



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 13/2022

Suomalaisten kalatuotteiden ilmastovaikutus

Frans Silvenius, Jari Setälä, Tapio Keskinen, Jari Niukko, Tapio Kiuru,
Markus Kankainen, Kaija Saarni ja Kirsi Silvennoinen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 13/2022

Suomalaisten kalatuotteiden ilmastovaikutus

Frans Silvenius, Jari Setälä, Tapio Keskinen, Jari Niukko, Tapio Kiuru, Markus
Kankainen, Kaija Saarni ja Kirsi Silvennoinen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2022

Viittausohje:

Silvenius, F., Setälä, J., Keskinen, T., Niukko, J., Kiuru, T., Kankainen, M., Saarni, K. & Silvennoinen, K. 2022. Suomalaisten kalatuotteiden ilmasto vaikutus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 13/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 37 s.

Frans Silvenius, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-1053-7544>



ISBN 978-952-380-371-8 (Painettu)

ISBN 978-952-380-372-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-372-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Frans Silvenius, Jari Setälä, Tapio Keskinen, Jari Niukko, Tapio Kiuru, Markus Kankainen, Kaija Saarni ja Kirsi Silvennoinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisu vuosi: 2022

Kannen kuva: Markus Kankainen

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

Tiivistelmä

Frans Silvenius¹⁾, Jari Setälä²⁾, Tapio Keskinen³⁾, Jari Niukko²⁾, Tapio Kiuru³⁾, Markus Kankainen²⁾, Kaija Saarni²⁾ ja Kirsi Silvennoinen¹⁾

¹⁾Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

²⁾Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkäkatu 4 a, 20520 Turku

³⁾Luonnonvarakeskus (Luke), Survontie 9 A, 40500 Jyväskylä

Hankkeen tavoitteena oli määrittää suomalaisten kaupallisesti merkittävimpien kalatuotteiden hiilijalanjälki. Määritykset tehtiin fileille ja muikun osalta peratulle kalalle. Hankkeessa tuotettu tieto mahdollistaa kotimaisten kalatuotteiden ilmastovaikutusten vertailun norjalaiseen loheen, muihin tuontikalatuotteisiin ja elintarvikkeisiin kuten naudanlihaan, broilerinlihaan ja sianlihaan.

Suomessa kaupattavista kalatuotteista yli puolet on lohta ja kirjolohta, ja tuotteista merkittävin on kummankin osalta tuore filee. Silakka ja muikku valittiin tutkimukseen, koska ne ovat suomalaisen kalastuksen merkittävimmät lajit. Rannikon verkkokalastuksen määrältään merkittävimmät saalislajit ovat ahven ja sisävesillä kuha, minkä vuoksi ne valittiin tutkimuksen kohde-lajeiksi.

Tutkimus tehtiin elinkaariarviointimenetelmällä noudattamalla pääpiirteittäin ISO 14067 las-kentaohjeistuksia siten, että pelkästään ilmastovaikutus (GWP) huomioitiin laskelmissa. Tuotteen rajaukset luonnonkalojen osalta käsittivät koko ketjun kalastuksesta jakelutukkuihin tai keskusvarastoihin asti. Vesiviljelyssä tarkastelu aloitettiin rehuraaka-aineiden valmistuksesta ja poikaslaitoksen toiminnoista ja tarkastelussa olivat rehun valmistus, kasvatustoiminta, kuljetukset, fileointi ja pakkaukset mukana.

Tiedon lähteenä käytettiin vesiviljelytilastoja, kahden suurimman rehunvalmistajan raaka-aine- ja energiankulutustietoja sekä merkittävimpien jalostajien prosessointitietoja. Kalastuksen osalta käytettiin mahdollisimman hyvin suomalaista kalastusta kuvaavia esimerkkitapauksia.

Tutkimustulosten mukaan tutkitut kalatuotteet jakoutuivat kolmeen ryhmään: 1. kasvatetut kalat, 2. verkolla pyydetty kalat, troolilla pyydetty muikku ja 3. troolilla ja rysällä pyydetty silakka ja nuotalla pyydetty muikku. Kasvetuilla kaloilla suurin ilmastovaikutus oli kiertovesikasvatuksessa kasvatetulla kirjolohella, 6–10 kg CO₂-ekv/kg fileetä, kun taas Norjassa kasvatetun lohen ilmastovaikutus oli 4,6 kg CO₂-ekv/kg fileetä ja kotimaisen kirjolohen 3,7 kg CO₂-ekv/kg fileetä. Verkkokalastettujen kalojen ja troolilla kalastetun muikun ilmastovaikutus oli 1,9–2,5 kg CO₂-ekv/kg lopputuotetta, troolilla kalastetun silakan 1,3 kg CO₂-ekv/kg fileetä, nuotalla pyydetyn muikun 0,8 kg CO₂-ekv/kg perattua kalaa ja rysällä pyydetyn silakan 0,4 kg CO₂-ekv/kg fileetä.

Verrattaessa lihatuotteisiin kotimaassa kasvatetun kirjolohifileen ilmastovaikutus oli pienempi kuin sian- ja naudanlihan, mutta suurempi kuin broilerin. Kalastettujen kalatuotteiden ilmastovaikutus oli pienempi kuin lihatuotteiden.

Asiasanat: Kalatuote, ilmastovaikutus, vesiviljely, kalastus

Abstract

The aim of the project was to define climate impact to the most commercially remarkable the most fish products of Finland. The calculation was made to fillets except for vendace for gutted fish. The calculations made possible to compare fish products to imported fish products like Norwegian Salmon, but also to other food products like pork meat, chicken and beef.

Over half of fish products consumed in Finland are Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the most remarkable product of them is fresh fillet. Baltic herring (*Clupea harengus membras*) and vendace (*Coregonus albula*) were chosen, because they are the most remarkable captured fish species of Finland. Perch and pikeperch are the most remarkable fish species caught by gillnet, perch (*Percha fluviatilis*) in coastal areas and pikeperch (*Sander lucioperca*) in inland lakes, and that is why they were chosen in the investigation too.

The investigation was made by using life-cycle assessment methodology by following mainly ISO 14067 instructions for calculation. the only impact category in the calculation was climate impact (GWP). The system boundaries included the whole chain from fishing to central retail stores for captured fish and from feed raw material production and hatcheries to central retail stores for cultivated fish. Other unit processes included to cultivated fish product chain were feed production, aquaculture, transports, fileting and packaging.

The data sources were aquaculture statistics, recipes, and energy use of two main feed producing companies and process data of the most essential filleting companies. Fishing was modelled based on case example, which represented well the Finnish typical fishing process for the investigated fish species.

The results were divided into three categories: 1. Cultivated fish products, 2. Fish product caught by gillnet and vendace caught by trawl and 3. Vendace caught by seine and Baltic herring products. Rainbow trout produced by recirculated farm had the highest climate impact, 6-10 kg CO₂-ekv/kg, Norwegian salmon fillet had climate impact 4.6 kg CO₂-ekv/kg and domestic Rainbow trout fillet 3.7 CO₂-ekv/kg. The climate impact of fish caught by gillnet and vendace caught by trawl were 1,9–2,5 kg CO₂-ekv/kg. Baltic herring caught by trawl was 1.3 kg CO₂-ekv/kg, by fyke 0.4 kg CO₂-ekv/kg and vendace by seine 0.8 kg CO₂-ekv/kg.

When compared to meat products the climate impact of domestic rainbow trout fillet was lower than pork meat and beef, but slightly higher than poultry meat. The climate impact of captured fish products was. lower than meat products.

Keywords: fish products, aquaculture, fishing, carbon footprint

Sisällys

1. Johdanto	7
1.1. Tavoitteet	7
2. Kirjallisuuskatsaus.....	9
2.1. Kalan osuus kestävässä ruokavaliossa	9
2.2. Kalan ja kalatuotteiden ilmastovaikutukset	10
3. Menetelmät	13
3.1. Allokoinnit.....	13
4. Järjestelmärajaukset.....	14
5. Tiedon keruu	16
5.1. Kasvatetut lohikalat.....	16
5.1.1. Suomalainen kirjolohi	16
5.1.2. Norjalainen lohi.....	16
5.2. Kalastetut kalatuotteet.....	17
5.2.1. Silakan kalastus	17
5.2.2. Troolilla pyydetty silakka	17
5.2.3. Ahven	17
5.2.4. Kuha	18
5.2.5. Muikku	18
5.3. Pakkaukset.....	20
5.4. Jalostus	20
5.5. Kuljetukset	21
6. Tulokset.....	23
6.1. Kasvatetut lohikalat.....	23
6.1.1. Suomessa kasvatettu kirjolohi.....	23
6.1.2. Norjassa kasvatettu lohi.....	23
6.2. Silakka	24
6.2.1. Troolilla pyydetty silakkafile	24
6.2.2. Rysällä pyydetty silakkafile	25
6.3. Ahven	26
6.4. Kuha	26
6.5. Muikku	27
6.5.1. Nuotalla pyydetty muikku perattuna.....	27
6.5.2. Troolilla pyydetty muikku perattuna.....	28

7. Johtopäätökset.....	29
8. Viitteet.....	32
9. Liite	36

1. Johdanto

Tämä raportti sisältää *Suomalaisten kalatuotteiden hiilijalanjälki* -hankkeen tulokset ja niihin liittyvät menetelmäkuvaukset. Hankkeen toteutti Luonnonvarakeskus ja rahoitti Maa- ja metsätalousministeriö. Hankkeen vastuullisena tutkijana toimi tutkija Frans Silvenius, muut tutkijat olivat Jari Setälä (merikalastus ja kalanjalostus), Tapio Keskinen (sisävesikalastus), Jari Niukkanen (merikalastus ja logistiikka), Markus Kankainen (vesiviljely), Tapio Kiuru (kiertovesikasvatus), Kaija Saarni (kalanjalostus) ja Kirsi Silvennoinen (kirjallisuuskatsaus).

Hanketta varten perustettiin ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana toimi Knut-Olof Lerche Raisioaquasta. Muut jäsenet olivat Heta Ratasvuori Maa- ja metsätalousministeriöstä, Kim Jordas Ammattikalastajaliitosta ja Irja Skytén-Suominen Suomen Kalankasvattajaliitosta. Hankkeen päärahoittaja oli Maa- ja metsätalousministeriö.

Hallitusohjelmalla 2019 halutaan edistää kotimaisten kalojen käyttöä ja hallitusohjelman mukaisesti maa- ja metsätalous ministeriö valmisteli kotimaisen kalan edistämishojelman, jonka valtioneuvoston hyväksyi periaatepäätöksensä kesällä 2021. Kotimaisen kalan edistämishojelman tavoitteena on lisätä kalan käyttöä siten, että suomalaiset syövät kalaa nykyisen 1,7 annoksen sijasta ravitsemussuosituksen mukaisesti 2,5 annosta viikossa. Erityisesti halutaan lisätä silakan ja vajaasti hyödynnettyjen kalavarojen sekä kotimaassa kasvatettujen kalan käyttöä. Näihin tavoitteeseen tähdätään vuoteen 2035 mennessä.

Kalan syönnin lisäämisellä on monia myönteisiä yhteiskunnallisia vaikutuksia. Kala on terveellistä ja sen käyttö lisää suomalaisten hyvinvointia.

Tätä tutkimusta olisi ollut mahdotonta tehdä ilman koko kalatalouden tuotantoketjun myötävaikutusta. Tälle tutkimukselle antoivat tietoja kalastajat, vesiviljelijät, rehu- ja pakkausteollisuuden edustajat, pyyntivälineiden valmistajat sekä hallinnon edustajat. Haluamme esittää heille kaikille lämpimät kiitokset! Kiitokset erikoistutkija Merja Saariselle kirjallisuuskatsauksen kommentoinnista ja parannusehdotuksista.

1.1. Tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli määrittää suomalaisten kaupallisesti merkittävimpien kalojen hiilijalanjälki verrata sitä Norjasta tuodun lohien hiilijalanjälkeen ja tuottaa vertailukelpoista dataa myös suhteessa muihin elintarvikkeisiin. Määritykset tehtiin fileille tai peratulle kalalle. Hankkeessa tuotettu tieto mahdollistaa kotimaisten kalatuotteiden ilmastovaikutusten vertailun tuontikalatuotteisiin sekä erilaisiin lihatuotteisiin, kuten naudanlihaan, broilerinlihaan ja sianlihaan. Tutkimuksessa päivitettiin vanhaa tietoa kasvatetuista lohikaloista ja tuotettiin uutta kalastukselle merkittävimmistä kotimaisista luonnonkaloista.

Hankkeessa laskettiin elinkaarianalyysin avulla ilmastovaikutukset seuraaville kalatuotteille

- Kirjolohifilee merikasvatuksessa ja kiertovedessä (päivitys)
- Norjalainen lohifilee merikasvatuksessa (päivitys)
- Silakkafilee troolikalastuksesta (päivitys)
- Silakkafilee rysäkalastuksesta
- Ahvenfilee rannikon verkkokalastuksesta
- Pääton perattu muikku sisävesien troolikalastuksesta
- Pääton perattu muikku sisävesien nuottakalastuksesta

- Kuhafilee sisävesien verkkokalastuksesta

Valitut kalatuotteet ovat kulutusmääriltään tai tuotannon arvoltaan merkittäviä Suomen kalamarkkinoilla (Taulukko 1)

Taulukko 1. Tutkimukseen valittujen kalatuotteiden tuotanto Suomessa ja fileesaannot. Tuotantoluvut ovat vuosien 2017–2020 ammattikalastuksen ja vesiviljelyn keskiarvoja. *Perkuusaanto

Tuote	Saalismäärä, t	Taloudellinen arvo, milj. EUR	Fileesaanto, %
Muikku, nuottapyynti	1 000	2,2	70*
Muikku, troolipyynti	2 200	3,0	70*
Kuha, verkkopyynti, sisämaa	726	4,7	42
Ahven verkkopyynti, merialue	448	0,9	30
Silakka, trooli	111400	22	37
Silakka, rysäpyynti	4 900	1,0	37
Kasvatettu suomalainen kirjolohi	13 500	62,4	60
Kasvatettu norjalainen lohi	46 000 (Kauttakulku Suomen läpi 23 000)	235	66

2. Kirjallisuuskatsaus

Projektissa selvitettiin suomalaisten kalatuotteiden ilmastovaikutus LCA laskentamenetelmällä huomioiden tuotannon eri vaiheet, käytetyt materiaalit ja energiamäärät sekä niistä syntyneet päästöt. Tiedot tuotteista, elinkaaren vaiheista, materiaalivirroista sekä niiden vaikutuksista kerättiin monesta lähteestä, kuten Luken tutkimuksista ja tiedonkeräyslomakkeista, haastattelusta, kyselyistä ja kirjallisuudesta. Tässä kirjallisuuskatsauksessa kerrotaan julkaisuista liittyen kalan ja kalatuotteiden ympäristövaikutuksiin, kestäväan ruokavalioon sekä kalastuksen ja vesiviljelyn haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Tämä katsaus ei ole kattava esitys alan laajasta kirjallisuudesta, vaan ennemminkin johdattaa lukijan raportin aihepiiriin.

2.1. Kalan osuus kestävässä ruokavaliossa

Ruoantuotannon vaikutukset ympäristöön ja ilmastoon ovat merkittävät, ilmastovaikutus koko ruokajärjestelmästä globaalisti on 21–37 % kaikista ilmastopäästöistä. Ruoan tuotannolla on myös muita ympäristövaikutuksia liittyen esim. happamoitumiseen ja rehevöitymiseen. Ympäristövaikutukset aiheuttavat biodiversiteetin vähenemistä sekä vaikuttavat käytettävissä olevan makean veden määrään (IPCC 2019). Suomessa kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjäljestä 19 % aiheutuu elintarvikkeista ja alkoholittomista juomista (Nissinen ja Savolainen 2019).

YK:n kestäväan kehityksen tavoitteet (Agenda 2030) tähtäävät muun muassa nälän poistamiseen, parempaan ravitsemukseen ja kestäväan tuotantoon ja kulutukseen (UN 2015). Pariisin ilmastopöytäkirjalla (2015) taas pyritään rajaamaan maapallon keskilämpötilan nousu alle 1,5 celsiusasteen. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi ja riittävän ravitsemuksen turvaamiseksi, on myös ruoan tuotannon ja kulutuksen päästöjä vähennettävä. EAT Lancet komissio, on laatinut laajassa yhteistyössä ruokavaliosuosituksen siten, että terveysvaikutukset ja myös ympäristön kantokyky on otettu huomioon. Komissio julkaisi raportin suosituksista ja tavoitteista 2019 Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems (Willet ym. 2019). Sen mukaan ruokavalion tulisi koostua pääasiassa kasvipärisistä tuotteista. Länsimaisissa ruokavalioissa sen sijaan eläintuotteiden määrää on leikattava huomattavasti nykyisestä. Suomalaiset ravitsemussuositukset ovat saman suuntaiset, joskaan eivät yhtä selkeät suositeltujen eläintuotteiden määrien suhteen. Kalastuksella ja vesiviljelyllä on näissä tavoitteissa oma osuutensa. Kala ja muut merenelävät ovat eläintuotteista ainoita, joiden globaalit kulutusmäärät ovat keskimäärin suositellulla tasolla. Toki alueelliset erot ovat suuret ja esimerkiksi Suomessa kalan kulutusta on vara lisätä. Tavoitteissa punaista lihaa, siipikarjan lihaa ja kanamunien proteiineja korvataan kasviproteiinien lisäksi kalan proteiineilla.

EU:n kestäväan kehityksen ohjelman Pelloilta pöytäkirjan -strategian tavoitteena on siirtyä kestäväan kala- ja äyriäistuotantoon. Sen lisäksi, että seuraavasta Euroopan meri- ja kalatalousrahastosta myönnetään merkittävää tukea kalojen ja äyriäisten kestäväan viljelyyn, komissio aikoo antaa EU:n suuntaviivat jäsenvaltioiden kestäväan vesiviljelyn kehittämissuunnitelmille ja edistää oikeanlaisia menoja rahaston puitteissa. (EU 2020).

Pohjoismaiden neuvoston julkaisemassa (2021) raportissa Towards sustainable consumption in the Nordic Region pohjoismaissa kulutetun kalan ilmasto- ja muut ympäristövaikutukset jäävät muuta lihantuotantoa pienemmiksi (NCM 2021), joten kalan kulutusta kasvattamalla voidaan ruoan ilmastovaikutusta pienentää. Raportissa suositellaankin siirtymää nautanlihasta muihin proteiininlähteisiin. Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa (2014) todetaan kalan olevan hyvä proteiininlähde ja suositellaan lisäämään tyydyttämättömän rasvan saantia ruokavaliossa käyttämällä rasvaista kalaa kasviöljyjen lisäksi. Rasvainen kala on lisäksi hyvä D-vitamiinin lähde.

Myös energiatasapainon ja terveyden edistämiseksi kalan ja muiden merenelävien käytön lisäämistä suositellaan. RuokaMinimi-projektissa ja -raportissa vertailtiin eri ruokavaliota nykyiseen suomalaiseen ruokavalioon ja kalaisalla ruokavaliolla voitiin laskea ruoan ilmastovaikutusta merkittävästi noin kolmanneksen (Saarinen ym. 2019). Hallström ym. (2019) selvittivät eri kala- ja vesiviljelytuotteiden vaikutuksia ravitsemukseen ja ilmastoon Ruotsissa. Jotkin lajit olivat sekä terveydelle ja ilmastolle hyviä, kuten silakka, makrilli ja ahven. Toiset taas eivät olleet suositeltavia ilmaston näkökulmasta, kuten katkaravut tai pangasius.

Kalan ja muiden vesieläinten (nilviäiset, äyriäiset, piikkinahkaiset) saalismäärät ja tuotanto ovat nousseet vuosikymmeniä tasaisesti ja olivat vuonna 2018 yhteensä 179 miljoonaa tonnia (josta 156 miljoonaa tonnia ihmisravinnoksi) ja 20,5 kiloa henkeä kohti. Noin puolet tuotannosta saatiin kalastamalla ja puolet vesiviljelyn piiristä, etenkin Kiinassa ja Aasiassa viljeltyjen eläinten tuotanto on moninkertaistunut viimeisen kahdenkymmenen vuoden kuluessa (FAO 2020). Maailman eniten kalastetut kalalajit ovat perunsardelli, alaskanseiti, tonnikaloihin kuuluva boniitti ja silli. Vesiviljeltyjä kaloja ovat mm. erilaiset karppilajit (noin 50 prosenttia kokonaistuotannosta), Atlantin lohi 4,5 prosenttia kokonaistuotannosta ja kirjolohi 1,5 prosenttia kokonaistuotannosta (FAO 2020).

Suomessa kalan kokonaiskulutus oli vuonna 2019 noin 14,9 kg filepainona henkeä kohti ja kalan kokonaiskulutuksessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia moneen vuoteen. Suomalaiset kuluttivat kotimaista kalaa noin neljä kiloa ja tuontikalaa noin kymmenen kiloa asukasta kohti vuonna 2019. Kotimaisista lajeista eniten kulutettiin kasvatettua kirjolohta (1,3 kg) ja ulkomaisista lajeista kasvatettua lohta (3,5 kg). Kotimaisista luonnonkaloista eniten syötiin haukea (0,44 kg), ahventa (0,41 kg), silakkaa (0,39 kg), kuhaa (0,35 kg), muikkua (0,28 kg) ja siikaa (0,23 kg). Norjalaisen kasvatetun lohien jälkeen eniten ulkomaisista tuotteista kulutettiin tonnikalasäilykkeitä, sillisäilykkeitä, katkarapuja ja katkaraputuotteita ja pakastettua seitiä. (Ravintotase 2019). Tuontikalan kulutus on 1980-luvulta lähes kaksinkertaistunut, ja se on pääasiassa Norjasta tuotua lohta, jonka kulutus on jopa nelinkertaistunut. Kasvatetun kalan osuus kalan kokonaiskulutuksesta on hieman yli 40 prosenttia. Siialla, kuhalla ja ahvenella olisi kysyntää, mutta niiden tarjonta on kausiluonteista ja ammattikalastajien huvetessa vähäistä. Kasvatettu kala ja tuontikala ovat vuosien mittaan korvanneet kotimaista luonnonkalaa. (Luke, Kalamarkkinat ja kalan kulutus).

Kuluttajan opastamiseksi kestävien kalalajien ostamiseen on WWF julkaissut Kalaoppaan: siinä suositellaan ensisijaisesti ostamaan kestävästi pyydettyä lähivesien kalaa, pienikokoisia lajeja, MSC- ja ASC-merkittyä kalaa. Kalan ympäristömerkki MSC (Marine Stewardship Council) kertoo kuluttajalle, että kyseisen kalan alkuperä tunnetaan ja se on pyydetty MSC-sertifikaatin asettamien kestävyyskriteerien mukaisesti. Kasvatetun kalan ympäristömerkki on ASC (Aquaculture Stewardship Council) ja sen tavoitteena on pienentää kalankasvatuksen haitallisia ympäristövaikutuksia. (WWF Kalaopas 2021). Oppaassa vihreällä merkittyjen kalalajien kannat ovat elinvoimaisia eikä niiden pyynti tai kasvatus aiheuta merkittäviä ympäristöhaittoja. Erityisen suositeltavia kotimaisia kalalajeja ovat ahven, hauki, kuore, muikku, särki, lahna ja Pohjanlahdelta pyydetty silakka.

2.2. Kalan ja kalatuotteiden ilmastovaikutukset

Tieto ruoantuotannon ympäristövaikutuksista on välttämätön arvioitaessa mm. miten ruokaa pystytään tuottamaan kestävästi nyt ja tulevaisuudessa kasvavan väestön tarpeisiin. Parhaiten tietoja löytyy eniten kasvatetuista eläinlajeista ja viljelykasveista (Halpern 2019), mutta myös kaloista ja kalatuotteista löytyy julkaisuja sekä elinkaarianalyseja viime vuosilta lukuisia. Julkaisuja on varsinkin lohikaloista, jotka ovat maailman tutkituimpia kalalajeja (Birnie-Gauvin ym.

2019). Kaikkien kalojen hyödyntämiseen liittyy ympäristövaikutuksia, mutta ne eroavat osittain esimerkiksi kasvatetun kalan ja kalastetun kalan välillä. Molemmille yhteisiä ympäristövaikutuksia ovat mm. ilmastovaikutus ja tulokaslajit (Gebhard ym. 2021).

Kalastettuun villikalaan liittyy ilmastovaikutuksen lisäksi muun muassa ekosysteemivaikutuksia, joita sivusaaliit ja hylätyt verkot korostavat. Kasvatetulle kalalle tyypilliset vaikutukset liittyvät erityisesti typpi- ja fosforipäästöihin, maan- ja makean veden käyttöön ja tautien leviämiseen.

Pooren ja Nemecekin (2018) kattavan ruokien elinkaariarviointien katsauksen mukaan kalanviljelystä aiheutuu ilmastovaikutusta globaalisti keskimäärin noin 6 kg CO₂-ekv/1 kg tuotetta, mikä on suhteellisen vähän verrattuna muihin eläintuotteisiin, kuten pihvi- tai maitokarja ja lammas (20–30 kg CO₂ ekv/kg) ja suunnilleen saman verran kuin siipikarja (5,7 kg CO₂ -ekv/kg), kananmunat (4,2 kg CO₂ -ekv/kg) ja sika (7,6 kg CO₂ -ekv/kg). Vähemmän ilmastovaikutusta syntyy kasviperäisistä proteiinilähteistä, kuten tofu (2 kg CO₂ -ekv/kg) tai pavut (0,4–0,8 kg CO₂ -ekv/kg). Kalastetuista kalalajeista eniten ilmastovaikutusta syntyy pohjakaloista, kuten merianturoista (20 kg CO₂ -ekv/kg) ja vähiten parvikaloista, kuten silli ja sardiini (5 kg CO₂ -ekv/kg). Väliin jäävät esim. tonnikalat (9 kg CO₂-ekv/kg) tai lohikalat (8 kg CO₂ -ekv/kg) (Gebhard ym. 2021).

Kalantuotteiden elinkaariarvioita (LCA) on tehty noin kaksikymmentä vuotta ja arvioinnit ovat lisääntyneet huomattavasti vuodesta 2010 lähtien (Ruiz-Salmon ym. 2021). Myös kokoavia kirjallisuuskatsauksia on tehty, mm Avadi ja Freon 2013 käsittelivät kalastusta ja kalastusalueiden energian kulutusta. Julkaisussa kiinnitetään huomiota LCA-tulosten alueelliseen epätasapainoon, sillä lähes kaikki olivat eurooppalaisia julkaisuja Pohjois-Atlantilta. Keskeinen huomio on polttoaineen kulutuksen, kiinnittymisenestomaalien ja muiden irtoavien aineiden merkitys kalastuksen ympäristövaikutuksiin. Myös Vázquez-Rowen ym. (2012b) ja Zieglerin ym. (2016) kirjallisuuskatsaukset keskittyvät pääasiassa kalastettuihin kaloihin, kun taas Henriksson ym. (2012) ja Bohnes ym. (2019) viljeltyihin kaloihin.

Philis ym. (2019) ovat tehneet kirjallisuuskatsauksen lohikaloiden elinkaarisista ympäristövaikutuksista ja tuotantotapojen eroista. Tulokset perustuvat yhteensä 24 tutkimukseen ja siinä tarkastellaan kolmea keskeisesti tuloksiin vaikuttavia tekijöitä: tutkimusmenetelmiä, tiedonkeräystä ja tuotantorakenteita. Ilmastovaikutus tutkimusten välillä vaihteli suuresti (1,2–13,6 kg CO₂ -ekv/kg). Keskimäärin pienimmät vaikutukset olivat suljetulla merikasvatusmenetelmällä (n. 2,4 kg CO₂-ekv/kg) ja suurimmat suljetulla maakasvatusmenetelmällä (n. 6,4 kg CO₂ -ekv/kg). Kirjoittajat kehottavat systemaattiseen raportointiin ja kiinnittämään huomiota menetelmärajauksiin ja kerättyihin tietoihin (inventory data).

Ziegler ym. (2021) (alkuperäinen raportti Winther ym. 2017) julkaisivat artikkelin 21 kalatuotteen ilmastovaikutuksista kuljetuksineen ostajamaihin vietyinä. Tuotteet olivat viljelty lohi ja kalastetut turska, sei, kolja, silli, makrilli, katkarapu ja kuningasrapu. Pelagiset lajit, kuten silli ja makrilli, aiheuttivat pienimmän ilmastovaikutuksen alle 0,5 kg CO₂-ekv/kg. Lohen vaikutukset teurastettuna kalana olivat noin 5,3 kg CO₂-ekv/kg ja kuljetuksista riippuen 6,5–8,4 kg CO₂-ekv/kg, poikkeuksena ilmaitse Shanghaihin viety tuore kala, jonka vaikutus oli 19,4 kg CO₂-ekv/kg. Tärkeimpänä tekijänä kasvatetun lohen ilmastovaikutuksille on rehu, jonka osuus on 73–80 % vaikutuksista. Kirjoittajat ovat laskelmissa huomioineet mm. maankäytön muutokset rehuntuotannossa. Suhteellisesti eniten ilmastovaikutusta syntyykin rehuna käytetystä soijasta (yhteensä n. 40 prosenttia). Kolmessakymmenessä vuodessa rehun koostumus lähes pelkästään kalaa sisältävistä ainesosista on muuttunut siten, että nykyään kalaperäisiä ainesosia on n. 25 prosenttia. Kalastetun kalan pienet ilmastovaikutukset johtuvat suhteellisen suurista saalis-
määristä, jolloin alusten polttoaineenkulutus jää vähäiseksi (esim. turska ja kolja 0,19–0,24 l/kg, pelagiset lajit 0,09 l/kg). Kalastetun kalan ilmastovaikutus johtuu pääasiassa polttoaineen

kulutuksesta (esim. turska 86 prosenttia). Tehokas sivutuotteiden myynti (50–100 prosenttia) vähentää myös ilmastovaikutusta.

Aas ym. (2019, 2020) ovat julkaisseet tutkimustuloksia Atlantin lohien rehunkulutuksesta, erilaisista rehuvaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista kalantuotantoon. Esimerkiksi rehupellettien fyysisellä laadulla voi olla merkitystä rehun käytön tehokkuuteen. Rehun laatua ja koostumusta muuttamalla onkin mahdollista pienentää myös ilmastovaikutuksia, sillä syödyllä ravinnolla on ratkaiseva merkitys kalan kasvuun ja kuolleisuuteen. Mahdollisia muutoksia koostumuksen suhteen on eläinperäisten ja kasvipärisien aineosien suhde ja esim. hyönteisten tai levien käyttö rehussa (Thepot ym. 2021, Llagostera ym. 2019). Tulevaisuuden mahdollisuuksia on kehitystyössä, esim. leviä voidaan käyttää myös tuottamaan rasvahappoja, joita on perinteisesti saatu kalaöljystä esim. Docosaehaenoic acid (DHA) (Bartek ym. 2021).

Tonnikalaa kulutettiin Suomessa 1,7 kg henkeä kohti, enemmän kuin kotimaista kirjolohta (1,3 kg) (Tietohaarukka 2021). Espanja on Euroopan suurin kalastusmaa ja myös tuottaa noin 70 prosenttia Euroopan purkitetuista kalatuotteista (European Commission 2020). Tonnikalan ilmastovaikutukset vaihtelevat suuresti, Cortez ym. (2021) raportoivat purkitetusta kalasta 8,2 kg CO₂-ekv/kg ja Avadi ym. (2015) 3,7 kg CO₂-ekv/kg. Ilmastovaikutus riippuu paljolti alusten polttoaineen kulutuksesta, saaliin määrästä sekä etenkin prosessoinnista ja sen materiaaleista. Purkitetuissa kalasäilykkeissä pakkauksen ja esim. kastikkeena käytetyllä öljyllä on suuri merkitys. Muita merkittäviä vaikutuksia syntyy syöteistä (sardiini) ja niiden kalastuksesta. Ihmisravinnoksi tarkoitetun purkitetun sardiinin ilmastovaikutukseksi on arvioitu 3,1–3,4 kg CO₂-ekv/kg (Vázquez-Rowe ym. 2014) ja 7,7 kg CO₂-ekv/kg (Almeda ym. 2015), käsittelemättömän portugalilaisen sardiinin vain 0,36 kg CO₂-ekv/kg (Almeida ym. 2014). Perulaisen anjoviksen ilmastovaikutus on raportoitu purkitettuna 1,7 kg CO₂-ekv/kg (Avadi ym. 2014) ja espanjalaisen anjoviksen 4,7 kg CO₂-ekv/kg (Laso ym. 2017). Koska kalatuotteiden pakkauksella on suuri vaikutus, vaikutuksia voidaan vähentää käyttämällä suurempia pakkauskojoja, kierrätysalumiinia tai muovi- tai lasipakkausta alumiinisen sijaan. Tämä on tosin riippuvainen kuluttajien halusta ostaa uudenlaisia pakkauksia (esim. Laso ym. 2017).

Suomessa kalan ja sen tuotannon vaikutuksia ympäristöön ovat selvittäneet mm. Silvenius ym. (2017), Grönroos ym. (2006), Silvenius ym. (2012). Tutkimus on keskittynyt lähinnä kirjolohen ilmasto- ja rehevöittäviin vaikutuksiin, mutta myös silakan ja joidenkin luonnonkalojen vaikutuksia on selvitetty. Kirjolohen ympäristövaikutuksista on kirjoitettu myös erillinen kattava kirjallisuuskatsaus (Kaustell & Silvenius 2012). Vuonna 2016 suomalaisen kirjolohen ilmastovaikutus oli 4,3 kg CO₂-ekv/kg fileettä, kuhan, ahvenen, hauen ja siian ilmastovaikutus oli 2,7 kg CO₂-ekv/kg ja silakan 0,8 kg CO₂-ekv/kg (Silvenius ym. 2017).

Taulukko 2. Esimerkkejä eri kalojen ja kalatuotteiden ilmastovaikutuksista.

Tuote	Ilmastovaikutus kg CO ₂ -ekv/kg	Viite
Silli, makrilli (käsittelemätön)	< 0,5	Ziegler ym. 2021
Tonnikala (purkitettu)	3,7–8,2	Avadi ym. 2015, Cortez ym. 2021
Sardiini (purkitettu)	3,1–7,7	Vázquez-Rowe ym. 2014, Almeda ym. 2015
Atlantin lohifilee	5,3	Ziegler ym. 2021
Kirjolohifilee Suomi	4,3	Silvenius ym. 2017
Silakkafilee Suomi	0,8	Silvenius ym. 2017
Kuha, ahven, hauki ja siika	2,7	Silvenius ym. 2017

3. Menetelmät

Tutkimus tehtiin elinkaariarviointimenetelmällä noudattamalla pääpiirteittäin ISO 14067 las-kentaohjeistuksia siten, että pelkästään ilmastovaikutus (GWP) huomioitiin laskelmissa. Vaiku-tusarvioinnista tutkimus tehtiin karakterisointiin asti, jossa karakterisointikertoimet (IPCC 2013) on esitetty taulukossa 2. Karakterisointi tarkoittaa kerrointa, jolla mitataan kasvihuonekaasun tehokkuutta hiilidioksidiin nähden, esim. kun dityppioksidin karakterisointikerroin on 298, tar-koittaa se sitä, että dityppioksidi on 298 kertaa tehokkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Karakterisoinnin lopputulos on hiilidioksidiekvivalentteja.

Taulukko 3. Karakterisointikertoimet.

Päästö	Karakterisointikerroin
CO ₂ fossiilinen	1
CO ₂ biogeeninen	0
CH ₄ biogeeninen	34
CH ₄ fossiilinen	36,25
N ₂ O	298

3.1. Allokoinnit

Allokointimenetelmää joudutaan käyttämään, kun tutkittavasta prosessista saadaan useita tuotteita, joiden kesken syötteen ja tuotokset pitää jakaa. Näitä syntyy kalastuksessa pää- ja sivutuotteiden välille sekä jalostuksessa pää- ja sivutuotteiden sekä kirjolohen osalta myös ka-latuotteen ja mädin välille. Allokointiperuste voi olla taloudellinen arvo tai joku fyysiallinen ominaisuus, kuten massa, kuiva-ainepitoisuus tai energiasisältö. Allokointiperuste vaikuttaa keskeisesti elinkaariarviointitutkimuksen tuloksiin (Silvenius et. al. 2012).

Kalansaaliit jaettiin pää- ja sivusaaliisiin, joista sivusaaliin määrä saatiin joko kyselyistä (muikku, kuha) tai tilastoista (silakka, ahven). Allokointi suoritettiin siten, että taloudellisesti suunnilleen samanarvoisten lajien välillä käytettiin massa-alkointia ja sivusaaliina saaduille vähempiarvoi-sille kaloille ei allokoitu ollenkaan syötettä ja tuotoksia. Esimerkiksi siis muikkutroolarin kalas-tamille särkikaloille ei allokoitu ollenkaan kuormituksia, kun taas arvokaloille, kuten muikun lisäksi esim. ahvenelle ja siialle allokoitiin niiden massaosuutta vastaava määrä kuormituksia.

Kalojen perkuun ja fileoinnin osalta käytettiin taloudellista allokointia samoin kuin mädin ja kokonaisen kalan välille. Koska perkuun- ja fileoinnin sivutuotteiden taloudellinen arvo on hy-vin pieni, kohdistui fileelle noin 100 % näistä toiminnoista. Mädin osuus kirjolohen tuotannossa taas oli merkittävä ja 8 % kirjolohen tuotantoketjun kokonaisilmastovaikutuksesta kohdistui mädille. Vastaavasti norjalaisen lohen tuotantoketjussa mätikalojen osuus oli huomattavan pieni. Kalastetuilla kaloilla myös muikun mädin taloudellinen arvo huomioitiin, mutta sen arvo vuoden 2020 tilastoissa oli vain pari prosenttia muikun kalastuksen kokonaisarvosta.

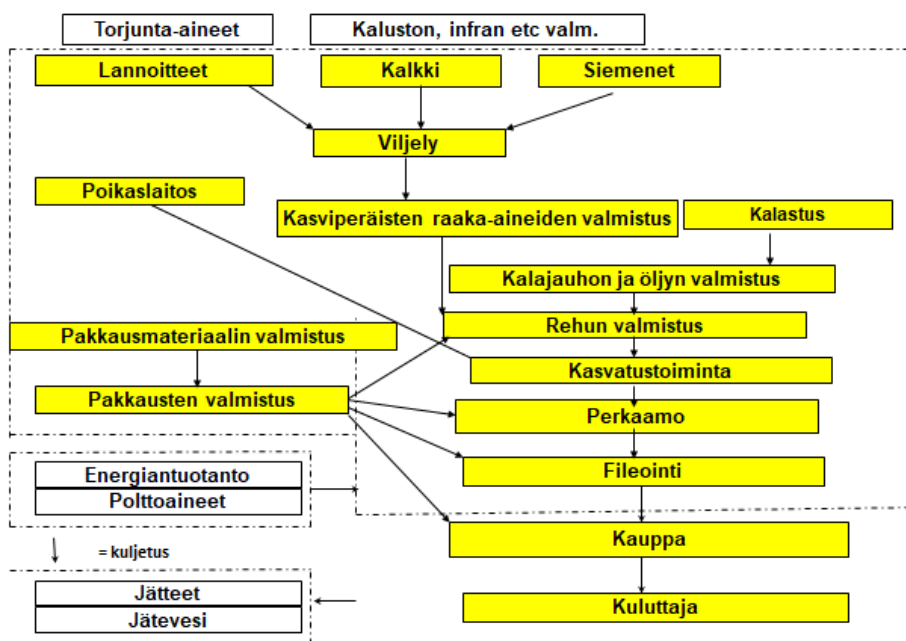
Fileoinnin osalta allokointi erilaisten fileiden kesken suoritettiin massa-alkointina, eli syötteen ja tuotokset jaettiin tuotteiden kesken massaosuuksiin suhteutettuina. Muiden kalatuotteiden osalta käytettiin osapro-sesseihin jakoa, jossa arvioitiin savustuksen, kylmäsavustuksen, graavauksen sekä tutkittaville tuotteille kuuluvien pakastusprosessien osuus laitosten energiankulutuksista. Tämä on myös erilaisten LCA-standardien yleinen suositus (ISO 14067, PAS 2050 ym.)

4. Järjestelmärajaukset

Rajaukset ovat keskeinen osa elinkaariarvioinnin metodologiaa ja esimerkiksi erilaisia tutkimuksia vertailtaessa on varmistettava, että tutkimusten järjestelmärajaukset ovat yhteneväiset. Tässä tapauksessa arviointi tehtiin luonnonkalojen osalta kalastuksesta jakelutukkuihin tai keskusvarastoihin asti. Vesiviljelyssä tarkastelu aloitettiin rehuraaka-aineiden valmistuksesta jatkuen jakelutukkuihin tai keskusvarastoihin asti. Rajaukset sisälsivät kasvatetun kalan tuotannon osalta rehun tuotannon, kalastuksen, kasvatustoiminnan, pakkaukset ja fileoinnin (Kuva 1). Kalastetun kalan osalta järjestelmärajauksiin sisältyivät taas perkuu, fileointi, pakkaukset ja kuljetukset (Kuva 2).

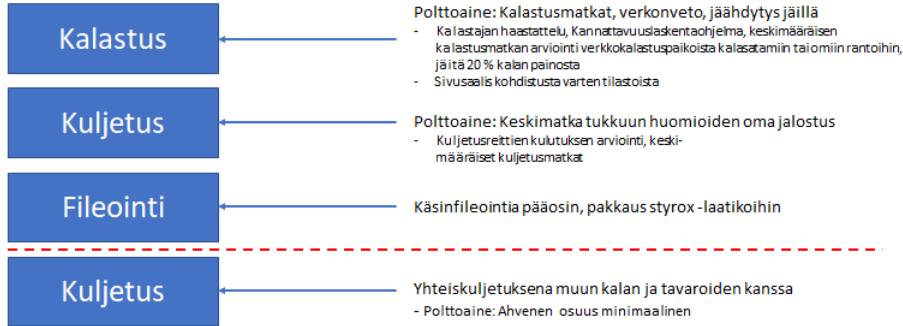
Rehun raaka-aineiden osalta tutkittavia asioita olivat viljelyprosessissa maalaji, lannoitteiden ja kalkin käyttö ja työkoneiden käyttö. Kalastuksen osalta saaliin määrä kalalajeittain jaoteltuna, polttoaineen ja pakkausten käyttö. Rehun raaka-aineista kalaöljyn ja kalajauhon tuotannon sähkö- ja lämpöenergia sekä niiden laatu, ja saantoprosentti. Rehutehtaiden osalta resepti, hävikit ja sähkö- ja lämpöenergia. Kalan kasvatustuotannon osalta, koskien sekä poikas- että jatkokasvatusta rehun käyttömäärät, käytetyt pakkaukset, polttoaineet ja sähköenergia. Fileoinnin osalta saanto ja sähkö- ja lämpöenergia sekä niiden laatu ja pakkaukset.

Kuljetuksista selvitettiin kuljetusmatka, kuljetuserän koko ja kuljetusvälineen polttoaineen kulutus l/100 km. Kuljetuksia olivat rehun sekä sen raaka-aineiden kuljetukset sekä kalojen kuljetukset fileointiin (Kuljetukset) sekä runkokuljetukset keskusvarastoihin (Jakelu). Jakelukuljetuksia keskusvarastoista kauppoihin ei huomioitu, kuten ei myöskään kaupan toimintoja, kuluttajien ostosmatkoja tai tuotteen säilöntää ja valmistusta kotitalouksissa. Toiminnallinen yksikkö, johon kerättävä tieto suhteutettiin, oli 1 kg kalafileetä tukkukauppaan kuljettuna. Muikkutuotteissa toiminnallinen yksikkö oli 1 kg perattua kalaa tukkukauppaan kuljettuna. Kirjolohi-, lohija silakkafileen osalta toiminnallinen yksikkö oli nahallista fileetä ja ahven- ja kuhafileen osalta nahatonta fileetä, näin siksi, että tuotteet vastaisivat mahdollisimman tarkasti kotimaista tarjontaa. On kuitenkin huomattavaa, että tuotteet ovat toiminnallisesti hieman erilaisia, koska monet kuluttajat jättävät lohikalafileen nahan ja muikkujen ruodot syömättä.



Kuva 1. Esimerkki rajauksista. Suomessa tuotetun kirjolohifileen tuotantoketjun rajaus.

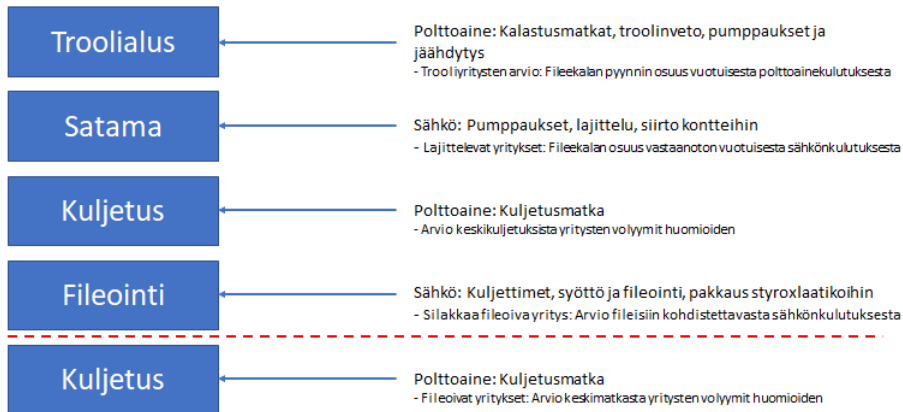
Ahvenfileen hiilijalanjälki verkkokalastuksessa



Veneiden, laitteiden ja välineiden valmistuksesta aiheutunut hiilijalanjälki arvioitiin materiaalien valmistuksen ja niiden käyttöiän perusteella

Kuva 2. Esimerkki tuotejärjestelmän rajauksista: Fileoitu merialueilta verkolla kalastettu ahven.

Troolikalastetun fileen hiilijalanjälki



Kuva 3. Esimerkki tuotejärjestelmän rajauksista: Fileoitu merialueilta troolilla kalastettu silakka.

5. Tiedon keruu

Aineiston keruu tapahtui vuoden 2021 aikana. Tiedon keruu toteutettiin kussakin tapaustutkimuksessa seuraavasti:

5.1. Kasvatetut lohikalat

5.1.1. Suomalainen kirjलोhi

Rehun reseptitiedot sekä valmistuksen energiatiedot saatiin Raisio Aqualta ja BioMarilta, jotka ovat pääasialliset Suomessa käytettävää kalanrehua valmistavat yritykset. Kummankin yrityksen energiaprofiili koostui pääosin uusiutuvasta energiasta. Itämerirehua valmistavalta Salmonfarmilta kysyttiin käytettävän kalajauhon ja -öljyn vastaavat tuotantotiedot. Kalajauhotehtaan käyttämän silakan kalastuksen polttoaineenkulutus oletettiin samaksi kuin elintarvikesilakan kalastuksessa. Soijatuotteiden, vehnägluteenin, maissigluteenin, ja BioMarin käyttämän kalajauhon ja -öljyn sekä rypsiöljyn osalta käytettiin Ecoinvent-tietokantaan perustuvia tietoja. Alkuperämaa oli oleellinen soijaraaka-aineen osalta mm. maankäytön muutosten takia. Rehukeroin, joka kuvaa kalojen rehunkulutusta lisäkasvuun nähden oli saadun tiedon mukaan 1,12 vuonna 2020 (Kallioniemi H. 2021, kirjallinen tiedonanto). Typpipäästöistä oletettiin 0,5 % muuntuvan dityppioksidiksi. Kun typen määrä on 43,83 g/kg tuotettua kalaa, saadaan dityppioksidin määräksi 0,22 g/kg. Mädin tuotannon taloudellinen osuus huomioitiin käyttämällä taloudellista allokointia siten, että kalalle allokoitui 91 % ja mädille 9 % tuotannossa tapahtuvista päästöistä.

Venematkojen polttoaineen kulutuksen ja sähkönkulutuksen osuus kasvatustoiminnasta saatiin osittain Luken vuonna 2017 tehdystä taustaselvityksestä (Silvenius ym. 2017). Rakenteiden osalta käytettiin avomerikasvatuksen tietoja julkaisusta Silvenius ym. (2012).

Kiertovesilaitoksista käytettiin tietoja yhdestä review-artikkelista (Philis et al. (2019). Lisäksi tuloksia tarkasteltiin suhteessa yhteen Suomessa toimivaan laitokseen. Tietoja olivat kalojen tuotanto, rehun kulutus, sähköenergian kulutus, kemikaalien kulutus ja materiaalit sisältäen altaat, laitteet ja seinämät. Materiaalien käyttöikäksi oletettiin 20 vuotta ja laitteistojen 10 vuotta.

Styrox-laatikoiden ja muiden kasvatusvaiheessa käytettävien pakkausten osalta saatiin tietoja yhdeltä suurelta vesiviljely-yritykseltä.

5.1.2. Norjalainen lohi

Norjalaisen lohen osalta laskenta perustui Winther et al. (2019) julkaisuun rehun tuotannon ja kalan viljelyprosessin osalta, ja fileoinnin ja kuljetuksen osalta taas kotimaiselta jalostusyrittäältä saatuihin tietoihin. Laskenta tehtiin käyttämällä Winther et al. (2019) lähtötietoja mallintamalla ne samalla tavalla kuin tässä tutkimuksessa, joten luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Rehu sisälsi enemmän soijatuotteita ja vähemmän teurassivutuotteita kuin Suomessa käytettävä kalanrehu ja rehun tuotantoon käytettiin myös enemmän uusiutumatonta energiaa (maakaasu).

5.2. Kalastetut kalatuotteet

5.2.1. Silakan kalastus

Rysällä pyydetty silakka

Saaristomerellä silakkaa kalastetaan rysällä pääasiassa huhti–kesäkuun aikana. Silakan kalastus rysällä tapahtuu siten, että rysät koetaan rysäaluksella, joita suurimmilla toimijoilla voi olla kerralla käytössä kaksi. Saaristomeren silakkarysäkalastuksen koentamatkojen polttoaineenkulutus määritettiin rysäaluksen ja apuveneeseen polttoaineen kulutuksen perusteella. Silakan rysäkalastuksen polttoaineenkulutus saaliiseen suhteutettuna oli 0,008 l/kg.

Rysäkalastuksen kuljetusveneistä monet ovat vanhoja puuveneitä. Rysien laskussa on joillakin käytössä 10 metrin alumiiniproomuja, joissa on isot moottorit. Niiden osuudeksi arvioitiin 1/3 kaikista käytetyistä veneistä. Painoiksi arvioitiin 3 tonnia ja käyttöikäksi 30 vuotta. Rysän materiaalit on esitetty taulukossa 4. Tiedot on saatu keskimääräisinä tietoina suomalaiselta rysien valmistajalta.

5.2.2. Troolilla pyydetty silakka

Troolauksen osalta lähtötietoina käytettiin kahden ison trooliyityksen polttoainekulutustietoja ja saalistiedot saatiin kyselyillä. Polttoaineen kulutustiedot kohdistettiin elintarvikkeeksi menevän saaliin mukaan elintarvikekalalle ja näin saatiin polttoaineen kulutukseksi 0,1 l/kg. Silakkatroolarien paino saatiin samoilta trooliyityksiltä ja niiden käyttöikäksi oletettiin 30 vuotta.

5.2.3. Ahven

Ahvanta kalastetaan verkoilla koko rannikolla. Ahventa saadaan saaliiksi ympäri vuoden, mutta pääosa saaliista saadaan huhtikuun ja lokakuun välisenä aikana. Tässä selvityksen kohteena olleen ahvenen verkkokalastuksen pyyntimatkoja on tarkasteltu Saaristomeren pyyntiruudun 47 ja Merenkurkun pyyntiruudun 23 osalta, jotka ovat rannikon ahvenenpyynnin kannalta keskeisimpiä pyyntialueita. Ahventa kaupallisesti kalastavien kalastajien joukossa on vaihtelua varsin paljon. Osa kalastajista voi keskittyä ahvenen kalastukseen ja saada sitä pääsaaliina, osan kalastaessa muita lajeja ja ahventa tulee sivusaaliina. Saalismäärien lisäksi saalislajeissa ja saalisosuuksissa tapahtuu vaihtelua vuodenaikojen välillä. Lämpimän veden aikana verkot koetaan useammin kuin syksyllä ja talvella. Lisäksi saalismäärien alueelliset vaihtelut rannikon eri osilla voivat olla suuria.

Taulukko 4. Rysän koostumus. Rysän on aitaverkko 170 metriä ja itse rysän läpimitta 20 metriä ja syvyys 8 metriä.

Materiaali	Määrä	Yksikkö
Polyamidi	1 000	kg
Polypropeeni	500	kg
Polyeteeni	500	kg
Lyijy	700	kg

Pyyntimatkojen pituuksien määrittelyssä mukana on ollut yhteensä yhdeksän kalastajaa. Tarkasteluajanjakson (heinä–lokakuu) pyyntimatkojen pituuden ja pyyntipäivien määrän arviointi perustuu vuosina 2010–2016 RKTL:n/Luken tekemään ammattikalastajien pyyntialuekartoitukseen. Koko verkkosaaliin polttoaineen kulutus oli 0,19 l/kg, josta ahvenen osuus oli 0,15 l/kg.

Ahvenen kalastajilla on pienet veneet, esim. 4–5 metrinen Buster (alumiini) tai Rönqvist (muovi), jotka painoivat 400–500 kg. Käyttöäksi arvioitiin 30 vuotta. Moottorit vaihdetaan 10 vuoden välein. Verkkojen uusimisväliksi arvioitiin 2,5 vuotta ja tyypillisen ahven/kuhaverkon koostumus on esitetty taulukossa 5. Verkon pituus oli 30 metriä ja syvyys 1,8 metriä.

5.2.4. Kuha

Sisävesien kuhasaaliista saadaan yli 90 % verkoilla ja tästä n. 70 % talvella jään alta. Kuhasaalis on kasvanut jatkuvasti viime vuosina ja ohittanut muikun arvokkaimpana lajina.

Esimerkkitapauksina oli neljä kalastajaa eri puolilla Järvi-Suomea. Polttoaineenkulutukseksi saatiin 0,22 l/kg ja jos arvokalana saadut sivusaaliit huomioidaan 0,13 l/kg. Kujan kalastajien veneet oletettiin samankaltaisiksi kuin ahvenen kalastajien, eli 400–500 kg muovi- tai alumiini-veneitä, ja käyttöäksi 30 vuotta.

Verkkokalastuksessa arvioitu verkkojen koostumus on esitetty taulukossa 5. Verkkojen uusimisväli arvioitiin olevan 2,5 vuotta.

5.2.5. Muikku

Nuotalla pyydetty muikku

Nuottakalastusta harjoitetaan sekä avovesiaikana että talvella. Sisävesien muikkusaaliista 40 % pyydetään nuotalla ja talvipyyntin osuus siitä on 57 %. Talvipyyntin osuus saattaa olla vähentymään päin, koska jäätilanteet huononevat. Esimerkkitapaukset olivat kaksi kalastajaa Järvi-Suomesta, jossa nuottapyyntiä harjoitetaan sekä avovedestä että talvella. Lisäksi aineistoon kuului neljä kalastajaa Posiolta. Saaliit saatiin saalisilmoituksista ja kuljetut matkat, polttoaineen kulutus, styrox-laatikot ym. kysyttiin erikseen koskien sekä talvea että avovesillä tapahtuvaa kalastusta.

Avoveden aikana Järvi-Suomessa polttoaineenkulutus oli 0,08 l/kg ja talvikaudella 0,04 l/kg. Posiolla polttoaineenkulutus oli suurempi keskiarvon ollessa 0,08 l/kg (0,02–0,11 l/kg) Kulutus oli pienin talviaikaan.

Taulukko 5. Kalaverkkojen koostumus.

Materiaali	Määrä	Yksikkö
Polyamidi	90	g
Polypropeeni	190	g
Polyeteeni	100	g
Polyesteri	100	g
Lyijy	500	g

Keskimääräinen nuotan koostumus on esitetty taulukossa 6. Nuotan käyttöikäksi arvioitiin 20 vuotta. Nuotan pituus ammattikalastuksessa on 320 metriä ja leveys 17 metriä

Taulukko 6. Nuotan koostumus.

Materiaali	Määrä	Yksikkö
Polyamidi	300	kg
Polyeteeni	80	kg
Lyijy	110	kg

Troolilla pyydetty muikku

Troolilla saadaan hieman yli puolet koko sisävesien muikkusaaliista. Troolauskausi pitenee vuosi vuodelta avovesikauden pidentyessä. Esimerkitapaukset, joista tiedot kerättiin, olivat eri puolilta Järvi-Suomea ja käsittivät viiden troolarin tiedot. Saaliit ja troolaustunnit saatiin saaliilmoituksista. Lisäksi kysyttiin polttoaineenkulutus/h, käytetyn jään määrä, pakkaukset perkaamoille, perkauskoneen sähkönkulutus ja kuljetukset. Valmiin tuotteen pakkaukset oletettiin samoiksi kuin nuotalla pyydetylle muikulle. Keskimääräinen polttoaineenkulutus oli 0,6 l/kg. Polttoaineenkulutus vaihteli runsaasti ollen välillä 0,2–0,8 l/kg.

Troolin koostumus on esitetty taulukossa 7. Troolin leveys on 55 metriä ja vetosyvyys keskimäärin 10 metriä,

Taulukko 7. Troolin koostumus

Materiaali	Määrä	Yksikkö
Polyamidi	60	kg
polyeteeni	60	kg
Teräs	60	kg

Yhteenveto pyyntimenetelmistä ja polttoaineenkulutuksista

Kalastuksen polttoaineenkulutus on esitetty taulukossa 8. Vähiten polttoainetta saalismäärään nähden kului silakan rysäpyynnissä ja seuraavaksi vähiten muikun talvikalastuksessa nuotalla. Eniten polttoainetta kului muikun troolipyynnissä.

Taulukko 8. Kalastuksen polttoaineen kulutuksia kalalajeittain eri pyyntimenetelmillä.

Kalalaji	Pyyntimenetelmä	Polttoaineen kulutus, l/kg saalista
Silakka	Trooli	0,11
Silakka	Rysä	0,008
Ahven	Verkko	0,15
Kuha	Verkko	0,13
Muikku	Nuotta, avovesikausi	0,08
Muikku	Nuotta, talvikausi	0,044
Muikku	Trooli	0,59

5.3. Pakkaukset

Kalojen sekä fileiden pakkauksiin käytettiin styrox-laatikoita, kiertäviä paljuja, pahvilaatikoita sekä valmiiden tuotteiden pakkauksiin muovipusseja. Ahvenen, muikun ja kuhan sekä norjaisen lohen kuljetukset fileointiin tapahtuivat styrox-laatikoissa, samoin kuin peratun muikun ja silakkafileen kuljetukset tukkuun. Ahven- ja kuhafileen tukkuun arvioitiin tapahtuvan 80-prosenttisesti styrox-laatikoissa ja 20-prosenttisesti muovipusseissa. Kirjolohi- ja lohifilee arvioitiin kuljetettavan 75-prosenttisesti pahvilaatikoissa ja 25-prosenttisesti muovipakkauksissa, joissa muovin määräksi arvioitiin olevan 33 g/kg. Erialaisten styrox-pakkausten massat on esitetty taulukossa 9 ja styrox-laatikoiden käyttö kg/kg tuotteittain taulukossa 10 Styrox-laatikoiden tuotannon ilmastovaikutus (kg CO₂-ekv/kg laatikoita) perustuu julkaisuun Winther et al. (2019).

Silakalla, kuhalla ja nuotalla pyydetyllä muikulla styrox-laatikoita kuluu vähiten, kun taas ahvenella eniten (Taulukko10). Tämä johtuu ahvenen pienemmästä fileesaannosta ja siitä, että styrox-laatikoita käytetään sekä kokonaisen kalan että kalafileen kuljetuksissa.

Taulukko 9. Käytössä olevat styrox-laatikat.

Pakkauskoko	Paino
3 kg	105 g
5 kg	120 g
10 kg	220 g
20 kg	470 g

Taulukko 10. Styrox-laatikoiden massa/fileen tuotanto eri kalatuotteilla.

Kalalaji	Pyyntimenetelmä	Styrox-laatikoiden käyttö, kg/kg lopputuotetta	Pahvilaatikoiden käyttö, kg/kg lopputuotetta	Muovipakkausten käyttö, kg/kg lopputuotetta
Kirjolohi	Kasvatettu	0,03	0,04	0,008
Norjalainen lohi	Kasvatettu	0,06	0	0,002
Silakka	Rysä	0,02	0	0
Silakka	Trooli	0,02	0	0
Ahven	Verkko	0,10	0	0,001
Kuha	Verkko	0,03	0	0,003
Muikku	Nuotta	0,02	0	0
Muikku	Trooli	0,04	0	0

5.4. Jalostus

Jalostustiedot kerättiin yhdeltä kirjolohta ja yhdeltä norjalaista lohta fileoivalta, suurelta suomalaiselta yritykseltä. Myös ahvenen ja silakan fileoinnin tiedot kerättiin yhdeltä merkittävältä fileoijalta sekä muikun perkuun osalta yhdeltä perkaamolta. Kirjoloheen jalostus perustui yhden yrityksen tietoihin. Energiankulutusluvuista pystyttiin laskemaan erikseen eri tuotantolinjat ja erottelemaan kirjolohifilee styrox- ja annospakatuista kylmä- ja lämminsavustetuista tuotteista.

Jalostuksen osalta fileointilinjän sähkönkulutus saatiin laskettua erikseen ja se allokoitiin fileoinnin läpi kulkevalle kalamäärälle. Lämmitys, ilmanvaihto ja valaistus saatiin myös laskettua erikseen ja allokoitiin tasan kaikille jalostuslaitoksen tuotteille.

5.5. Kuljetukset

Kuljetuksista arvioitiin kuljetusmatka, kuljetuserän koko ja kuljetusvälineen polttoaineen kulutus l/100 km. Kuljetuksia olivat rehun sekä sen raaka-aineiden kuljetukset sekä kalojen kuljetukset fileointiin (Kuljetukset) sekä runkokuljetukset keskusvarastoihin (Jakelu). Taulukossa 11 on esitetty autokuljetusten aiheuttama polttoaineen kulutus satamasta fileointilaitokseen. Jakelukuljetuksia keskusvarastoista kauppoihin ei huomioitu, kuten ei myöskään kaupan toimintoja, kuluttajien ostosmatkoja tai tuotteen säilöntää ja valmistusta kotitalouksissa. Rehun ja sen raaka-aineiden kuljetusten osalta kullekin raaka-aineelle saatiin rehutehtaalta kuljetusmatka sekä kuljetustapa.

Ahvenen kuljetuksen osalta käytettiin yhden Lounais-Suomessa sijaitsevan keräilyreititin lukuja. Joissain tapauksissa kalastajat fileoivat saaliin itse ja myyvät sen suoramyynninä kuluttajille. Tällöin toimitusketju on lyhyempi, mutta toisaalta myös kuljetettavat määrä pienempiä. Kuhan osalta lähtötiedot perustuivat osaksi myös kahteen huomattavaan keräilyreittiin Järvi-Suomessa. Lisäksi tietoja saatiin myös kahdesta pienemmän mittakaavan kuljetusreitistä. Kuhan kuljetustietoina käytettiin lopulta näiden kyseisten reittien keskiarvoja.

Silakan osalta kuljetus fileointiin laskettiin neljän silakkaa fileoivan yrityksen keskiarvona. Yrityksistä kaksi sijaitsi kalastaman yhteydessä, joten polttoaineen kulutus oli vähäinen. Myös silakan rysäkalastuksessa kuljetusten polttoaineenkulutus oli vähäinen.

Muikun osalta kuljetustietoina käytettiin yhden Järvi-Suomessa sijaitsevan kalanjalostamon kuljetustietoja.

Taulukossa 12 on kuvattu esimerkkitapauksissa käytetyt kuljetusvälineet ja kuljetusmatkat. Tyyppilliseen sisävesikalastuksessa kuljetusvälineenä oli pakettiauto ja merikalastuksessa kuorma-auto. Huomattavaa osa silakkasaaliista purettiin suoraan rannassa sijaitsevaan jalostamoon. Ahvenen ja kuhan osalta oli myös keräilyreittejä käytössä, jossa usean eri kalastajan saaliit kuljetettiin samanaikaisesti kuorma-autolla. Kasvatetun kalan osalta kuljetusvälineet ja -erät olivat suurempia (täysperävaunu ja puoliperävaunu).

Taulukko 11. Polttoaineen kulutukset kuljetuksissa rannasta fileointiin.

Kalalaji ja tuotanto- tai kalastustapa	Polttoaineen kulutus, l/kg kalaa
Norjassa kasvatettu lohi	0,016
Kasvatettu kirjolohi	0,008
Troolilla pyydetty silakka	0,003
Rysällä pyydetty silakka	0,003
Verkolla pyydetty ahven	0,016
Verkolla pyydetty kuha	0,073
Troolilla pyydetty muikku	0,034
Nuotalla pyydetty muikku	0,034

Taulukko 12. Kuljetusmatkat ja kuljetusvälineet. *Keräilyreititin pituus.

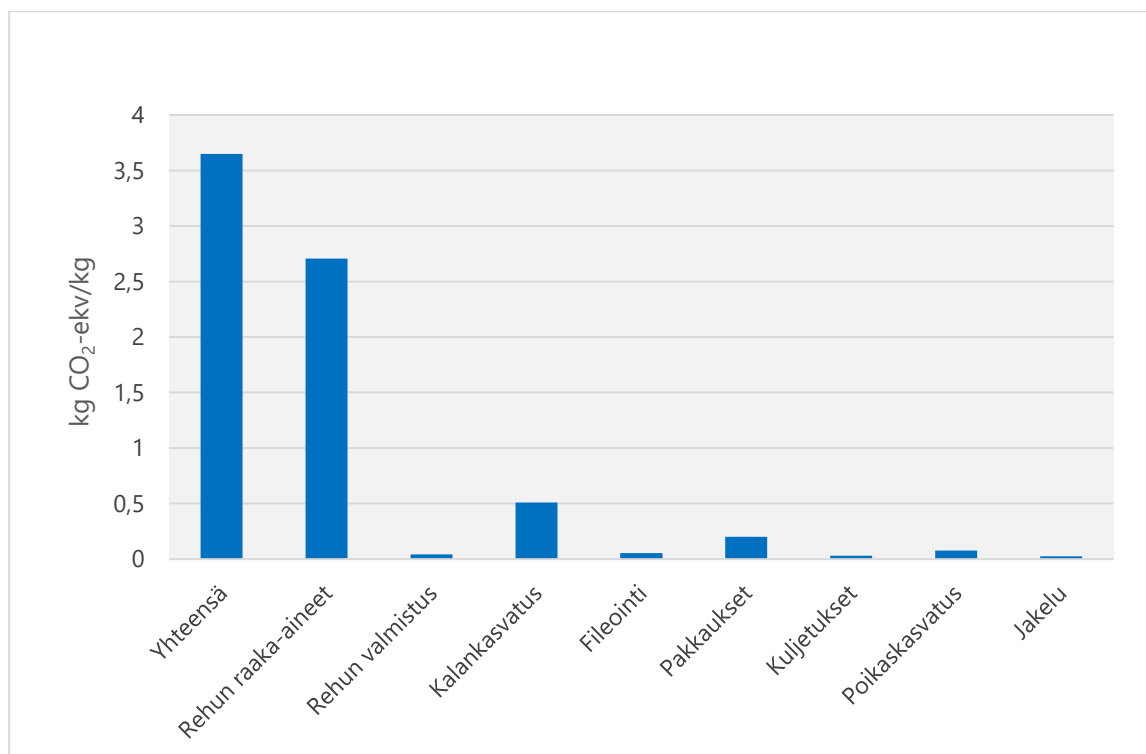
Kalalaji ja tuotanto- tai kalastustapa	Kuljetusmatka, km	Kuljetusväline	Polttoaineen kulutus, l/100km
Norjassa kasvatettu lohi	700	Puoliperävaunu	42
Kasvatettu kirjolohi	250	Täysperävaunu	35
Troolilla pyydetty silakka	0–160	Kuorma-auto	20
Rysällä pyydetty silakka	0–160	Kuorma-auto	20
Verkolla pyydetty ahven	150*	Kuorma-auto	20
Verkolla pyydetty kuha	50–600*	Pakettiauto, kuorma-auto	10-20
Troolilla pyydetty muikku	80	Pakettiauto	10
Nuotalla pyydetty muikku	80	Pakettiauto	10

6. Tulokset

6.1. Kasvatetut lohikalat

6.1.1. Suomessa kasvatettu kirjolohi

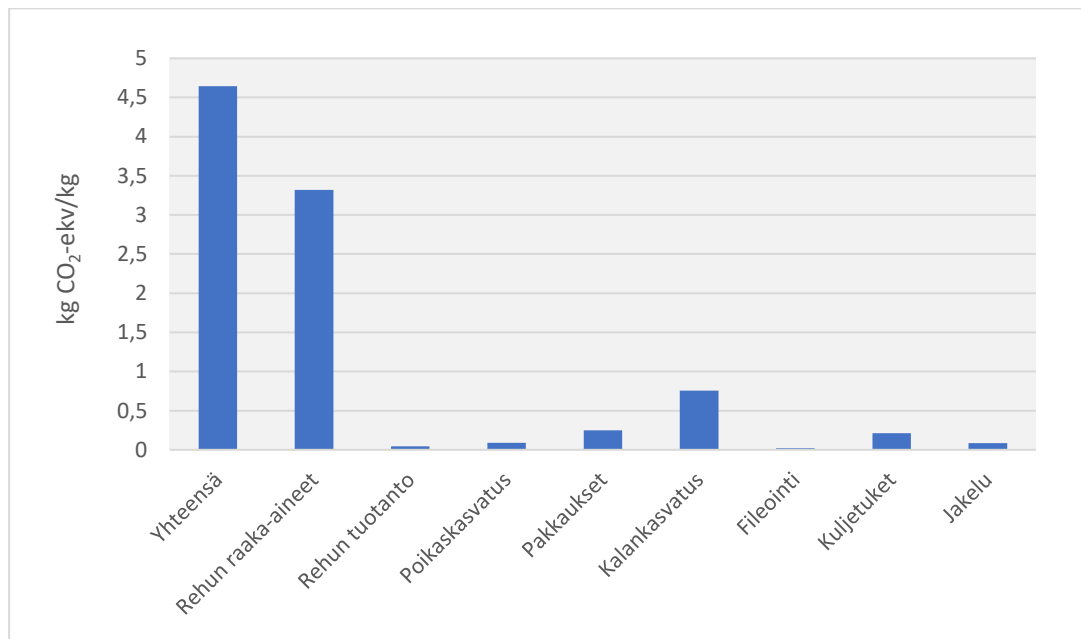
Suomessa kasvatetun kirjolohifileen ilmastovaikutus oli 3,7 kg CO₂-ekv/kg tukkuun kuljetettuna. Rehun raaka-aineiden osuus on 74 %, rehun tuotantoprosessin ainoastaan 1 % johtuen uusituvan energian käytöstä, kasvatustoiminnan 14 % ja pakkausten 5 %. Muiden tuotantovaiheiden osuus oli hyvin pieni (Kuva 4).



Kuva 4. Suomessa tuotetun kirjolohifileen ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg.

6.1.2. Norjassa kasvatettu lohi

Norjassa kasvatetun ja Suomeen jalostettavaksi kuljetetun lohien ilmastovaikutus oli 4,6 kg CO₂-ekv/kg tukkuun kuljetettua fileettä. Rehun raaka-aineiden osuus on 72 %, rehun tuotantoprosessin 1 %, kasvatustoiminnan 16 %, kuljetusten ja jakelun 4 % ja pakkausten 5 % (Kuva 5). Eroja suomalaiseseen kirjolohifileeseen ovat mm. suurempi rehukerroin, suurempi soijapitoisuus rehussa ja suurempi uusiutumattomien polttoaineiden määrä rehun tuotannossa.



Kuva 5. Norjassa kasvatetun ja Suomeen kuljetetun lohien ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg fileettä.

Kirjolohi kiertovesikasvatus

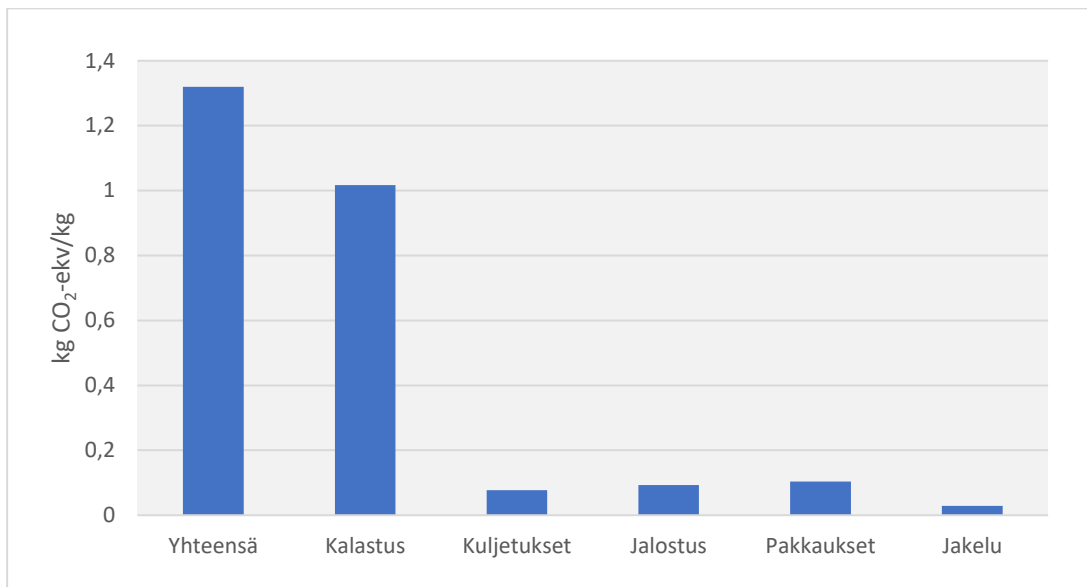
Kirjolohen kiertovesikasvatuksen ilmastovaikutus oli review-artikkelin (Phillis et al. 2019) perusteella 2,4-kertainen suhteessa verkkoallaskasvatukseen eli 10,7 kg CO₂-ekv/kg. Jos lasketaan, että ilmastovaikutus olisi 2,4-kertainen tämän tutkimuksen lukuarvoon nähden, saadaan tulokseksi 8,89 kg CO₂-ekv/kg. Eräältä kotimaiselta toimijalta saadun tiedon mukaan kotimaisen tuotannon osalta tuotantoluvut voivat vaihdella vuosittain ja tuotantokapasiteetin saavuttavalla tuotantomäärällä olisi mahdollista päästä lähelle ilmastovaikutusta 6,0 kg CO₂-ekv/kg. Vuosittainen vaihtelu on kuitenkin suurta ja aina ei välttämättä päästä lähellekään tuotantokapasiteettia. Tuotantokapasiteetin toteutumisasteella on suuri vaikutus ilmastovaikutukseen. Nämä asiat huomioiden kirjolohen kiertovesikasvatuksen ilmastovaikutus vaihtelee Suomessa laitoksittain ja vuosittain paljon ja kiertovesikasvatuksella tuotetun nahallisen kirjolohifileen ilmastovaikutus on todennäköisesti välillä 6,0–10,0 kg CO₂-ekv/kg.

Huomattavaa arvioidessa kotimaista tuotantoa suhteessa kansainvälisiin tutkimuksiin on sähkön alkuperän merkitys. Suomalaisen keskimääräisen sähkön päästökerroin on alempi kuin useissa muissa maissa, mikä on huomioitava kiertovesikasvatuksen ilmastovaikutusta laskettaessa.

6.2. Silakka

6.2.1. Troolilla pyydetty silakkafile

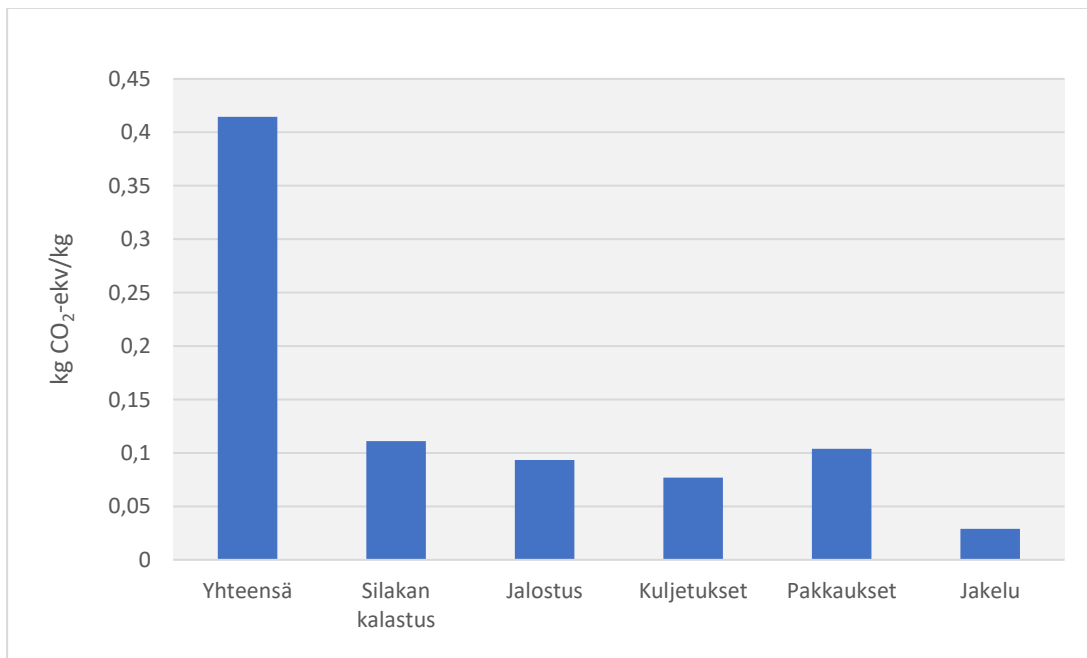
Troolilla pyydetyn silakan ilmastovaikutus on 1,3 kg CO₂-ekv/kg fileoituna. Kalastuksen osuus on 77 %, jalostuksen 7 % ja kuljetusten 6 %. Pakkausten osuus on 8 % (Kuva 6).



Kuva 6. Suomessa tuotetun troomilla pyydetyn silakkafileen ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg

6.2.2. Rysällä pyydetty silakkafilee

Rysällä pyydetyn silakan ilmastovaikutus on 0,4 kg CO₂-ekv/kg fileoituna. Kalastuksen osuus on 27 %, jalostuksen 23 % ja kuljetusten 19 %. Pakkausten osuus on 25 %, jos tuote myydään pakattuna (Kuva 7).

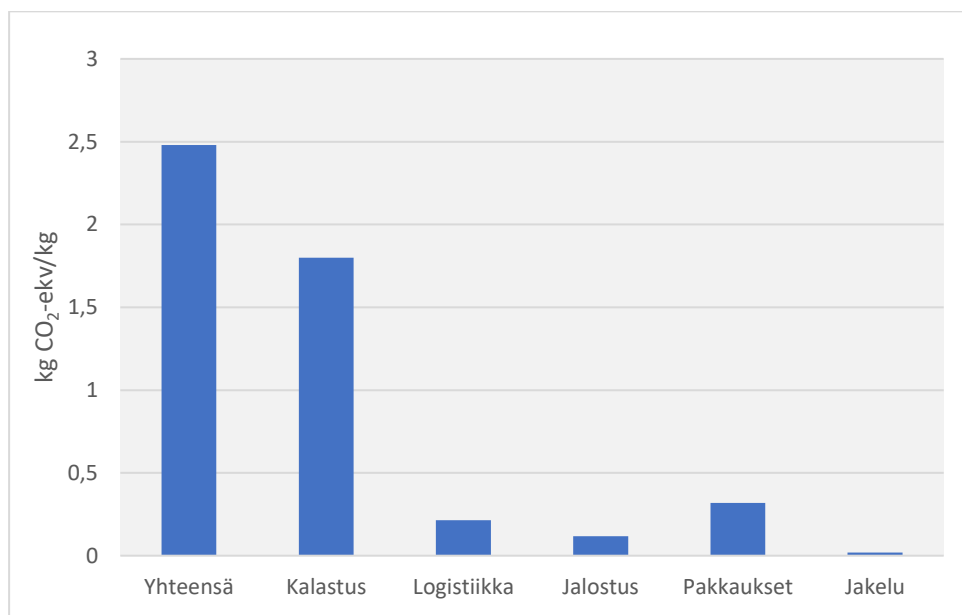


Kuva 7. Suomessa tuotetun rysällä pyydetyn silakkafileen ilmastovaikutus kg CO₂ -ekv/kg.

6.3. Ahven

Verkolla pyydetty ahven merialueilta fileoituna

Verkolla pyydetyn ahvenen ilmastovaikutus on 2,5 kg CO₂-ekv/kg fileoituna. Kalastuksen osuus on 73 %, jalostuksen 5 % ja kuljetusten 9 % (Kuva 8). Pakkausten osuus on 13 %. Ero muihin kalastettuihin kalatuotteisiin, kuten kuhaan ja troolilla kalastettuun muikkuun johtuu ahvenfileen alhaisemmasta fileesaannosta.



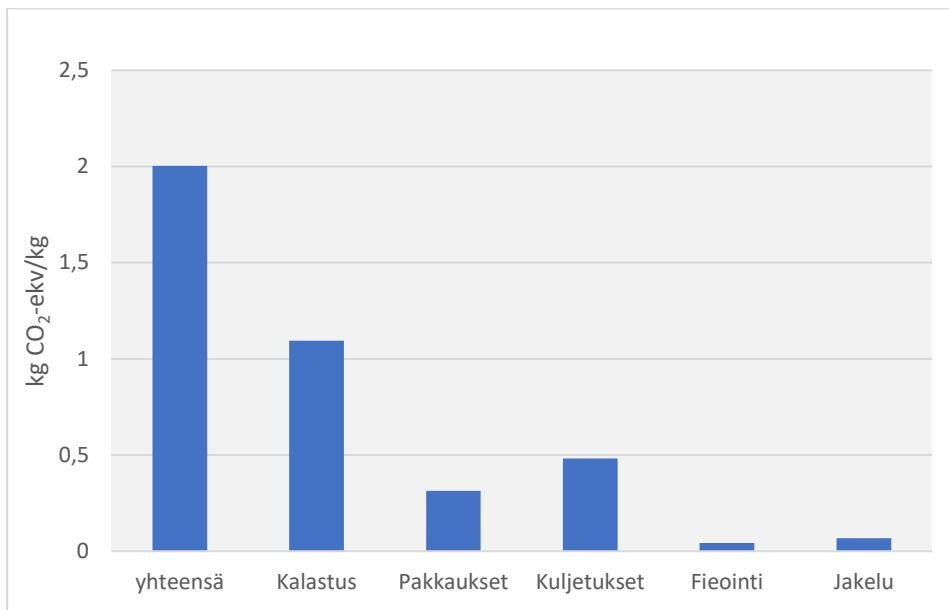
Kuva 8. Suomessa tuotetun ahvenfileen ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg.

Huomattavaa on, että ahvenen kalastuksen polttoaineenkulutusta ja saalista tarkasteltiin vain Saaristomeren ja Merenkurkun merkittävimpien alueiden osalta. Muilla merialueilla kalastuksen pyyntimatkat ja saaliit voivat hyvinkin poiketa tarkastelluista. Tarkan laskelman tekemiseksi vaatisi polttoaineen kulutustietoja laajemmalta joukolta ja etenkin kalastajakohtaisia saalismääriä, joita tässä ei ollut käytettävissä. Kalastusmatkojen polttoaineen kulutus saalista kohti voi olla esim. 80 % laskelmassa käytetystä kulutuksesta, jos keskimääräiseen saaliseen pääsee vähemmillä kalastuspäivillä tai muuten alhaisemmalla perämoottorin kulutuksella. Vaihtelu voi olla huomattavaa eri kalastajien kesken riippuen useista kalastukseen liittyvistä tekijöistä ja vaihtelua voi olla myös ajallisesti ja alueellisesti rannikon eri osissa.

6.4. Kuha

Verkolla pyydetty kuha sisävesialueilta fileoituna

Verkolla pyydetyn kuhan ilmastovaikutus on 2,0 kg CO₂-ekv/kg fileoituna. Kalastuksen osuus on 55 %, jalostuksen 1 %, kuljetusten 24 % ja pakkausten 16 %. (Kuva 9).



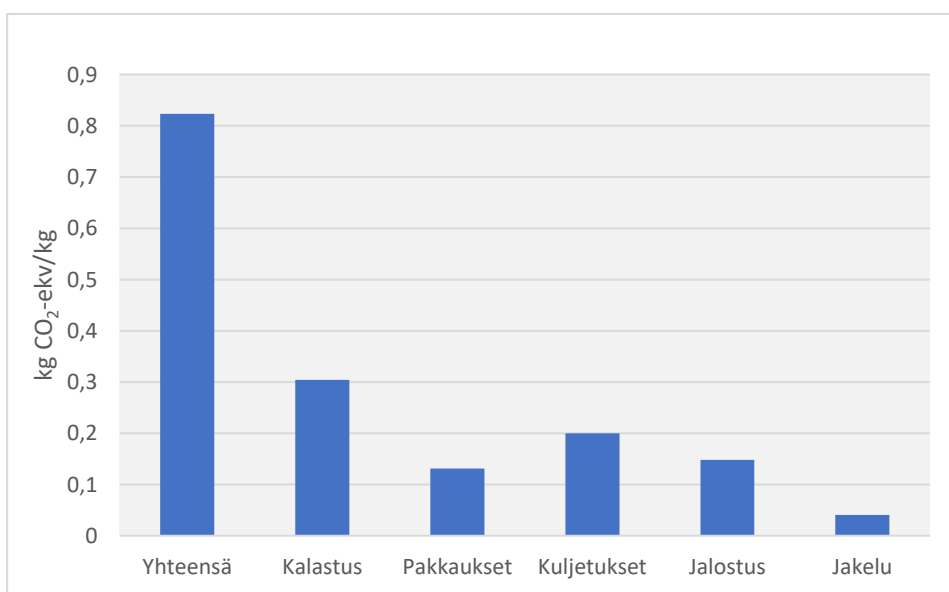
Kuva 9. Suomessa sisävesillä tuotetun kuhafileen ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg.

Kuhan kalastuksen osalta hajontaa oli runsaasti ja vähimmillään kalastuksen polttoaineenkulutus oli puolet tässä ilmoitetusta ja enimmillään yli kaksinkertainen. Tällöin ilmastovaikutus yksittäisten kalastajien osalta vaihtelisi välillä 1,5–3,5 kg CO₂-ekv/kg.

6.5. Muikku

6.5.1. Nuotalla pyydetty muikku perattuna

Nuotalla pyydetyn muikun ilmastovaikutus on 0,8 kg CO₂-ekv/kg perattuna. Kalastuksen osuus on 37 %, jalostuksen 18 %, kuljetusten 24 % ja pakkausten 16 % (Kuva 10). Erityisen pieni ilmastovaikutus on talvella pyydystetyille muikulle ollen 0,5 kg CO₂-ekv/kg.



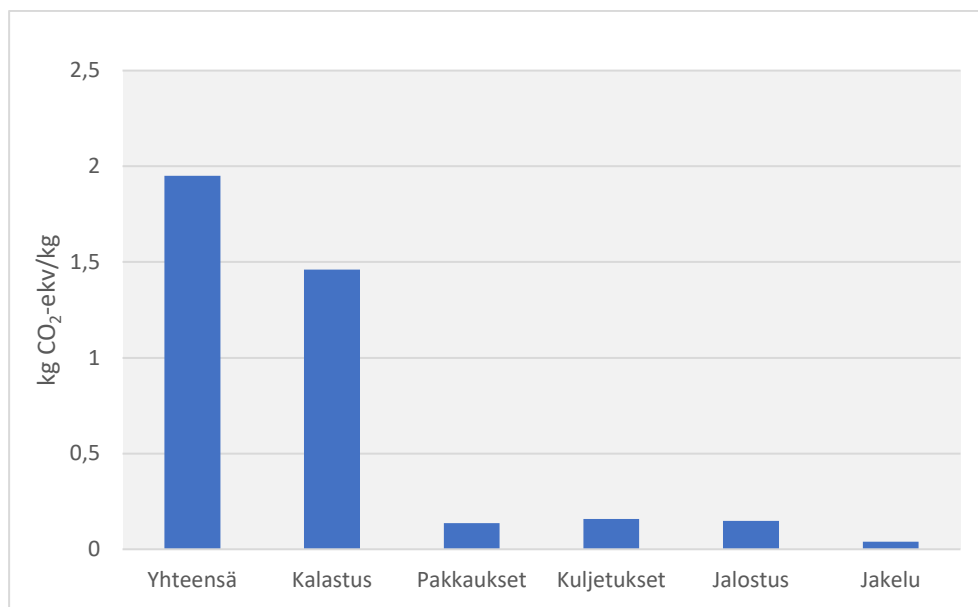
Kuva 10. Suomessa nuotalla pyydetyn peratun muikun ilmastovaikutus kg CO₂-ekv/kg.

Huomattavaa on, että verrattuna muihin kalastetusta kalasta valmistettaviin tuotteisiin toiminnallisena yksikkönä on käytetty perattua muikkua. Jos oletetaan, että muikkua fileoitaisiin, ja nämä tulokset laskettaisiin fileoidulle kalalle samalla fileesaannolla kuin silakalle, olisi ilmasto-vaikutus noin 1,5 CO₂-ekv/kg, mikä on enemmän kuin troolilla pyydetylle silakalle.

6.5.2. Troolilla pyydetty muikku perattuna

Troolilla pyydetyn muikun ilmasto-vaikutus on 2,0 kg CO₂-ekv/kg perattuna. Kalastuksen osuus on 75 %, jalostuksen 8 %, kuljetusten 8 % ja pakkausten 7 % (Kuva 11). Vaihteluväli eri troolarien välillä oli suurta johtuen eri pituisista kalastusmatkoista. Huomattavaa on, että vähimmillään muikun troolaus kuluttaa vain kolmanneksen polttoaineesta keskimääriseen lukuun nähden ja ilmasto-vaikutus olisi tällöin vain 1,0 kg CO₂-ekv/kg.

Myös troolatun muikun tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että tulokset on laskettu toiminnallisena yksikkönä perattu kala. Samoilla oletuksille kuin nuotalla pyydetyssä muikussa, eli fileesaannon ollessa sama kuin silakalla, olisi ilmasto-vaikutus 3,6 kg CO₂-ekv/kg, eli lähellä kasvatettua kalaa.



Kuva 11. Suomessa tuotetun peratun troolilla pyydetyn muikun ilmasto-vaikutus kg CO₂-ekv/kg.

7. Johtopäätökset

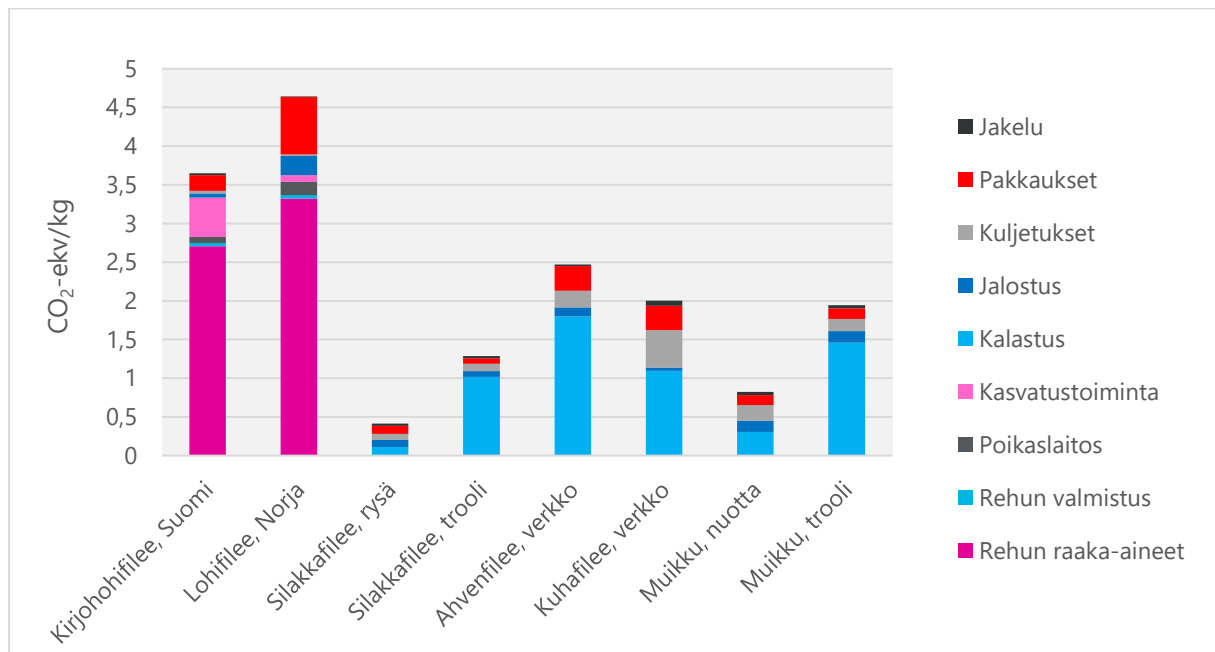
Tulokset tutkituista kalatuotteista asettuivat kolmeen ryhmään: suurin ilmastovaikutus oli kasvatetuilla kaloilla, seuraavaksi suurin verkolla pyydytyllä ahvenella ja kuhalla ja troolilla pyydytyllä muikulla ja pienin silakalla ja nuotalla pyydytyllä muikulla. Muikun ilmastovaikutus laskettiin peratulle kalalle ja muut lajit fileille.

Kasvatettujen kalojen ilmastovaikutus oli suurempi kuin kalastettujen kalojen johtuen siitä, että kasvatettujen kalojen tuotantoon kuuluu myös rehun tuotantoketju (Kuva 12). Kalastettujen kalojen ilmastovaikutukseen vaikuttivat kalastusmatka ja saalismäärät. Yleisesti ottaen suurempien saalismäärien kaloilla, kuten silakalla ja muikulla, ilmastovaikutus oli pienempi. Jos pyydykset ovat lähellä rantaa ja kalastusmatkat ovat lyhyitä ja, alhainen ilmastovaikutus on mahdollista myös pienemmällä saalismäärillä. Suuremmilla saalismäärillä on kuljetuksissa yleensä suurempi eräkoko, mikä pienentää ilmastovaikutusta. Kaikki tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia johtuen siitä, että muikkutuotteilla on toiminnallisena yksikkönä kilo perattua kalaa ja kalafileet ovat lohella ja kirjolohella nahallista fileetä ja ahvenella ja kuhalla nahatonta fileetä. Peratun kalan ilmastovaikutus on pienempi kuin fileen, koska peratun kalan osuus kokonaisen kalan painosta on fileen osuutta isompi. Toiminnallinen yksikkö kuvaa tarjolla olevia tuotteita Suomessa. Fileiden osalta kuluttaja syö koko tuotteen, mutta peratusta muikusta osa kuluttajista jättää ruodot ja nahallista lohikalafileistä nahan syömättä. Fileeksi laskettuna nuotalla kalastetun muikun ilmastovaikutus nousee troolilla kalastetun silakan tasolle ja troolilla kalastetun muikun lähelle kasvatettua kalaa.

Fileoidun Suomessa kasvatetun kirjolohen ilmastovaikutus oli 3,7 kg CO₂-ekv/kg ja vastaavasti fileoidun Norjassa kasvatetun lohen 4,6 kg CO₂-ekv/kg, Kiertovesikasvatetun kirjolohen ilmastovaikutus oli 6–10 kg CO₂-ekv/kg. Tärkein vaihe tuotantoketjussa oli kasvatetuilla kaloilla rehunraaka-aineiden tuotannon osuus, joka oli kotimaisen keskimääräisen tuotannon osalta 74 % ilmastovaikutuksesta.

Kalastetun kalan osalta taas kaikissa tuotteissa kalastuksen osuus ilmastovaikutuksesta oli suurin vaihdellen välillä 39–87 %, kun kokonaisilmastovaikutus vaihteli välillä 0,4–2,7 kg CO₂-ekv/kg. Pienin ilmastovaikutus oli silakalla ja suurin kuhalla sekä ahvenella. Kalastuksen osuus oli ahvenella suuri pienestä fileesaannosta johtuen, kun taas perkaamatonta kalaa kohden suurin kalastuksen ilmastovaikutus oli troolipyydytyllä muikulla. Kalastusvälineiden ja -alusten tuotannon ilmastovaikutuksen merkitys osoittautui sangen pieneksi.

Suurempien kalojen, eli ahvenen ja kuhan ilmastovaikutus oli suurempi kuin pienten kalojen, eli muikun ja silakan. Kalastuksen ilmastovaikutukseen vaikuttaa saalismäärän lisäksi myös kalastusmatka, mikä näkyi siinä, että tässä aineistossa troolilla kalastetun muikun ilmastovaikutus oli muikun nuottapyyntiä suurempi. Myös silakan troolipyyntiin verrattuna muikun troolipyyntiin ilmastovaikutus oli suurempi. Kalastusmatka kuitenkin vaihtelee tapauskohtaisesti ja troolausmatkojen lyhentyessä ilmastovaikutus pienenee.



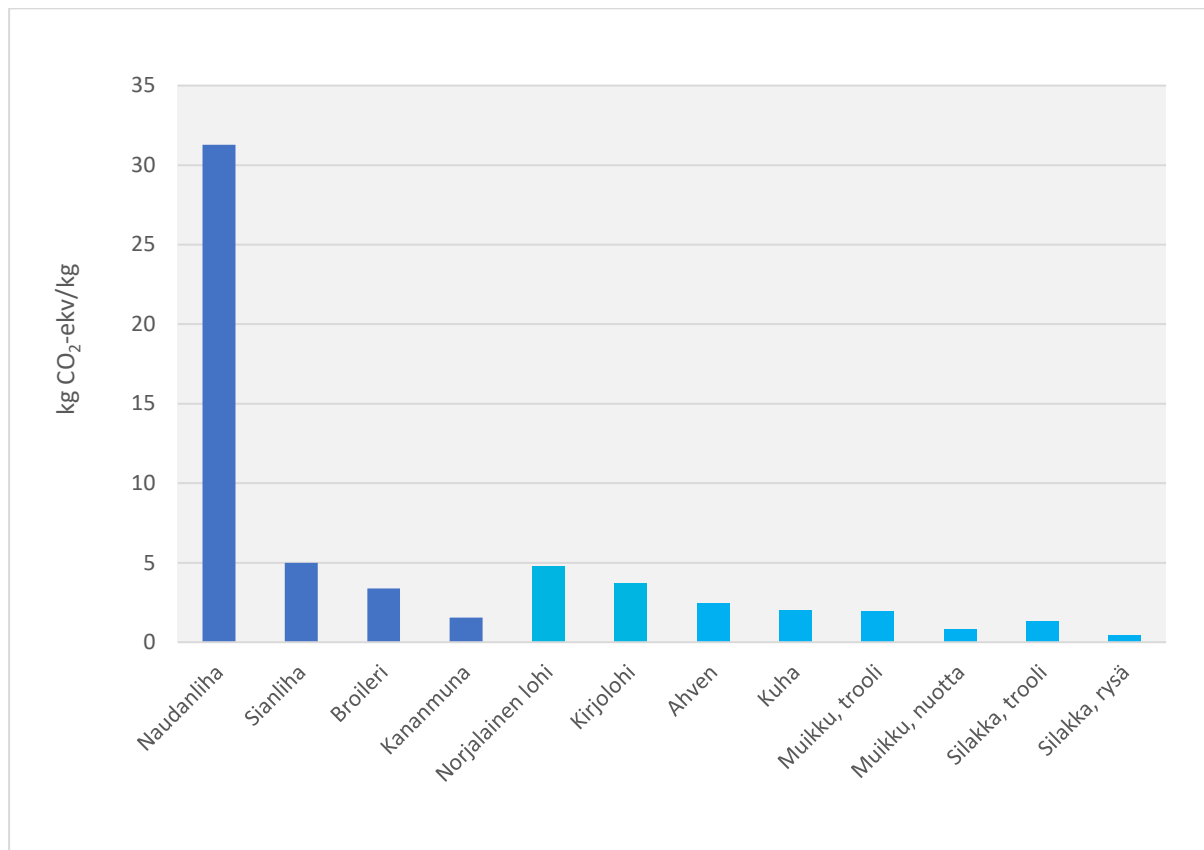
Kuva 12. Tutkitut kalatuotteet ja niiden ilmastovaikutusten jakautuminen tuotantovaiheittain.

Kuljetukset oli organisoitu tehokkaasti kaikissa tutkituissa tuotteissa ja niiden osuus vaihteli kalastetuissa kaloissa välillä pienin (fileoitu troolilla pyydystetty silakka) 8 % ja suurin 21 % (perattu nuotalla pyydystetty muikku). Kasvatetuissa kaloissa kuljetusten osuus oli vain muutamia prosentteja johtuen osin suurista kuljetuseristä ja osittain myös siitä, että kasvatetun kalan kokonaisilmastovaikutus on suurempi ja kuljetusten osuus jää myös siksi pienemmäksi. Hiilidioksidiekvivalentteina suurin ilmastovaikutus kuljetuksissa oli kuhafileellä, tämän jälkeen ahvenfileellä ja peratulla nuotalla pyydetyllä muikulla ja näiden jälkeen troolilla pyydetyllä peratulla muikulla. Näissä kaikissa erät olivat pieniä ja kuljetusten osuus ylitti 0,15 kg CO₂-ekv/kg.

Jalostuksen osuus ilmastovaikutuksesta oli pieni kaikilla tutkituilla tuotteilla. Tuotteiden välinen ero johtui eroista eri tuotantolaitosten energiankulutuksessa ja energiaprofiilissa. Eroja oli enemmänkin ilmanvaihdon, lämmityksen ja valaistuksen osalta kuin itse laitteistojen energiankulutuksissa.

Pyyntivälineiden ja veneiden osuus kalastettujen kalojen ilmastovaikutuksesta oli hyvin pieni. Tämä johtui veneiden, rysien ja troolien pitkästä käyttöiästään sekä verkkojen massan vähäisestä määrästä saatuihin kalansaaliisiin nähden – yksi verkko painaa suunnilleen yhden kilogramman.

Kaikilla kalastetuilla kalatuotteilla oli pienempi ilmastovaikutus kuin broilerinlihalla (Hietala 2021), sianlihalla (Hietala ym. 2022) ja naudanlihalla (Hietala et al. 2021), kun taas broilerinlihalla oli hieman pienempi ilmastovaikutus kuin kasvatetulla kirjolohella ja norjalaisella lohella. Ilmastovaikutus on tuotantoeläimellä sitä suurempi mitä enemmän rehua tarvitaan suhteessa tuotantoeläinten lisäkasvuun. Kananmunan tuotantoketjun ilmastovaikutus (Silvenius ym. 2021) oli lähellä troolikalastettua muikkua (Kuva 13). Huomattavaa on kuitenkin, että elintarviketuotteet eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään erilaisten ravitsemusominaisuuksien takia.



Kuva 13. Liha- ja kalatuotteiden ilmastovaikutusten vertailu kg CO₂-ekv/kg (syötävää osaa).

Suhteessa aiempiin tutkimuksiin kuha- ja ahvenfileen sekä silakkafileen ilmastovaikutus oli suunnilleen sama kuin aiemmin ilmoitettu (Silvenius et al. 2017). Kotimaisen kirjolohen ilmastovaikutus oli 9 % pienempi kuin kymmenen vuotta sitten tehdyssä laskelmassa, kun taas norjalaisen lohien tulos oli 14 % suurempi kuin aiemmassa laskelmassa (Winther et al. 2019). Tämä laskelma norjalaisesta lohesta vastasi Ziegler et al. (2020) julkaisemaa tulosta. Syynä norjalaisen lohien korkeampaan tulokseen voi olla mm. maankäytön muutosten aiempaa tarkempi mallintaminen. Suomessa taas ilmastovaikutus on laskenut soijatuotteiden vähenemisen ansiosta, sekä siksi, että rehun tuotannossa käytetään nykyään enemmän uusiutuvaa energiaa. Myös rehukerroin on laskenut jonkin verran.

On huomattavaa, että tässä tutkimuksessa käsiteltiin pelkästään tuotteiden ilmastovaikutusta, kun kalatalouteen liittyy myös muita ympäristövaikutuksia. Kalastus ei saa ylittää kalakantojen tuotantoa. Kalastus poistaa ravinteita vedestä, kun taas vesiviljely lisää niitä. Kiertovesikasvatuksen ravinnekuormitus on pienempi kuin verkkoallaskasvatuksen, mikä parantaa tältä osin kiertovesikasvatuksen kestävyttä verkkoallaskasvatukseen verrattuna. Kalatalouden kestävyysarvioiteja ja kestävyuden parantamiseen liittyviä toimenpiteitä onkin suunniteltava siten, että mahdollisimman monet osatekijät huomioidaan.

8. Viitteet

- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT technology 258.
- Aas, T.S., Sixten, H.J., Hillestad, M., Ytrestøyl, T., Sveier, H. & Åsgård, T. 2020. Feed intake, nutrient digestibility and nutrient retention in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with different physical pellet quality. *Journal of fisheries* 8.
- Aas, T.S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. 2019. Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture reports* 15.
- Aas, T.S., Ytrestøyl, T., Sixten, H.J., Hillestad, M., Sveier, H. & Åsgård, T. 2020. Physical feed properties affect gastrointestinal passage rate in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquacult. Nutr.* 27, 386.
- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT technology 258.
- Avadí, A., Bolaños, C., Sandoval, I. & Ycaza, C. 2015. Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 20. pp. 1415–1428.
- Avadí, A. & Freon, P. 2013. Life cycle assessment of fisheries: A review for fisheries scientists and managers. *Fisheries research* 143: 21–38.
- Avadí, A., Fréon, P. & Quispe, I. 2014. Environmental assessment of Peruvian anchoveta food products: is less refined better? *Int. J. Life Cycle Assess.* 19. pp. 1276–1293.
- Avadí, A., Pelletier, N., Aubin, J., Ralite, S., Núñez, J. & Fréon, P. 2015. Comparative environmental performance of artisanal and commercial feed use in Peruvian freshwater aquaculture. *Aquaculture* 435: 52–66.
- Bartek, L., Strid, I., Henryson, K., Junne, S., Rasi, S. & Eriksson, M. 2021. Life cycle assessment of fish oil substitute produced by microalgae using food waste. *Sustainable Production and Consumption* 27: 2002–2021.
- Bergman, K., Henriksson, P.J.G., Hornborg, S., Troell, M., Borthwick, L., Jonell, M., Philis, G. & Ziegler, F. 2020. Recirculating Aquaculture Is Possible without Major Energy Tradeoff: Life Cycle Assessment of Warmwater Fish Farming in Sweden. *Environ. Sci. Technol.* 54, 16062.
- Birnie-Gauvin, K., Thorstad, E.B. & Aarestrup, K. 2019. Overlooked aspects of the *Salmo salar* and *Salmo trutta* lifecycles. *Rev Fish Biol Fisheries* 29: 749–766. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09575-x>
- Bohnes, F.A., Hauschild, M.Z. & Laurent, A. 2018. Methodological choices of LCA applied to aquaculture systems: A critical review & recommendations. *Proceedings of the 11th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2018 (LCA Food) in conjunction with the 6th LCA AgriFood Asia and 7th International Conference on Green and Sustainable Innovation (ICGSI)*, 172.
- Cortés, A., Esteve-Llorens, X., González-García, S., Moreira, M.T. & Feijoo, G. 2021. Multi-product strategy to enhance the environmental profile of the canning industry towards circular economy. *The Science of the total environment* 791, 148249.

- EU 2020. Pelloilta pöytään -strategia. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0005.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission 2020. Facts and Figures on the Common Fisheries Policy (2020 edition).
- FAO 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Gephart, J.A., Henriksson, P.J.G., Parker, R.W.R., Shepon, A., Gorospe, K.D., Bergman, K., Eshel, G., Golden, C.D., Halpern, B.S., Hornborg, S., Jonell, M., Metian, M., Mifflin, K., Newton, R., Tyedmers, P., Zhang, W., Ziegler, F. & Troell, M. 2021. Environmental performance of blue foods. *Nature (London)* 597: 360–365.
- Grönroos, J., Seppala, J., Silvenius, F. & Makinen, T. 2006. Life cycle assessment of Finnish cultivated rainbow trout. *Boreal Environment Research* 11: 401–414.
- Halpern, B. S. et al. 2019. Opinion: Putting all foods on the same table: achieving sustainable food systems requires full accounting. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 116, 18152–18156.
- Hallström, E., Bergman, K., Mifflin, K., Parker, R., Tyedmers, P., Troell, M. & Ziegler, F. 2019. Combined climate and nutritional performance of seafoods. *Journal of cleaner production* 230: 402–411.
- Hietala, S., Heusala, H., Katajajuuri, J. M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Huuskonen, A. & Nousiainen, J. 2021. Environmental life cycle assessment of Finnish beef–cradle-to-farm gate analysis of dairy and beef breed beef production. *Agricultural Systems* 194, 103250.
- Hietala, S., Usva, K., Nousiainen, J., Vieraankivi, M-L, Vorne, V. & Leinonen, I. 2022. Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky – hankkeen loppuraportti (manuscript in preparation). *Natural resources and bioeconomy studies*. Natural Resources Institute Finland. Helsinki.
- IPCC, 2019. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].
- Kaustell, S. & Silvenius, F. 2012. Kirjallisuuskatsaus lohensukuisten kalojen kasvatuksen ympäristövaikutuksista. *MTT Raportti* 42, 36 s.
- Kallioniemi, H. 2021. Lounais-Suomen ELY-keskus. Kirjallinen tiedote 17.5.2021.
- Laso, J., Margallo, M., Fullana, P., Bala, A., Gazulla, C., Irabien, A. & Aldaco, R. 2017. Introducing life cycle thinking to define best available techniques for products: application to the anchovy canning industry. *Journal of Cleaner Production* 155. pp. 139–150.
- Llagostera, P. F., Reig, K.L. & de Gea, D. A. 2019. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *Journal of Cleaner Production*, Volume 229, 2019, Pages 10–21, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.012>.

- NCM 2021. Towards sustainable consumption in the Nordic Region. Nord 2021:024. <http://dx.doi.org/10.6027/nord2021-024>
- Nissinen, A. & Savolainen, H. 2019. Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö – ENVIMAT-mallinnuksen tuloksia. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019.
- Parker, R.W.R., Vázquez-Rowe, I. & Tyedmers, P.H. 2015. Fuel performance and carbon footprint of the global purse seine tuna fleet. *Journal of cleaner production* 103: 517–524.
- Philis, G., Ziegler, F., Gansel, L.C., Jansen, M.D., Gracey, E.O. & Stene, A. 2019. Comparing Life Cycle Assessment (LCA) of Salmonid Aquaculture Production Systems: Status and Perspectives. *Sustainability (Basel, Switzerland)* 11, 2517.
- Poore, J. & Nemecek, T. 2019. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2018 Jun 1;360(6392): 987–992. doi: 10.1126/science.aag0216. Erratum in: *Science*. 2019 Feb 22;363(6429): PMID: 29853680.
- Ruiz-Salmón, I., Laso, J., Margallo, M., Villanueva-Rey, P., Rodríguez, E., Quinteiro, P., Dias, A.C., Almeida, C., Nunes, M.L., Marques, A., Cortés, A., Moreira, M.T., Feijoo, G., Loubet, P., Sonnemann, G., Morse, A.P., Cooney, R., Clifford, E., Regueiro, L., Méndez, D., Anglada, C., Noirot, C., Rowan, N., Vázquez-Rowe, I. & Aldaco, R. 2021. Life cycle assessment of fish and seafood processed products – A review of methodologies and new challenges. *Sci. Total Environ.* 761, 144094.
- Saarinen et al. 2019. Ruokaminimi raportti. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161742>
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., ...Lubchenco, J. 2021. Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature (London)* 592: 397–402.
- Silvenius, F., Grönroos, J., Hartikainen, H., Kurppa, S., Kankainen, M., Mäkinen, T., Tahvonen, R. & Vielma, J. 2012. LCA of finnish rainbow trout, results and significance on different allocation methods. 8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, St. Malo, France, 2–4 October 2012.
- Silvenius, F., Grönroos, J., Kankainen, M., Kurppa, S., Mäkinen, T. & Vielma, J. 2017. Impact of feed raw material to climate and eutrophication impacts of Finnish rainbow trout farming and comparisons on climate impact and eutrophication between farmed and wild fish. *Journal of cleaner production* 164: 1467–1473.
- Silvenius, F., Usva, K. & Nousiainen J. 2021. Suomalaisen kananmunan ympäristöjalanjälki. Kananmunapakkaamoiden, Siipikarjaliiton ja MTK:n rahoittama tilaustutkimus. Luottamuksellinen.
- Sokka, L., Correia, S. & Koljonen, T. 2018. Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt. Teknologian tutkimuskeskus VTT.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2020. Luonnonvarakeskus, Kalan ulkomaankauppa, Tulli <https://stat.luke.fi/kalan-ulkomaankauppa-2019-ennakko.fi>.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Vesiviljely [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2021]. <http://www.stat.fi/til/vvilj/>

[https://www.google.com/search?q=norjalaisen+lohen+tuon-
nin+arvo&source=hp&ei=HGtMYbDhFaKVxc8PrJWaoAQ&iflsig=ALs-
wAMAAAAAYUx5LAY3Pygleu5gwfbsPQan5M10Fdr3&oq=norjalaisen+lohen+tuon-
nin+arvo&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EANQiwJY7ipg_S1oAHAAeAKAAQCIQAQCSAQCYAQ-
CgAQE&sclient=gws-wiz&ved=0ahUKEwIw34XrhJXzAhWiSvEDHayKBkQQ4dUD-
CAc&uact=5](https://www.google.com/search?q=norjalaisen+lohen+tuon-
nin+arvo&source=hp&ei=HGtMYbDhFaKVxc8PrJWaoAQ&iflsig=ALs-
wAMAAAAAYUx5LAY3Pygleu5gwfbsPQan5M10Fdr3&oq=norjalaisen+lohen+tuon-
nin+arvo&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EANQiwJY7ipg_S1oAHAAeAKAAQCIQAQCSAQCYAQ-
CgAQE&sclient=gws-wiz&ved=0ahUKEwIw34XrhJXzAhWiSvEDHayKBkQQ4dUD-
CAc&uact=5)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kalan ulkomaankauppa [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 23.9.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kaukaup/index.html>

Tietohaarukka 2021. Tilastotietoa ruokaketjusta. <https://www.ruokatieto.fi/sites/tietohaarukka-2021/index.html#/article/1/page/1>

Thépot, V., Campbell, A.H., Rimmer, M.A., Jelocnik, M., Johnston, C., Evans, B. & Paul, N.A. 2022. Dietary inclusion of the red seaweed *Asparagopsis taxiformis* boosts production, stimulates immune response and modulates gut microbiota in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 546, 737286.

UN 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

VRN 2014. Terveyttä ruoasta. Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., ... Murray, C.J.L. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* (British edition) 393: 447–492.

WWF Kalaopas 2021. <https://wwf.fi/kalaopas/>

Ziegler, F., Jafarzadeh, S., Skontorp Hognes, E. & Winther, U. 2021. Greenhouse gas emissions of Norwegian seafoods: From comprehensive to simplified assessment. *Journal of industrial ecology*.

9. Liite

Liite 1. Tietolähteitä.

Taulukko 1. Rehuntuotannon tietolähteet

Soijaproteiini	Soy protein concentrate, consumption mix, at feed compound plant/ SBYM, processing FI, soy BR
Soijarouhe	Soy meal, at plant/kg/RNA
Vehnä	Vehnä, tavanomainen, koko Suomen keskiarvo rehu Pro Agria
Rypsiöljy	Refined rapeseed oil, from crushing (pressing), at plant/NL Economic Modified for Central Europe
Teurassivutuotteet	Blood meal, spray dried, from blood processing, at plant/NL Economic
Rypsipuriste	Rape meal {GLO} market for APOS, U modified S FI75%, Baltia 25%
Kalajauho	Fish meal, from fish meal and oil production, at plant/NO Economic
Kalajauho	Suomalaisen tuotannon tiedot, primääridata
Kalaöljy	Fish oil, from fish meal and oil production, at plant/NO Economic
Kalaöljy	Fish oil, from anchovy {PE} fishmeal and fish oil production, 65-67% protein APOS, S
Kalaöljy	Suomalaisen tuotannon tiedot, primääridata
Maissitärkkelys	Maize starch, at plant/DE S

Taulukko 2. Polttoaineiden tietolähteet

Energia	Tietolähde
Kevyt polttoöljy	Alakangas, Sokka et al. 2018
Raskas polttoöljy	Alakangas, Sokka et al. 2018
Bensiini	Alakangas, Sokka et al. 2018
Maakaasu	Alakangas, Sokka et al. 2018
Nestekaasu	Alakangas, Sokka et al. 2018
Kivihiili	Alakangas, Sokka et al. 2018
Turve	Alakangas, Sokka et al. 2018
Hake	Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW} heat production, hardwood chips from forest, at furnace 50kW APOS, S
Keskimääräinen suomalaisien sähkö	Koottu SUST-teamin toimesta Lukessa
Aurinkosähkö	
Ydinsähkö	Electricity, nuclear, at power plant/DE U

Taulukko 3. Rakennus- ja pakkausmateriaalien tietolähteet.

Energia	Tietolähde
Teräs	Steel, low-alloyed, hot rolled {RER} production Cut-off, S
Teräs	Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for Cut-off, S
Betoni	Concrete, normal, at plant/CH U
Polypropeeni	Plastics Europe
Polyeteeni	Plastics Europe
PET	Plastics Europe
Polyamidi	Plastics Europe
Alumiini	European Aluminium Association
Lyijy	Lead, secondary, at plant/RER S



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000