

TÜ Eesti Mereinstituut

**TROOFILISTE GILDIDE VAHELISE TASAKAALU
HINDAMISE INDIKAATORITE VÄLJAARENDAMINE**

ARUANNE

Leping: 4-1/17/134

Lepingu lõpptähtaeg: 31.12.2017

Tellijä: Keskkonnaministeerium

Georg Martin
Lepingu vastutav täitja

TALLINN

2017

Sissejuhatus

Käesoleva töö eesmärgiks oli merestrategia raamdirektiivi rakendusdokumendi (Komisjoni otus (EL) 2017/848) kriteeriumi D4C2 indikaatori väljatöötamine Eesti mereala jaoks, mis hõlmaks vähemalt kolme troofilist gildi (liikide rühm, mis tarbib sarnast toitu sarnasel viisil, olenemate süstemaatilise kuuluvusest) ja oleks kasutatav saadaolevate mereseire andmetega ning rakendatav käesoleva artikkel 8 perioodi hinnangu koostamisel.

Indikaatoriettepaneku tegemiseks vajalikud analüüsid viis läbi TÜ Eesti mereinstituudi vanemteadur Arno Põllumäe. Aruande koostasid Arno Põlumäe ja TÜ Eesti mereinstituudi juhtivteadur Georg Martin.

Ülevaade toidvõrgustiku indikaatoritest

2014. aastal korraldati ICESis workshop, mille käigus vaadati üle suur hulk väga erinevaid toiduahelate paindlikkust, struktuuri ja toimimist kirjeldavaid indikaatoreid ja hinnati nende sobivust nii MSRD 4. tunnuse kontekstis ja laiemalt. Kokku esitati töögrupi osalejate poolt üle 60 indikaatori kandidaadi, millest põhjalikuma käsitletu ja hindamise läbisid 40. Igat indikaatorit hinnati kolmepallisüsteemis (0-2) kolmeteistkümnest eri aspektist, mis hõlmasid andmete olemasolu ja kvaliteeti, kontseptuaal-teoreetilist baasi, kommuniqueeritavust ning manageeritavust. Tabelis 1 on lõpparuandest kokkuvõtlikult ära toodud vaid need indikaatorid, mis said üle 60% maksimaalsetest punktides ja mis on potentsiaalselt rakendatavad vähemalt kahe funktsionaalse rühma kohta (ICES 2014 Report of the Workshop to develop recommendations for potentially useful Food Web Indicators (WKFooWI), 31 March–3 April 2014, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2014\ACOM:48. 75 pp. <http://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201410171521.pdf>).

Tabel 1. ICESi WKFooWi töögrupi hinnatud indikaatorid.

Indikaator	Funktsionaalsed rühmad	Skoor	Kirjeldav omadus	Kommentaar
kiskjate võtmeliikide produktiivsus (produktsoon biomassi ühiku kohta)	imetajad, linnud, roomajad, kalad	69%	Toiduahela toimimine	Kõrgemad troofilised tasemed, üksikute liikide kaupa indikaatori kasutusel
Kogusuremus (produktsooni:biomassi suhe)	kalad, peajalgseid, bentos, imetajad, linnud, roomajad	73%	Toiduahela toimimine	Töönduslikud liigid
Kalanduse jätkusuutlikkuseks vajalik primaarproduktsoon	kala, bentos ja peajalgseid integreerituna madamate toiduahelatega	69%	Toiduahela toimimine	Mudelite kasutamine
Pelaagilise elupaiga produktiivsuse indeks (klorofüllid frondid)	fütoplankton, kala, imetajad	69%	Toiduahela toimimine	Ookeanide püsivate upvellingu piirkondade jaoks tehtud. Euroopas rakendatud vaid Vahemeres
Ökosüsteemi kasutus (kalandus)	kala, peajalgseid, bentos, imetajad, linnud, roomajad	62%	Toiduahela toimimine	Kõikide töönduslike liikide kogusaagi ja biomassi või produktsooni suhe
Gildi netoproduktsooni mudelid	kala, zooplankton, bentos	96%	Toiduahela struktuur	Kasutatakse töönduslike liikide puhul Põhja-Atlandil
Troofilise gildi biomass	kõik	77%	Toiduahela struktuur	Seni kasutatakse peamiselt kalade, kuid võimalik kõikide gildide kohta.
Pelaagilise elupaiga eluvormipõhine indikaator	plankton, madalamad toiduahela lülid	77%	Toiduahela struktuur	kaasab korraga kahte gildi, Läänemeres pole kasutatud
Regionispetsiifilised ohtruse ja ruumilise leviku indikaatorid	kala, potentsiaalselt kõik rühmad	73%	Toiduahela struktuur	Kasutab võtmeliikide jaoks juba välja töötatud indikaatoreid eraldi
Kala/bentose biomassi suhe	kala, bentos	65%	Toiduahela struktuur	Mudelite kasutamine
Raipesööjate biomass	bentos, kala	73%	Toiduahela struktuur	Kalandusega tihedalt seotud indikaator
Uuritud koosluse keskmine pikkus	kala, bentos	85%	Toiduahela struktuur	Seni kasutuses vaid kalandusega seotult
Suurusjaotuse kõver	integreeritud	73%	Toiduahela struktuur	Raskesti interpreteeritav

Kaasatavate gildide valik

Indikaatorisse kaasatavate troofiliste gildide valiku tegemise aluseks oli EL Komisjoni otsuses 2017/848/EL toodud nõueded, mille järgi peab see hõlmama kolme troofilist gildi, millest kaks peavad olema muud kui kalade gildid ja vähemalt üks peab olema esmasest tootjast troofiline gild. Eelistatavalt on esindatud vähemalt ülemine, keskmine ja alumine toiduahela osa.

Gildide valikult võeti arvesse troofiliste gildide ICESi loetelu tabelis 2 (https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2015/Special_Requests/EU_Revisions_to_MSFD_manuals_for_Descriptors_346.pdf).

Tabel 2. Indikatiivsed troofilised gildid ICESi järgi. X näitab millises gildis antud taksonoomiline rühm peamiselt esindatud on. Kõigusoojane nekton koosneb Läänemeres vaid kaladest.

Gild/Taksonoomiline rühm	Fütoplankton (madalas ka fütobentos)	Zooplankton	Bentos	Kõigusoojane nekton	Linnud	Imetajad
Primaarprodutsendid	X					
Sekundaarprodutsendid		X				
Filtreerijad			X			
Settesööjad			X			
Planktivoorid			X	X	X	X
Pelaagilised kiskjad				X	X	X
Bentilised kiskjad			X	X	X	X
Tippkiskjad				X	X	X

Komisjoni otsuse järgi võiks olla D4C2 mõõtühikuks troofilise gildi kõigi liikide populatsioonide suurused (isendite arv või biomass tonnides). Sellisel juhul oleks üheks võimalikuks lähenemiseks valida välja vähemalt kolm gildi, arvutada nende kogubiomass hinnatava mereala kohta ning kehtestada iga gildi jaoks eraldi piirid, millest välja poole jäädes ei ole troofilised gildid tasakaalus. Läänemere madala elurikkuse tõttu on kõrgemates troofilistes gildides (tabeli alumine parem nurk) tihti vaid üksikud liigid, mis on niigi juba liigi koguarvukust kirjeldavate indikaatoritega kaetud (D1C2-lindude ja imetajate liikide populatsioonide suurus, D3C1- töenduslikult kasutatavate liikide arvukus, vt tabel 3). Selle tõttu käesoleva töö käigus nendele troofilistele gildidele ei keskenduta ja käsitletakse vaid madalama taseme gilde.

Olemasolevate indikaatorite inventuur

2016. aastal TÜ Eesti mereinstituudi poolt koostatud aruande "Merekeskonna seisundi hindamissüsteemi väljaarendamine vastavalt MSRD nõuetele" koostamise käigus tehtud inventuuri tulemusena leiti toiduvõrgustiku tunnuse jaoks kokku 38 erinevat indikaatorit, millest pooled olid piisavalt arendatud, et võimaldada nende põhjal keskkonda hinnata. Arvestades seda, et komisjoni otsuse järgi võiks D4C2 mõõtühikuks olla isendite arv või biomass, pole mitmed neist välja töötatud indikaatoritest siin kasutatavad. Tabelis 3 on toodud kogu indikaatorite inventuurist välja need indikaatorid, mis hindavad troofilise gildi arvukust või biomassi. Kuna allpool kirjeldatav troofiliste gildide tasakaalu indikaator hindab eelkõige toiduahela madalamate gildide tasakaalu, siis oleks kõrgemate gildide tasakaalu hindamiseks tabelis 3 toodud indikaatoritest praktiliselt kõige otstarbekam kasutada "Kalade funktsionaalsete võtmerühmade ohtruse" indikaatorit.

Tabel 3. Potentsiaalselt gildide koguhulka näitavad indikaatorid, mida on esitatud teiste tunnuste või neljanda tunnuse teiste kriteeriumite all.

Indikaator	Gild	Kasutatavus	Staatus aruande järgi
Hallhüljeste (Halichoerus grypus) arvukus	Imetajatest tippkiskjad	Terviklik gild	toimiv
Viigerhüljeste (Phoca hispida) arvukus	Imetajatest tippkiskjad		vajab täiustamist
Rannikumere kalade ohtrus	Kõik kalade gildid	Mitu gildi koos, elupaigapõhine	toimiv
Kalade funktsionaalsete võtmerühmade ohtrus	Kõik kalade gildid	Mitu gildi koos	toimiv
Pesitsevate bentostoiduliste merelindude arvukuse komposiitindeks (tõmmuvaeras, hahk)	Lindudest bentilised kiskjad	Terviklik gild	vajab täiustamist
Talvituvate zoobentostoiduliste merelindude arvukuse komposiitindeks	Lindudest bentilised kiskjad		vajab täiustamist
Pesitsevate kalatoiduliste merelindude arvukuse komposiitindeks (kormoran, räusk, tutt-, rand-, jõgi- ja väiketiir)	Lindudest pelaagilised ja bentilised kiskjad	Vähemalt kaks gildi koos, mööndustega võib lugeda üheks	vajab täiustamist
Talvituvate kalatoiduliste merelindude arvukuse komposiitindeks	Lindudest pelaagilised ja bentilised kiskjad		vajab täiustamist

Meriforelli noorkalad	Kaladest pelaagilised kiskjad	Väike osa kogu gildist	vajab täiustamist
-----------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------

Andmete valik ja ettevalmistus

Käesoleva aruande koostamiseks olid kasutada kõik Eesti riikiliku mereseire programmi raames kogutud andmed alates 1993. aastast. Arvestades planktoni suurt muutlikkust hooaja jooksul ja ka seda, et proovivõtusagedus on aegade jooksul muutunud, ei olnud mõtet kaasata kõiki andmeid, vaid kasutada vaid perioodi maist augustini, kui planktonikooslus on kõige rikkalikum ja selle perioodi proovivõtusagedus on olnud ka kõige stabiilsem.

Fütoplanktoni biomassi hindamiseks kasutatakse klorofüll *a* kontsentratsiooni, kuna klorofüllü analüüse on tehtud tunduvalt rohkemates jaamades ja tihemini kui fütoplanktoni biomassi analüüse. Makrozoobentose proove on seire käigus enamasti kogutud vaid kord aastas ja nende puhul ei olnud vaja proovivõtu aja järgi andmeid välistada.

Aegade jooksul on muutunud ka seirejaamade arv, andmete ühtluse tagamiseks kaasati vaid need praeguse seireprogrammi jaamad, milledest on planktoni ja /või bentose proovivõtt toimunud pidevalt alates 1990-ndatest.

Kolme gildi kaasav indikaator

Kolmest troofilisest gildist, mis on üksteisest teoreetiliselt toitumissuhete kaudu seotud, ühise indikaatori loomiseks jäid valikusse fütoplankton, zooplankton ja zoobentose filtreerijate gild. Seejuures ei ole ka nende gildide puhul tegemist mitte otsese toiduahela vaid võrgustiku laadse suhtega - zooplankton ja põhja filtreerijad on pigem konkurendid fütoplanktoni poolt toodetud produktsioonile.

Planktivoorsed kalad jäid sellest arvutatava indikaatori harjutusest kõrvale eelkõige puudulike andmete tõttu. Peamised planktonoidulised kalad meie vetes on kilu ja räim. Planktoni andmed pärinevad peamiselt rannikumerest, kilu asusatab peamiselt avamere piirkondi. Räim on ka rannikumeres, kuid ka räime arvukust Eesti mereala kohta eraldi või veel väiksemate piirkondade kaupa ei ole teada. Kilu hinnatakse Läänemeres ühe varuühikuna ja nt. avamere räim ja Soome lahe räim moodustavad ühe varuühiku. Mõlema liigi varude hindamisega tegeleb ICES, kuid andmed on ainult Eesti jaoks rakendamiseks liiga üldised. Parimal juhul on võimalik kilu ja räime summaarset kogubiomassi vaid Eesti mereala kohta

ICESi varude hindamise andmetest tuletada, kuid sellisel juhul on tegemist vaid ühe arvuga aastas kogu mere kohta, mis rangelt võttes ei peegelda isegi kogu planktivoorsete kalade gildi. Kasutatud gildide biomassidega võrdluseks on räime ja kilu summarse kudekarja biomassi andemed allpool ära toodud. Selliste andmete planktoniga ühisesse indikaatorisse integreerimine on siiski problemaatiline.

Kolme valitud gildi biomassist ühe indikatiivse arvu saamiseks kasutati valemit:

$$I = \text{Chl} / (\text{Chl} + \text{Zpl} + \text{Zbf}),$$

kus I on indikaatori väärtus, Chl on klorofüll *a* kontsentratsioon vees (mg/m³), Zpl on zooplanktoni biomass (mürgkaal g/m²) ja Zbf on bentose filtreerijate biomass (kuivkaal g/m²).

Indikaatori väärtus jääb 0 ja 1 vahele. Kõrgemad väärtused näitavad fütoplanktoni biomassi suhteliselt kõrgemat biomassi tarbijatega võrreldes.

Zooplankton ja bentose filtreerijad on küll fütoplanktoni tarbimise osas konkurendid, kuid samas kompenseerivad tarbijatena üksteist. Seetõttu on ka zooplanktoni biomass valemis kasutamiseks arvutatud ruutmeetri kohta, mis näitab zooplanktoni biomassi suuremana sügavamates jaamades, kus bentose biomass on eeldatavalt madalam ja filtreerijate otsene suhe pinnakihis paikneva fütoplanktoniga nõrk.

Indikaatori tulemuste integreerimiseks on kaks võimalikku lähenemist:

- a) arvutada indikaatori väärtus välja nii paljude proovivõttude kohta kui võimalik ja keskmistada tulemusi soovitud piirkondade ja/või aastate kaupa;
- b) keskmistada gildide biomassid iga piirkonna ja aasta kaupa ja arvutada arvutada indikaatorite väärtus iga aasta ja piirkonna kohta nende keskmiste väärtuste põhjal.

Teisel juhul on kasutatavate algandmete hulk tunduvalt suurem, kuid mereseire andmebaasis olevate mõõtmiste hulk võimaldab ka esimest varianti. Andmete valik ja ettevalmistus on esimese variandi puhul siiski tunduvalt tömahukam. Tabelis 2 esitatud indikaatori tulemused on arvutatud teist varianti kasutades Helcomi III taseme hindamisüksuste kohta.

Tabel 2. Troofiliste gildide tasakaalu indikaatori väärtused aastate ja mereosade kaupa ja kogu Eesti mereala keskmine. Kõrgemad väärtused (rohelisemad lahtrid) näitavad tasakaalu kaldumist primaarproduktiooni gildi domineerimise suunas ja vastupidi. Troofilised gildid on tasakaalus (ja mereala heas seisundis), kui indikaatori väärtus on vahemikus 0,3-0,7.

Aasta	Soome laht	Liivi laht	Läänemere avaosa	Keskmine
1993	0.8	0.9	0.7	0.8
1994	0.7	1.0	0.5	0.7
1995	0.5	0.9	0.1	0.5
1996	0.4	0.9	0.5	0.6
1997	0.6	0.8	0.9	0.8
1998	0.6	0.7	0.4	0.6
1999	0.6	1.0	0.3	0.6
2000	0.2	0.6	0.9	0.6
2001	0.3	0.6	0.3	0.4
2002	0.2	0.5	0.2	0.3
2003	0.3	0.4	0.1	0.3
2004	0.4	0.7	0.1	0.4
2005	0.3	0.5	0.3	0.4
2006	0.4	0.7	0.1	0.4
2007	0.4	0.4	0.2	0.3
2008	0.4	0.4	0.3	0.4
2009	0.4	0.4	0.2	0.3
2010	0.3	0.5	0.2	0.3
2011	0.4	0.6	0.5	0.5
2012	0.6	0.5	0.3	0.5
2013	0.6	0.5	0.3	0.5
2014	0.5	0.4	0.4	0.4
2015	0.7	0.2	0.4	0.4
2016	0.9	0.3	0.2	0.5

Alternatiivina arvatati samadest algandmetest välja ka nende kolme gildi ja planktivoorsete kalade kogubiomassid Eesti mereala kohta tonnides (Tabel 3). Kaldade kogubiomassi saamiseks võeti ICESi räime ja kilu varu hinnagutest mõlema liigi kudekarja biomassist vastava hindamisüksuse Eesti merealaga ligikaudselt võrdeline osa ja summeeriti. Kilu puhul hindamisüksus kogu Läänemeri ja Eesti osa kümnendik kogu biomassist, räime puhul Liivi lahe varust kolm viiendikku ja avamere ning Soome lahe varust seitsmendik.

Siinkohal tuleb ka tähelepanu juhtida sellele, et klorofüll *a* hulk on kaugelt väiksem tegelikust fütoplanktoni kogubiomassist, kuid samas peegeldab hästi

selle ajalisi muutusi ja arvestades, et tegemist on just peamise primaarproduktiooni pigmendi hulgaga, on see antud gildi seisundi hindamiseks isegi parem. D4 indikaatorite arenguid käsitlevates töögruppides on jõutud seisukohtadele, et fütoplanktoni gildi puhul tuleks biomassile eelistada produktiooni. Fütoplanktoni primaarproduktiooni mõõtmisi meil seire käigus paraku ei tehta.

Tabel 3. Nelja troofilise gildi biomass aastate kaupa Eesti merealal (36500 km²). Kõrgemad biomassiväärtused rohelised ja madalamad punased.

Aasta	Bentose filtreerijad, t (kuivkaal)	Klorofüll <i>a</i> , t	Zooplankton, t (märgkaal)	Planktivoorid, t
1993	13904	1885	21710	309688
1994	30527	1591	15321	318167
1995	197031	1743	22769	308790
1996	74762	1235	11460	334895
1997	59386	1455	10988	325767
1998	21049	1089	43479	260521
1999	132438	1867	18445	251570
2000	177307	1544	33821	246009
2001	271716	1740	27730	223563
2002	366309	1827	44978	213898
2003	494734	1475	8846	201606
2004	461211	1717	10782	229004
2005	308793	1916	15146	252697
2006	282499	1814	11371	238702
2007	284542	1408	30813	242566
2008	285134	1772	27497	250276
2009	288427	1515	29199	267002
2010	374698	2069	20075	283652
2011	184927	2012	33408	259312
2012	206709	2042	31637	251566
2013	197440	2011	18817	277660
2014	202944	1471	24203	299491
2015	261370	1657	26702	289709
2016	302887	1676	28502	309867

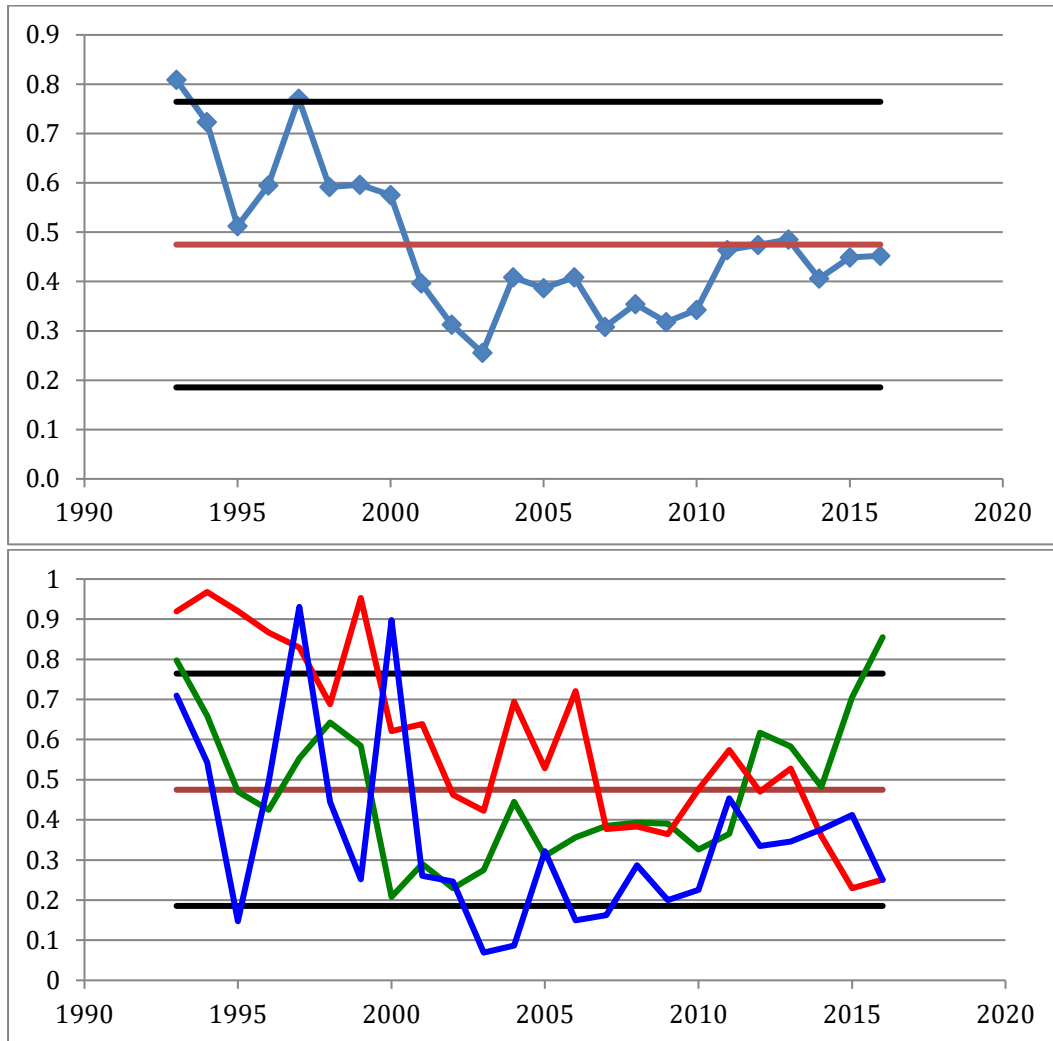
Läviväärtused

Vastavalt merestrategia raamdirektiivi artikkel 8 jaoks koostatava merekeskkonna hinnangu juhendmaterjalidele on D4 kriteeriumitele vaja kehtestada läviväärtused, mida kasutatakse toiduvõrgustikus toimuvate muutuste jälgimiseks ja avastamiseks. Kui läviväärtusi ei ole saavutatud, võib olla vaja teha täiendavaid uuringuid, et mõista selle põhjuseid.

Arvutatud indikaatori väärtuse muutus aastatel 1993-2016 on toodud joonisel 1. Joonisel on toodud kolme piirkonna: Liivi lahe, Soome lahe ja Läänemere avaosa väärtused eraldi ja nende keskmine; lisaks on joonisele kantud ka kogu aegrea keskmine ja ühe võimaliku variandina läviväärtusena kahekordne standardhälve. Kogu mereala keskmine väärtus on läviväärtust ületanud vaid kahel aastal aegrea alguses. Piirkondade kaupa eraldi vaadates on sellise läviväärtusega võrreldes kriitilisi aastaid olnud rohkem, kuid ka eraldi vaadates on vaid kaks sellist aastat, kus väärtus erineb keskmisest rohkem kui kahe standardhälbe jagu korraga kahes piirkonnas kolmest (1993 ja 1997). Piirkondade kaupa vaadates on nendel aastatel aegrea alguses siiski olnud tasakaal liiga primaarproduksiooni poole kaldu. Isegi konservatiivsema lähenemise puhul ja läviväärtuse toomisel keskvaertusele tunduvalt lähemale, on antud indikaatori rakendamise puhul käsitletud troofiliste gildide biomass omavahel tasakaalus.

Arvestades seda, et rahvusvaheliselt alles tegeletakse D4C2 indikaatorite välja töötamise ja kokkuleppimisega, saavad käesolevas aruandes toodud indikaatori kasutamine ja ka läviväärtused olla vaid esialgsed. Ettepanek on selle indikaatori läviväärtusteks kehtestada 0,3 – 0,7: troofilised gildid on tasakaalus, kui indikaatori väärtus jääb sellesse vahemikku ning oluline osa pelaagilisest primaarproduksioonist jõuab kõrgematele toiduahela tasemetele. Indikaatori väärtuse jäämine väljapoole piire võib olla tingitud paljudest põhjustest, mille kindlaks tegemiseks tuleb vaadata komponente eraldi. Kuna kõigi kolme komponendi loomulik ajaline ja ruumiline muutlikkus on suur, tuleb esmalt kontrollida, et kaasatud andmehulk oleks piisav. Kui kõigi kolme komponendi proovide hulk on rahuldav, tuleb tasakaalu kadumise põhjusi analüüsida komponentide kaupa. Näiteks on võimalike kõrvalekallete põhjused toitainete kontsentratsioonide muutused, planktoni või bentosetoiduliste kalade hulga muutus, kalade sigimisedukus antud aastal, uute liikide lisandumine või kadumine, bentose elupaikade muutus jne).

Merealade indikaatorite keskmistamise puhul on 2011-2016 hindamisperioodi kõigil aastatel keskkonnaseisund hea. One out all out põhimõtet rakendades oleks aga troofiliste gildide tasakaal 2015 ja 2016 aastatel tasakaalust väljas kõrgema troofilise taseme poole, see tähendab, et piirkonniti on primaarproduksiooni tarbijate hulk suurenenud või fütoplanktoni hulk vähenenud.



Joonis 1. Arvutatud indikaatori väärtus aastatel 1993-2016, kogu Eesti mereala aasta keskmine (ülemine paneel) ja kolme piirkonna väärtused eraldi (alumine paneel, Soome laht roheline, Liivi laht punane ja avaosa sinine). Pruun joon on kogu mereala aegrea keskvärtus ja must joon selle kahekordne standardhälve.

Alternatiivse käsitlemise korral, arvutades iga gildi kogubiomassi, on hea keskkonna seisundi piiri tõmbamine keerulisem ja see piir tuleb määrata iga gildi jaoks, mida hinnangusse kaasatakse. Antud juhul on mõtet iga gildi puhul keskenduda, vaid biomassi alumisele piirile, millest alla poole jääva biomassi puhul on antud gildiga ja sellest tulenevalt ka kogu toiduvõrgustikuga probleeme.

Nii zooplanktoni kui ka bentose filtreerijate biomass kõigub väga suurtes piirides, standardhälve on samas suurusjärgus aegrea keskvärtusega. Klorofüllil ja planktivoorsete kalade hulga kõikumine on väiksem. Zooplanktoni biomassi aegrea madalaim näit moodustab kolmandiku keskmisest, bentose filtreerijate madalaima biomassiga aasta küündib vaid kümnendikuni aegrea keskmisest. Universaalseks läviväärtuseks kõigi nelja käsitletud gildi kohta võiks olla 50% kümne aasta liukvast keskmisest - troofilise gildi seis on halb ja olukord vajab

tähelepanu, kui aasta keskmine biomass on kaks korda madalam kui kümne eelmise aasta keskmine. Kuna kalade kogubiomass on saadud suuremast populatsioonist väiksema osa proportsionaalse eraldamise kaudu, siis tuleks ka läviväärtuste kehtestamine ja seisundi hindamine tegelikult teha ikkagi kogu populatsiooni tasemel, mis tähendab, et sisuliselt teevad seda kilu ja räime kohta ICESi vastavate liikide varude hindamise tööühikud igal aastal.

Indikaatori arvutamise täpne juhend

Klorofüll andmed on andmebaasides klorofüll a kontsentratsioonina mg/m^3 mere 0-10 meetri paksuse pinnakihi kohta (madalamates jaamades kui 10 m kogu veekihi kohta). Indikaatori klorofüll lähteandmete jaoks arvutatakse iga mereala (Soome laht, Liivi laht, Läänemere avaosa) ja iga aasta kohta kõikide 1. maist kuni 31. augustini kogutud proovide aritmeetiline keskmine. Jaamadest kasutatakse kõiki igal aastal seiratavaid jaamasid ehk avamereseire jaamad, Tallinna, Narva ja Pärnu lahe ja püsiseire jaamad (Lisa 1, 2 ja 2).

Zooplanktoni andmed on andmebaasis liikide, mõnel juhul ka kõrgemate taksonite kaupa märgkaalu biomassina mg/m^3 kohta. Kui jaamas on zooplanktoni proov eraldi võetud mitmest veekihist seirejaama sügavusvertikaalilt, siis on ka need biomassid veekihtide kaupa eraldi. Indikaatori lähteandmete saamiseks summeeritakse kõikide üksikust proovist leitud taksonite biomassid ja ruumalaühikult pindalaühikule üleminekuks korrutatakse iga proovi kogubiomass läbi vastava proovi veekihi paksusega. Seejärel liidetakse omakorda nende jaamade proovide tulemused, kus on proove kogutud mitmest veekihist. Selle tulemusena saadakse zooplanktoni biomass iga jaama proovivõtukorra kohta mg/m^2 . Keskmistamine ning jaamade ja proovide valikukriteeriumid on täpselt samad, mis klorofüllil puhul. Viimase etapina enne indikaatori arvutamist teisendatakse biomassühik $\text{mg}/\text{m}^2 \rightarrow \text{g}/\text{m}^2$.

Zoobentose andmed on andmebaasis samuti liikide ja mõnel juhul ka kõrgemate taksonite kaupa, ühikuks on kuivkaalu g/m^2 . Bentose puhul tuleb kõikide liikide biomassi andmetest esmalt toitumistüübi järgi valida välja vaid filtreerijad (Lisa 4) ja seejärel need proovide kaupa summeerida. Kuna bentose proove võetakse ajaliselt harvemini on andmete esinduslikkuse parandamiseks vaja suuremat ruumilist tihedust ja seetõttu lisanduvad jaamade valikus lisaks klorofüllil lõigus kirjeldatuile ka võõrliikide seire jaamad Muuga ja Sillamäe sadama piirkonnas. Kõikide jaamade filtreerijate summaarsest kuivkaalu biomassist arvutatakse merealade aastane aritmeetiline keskmine, seejuures kaasatakse ka kõik need proovid, kust filtreerijaid või zoobentost üldse ei leitud.

Kolmest komponendist arvutatakse välja indikaatori väärtus iga aasta ja iga mereala kohta eelpool toodud valemi järgi:

$$I = \text{Chl} / (\text{Chl} + \text{Zpl} + \text{Zbf}),$$

kus I on indikaatori väärtus, Chl on klorofüll *a* kontsentratsioon vees (mg/m³), Zpl on zooplanktoni biomass (mürgkaal g/m²) ja Zbf on bentose filtreerijate biomass (kuivkaal g/m²). Kogu mereala hindamiseks arvutatakse kolme mereala (Soome laht, Liivi laht, Läänemere avaosa) indikaatori väärtuse aritmeetiline keskmine. Ettepanek on selle indikaatori läviväärtusteks kehtestada 0,3 – 0,7: troofilised gildid on tasakaalus, kui indikaatori väärtus jääb sellesse vahemikku.

Hinnang perioodile 2011-2016

Kogu Eesti mereala oli vastavalt väljatöötatud indikaatorile aastatel 2011-2016 hea. Üksikute aastate ja merealade kaupa vaadates oli läviväärtuse piiridest väljas Liivi laht 2015. aastal ja kõik kolm piirkonda 2016. aastal.

Soome lahe puhul oli indikaatori väärtus 2016. aastal väga kõrge, suhteliselt tavapärase klorofüllisalduse juures oli zooplanktoni biomass madala ja bentose filtreerijate biomass eriti madal. Üheks võimalikuks põhjuseks võib siin olla näiteks Soome lahes seni ühe olulise bentilise filtreerija - söödava rannakarbi biomassi oluline vähenemine viimastel aastatel, mis omakorda võib olla põhjustatud ümarmudila suurenevast populatsioonist Soome lahes.

Liivi lahe ja Läänemere avaosa indikaatori madal näit viimastel aastatel on samuti peamiselt bentiliste filtreerijate komponendi põhjustatud, mille biomass viimastel aastatel on olnud eriti Liivi lahes väga kõrge. Millised liigid ja mis põhjusel kõrgemate biomassidega esinesid, vajab täpsemat analüüsi.

Nelja gildi biomassse eraldi vaadates oli samuti kõikide gildide biomassi seisund hinnanguperioodil hea.

Kokkuvõte

Merestrategia direktiivi neljanda tunnuse hindamiseks sobivate kriteeriumite indikaatorite väljatöötamise nimel on jätkuvalt rahvusvaheliselt aktiivsed mitmed ICESi ja OSPARI töögrupid. Tulevikus on antud tunnuse seisundi hindamiseks kõige otstarbekam kasutada paljusid toiduahela komponente hõlmavaid modelleerimisi, kuid selliste meetodite välja töötamine ja rahvusvaheliselt kokku leppimine võtab veel aega. Käesoleva perioodi seisundi hindamiseks tuleb kasutada lihtsamaid ja kätteaadavamaid vahendeid, milleks üks on antud aruandes kirjeldatud troofiliste gildide tasakaalu indikaator.

Indikaatori rakendamiseks on seireandmeid piisavalt. Tulemuste agregeerimiseks on mitmeid võimalusi ja ka läviväärtuste edasine täpsustamine osutub tõenäoliselt tulevikus vajalikuks. Antud aruandes rakendatud agregeerimismeetodi ja välja pakutud läviväärtuste järgi on troofiliste gildide tasakaal eesti merealal heas seisus.

Läviväärtuste ettepanek:

Madalama taseme troofiliste gildide (klorofüll-a, zooplankton, zoobentose filtreerijad) tasakaaluindikaatori läviväärtus on vahemikus 0,3 – 0,7: troofilised gildid on tasakaalus, kui indikaatori väärtus (arvutatuna seireaasta 31.mai- 31.aug andmete keskmisena) jääb sellesse vahemikku.

Kasutatud materjalid

ICES. 2014a. Report of the Workshop to develop recommendations for potentially useful Food Web Indicators (WKFooWI), 31 March–3 April 2014, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2014\ACOM:48. 75 pp. <http://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201410171521.pdf>

ICES. 2014b. Report of the Workshop to review the 2010 Commission Decision on criteria and methodological standards on good environmental status (GES) of marine waters; Descriptor 4 Foodwebs, 26–27 August 2014, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2014\ACOM:60. 23 pp. <https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2014/WKGMSFDD6/WKGMSFDD6%20Final%20Report%202014.pdf>

ICES 2015. ICES Special Request Advice. Section 1.6.2.1 EU request on revisions to Marine Strategy Framework Directive manuals for Descriptors 3, 4 and 6. Published 20 March 2015. [https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2015/Special Requests/EU Revisions to MSFD manuals for Descriptors 346.pdf](https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2015/SpecialRequests/EU%20Revisions%20to%20MSFD%20manuals%20for%20Descriptors%203%204%20and%206.pdf)

Komisjoni otsus (EL) 2017/848, 17. mai 2017, millega nähakse ette mereala hea keskkonnaseisundi kriteeriumid ja meetodikastandardid ning seire ja hindamise spetsifikatsioonid ja standardmeetodid ning millega tunnistatakse kehtetuks otsus 2010/477/EL
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017D0848&from=ET>

EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2008/56/EÜ, 17. juuni 2008, millega kehtestatakse ühenduse merekeskkonnapoliitika-alane tegevusraamistik (merestrategie raamdirektiiv)
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:Et:PDF>

TÜ Eesti Mereinstituut 2016. Merekeskkonna seisundi hindamissüsteemi väljaarendamine vastavalt MSRD nõuetele. Aruanne. 95 lk.

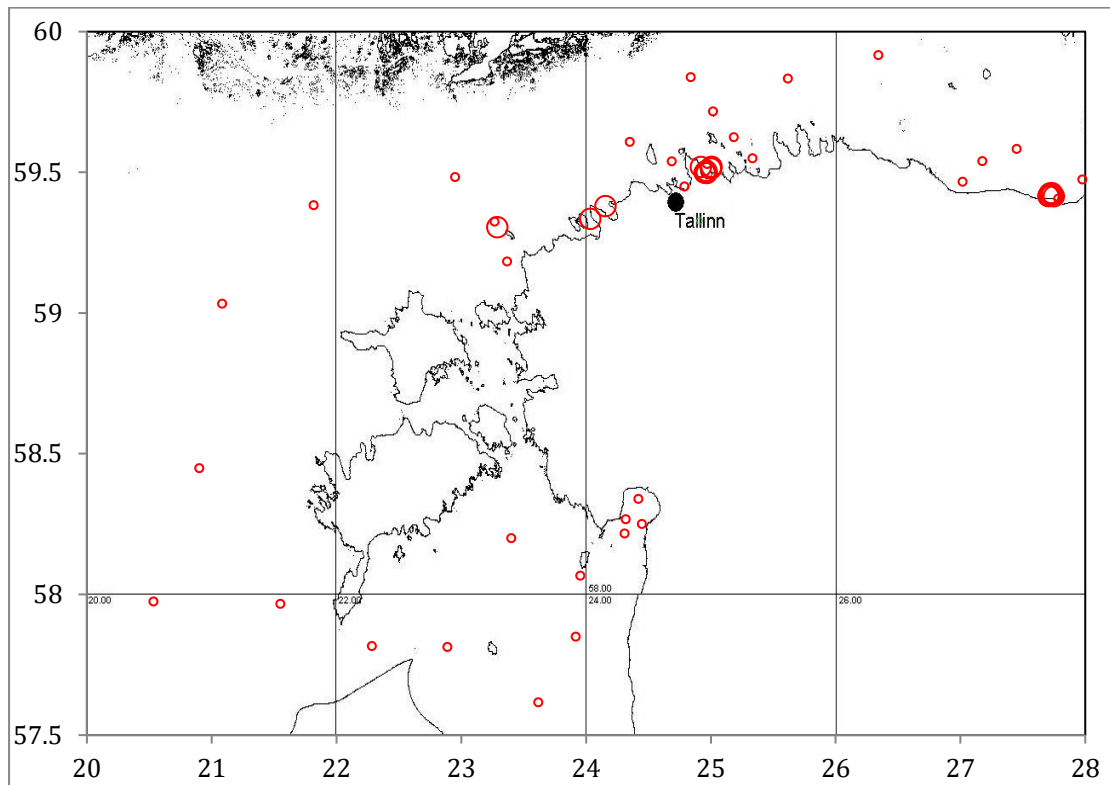
Lisa 1. Analüüsi kaasatud seirejaamad, mille puhul kasutati nii zooplanktoni, klorofüllü kui zoobentose andmeid.

Jaam	KKR Kood	Mereala	Laiuskraad	Pikkuskraad	X	Y
32	SJA2542000	Avaosa	57.975	20.533333	6435888	295193
85	SJA9761000	Avaosa	58.44875	20.90041667	6483914	320181
H2	SJA9616000	Avaosa	59.033333	21.083333	6547469	332586
34a	SJA6916000	Avaosa	57.966667	21.55	6427670	355021
25	SJA9357000	Avaosa	59.383333	21.816667	6579933	384313
H1	SJA4018000	Avaosa	59.483333	22.95	6591078	440447
23	SJA7950000	Avaosa	59.325	23.266667	6576547	458250
23a	SJA1243000	Avaosa	59.183333	23.366667	6560708	463794
114	SJA8614000	Liivi laht	57.816667	22.283333	6411476	398025
111	SJA8149000	Liivi laht	57.813333	22.888333	6408492	433922
125	SJA2537000	Liivi laht	58.2	23.40001	6451168	464720
G1	SJA1832000	Liivi laht	57.616667	23.616667	6386105	477089
107	SJA1044000	Liivi laht	57.85	23.916667	6412031	495052
K2	SJA2085000	Liivi laht	58.066667	23.953333	6436161	497246
K21	SJA8250000	Liivi laht	58.216667	24.308333	6452908	518122
K7	SJA8463000	Liivi laht	58.26733	24.31738	6458553	518627
K5	SJA5886000	Liivi laht	58.3396	24.41879	6466635	524528
K4	SJA4431000	Liivi laht	58.25049	24.44691	6456721	526241
19	SJA8569000	Soome laht	59.608333	24.35	6607936	519762
2	SJA1153000	Soome laht	59.5392	24.6864	6600381	538834
57a	SJA5971000	Soome laht	59.45	24.788333	6590507	544717
F3	SJA4951000	Soome laht	59.838333	24.838333	6633804	547013
3	SJA0195000	Soome laht	59.5298	24.9701	6599532	554897
17	SJA2227000	Soome laht	59.716667	25.016667	6620388	557218
18	SJA9086000	Soome laht	59.625	25.183333	6610330	566777
18a	SJA6234000	Soome laht	59.55	25.333333	6602135	575407
14	SJA8292000	Soome laht	59.833333	25.616667	6634046	590667
F1	SJA5732000	Soome laht	59.916667	26.341667	6644526	630989
12c	SJA2626000	Soome laht	59.466667	27.016667	6595947	670979
15	SJA9518000	Soome laht	59.54	27.175	6604521	679560
N12	SJA8556000	Soome laht	59.583333	27.45	6610111	694851
38	SJA7026000	Soome laht	59.406667	27.783333	6591475	714768
N8	SJA0094000	Soome laht	59.4748	27.9764	6599687	725268

Lisa 2. Analüüsi kaasatud seirejaamad, mille puhul kasutati vaid zoobentose andmeid.

Jaam	KKR Kood	Mereala	Laiuskraad	Pikkuskraad	X	Y
23b	SJA4289000	Avaosa	59.304947	23.288456	6574300	459467
PW	SJA8501000	Soome laht	59.334722	24.033333	6577402	501897
PE	SJA1317000	Soome laht	59.38	24.155	6582456	508810
T2_5	SJB1741000	Soome laht	59.51925	24.9196	6598430	551968
S2	SJA1741000	Soome laht	59.49881	24.95008	6596081	554423
S1	SJB1744000	Soome laht	59.49887	24.96107	6596081	554423
1	SJB1739000	Soome laht	59.505	24.96306	6596764	554540
12,5	SJB1742000	Soome laht	59.49761	24.96666	6595931	554756
M5	SJA8949000	Soome laht	59.51591	25.00072	6598032	556645
M4	SJB1743000	Soome laht	59.51377	25.00074	6597785	556664
M6	SJA5819000	Soome laht	59.51963	25.0052	6598439	556906
ID23	SJB1738000	Soome laht	59.41528	27.70586	6592188	710320
ID22	SJB1737000	Soome laht	59.41667	27.70634	6592344	710343
W4,9	SJB1734000	Soome laht	59.41717	27.71228	6592424	710671
W12,4	SJA0869000	Soome laht	59.42502	27.71703	6593304	710890
W6	SJA5819000	Soome laht	59.41901	27.73062	6592667	711700
W13	SJB1735000	Soome laht	59.42577	27.73257	6593447	711782
E5	SJB1736000	Soome laht	59.41503	27.74802	6592290	712716

Lisa 3. Kaasatud seirejaamade kaart. Väiksemate ringidega tähistatud kõigi kolme parameetriga jaamad, suurematega vaid zoobentose jaamad.



Lisa 4. Zoobentoses leiduvate filtreerijate nimekiri

Täisnimetus	Eestikeelne nimetus	Hõimkond
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	tavaline tõruvähk	Vähid
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Poiret)	söödav südakarp	Limused
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	muutlik rändkarp	Limused
<i>Einhornia crustulenta</i> (Pallas, 1766)	tavaline kamarlane	Sammalloomad
<i>Mya arenaria</i> Linnaeus	liiva-uurikkarp	Limused
<i>Mytilus trossulus</i> Gould	söödav rannakarp	Limused
<i>Boccardiella ligerica</i> (Ferronnière, 1898)		Rõngussid
<i>Cordylophora caspia</i> (Pallas)	järvetõlvik	Ainuõõssed
<i>Laomedea flexuosa</i> Alder		Ainuõõssed
<i>Astarte borealis</i> (Schumacher)	suur roostekarp	Limused
<i>Gonothyraea loveni</i> (Allman)		Ainuõõssed
Hydrozoa Owen	Kl hüdraloomad	Ainuõõssed
<i>Laonome armata</i>		Rõngussid