



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 28/2020

Olosuhteiden vaikutus kirjolohen kasvatukseen tehokkuuteen Suomen merialueilla

Markus Kankainen, Jouni Vielma, Juha Koskela, Jari Niukko
ja Lauri Niskanen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 28/2020

Olosuhteiden vaikutus kirjoloihen kasvatuksen tehokkuuteen Suomen merialueilla

Markus Kankainen, Jouni Vielma, Juha Koskela, Jari Niukko
ja Lauri Niskanen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020



Viittausohje:

Kankainen, M., Vielma, J., Koskela, J., Niukko, J. & Niskanen, L. 2020. Olosuhteiden vaikutus kirjolohen kasvatukseen tehokkuuteen Suomen merialueilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 28/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 34 s.



ISBN 978-952-326-956-9 (Painettu)

ISBN 978-952-326-957-6 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-957-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Markus Kankainen, Jouni Vielma, Juha Koskela, Jari Niukko ja Lauri Niskanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisu vuosi: 2020

Kannen kuva: Jari Niukko

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Markus Kankainen¹⁾, Jouni Vielma²⁾, Juha Koskela²⁾, Jari Niukko¹⁾, Lauri Niskanen³⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkäkatu 4 A, 20520 Turku

²⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Survontie 9, 40500 Jyväskylä

³⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Kalankasvatusyksiköiden tuotantopaikan sijainti vaikuttaa olennaisesti tuotannon tehokkuuteen ja yritystoiminnan kannattavuuteen. Kasvatuskauden pituus, veden lämpötila, happiolot sekä myrskyt vaikuttavat kalojen kasvuun ja hyvinvointiin. Kasvu on eräs merkittävämmistä tuotannon tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä.

Suomessa on Kansallisen vesiviljelyn sijainninhjaussuunnitelman yhteydessä määritelty tuotantoalueita, joihin uutta tuotantoa voidaan sijoittaa. Uusien, kasvatusmäärältään suurien tuotantopaikkojen sijainniksi suositellaan avoimia merialueita. Avoimilla alueilla meren lämpötila ja muut olosuhteet poikkeavat kuitenkin nykyisistä tuotantopaikoista, jotka ovat sijoittuneet yleisesti saariston suojaan. Toistaiseksi ei ole ollut tietoa miten uudet alueet vaikuttavat kotimaisen tuotannon kilpailukykyyn.

Tässä selvityksessä arvioidaan, miten kirjolohen kasvu poikkeaa eri kasvatuspaikoissa Suomen merialueilla ja miten se vaikuttaa kasvatuksen kannattavuuteen.

Parhaimmat kasvatusolosuhteet kirjolohelle tuotantokauden pituus huomioiden sijaitsevat Saaristomerellä väli- ja ulkosaaristossa sekä Ahvenanmaalla vastaavilla alueilla, missä sijaitsee myös merkittävä osa nykyisestä tuotannosta. Saaristomerellä parhailla alueilla kasvu on noin 16–22 % keskimääräistä parempi. Pohjanlahdella avomeren lyhyemmät kasvatuskaudet ja pohjoisessa lisäksi kylmemmät vedet vaikuttavat kasvuun ja kannattavuuteen heikentävästi. Keskimääräinen kirjolohen kasvu on Saaristomerellä parhailla alueilla jopa yli 50 % suurempi kuin Perämeren ulappa-alueilla. Mikäli loppuvuoden tuuliolot ja talveen varautuminen eivät rajoita kasvatuksen päättymisajankohtaa, löytyy lämpötilan puolesta erinomaisia kasvualueita eteläisiltä avoimilta merialueilta laajemminkin.

Kalankasvatusyrityksen nettotulos voi vaihdella Suomen eri merialueilla useita prosenttiyksikköjä tuotantopaikan takia. Järkevällä sijainninhjauksella ja merialuesuunnittelulla on mahdollista edistää kotimaisen kalatuotannon kilpailukykyä pitkällä aikavälillä.

Selvitystä rahoitti Euroopan Meri- ja Kalatalousrahaston Suomen toimintaohjelma 2014–2020, sekä osittain myös Suomen Akatemian Strategisen tutkimusneuvoston rahoittama Smartsea-hanke (rahoituspäätökset 292985 ja 314225).

Asiasanat: kalankasvatus, kasvu, kirjolohi, lämpötila, olosuhde, tehokkuus, tuotanto

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Kirjoloheen tuotannon tehokkuutta eri merialueilla arvioidaan lämpötilojen, kasvumallin ja tuotantotaloudellisen analyysin avulla.....	6
2.1. Kasvatuskausi, lämpötilojen mukainen kasvukausi, kasvumalli ja ruokintakatkokset merialueilla....	6
2.1.1. Kalojen kasvatuskausi ja lämpötilojen mukainen kasvukausi	6
2.1.2. Lämpötila-aineisto ja sen sovittaminen kirjoloheen kasvumalliin	8
2.1.3. Kirjoloheen kasvumalli	9
2.1.4. Tuuli ja ruokintakatkokset.....	11
2.2. Tuotantotaloudellinen laskenta.....	12
3. Tulokset	13
3.1. Lämpötilan ja kasvatuskauden pituuden vaikutus kasvuun.....	13
3.1.1. Lämpötilan vaikutus kasvuun, kasvukausi.....	13
3.1.2. Kasvatuskauden pituuden vaikutus kasvuun	15
3.1.3. Syvyyden vaikutus kasvuun.....	17
3.2. Tuotantopaikan taloudelliset vaikutukset	17
3.3. Ruokintakatkosten vaikutus kasvuun	18
4. Yhteenveto ja tietotarpeet.....	20
Viitteet	21
Liitteet	23

1. Johdanto

Kalankasvatusyksiköiden tuotantopaikan sijainti vaikuttaa olennaisesti tuotannon tehokkuuteen. Kasvatuskauden pituus, veden lämpötila, happiolot sekä myrskyt vaikuttavat kalojen kasvuun ja hyvinvointiin. Kasvu on eräs merkittävimmistä tuotannon tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä (Kankainen ym. 2012). Kullekin kasvatettavalle kalalajille on erityispiirteensä veden lämpötilan ja tuotannon tehokkuuden suhteen. Suomen ruokakalatuotannosta yli 90 % on kirjolohta. Kirjolohella paras kasvulämpötila on kahdeksan ja kahdeksantoista celsiusasteen välillä. Kasvunopeus hiipuu, jos veden lämpötila nousee tai laskee merkittävästi.

Suomessa on kansallisen vesiviljelyn sijainninhjaussuunnitelman yhteydessä määritelty tuotantoalueita, joihin uutta tuotantoa voidaan sijoittaa ja keskittää (maa- ja metsätalousministeriö & ympäristöministeriö 2014). Uusien, kasvatusmäärältään suurien tuotantopaikkojen sijainniksi suositellaan avoimia merialueita, jossa virtaukset ovat hyviä ja vesimassat suuria. Avoimilla alueilla meren lämpötilat poikkeavat kuitenkin nykyisistä tuotantopaikoista, jotka ovat sijoittuneet yleisesti saariston suojaan. Meri lämpenee keväällä rannikon läheisillä alueilla kasvatukseen soveltuvaksi nopeammin kuin avoimilla alueilla. Avomerialueilla lämpötila voi olla kuitenkin lämpimien kesien aikoina suotuisampi. Myös kasvatuskauden pituus poikkeaa Itämeren eri alueilla sekä lämpötilojen että siihen liittyvän jäänmuodostumisen, mutta myös esimerkiksi myrskyolosuhteiden takia (Kankainen ja Niukko 2014).

Suomessa tyypillinen tavoite on pyrkiä kasvattamaan markkinoille yli kaksikiloisia kirjolohtia, joista on tehokasta jalostaa filettä ja edelleen muita arvokkaita jalosteita, kuten graavi- ja kylmäsavutuotteita. Nykyisin kaksikiloisen kirjolohen kasvattaminen onnistuu eteläisillä merialueilla noin kahdessa vuodessa, tai niin sanotussa kasvatuskaudessa, jolla tarkoitetaan kevästä syksyyn olevaa aikaa, jolloin vesien lämpötila ja olosuhteet ovat kasvatuksen kannalta hyvät. Tyypillinen kirjolohen tuotantokierto Suomessa on, että mäti lypsetään emokaloista vuodenvaihteen jälkeen, jonka jälkeen poikasia kasvatetaan keväeseen asti sisävesilaitoksissa. Merelle kalat siirretään poikaskasvatuslaitoksiin noin 20 gramman painoisina keväällä toukokuussa, jolloin ne kasvavat syksyyn mennessä ensimmäisenä kasvukautena noin 400 grammaisiksi. Talvella kalat eivät kasva, vaan voivat jopa menettää hieman painoaan. Seuraavana vuonna kalat saavuttavat noin 1,5–3 kg painon syksyyn mennessä, tuotantopaikasta ja olosuhteista riippuen.

Tämän selvityksen tavoitteena on arvioida, miten kirjolohen kasvu poikkeaa eri kasvatuspaikoissa Suomen merialueilla ja miten kasvu vaikuttaa kasvatuksen kannattavuuteen. Tuotantotaloudellinen arviointi on keskeistä monestakin syystä:

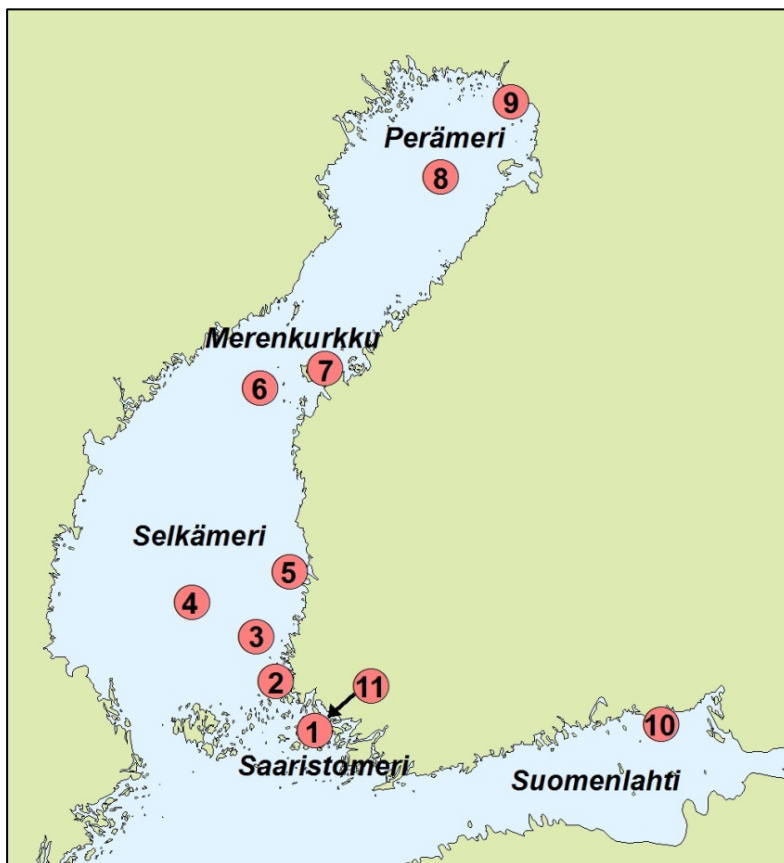
1. Kalankasvatusyritykset voivat suunnitella miten tuotantokierto tulisi järjestää poikastuotannosta perattavaan kalaan siten, että markkinoille ja jalostukseen saataisiin toivotunlaisia kirjolohtia.
2. Kalankasvatusyritykset voivat suunnitella poikashankintansa siten, että voivat hyödyntää ympäristöluvassa määritellyn kasvatuskapasiteetin optimaalisesti. Näin voidaan myös arvioida, kuinka paljon kasvatuskapasiteettia tuotantopaikalle tarvitaan.
3. Merialueen suunnittelussa on kotimaisen tuotannon kilpailukyvyyn kannalta perusteltua määrittää kalankasvatustuotantoalueiksi sellaisia merialueita, joissa tuotanto on mahdollisimman tehokasta.

Selvitystä rahoitti Euroopan Meri- ja Kalatalousrahaston Suomen toimintaohjelma 2014–2020, sekä osittain myös Suomen Akatemian Strategisen tutkimusneuvoston rahoittama Smartsea-hanke (rahoituspäätökset 292985 ja 314225).

2. Kirjoloheen tuotannon tehokkuutta eri merialueilla arvioidaan lämpötilojen, kasvumallin ja tuotantotaloudellisen analyysin avulla

2.1. Kasvatuskausi, lämpötilojen mukainen kasvukausi, kasvumalli ja ruokintakatkokset merialueilla

Kirjoloheen kasvun tehokkuutta vertaillaan yhdessätoista eri sijainnissa Suomen merialueilla. Tavoitteena on arvioida kasvatuksen tehokkuutta ulompien ja rannikon läheisten mahdollisten tuotantoalueiden välillä sekä pohjoisten ja eteläisten vesialueiden välillä. Tarkempien sijaintien kasvuolosuhteista on laadittu kartta, joka kuvaa kasvatusolosuhteita koko rannikon alueella. Osalle paikoista on tehty myös muita tuotanto-olosuhteisiin liittyviä selvityksiä muissa julkaisuissa (Kankainen & Niukkanen 2014).



Kuva 1. Alueet, joille arvioidaan kirjoloheen kasvatuksen tehokkuutta.

2.1.1. Kalojen kasvatuskausi ja lämpötilojen mukainen kasvukausi

Kirjoloheen kasvatuksessa kasvatuskauden pituus merialueella määräytyy veden lämpötilojen, tuuliolosuhteiden ja jääolosuhteiden perusteella. Kirjoloheet eivät kasva kylmässä vedessä hyvin, jolloin niitä ei myöskään ruokita paljon. Näin ollen Suomen merialueella kalojen kasvukausi kestää keväästä syksyyn. Avomeriolosuhteissa kasvatuskausi päättyy sisempiä alueita aikaisemmin, koska kasvatuslaitteet ja kalat tulee saada suojaisiin varastointipaikkoihin ennen loppusyksyn myrskyjä. Kalankasvatustyrytysten on myös poistettava kasvatuslaitteet hyvissä ajoin ennen jään muodostumista merialueilla, joilla jäät liikkuvat voimakkaasti.

Käytännössä kasvatuskausi päättyy avoimilla merialueilla viimeistään lokakuun lopulla, koska syksyllä lisääntyvien tuulipäivien aiheuttaman riskin takia kasvattajat eivät halua jättää tuotantoa huonojen olosuhteiden armoille. Lähempänä rannikkoa kasvatusta voidaan jatkaa hieman pidempään. Paikoilla, joissa varastointi tapahtuu samassa paikassa, kasvatusta on mahdollista jatkaa veden lämpötilojen mukaan.

Vaikka avomereltä joudutaan tuomaan kasvatusaltaat ajoissa suojaan, voisi kalojen kasvu olla lämpötilojen puolesta mahdollista pidempään. Tämän vuoksi raportissa on arvioitu kalan kasvua kahden ajanjakson avulla. Ensinnäkin edellä mainituista tekijöistä johtuvaa käytännön kasvatuskautta, joka ottaa huomioon riskienhallinnasta johtuvan kasvatuskauden pituuden, ja toiseksi lämpötilasidonnaisista kasvukautta, joka kuvaa yleistäen alueen potentiaalista kasvua, jos esimerkiksi tekniset ratkaisut, kuten upotettavat kasvatuslaitokset, mahdollistaisivat kalojen säilytyksen ja kasvatuksen kohteessa koko vuoden (Kankainen ym. 2020, käsikirjoitus).

Kausien pituudet on kuvattu taulukossa 1. On huomattava, että vuosienvälisiä eroja on paljon ja taulukossa on esitetty vain yleistäen keskimääräiset pituudet. Kausien on katsottu alkavan, kun pintavesi saavuttaa keväällä 5 °C. Käytännössä kasvatuskausi päättyy alueen avoimuudesta riippuen viikoilla 43–47 tai mikäli vesi on jo aiemmin viilentynyt 5 asteeseen. Potentiaalinen kasvukausi puolestaan jatkuu, kunnes loppusyksyllä saavutetaan jälleen 5 °C.

Taulukko 1. Kasvatuskauden pituus (keltaisella) ja lämpötilojen mahdollistama kasvukauden jatkuminen (punaisella). Viikoittaiset keskilämpötilat ovat vuosilta 2005–2013 (1 m syvyys) (ICES 2014, Syke 2014, SYKE ja ELY-keskukset 2016, Copernicus 2018), mutta sisäsaaristosta vuosilta 1995–2003 ja 2010–2011 (2 m syvyys).

Pintavesi °C	vko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Saaristo- meri (väli)	Saaristo- meri (ulko)	Selkä- meri	Selkämeri (avomeri)	Selkämeri, (Pori)	Merenkurkku (avomeri)	Meren- kurkku	Perämeri (avomeri)	Perä- meri	Suomen- lahti (ulko)	Saaristo- meri (sisä)
huhti	17	4,1	3,2	2,4	2,0	2,2	2,1	2,7	0,1	0,9	2,3	3,9
touko	18	5,3	4,0	2,9	2,4	3,2	2,7	3,0	0,5	1,7	3,7	4,9
touko	19	6,8	5,8	3,9	3,1	4,4	3,8	4,8	1,5	2,7	5,6	5,9
touko	20	8,4	6,9	4,6	3,6	5,1	4,6	6,7	1,9	4,4	6,8	7,1
touko	21	10,0	8,2	5,8	4,9	6,8	5,8	8,1	2,0	6,7	8,5	8,6
touko/kesä	22	11,0	9,2	7,6	6,4	8,0	6,8	9,5	3,8	8,9	10,0	10,4
kesä	23	12,1	10,9	9,0	8,1	9,1	8,4	10,3	5,2	10,4	12,3	12,7
kesä	24	13,5	11,5	10,3	9,9	10,8	9,9	12,1	7,0	11,3	12,9	14,4
kesä	25	14,5	13,3	11,5	10,8	11,8	11,4	13,1	9,0	12,9	14,0	15,3
kesä	26	15,5	14,3	13,7	13,0	13,7	13,2	14,6	10,9	14,3	15,8	16,5
heinä	27	17,7	16,8	16,0	15,3	15,5	14,5	16,1	12,7	15,9	17,3	17,6
heinä	28	18,0	17,4	16,1	15,6	15,7	14,6	16,0	13,6	15,7	18,3	18,4
heinä	29	18,6	17,6	16,5	15,8	16,4	14,8	16,5	14,2	16,1	18,2	19,1
heinä	30	18,6	17,5	16,6	16,6	16,4	15,9	17,2	15,4	17,2	18,5	19,5
elo	31	19,3	17,9	17,5	16,9	17,1	16,4	17,2	16,2	17,3	19,3	19,9
elo	32	19,2	18,2	17,9	17,7	17,6	17,0	17,4	16,2	17,4	18,9	19,7
elo	33	18,6	18,0	17,6	17,1	17,7	16,5	16,7	16,1	17,1	18,7	19,4
elo	34	18,4	17,5	17,0	17,0	17,1	15,7	16,3	15,2	16,0	18,2	18,8
elo/syys	35	17,6	17,1	16,2	16,2	16,1	15,0	15,4	14,4	15,2	17,1	18,1
syys	36	16,5	16,0	15,3	14,8	15,3	14,5	14,4	13,3	13,9	16,1	17,1
syys	37	16,0	15,6	14,2	13,8	14,4	13,2	13,9	12,2	12,7	14,9	16,1
syys	38	14,8	14,4	13,2	12,9	13,4	12,5	12,5	11,5	11,6	13,7	15,0
syys	39	14,0	13,7	12,3	11,9	13,0	11,4	11,6	10,4	10,4	13,0	13,9
loka	40	12,9	12,7	11,5	11,0	11,6	10,7	10,5	9,5	9,5	12,3	12,7
loka	41	12,2	11,6	10,9	9,9	11,0	10,0	9,2	8,7	7,9	11,3	11,7
loka	42	11,2	10,4	9,7	9,0	9,7	8,8	7,8	7,8	6,6	10,2	10,5
loka	43	9,7	9,2	8,8	8,0	8,8	7,6	6,8	7,0	4,9	9,3	9,3
loka/marras	44	8,6	8,0	7,4	7,0	7,2	6,4	5,8	6,1	4,3	8,1	8,5
marras	45	8,3	7,3	7,4	6,3	7,2	6,1	5,0	5,8	3,7	7,5	7,5
marras	46	7,8	6,6	6,6	5,7	6,6	6,1	4,3	5,5	2,9	6,3	6,5
marras	47	6,5	5,7	5,7	5,2	5,6	5,8	3,5	5,1	2,2	5,5	5,4
marras/joulu	48	5,5	5,1	5,4	4,9	5,0	5,2	2,0	4,3	1,2	5,1	4,3
joulu	49	4,7	4,0	4,5	4,1	4,4	4,5	1,5	3,4	0,8	4,0	3,4
joulu	50	4,2	3,8	4,4	3,9	4,0	3,7	1,1	2,9	0,5	3,4	2,7
joulu	51	3,2	2,9	3,4	3,4	2,8	3,1	0,4	2,6	0,2	2,4	1,5

2.1.2. Lämpötila-aineisto ja sen sovittaminen kirjolohen kasvumalliin

Lämpötila-aineisto

Kalojen kasvumallinnusta varten määritettiin veden lämpötilat pintavedestä noin 1 metrin syvyydestä ja noin 10 metrin syvyydestä. Viikoittaiset keskilämpötilat määritettiin vuosille 2005–2013, paitsi Saaristomeren sisäalueelle (paikka 11) vuosille 1995–2003 ja 2010–2011. Sisäsaariston paikan 11 lämpötilat ovat 2 metrin syvyydestä.

Pintavesien lämpötila-arvojen määrittämisessä on hyödynnetty satelliitteihin perustuvia, esimerkiksi SYKE:n tuottamia aineistoja (SYKE 2014, SYKE 2015a, SYKE 2015b, SYKE 2016), sekä satelliittikuviin perustuvia mallinnettuja lämpötiloja (Copernicus 2018). Näiden lisäksi on hyödynnetty paikkojen lähellä olevien havaintoasemien mittauksia eri vuosilta (ICES 2014, SYKE ja ELY-keskukset 2016). Syvemmältä määritetyt 10,6 metrin lämpötilat perustuvat kokonaisuudessaan mallinnettuihin lämpötiloihin (Copernicus 2018). Saaristomeren sisäalueen (paikka 11) arvot ovat peräisin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Rymättylän tutkimusaseman mittauksista.

Lämpötilamääritykset pintavedestä ja 10 metristä perustuvat erilaisiin aineistoihin. Näin ollen lämpötila ei kuvaa tarkasti viikon keskimääräistä lämpötilaa. Lämpötilahavaintoja on kuitenkin paljon, jolloin eri paikkojen kasvujen vertailuun keskimääräiset lämpötilat sopivat hyvin.

Paikkakohtaisten tarkastelujen lisäksi tehtiin myös alueelliset karttatarkastelut kirjolohen kasvuille. Nämä tehtiin vuosien 2005–2011 yhden ja kymmenen metrin mallinnettujen lämpötilojen perusteella (Copernicus 2018). Tarkastelu tehtiin sekä käytännön kasvatuskaudelle että kasvukaudelle (5 °C -> 5 °C). Kasvatuskauden päättymisajankohta eri alueille määritettiin avoimuuden (Isaeus & Rygg 2005) perusteella siten, että kasvatusta lopetettiin avoimilla alueilla aiemmin. Päättymisviikot olivat avoimuuden mukaan 43 - 47. Aivan sisimmät alueet eivät olleet lämpötila-aineiston puuttumisen takia tarkastelussa mukana. Vuosikohtaiset kasvuennustekartat ovat liitteissä 6 ja 7.

Lämpötila eri syvyyksissä

Veden lämpötilat laskevat kesällä pinnalta syvemmälle mentäessä. Suunnilleen 15 metrin syvyydessä esiintyy Itämerellä lämpötilan harppauskerros, jossa veden lämpötila laskee nopeasti. Avoimilla alueilla vedet sekoittuvat helpommin, joten näillä paikoilla pinnan tuntumassa erot ovat vähäisempiä. Syksyllä lämpötilaerot poistuvat kokonaisuudessaan vesien viilenemisen ja sekoittumisen myötä.

Kirjolohen ruokintaa rajoitetaan ja siten kasvu hidastuu korkeissa lämpötiloissa (Raisioaqua 2018). Jos ainoastaan pintakerros on lämmin, kirjolohien ruokintaa ei ole välttämättä perusteltua rajoittaa. Mikäli syvemmällä on paremmat lämpötilaolosuhteet ja myös happiolot ovat suotuisat, kalat voivat hakeutua niiden kannalta optimaaliseen lämpötilaan syvissä verkkoaltaissa.

Avoimilla ja syvillä alueilla myös kassit voivat olla syvempiä. Tavallisesti suurissa avomerikasvatysyksiköissä käytetään jopa 20 metriä syviä verkkoja ja sisemmällä alueilla noin 10 metriä syviä. Kalojen kasvu laskettiin siten eri alueille myös eri syvyydlämpötilojen mukaan (taulukko 2). Neljälle avoimimmalle paikalle kasvu määritettiin 10 metrin syvyyden lämpötilojen perusteella. Näitä sisempänä oleville alueille kasvu määritettiin 1 metrissä muodostuvan kasvun ja 10 metrissä muodostuvan kasvun keskiarvona. Näin lämpötilavaihtelujen vaikutus eri syvyyksillä tulee huomioitua laskennassa. Kaloja on verkkoaltaissa kuitenkin eri syvyyksissä, joissa lämpötilat vaihtelevat, jolloin lämpötilan tarkempi huomioiminen kasvumallinnuksissa on haasteellista. Liitteessä 1 on kuitenkin eriteltyä lisäksi paikkakohtaisesti molempien syvyyksien tuottamat vuosittaiset kasvut. Liitteessä 5 on yhteenvetotaulukko kasvuista.

Taulukko 2. Paikkakohtaiset syvyydet, joiden mukaan kasvumallinnus on tehty. Avomerialueilla kasvu on määritetty 10 metrin lämpötilojen mukaan ja näitä sisemmällä alueilla 1 metrin lämpötilan ja 10 metrin lämpötilan tuottamien kasvuksen keskiarvona. Saaristomeren sisäalueen paikka on mallinnettu 2 metrin lämpötilojen perusteella.

	1 ja 10 m (ka)	10 m	2 m
1. Saaristomeren väli	x		
2. Saaristomeren ulko	x		
3. Selkämeri		x	
4. Selkämeri, avomeren		x	
5. Selkämeri, (Pori)	x		
6. Merenkurkku, avomeren		x	
7. Merenkurkku, sisä	x		
8. Perämeri, avomeren		x	
9. Perämeri, (sisä)	x		
10. Suomenlahti, ulko	x		
11. Saaristomeren sisä			x

Lämpötilojen huomioiminen kasvumallissa ja kausien pituuksien määräytyminen

Kasvumallinnus suoritettiin erikseen kunkin vuoden lämpötiloilla, jolloin saatiin vuosien väliset vaihtelut myös esille. Näin ollen keskimääräinen kasvu muodostuu siis eripituisista kausista aina kunkin vuoden olosuhteiden perusteella.

Rannikolta etäällä olevien avomerenpaikkojen kasvatuskausi päättyy viikolla 43. Sisemmällä, jokseenkin avoimilla paikoilla kasvatuskausi loppuu viikolla 44, mutta Saaristomerellä välisaaristossa viikolla 47, koska se on muihin sisäpaikkoihin verrattuna suojaisempi. Sisäsaariston tuntumassa oleva Saaristomeren paikka (paikka 11) kuvastaa paikkaa, jossa kalojen talvivarastointi tapahtuu samassa paikassa, joten siellä kasvatuskausi jatkuu, kunnes vesi saavuttaa loppusyksyllä 5 °C.

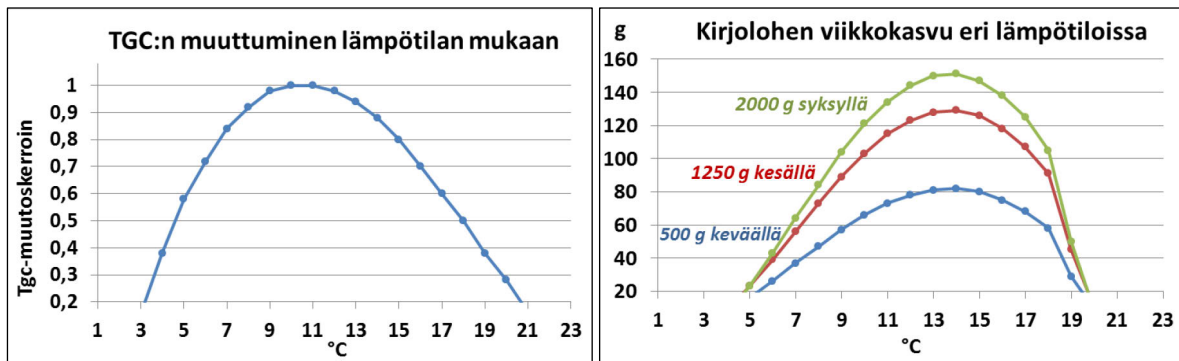
Kasvukausien pituus on määritetty aina pintaveden lämpötilojen perusteella eli se alkaa, kun ensimmäistä kertaa on saavutettu 5 °C ja jatkuu, kunnes pintavedessä on 5 °C (vaikka yhden viikon ajan hieman alle olisi ollutkin). Näin syvemmällä 10 metrissä lämpötila on voinut olla hieman allekin 5 °C.

2.1.3. Kirjolohen kasvumalli

Kirjolohen kasvua eri tuotantopaikoilla arvioitiin kuutiojuurimallin (Iwama ja Tautz 1981, Cho 1992) avulla. Vaikka mallin ennusteiden käyttöä tuotantosuunnittelussa on kritisoitu (mm. Jobling 2003), tässä selvityksessä tarkoituksena on ollut lämpötilasta johtuvaan alueelliseen kasvuerojen vertailuun sen arvioitiin riittävän hyvin. Mallissa hyödynnettiin lisäksi soveltaen Mäkisen (1993) esittämää tietoa. Kasvumallia verrattiin lopulta käytännön kasvutulosten kanssa.

Tyypillisesti kirjolohet kasvavat voimakkaammin keväällä kuin samassa lämpötilassa syksyllä johtuen erityisesti pitenevästä päivästä. Kirjolohen kasvuennuste on suhteellisesti nopeampi keväällä verrattuna kesään ja kesällä nopeampi verrattuna syksyyn (Raisioaqua 2018). Siksi kasvuun vaikuttava lämpötilakerroin, TGC-kerroin (Thermal Growth Coefficient), määritettiin erikseen kevätkasvukaudelle, kesäkasvukaudelle ja syyskasvukaudelle. Kevään ja kesän välinen TGC-kerroin vaihtuu kasvumallissa viikon 27 jälkeen ja kesän ja syksyn välinen viikon 33 jälkeen. Käytetyssä mallissa kasvu määräytyy viikoittaisten lämpötilojen perusteella (kaava 1a).

TGC-kertoimen on todettu muuttuvan myös lämpötilan muuttuessa, jolloin TGC-kerrointa tulee muuttaa lämpötilan mukaan. Mallissa TGC saavuttaa korkeimman arvon noin 10–11 lämpöasteessa (kuva 2, vasen). Kirjolohi saavuttaa mallissa optimikasvunopeuden 13,7 asteessa, kun TGC-kerroin suhteutetaan lämpötilaan (kuva 2, oikea). Lisäksi kasvumalliin lisättiin korkeista lämpötiloista johtuva leikkaus (kaava 1b), koska käytännössä kirjolohen ruokintaa rajoitetaan korkeissa lämpötiloissa. Leikkaus tehtiin 18–20,5 asteen välillä siten, että alle 18 asteessa kalojen kasvun ennustettiin olevan vielä kuutiojuurimallin mukainen, mutta 18 asteessa kasvun arvioitiin heikkenevän asteittain siten, että noin 20 asteessa kasvun ennustettiin ruokinnan lopettamisen takia pysähtyvän kokonaan.



Kuva 2. Vasemmalla TGC-muutoskerroimen lämpötilasta johtuva muutos. Oikealla mallin tuottama viikkokohdainen kasvu 500 g, 1250 g ja 2000 g kirjolohille eri vuodenaikoina eri lämpötiloissa.

TGC-kertoimet määritettiin tarkemmin siten, että kirjolohen kasvatuskokeissa ja eri kalankasvatuslaitoksilla saavutetut kasvut vastasivat mallin tuottamaa kasvua tunnetuissa viikoittaisissa lämpötiloissa (liitteessä 3 on esitettyä käytännössä todettuja kasvuja). Lämpötilassa (noin 10–11 °C), jossa TGC oli korkeimmillaan, kausikohtaiset TGC-kertoimet olivat: keuhällä 0,005, kesällä 0,0045 ja syksyllä 0,004. Tästä TGC-kertoimet alenivat lämpötilan muuttuessa korkeammaksi tai matalammaksi.

Kaloilla tiedetään olevan erilainen kasvu riippuen niiden painosta; yllämainitut TGC:t vastaavat suuren kirjolohen kasvua. Pienten kirjolohien kasvu on isoja suhteellisesti nopeampaa, ja näin TGC, kuten myös optimikasvun lämpötila, voi olla isoista kaloista poikkeava. Kirjolohen kalakannoissa ja yksilöissä on havaittu olevan myös vaihtelua niiden kasvunopeudessa eri lämpötiloissa (Janhunen ym. 2016). Mallinnuksessa kalan lähtöpainoksi asetettiin 500 grammaa, joka vastaa poikasen suuruusluokkaa, kun tavoitellaan fileerauskokoista, yli kahden kilon kirjolohta viimeisen kasvatuskauden loppulla.

Kaava 1a. Kirjolohen lämpötilaperusteinen viikkokasvu keuhällä, kesällä ja syksyllä

$$(IW^{0,33+TGC[s/su/f]*TGCTF*7*TEMP})^3$$

Kaava 1b. Kirjolohen kasvu keuhällä, kesällä ja syksyllä ja ruokinnasta johtuva kasvurajoite

$$(IW^{0,33+TGC[s/su/f]*TGCTF*7*TEMP*(1-(0,335*(TEMPOVER18-18)+0,0067)))^3$$

Lyhenteiden selitteet:

IW = Kirjolohen alkupaino = 500 g

TGCs = Lämpötilakasvukerroin 10 asteessa keuhällä = 0,005

TGCsu = Lämpötilakasvukerroin 10 asteessa kesällä = 0,0045

TGCf = Lämpötilakasvukerroin 10 asteessa syksyllä = 0,004

s/su = Kevätkasvatuskausi päättyy viikko 27 ja kesäkasvatuskausi alkaa 28

su/f = Kesäkasvatuskausi päättyy viikko 33 ja syyskasvatuskausi alkaa viikko34

TGCTF= Lämpötilasta johtuva TGC muutoskaava = $(-0.763+0.371*TEMP-0.024*TEMP^2+0.0004*TEMP^3)/(-0.763+0.371*10-0.024*10^2+0.0004*10^3)$

TEMP = Viikon keskilämpötila

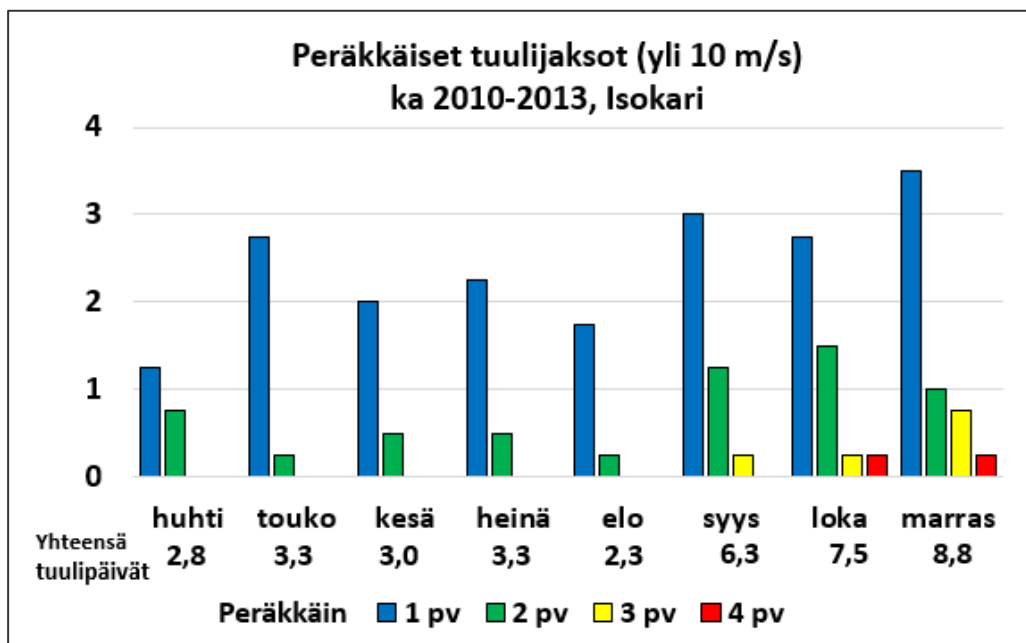
TEMPOVER18 = Lämpötilat yli 18 astetta

2.1.4. Tuuli ja ruokintakatkokset

Tuulen vaikutusta ruokintaan ja kalan kasvuun arvioitiin Selkämeren eteläosassa olevan Isokarin sääaseman tuuliolosuhteiden perusteella, koska avomerikasvatukseen on osoitettu kiinnostusta erityisesti näillä alueilla. Myrskyt vaikuttavat ruokintaan erityisesti siinä tapauksessa, jos ruokintatapana on veneestä ruokinta (Kankainen ja Mikalsen 2014), mutta myös muunlaisten pintaan ruokkivien menetelmien käyttö tulee kyseenalaistaa erittäin kovissa tuuliolosuhteissa. Käytännön kokemuksiin perustuvana oletuksena on, että kovalla tuulella kaloja ei päästä ruokkimaan altaiden viereen tai kaloja ei kannata ruokkia merenpintaan automaattisilla ruokkijoilla, koska osa rehusta voi ajautua altaan ulkopuolelle (yli 10 m/s).

Kala kykenee kompensoimaan useankin päivän ruokintataukoja syömällä seuraavalla ruokintakerralla enemmän (Pirhonen ja Koskela 2005). Tämä kuitenkin edellyttää, että ruokintaa kasvatetaan ruokahalun mukaiseksi ja että olosuhteet, erityisesti lämpötila ja happi, ovat suotuisia. Perkauskokoa lähestyvän kirjolohen osalta ei ole julkaistua tutkimustietoa kasvun kompensoimisesta seuraavien päivien ruokintaa lisäämällä, joten yhdistimme kompensoivan kasvun tutkimuksia (mm. Nikki ym. 2004) asiantuntija-arvioomme. Oletimme laskelmissa, että 1–2 vuorokauden ruokintakatkos kompensoituu täydellisesti, eli kalojen kasvu ei jää jälkeen normaaliolosuhteista. 3–4 päivän ruokintakatkoksen kala kompensoi 90 %:sti, 5 päivän katkoksen 80 %:sti ja 6 päivän katkoksen 70 %:sti.

Isokarin tuuliasemalla kovien tuulipäivien määrä lisääntyy syksyllä (kuva 3), jolloin myös peräkkäisiä tuulipäiväjaksosia on enemmän. Tarkemmin tuulioloista liitteessä 2.



Kuva 3. Peräkkäiset tuulipäivät (yli 10 m/s, 10 min ka) Isokarin tuuliasemalla (mittaus klo 12) huhti–marraskuussa, keskiarvo 2010–2013 (Ilmatieteen laitos 2014). Kuvassa myös keskimääräiset kuukausikohtaiset tuulipäivien määrät. Niiden päivien määrä, joina jossain vuorokauden vaiheessa on mitattu vastaava 10 m/s tuuli, on selvästi suurempi.

2.2. Tuotantotaloudellinen laskenta

Kasvun taloudelliset vaikutukset laskettiin Kankaisen ym. (2012) julkaisussa esitetyllä kaavalla, jossa nopeamman kasvun hyöty lasketaan säästettyjen poikaskustannusten kautta.

Kaava 2. Kasvun taloudellinen hyöty (Kankainen ym. 2012).

Growth (size) effect to unit profit ($\Delta UGrowth(size)$):

$$\Delta UGrowth(size) = (1 - (W_f / ((W_f - W_i) * (1 + \Delta G) + W_i))) * P * \alpha * \beta$$

$\Delta UGrowth(size)$ = Profit of the growth improvement €/kg

ΔG = Change in growth %

W_f = Final weight gram

W_i = Initial weight gram

α = Proportion of fingerling costs of the producer price %

P = Producer price €/kg

β = Extent of the intervention, %

Kalankasvatuksen kannattavuuslaskentaohjelmalla (Kankainen 2014, Kankainen ym. 2014) määritettiin ensin tuotanto ja kustannusrakenne, joka vastaa suuruusluokaltaan suomalaista keskimääräistä merialueen kalankasvatusyritystä (liite 4). Lähtökohtatietona käytettiin viimeisen kasvatuskauden tuotantovaihetta, jolloin poikasen alkupainoksi (= W_i) määritettiin 500 g ja loppupainoksi mallinnettiin noin 3000 g (= W_f) keskimääräisten (paikat 1-11) kasvumallinnusten perusteella. Julkaistuja kalankasvatuksen kustannustietoja, esim. Kalankasvatuksen kannattavuuslaskentaohjelma (Kankainen ja Setälä 2007), päivitettiin ja tarkennettiin asiantuntija-arvioiden perusteella, jotta saatiin taloudellisten vaikutusten määrittämiseen tarvittava tuotantokustannusjakauma, muun muassa poikasten kustannusosuus tuottajahinnasta (= α). Kirjoloheen tuottajahintana käytettiin vuosien 2016–2018 keskiarvoa 5,22 €/kg perattu paino (= P) (Luonnonvarakeskus 2019).

Kun eri alueiden vuosittaisiin lämpötiloihin perustuva kasvuennuste syötetään kaavaan taloudellisten tietojen lisäksi ja sen jälkeen verrataan toimialan keskimääräiseen kasvuun (= ΔG), saadaan kannattavuusero (€/kg) tuotantokustannuksena laskettuna. Tuotantokustannuksen muutos suhteutettiin tämän jälkeen lisäksi yrityksen nettotulokseen, jotta voidaan arvioida yritystaloudellista kannattavuusvaikutusta. Tuotantokustannus- ja nettotulosmuutos (%) laskettiin sekä käytännön kasvatuskaudelle että lämpötilojen mahdollistamalle potentiaaliselle kasvukaudelle.

Veden lämpötilan lisäksi laskettiin myös kovien tuulien aiheuttaman ruokintakatkosten taloudellinen vaikutus kahdelle eri vaihtoehdolle: 1) kolmen ja 2) viiden päivän katkokset syyskuun lopussa. Päivittäisten ruokintakatkosten oletettiin pienentävän viikkokasvuennusteita suhteellisesti kuten kappaleessa 2.1.4. on arvioitu. Kasvumuutoksen jälkeen arvioitiin edellä kuvatulla kaavalla tuuliolosuhteiden aiheuttamien ruokintakatkosten vaikutusta ensin tuotantokustannukseen ja sen jälkeen yritystaloudelliseen tulokseen.

3. Tulokset

3.1. Lämpötilan ja kasvatuskauden pituuden vaikutus kasvuun

3.1.1. Lämpötilan vaikutus kasvuun, kasvukausi

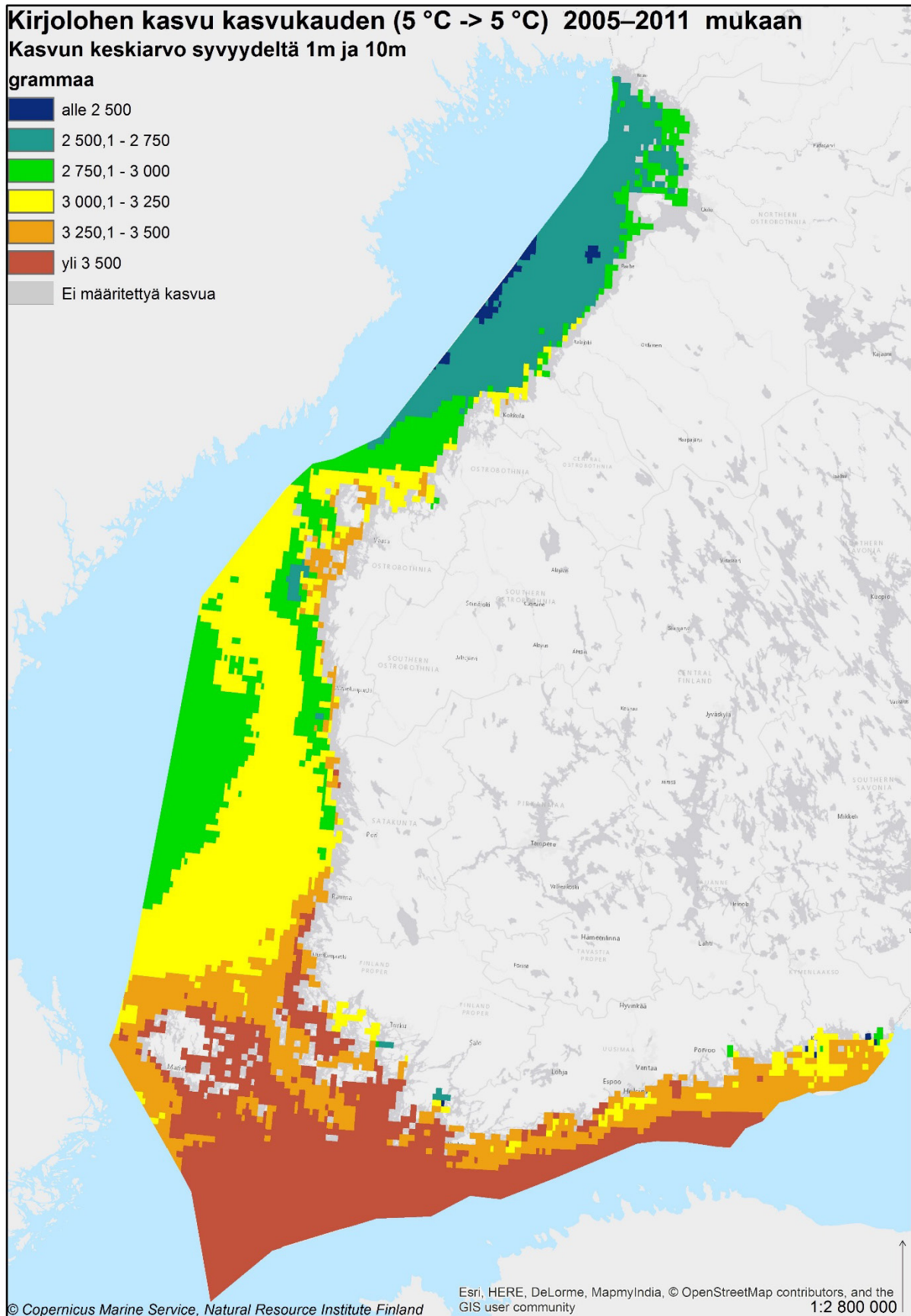
Potentiaalista kasvua eri alueilla arvioitiin ensin siten, että kasvun laskettiin alkavan siitä, kun pintavesi saavuttaa keväällä 5 °C ja päättyvän siihen, kun pintavesi laskee jälleen loppuvuotena 5 °C:een. Näin voidaan vertailla eri paikkojen lämpötilojen tuottamaa kasvupotentiaalia ilman, että esimerkiksi tuulista johtuvia kasvatuskauden päättymisiä otetaan huomioon.

Suurimpia potentiaalisia kasvuja saavutetaan eteläisillä vesialueilla Saaristomerellä ulko- ja välisaaristossa sekä myös Suomenlahden ulkosaaristossa (taulukko 3). Näissä paikoissa kasvukauden pituus on myös pisin. Kuvassa 4 näkyy myös Ahvenanmaalla ja muuallakin eteläisillä alueilla olevan lämpötilojen suhteen erinomaisia alueita. Perämerellä kasvukausi jää veden lämpötilojen takia lyhyeksi ja kalojen koko pienimmäksi. Keskipäivällä viileämmät lämpötilat ovat kuitenkin Perämerellä kirjolohen kasvun kannalta jopa parempia, kun etelässä vedet ovat lämmenneet optimikasvulämpötilaan nähden korkeiksi.

Kokonaisten (perkaamattoman) kirjolohen keskimääräiset loppupainot 500 g poikaselle ovat eri tarkastelupaikoilla noin 2,5–3,5 kg. Yksittäisissä vuosissa on kuitenkin selviä eroja. Vuosittaisia vaihteluja aiheuttaa esimerkiksi veden aikainen lämpötilan nousu keväällä, liian korkeat keskipäivän lämpötilat ja kasvukauden kesto syksyllä. Saaristomeren sisäosissa kasvu oli heikkoa nimenomaan liian lämpimien vesien takia. Tällä paikalla vuosien väliset vaihtelut kalan koossa olivat suurimmillaan yli 2 kg. Nämä sisäosan mittaukset ovat eri vuosilta kuin muut, mikä voi osaltaan vaikuttaa vertailtavuuteen.

Taulukko 3. Kirjolohen loppupaino 500 g poikasella lämpötilojen mahdollistaman kasvukauden pituuden mukaan ja vuosien välinen vaihteluväli sekä paikkojen kasvun ero Suomen keskiarvoon verrattuna. Kausi alkaa 5 °C vedestä ja päättyy loppuvuoden 5 °C veteen. (Vuodet 2005–2013 paitsi Saaristomeren sisimmässä paikassa 1995–2003 ja 2010–2011.) Kalan painot ovat kokonaisten perkaamattoman kalan painoja.

Paikka	Loppupaino (g) 5 °C -> 5°C			kasvu, g	kasvuero (%)	kasvukausi pituus viikkoa (ka)
	keskiarvo	maksimi	minimi			
Suomi, (keskiarvo 1-11)	3079	4110	1974	2579		
1. Saaristomeri, väli	3502	4004	2689	3002	+ 16,4 %	31 (vko 18-48)
2. Saaristomeri, ulko	3529	4110	2760	3029	+ 17,4 %	30 (vko 19-48)
3. Selkämeri	3205	3746	2734	2705	+ 4,9 %	28 (vko 21-48)
4. Selkämeri, avomeri	2906	3269	2528	2406	- 6,7 %	26 (vko 22-47)
5. Selkämeri, Pori	3117	3591	2586	2617	+ 1,5 %	29 (vko 20-48)
6. Merenkurkku, avomeri	3017	3260	2595	2517	- 2,4 %	28 (vko 21-48)
7. Merenkurkku, sisä	3208	3598	2663	2708	+ 5,0 %	26 (vko 20-45)
8. Perämeri, avomeri	2492	2878	2179	1992	- 22,8 %	24 (vko 23-46)
9. Perämeri, sisä	2680	2954	2472	2180	- 15,5 %	23 (vko 21-43)
10. Suomenlahti, ulko	3314	3738	2609	2814	+ 9,1 %	30 (vko 19-48)
11. Saaristomeri, sisä	2903	4110	1974	2403	- 6,9 %	29 (vko 19-47)



Kuva 4. Kirjoloihen (500 g poikasen) keskimääräinen loppupaino vuosina 2005–2011 kasvukauden (5 °C -> 5 °C) mukaan 1 m ja 10 m syvyydessä tapahtuvien kasvujen keskiarvona. Lämpötilat ovat mallinnettuja lämpötiloja (Copernicus 2018). Lämpötila-aineiston tarkkuus ei kata sisimpiä alueita, jotka on näin ollen jätetty mallintamatta.

3.1.2. Kasvatuskauden pituuden vaikutus kasvuun

Alueiden kasvatuskauden pituuden kasvuvaikutusta mallinnettiin myös, koska se kuvastaa paremmin käytännössä tapahtuvaa kalan kasvatusta. Kasvatuskauden pituuden arviointiin on vaikuttanut, että avomerialueilla tulee ruokinta lopettaa aiemmin ja laitteet ja kalat kuljetetaan suojaan ajoissa syksyn myrskypäiviltä ja mahdollisilta jäiltä. Tässä raportissa arvioidut kasvatuskausien pituudet voivat kuitenkin poiketa käytännössä tapahtuvasta kasvatuskaudesta erityisesti vuosittaisesta vaihtelusta riippuen.

Saaristomerellä välisaaristossa kasvatusta voidaan jatkaa lämpötila- ja tuuliolojen puolesta pitkään. On mahdollista, että myös Saaristomeren ulkosaariston pohjoisosan alueella on sijainteja, joissa voidaan kasvattaa ainakin toisinaan pidempäänkin kuin viikolle 44, jolloin kasvuennuste olisi lähempänä välisaariston paikkaa. Saaristomeren lisäksi erinomaisia alueita kasvatuskauden osalta löytyy Ahvenanmaalta (kuva 5). Selvästi keskimääräistä paremman kasvun tuottavat myös Merenkurkun sisäosat. Hyviä paikkoja esiintyy paikoin myös muilla merialueilla. Nykyiset kasvatuslaitokset sijaitsevat kasvatusolosuhteiden perusteella pääosin hyvissä kasvatusolosuhteissa.

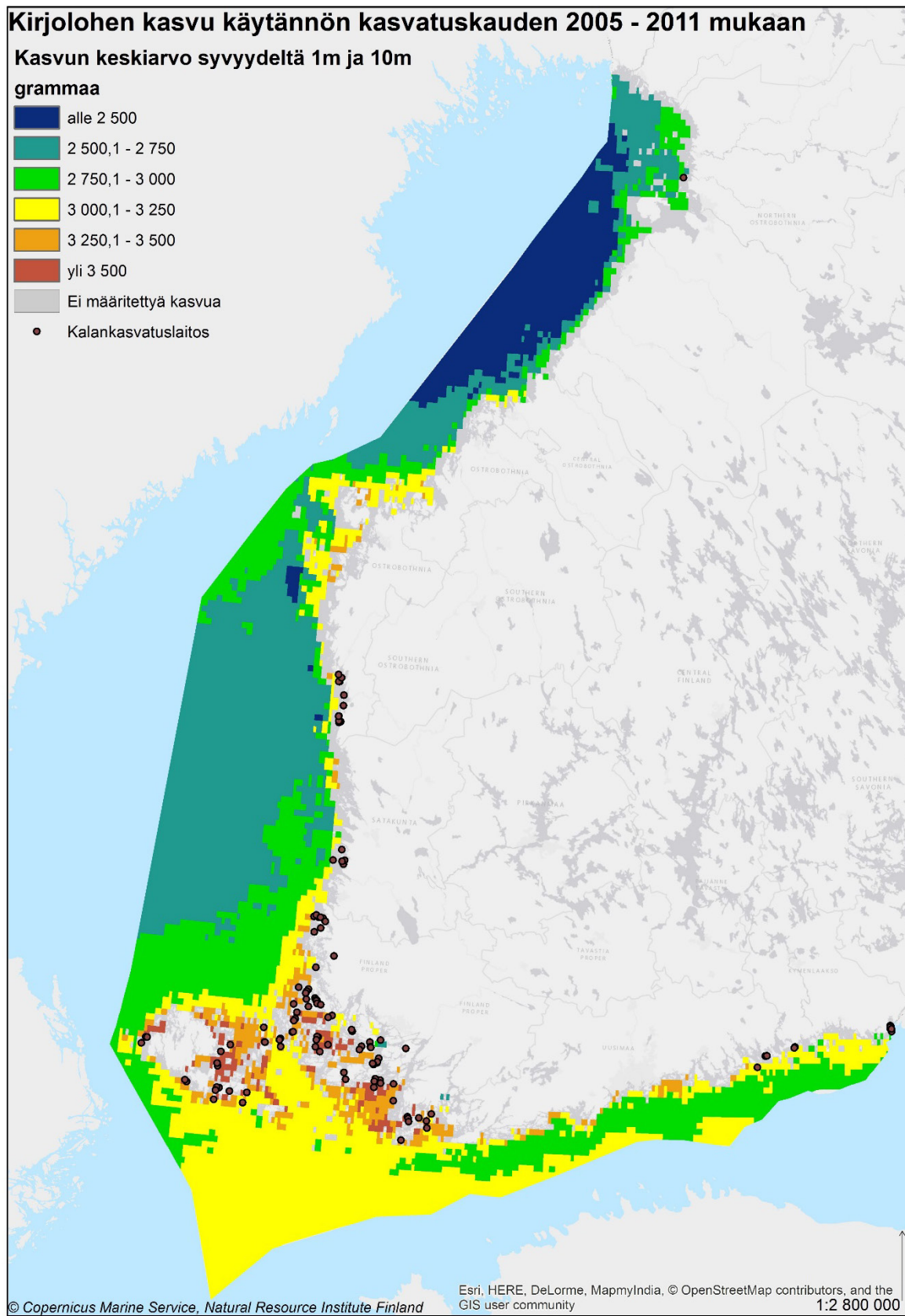
Saaristomerellä väli- ja ulkosaaristossa kasvatettujen kalojen loppukoko on keskimäärin 24 % – 29 % suurempi kuin Perämeren pohjoisosassa rannikon lähellä. Tämä tarkoittaa karkeasti ottaen noin 700 grammaa suurempia kaloja etelässä, jos kalan alkupaino on 500 grammaa. Keskellä Selkämeren eteläosaa kasvatettujen kalojen koko on vastaavasti 13 % suurempi kuin Perämeren vastaavalla ulapalla. Tämä tarkoittaa puolestaan 300 grammaa suurempia kaloja etelässä.

Vertailtaessa rannikonläheisiä paikkoja jokseenkin saman merialueen avomeripaikkoihin ovat erot 13–24 % eli rannikon lähellä 500 gramman poikasella saadaan keskimäärin noin 300–640 grammaa suurempia kaloja kuin avomerellä.

Vuosien väliset erot kalojen koossa olivat suurimmillaan usealla paikalla noin 1 kg:n luokkaa ja Saaristomeren sisäosissa jopa yli 2 kg. Merenkurkun avomerialueella vuosien väliset vaihtelut ovat vähäisiä, vain noin 300 gramman ero pienimmän ja suurimman välillä (taulukko 4).

Taulukko 4. Kirjolohen loppupaino 500 g poikasella kasvatuskausien pituuksien mukaan, vuosien välinen vaihtelu sekä eri paikkojen kasvun ero Suomen keskiarvoon verrattuna. (Vuodet 2005–2013, paitsi Saaristomeren sisäpaikassa 1995–2003 ja 2010–2011.) Kalan painot ovat kokonaisen perkaamattoman kalan painoja.

Paikka	Loppupaino (g) kasvatuskauden mukaan			kasvu, g	kasvuero (%)	kasvatuskausi pituus viikkoa (ka)
	keskiarvo	maksimi	minimi			
Suomi, (keskiarvo 1-11)	2916	4110	1974	2416		
1. Saaristomeri, väli	3443	3942	2694	2943	+ 21,8 %	30 (vko 18-47)
2. Saaristomeri, ulko	3309	3843	2681	2809	+ 16,3 %	26 (vko 19-44)
3. Selkämeri	2876	3342	2267	2376	- 1,6 %	23 (vko 21-43)
4. Selkämeri, avomeri	2666	3015	2234	2166	- 10,3 %	22 (vko 22-43)
5. Selkämeri, Pori	2810	3181	2473	2310	- 4,4 %	24 (vko 20-43)
6. Merenkurkku, avomeri	2753	2843	2537	2253	- 6,7 %	23 (vko 21-43)
7. Merenkurkku, sisä	3172	3571	2663	2672	+ 10,6 %	25 (vko 20-44)
8. Perämeri, avomeri	2363	2665	2096	1863	- 22,9 %	21 (vko 23-43)
9. Perämeri, sisä	2677	2954	2472	2177	- 9,9 %	23 (vko 21-43)
10. Suomenlahti, ulko	3098	3540	2553	2598	+ 7,6 %	26 (vko 19-44)
11. Saaristomeri, sisä	2903	4110	1974	2403	- 0,5 %	29 (vko 19-47)



Kuva 5. Kirjolohen (500 g poikasen) keskimääräinen loppupaino vuosina 2005–2011 käytännön kasvatuskauden pituuden mukaan. Kausi alkaa aina 5 asteessa ja päättyy alueen avoimuuden perusteella viikolla 43, 44 tai 47. Kasvu on määritetty 1 m ja 10 m syvyyden tuottamien kasvujen keskiarvona. Lämpötilat ovat mallinnettuja lämpötiloja (Copernicus 2018). Lämpötila-aineiston tarkkuus ei kata kaikkein sisimpiä alueita. Kuvaan on merkitty myös nykyisten merialueen kasvatuslaitosten sijainnit.

3.1.3. Syvyyden vaikutus kasvuun

Paikkakohtaisissa kasvumallinuksissa syvyyden vaikutus huomioitiin määrittämällä kasvu lämpötilojen perusteella sisemmillä alueilla 1 ja 10 metrin keskiarvon perusteella ja avoimilla syvemmillä alueilla 10 metrissä, jonka katsottiin sopivan parhaiten kasvulosuhteiden määrittämiseen. Taulukossa 5 on esitetty tarkasteluvuosien keskimääräiset erot kalojen loppupainoissa eri syvyyksissä.

Eteläisissä paikoissa keskimääräinen kasvu on 1 metrissä pienempi kuin 10 metrissä, johtuen kesän aikaisista lämpimistä pintavesistä, mutta muilla paikoilla keskimääräinen kasvu on suurempi 1 metrissä. Porin edustalla esiintyy 10 metrissä ajoittain kesällä varsin kylmiäkin lämpötiloja, mikä vaikuttaa kasvuun. Tämä voi johtua siitä, että alueella tapahtuu kylmän veden kumpuamista.

On huomattava, että eri vuosina tilanteet voivat olla useinkin päinvastaisia, eli joinakin vuosina kasvu on suurempaa 1 metrissä ja toisina 10 metrissä. Näin keskiarvo kuvaa tilannetta vain hyvin karkeasti. Kalat voivat vaihtaa syvyyttä olosuhteitten mukaan, mikäli verkkoaltaiden syvyys ja kapasiteetti sen mahdollistaa. Koska lämpötila vaihtelee eri syvyyksissä ja kalojen liikkeitä ei voida tarkalleen määrittää, on kasvun tarkka mallintaminen haastavaa.

Taulukko 5. Kirjolohen keskimääräinen loppupaino 500 g poikasella vuosina 2005–2013 kasvukauden pituuden mukaan 1 metrissä ja 10 metrissä.

Paikka	Loppupaino (g) 5 °C -> 5°C		ero (g)	kasvun määräyty
	1 m	10 m		
1. Saaristomeri, väli	3482	3523	-40	1 m ja 10 m
2. Saaristomeri, ulko	3470	3588	-118	1 m ja 10 m
3. Selkämeri	3263	3205	57	10 m
4. Selkämeri, avomeri	2991	2906	85	10 m
5. Selkämeri, Pori	3342	2893	449	1 m ja 10 m
6. Merenkurkku, avomeri	3259	3017	242	10 m
7. Merenkurkku, sisä	3240	3175	65	1 m ja 10 m
8. Perämeri, avomeri	2645	2492	154	10 m
9. Perämeri, sisä	2801	2559	241	1 m ja 10 m
10. Suomenlahti, ulko	3207	3422	-215	1 m ja 10 m

3.2. Tuotantopaikan taloudelliset vaikutukset

Eri paikkojen vaikutusta kasvatuksen kannattavuuteen verrattiin keskimääräiseen kasvuun ensin potentiaalisen kasvukauden (5 °C -> 5 °C) osalta. Tuotannon kannattavuutta arvioitiin kalakiloa kohti (€/kg) sekä yritystaloudellisenä mittarina erona nettotuloksessa (%-yksikköä) (taulukko 6). Saaristomerellä väli- ja ulkosaaristossa lämpöolosuhteet ovat keskimäärin parhaimmat tarkastellulla ajanjaksolla ja siten kannattavuus on 0,16–0,17 €/kg ja nettotulos noin 3 %-yksikköä keskimääräistä parempi. Tämä tarkoittaisi esimerkiksi 300 tonnin tuotantoyksikölle noin 50 000 € kustannussäästöjä eli suurempaa voittoa.

Taulukko 6. Kirjolohen 500 g poikasen kasvukauden (5 °C -> 5 °C) aiheuttamat taloudelliset vaikutukset eri paikoissa keskimääräiseen verrattuna. Kalan painot ovat kokonaisen perkaamattoman kalan painoja.

Alue	Kasvukausi (5 °C -> 5 °C)		kannattavuus- ero €/kg	nettotulosero (prosenttiyksikköä)
	loppupaino (g)	kasvuero %		
Suomi, (keskiarvo 1-11)	3079			
1. Saaristomeri, väli	3502	+ 16,4 %	+ 0,16	+ 3,0 %
2. Saaristomeri, ulko	3529	+ 17,4 %	+ 0,17	+ 3,2 %
3. Selkämeri	3205	+ 4,9 %	+ 0,04	+ 0,8 %
4. Selkämeri, avomeri	2906	- 6,7 %	- 0,05	- 1,0 %
5. Selkämeri, Pori	3117	+ 1,5 %	+ 0,01	+ 0,2 %
6. Merenkurkku, avomeri	3017	- 2,4 %	- 0,02	- 0,4 %
7. Merenkurkku, sisä	3208	+ 5,0 %	+ 0,04	+ 0,8 %
8. Perämeri, avomeri	2492	- 22,8 %	- 0,16	- 3,0 %
9. Perämeri, sisä	2680	- 15,5 %	- 0,11	- 2,2 %
10. Suomenlahti, ulko	3314	+ 9,1 %	+ 0,08	+ 1,6 %
11. Saaristomeri, sisä	2903	- 6,9 %	- 0,05	- 1,0 %

Kun laskennassa huomioidaan lämpötilojen lisäksi käytännön kasvukauden pituus, kannattavuus oli paras Saaristomerellä välisaaristossa, mutta hyvä myös ulkosaaristossa, jossa laitteistot otetaan pois syksyllä aikaisemmin. Saaristomerellä väli- ja ulkosaaristossa kannattavuus on 0,16–0,23 €/kg ja nettotulos noin 3–4 prosenttiyksikköä keskimääräistä parempi (taulukko 7). Tämä tarkoittaa 300 tonnin tuotantoyksikölle noin 50 000–70 000 € suurempaa voittoa.

Taulukko 7. Kirjolohen 500 g poikasen kasvatuskauden aiheuttamat taloudelliset vaikutukset eri paikoissa keskimääräiseen verrattuna. Kalan painot ovat kokonaisen perkaamattoman kalan painoja.

Alue	Kasvatuskausi		kannattavuus- ero €/kg	nettotulosero (prosenttiyksikköä)
	loppupaino (g)	kasvuero %		
Suomi, (keskiarvo 1-11)	2916			
1. Saaristomeri, väli	3443	+ 21,8 %	+ 0,23	+ 4,4 %
2. Saaristomeri, ulko	3309	+ 16,3 %	+ 0,16	+ 3,1 %
3. Selkämeri	2876	- 1,6 %	- 0,01	- 0,3 %
4. Selkämeri, avomeri	2666	- 10,3 %	- 0,08	- 1,6 %
5. Selkämeri, Pori	2810	- 4,4 %	- 0,04	- 0,7 %
6. Merenkurkku, avomeri	2753	- 6,7 %	- 0,06	- 1,1 %
7. Merenkurkku, sisä	3172	+ 10,6 %	+ 0,10	+ 1,9 %
8. Perämeri, avomeri	2363	- 22,9 %	- 0,17	- 3,2 %
9. Perämeri, sisä	2677	- 9,9 %	- 0,08	- 1,5 %
10. Suomenlahti, ulko	3098	+ 7,6 %	+ 0,07	+ 1,3 %
11. Saaristomeri, sisä	2903	- 0,5 %	- 0,01	- 0,1 %

3.3. Ruokintakatkosten vaikutus kasvuun

Ruokintakatkosten taloudellista vaikutusta arvioitiin Saaristomeren pohjoisosan ja Selkämeren eteläosan välillä sijaitsevan Isokarin sääaseman tuuliaineiston perusteella. Normaalin keskeytymättömän kasvatuksen lisäksi laskettiin kaksi ruokintakatkosvaihtoehtoa: 1) kolmen ja 2) viiden päivän katkokset syyskuun lopussa.

Ensimmäinen vaihtoehto vähentää myytävää biomassaa 1,0 % ja jälkimmäinen vaihtoehto 2,1 %. Tämä tarkoittaisi miljoonan kilon laitokselle noin 50 000 € ja 100 000 € myyntitappioita. Kun kuitenkin laskennassa huomioidaan säästetyt kustannukset, on kannattavuusvaikutus pienempi.

Kasvatuskauden keskimääräiseen (paikat 1–11) keskeytymättömään kasvuun verrattuna ensimmäisen vaihtoehdon 1,0 % vähennys biomassassa tarkoittaa kannattavuuserona -0,01 €/kg ja nettotuloerona -0,2 %. Vaihtoehdon kaksi 2,1 % biomassavähennys tarkoittaa vastaavasti -0,02 €/kg ja -0,4 % nettotuloserona.

4. Yhteenveto ja tietotarpeet

Tehokkaimmat kirjolohen tuotantoalueet Suomen merialueilla ovat kasvatuskauden pituus huomioiden Saaristomerellä väli- ja ulkosaaristossa sekä Ahvenanmaalla vastaavilla alueilla. Näillä alueilla sijaitsee myös merkittävä osa nykyisestä tuotannosta. Saaristomeren parhailla alueilla kasvu on yleis-täen 16–22 % keskimääräistä parempi. Avoimilla alueilla lyhyemmäksi jäävät kasvatuskaudet ja pohjoisessa lisäksi kylmemmät vedet vaikuttavat kasvuun heikentävästi. Lämpötilan osalta potentiaalisia hyviä alueita esiintyy eteläisillä alueilla selvästi laajemminkin, etenkin mikäli kasvatusta voitaisiin tuuliolojen ja talveen varautumisen puolesta jatkaa avomerialueilla pidempään. Avoimilla alueilla oletettiin nykyisten toimintatapojen perusteella, että kasvatuskehikot ja kalat siirretään muita tuotantopaikkoja aiemmin saariston suojaan ennen myrskyjä ja jäitä. Keskimääräinen kirjolohen kasvu on Saaristomeren parhailla alueilla jopa yli 50 % suurempi kuin Perämeren ulappa-alueilla.

Kalankasvatusyrityksen nettotulos voi erota Suomen eri merialueilla useita prosenttiyksikköjä tuotantopaikan takia. Tutkimuksessa nettotulos oli parhailla Saaristomeren alueilla noin 3–4 %-yksikköä keskimääräistä parempi. Heikoimmilla alueilla puolestaan noin 2–3 %-yksikköä keskimääräistä huonompi. Kalankasvatustoimialan nettotulos on vaihdellut 3 % ja -3 % välillä vuosina 2011–2015. Järkevällä sijainninhajauksella ja merialueen suunnittelulla olisi yhtenä toimenpiteenä mahdollista edistää kotimaisen kalatuotannon kilpailukykyä pitkällä aikavälillä. Tämä on mahdollista varaamalla tuotantoalueita sieltä missä tuotanto on tehokasta ja taloudellisesti kestävä. Tuotannon tehokkuuteen perustuva sijainninhjaus tekisi kotimaisesta tuotannosta kannattavampaa heikompiinkin markkina-vuosina.

Tuulien vaikutusta kasvuun arvioitiin alustavasti, koska kansallisen sijainninhjaussuunnitelman perusteella kasvatusta olisi mahdollista lisätä erityisesti avoimilla alueilla. Tuulien vaikutus kirjolohen kasvuun olisi oletettavasti vähäinen arvioidulla ajanjaksolla, jossa useiden päivien tuulijaksot olivat harvinaisia. Vaikka yksittäisiä tuulisia päiviä kasvatuskaudella esiintyikin, vaikutus kasvuun on oletettavasti vähäinen, koska ruokkimattomuudesta johtuvat kasvatappiot voidaan kompensoida seuraavina ruokintapäivinä. Kuitenkin jos tuulisuus ja myrskyt lisääntyvät ja kaloja ei saada kasvatettua syksyllä tavoitteiden mukaisesti, yritys saattaa kärsiä merkittäviä myyntitappioita. Tuulisuus ja siitä johtuva aallokko vaikuttaa myös merkittävästi käytännön työhön, turvallisuuteen sekä kasvatusvälineinvestointeihin avoimilla merialueilla.

Syvyyden vaikutusta kalan kasvuun tulee arvioida tarkemmin, mutta lähtökohtaisesti kalan kasvu ja hyvinvointi paranee, mikäli se voi hakeutua sille optimaaliseen lämpötilakerrokseen. Vastaavasti tulisi arvioida tarkemmin, miten myrskyistä aiheutuvat ruokintakatkokset tulisi kompensoida tehokkaasti seuraavien tai jopa edeltävien päivien ruokinnan yhteydessä.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan myös merialueen olosuhteisiin ja siten tuotannon tehokkuuteen. Jos Itämeri lämpenee kauttaaltaan, paranevat kirjolohen kasvatusedellytykset Pohjanlahdella. Jos ilmastonmuutos vaikuttaa merien lämpötilaan siten, että jäitä ei enää muodostu etelän merialueilla, sillä olisi mitä ilmeisimmin merkittäviä positiivisia vaikutuksia kasvatuksen tehokkuuteen, tuotannon logistiikkaan sekä merialueen tehokkaaseen käyttöön. Tämä ensinnäkin sen tähden, että kasvatuslaitteistoa ei tarvitse enää siirrellä keväisin ja syksyisin jäiden takia, ja toiseksi jos erillisiä talvivarastointipaikkoja ei enää tarvittaisi, rannikkoalueiden tilantarve ei rajaisi kalankasvatuksen kasvua.

Tässä selvityksessä arvioitiin ainoastaan kirjolohen kasvatusedellytyksiä; jatkossa ja muuttuvassa toimintaympäristössä tulisi arvioida myös muiden kotimaisten kasvatustalajien kuten esimerkiksi siian, kuhan tai taimenen kasvatusedellytyksiä eri merialueilla. Kyseisillä lajeilla on kirjolohesta poikkeavat lämpötilaoptimit ja kasvuominaisuudet.

Viitteet

- Cho, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100: 107–123.
- Copernicus 2018. Marine environment monitoring system. BalticSea_Reanalysis_Phy_003_011 ja sst_bal_sst_l4_rep_observations_010_016. <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/> [Luettu 7.1.2019].
- ICES 2014. Baltic Sea monitoring data. <http://ocean.ices.dk/Helcom/Helcom.aspx?Mode=1> [Luettu 14.11.2014].
- Ilmatieteen laitos 2014. Avoin data -aineisto. <http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-lisenssi> [Luettu 1.10.2014].
- Isaews, M. & Rygg, B. 2005. Wave exposure calculations for the Finnish coast. Norwegian institute of water reserch. Rapport Inr 5075-2005. 24 s.
- Iwama, G.K. & Tautz, A. 1981. A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 649–656.
- Janhunen, M., Koskela, J., Ninh, N.H, Vehviläinen, H., Koskinen, H. & Thõa, N.P. 2016. Thermal sensitivity of growth indicates heritable variation in 1-year-old rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Genetics Selection Evolution* 48: 94
- Jobling, M. 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Aquaculture Research* 34: 581–584.
- Kankainen, M. & Setälä, J. 2007. Kalankasvatuksen kannattavuuslaskentaohjelma. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Kankainen, M., Setälä, J., Berrill, I.K., Ruohonen, K., Nobel, C. & Schneider, O. 2012. How to measure the economic impacts of changes in growth, feed efficiency and survival in aquaculture. *Aquaculture Economics & Management* 16: 341–364.
- Kankainen, M. 2014. Aquabest profitability analysis model for fish farming. Aquabest project publications, Excel sheet tool.
- Kankainen, M. & Mikalsen, R. 2014. Kalankasvatuksen investointikustannukset ja kilpailukyky avomerellä Suomessa. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 12/2014. 29 s. + liite.
- Kankainen, M. & Niukko, J. 2014. Kalankasvatuksen tuotanto-olosuhteet Suomen rannikolla. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 8/2014. 40 s.
- Kankainen, M., Nielsen, P. & Vielma, J. 2014. Economic feasibility tool for fish farming – case study on the Danish model fish farm in Finnish production environment. Report of Aquabest projects 24/2014.
- Kankainen, M., Janhunen, M. & Niukko, J. 2020. Upotettavan kalankasvatustiloksen haasteet Itämerellä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus xx/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. Käsikirjoitus. 21 s. + liitteet.
- Luonnonvarakeskus 2019. Tilastotietokanta. Kalan tuottajahinnat (e/kg, nimellishinta ilman arvonlisäveroa). http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_06%20Kala%20ja%20riista_04%20Talous02%20Kalan%20tuottajahinta/?tablelist=true&rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db
- Maa- ja metsätalousministeriö & ympäristöministeriö 2014. Kansallinen vesiviljelyn sijainninhjaussuunnitelma. 29 s. + liitteet.
- Mäkinen, T. 1993. Effect of temperature, feed ration and other factors on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) cultured in Finland. Academic Dissertation, University of Jyväskylä. Helsinki. 26 s, [110 s].
- Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M. & Karjalainen, J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held individually. *Aquaculture* 235: 285–296.
- Pirhonen, J. & Koskela, J. 2005. Indirect estimation of stomach volume of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 36: 851–856.

- Raisioaqua 2018. Kirjoloihen ruokintataulukko. <https://www.raisioaqua.com/ruokinta> [Luettu 27.6.2019].
- SYKE 2014. Veden pintalämpötila arvioituna satelliittikuvilta, (GeoTIFF tiedostot). <http://eo.ymparisto.fi/data/water/marine/sst/> [Luettu 2.3.2016].
- SYKE 2015a. Pintalämpötilat, satelliittitulkinta. <http://wwwi4.ymparisto.fi/i4/fin/sst/sst.html> [Luettu 4.5.2015]
- SYKE 2015b. Veden pintalämpötila arvioituna satelliittikuvilta. (Pintalämpötilakartat 2005–2006).
- SYKE 2016. Veden pintalämpötilat, päiväkohtaiset satelliittikuvatulkinnat (GeoTIFF tiedostot) <http://eo.ymparisto.fi/data/water/marine/sst/2014/nrt/>. [Luettu 11.3.2016]
- SYKE ja ELY-keskukset 2016. Avoimet ympäristötietojärjestelmät. Pintavesien tilan tietojärjestelmä, vedenlaatu PIVET. Hertta-palvelu. http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat [Luettu 2.3.2016].

Liite 3. Todennetut kalan kasvut käytännössä ja mallinnetut koot samoilla alkupainoilla paikkojen lämpötilojen mukaan. Korppoossa vuonna 2017 kirjoloheet ovat Luonnonvarakeskuksen koetoiminnasta ja mukana on kolme eri kirjolohimuotoa (kasvu, marto, triploidi). Pyhärannan (2 eri paikkaa) osalta loppuviikko on arvioitu käytössä olleiden tietojen perusteella. Joiltain osin ainakin ruokinnan lopettamisen ajankohdan suhteen (=loppuviikko) voi olla pieniä eroja todellisuudessa tapahtuneeseen, mikä voi vaikuttaa mallin tarkkuteen. Kaikki painot ovat kokonaisen kalan (perkaamattomia) painoja.

	Korppoo 2017 (kasvu)	Korppoo 2017 (marto)	Korppoo 2017 (triploidi)	Pyhäranta (1) 2015	Pyhäranta (2) 2015	Kustavi 2015	Rymättylä 2011	Korppoo 2018
Alkupaino	353	547	387	556	490	600	240	235
Loppupaino (todellinen)	2170	2449	2138	3491	3077	2571	1665	1337
Alkuviikko	26	26	26	20	19	25	18	23
Loppuviikko	43	43	43	47	47	43	48	41
Loppupaino (malli)	1831	2345	1926	3765	3101	2658	1560	1238
Mallituksen ero verrattuna todelliseen loppupainoon	-16 %	-4 %	-10 %	8 %	1 %	3 %	-6 %	-7 %

Liite 4. Kannattavuuslaskentaohjelmassa käytetyt muuttujat kasvatuskauden taloudellisten vaikutusten arviointia varten.

Profitability analysis model for fish farmers (Simplified version)

Fish farming Cost-Benefit factors

Sales

Sales price	Average market price €/kg	5,22
-------------	---------------------------	------

Productivity factors

Fingerling purchasing	Average size of fingerling gram	500	Production volume per year, kg	300 000
Growth	Estimated average final weight	2916	Growth, x times the initial weight	6
Mortality	Total mortality %	5 %	Number of fingerlings	108 295
Harvest yield	Gutting yield %	87 %	Sales volume, kg	261 000
Feed efficiency	Feed conversion ratio (FCR)	1,15	Feed usage, kg	290 252

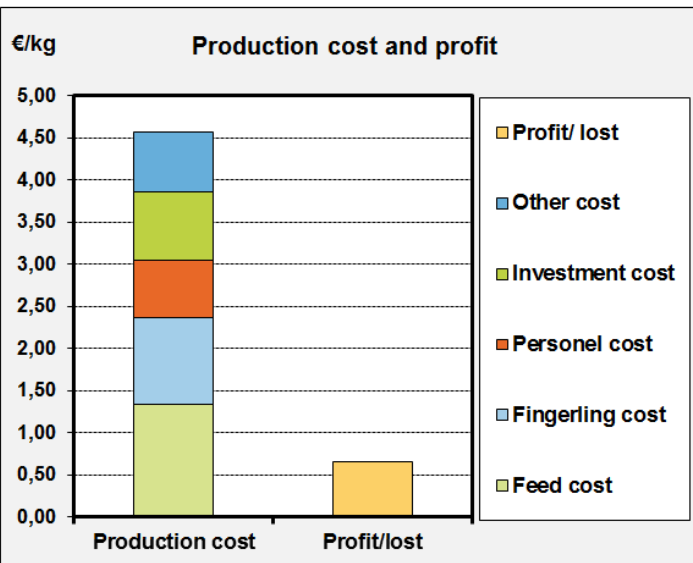
Company fixed costs

Personnel costs	Number of personnel	3	Average monthly salary €	3250
	Salary overhead rate	30 %		
Investment	Investment total value €	1 500 000	Investment depreciation years	8,8
Capital costs	Capital interest %	5,00 %	Tax rate %	28,00 %
Other fixed costs	Other fixed cost total €/year	65 000		

Volume depended variable costs

Feed cost	1,20 €/kg feed	
Fingerling cost	5,00 €/kg fingerling or roe	500 Gram fingerling
Other variable costs	0,45 €/kg	

Factor based profit account	€/kg	
Revenue	1 362 420	5,22
Variable costs		
Feed cost	348 291	1,33
Fingerling cost	270 781	1,04
Other variable costs	117 450	0,45
Fixed costs		
Fixed personnel	175 500	0,67
Investment depreciation	170 455	0,65
Other fixed costs	65 000	0,25
Financial costs		
Capital costs	43 562	0,17
Total costs	1 191 039	4,56
Taxes	47 987	0,18
Profit	123 395	0,47



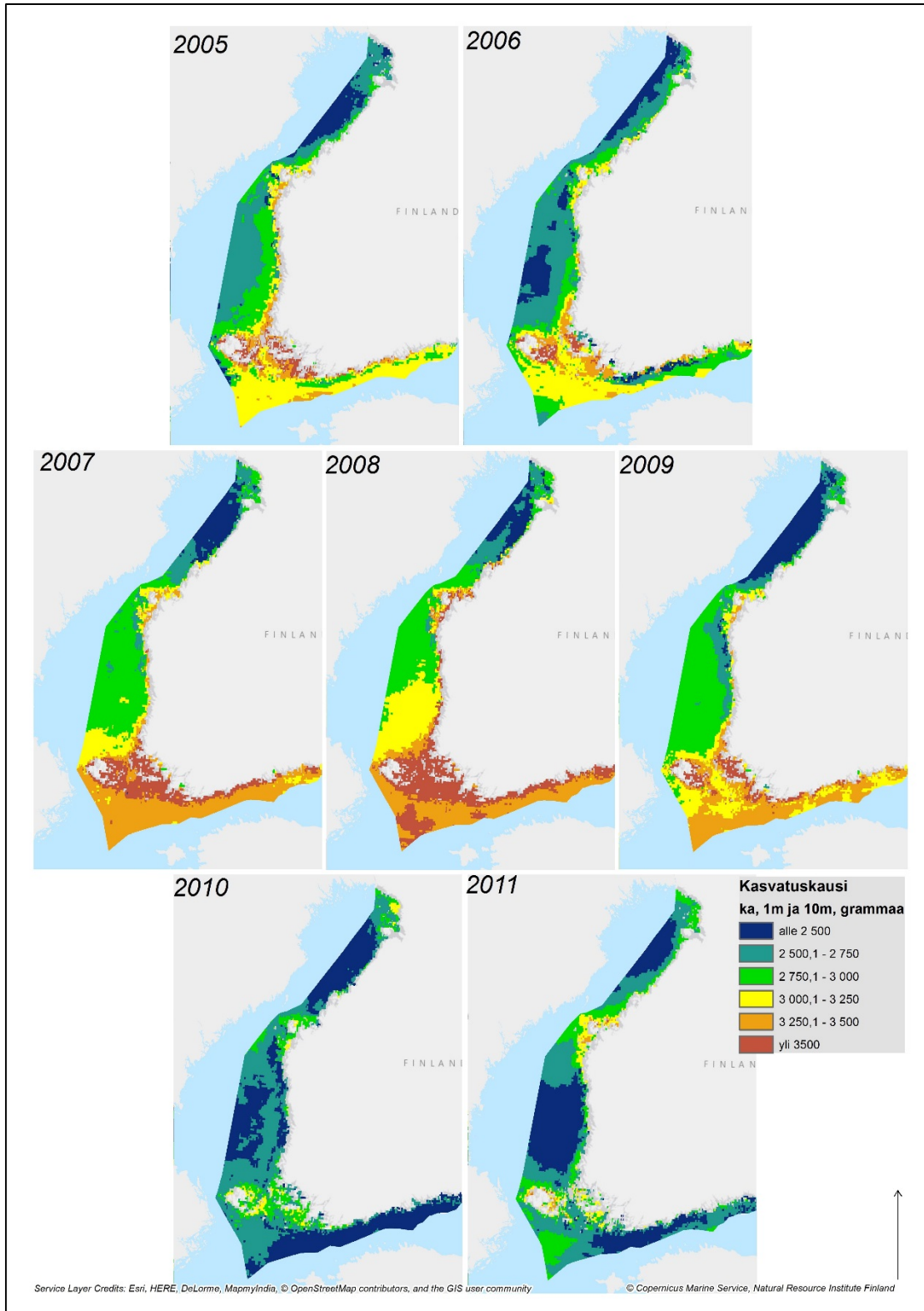
Liite 5. Yhteenvertotaulukko kasvukauden ja kasvatuskauden mallinnetuista kalan loppupainoista 500 g poikaselle eri vuosina. Painot ovat kokonaisen (perkaamattoman) kalan painoja.

Kasvukausi 5°C -> 5°C	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	ka
1. Saaristomeri, väli	3833	3777	3201	2689	3717	4004	3674	2893	3736	3502
2. Saaristomeri, ulko	3821	3715	3290	2760	3614	4110	3664	3132	3657	3529
3. Selkämeri	3291	3188	2734	2786	3120	3746	3206	3064	3714	3205
4. Selkämeri, avomeri	3209	2872	2536	2528	3090	3269	3089	2664	2895	2906
5. Selkämeri, Pori	3231	3246	3068	2586	2940	3591	3086	2831	3480	3117
6. Merenkurkku, avomeri	3099	3127	3254	2595	2971	3180	2873	2795	3260	3017
7. Merenkurkku, sisä	3525	3207	3426	2663	3216	3598	3250	2980	3005	3208
8. Perämeri, avomeri	2878	2496	2551	2400	2179	2750	2313	2383	2474	2492
9. Perämeri, sisä	2954	2773	2914	2723	2547	2659	2510	2472	2569	2680
10. Suomenlahti, ulko	3335	3738	3457	2609	3324	3737	3246	2915	3470	3314

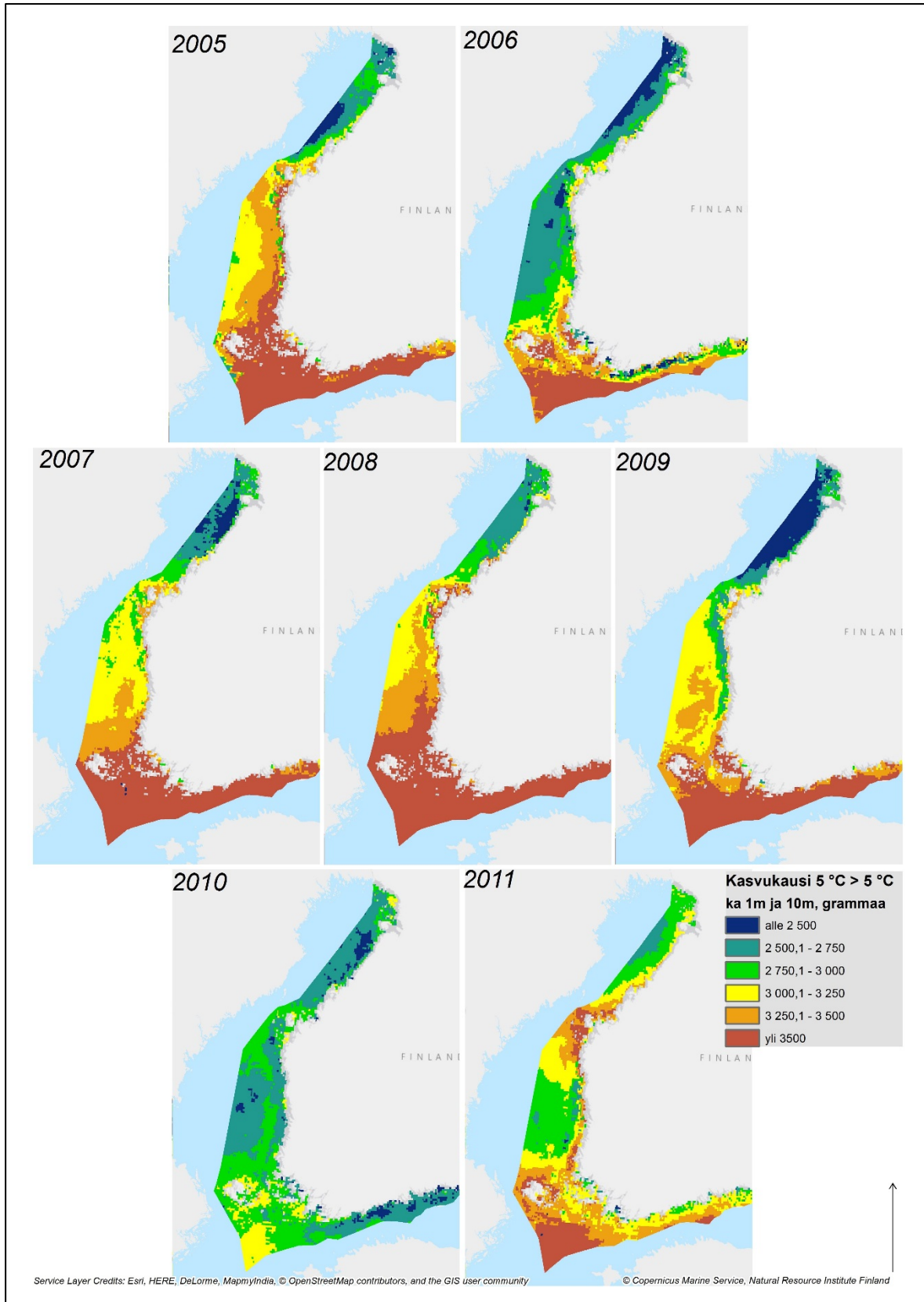
Kasvatuskausi ja kasvukausi	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010	2011	ka
11. Saaristomeri, sisä	3613	3355	1974	3719	2657	4110	2934	2174	2766	2350	2277	2903

Kasvatuskausi	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	ka
1. Saaristomeri, väli	3802	3741	3073	2694	3599	3942	3645	2806	3683	3443
2. Saaristomeri, ulko	3524	3536	2925	2681	3399	3843	3478	3093	3308	3309
3. Selkämeri	2867	2940	2267	2680	2787	3342	2902	2824	3279	2876
4. Selkämeri, avomeri	2909	2723	2234	2438	2724	3015	2845	2574	2535	2666
5. Selkämeri, Pori	2835	2995	2607	2473	2714	3181	2798	2625	3060	2810
6. Merenkurkku, avomeri	2817	2843	2783	2537	2711	2835	2622	2795	2836	2753
7. Merenkurkku, sisä	3463	3186	3324	2663	3216	3571	3223	2980	2926	3172
8. Perämeri, avomeri	2665	2380	2274	2400	2096	2595	2151	2441	2265	2363
9. Perämeri, sisä	2954	2773	2890	2723	2547	2659	2510	2472	2569	2677
10. Suomenlahti, ulko	3046	3455	3060	2553	3153	3540	3114	2757	3211	3098

Liite 6. Kirjolohen (500 g poikasen) mallinnettu loppupaino (perkaamaton) vuosina 2005–2011 käytännön kasvatuskauden (5 °C -> viikko 43, 44 tai 47 (avoimuuden mukaan)). Määritetty 1 m ja 10 m syvyyden kasvujen keskiarvona. Lämpötilat ovat mallinnettuja lämpötiloja (Copernicus 2018). Suojaisimmat alueet puuttuvat lämpötila-aineiston tarkkuuden vuoksi.



Liite 7. Kirjolohen (500 g poikasen) mallinnettu loppupaino (perkaamaton) vuosina 2005–2011 kasvukauden (5 °C → 5 °C) mukaan 1 m ja 10 m syvyyden kasvujen keskiarvona. Lämpötilat ovat mallinnettuja lämpötiloja (Copernicus 2018). Suojaisimmat alueet puuttuvat lämpötila-aineiston tarkkuuden vuoksi.





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000