaisuvuosittain. Luontokatoaineistojen osuus koko aineistossa esitetty tummemmalla värillä.

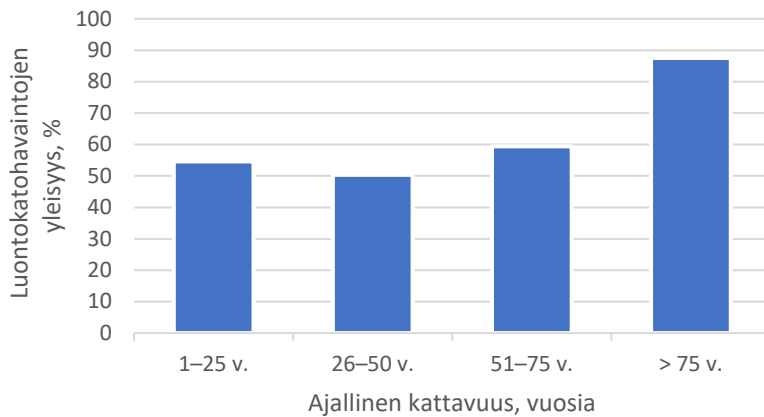


Kuva 3.3. Kaikkien sisällytettyjen aineistojen ajallinen kattavuus 10 vuoden jaksoissa.

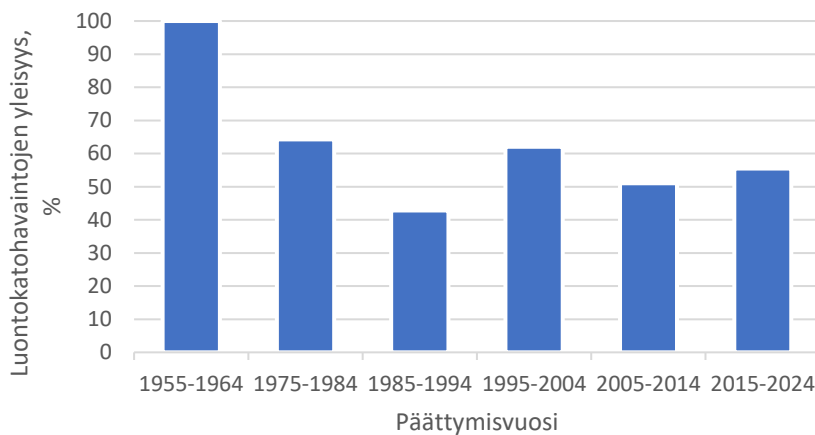


Kuva 3.4. Luontokadon havaintoja sisältävien aineistojen ajallinen kattavuus 10 vuoden jaksoissa.





**Kuva 3.5. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys ajallisen kattavuuden mukaan.** Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä aineistojen ajallisen kattavuuden suhteen 25 vuoden jaksoissa.

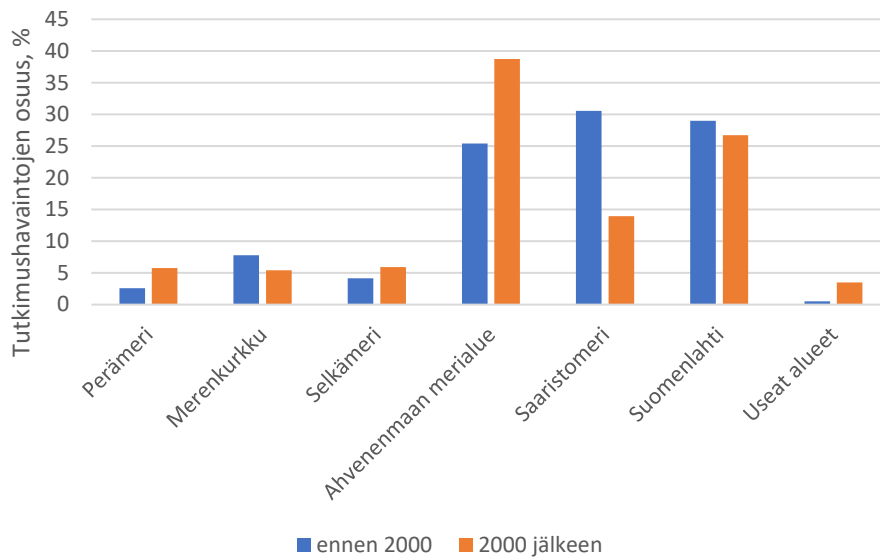


**Kuva 3.6. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys havaintojen päättymisvuoden mukaan.** Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä havaintojen päättymisvuosien mukaan ryhmiteltynä kymmenen vuoden jaksoihin.

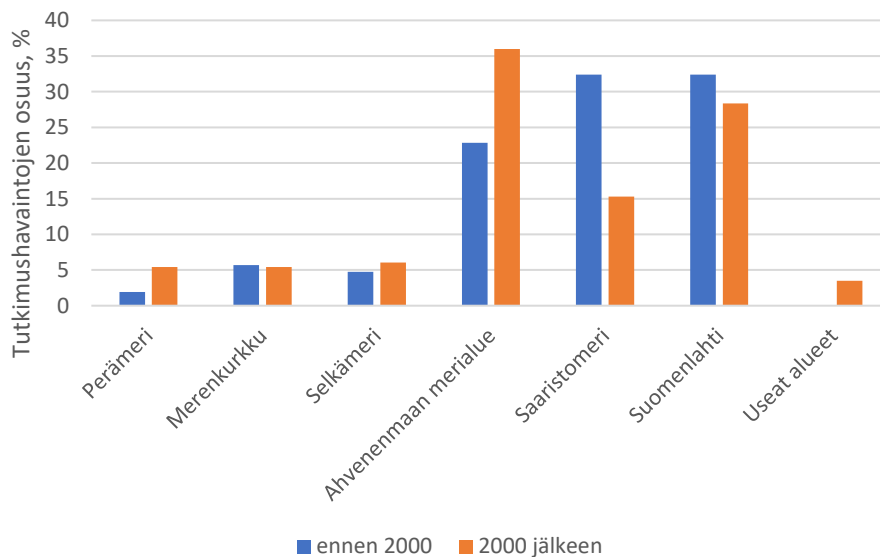
Aineistot koostuivat tutkimuksista, joiden maantieteellinen kattavuus vaihteli yksittäisistä, rajatuista tutkimusaloista tai seurantapaikoista (esimerkiksi tietty merenlahti tai yksittäinen näytteenottopiste) tietyn merialueen tai jopa koko rannikon kattaviksi. Todistusaineistokohtainen näytteenottopisteiden määrä aineistossa vaihteli yhdestä yli 90 sellaisissa tutkimuksissa, joissa tieto oli ilmoitettu tai oli oleellinen tutkimuksen yleispiirteen ja rakenteen kannalta. Merialueittain suurin osa kaikista sisällytetyistä tutkimushavainnoista ja luontokatoa osoittavista havainnoista käsitteli Ahvenanmaan merialuetta, Suomenlahtea ja Saaristomerta. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys oli suurin (59 prosenttia) Saaristomerellä ja Suomenlahdella ja pienin Ahvenanmaan merialueella (51 prosenttia). Ajallisesti tarkasteltuna, niin kaikissa aineistoissa kuin luontokatoa osoittavissa aineistoissa erikseen, Ahvenanmaan merialuetta koskevien aineistojen osuus oli selkeästi suurempi uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa ja Saaristomerta koskevien aineistojen osuus taas selkeästi pienempi (kuvat 3.7 ja 3.8). Ajallisesti tarkasteltuna ennen vuotta 2000 yltäneissä aineistoissa luontokatoaineistojen suhteellinen osuus kaikista oli pienin



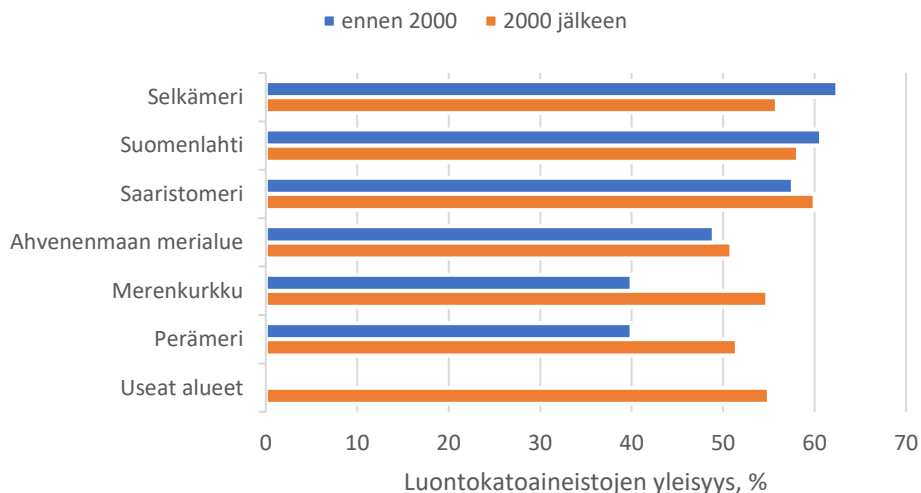
Perämerellä ja Merenkurkussa (40 prosenttia) ja suurin Selkämerellä (63 prosenttia). Vuosituhannen vaihteen yli yltäneissä aineistoissa pienin luontokadon esiintymisosuus oli Ahvenanmaan merialueella ja suurin Saaristomerellä (kuva 3.9).



Kuva 3.7. Kaikkien sisällytettyjen ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 766) jakautuminen merialueittain esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhannen vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 573) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 193).

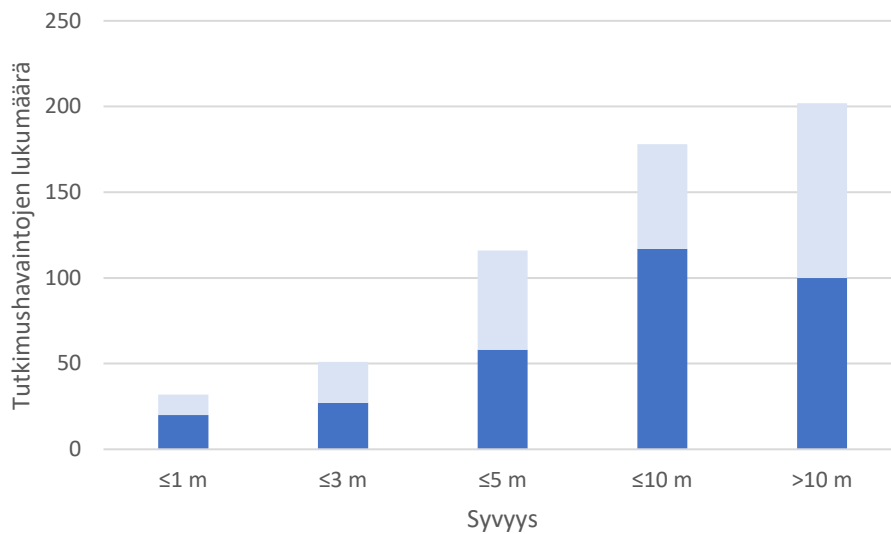


Kuva 3.8. Luontokadon havaintoja sisältävien ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 419) jakautuminen merialueittain esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhannen vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 314) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 105).

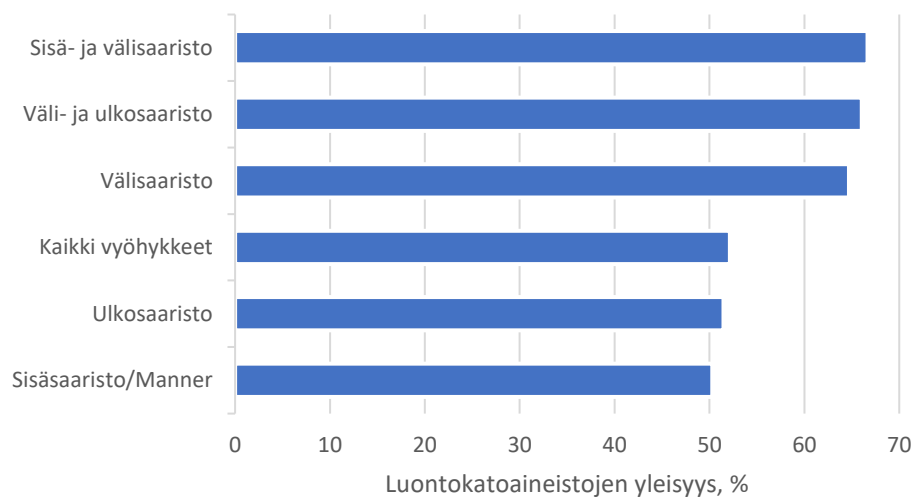


**Kuva 3.9. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys ajallisen sijoittumisen mukaan merialueittain.** Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetty aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä merialueittain uudempiin ja vanhempiin havaintoihin jaoteltuna. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhannen vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 314) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 105).

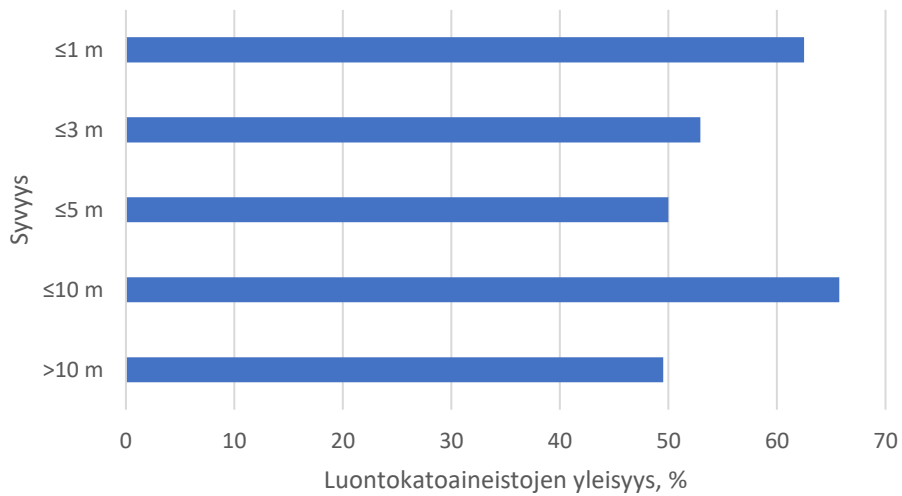
Todistusaineistot käsittivät monia erilaisia ympäristöjä, jokisuistoista ja suojaisista lahdelmista avonaisiin rannikkoalueisiin ja rannikon vesimassaan. Sisällytetyissä artikkeleissa tiedot aineistojen sijoittumisesta eri saaristovyöhykkeille (sisä-, väli- ja ulkosaaristo) sekä aineistojen syvyytiedot olivat usein puutteellisia tai epätarkkoja, sekä monissa tapauksissa tutkimusten luonteen vuoksi vaikeasti määriteltävissä. Sekä kaikki aineistot että luontokadon todistusaineistot jakautuivat melko tasaisesti kaikille saaristovyöhykkeille. Kaikkien aineistojen syvyyssryhmittelyssä suurin ryhmä (35 prosenttia) oli yli 10 metrin syvyyssryhmä, kun taas luontokatoaineistoissa vallitsevin oli alle 10 metrin syvyyssryhmä (kuva 3.10). Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys vaihteli ilman selkeätä kaavaa syvyyss- ja saaristovyöhykkeiden osalta (kuvat 3.11 ja 3.12). Pääympäristötyypeittäin tarkasteltuna yksittäisiin ympäristötyyppeihin määriteltävissä olevat todistusaineistot kattoivat melko tasaisesti sekä pehmeät (noin 36 prosenttia) että kovat (noin 28 prosenttia) merenpohjat, kun taas noin kolmannes kaikista aineistoista oli liitetty useampaan kuin yhteen pääympäristötyyppiin. Luontokatoaineistojen osalta jako oli samankaltainen. Suhteessa kaikkeen aineistoon luontokatoa esiintyi eniten kovilla pohjilla sekä infralitoraalissa ja vähiten vesipatsaassa (kuvat 3.13 ja 3.14). Luontokatoaineistojen suhteellinen osuus oli suurin biogeenisissä elinympäristöissä ja pienin vesimassassa (kuva 3.15).



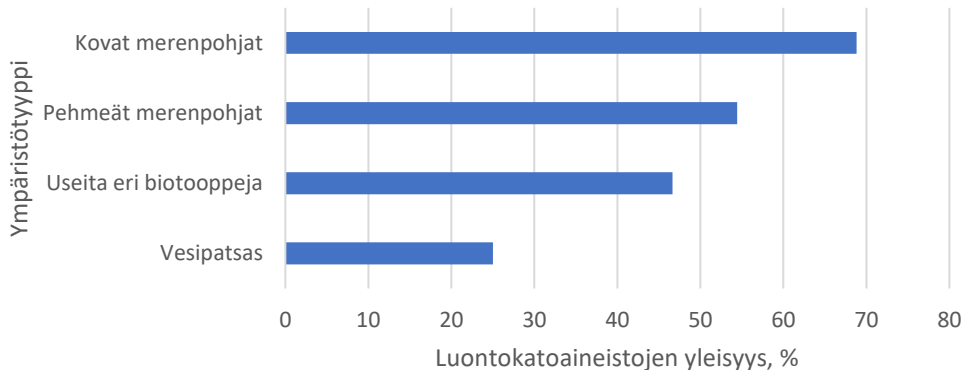
**Kuva 3.10. Syvyyssmääriteltyjen tutkimushavaintojen (n = 579) kohdentuminen eri veden syvyyssryhmittelyihin.** Esimerkiksi ≤10 metrin syvyyssryhmä voi käsittää syvyyksiä 0 ja 10 metrin välillä ja valikoituu ryhmittelyksi silloin, kun todistusaineisto koskee näin laajaa syvyyssintervallia tai jos aineistolähteessä ei syvyyttä ole tämän tarkemmin määritelty. Luontokatoaineistojen (n = 322) osuus koko aineistossa on esitetty tummemmalla värillä.



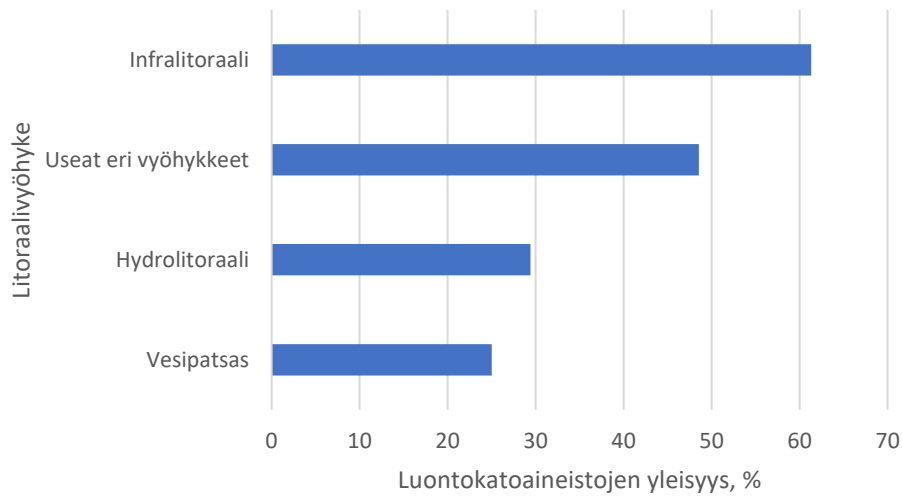
**Kuva 3.11. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys saaristovyöhykkeittäin.** Saaristovyöhykkeisiin liitettävissä olevien luontokatoa osoittavien havaintojen (n = 416) suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettyinä saaristovyöhykkeittäin.



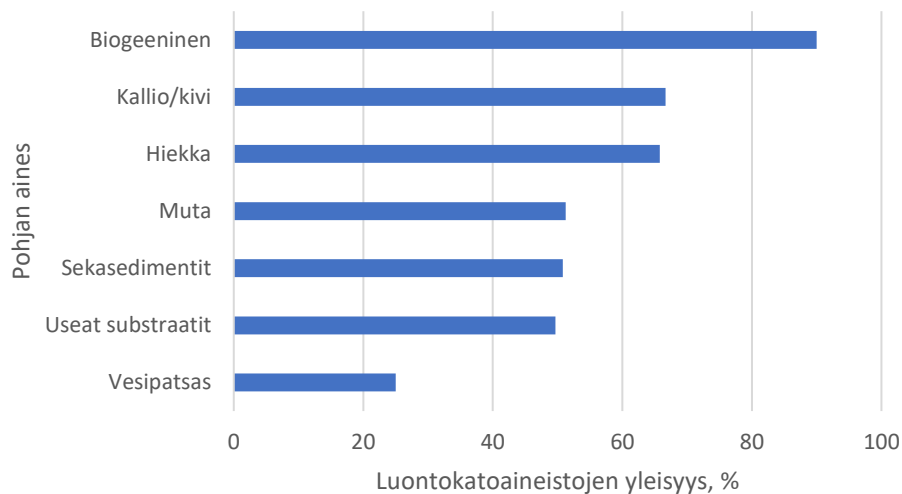
**Kuva 3.12. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys syvyysryhmittelyittäin.** Tarkempia syvyystietoja sisältävien luontokatoa osoittavien havaintojen (n = 322) suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä syvyysryhmittelyittäin. Esimerkiksi ≤10 metrin syvyysryhmä voi käsittää syvyyksiä 0 ja 10 metrin välillä ja valikoituu ryhmittelyksi silloin, kun todistusaineisto koskee näin laajaa syvyysintervallia tai jos aineistolähteessä ei syvyyttä ole tämän tarkemmin määritelty.



**Kuva 3.13. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys ympäristötyypeittäin.** Luontokatoa osoittavien havaintojen (n = 427) suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä rantavyöhykkeen pääympäristötyyppien mukaan.



**Kuva 3.14. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys litoraalivyöhykkeittäin.** Luontokatoa osoittavien havaintojen (n = 427) suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä rantavyöhykkeiden mukaan.

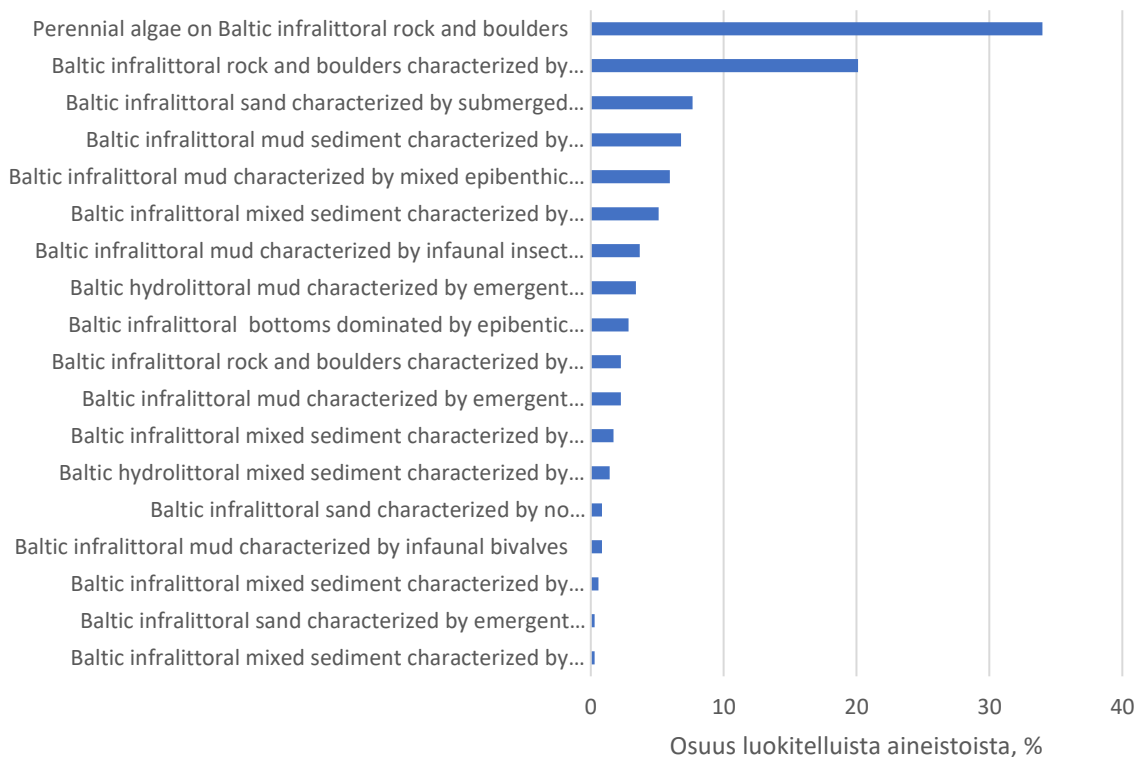


**Kuva 3.15. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys pohjan aineksen mukaan.** Luontokatoa osoittavien havaintojen (n = 427) suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä rantavyöhykkeen pohjan aineksen mukaan. Vesipatsas esitetty omana ryhmänä pohjan aines -ryhmien joukossa.

EU:n luontotyyppiluokituksen mukaan tarkasteltuna EUNIS tason 3 luokitteluun liitettävissä olevia todistusaineistoja oli noin 64 prosenttia kaikista aineistoista ja 67 prosenttia luontokadon aineistoista. EUNIS tasolle 4 oli kaikista aineistoista luokiteltavissa noin 46 prosenttia ja luontokatoaineistoista noin 51 prosenttia. Aineistoon liitettäviä EUNIS tason 3 luontotyyppejä oli yhteensä 8 kappaletta ja EUNIS tason 4 luontotyyppejä



18 kappaletta. EUNIS tason 3 luokittelua on kuvattu raportissa. Tason 4 selkeästi yleisin luontotyyppi oli monivuotiset makrolevät Itämeren infralittoraalin kallio-/kivipohjilla (34 prosenttia luokitelluista, kuva 3.16).



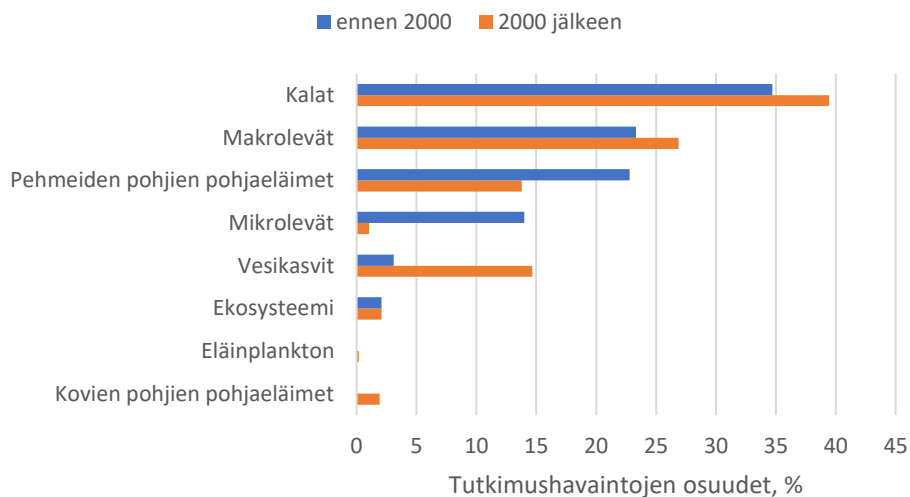
**Kuva 3.16. Tutkimusaineistojen lukumäärän prosentuaalinen jakautuminen EUNIS taso 4 luontotyyppiluokittain.** Sisältää vain tasolle 4 luokitellut aineistot, (n = 353). Tason 4 luontotyyppien nimet on kuvaajassa esitetty englanniksi.

Eliöryhmittäin kokonaisuudessaan eniten aineistoja oli kaloista (38 prosenttia) ja makrolevistä (26 prosenttia) ja vähiten eläinplanktonista ja kovien pohjien pohjaeläimistä (1 ja 11 kappaletta). Luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa jakautuminen eliöryhmittäin oli melko samalainen, joskin kalojen osuus oli hieman pienempi ja makrolevien osuus hieman suurempi kuin koko aineistossa. Luontokatoaineistojen suhteellinen osuus useampia aineistoja sisältävien eliöryhmien kesken (eläinplanktonia koskevia aineistoja oli vain 1) oli suurin (91 prosenttia) kovien pohjien pohjaeläimissä ja pienin (44 prosenttia) vesikasveissa. Ajallisesti tarkasteltuna, kaikissa sisällytetyissä aineistoissa, kaloja, makroleviä ja vesikasveja koskevien aineistojen osuudet olivat selkeästi suurempia uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa (39 prosenttia vs. 35 prosenttia, 27 vs. 23 prosenttia, ja 15 prosenttia vs. 3 prosenttia) kun taas pehmeiden pohjien pohjaeläimiä ja mikroleviä koskevien aineistojen osuudet olivat selkeästi pienemmät (14 prosenttia vs. 23 prosenttia, ja 1 prosentti vs. 14 prosenttia, kuva 3.17). Vastaavasti luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa, kaloja koskevien aineistojen osuus ei muuttunut ajallisesti, mutta makrolevien osuus oli suurempi uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa (kuva 3.18). Ajallisesti tarkasteltuna ennen vuotta 2000 yltäneissä aineistoissa vesikasveissa, kovien pohjien pohjaeläimissä ja eläinplanktonissa ei ollut lainkaan luontokatotodisteita. Luontokatoaineistojen suhteellinen osuus oli suurin ekosysteemitason aineistoissa, joista kaikki ennen vuosituhannen vaihteeseen yltäneet aineistot sisälsivät luontokadon todisteita. Vuosituhannen vaihteen yli yltäneissä aineistoissa pienin

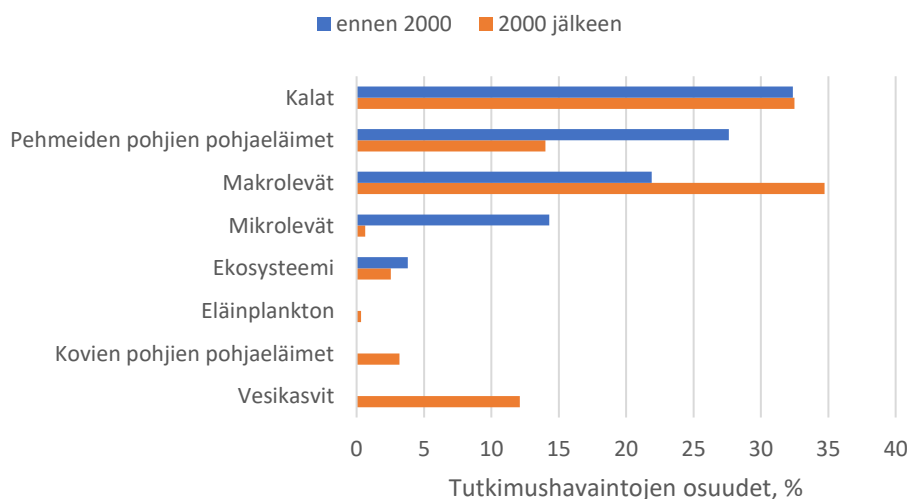




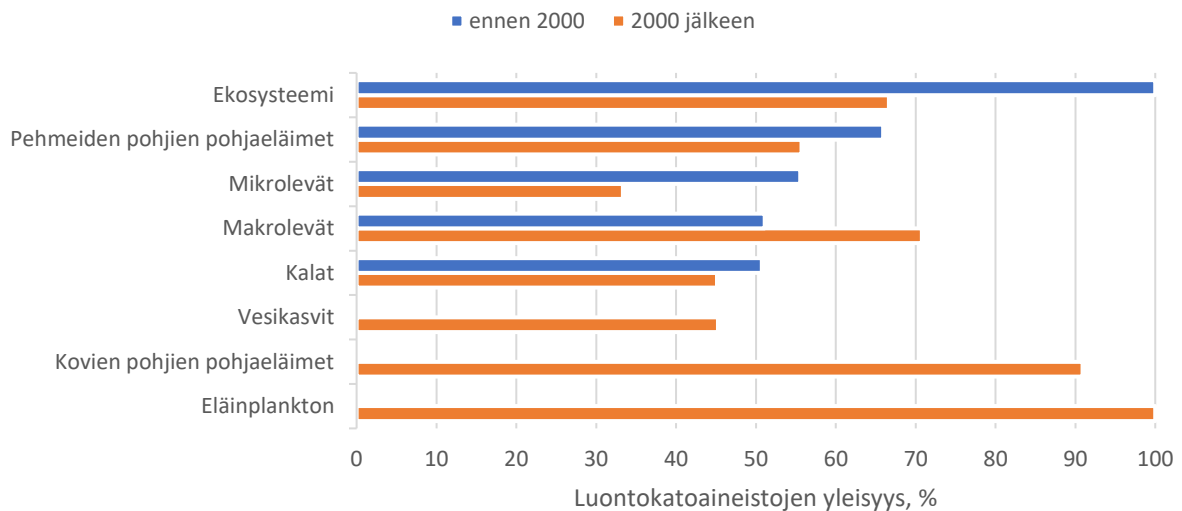
luontokadon esiintymisosuus oli mikroleivissä, missä osuus oli laskenut vanhempien aineistojen 56 prosentista noin kolmannekseen. Vuosituhannen vaihteen yli ylätäneissä aineistoissa suurin luontokatodisteiden osuus oli koviin pohjien pohjaeläimillä (noin 92 prosenttia) ja eläinplanktonilla (1/1), joita koskevia vanhempia aineistoja ei ollut lainkaan (kuva 3.19). Trofiatasoittain tarkasteltuna kaikista sisällytetyistä aineistoista sekä luontokadon aineistoista suurin osa (42 prosenttia ja 46 prosenttia) trofiatasoihin liitettävistä todistusaineistoista käsitteli perustuotantoa (kuva 3.20).



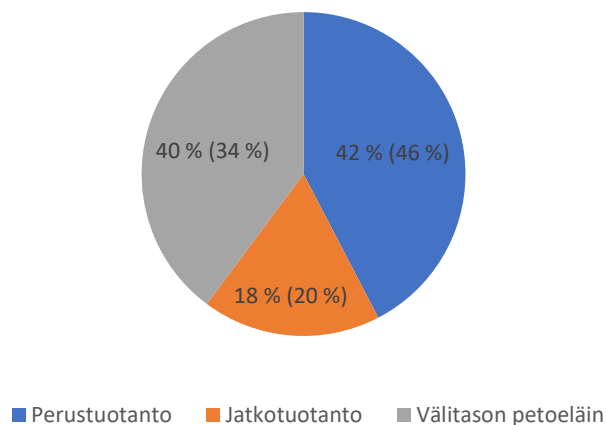
**Kuva 3.17. Kaikkien sisällytettyjen ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 766) jakautuminen eliöryhmittäin esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan.** Aineistot, jotka ylsivät vuosituhannen vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 573) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 193). Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällykslevinä eläviä piilevälajeja. Eläinplanktonia koskevia tutkimushavaintoja oli kaikkiaan vain yksi.



**Kuva 3.18. Luontokadon havaintoja sisältävien ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 419) jakautuminen eliöryhmittäin esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan.** Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällykslevinä eläviä piilevälajeja. Eläinplanktonia koskevia tutkimushavaintoja oli kaikkiaan vain yksi.



**Kuva 3.19. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys ajallisen sijoittumisen mukaan eliöryhmittäin.** Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetty aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettyinä eliöryhmittäin uudempiin ja vanhempiin havaintoihin jaoteltuna. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhaten vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 314) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 105). Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällyksinä eläviä piilevälajeja. Eläinplanktonia koskevia tutkimushavaintoja oli kaikkiaan vain yksi.

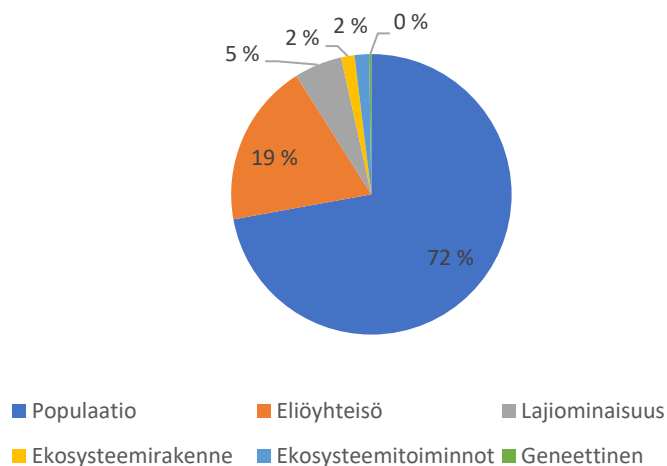


**Kuva 3.20. Tutkimushavaintojen lukumäärän prosentuaalinen jakautuminen trofiatasoittain (n = 746).** Suluissa annetut prosenttiluvut kuvastavat luontokatoaineistojen (n = 411) vastaavia osuuksia.

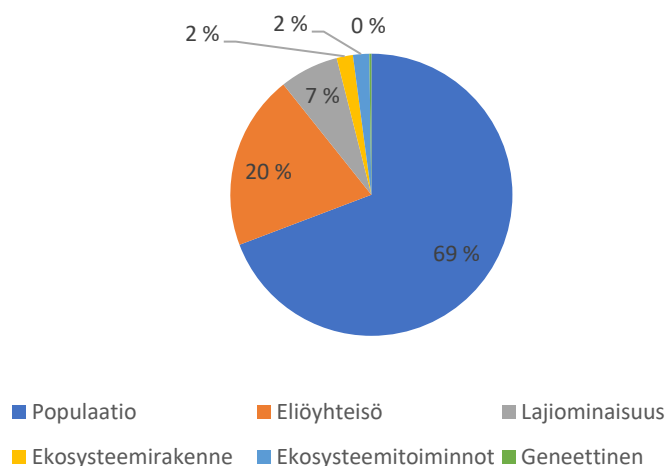
Tutkimushavainnot käsittivät erilaisia luonnon monimuotoisuuden tasoja, joista niin koko sisällytetyssä aineistossa kuin luontokadon aineistossa erikseen selkeästi vallitsevana (72 prosenttia ja 69 prosenttia) oli Populaatiot-taso (kuvat 3.21 & 3.22). Luonnon monimuotoisuuskategorioissa Eliömäärä- ja Taksonien esiintyvyyks-kategoriat olivat vallitsevia aineistoissa. Luontokatohavaintojen suhteellinen osuus oli pieni (44 prosenttia) Eliömäärä-kategoriassa ja suurin (91 prosenttia) Muut-kategoriassa. Ajallisesti tarkasteltuna, kaikissa sisällytetyissä aineistoissa, Taksonien esiintyvyyks-monimuotoisuuskategoriaa koskevien aineistojen



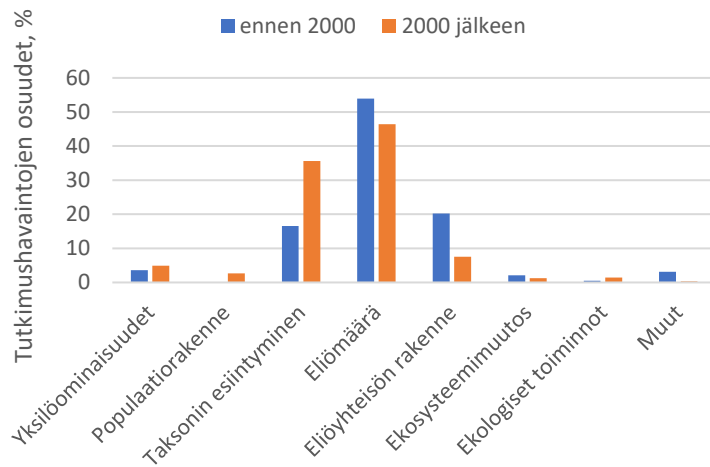
osuus oli suurempi uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa (36 prosenttia vs. 17 prosenttia) kun taas Eliömäärä- ja Eliöyhteisön rakenne-kategorioita koskevien aineistojen osuudet olivat pienemmät (46 prosenttia vs. 54 prosenttia, ja 8 prosenttia vs. 20 prosenttia, kuva 3.23). Luontokadon todisteita sisältävissä aineistoissa Taksonien esiintyvyyss- ja Eliömäärä-monimuotoisuuskategoriaa koskevien aineistojen osuudet olivat suurempia uudemmissa kuin vanhemmissa aineistoissa ja Eliöyhteisön rakenne-kategoriaa koskevien aineistojen osuus taas selkeästi pienempi (kuva 3.24). Ajallisesti tarkasteltuna luontokadon todisteita sisältävien aineistojen määrä vaihteli paljon eri kategorioiden välillä (kuva 3.25).



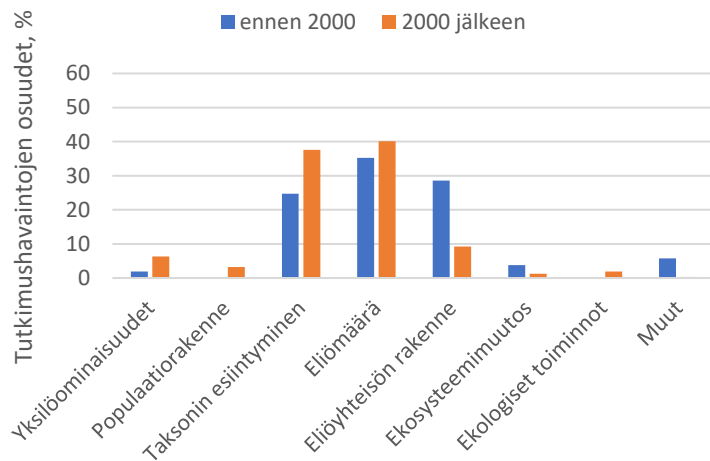
**Kuva 3.21. Kaikkien sisällytettyjen tutkimushavaintojen (n = 779) prosentuaalinen jakautuminen luonnon monimuotoisuuden eri tasojen kesken.** Tässä allokoitu havaintojen kokonaismäärä n on suurempi kuin sisällytettyjen havaintojen varsinainen määrä, koska osa havainnoista (5 kappaletta) oli määritelty koskevan useampaa kuin yhtä luonnon monimuotoisuuden tasoa.



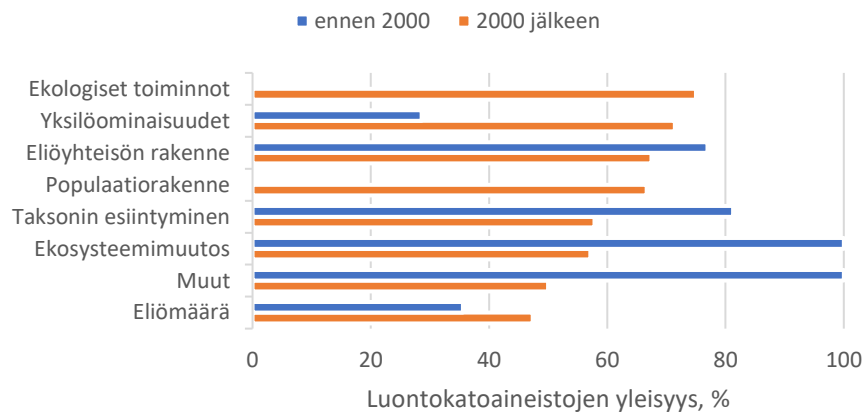
**Kuva 3.22. Luontokatoa osoittavien tutkimushavaintojen (n = 429) prosentuaalinen jakautuminen luonnon monimuotoisuuden eri tasojen kesken.** Tässä allokoitu havaintojen kokonaismäärä n on suurempi kuin sisällytettyjen havaintojen varsinainen määrä, koska osa havainnoista (2 kappaletta) oli määritelty koskevan useampaa kuin yhtä luonnon monimuotoisuuden tasoa.



**Kuva 3.23.** Kaikkien sisällytettyjen ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 766) jakautuminen luonnon monimuotoisuuskategorioittain esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhaten vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 573) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 193). Luonnon monimuotoisuuden kategoriat sisältävät seuraavia luonnon monimuotoisuuden elementtejä: Eliömäärä = yksilömäärä, biomassa, tiheys, kattavuus; Taksonin esiintyminen = presenssi, esiintymäfrekvenssi, levinneisyys; Eliöyhteisön rakenne = lajikoostumus ja -määrä, dominanssisuhteet, monimuotoisuusindeksit, trofiatasot, kokorakenne; Yksilöominaisuudet = kasvu, sukukypsyyss, fekunditeetti, kehon koostumus ja häiriöt; Populaatorakenne = ikä, sukupuoli, koko; Ekosysteemimuutos = moninaisia muutoksia ekosysteemitasolla; Ekologiset toiminnot = toiminnallinen identiteetti ja monimuotoisuus, ekologiset prosessit; Muut = geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila, lajin/populaation fenologia.



**Kuva 3.24.** Luontokadon havaintoja sisältävien ajallisesti jaoteltavien aineistojen (n = 419) jakautuminen luonnon monimuotoisuuskategorioittain esitettynä ajallisen sijoittumisen mukaan. Luonnon monimuotoisuuden kategoriat sisältävät seuraavia luonnon monimuotoisuuden elementtejä: Eliömäärä = yksilömäärä, biomassa, tiheys, kattavuus; Taksonin esiintyminen = presenssi, esiintymäfrekvenssi, levinneisyys; Eliöyhteisön rakenne = lajikoostumus ja -määrä, dominanssisuhteet, monimuotoisuusindeksit, trofiatasot, kokorakenne; Yksilöominaisuudet = kasvu, sukukypsyyss, fekunditeetti, kehon koostumus ja häiriöt; Populaatorakenne = ikä, sukupuoli, koko; Ekosysteemimuutos = moninaisia muutoksia ekosysteemitasolla; Ekologiset toiminnot = toiminnallinen identiteetti ja monimuotoisuus, ekologiset prosessit; Muut = geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila, lajin/populaation fenologia.



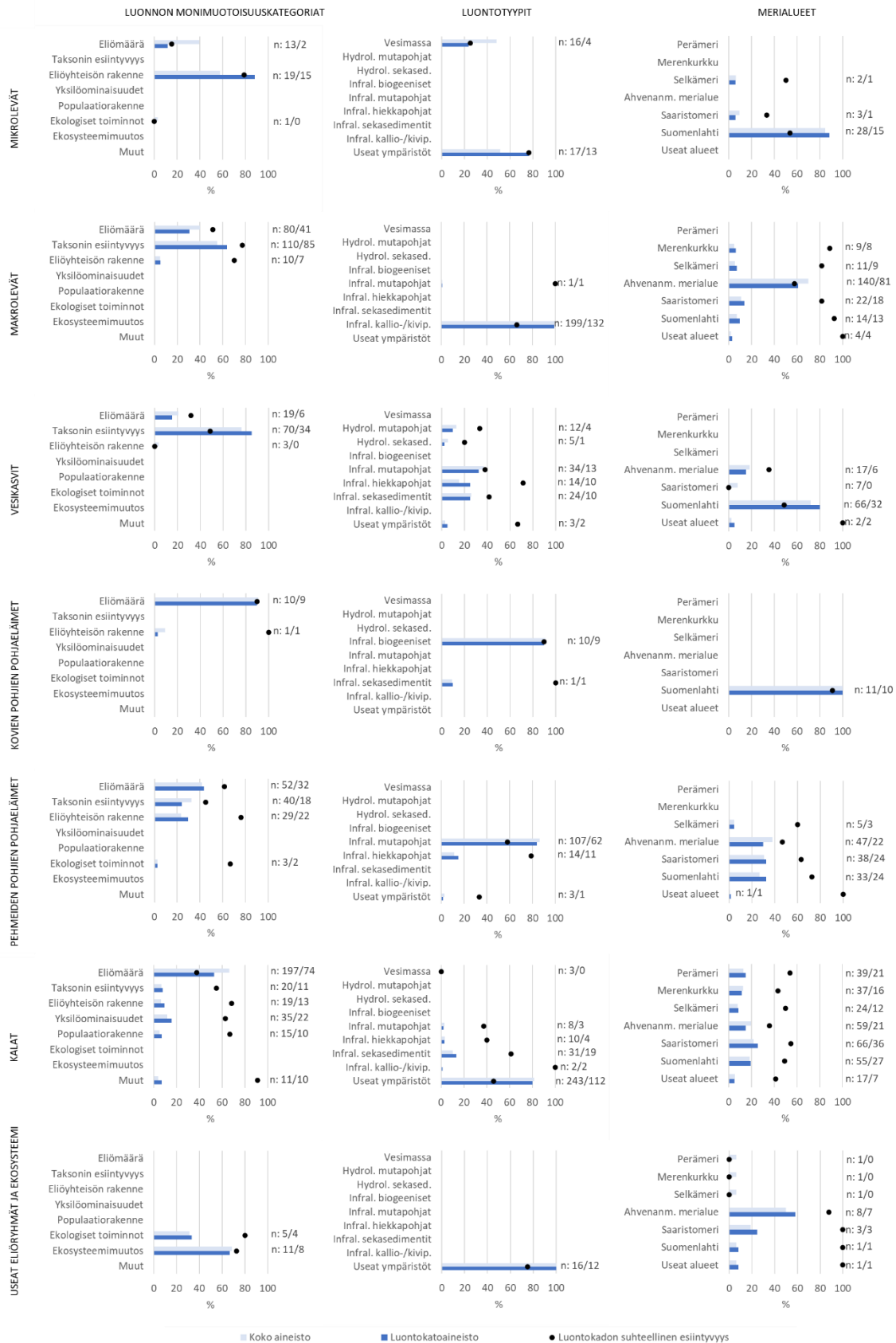
**Kuva 3.25. Luontokatoaineistojen suhteellinen yleisyys ajallisen sijoittumisen mukaan luonnon monimuotoisuus-kategorioiden.** Luontokatoa osoittavien havaintojen suhteellinen yleisyys koko sisällytetyssä aineistossa (eli kaikki löydetyt aineistot, jotka potentiaalisesti voisivat osoittaa luontokatoa) esitettynä luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan uudempiin ja vanhempiin havaintoihin jaoteltuna. Aineistot, jotka ylsivät vuosituhanen vaihteen yli ovat oransseina pylväinä (n = 314) ja sitä aikaisemmat aineistot sinisinä pylväinä (n = 105). Luonnon monimuotoisuuden kategoriat sisältävät seuraavia luonnon monimuotoisuuden elementtejä: Eliömäärä = yksilömäärä, biomassa, tiheys, kattavuus; Taksonin esiintyminen = presenssi, esiintymäfrekvenssi, levinneisyys; Eliöyhteisön rakenne = lajikoostumus ja -määrä, dominanssisuhteet, monimuotoisuusindeksit, trofiatasot, kokorakenne; Yksilöominaisuudet = kasvu, sukukypsyys, fekunditeetti, kehon koostumus ja häiriöt; Populaatorakenne = ikä, sukupuoli, koko; Ekosysteemimuutos = moninaisia muutoksia ekosysteemitasolla; Ekologiset toiminnot = toiminnallinen identiteetti ja monimuotoisuus, ekologiset prosessit; Muut = geneettinen erilaistuminen, lajin/populaation yleistila, lajin/populaation fenologia.

## 1.2 Todistusaineistot eliöryhmäkohtaisesti

Aineistojen tarkempi eliöryhmäkohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioiden, luontotyyppien ja merialueittain on esitetty kuvassa 3.26.

Mikrolevät-eliöryhmän tutkimushavainnot käsittivät luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan Eliömäärä-, Eliöyhteisön rakenne- ja Ekologiset toiminnot -kategoriat, joista molemmissa aineistokokonaisuuksissa vallitsevin oli Eliöyhteisön rakenne-kategoria (58 prosenttia ja 88 prosenttia, kuva 3.26). Luontotyyppittäin tarkasteltuna mikroleväaineistot liittyivät Litoraalin vesimassa- sekä Useat ympäristöt -luontotyyppiryhmiin (joista toinen aina vesimassa), joista jälkimmäinen oli molemmissa aineistokokonaisuuksissa vallitsevin (52 prosenttia ja 76 prosenttia, kuva 3.26). Luontokadon todisteita sisältävien aineistojen osuus oli suurin (76 prosenttia) Useat ympäristöt -ryhmässä (kuva 3.26). Merialueittain tarkasteltuna mikroleväaineistoja löytyi Selkämereltä, Saaristomereltä, ja molemmissa kaikista aineistoista selkeästi eniten Suomenlahdelta (85 prosenttia, kuva 3.26).

Makrolevät-eliöryhmään kuului kaikkiaan 200 aineistoa, joista 133 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyys- ja Eliöyhteisön rakenne -kategoriat, joista molemmissa aineistokokonaisuuksissa vallitsevin oli Taksonin esiintyvyys-kategoria (55 prosenttia ja 64 prosenttia, kuva 3.26). Luontotyyppittäin tarkasteltuna makroleväaineistot käsittivät infralitoraalin mutapohjat sekä infralitoraalin kallio-/kivipohjat, joista jälkimmäinen oli kaikissa aineistoissa ymmärrettävästi vallitsevin (lähes 100 prosenttia ja 99 prosenttia, kuva 3.26).





**Kuva 3.26. Kuvaajat eliöryhmittäin esitettyjen tutkimushavaintojen jakautumisesta luonnon monimuotoisuus-kategorioittain, luontotyypeittäin ja merialueittain.** Koko sisällytetyn aineiston prosentuaalinen jakautuminen esitetty vaalealla värillä ja vastaavasti luontokatoa osoittavat havainnot tummalla värillä. Luontokatoa osoittavien havaintojen yleisyys (%) suhteessa koko aineistoon esitetty mustalla pisteellä. Kunkin aineistojakauman lukumäärä n on esitetty kunkin kuvaajan oikeassa laidassa ("n: kaikki aineistot/luontokatoaineistot"). Eliöryhmistä ei ole näytetty eläinplanktonaineistoja, koska niitä oli kaikkiaan vain yksi luontokatoa osoittava, eliöyhteisön rakenteeseen liittyvä, vesimassaa koskeva tutkimushavainto peräisin Suomenlahdelta. Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päälyllylevinä eläviä piilevälajeja. Vesikasvit-ryhmä sisältää putkilokasvien lisäksi vesisammaleet ja näkinpartaislevät. Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmä käsittää aineistot, jotka liittyvät yhtä tiettyä eliöryhmää laajempiin kokonaisuuksiin.

Vesikasvit-eliöryhmään kuului kaikkiaan 92 aineistoa, joista 40 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan vesikasviaineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyyys- ja Eliöyhteisön rakenne -kategoriat, joista selkeästi runsaslukuisin molemmissa aineistokokonaisuuksissa oli Taksonin esiintyvyyys -kategoria (76 prosenttia ja 85 prosenttia, kuva 3.26). Määriteltävissä olevista luontotyypeistä vesikasviaineistot sisälsivät hydrolitoraalin mutapohjat ja sekasedimentit, ja infralitoraalin muta- ja hiekkapohjat sekä sekasedimentit. Molemmissa aineistokokonaisuuksissa eniten aineistoja oli liitetty Infralitoraalin mutapohjat -luontotyyppiin (37 prosenttia ja 33 prosenttia, kuva 3.26). Merialueittain tarkasteltuna vesikasviaineistoja löytyi Ahvenanmaan merialueelta, niukasti Saaristomereltä ja kaikissa aineistoissa eniten Suomenlahdelta (72 prosenttia ja 80 prosenttia, kuva 3.26). Luontokadon todisteiden suhteellinen osuus oli myös suurin Suomenlahdella (49 prosenttia), kun taas Saaristomeren alueelta ei ollut yhtään vesikasveja koskevia luontokadon todisteita (kuva 3.26).

Kovien pohjien pohjaeläin (epifauna)-eliöryhmään kuului kaikkiaan 11 aineistoa, joista 10 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Eliömäärä- ja Eliöyhteisön rakenne -kategoriat, joista runsaslukuisiin oli Eliömäärä-kategoria (91 prosenttia ja 90 prosenttia, kuva 3.26). Luontokadon todisteita esiintyi suhteellisesti hyvin yleisesti molemmissa tähän eliöryhmään liittyvässä luonnon monimuotoisuuden kategoriassa (90–100 prosenttia, kuva 3.26).

Pehmeiden pohjien pohjaeläimet-eliöryhmään kuului kaikkiaan 124 aineistoa, joista 74 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan pohjaeläinaineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyyys-, Eliöyhteisön rakenne- ja Ekologiset toiminnot -kategoriat, joista molemmissa aineistokokonaisuuksissa runsaslukuisin oli Eliömäärä-kategoria (42 prosenttia ja 43 prosenttia, kuva 3.26). Merialueittain tarkasteltuna pohjaeläinaineistoja löytyi pohjoisimpia merialueita, Perämeren ja Merenkurkkua, lukuun ottamatta kaikilta merialueilta, kuitenkin molemmissa aineistokokonaisuuksissa Selkämereltä muita alueita selvästi vähemmän (5 ja 3 kappaletta). Koko aineistossa vallitsevin pehmeiden pohjien pohjaeläimiä koskeva alue oli Ahvenanmaan merialue (38 prosenttia) ja luontokadon aineistossa vastaavasti Suomenlahti ja Saaristomeren (molemmat 33 prosenttia, kuva 3.26).

Kalat-eliöryhmään kuului kaikkiaan 297 aineistoa, joista 140 sisälsi luontokadon todisteita. Kala-aineistot käsittivät Ekologiset toiminnot- ja Ekosysteemimuutos-kategorioita lukuun ottamatta kaikki aineistossa esiintyneet luonnon monimuotoisuuden eri kategoriat, Eliömäärä-kategorian ollessa selvästi runsaslukuisin molemmissa aineistokokonaisuuksissa (66 prosenttia ja 53 prosenttia, kuva 3.26). Merialueittain kaloja koskevia aineistoja löytyi kaikilta merialueilta melko tasaisesti, mutta molemmissa aineistokokonaisuuksissa eniten Saaristomereltä (22 prosenttia ja 26 prosenttia, kuva 3.26).

Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmä sisälsi sellaiset aineistot, jotka käsittelivät yksittäisiä eliöryhmiä moninaisempia, usein ekosysteemitason muutoksia. Tähän ryhmään kuului kaikkiaan 16 aineistoa, joista 12 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Ekologiset toiminnot- ja Ekosysteemimuutos-kategoriat, joista jälkimmäinen oli molemmissa aineistokokonaisuuksissa runsaslukuisin (69 prosenttia ja 67 prosenttia kuva 3.26).





### 1.3 Todistusaineistot luontotyyppikohtaisesti

Aineistojen tarkempi luontotyyppikohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioittain, eliöryhmittäin ja merialueittain on esitetty kuvassa 3.27. Hydrolitoraalin hiekka- ja mutapohjat sekä sekasedimentit ja infralitoraalin vastaavat luontotyypit ovat tarkastelussa ryhmitelty yhteen Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -ryhmäksi ja Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit -ryhmäksi.

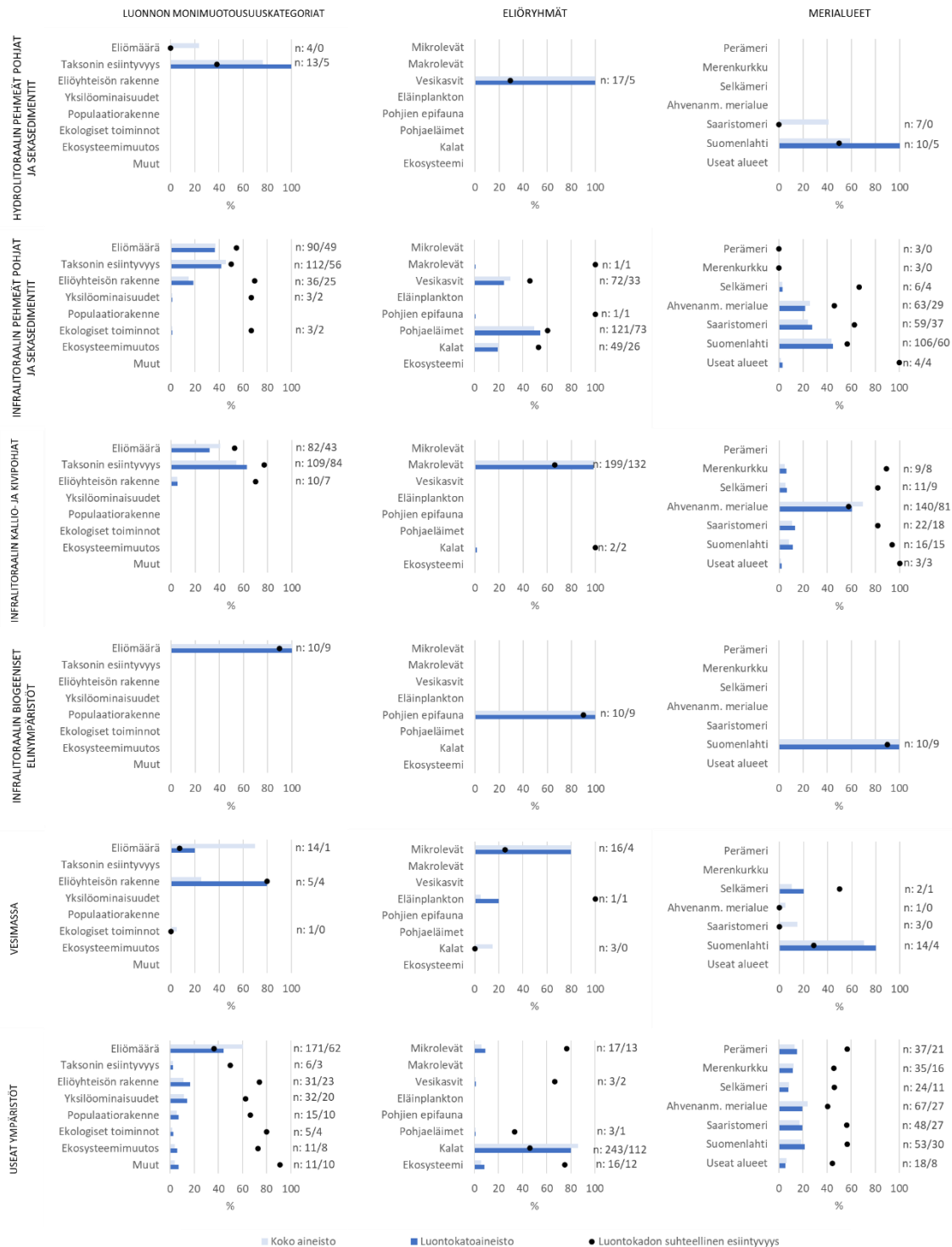
Hydrolitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit-luontotyyppiryhmään kuului kaikkiaan 17 aineistoa, joista 5 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Eliömäärä- ja Taksonin esiintyvyys -kategoriat, joista jälkimmäinen oli koko aineistossa runsaslukuisin (76 prosenttia, kuva 3.27). Merialueittain tarkasteltuna nämä hydrolitoraalin aineistot liittyivät Saaristomeren ja runsaslukuisimmin (59 prosenttia) Suomenlahden merialueisiin (kuva 3.27).

Infralitoraalin pehmeät pohjat ja sekasedimentit-luontotyyppiryhmään kuului kaikkiaan 244 aineistoa, joista 134 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät useita kategorioita; Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyys-, Eliöyhteisön rakenne-, Yksilöominaisuudet- ja Ekologiset toiminnot-kategoriat, joista molemmissa aineistokokonaisuuksissa eniten aineistoja (46 prosenttia ja 42 prosenttia) oli Taksonin esiintyvyys -kategoriassa (kuva 3.27). Eliöryhmittäin tarkasteltuna nämä infralitoraalin aineistot käsittivät seuraavat eliöryhmät: makrolevät, vesikasvit, kovien pohjien pohjaeläimet, pehmeiden pohjien pohjaeläimet, kalat. Merialueittain tarkasteltuna näitä infralitoraalin pehmeiden pohjien aineistoja löytyi kaikilta merialueilta ja molemmissa aineistokokonaisuuksissa eniten Suomenlahdelta (43 prosenttia ja 45 prosenttia). Näistä suhteellisesti eniten luontokadon todisteita löytyi Selkämereltä (67 prosenttia), jossa aineistot olivat kokonaisuudessaan harvalukuisia.

Infralitoraalin kallio-/kivipohjat-luontotyyppiin kuului kaikkiaan 201 aineistoa, joista 134 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan tähän infralitoraalin luontotyyppiin kuuluvat aineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyys- ja Eliöyhteisön rakenne -kategoriat, joista Taksonin esiintyvyys-kategoria oli aineistojen määrän suhteen runsaslukuisin (54 prosenttia ja 63 prosenttia, kuva 3.27). Suhteellisesti eniten (77 prosenttia) luontokadon todisteita sisältäviä aineistoja oli myös Taksonin esiintyvyys-kategoriassa (kuva 3.27). Tämän luontotyypin aineistot liittyivät lähes kokonaisuudessaan (99 prosenttia ja 99 prosenttia) makroleviin. Vain kaksi aineistoa käsiteli kaloja ja niistä molemmat olivat luontokadon todisteita. Makroleväaineistoista noin 66 prosenttia sisälsi luontokadon todisteita (kuva 3.27). Merialueittain tarkasteltuna näitä infralitoraalin kovien pohjien aineistoja löytyi lähes kaikilta merialueilta, Perämeren lukuun ottamatta, mutta molemmissa aineistokokonaisuuksissa selkeästi eniten Ahvenanmaan merialueelta (70 prosenttia ja 60 prosenttia, kuva 3.27). Yksittäisistä merialueista luontokadon todisteiden suhteellinen osuus oli suurin Suomenlahdella (94 prosenttia, kuva 3.27). Myös harvalukuisessa Useat alueet-merialueryhmässä luontokadon esiintyvyys oli suuri, kaikkien aineistojen sisältäessä luontokadon todisteita (3/3, kuva 3.27).

Infralitoraalin biogeeniset elinympäristöt-luontotyyppiin kuului kaikkiaan 10 aineistoa, joista 9 sisälsi luontokadon todisteita. Näistä kaikki käsittelivät epifaunana elävien sinisimpukoiden populaatioita ja niiden eliömäärää Suomenlahdella (kuva 3.27).

Litoraalin vesimassa-luontotyyppiin kuului kaikkiaan 20 aineistoa, joista 5 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista koko aineistossa runsaslukuisin oli Eliömäärä-kategoria (70 prosenttia), ja luontokadon aineistossa vastaavasti Eliöyhteisön rakenne-kategoria (kuva 3.27). Eliöryhmittäin nämä litoraalin vesimassa aineistot liittyivät eläinplanktoniin, kaloihin sekä aineistomäärällisesti runsaslukuisimmin mikroleviin (80 prosenttia ja 80 prosenttia, kuva 3.27). Merialueittain tarkasteltuna vesipatsaan aineistoja löytyi pohjoisimpia merialueita, Perämeren ja Merenkurkkua, lukuun ottamatta kaikilta merialueilta, kuitenkin Suomenlahdelta muita alueita enemmän molemmissa aineistokokonaisuuksissa (14 kappaletta vs. 1–3 kappaletta ja 4 kappaletta vs. 0–1 kappaletta, kuva 3.27).



Kuva 3.27. Kuvaajat EUNIS tason 3 luontotyypeittäin esitettyjen tutkimushavaintojen jakautumisesta luonnon monimuotoisuuskategorioiden, eliöryhmittäin ja merialueittain. Koko sisällytetyn aineiston prosentuaalinen jakautuminen esitetty vaalealla värillä ja vastaavasti luontokatoa osoittavat havainnot tummalla värillä. Luontokatoa osoittavien havaintojen yleisyys (%) suhteessa koko aineistoon esitetty mustalla pisteellä. Kunkin aineistojakauman lukumäärä n on esitetty kunkin kuvaajan oikeassa laidassa ("n: kaikki aineistot/luontokatoaineistot"). Esitetty Hydrolitoraalinen pehmeät pohjat ja sekasedimentit -luontotyyppikategoria sisältää hydrolitoraalinen mutapohjat ja sekasedimentit, Infralitoraalinen pehmeät pohjat ja sekasedimentit -kategoria sisältää infralitoraalinen muta- ja hiekkapohjat,

VEDENALAISEN LUONNON KÖYHTYMINEN SUOMEN RANNIKKOALUEILLA



sekä sekasedimentit ja Useat ympäristöt -kategoria sisältää aineistot, jotka määriteltiin liittyvän useampaan kuin yhteen luontotyyppiin aineistoissa annettujen tietojen puutteellisen tarkkuuden tai tutkimuksen muiden ominaispiirteiden takia. Eliöryhmistä Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällysläiviä eläviä piilevälajeja, Pohjien epifauna viittaa kovilla pohjilla eläviin pohjaeläimiin, Pohjaeläimet ovat pehmeiden pohjien pohjaeläimiä ja Ekosysteemi viittaa useita eliöryhmiä tai laajemmin ekosysteemiä koskeviin aineistoihin.

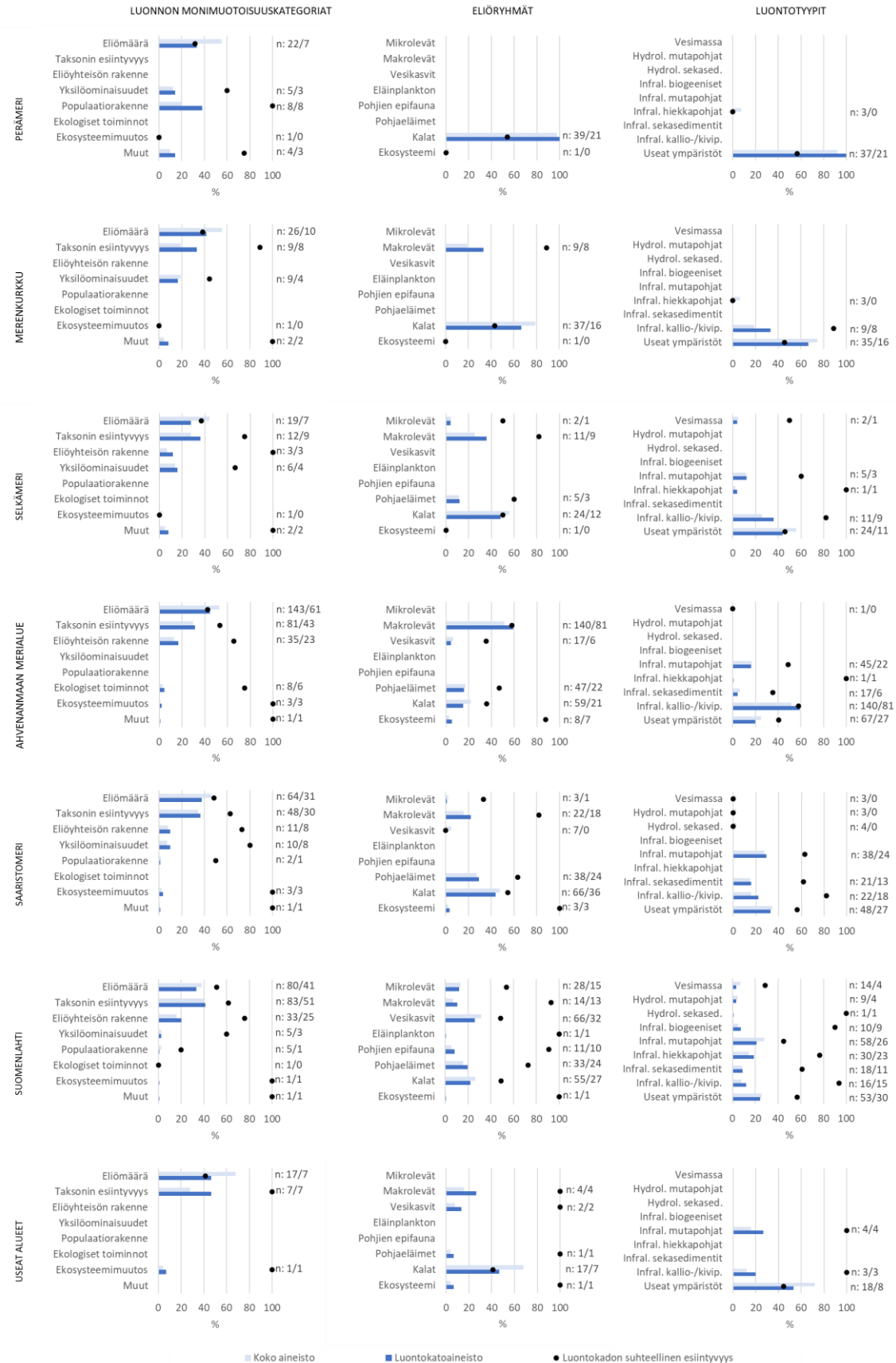
Useat ympäristöt-ryhmään kuului kaikkiaan 282 aineistoa, joista 140 sisälsi luontokadon todisteita. Tämä luontotyyppiryhmä sisälsi kaikkia luonnon monimuotoisuuden eri kategorioita käsittäviä aineistoja, mutta molemmissa aineistokokonaisuuksissa lukumäärällisesti eniten Eliömäärä-kategorian aineistoja (61 prosenttia ja 62,44 prosenttia, kuva 3.27). Eliöryhmittäin tarkasteltuna tämä luontotyyppiryhmä sisälsi mikroleviä, vesikasveja, pehmeiden pohjien pohjaeläimiä, useita eliöryhmiä ja ekosysteemiä sekä molemmissa aineistokokonaisuuksissa selkeästi eniten (86 prosenttia ja 80 prosenttia) kaloja käsitteleviä aineistoja (kuva 3.27). Merialueittain tämän luontotyyppiryhmän aineistoja löytyi kaikilta merialueilta melko tasaisesti, mutta koko aineistossa eniten Ahvenanmaan merialueelta (24 prosenttia) ja luontokadon aineistoissa eniten Suomenlahdelta (21 prosenttia kuva 3.27).

#### 1.4 Todistusaineistot merialueittain

Aineistojen tarkempi merialuekohtainen tarkastelu luonnon monimuotoisuuskategorioittain, eliöryhmittäin ja luontotyypeittäin on kokonaisuudessaan esitetty kuvassa 3.28.

Perämeren alueelta oli kaikkiaan 40 aineistoa, joista 21 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioista Eliömäärä-kategoria oli koko aineistossa vallitsevin (55 prosenttia), kun taas luontokadon todisteita oli eniten (38 prosenttia) Populaatorakenne-kategoriassa (kuva 3.28). Eliöryhmittäin tarkasteltuna Perämereltä peräisin olevat aineistot käsittelivät kokonaisuudessaan ja luontokadon todisteiden osalta lähes yksinomaan (39 ja 21 kappaletta) kaloja, mutta myös yhden luontokatoa osoittamattoman aineiston verran Useat eliöryhmät ja ekosysteemi-ryhmää. Luontotyypeittäin tarkasteltuna Perämeren alueelta löytyi kolme kappaletta luontokatoa osoittamattomia aineistoja infralitoraalin hiekkapohjilta, mutta valtaosa niin kaikista aineistoista kuin luontokatoaineistoista oli liitetty tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt-ryhmään (kuva 3.28).

Merenkurkun alueelta oli kaikkiaan 47 aineistoa, joista 24 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyy-, Yksilöominaisuudet-, Ekosysteemimuutos- sekä Muut-kategorian. Näistä Eliömäärä-kategoria oli sekä koko aineistossa että luontokatoaineistossa vallitsevin (55 prosenttia ja 42 prosenttia). Eliöryhmittäin Merenkurkun molemmat aineistokokonaisuudet koskivat Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmää, makroleviä ja aineistomääräisesti eniten kaloja (79 prosenttia ja 67 prosenttia, kuva 3.28). Luontotyypeittäin tarkasteltuna Merenkurkun aineistot liittyivät vähäisesti infralitoraalin hiekkapohjiin, hieman runsaslukuisemmin infralitoraalin kallio-/kivipohjiin ja vallitsevimmin tarkemmin määrittelemättömään Useat ympäristöt-ryhmään (74 prosenttia ja 67 prosenttia, kuva 3.28).



VEDENALAISEN LUONNON KÖYHTYMINEN SUOMEN RANNIKKOALUEILLA



**Kuva 3.28. Kuvaajat Suomeen kuuluvien rannikkoalueita sisältävien merialueiden mukaan esitettyjen tutkimushavaintojen jakautumisesta luonnon monimuotoisuuskategorioittain, eliöryhmittäin ja luontotyypeittäin.** Koko sisällytetyn aineiston prosentuaalinen jakautuminen esitetty vaalealla värillä ja vastaavasti luontokatoa osoittavat havainnot tummalla värillä. Luontokatoa osoittavien havaintojen yleisyys (%) suhteessa koko aineistoon esitetty mustalla pisteellä. Kunkin aineistojakauman lukumäärä  $n$  on esitetty kunkin kuvaajan oikeassa laidassa (" $n$ : kaikki aineistot/luontokatoaineistot"). Eliöryhmistä Mikrolevät-ryhmä sisältää sekä planktonleviä että päällykslevinä eläviä piilevälajeja, Pohjien epifauna viittaa kovilla pohjilla eläviin pohjaeläimiin, Pohjaeläimet ovat pehmeiden pohjien pohjaeläimiä ja Ekosysteemi viittaa useita eliöryhmiä tai laajemmin ekosysteemiä koskeviin aineistoihin.

Selkämeren alueelta oli kaikkiaan 43 aineistoa, joista 25 sisälsi luontokadon todisteita. Selkämeren aineistot käsittivät Populaatorakenne- ja Ekologiset toiminnot-kategorioita lukuun ottamatta kaikki aineistossa esiintyvät luonnon monimuotoisuuden kategoriat. Näistä ryhmistä aineistomäärällisesti runsaslukuisimmin edustettuna oli koko aineistossa Eliömäärä-kategoria (44 prosenttia) ja luontokatoaineistossa Taksonin esiintyvyys-kategoria (36 prosenttia, kuva 3.28). Luontokadon todisteita esiintyi suhteellisesti yleisimmin (3/3) Eliöyhteisön rakenne-kategoriassa (kuva 3.28). Eliöryhmistä Selkämeren aineistot käsittivät mikro- ja makrolevät, pehmeiden pohjien pohjaeläimet, kalat sekä Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmän. Näistä kala-aineistot olivat molemmissa aineistokokonaisuuksissa valitsevimmat (56 prosenttia ja 48 prosenttia, kuva 3.28). Luontotyypeittäin tarkasteltuna Selkämeren aineistot koskivat infralitoraalin muta-, hiekka-, ja kallio-kivipohjia, litoraalin vesimassaa sekä tarkemmin määrittelemättömästä Useat ympäristöt -ryhmää, joka oli molemmissa aineistokokonaisuuksissa runsaslukuisin (56 prosenttia ja 44 prosenttia, kuva 3.28).

Ahvenanmaan merialueelta oli kaikkiaan 271 aineistoa, joista 137 sisälsi luontokadon todisteita. Aineistot käsittivät Yksilöominaisuudet- ja Populaatorakenne-kategorioita lukuun ottamatta kaikki aineistossa esiintyvät luonnon monimuotoisuuden kategoriat. Aineistomäärällisesti runsaslukuisimmin edustettuna oli molemmissa aineistokokonaisuuksissa Eliömäärä-kategoria (53 prosenttia ja 45 prosenttia, kuva 3.28). Näistä selkeästi vallitsevin molemmissa aineistokokonaisuuksissa oli Makrolevät-ryhmä (52 prosenttia ja 59 prosenttia, kuva 3.28). Luontokatoaineistojen suhteellinen osuus oli suurin (88 prosenttia) aineistomäärällisesti harvinaisessa Useat eliöryhmät ja ekosysteemi-ryhmässä (kuva 3.28). Luontotyypeittäin Ahvenanmaan merialueen aineistot sijoittuivat infralitoraalin muta- ja hiekkapohjille, infralitoraalin sekasedimenteille, litoraalin vesimassaan, Useat ympäristöt-ryhmään ja eniten infralitoraalin kallio-/kivipohjille (52 prosenttia ja 59 prosenttia, kuva 3.28).

Saaristomeren alueelta oli kaikkiaan 139 aineistoa, joista 82 sisälsi luontokadon todisteita. Luontokadon todisteita esiintyi molemmissa aineistokokonaisuuksissa eniten Eliömäärä-kategoriassa (46 prosenttia ja 38 prosenttia, kuva 3.28). Saaristomeren aineistot kattoivat eläinplanktonia ja kovien pohjien pohjaeläimiä lukuun ottamatta kaikki eliöryhmät. Molemmissa aineistokokonaisuuksissa aineistomäärällisesti runsaslukuisin eliöryhmä oli kalat (47 prosenttia ja 44 prosenttia, kuva 3.28). Luontokatoaineistojen suhteellinen esiintyvyys oli korkein aineistomäärällisesti harvinaisessa Ekosysteemi-ryhmässä (3/3), mutta korkea myös makrolevissä (82 prosenttia, kuva 3.28). Luontotyypeittäin tarkasteltuna Saaristomeren aineistoja löytyi harvalukuisesti hydrolitoraalin sekasedimenteiltä ja mutapohjilta sekä litoraalin vesimassasta, ja runsaslukuisimmin infralitoraalin mutapohjilta, sekasedimenteiltä ja kallio-/kivipohjilta sekä tarkemmin määrittelemättömästä Useat ympäristöt -ryhmästä, joka oli myös molemmissa aineistokokonaisuuksissa aineistomäärällisesti runsaslukuisin (35 prosenttia ja 33 prosenttia, kuva 3.28).

Suomenlahden alueelta oli kaikkiaan 209 aineistoa, joista 123 sisälsi luontokadon todisteita. Aineistot kattoivat kaikki esiintyneet luonnon monimuotoisuuden kategoriat, aineistomäärällisesti harvalukuisesti Yksilöominaisuudet-, Populaatorakenne-, Ekologiset toiminnot- sekä Muut-kategorian, ja runsaslukuisemmin Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyys- sekä Eliöyhteisön rakenne-kategoriat. Molemmissa aineistokokonaisuuksissa aineistomäärällisesti runsaslukuisin luonnon monimuotoisuuden kategoria oli Taksonin esiintyvyys (40 prosenttia ja 41 prosenttia, kuva 3.28). Eliöryhmittäin tarkasteltuna Suomenlahden aineistot kattoivat kaikki eliöryhmät aineistoissa esiintyneet eliöryhmät (mikrobiaineistoja ei ollut lainkaan), ja olivat molemmissa aineistokokonaisuuksissa runsaslukuisimpia Vesikasvit-eliöryhmässä (32 prosenttia ja 26 prosenttia, kuva 3.28).



Suomenlahden aineistoja löytyi kaikilta aineistossa esiintyneiltä luontotyypeiltä, mutta eniten infralitoraalin mutapohjilta (28 prosenttia ja 21 prosenttia) ja Useat ympäristöt-ryhmistä (25 prosenttia ja 24 prosenttia, kuva 3.28).

Useat alueet-merialueryhmä sisälsi sellaiset aineistot, jotka käsittelivät laajempia, useita merialueita käsittäviä rannikkoalueita. Tähän ryhmään kuului kaikkiaan 25 aineistoa, joista 15 sisälsi luontokadon todisteita. Luonnon monimuotoisuuden eri kategorioiden mukaan nämä aineistot käsittivät Eliömäärä-, Taksonin esiintyvyy- ja Ekosysteemimuutos-kategorian. Koko aineistossa runsaslukuisin oli Eliömäärä-kategoria (68 prosenttia), ja luontokatoa osoittavissa aineistoissa yhtä runsaslukuisia olivat sekä Eliömäärä- että Taksonin esiintyvyy- kategoria (47 prosenttia, kuva 3.28). Eliöryhmistä Useita alueita-merialueryhmä kattoi makrolevät, vesikasvit, pehmeiden pohjien pohjaeläimet, kalat ja Useat eliöryhmät ja ekosysteemi -ryhmän. Molemmissa aineistokokonaisuuksissa runsaslukuisin oli Kalat-ryhmä (68 prosenttia ja 47 prosenttia, kuva 3.28). Suhteellisesti eniten luontokadon todisteita oli vain yhden aineiston Useat eliöryhmät ja ekosysteemi-ryhmässä (1/1) sekä Makrolevät-ryhmässä (4/4, kuva 3.28). Luontotyypeittäin tarkasteltuna Useat alueet-merialueryhmä käsitti infralitoraalin mutapohjat, infralitoraalin kallio-/kivipohjat sekä tarkemmin määrittelemättömän Useat ympäristöt -ryhmän, joka oli runsaslukuisin molemmissa aineistokokonaisuuksissa (72 prosenttia ja 53 prosenttia, kuva 3.28).



## Liite 4. Luontokadon lajilista

**Taulukko 4.1. Luontokatoaineistoissa käsitellyt lajit tai taksonit eliöryhmittäin.** Listaukseen on sisällytetty kussakin aineistossa esiintyneet taksoniset nimet, ja näin ollen lista saattaa jossain määrin sisältää vanhentuneita nimiä sekä saman lajin eri nimiä.

### Mikrolevät

Bacillariophyceae  
*Peridinella catenata*  
*Calycomonas* sp.  
*Cyclotella* sp.  
*Synedra acus*  
*Synedra pulchella*

### Makrolevät

*Aglaothamnion roseum*  
*Ahnfeltia plicata*  
*Audouinella efflorescens*  
*Battersia plumigera*  
*Capsosiphon fulvescens*  
*Ceramium tenuicorne*  
*Chaetomorpha linum*  
*Chaetomorpha* sp.  
*Chorda filum*  
*Chroodactylon ornatum*  
*Cladophora rupestris*  
*Coccotylus truncatus*  
*Dictyosiphon chordaria*  
*Dictyosiphon foeniculaceus*  
*Ectocarpus siliculosus*  
*Enteromorpha* sp.  
*Erythrocladia polystromatica*  
*Eudesme virescens*  
*Fucus vesiculosus*  
*Fucus* spp.  
*Furcellaria lumbricalis*  
*Gaillona rosea*  
*Grania efflorescens*  
*Halopteris scoparia*  
*Litosiphon laminariae*  
*Phyllophora pseudoceranoides*  
*Pilayella littoralis*  
*Polysiphonia fibrillosa*  
*Polysiphonia fucoides*  
*Pseudolithoderma rosenvingei*  
*Rhodochorton purpureum*  
*Rhodomela confervoides*  
*Sphacelaria arctica*  
*Sphacelaria plumigera*  
*Sphacelaria* spp.  
*Spongomorpha aeruginosa*  
*Stictyosiphon tortilis*  
*Streblonema oligosporum*

*Ulva intestinalis*  
*Urospora penicilliformis*  
*Vertebrata fucoides*

### Vesikasvit

*Alisma plantago-aquatica*  
*Chara aspera*  
*Chara baltica*  
*Chara globularis*  
*Chara tomentosa*  
*Elatine hydropiper*  
*Elatine triandra*  
*Eleocharis acicularis*  
*Eleocharis parvula*  
*Equisetum fluviatile*  
*Isoëtes echinospora*  
*Isoëtes lacustris*  
*Myriophyllum alterniflorum*  
*Nitella* sp.  
*Nymphaea alba*  
*Persicaria amphibia*  
*Plantago uniflora*  
*Potamogeton alpinus*  
*Potamogeton gramineus*  
*Potamogeton pectinatus*  
*Potamogeton perfoliatus*  
*Potamogeton pusillus*  
*Ranunculus confervoides*  
*Ranunculus peltatus*  
*Ranunculus reptans*  
*Sagittaria sagittifolia*  
*Schoenoplectus maritimus*  
*Schoenoplectus* sp.  
*Stuckenia filiformis*  
*Tolypella nidifica*  
*Typha angustifolia*  
*Typha latifolia*

### Kovien pohjien pohjaeläimet

*Gammarus* spp.  
*Mytilus edulis*  
*Mytilus trossulus*

### Pehmeiden pohjien pohjaeläimet

*Asellus asellus*  
*Bithynia tentaculata*  
*Bylgides sarsi*  
*Cerastoderma glaucum*

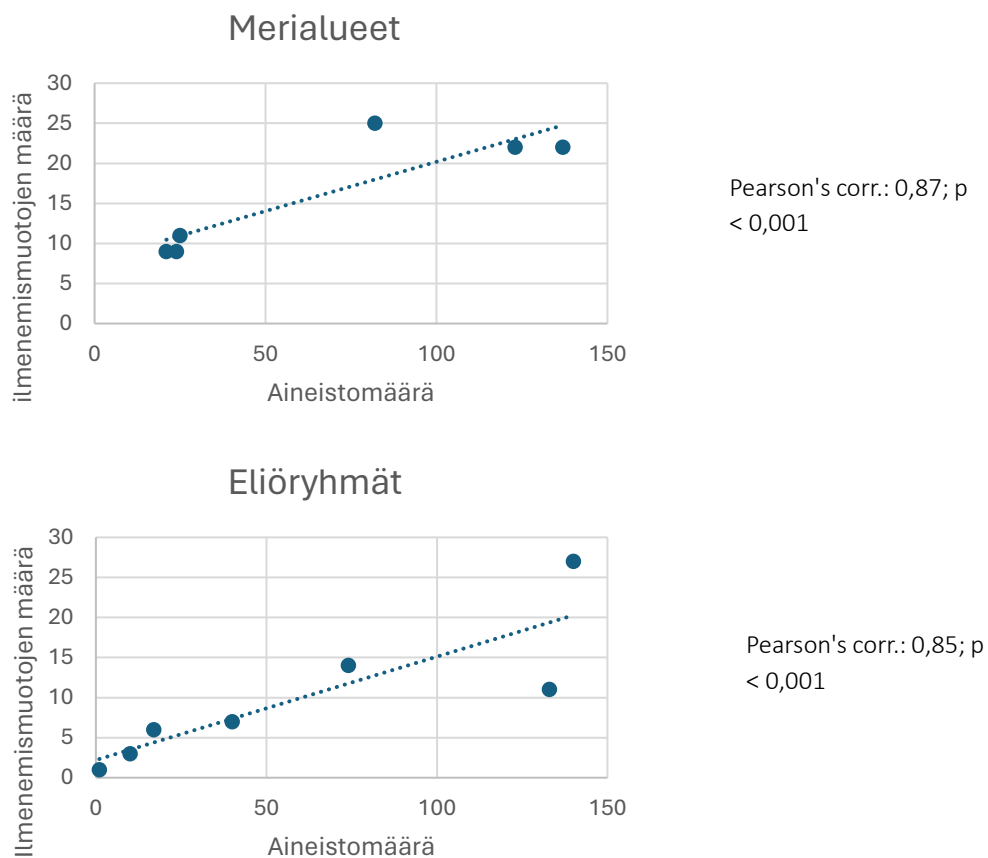
Ceratopogonidae  
Chironomidae  
*Corophium volutator*  
*Gammarus locusta*  
*Halicryptus spinulosus*  
*Harmothoe sarsi*  
*Hydrobia* sp.  
*Jaera albifrons*  
*Lymnea peregra*  
*Macoma balthica*  
*Monoporeia affinis*  
*Mya arenaria*  
*Nereis diversicolor*  
Oligochaeta  
*Polydora redeki*  
*Pontoporeia affinis*  
*Prostoma obscurum*  
*Pygospio elegans*  
*Saduria entomon*  
*Theodoxus fluviatilis*  
Trichoptera

### Kalat

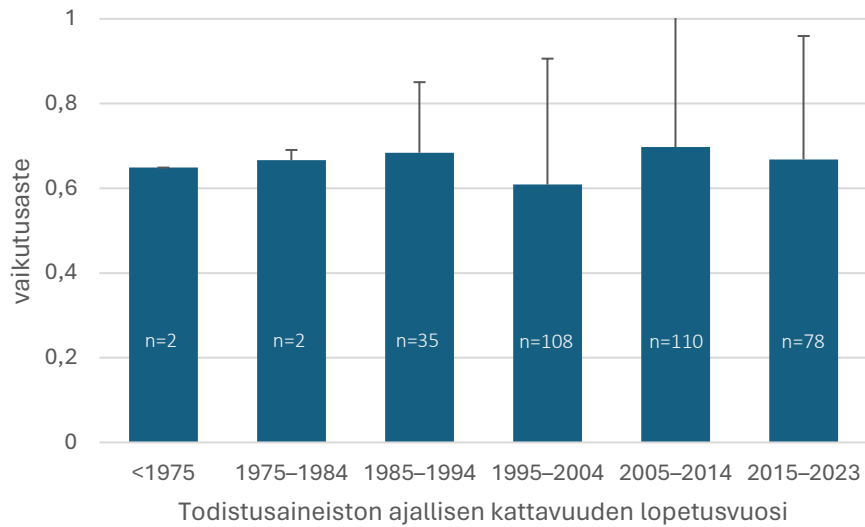
*Abramis brama*  
*Alburnus alburnus*  
*Blicca bjoerkna*  
*Clupea harengus*  
*Coregonus albula*  
*Coregonus lavaretus*  
*Coregonus maraena*  
*Coregonus* sp.  
*Esox lucius*  
*Gasterosteus aculeatus*  
*Gobius niger*  
*Gobiusculus flavescens*  
*Gymnocephalus cernuus*  
*Lota lota*  
*Nerophis ophidion*  
*Osmerus eperlanus*  
*Perca fluviatilis*  
*Phoxinus phoxinus*  
*Platichthys* sp.  
*Pomatoschistus minutus*  
*Pungitius pungitius*  
*Rutilus rutilus*  
*Salmo trutta*  
*Sander lucioperca*  
*Zoarces viviparus*



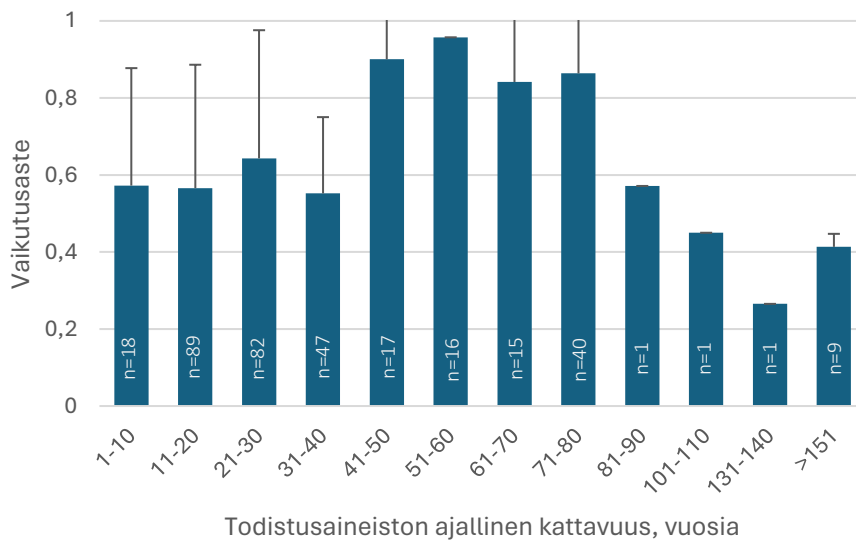
## Liite 5. Luontokadon ilmenemismuodot ja vaikutusasteet



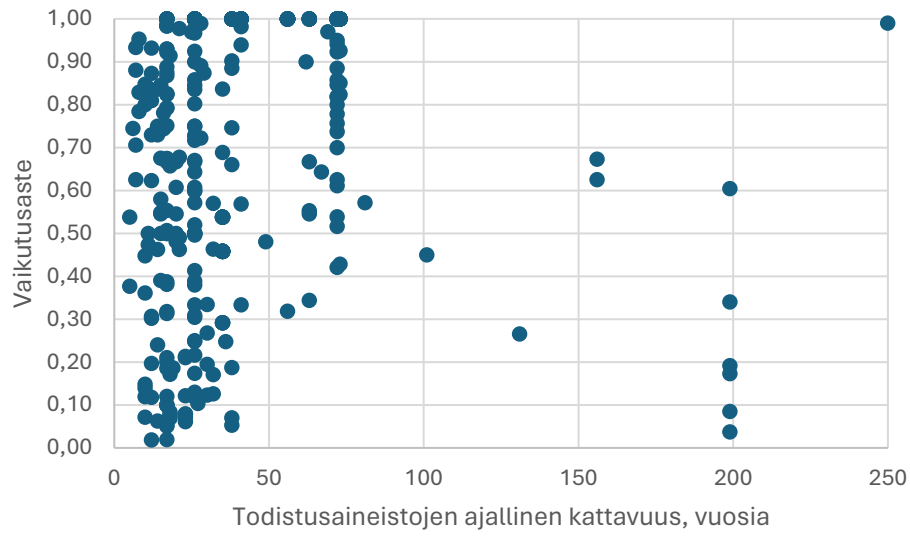
Kuva L5-2. Luontokadon ilmenemisen moninaisuuden suhde luontokadon aineistomäärään tarkasteltuna merialueittain sekä eliöryhmittäin. Ilmenemismuotojen lukumäärän ja aineistomäärän välillä on selkeä korrelaatio sekä merialueittain että eliöryhmittäin tarkasteltuna (Pearson's corr: 0,85–0,87; p < 0,001).



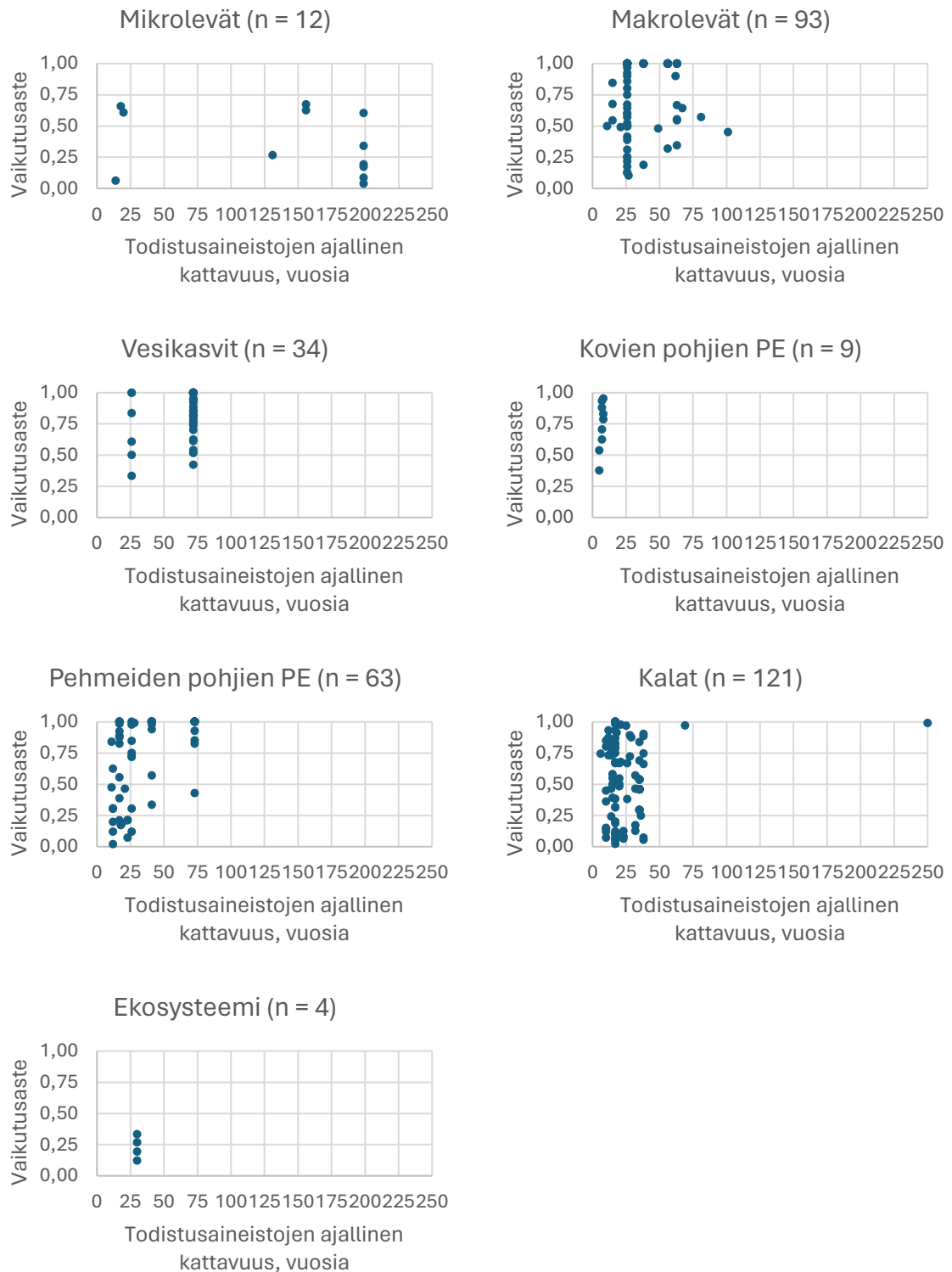
Kuva L5-3. Tutkimushavaintojen luontokadon vaikutusaste (n = 335) esitettynä havaintojen ajallisen sijoittuvuuden lopetusajankohdan mukaan kymmenen vuoden jaksoihin jaettuna. Pylväät osoittavat muutoksen suuruutta kuvaavan vaikutusasteen (0–1) keskiarvon keskihajonnalla.



Kuva L5-4. Tutkimushavaintojen luontokadon vaikutusaste (n = 336) esitettynä havaintojen ajallisen kattavuuden mukaan kymmenen vuoden jaksoihin jaettuna. Pylväät osoittavat muutoksen suuruutta kuvaavan vaikutusasteen (0–1) keskiarvon keskihajonnalla.



**Kuva L5-5. Todistusaineistojen luontokadon vaikutusaste (n = 336) suhteessa todistusaineistojen ajalliseen kattavuuteen.** Vaikutusaste kuvastaa luonnon monimuotoisuuden jonkin elementin muutoksen suuruutta ja voi saada arvon 0 (ei muutosta) ja 1 (suuri muutos) väliltä.



Kuva L5-6. Todistusaineistojen luontokadon vaikutusaste suhteessa todistusaineistojen ajalliseen kattavuuteen, esitettyinä eliöryhmittäin. Vaikutusaste kuvastaa luonnon monimuotoisuuden jonkin elementin muutoksen suuruutta ja voi saada arvon 0 (ei muutosta) ja 1 (suuri muutos) väliltä.



**Taulukko L5-1. Luontokadon ilmenemismuotojen lukumäärällinen ja prosentuaalinen (suluissa) esiintyminen luontokatoaineistossa (n = 427).** Aineisto on jaoteltu luonnon monimuotoisuuden eri tasojen mukaan sekä eliöryhmittäin. Taulukossa on käytetty seuraavia eliöryhmien lyhenteitä: MiL = Mikrolevät, MaL = Makrolevät, VK = Vesikasvit, EP = Eläinplankton, KPe = Koviin pohjien pohjaeläimet (epifauna), PPe = Pehmeiden pohjien pohjaeläimet, K = Kalat, UE = Useat eliöryhmät ja ekosysteemi.

Luontokadon ilmenemismuodot	Eliöryhmät								
	MiL	MaL	VK	EP	KPe	PPe	K	UE	Kaikki
<b>Geneettinen monimuotoisuus</b>							<b>1</b> (0,7 %)		<b>1</b> (0,2 %)
geneettisen eriytymisen vähentyminen							1 (0,7 %)		1 (0,2 %)
<b>Lajiminaisuudet</b>							<b>28</b> (20 %)		<b>28</b> (7 %)
kasvuvauhdin hidastuminen							8 (5,7 %)		8 (5,7 %)
muutos sukukypsyydessä							7 (5 %)		7 (5 %)
poikasvaiheen fenologian muutos							6 (4,3 %)		6 (4,3 %)
kehon kuntotilan heikkeneminen							2 (1,4 %)		2 (1,4 %)
kehon laadun heikkeneminen							2 (1,4 %)		2 (1,4 %)
sukusolujen laadun heikkeneminen							1 (0,7 %)		1 (0,7 %)
yksilöiden terveyden heikkeneminen							1 (0,7 %)		1 (0,7 %)
fekunditeetin väheneminen							1 (0,7 %)		1 (0,7 %)
<b>Populaatiot</b>	<b>1</b> (6 %)	<b>123</b> (93 %)	<b>36</b> (90 %)		<b>9</b> (90 %)	<b>37</b> (50 %)	<b>92</b> (66 %)		<b>298</b> (70 %)
lajin paikallinen katoaminen		51 (38,3 %)	12 (30 %)			24 (32,4 %)	3 (2,1 %)		90 (21,1 %)
populaation yksilömäärän väheneminen		22 (16,5 %)	4 (10 %)		6 (60 %)	11 (14,9 %)	18 (12,9 %)		61 (14,3 %)
populaation biomassan väheneminen	1 (5,9 %)				3 (30 %)	1 (1,4 %)	49 (35 %)		54 (12,6 %)
lajin esiintyvyyden pieneneminen		14 (10,5 %)	19 (47,5 %)			1 (1,4 %)	7 (5 %)		41 (9,6 %)
lajin syvyyksilevinneisyyden kaventuminen		31 (23,3 %)							31 (7,3 %)
muutos populaation keski-ikässä/ikäjakautuksessa							7 (5 %)		7 (1,6 %)
muutos populaation keskipituudessa/kokojakautuksessa							3 (2,1 %)		3 (0,7 %)
lajin kattavuuden pieneneminen		3 (2,3 %)							3 (0,7 %)
lajin yleistilan heikkeneminen							3		3



							(2,1 %)		(0,7 %)
muutos lajin levinneisyydessä		1 (0,8 %)	1 (2,5 %)						2 (0,5 %)
poikasvaiheen rekryyttien yksilömäärän väheneminen							1 (0,7 %)		1 (0,2 %)
tehollisen populaation koon (Ne) väheneminen							1 (0,7 %)		1 (0,2 %)
ei kohentumista lajin pienentyneessä esiintyvyydessä		1 (0,8 %)							1 (0,2 %)
<b>Eliöyhteisöt</b>	<b>16 (94 %)</b>	<b>10 (8 %)</b>	<b>4 (10 %)</b>	<b>1 (100 %)</b>	<b>1 (10 %)</b>	<b>35 (47 %)</b>	<b>19 (14 %)</b>		<b>86 (20 %)</b>
lajimäärän väheneminen	5 (29,4 %)	7 (5,3 %)				8 (10,8 %)	1 (0,7 %)		21 (4,9 %)
muutos eliöyhteisön rakenteessa	4 (23,5 %)			1 (100 %)	1 (10 %)	9 (12,2 %)	4 (2,9 %)		19 (4,4 %)
muutos eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa	5 (29,4 %)					1 (1,4 %)	4 (2,9 %)		10 (2,3 %)
eliöyhteisön biomassan väheneminen						7 (9,5 %)	1 (0,7 %)		8 (1,9 %)
eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen						5 (6,8 %)			5 (1,2 %)
lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden väheneminen		1 (0,8 %)	2 (5 %)			1 (1,4 %)			4 (0,9 %)
petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen							3 (2,1 %)		3 (0,7 %)
eliöyhteisön diversiteetti-indeksin (S-W H <sup>1</sup> ) pieneneminen	1 (5,9 %)					2 (2,7 %)			3 (0,7 %)
eliöyhteisön kokorakenteen pieneneminen							2 (1,4 %)		2 (0,5 %)
eliöyhteisön troofisen tason pieneneminen							2 (1,4 %)		2 (0,5 %)
eliöyhteisön tasaisuusindeksin (Pielou J) pieneneminen						2 (2,7 %)			2 (0,5 %)
avainlajin elinympäristöjen vähentyminen		1 (0,8 %)							1 (0,2 %)
lajiryhmän kattavuuden suht. väheneminen eliöyhteisössä		1 (0,8 %)							1 (0,2 %)
lajiryhmän yksilömäärän suht. väheneminen eliöyhteisössä	1 (5,9 %)								1 (0,2 %)
lajin suhteellinen väheneminen lajiryhmässä							1 (0,7 %)		1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien esiintyvyyden pieneneminen			1 (2,5 %)						1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien paikallinen katoaminen			1 (2,5 %)						1 (0,2 %)



yhteisön syvyyksilevneisyyden muutos							1 (0,7 %)		1 (0,2 %)
<b>Ekologiset toiminnot ja ekosysteemit</b>						<b>2 (3 %)</b>		<b>12 (100 %)</b>	<b>14 (3 %)</b>
muutos ekosysteemirakenteessa								3 (25 %)	3 (0,7 %)
muutos ravintoverkon prosesseissa								4 (33,3 %)	4 (0,9 %)
moninaiset ekosysteemitason muutokset								5 (41,7 %)	5 (1,2 %)
muutos eliöyhteisön toiminnoissa						1 (1,4 %)			1 (0,2 %)
muutos eliöyhteisön toiminnallisissa identiteeteissä						1 (1,4 %)			1 (0,2 %)
<b>Kaikki</b>	<b>17 (100 %)</b>	<b>133 (100 %)</b>	<b>40 (100 %)</b>	<b>1 (100 %)</b>	<b>10 (100 %)</b>	<b>74 (100 %)</b>	<b>140 (100 %)</b>	<b>12 (100 %)</b>	<b>427 (100 %)</b>

**Taulukko L5-2. Luontokadon eri ilmenemismuotojen (45 kpl) lukumäärällinen ja prosentuaalinen (suluissa) esiintyminen luontokatoaineistossa (n = 427).** Aineisto on jaoteltu luonnon monimuotoisuuden eri tasojen mukaan sekä luontotyypeittäin, EUNIS tason 3 luokittelun mukaisesti. Taulukossa on käytetty seuraavia luontotyyppien lyhenteitä: VM = Vesimassa, HS = Hydrolitoraalin sekasedimentit, HM = Hydrolitoraalin mutapohjat, IS = Infralitoraalin sekasedimentit, IM = Infralitoraalin mutapohjat, IH = Infralitoraalin hiekkapohjat, IK = Infralitoraalin kallio-/kivipohjat, IB = Infralitoraalin biogeeniset pohjat, UY = Useat ympäristöt.

Luontokadon ilmenemismuodot	Luontotyypit									Kaikki	
	VM	HS	HM	IS	IM	IH	IK	IB	UY		
<b>Geneettinen monimuotoisuus</b>										<b>1 (0,7 %)</b>	<b>1 (0,2 %)</b>
geneettisen eriytymisen vähentyminen										1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
<b>Lajiominaisuudet</b>				<b>2 (7 %)</b>						<b>26 (20 %)</b>	<b>28 (7 %)</b>
kasvuvauhdin hidastuminen				2 (6,7 %)						6 (4,3 %)	8 (1,9 %)
muutos sukukypsyydessä										7 (5 %)	7 (1,6 %)
poikasvaiheen fenologian muutos										6 (4,3 %)	6 (1,4 %)
kehon kuntotilan heikkeneminen										2 (1,4 %)	2 (0,5 %)
kehon laadun heikkeneminen										2 (1,4 %)	2 (0,5 %)
sukusolujen laadun heikkeneminen										1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
yksilöiden terveyden heikkeneminen										1 (0,7 %)	1 (0,2 %)





fekunditeetin väheneminen									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
<b>Populaatiot</b>	<b>1 (20 %)</b>	<b>1 (100 %)</b>	<b>4 (100 %)</b>	<b>24 (80 %)</b>	<b>45 (57 %)</b>	<b>19 (76 %)</b>	<b>125 (93 %)</b>	<b>9 (100 %)</b>	<b>70 (50 %)</b>	<b>298 (70 %)</b>
lajin paikallinen katoaminen			1 (25 %)	9 (30 %)	25 (31,6 %)	4 (16 %)	51 (38,1 %)			90 (21,1 %)
populaation yksilömäärän väheneminen				8 (26,7 %)	8 (10,1 %)	8 (32 %)	23 (17,2 %)	6 (66,7 %)	8 (5,7 %)	61 (14,3 %)
populaation biomassan väheneminen	1 (20 %)			1 (3,3 %)	1 (1,3 %)		1 (0,7 %)	3 (33,3 %)	47 (33,6 %)	54 (12,6 %)
lajin esiintyvyyden pieneneminen		1 (100 %)	3 (75 %)	6 (20 %)	10 (12,7 %)	7 (28 %)	14 (10,4 %)			41 (9,6 %)
lajin syvyyksilevinneisyyden kaventuminen							31 (23,1 %)			31 (7,3 %)
muutos populaation keski-iässä/ ikäjakaumassa									7 (5 %)	7 (1,6 %)
muutos populaation keskipituudessa/ kokojakaumassa									3 (2,1 %)	3 (0,7 %)
lajin kattavuuden pieneneminen							3 (2,2 %)			3 (0,7 %)
lajin yleistilan heikkeneminen									3 (2,1 %)	3 (0,7 %)
muutos lajin levinneisyydessä					1 (1,3 %)		1 (0,7 %)			2 (0,5 %)
poikasvaiheen rekryyttien yksilömäärän väheneminen									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
tehoillisen populaation koon (Ne) väheneminen									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
ei kohentumista lajin pienentyneessä esiintyvyydessä							1 (0,7 %)			1 (0,2 %)
<b>Eliöyhteisöt</b>	<b>4 (80 %)</b>			<b>4 (13 %)</b>	<b>32 (41 %)</b>	<b>6 (24 %)</b>	<b>9 (7 %)</b>		<b>31 (22 %)</b>	<b>86 (20 %)</b>
lajimäärän väheneminen				1 (3,3 %)	6 (7,6 %)	1 (4 %)	7 (5,2 %)		6 (4,3 %)	21 (4,9 %)
muutos eliöyhteisön rakenteessa	4 (80 %)			2 (6,7 %)	9 (11,4 %)				4 (2,9 %)	19 (4,4 %)
muutos eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa					1 (1,3 %)	1 (4 %)			8 (5,7 %)	10 (2,3 %)
eliöyhteisön biomassan väheneminen				1 (3,3 %)	7 (8,9 %)					8 (1,9 %)
eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen					5 (6,3 %)					5 (1,2 %)



lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden väheneminen					4 (5,1 %)					4 (0,9 %)
petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen									3 (2,1 %)	3 (0,7 %)
eliöyhteisön diversiteetti-indeksin (S-W H') pieneneminen						2 (8 %)			1 (0,7 %)	3 (0,7 %)
eliöyhteisön kokorakenteen pieneneminen									2 (1,4 %)	2 (0,5 %)
eliöyhteisön troofisen tason pieneneminen									2 (1,4 %)	2 (0,5 %)
eliöyhteisön tasaisuusindeksin (Pielou J) pieneneminen						2 (8 %)				2 (0,5 %)
avainlajin elinympäristöjen vähentyminen							1 (0,7 %)			1 (0,2 %)
lajiryhmän kattavuuden suht. väheneminen eliöyhteisössä							1 (0,7 %)			1 (0,2 %)
lajiryhmän yksilömäärän suht. väheneminen eliöyhteisössä									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
lajin suhteellinen väheneminen lajiryhmässä									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien esiintyvyyden pieneneminen									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien paikallinen katoaminen									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
yhteisön syvyyksilevinneisyyden muutos									1 (0,7 %)	1 (0,2 %)
<b>Ekologiset toiminnot ja ekosysteemit</b>					<b>2 (3 %)</b>				<b>12 (9 %)</b>	<b>14 (3 %)</b>
muutos ekosysteemi-rakenteessa									5 (3,6 %)	5 (1,2 %)
muutos ravintoverkon prosesseissa									4 (2,9 %)	4 (0,9 %)
moninaiset ekosysteemitason muutokset									3 (2,1 %)	3 (0,7 %)
muutos eliöyhteisön toiminnoissa					1 (1,3 %)					1 (0,2 %)



muutos eliöyhteisön toiminnallisissa identiteeteissä					1 (1,3 %)					1 (0,2 %)
<b>Kaikki</b>	<b>5</b> (100 %)	<b>1</b> (100 %)	<b>4</b> (100 %)	<b>30</b> (100 %)	<b>79</b> (100 %)	<b>25</b> (100 %)	<b>134</b> (100 %)	<b>9</b> (100 %)	<b>140</b> (100 %)	<b>427</b> (100 %)

**Taulukko L5-3. Luontokadon ilmenemismuotojen lukumäärällinen ja prosentuaalinen (suluissa) esiintyminen luontokatoaineistossa (n = 427).** Aineisto on jaoteltu luonnon monimuotoisuuden eri tasojen mukaan sekä merialueittain. Taulukossa on käytetty seuraavia merialueiden lyhenteitä: PM: Perämeri, MK: Merenkurkku, SeM: Selkämeri, AM: Ahvenanmaan merialue, SaM: Saaristomeri, SL: Suomenlahti, sekä UA: Useat alueet.

Luontokadon ilmenemismuodot	Suomen merialueet							
	PM	MK	SeM	AM	SaM	SL	UA	Kaikki
<b>Geneettinen monimuotoisuus</b>	<b>1 (5 %)</b>							<b>1 (0,2 %)</b>
geneettisen eriytymisen vähentyminen	1 (4,8 %)							1 (0,2 %)
<b>Lajiominaisuudet</b>	<b>4 (19 %)</b>	<b>5 (21 %)</b>	<b>5 (20 %)</b>	<b>1 (0,7 %)</b>	<b>9 (11 %)</b>	<b>4 (3 %)</b>		<b>28 (7 %)</b>
kasvuvauhdin hidastuminen	1 (4,8 %)	2 (8,3 %)	2 (8 %)		1 (1,2 %)	2 (1,6 %)		8 (1,9 %)
muutos sukukypsyydessä	2 (9,5 %)	2 (8,3 %)	2 (8 %)		1 (1,2 %)			7 (1,6 %)
poikasvaiheen fenologian muutos	1 (4,8 %)	1 (4,2 %)	1 (4 %)	1 (0,7 %)	1 (1,2 %)	1 (0,8 %)		6 (1,4 %)
kehon kuntotilan heikkeneminen					1 (1,2 %)	1 (0,8 %)		2 (0,5 %)
kehon laadun heikkeneminen					2 (2,4 %)			2 (0,5 %)
sukusolujen laadun heikkeneminen					1 (1,2 %)			1 (0,2 %)
yksilöiden terveyden heikkeneminen					1 (1,2 %)			1 (0,2 %)
fekunditeetin väheneminen					1 (1,2 %)			1 (0,2 %)
<b>Populaatiot</b>	<b>16 (76 %)</b>	<b>19 (79 %)</b>	<b>17 (68 %)</b>	<b>94 (69 %)</b>	<b>56 (68 %)</b>	<b>88 (72 %)</b>	<b>8 (53 %)</b>	<b>298 (70 %)</b>
lajin paikallinen katoaminen		3 (12,5 %)	3 (12 %)	47 (34,3 %)	16 (19,5 %)	21 (17,1 %)		90 (21,1 %)
populaation yksilömäärän väheneminen		1 (4,2 %)	2 (8 %)	29 (21,2 %)	9 (11 %)	20 (16,3 %)		61 (14,3 %)
populaation biomassan väheneminen	6 (28,6 %)	9 (37,5 %)	5 (20 %)	5 (3,6 %)	9 (11 %)	14 (11,4 %)	6 (40 %)	54 (12,6 %)
lajin esiintyvyyden pieneneminen		2 (8,3 %)	2 (8 %)	3 (2,2 %)	10 (12,2 %)	24 (19,5 %)		41 (9,6 %)
lajin syvyytlevinneyden kaventuminen		3 (12,5 %)	4 (16 %)	9 (6,6 %)	6 (7,3 %)	7 (5,7 %)	2 (13,3 %)	31 (7,3 %)
muutos populaation keski-ikässä/ikäjakaumassa	7 (33,3 %)							7 (1,6 %)
muutos populaation keskipituudessa/kokojakaumassa	1 (4,8 %)				1 (1,2 %)	1 (0,8 %)		3 (0,7 %)
lajin kattavuuden pieneneminen				1 (0,7 %)	2 (2,4 %)			3 (0,7 %)
lajin yleistilan heikkeneminen	1 (4,8 %)	1 (4,2 %)	1 (4 %)					3 (0,7 %)



muutos lajin levinneisyydessä					1 (1,2 %)	1 (0,8 %)		2 (0,5 %)
poikasvaiheen rekryyttien yksilömäärän väheneminen					1 (1,2 %)			1 (0,2 %)
tehollisen populaation koon (Ne) väheneminen	1 (4,8 %)							1 (0,2 %)
ei kohentumista lajin pienentyneessä esiintyvyydessä					1 (1,2 %)			1 (0,2 %)
<b>Eliöyhteisöt</b>			<b>3 (12 %)</b>	<b>33 (24 %)</b>	<b>14 (17 %)</b>	<b>30 (24 %)</b>	<b>6 (40 %)</b>	<b>86 (20 %)</b>
lajimäärän väheneminen			1 (4 %)	9 (6,6 %)	5 (6,1 %)	6 (4,9 %)		21 (4,9 %)
muutos eliöyhteisön rakenteessa			2 (8 %)	6 (4,4 %)	3 (3,7 %)	7 (5,7 %)	1 (6,7 %)	19 (4,4 %)
muutos eliöyhteisön lajien vallitsevuudessa				4 (2,9 %)		6 (4,9 %)		10 (2,3 %)
eliöyhteisön biomassan väheneminen				5 (3,6 %)	3 (3,7 %)			8 (1,9 %)
eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen				2 (1,5 %)	2 (2,4 %)	1 (0,8 %)		5 (1,2 %)
lajien/yhteisöjen potentiaalisen kattavuuden väheneminen							4 (26,7 %)	4 (0,9 %)
petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen				1 (0,7 %)	1 (1,2 %)	1 (0,8 %)		3 (0,7 %)
eliöyhteisön diversiteetti-indeksin (S-W H') pieneneminen						3 (2,4 %)		3 (0,7 %)
eliöyhteisön kokorakenteen pieneneminen				2 (1,5 %)				2 (0,5 %)
eliöyhteisön troofisen tason pieneneminen				2 (1,5 %)				2 (0,5 %)
eliöyhteisön tasaisuusindeksin (Pielou J) pieneneminen						2 (1,6 %)		2 (0,5 %)
avainlajin elinympäristöjen vähentyminen							1 (6,7 %)	1 (0,2 %)
lajiryhmän kattavuuden suht. väheneminen eliöyhteisössä				1 (0,7 %)				1 (0,2 %)
lajiryhmän yksilömäärän suht. väheneminen eliöyhteisössä						1 (0,8 %)		1 (0,2 %)
lajin suhteellinen väheneminen lajiryhmässä						1 (0,8 %)		1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien esiintyvyyden pieneneminen						1 (0,8 %)		1 (0,2 %)
eliöyhteisön lajien paikallinen katoaminen						1 (0,8 %)		1 (0,2 %)
yhteisön syvyyksilevinneisyyden muutos				1 (0,7 %)				1 (0,2 %)
<b>Ekologiset toiminnot ja ekosysteemit</b>				<b>9 (7 %)</b>	<b>3 (4 %)</b>	<b>1 (0,8 %)</b>	<b>1 (7 %)</b>	<b>14 (3 %)</b>
muutos ekosysteemirakenteessa				2 (1,5 %)	2 (2,4 %)	1 (0,8 %)		5 (1,2 %)



muutos ravintoverkon prosesseissa				4 (2,9 %)				4 (0,9 %)
moninaiset ekosysteemitason muutokset				1 (0,7 %)	1 (1,2 %)		1 (6,7 %)	3 (0,7 %)
muutos eliöyhteisön toiminnoissa				1 (0,7 %)				1 (0,2 %)
muutos eliöyhteisön toiminnallisissa identiteeteissä				1 (0,7 %)				1 (0,2 %)
<b>Kaikki</b>	<b>21</b> <b>(100 %)</b>	<b>24</b> <b>(100 %)</b>	<b>25</b> <b>(100 %)</b>	<b>137</b> <b>(100 %)</b>	<b>82</b> <b>(100 %)</b>	<b>123</b> <b>(100 %)</b>	<b>15</b> <b>(100 %)</b>	<b>427</b> <b>(100 %)</b>

Taulukko L5-4. Luontokadon ilmenemismuotojen vaikutusasteen keskiarvo ( $\pm$  keskihajonta) luonnon monimuotoisuuden eri kategorioissa ja kokonaisuudessaan, esitettyinä eliöryhmittäin, luontotyypeittäin ja merialueittain. Eliöryhmistä eläinplankton sisälsi kaikkiaan vain yhden aineiston, eikä ryhmää siten esitetä tässä taulukossa. Mikrobeista ei ollut lainkaan aineistoja. Luontotyypeistä circalitoraalin sekä karkeiden sedimenttien luonnehtimia luontotyyppisiä ei esiintynyt aineistossa lainkaan, ja hydrolitoraalin luontotyypeistä esiintyi vain sekasedimentti- ja mutapohjat. PE = pohjaeläimet.

		LUONNON MONIMUOTOISUUDEN KATEGORIAT							K a i k k i
		Yksilö-ominaisuudet	Populaatio- rakenne	Lajin/taksonin esiintyminen	Eliömäärä	Eliöyhteisön rakenne	Ekologiset toiminnot	Muut	
ELIÖRYHMÄT	Mikrolevät				0,66 $\pm$ 0 (n: 1)	0,33 $\pm$ 0,24 (n: 11)			0
	Makrolevät			0,84 $\pm$ 0,26 (n: 52)	0,78 $\pm$ 0,27 (n: 34)	0,38 $\pm$ 0,23 (n: 7)			0
	Vesikasvit			0,84 $\pm$ 0,17 (n: 28)	0,71 $\pm$ 0,25 (n: 6)				0
	Kovien pohjien PE				0,74 $\pm$ 0,18 (n: 9)				0
	Pehmeiden pohjien PE			0,99 $\pm$ 0,06 (n: 17)	0,79 $\pm$ 0,27 (n: 32)	0,3 $\pm$ 0,23 (n: 14)			0
	Kalat	0,39 $\pm$ 0,32 (n: 22)	0,45 $\pm$ 0,33 (n: 10)	0,62 $\pm$ 0,3 (n: 10)	0,64 $\pm$ 0,21 (n: 63)	0,35 $\pm$ 0,26 (n: 9)		0,15 $\pm$ 0,21 (n: 7)	0
	Useat eliöryhmät ja ekosysteemit						0,23 $\pm$ 0,08 (n: 4)		0
LUONTOTYYPIT	Vesimassa				0,66 $\pm$ 0 (n: 1)	0,61 $\pm$ 0 (n: 1)			0
	Hydrol. sekasedimentit			0,76 $\pm$ 0 (n: 1)					0
	Hydrol. mutapohjat			0,84 $\pm$ 0,15 (n: 4)					0
	Infral. sekasedimentit	0,1 $\pm$ 0,02 (n: 2)		0,73 $\pm$ 0,32 (n: 13)	0,79 $\pm$ 0,22 (n: 11)	0,32 $\pm$ 0 (n: 1)			0
	Infral. mutapohjat			0,91 $\pm$ 0,15 (n: 26)	0,78 $\pm$ 0,28 (n: 29)	0,3 $\pm$ 0,13 (n: 7)			0
	Infral. hiekkapohjat			0,84 $\pm$ 0,16 (n: 11)	0,8 $\pm$ 0,16 (n: 8)	0,32 $\pm$ 0,31 (n: 6)			0
	Infral. kallio-/kivipohjat			0,84 $\pm$ 0,26 (n: 52)	0,78 $\pm$ 0,26 (n: 36)	0,38 $\pm$ 0,23 (n: 7)			0
	Infral. biogeeniset pohjat				0,74 $\pm$ 0,18 (n: 9)				0
	Useat ympäristöt	0,42 $\pm$ 0,32 (n: 20)	0,45 $\pm$ 0,33 (n: 10)		0,59 $\pm$ 0,19 (n: 51)	0,32 $\pm$ 0,25 (n: 19)	0,23 $\pm$ 0,08 (n: 4)	0,15 $\pm$ 0,21 (n: 7)	0
MERIALUEET	Perämeri	0,42 $\pm$ 0,33 (n: 3)	0,53 $\pm$ 0,31 (n: 8)		0,57 $\pm$ 0,23 (n: 7)			0,34 $\pm$ 0,32 (n: 2)	0
	Merenkurkku	0,47 $\pm$ 0,34 (n: 4)		1 $\pm$ 0 (n: 3)	0,64 $\pm$ 0,21 (n: 9)			0,1 $\pm$ 0 (n: 1)	0
	Selkämeri	0,43 $\pm$ 0,38 (n: 4)		0,91 $\pm$ 0,15 (n: 4)	0,54 $\pm$ 0,22 (n: 6)	0,17 $\pm$ 0 (n: 1)		0,1 $\pm$ 0 (n: 1)	0
	Ahvenanmaan merialue			0,94 $\pm$ 0,16 (n: 35)	0,7 $\pm$ 0,29 (n: 53)	0,31 $\pm$ 0,22 (n: 16)	0,23 $\pm$ 0,08 (n: 4)	0,06 $\pm$ 0 (n: 1)	0



Saaristomeri	0,42 ±0,27 (n: 8)	0,13 ±0 (n: 1)	0,76 ±0,29 (n: 21)	0,79 ±0,2 (n: 28)	0,33 ±0,08 (n: 6)	0,05 ±0 (n: 1)	0
Suomenlahti	0,09 ±0,02 (n: 3)	0,05 ±0 (n: 1)	0,82 ±0,21 (n: 41)	0,78 ±0,18 (n: 36)	0,37 ±0,29 (n: 18)	0,08 ±0 (n: 1)	0
Useat alueet			0,37 ±0,2 (n: 3)	0,55 ±0,18 (n: 6)			0

**Taulukko L5-5. Yhteenveto luontokadon ilmenemismuodoista merialueittain ja luontotyypeittäin (EUNIS taso 3).** Suluissa näytetyt luvut ovat tutkimushavaintojen lukumääriä. Luontokadon suuruutta kuvaava vaikutusaste esitetty keskiarvona (± keskihajonta).

Merialue/ luontotyypit	Luontokadon ilmenemismuoto	Lajit/taksonit/ekologiset tasot	Esimerkki	Vaikutusaste (keskiarvo ±SD)	Kirjallisuus*
Suomenlahti (123)				0,69±0,31 (100)	
Itämeren sekoittunut matalan suolapitoisuude n vesipatsas (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populaation biomassan väheneminen kasviplanktonissa (1)</li> <li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos kasviplanktonissa (2)</li> <li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos eläinplanktonissa (1)</li> </ul>	<i>Peridinella catenata</i> (1), Kasviplanktoniyhteisö (2), Eläinplanktoniyhteisö (1),	Sinilevien (Cyanophyceae) määrä kasviplanktoniyhteisössä varsinkin loppukesästä ja syksystä lisääntyi (n. 61 %) seurantajakson 1971–1994 aikana Loviisassa, Itäisellä Suomenlahdella, siten, että sinilevät paikoin dominoivat kasviplanktoniyhteisön biomassassa (Illus ja Keskitalo 2008)	0,63±0,04 (2)	Illus ja Keskitalo 2008; Finni ym. 2001
Itämeren hydrolitoraalin mutapohjat (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen vesikasveissa (3)</li> <li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (1)</li> </ul>	<i>Alisma plantago-aquatica</i> (1), <i>Typha angustifolia</i> (1), <i>Typha latifolia</i> (1), <i>Ranunculus confervoides</i> (1)	<i>Ranunculus confervoides</i> katosi läntisen Suomenlahden saaristosta vuosien 1936–48 ja 2005–07 välillä (Pitkänen ym. 2013).	0,84±0,17 (4)	Pitkänen ym. 2013
Itämeren hydrolitoraalin sekasedimentit (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen vesikasveissa (1)</li> </ul>	<i>Schoenoplectus</i> sp. (1)	<i>Schoenoplectus</i> sp.:n esiintymät vähenivät n. 76 % läntisen Suomenlahden saaristossa vuosien 1936–48 ja 2005–07 välillä (Pitkänen ym. 2013).	0,76 (1)	Pitkänen ym. 2013
Itämeren infralitoraalin mutapohjat (26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen vesikasveissa (9)</li> <li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (1)</li> <li>• Lajin levinneisyyden muutos vesikasveissa (1)</li> <li>• Populaation yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (2)</li> <li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (8)</li> </ul>	<i>Potamogeton pusillus</i> (1), <i>Chara globularis</i> (1), <i>Chara tomentosa</i> (2) <i>Equisetum fluviatile</i> (1), <i>Nitella</i> sp. (1), <i>Nymphaea alba</i> (1), <i>Persicaria amphibia</i> (1), <i>Ranunculus peltatus</i> ssp. <i>baudotii</i> (1), <i>Sagittaria sagittifolia</i> (1), <i>Schoenoplectus maritimus</i> (1), <i>Asellus asellus</i> (1),	Läntisen Suomenlahdella olevalla näyttötopaikalla selkärangattomien pohjaeläinten eliöyhteisö muuttui vertailuvuosien 1928 ja 2000 välillä aiemmin monimuotoisesta <i>Corophium volutator</i> – <i>Macoma baltica</i> –Chironomidae-valtalajien yhteisöstä köyhemmäksi <i>M. baltica</i> :n ja tulokkaana	0,85±0,18 (23)	Lehtonen ym. 1998; Laine ym. 2003; Munsterhjelm ym. 2008; Pitkänen ym. 2013





	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Corophium voluntator</i> (1), <i>Gammarus locusta</i> (1), <i>Monoporeia affinis</i> (1), <i>Prostoma obscurum</i> (1), <i>Saduria entomon</i> (1), Trichoptera (1), <i>Macoma baltica</i> (1), Chironomidae (1), Oligochaeta (1), Pohjaeläinyhteisö (3), <i>Gymnocephalus cernuus</i> (1), <i>Rutilus rutilus</i> (1)	saapuneen monisukasmadon, <i>Marenzelleria viridis</i> :n hallitsemaksi yhteisöksi. Jopa 11 lajia, mukaan lukien kaikki äyriäislajit, oli kadonnut ja vain 3 lajia esiintyi sekä vuonna 1928 että 2000 (Laine ym. 2003).		
Itämeren infralitoraalin hiekkapohjat (23)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen vesikasveissa (6)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (4)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (4)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön lajien vallitsevuuden muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön diversiteetti-indeksin (H') pieneneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (2)</li><li>• Eliöyhteisön tasaisuus-indeksin (Pielou J) pieneneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (2)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (2)</li></ul>	<i>Eleocharis acicularis</i> (1), <i>Eleocharis parvula</i> (1), <i>Isoetes lacustris</i> (1), <i>Plantago uniflora</i> (1), <i>Ranunculus reptans</i> (1), <i>Stuckenia filiformis</i> (1), <i>Chara baltica</i> (1), <i>Isoetes echinospora</i> (1), <i>Myriophyllum alterniflorum</i> (1), <i>Potamogeton gramineus</i> (1), <i>Corophium volutator</i> (2), <i>Nereis diversicolor</i> (1), <i>Pygospio elegans</i> (2), Pohjaeläinyhteisö (6), <i>Platichthys</i> sp. (2)	Läntisellä Suomenlahdella kampelan ( <i>Platichthys</i> sp.) poikastiheydet matalilla rannoilla pienentyivät radikaalisti (n. 98 %) vertailujaksojen 1979–1992 ja 2012–2014 välillä (Jokinen ym. 2016).	0,71±0,32 (23)	Boström ym. 2002; Jokinen ym. 2015; 2016, Pitkänen ym. 2013
Itämeren infralitoraalin sekasedimentit (11)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (4)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos kovien pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Kasvuvauhdin hidastuminen kaloissa (2)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (2)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos kaloissa (1)</li></ul>	<i>Elatine hydropiper</i> (1), <i>Elatine triandra</i> (1), <i>Potamogeton alpinus</i> (1), <i>Potamogeton gramineus x perfoliatus</i> (1), Kovien pohjien eliöyhteisö (1), <i>Perca fluviatilis</i> (1), <i>Rutilus rutilus</i> (1), <i>Platichthys</i> sp. (2), <i>Blicca bjoerkna</i> (1), Kalayhteisö (1)	<i>Potamogeton gramineus</i> katosi läntisen Suomenlahden saaristosta vuosien 1936–48 ja 2005–07 välillä (Pitkänen ym. 2013).	0,70±0,39 (8)	Lappalainen ja Pesonen 2000; Lappalainen ym. 2001; Packalén ym. 2008; Jokinen ym. 2015; Pitkänen ym. 2013
Itämeren infralitoraalin biogeeniset elinympäristöt (9)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kovien pohjien pohjaeläimissä (6)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kovien pohjien pohjaeläimissä (3)</li></ul>	<i>Mytilus trossulus</i> (9)	Sinisimpukan tulokkaiden määrä/tiheys pienentyi n. 83 % seurantajakson korkeimmista arvoista v. 1998 vuoteen 2005 Suomenlahden keskivaiheen rannikkoalueella (Westerbom ym. 2019)	0,74±0,19 (9)	Westerbom ym. 2019
Itämeren infralitoraalin	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen makroleivissä (3)</li></ul>	<i>Fucus vesiculosus</i> (2), <i>Fucus</i> spp. (3), <i>Coccolytus truncatus/Phyllophora</i>	Rakkolevän ( <i>Fucus</i> spp.) esiintymissyvyys pienentyi läntisellä Suomenlahdella	0,70±0,32 (9)	Kangas ym. 1985; Torn ym.



kallio- /kivipohjat (15)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin syvyyssleivneisyyden kaventuminen makrolevissä (7)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen makrolevissä (3)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>pseudoceranoides</i> (1), <i>Furcellaria lumbricalis</i> (2), <i>Vertebrata fucoides</i> (1), <i>Rhodomela confervoides</i> (1), <i>Ahnfeltia plicata</i> (1), <i>Chroodactylon ornatum</i> (1), <i>Erythrocladia polystromatica</i> (1), <i>Platichthys</i> sp. (2)	vertailuvuosien 1980 ja 2000 välillä n. 52 % (n. 8 m → 4,5–5 m) (Rinne ja Salovius-Laurén 2020).	2006; Jokinen ym. 2015; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022;
Useat litoraalin elinympäristöt (30)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajimäärän väheneminen piilevissä (4)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos piilevissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön lajien vallitsevuuden muutos piilevissä (5)</li><li>• Eliöyhteisön diversiteetti-indeksin (H') muutos piilevissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön lajiryhmän yksilömäärän suht. väheneminen piilevissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön lajien esiintyvyyden pieneneminen vesikasveissa (1)</li><li>• Eliöyhteisön lajien paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (1)</li><li>• Yksilöiden kehon kuntotilan heikentyminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Populaation keskipituuden/kokojakauman muutos kaloissa (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (2)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (8)</li><li>• Petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Lajiparin lajin suhteellinen väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Moninaiset muutokset ekosysteeminrakenteessa (1)</li></ul>	<i>Bacillariophyceae</i> (12), Vesikasviyhteisö (2), <i>Platichthys</i> sp. (6), <i>Perca fluviatilis</i> (1), <i>Esox lucius</i> (2), <i>Clupea harengus membras</i> (2), <i>Salmo trutta</i> (1), <i>Lota lota</i> (1), <i>Osmerus eperlanus</i> (1), Kalayhteisö (1), Litoraalin ekosysteemi (1)	Koekalastusaineisto (1989–2013) indikoi kampelan ( <i>Platichthys</i> sp.) selvää ja äkillistä vähentymistä v. 2003, siten, että lukumäärällinen keskisaalis vuosina ennen 2003 verrattuna vuosiin tämän jälkeen pieneni n. 97 % (Jokinen ym. 2015).	0,43±0,31 (21) Korhola ja Blom 1996; Lehtonen ym. 1998; 2009; Lappalainen ym. 2001; Boström ym. 2002; Rönnberg ja Bonsdorff 2004; Weckström 2006; Lehikoinen ym. 2011; Pitkänen ym. 2013; Jokinen ym. 2015; Bergström ym. 2016; Momigliano ym. 2019; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022; Olsson ym. 2023
Saaristomeri (82)				0,67±0,31 (65)
Itämeren infralitoraalin mutapohjat (24)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation biomassan väheneminen pehmeiden pohjaeläimissä (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjaeläimissä (4)</li></ul>	<i>Mytilus edulis</i> (1), <i>Bithynia tentaculata</i> (1), <i>Ceratopogonidea</i> (1), <i>Halicryptus spinulosus</i> (1), <i>Harmothoe sarsi</i> (1), <i>Lymnea peregra</i> (1), <i>Monoporeia affinis</i> (1), <i>Mya arenaria</i> (1), <i>Polydora redeki</i>	Liejusimpukan populaatiobiomassa pienentyi (n. 98 %) Saaristomerellä sijaitsevassa suojaisessa lahdessa vuosien 1965 ja 2005 välillä luultavasti sekä paikallisen (kalankasvatus) että	0,84±0,25 (23) Bonsdorff ym. 1997; Kraufvelin ym. 2001; Holmström ym. 2007



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin paikallinen katoaminen pehmeiden pohjien pohjajaeläimissä (10)</li><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjajaeläimissä (3)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos pehmeiden pohjien pohjajaeläimissä (2)</li><li>• Eliöyhteisön biomassan väheneminen pehmeiden pohjien pohjajaeläimissä (2)</li><li>• Eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjajaeläimissä (2)</li></ul>	(1), <i>Prostoma obscurum</i> (1), <i>Macoma bathica</i> (2), <i>Nereis diversicolor</i> (1), Chironomidae (1), <i>Hydrobia</i> sp. (1), Pohjajeläinyhteisö (9)	Itämeren yleisen rehevöitymiskehityksen seurauksena (Holmström ym. 2007).		
Itämeren infralitoraalin sekasedimentit (13)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen (2)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen kaloissa (6)</li><li>• Lajin paikallinen katoaminen kaloissa (3)</li><li>• Lajimäärän väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Eliöyhteisön biomassan väheneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (1); <i>Gobius niger</i> (1); <i>Nerophis ophidion</i> (1); <i>Perca fluviatilis</i> (1); <i>Pomatoschistus minutus</i> (1); <i>Pungitius pungitius</i> (1); <i>Gobiusculus flavescens</i> (1); <i>Phoxinus phoxinus</i> (1); <i>Zoarces viviparus</i> (1); Kalayhteisö (2)	Litoraalin kalayhteisön kokonaisbiomassa romahti (n. 99 %) rehevöitymisvaikutusten alla Saaristomeren saaristossa vuosien 1980 ja 1996 välillä (Rajasilta ym. 1999).	0,67±0,34 (13)	Rajasilta ym. 1999
Itämeren infralitoraalin kallio-/kivipohjat (18)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin levinneisyyden muutokset makroleivissä (1)</li><li>• Lajin syvyyksilevinneisyyden kaventuminen makroleivissä (6)</li><li>• Lajin kattavuuden pieneneminen makroleivissä (2)</li><li>• Lajin yksilömäärän väheneminen makroleivissä (1)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen makroleivissä (4)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen makroleivissä (3)</li><li>• Ei muutoksia lajin pienentyneessä esiintyvyydessä makroleivissä (1)</li></ul>	<i>Fucus vesiculosus</i> (7), <i>Fucus</i> spp. (2), <i>Coccolytus truncatus/Phyllophora pseudoceranoides</i> (2), <i>Furcellaria lumbricalis</i> (2), <i>Vertebrata fucoides</i> (1), <i>Rhodomela confervoides</i> (1), <i>Ahnfeltia plicata</i> (1), <i>Chroodactylon ornatum</i> (1), <i>Erythrocladia polystromatica</i> (1)	Rakkohaurun runsaus (tiheys rakkohauruvyöhykkeessä) vähentynyt (n. 85 %) Eteläisen Saaristomeren ulkosaaristossa vuodesta 1993 vuoteen 2001 ja pysynyt sen jälkeen alhaisena (vuoteen 2007 asti) (Vahteri ja Vuorinen 2016).	0,76±0,23 (8)	Rönnberg ym. 1985; Snickars ym. 2014; Torn ym. 2006; Vahteri ja Vuorinen 2016; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Rinne ja Kostamo 2022
Useat litoraalin elinympäristöt (27)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajimäärän väheneminen piilevissä (1)</li><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Yksilöiden fekunditeetin väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden kasvuvaihdin hidastuminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden kehon kuntotilan heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden kehon laadun heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden terveyden heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden sukukypsytyksen muutos kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden sulusolujen laadun heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Populaation keskipituuden/kokojakauman muutos kaloissa (1)</li></ul>	Bacillariophyceae (1), <i>Clupea harengus membras</i> (10), <i>Sander lucioperca</i> (2), <i>Perca fluviatilis</i> (2), <i>Esox lucius</i> (2), <i>Lota lota</i> (1), <i>Platichthys</i> sp. (3), <i>Salmo trutta</i> (1), Kalayhteisö (2), Litoraalin ekosysteemi (3)	Piilevien lajirunsaus väheni selvästi (n. 27 %) urbanisaatiosta johtuneen lisääntyneen ravinteiden pistekuormituksen takia 1800-l lopusta aina vuoteen 1950 asti, minkä jälkeen selvää parannusta ei ole tapahtunut (Weckström ym. 2007).	0,45±0,24 (21)	Kääriä ym. 1988; Bonsdorff ym. 1997b; Leppäkoski ym. 1999; Rajasilta ym. 1999; 2016; 2019; 2021; Rönnberg ja Bonsdorff 2004; Ådjers ym. 2006; Weckström ym. 2007; Jokinen



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation poikasvaiheen rekryyttien yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (8)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (2)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos kaloissa (1)</li><li>• Petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• pienentyminen kaloissa (1)</li><li>• Moninaiset ekosysteemitason muutokset (3)</li></ul>				ym. 2015; Kokkonen ym. 2015; 2019; Bergström ym. 2016; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022; Olsson ym. 2023
Ahvenanmaan merialue (137)				0,69±0,33 (109)	
Itämeren infralitoraalin mutapohjat (22)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliöyhteisön biomassan väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (5)</li><li>• Eliöyhteisön yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (2)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (5)</li><li>• Eliöyhteisön toiminnallisen identiteetin muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön ekologisen toiminnon muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (6)</li><li>• Eliöyhteisön lajien vallitsevuuden muutos kaloissa (1)</li></ul>	<i>Bylgides sarsi</i> (1), <i>Cerastoderma glaucum</i> (1), <i>Corophium voluntator</i> (1), <i>Jaera albifrons</i> (1), <i>Saduria entomon</i> (1), <i>Theodoxus fluviatilis</i> (1), Pohjaeläinyhteisö (15), Kalayhteisö (1)	Selkärangattomien pohjaeläinten kokonaisyksilörunsaudet Ahvenanmaan merialueen saaristossa (57 näytteenottopistettä) pienenevät (n. 12 %) vuosien 1989 ja 2000 välillä (Perus ja Bonsdorff 2004).	0,61±0,38 (14)	Blomqvist 1984; Perus ja Bonsdorff 2004; Villnäs ym. 2011; Weigel ym. 2015; 2016
Itämeren infralitoraalin hiekkapohjat (1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Platichthys</i> sp. (1)	Ahvenanmaan merialueen saaristossa matalien rantojen kampelan ( <i>Platichthys</i> spp.) poikastiheydet pienentyivät (n. 68 %) vertailujaksojen 1980–1992 ja 2012–2014 välillä (Jokinen ym. 2016).	0,68 (1)	Jokinen ym. 2016
Itämeren infralitoraalin sekasedimentit (6)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen vesikasveissa (4)</li><li>• <b>Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen vesikasveissa (2)</b></li></ul>	<i>Chara aspera</i> (1), <i>Potamogeton pectinatus</i> (2), <i>Potamogeton perfoliatus</i> (2), <i>Tolypella nidifica</i> (1)	Ahvenanmaan välisaaristossa osoitettiin <i>Potamogeton pectinatus</i> vesikasvin piakallisesti vähentyneen (n. 84 %) ja yhdeltä alueelta kokonaan kadonneen vuosien 1975 ja 2000 välillä, todennäköisesti rehevöitymisen	0,71±0,27 (6)	Roos ym. 2004



			aiheuttamien pohjan laadun muutosten takia (Roos ym. 2004).		
Itämeren infralitoraalin kallio-/kivipohjat (81)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen makroleivissä (21)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen makroleivissä (3)</li><li>• Lajin kattavuuden pieneneminen makroleivissä (1)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen makroleivissä (39)</li><li>• Lajin syvyyslevinneisyyden kaventuminen makroleivissä (9)</li><li>• Lajimäärän väheneminen makroleivissä (7)</li><li>• Eliöyhteisön lajiryhmän kattavuuden suhteellinen väheneminen makroleivissä (1)</li></ul>	<i>Fucus vesiculosus</i> (9), <i>Fucus</i> spp. (1), <i>Furcellaria lumbricalis</i> (5), <i>Rhodomela confervoides</i> (4), <i>Gaillona rosea</i> (2), <i>Ahnfeltia plicata</i> (1), <i>Grania efflorescens</i> (2), <i>Battersia plumigera</i> (1), <i>Capsosiphon fulvescens</i> (2), <i>Chaetomorpha linum</i> (2), <i>Chaetomorpha</i> sp. (2), <i>Chroodactylon ornatum</i> (1), <i>Coccotylus truncatus/Phyllophora pseudoceranoides</i> (6), <i>Dictyosiphon chordaria</i> (1), <i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (1), <i>Enteromorpha</i> sp. (2), <i>Erythrocladia polystromatica</i> (1), <i>Eudesme virescens</i> (2), <i>Halopteris scoparia</i> (2), <i>Litosiphon laminariae</i> (1), <i>Polysiphonia fibrillosa</i> (3), <i>Vertebrata fucoides</i> (3), <i>Pseudolithoderma rosenvingei</i> (1), <i>Rhodomela confervoides</i> (3), <i>Rhodochorton purpureum</i> (1), <i>Sphacelaria plumigera</i> (1), <i>Sphacelaria arctica</i> (1), <i>Sphacelaria</i> spp. (1), <i>Streblonema oligosporum</i> (1), <i>Urospora penicilliformis</i> (1), <i>Ceramium tenuicorne</i> (2), <i>Chorda filum</i> (2), <i>Ectocarpus silicosus</i> (2), <i>Pilayella littoralis</i> (1), <i>Stictyosiphon tortilis</i> (2), <i>Ulva intestinalis</i> (1), <i>Cladophora rupestris</i> (1), <i>Spongomorpha aeruginosa</i> (1), Makroleiväyhteisö (8)	Rakkolevän ( <i>Fucus</i> sp.) syvyyslevinneisyys kaakkois-Ahvenanmaan merialueella on pienentynyt voimakkaasti (n. 90 %) 1950-luvulta lähtien verrattuna jakson 2004–2016 tasoon (Rinne ja Salovius-Laurén 2020)	0,80±0,28 (68)	Rönnberg ym. 1985; Rönnberg ja Mathiessen 1998; Roos ym. 2004; Torn ym. 2006; Eveleens Maarse ym. 2020; Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Sahla ym. 2020; Rinne ja Kostamo 2022
Useat litoraalin elinympäristöt (27)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (3)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (5)</li><li>• Eliöyhteisön kokorakenteen pieneneminen kaloissa (2)</li><li>• Eliöyhteisön troofisen tason pieneneminen kaloissa (2)</li></ul>	Pohjaeläinyhteisö (1), <i>Clupea harengus membras</i> (2), <i>Esox lucius</i> (1), <i>Lota lota</i> (1), <i>Platichthys</i> sp. (2), <i>Rutilus rutilus</i> (1), <i>Sander lucioperca</i> (2), <i>Salmo trutta</i> (1), Kalayhteisö (9), Litoraalin ekosysteemit (7)	Ahvenanmaan merialueella sijaitsevilla kahdella lahtialueella kalasto muuttui vuosien 2000–2009 aikana niin, että kuhan osuus laski (n. 39 %), kun taas särkikalajien osuus samaan aikaan kasvoi (Mustamäki ja Mattila 2015).	0,38±0,27 (20)	Blomqvist 1984; Bonsdorff ym. 1992; 1997a; b; Leppäkoski ym. 1999; Rönnberg ja Bonsdorff



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliöyhteisön vallitsevuuden muutos kaloissa (3)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos kaloissa (1)</li><li>• Petokalayhteisön indikaattorin arvon heikkeneminen kaloissa (1)</li><li>• Eliöyhteisön syvyyssiintyvyyden muutos kaloissa (1)</li><li>• Moninaiset ekosysteemitason muutokset (7)</li></ul>				2004; Ådjers ym. 2006; Mustamäki ym. 2014; Jokinen ym. 2015; Mustamäki ja Mattila 2015; Snickars ym. 2015; Yletyinen ym. 2015; Bergström ym. 2016; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022; Olsson ym. 2023
Selkämeri (25)				0,55±0,35 (16)	
Itämeren sekoittunut matalan suolapitoisuuden vesipatsas (1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos mikrolevissä (1)</li></ul>	Planktonleväyhteisö (1)	Selkämeren rannikkoalueella planktonleväyhteisössä rehevöitymistä suosivat lajit (mm. monet sinilevät) runsastuivat rehevöitymistä suosimattomien lajien kustannuksella aikana 1977–1982 (Keskitalo 1987).	-	Keskitalo 1987
Itämeren infralitoraalien mutapohjat (3)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Lajimäärän väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li><li>• Eliöyhteisön rakenteen muutos pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li></ul>	<i>Pontoporeia affinis</i> (1), Pohjaeläinyhteisö (2)	Keskimääräinen pohjaeläinten lajimäärä yhdellä Selkämeren seuranta-alueella (Rauma) väheni (n. 17 %) vuosien 1973 ja 1982 välillä, jonka jälkeen tilanne tasaantui ja lajimäärä kääntyi heikokseen nousuun (Mattila 1993).	0,58±0,58 (2)	Mattila 1993
Itämeren infralitoraalien hiekkapohjat (1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Coregonus lavaretus</i> (1)	Selkämeren matalilla hiekkapohjilla siian ( <i>Coregonus lavaretus</i> ) pienpoikasmäärät vähenivät (50 %) vertailuvuosien 1990 ja 2010 välillä (Veneranta ym. 2013).	0,5 (1)	Veneranta ym. 2013
Itämeren infralitoraalien kallio-/kivipohjat (9)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin syvyyksilevinneisyyden kaventuminen makrolevissä (4)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen makrolevissä (2)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen makrolevissä (3)</li></ul>	<i>Fucus</i> spp. (1), <i>Coccolytus truncatus</i> / <i>Phyllophora pseudoceranoides</i> (1), <i>Furcellaria lumbicalis</i> (2), <i>Vertebrata fucoides</i> (1), <i>Rhodomela confervoides</i> (1), <i>Ahnfeltia plicata</i> (1), <i>Chroodactylon</i>	Rakkolevän ( <i>Fucus</i> spp.) syvyyksiintymisen on madaltunut voimakkaasti (n. 64 %) vuodesta 1950 lähtien verrattuna jakson 2004–2016 tasoon (Rinne ja Salovius-Laurén 2020).	0,91±0,18 (4)	Rinne ja Salovius-Laurén 2020; Sahla ym. 2020; Rinne ja Kostamo 2022



		<i>ornatum</i> (1), <i>Erythrocladia polystromatica</i> (1)			
Useat litoraalin elinympäristöt (11)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Yksilöiden kasvuvauhdin hidastuminen kaloissa (2)</li><li>• Yksilöiden sukukypsyyden muutos kaloissa (2)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (5)</li><li>• Lajin yleistilan heikkeneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Platichthys</i> sp. (1), <i>Clupea harengus membras</i> (2), <i>Coregonus</i> spp. (5), <i>Salmo trutta</i> (2), <i>Lota lota</i> (1)	Valtaosa Selkämeren meritaimenpopulaatioista on yleistilaltaan heikentynyt; suurin osa historiallisista populaatioista on kuollut sukupuuttoon ja jäljellä olevia uhkaa lisääntymispopulaatioiden pieni koko (Jutila ym. 2007).	0,40±0,30 (9)	Jutila ym. 2007; Veneranta ym. 2021; Weigel 2021; Peltonen ja Weigel 2022
Merenkurkku (24)				0,63±0,32 (17)	
Itämeren infralitoraalin kallio-/kivipohjat (8)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lajin syvyyksilevinneisyyden pieneneminen makroleivissä (3)</li><li>• Lajin paikallinen/alueellinen katoaminen makroleivissä (3)</li><li>• Lajin esiintyvyyden pieneneminen makroleivissä (2)</li></ul>	<i>Furcellaria lumbricalis</i> (2), <i>Rhodomela confervoides</i> (1), <i>Ahnfeltia plicata</i> (1), <i>Chroodactylon ornatum</i> (1), <i>Erythrocladia polystromatica</i> (1), <i>Coccotylus truncatus/Phyllophora pseudoceranoides</i> (1), <i>Vertebrata fucoides</i> (1)	<i>Furcellaria lumbricalis</i> punalevän esiintyvyys Selkämerellä pieneni 1960-luvulta vuoteen 2015 (Rinne ja Kostamo 2022).	1±0 (3)	Rinne ja Kostamo 2020
Useat litoraalin elinympäristöt (16)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Yksilöiden sukukypsyyden muutos kaloissa (2)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (9)</li><li>• Populaation yksilömäärän väheneminen kaloissa (1)</li><li>• Lajin yleistilan heikkeneminen kaloissa (1)</li></ul>	<i>Clupea harengus membras</i> (2), <i>Coregonus</i> spp. (5), <i>Salmo trutta</i> (2), <i>Abramis brama</i> (1), <i>Esox lucius</i> (2), <i>Lota lota</i> (2), <i>Perca fluviatilis</i> (1), <i>Osmerus eperlanus</i> (1)	Ammattikalastuksen virallisten saalis- ja myyntitilastojen perusteella lahnakanta ( <i>Abramis brama</i> ) romahti (n. 93 % vähentyminen saaliissa) vuosien 1977–1979 tasosta vuosien 1987–1988 tasoon (Hudd ja Leskelä 1998).	0,55±0,30 (14)	Kjellman ja Hudd 1996; Hudd ja Leskelä 1998, Jutila ym. 2007; Veneranta ym. 2021; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022
Perämeri (21)				0,51±0,31 (20)	
Useat litoraalin elinympäristöt (21)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geneettisen eriytymisen vähentyminen osapopulaatioiden välillä kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden fenologian muutokset kaloissa (pienpoikaset) (1)</li><li>• Yksilöiden kasvuvauhdin hidastuminen kaloissa (1)</li><li>• Yksilöiden sukukypsyyden muutos kaloissa (2)</li><li>• Populaation keskipituuden/kokojakauman muutos kaloissa (1)</li><li>• Populaation keski-ikä/ikäjakauman muutos kaloissa (7)</li><li>• Populaation biomassan väheneminen kaloissa (6)</li></ul>	<i>Clupea harengus membras</i> (1), <i>Coregonus</i> sp. (3), <i>Coregonus lavaretus</i> (13), <i>Coregonus maraena</i> (1), <i>Salmo trutta</i> (2), <i>Coregonus albula</i> (1)	Perämeren rannikolla (Kalajoen suisto) siian ( <i>Coregonus lavaretus</i> ) kasvuvauhti hidastui vertailujaksojen 1984–89 and 1990–2001 välillä, siten, että koiraiden ja naaraiden keskipituudet 5- ja 6-vuotiaina laskivat merkittävästi tutkimusjakson aikana (Aronsuu ja Huhmarniemi 2004)	0,51±0,31 (20)	Lehtonen ym. 1995; Aronsuu ja Huhmarniemi 2004; Jutila ym. 2007; McCairns ym. 2012; Lappalainen ym. 2020; Veneranta ym.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lajin yleistilan heikkeneminen kaloissa (1)</li> <li>Populaation tehollisen koon (Ne) pieneneminen kaloissa (1)</li> </ul>				2021; Weigel ym. 2021; Peltonen ja Weigel 2022
Useat merialueet (15)				0,49±0,21 (9)	
Itämeren infralitoraalien mutapohjat (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliöyhteisöjen/-ryhmien potentiaalisen kattavuuden väheneminen makroleivissä (1)</li> <li>Eliöyhteisöjen/-ryhmien potentiaalisen kattavuuden väheneminen vesikasveissa (2)</li> <li>Eliöyhteisöjen/-ryhmien potentiaalisen kattavuuden väheneminen pehmeiden pohjien pohjaeläimissä (1)</li> </ul>	Makroleväyhteisö (1), Vesikasviyhteisö (1), Pohjaeläinyhteisö (1)	Matalien pehmeiden pohjien potentiaaliset vesikasvien (sisältäen putkilokasvit, näkinpartaislevät ja vesisammaleet) esiintymät ja kattavuus ovat vähentyneet ruoppausten johdosta Suomen rannikkoalueilla (Virtanen ym. 2023).	-	Virtanen ym. 2023
Itämeren infralitoraalien kallio-/kivipohjat (3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lajin syvyyslewinneisyyden kaventuminen makroleivissä (2)</li> <li>Avainlajiympäristön potentiaalisen esiintyvyyden vähentyminen makroleivissä (1)</li> </ul>	<i>Fucus</i> spp. (2), Makroleväyhteisö (1)	Valon saatavuuden väheneminen on vähentänyt rakkolevän hallitsemia, makroleväyhteisöille suotuisia, ympäristöjä 45 prosentilla vuodesta 1905 vuoteen 2005 ja 50 vuoden aikana (1955–2005) 31 prosenttia (Sahla ym. 2020)	0,37±24 (3)	Sahla ym. 2020
Useat litoraalien elinympäristöt (8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Populaation biomassan väheneminen kaloissa (6)</li> <li>Eliöyhteisön rakenteen muutos kaloissa (1)</li> <li>Moninaiset ekosysteemitason muutokset (1)</li> </ul>	<i>Clupea harengus</i> (1), <i>Coregonus maraena</i> (1), <i>Lota lota</i> (1), <i>Osmerus eperlanus</i> (1), <i>Platichthys</i> sp. (1), <i>Salmo trutta</i> (1), Kalayhteisö (1), Litoraalien ekosysteemi (1)	Ilmastonmuutoksella on moninaisia vaikutuksia mataliin rannikkovesiin, esimerkiksi: lämpöaallot aiheuttavat rehevöitymistä muistuttavia vaikutuksia, kuten rihmalevien kasvua rakkolevän kustannuksella; suolapitoisuuden lasku heikentää mereisten lajien, kuten rakkolevän, meriajokkaan ja sinisimpukan menestymismahdollisuuksia; varsinkin kovien pohjien makroleivistä hyötyvät selkärangattomat ja kalat kärsivät elinympäristön muutoksista; ilmastonmuutos suosii vieraslajien vakiintumista, mikä voi vaikuttaa Itämeren ravintoverkon dynamiikkaan (Viitasalo ja Bonsdorff 2022).	0,55±0,19 (6)	Peltonen ja Weigel 2022; Viitasalo ja Bonsdorff 2022

\* Kirjallisuusaineiston viitetiedot on esitetty kokonaisuudessaan selvityksen Liitteessä 2.





---

SUOMEN  
LUONTO  
PANEELI