VAPAA-AJANKALASTUKSEN HIILIJALANJÄLKI

The carbon footprint of recreational fishing

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2023

Tekijä: Miika Kaisto

Työn tarkastaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Anna Claudelin

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Miika Kaisto

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2023

31 sivua, 9 kuvaa, 1 taulukko ja 1 liite

Työn tarkastaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Anna Claudelin

Avainsanat: hiilijalanjälki, kasvihuonekaasupäästöt, vapaa-ajankalastus, viehekalastus, heittokalastus, uistelu

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on laskea vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki kolmessa hypoteettisessa tapauksessa. Jokaiselle tapaukselle lasketaan hiilijalanjälki, sekä saaliskilokohtainen hiilijalanjälki. Saaliskilokohtaista hiilijalanjälkeä verrataan kaupallisesti kalastetun kalan saaliskilokohtaiseen hiilijalanjälkeen. Mahdollisia keinoja vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjäljen ja muiden ympäristövaikutusten pienentämiseksi tuodaan myös esille työn lopussa.

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki muodostuu asetettujen rajausten perusteella kalastuskohteelle siirtymisestä ja kalastusvälineiden valmistuksesta, jolloin muun muassa ruokailu ja mahdollinen majoittuminen on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki oli tarkastelluissa tapauksissa välillä 0,48–210 kgCO_2e yhtä kalastusmatkaa kohden. Selkeästi pienin hiilijalanjälki oli tapauksessa 3, mikä saavutettiin vähähiilisellä siirtymismuodolla, kun taas huomattavasti isompi hiilijalanjälki muissa tapauksissa selittyy fossiilisten polttoaineiden käytöllä siirtymillä. Saaliskilokohtaisen hiilijalanjäljen vaihteluväli oli pienempi, 0,51–58 kgCO_2e/kg, saalis. Tapauksen 3 saaliskilokohtainen hiilijalanjälki oli noin viidennes kaupallisesti kalastetun kalan hiilijalanjäljestä. Muissa tapauksissa saaliskilokohtainen hiilijalanjälki oli moninkertainen kaupalliseen kalastukseen nähden.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Environmental Technology

Miika Kaisto

The carbon footprint of recreational fishing

Bachelor's thesis

2023

31 pages, 9 pictures, 1 chart and 1 figure

Examiner: Assistant Professor, D.Sc (Tech) Ville Uusitalo

Instructor: Post-doctoral Researcher, D.Sc (Tech) Anna Claudelin

Keywords: carbon footprint, greenhouse gas emissions, recreational fishing, lure fishing, casting, trolling

The goal of this bachelor's thesis is to calculate the carbon footprint of recreational fishing in three different hypothetical cases. The carbon footprint and carbon footprint per kilogram of catch are calculated for each case. The carbon footprint per kilogram of catch is compared to the carbon footprint per kilogram of catch in commercial fishing. Possible ways to reduce the carbon footprint and other environmental impacts are presented at the end of the thesis.

Based on the set limitations, the carbon footprint of recreational fishing consists of transiotion to fishing destination and the manufacture of fishing gear in which case eating and possible accommodation among other things are excluded from the study. The carbon footprint of recreational fishing varied from 0,48 $kgCO_2e$ to 210 $kgCO_2e$ per one fishing trip. The lowest carbon footprint was clearly in case 3, which was achieved with a low-carbon transition form whereas higher values in other cases are due the use of fossil fuels in transiotion. There was less variation in the carbon footprint per kilogram of catch, result varying between 0,51–58 $kgCO_2e/kg$, catch. The carbon footprint per kilogram of catch was about fifth of the carbon footprint per kilogram of commercial fishing catch. In other cases the carbon footprint per kilogram was multiple compared the commercial fishing.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

s	matka	[km]
t	aika	[h]
v	nopeus	[km/h]
V	polttoaineen kulutus	[*l*, *l*/h, *l*/km, *l*/100 km]

Yksiköt

CO_2e	hiilidioksidiekvivalentti
hv	hevosvoima
kg	kilogramma
kg, saalis	saaliskilogramma
kWh	kilowattitunti
ppm	parts per million, miljoonasosa
ppb	parts per billion, miljardisosa
%	prosentti
°C	celsiusaste

Alaindeksit

avg	keskimääräinen
tot	yhteensä
yhd	yhdistetty

Lyhenteet

IPCC	International Panel on Climate Change, Hallitusten välinen ilmastonmuutos-paneeli
LCI	Life Cycle Inventory analysis, Elinkaari-inventaarioanalyysi
LCIA	Life Cycle Impact Assessment, Ympäristövaikutusarviointi

Luke	Luonnonvarakeskus
NASA	National Aeronautics and Space Administration, Yhdysvaltain liittohallituksen alainen ilmailu- ja avaruushallintovirasto
NOAA	National Oceanic and Athmospheric Administration, Yhdysvaltain liittovaltion sää- ja valtamerentutkimusorganisaatio
SVT	Suomen virallinen tilasto

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto 6
2 Ilmastonmuutos 9
3 Vapaa-ajan kalastus 11
4 Menetelmät ja aineistot 14
4.1 Hiilijalanjälki 14
4.2 Case-tarkastelu 16
4.2.1 Case 1, Viehekalastusviikko Oulangan kansallispuistossa 16
4.2.1 Case 2, Uisteluviikonloppu Saimaalla 16
4.2.2 Case 3, Viehekalastuspäivä Kivisalmen pumppaamolla 18
4.3 Oletukset ja rajaukset 18
4.4 Henkilöauton ja veneen polttoaineen kulutus 20
5 Tulokset ja analyysi 24
5.1 Kalastusvälineet 24
5.2 Kokonaishiilijalanjälki 25
5.3 Hiilijalanjälki saaliskiloa kohden 27
6 Keskustelua 28
7 Johtopäätökset 31
Lähteet 32

Liitteet

Liite 1. Hiilijalanjälkilaskennan tulokset

1 Johdanto

Suomalaisten kulutuksen hiilijalanjälki on globaalisti kestäväksi asetetusta 2,5 tonnin vuositasosta kaukana. Keskimääräinen suomalaisen kulutuksen hiilijalanjälki ylsi yli 10 tonniin vuonna 2019. (Valtioneuvoston kanslia 2022). Globaaliin tasoon pääsy vaatisi siis hiilijalanjäljen pienentämistä neljäsosaan nykyisestä. Nissisen ja Savolaisen (2019, 19) tutkimuksen mukaan kotitalouksien kulutus muodostaa 66 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Ruoan ja alkoholittomien juomien osuus kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjäljestä on noin viidennes (Nissinen & Savolainen 2019, 31). Ruokavalion merkitys ruoan kokonaishiilijalanjäljessä on merkittävä. Kalantuotanto aiheuttaa huomattavasti pienemmän hiilijalanjäljen (6 kg CO_2e/kg tuote) pihvi- tai maitokarjan ja lampaanlihan (20–30 kg CO_2e/kg tuote) tuotantoon nähden (Kankainen et al. 2022, 11.).

Kalastetun luonnonkalan hiilijalanjälki saaliskiloa kohden laskettiin Kankaisen et al. (2022) tutkimuksessa ammattiverkkokalastuksen osalta ahvenelle sekä kuhalle. Tutkimuksen mukaan verkkokalastetun kalan hiilijalanjälki vaihteli välillä 2–2,5 kg CO_2e/kg. Norjassa kasvatetun lohen tai Suomessa kasvatetun kirjolohen hiilijalanjälki vaihteli välillä 3,7–10 kg CO_2e/kg,saalis. Tutkimuksessa havaittiin kalastetun kalan osalta polttoaineen kulutuksessa saaliskiloa kohden suurta vaihtelua eri kalastajien välillä etenkin ahvenen ja kuhan osalta venematkan pituuden ja saalismäärän vaihtelun vuoksi (Kankainen et al. 2022, 26–27). Kalastus on Suomessa suosittu harrastus ja merkittävä osa saaliista päätyy myös ihmisravinnoksi. Vapaa-ajan kalastuksen osalta kattavaa hiilijalanjäljen laskentaa ei ole vielä tehty.

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälkeä matkustamisen päästöjen osalta on arvioitu Blumbergan ja Grizanen (2020, 493–512) tutkimuksessa. Tutkimuksessa tarkasteltiin Latvian länsirannikolle kohdistuneita kalastusmatkoja. Tutkimuksesta käy ilmi, että raskailla ajoneuvoilla, kuten matkailuautolla ja pakettiautolla, matkustaessa päästöt ovat useita kertoja suu-

remmat verrattuna henkilöautolla matkustamiseen. Lisäksi ajoneuvon täyttöasteen huomattiin olevan puolet matkailuautoilla ja alle kolmasosan muilla ajoneuvoilla, mikä nostaa merkittävästi matkustajakohtaisia päästöjä. (Blumberga & Grizane 2020.)

Veneen käyttö vapaa-ajankalastuksessa on yleistä sekä merellä että sisävesillä. Veneen avulla saaliin etsiminen on huomattavasti tehokkaampaa ja nopeampaa verrattuna rannalta kalastamiseen, koska kalastuspaikka voidaan vapaasti valita venettä käytettäessä. Veneen ja sen voimanlähteen (yleensä perämoottori) valmistus ja kalastuksessa tarvittavat välineet tuottavat päästöjä valmistusvaiheessa. Veneellä liikkuminen aiheuttaa yleensä suoria päästöjä käyttövaiheessa, koska suurin osa perämoottoreista on edelleen polttomoottoreita. Tehokkaimpien sähköperämoottorien teho vastaa tällä hetkellä 25 hv, mikä rajoittaa korkean hinnan ohella vielä sähkön yleistymistä perämoottorien voimanlähteenä (Torqeedo 2023). Blumbergan ja Grizanen (2020) tutkimuksessa keskityttiin vain vapaa-ajankalastajien matkailun päästöihin, mutta tässä työssä tarkastellun kohteena ovat myös kalastusvälineet sekä muut kalastukseen liittyvät osa-alueet. Kuitenkin ennen laskentaa voidaan tehdä hypoteesi, että matkustamisella polttomoottoriautolla ja siirtymisellä veneellä kalastuskohteelle on merkittävin vaikutus vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälkeen.

Tämän työn tavoitteena on selvittää vapaa-ajan viehekalastuksen ja uistelun päästölähteet, sekä laskea kolmen erilaisen kalastusmatkatapauksen hiilijalanjälki seuraavissa luvuissa esitettyjen rajausten ja oletusten pohjalta. Hiilijalanjäljen laskennassa päästölähteet rajataan siirtymisen ja kalastusvälineistön aiheuttamiin päästöihin. Majoittuminen ja ruoka jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Kalastusmuodot on tutkimuksessa rajattu uisteluun ja viehekalastukseen, vaikka verkkokalastus ja katiskan sekä rysän käyttö on Suomessa yleistä. Hiilijalanjälki lasketaan saaliskiloa kohden ja tuloksia verrataan kaupasta ostettuun kalaan, joka on pyydetty ammattiverkkokalastajan toimesta tai kasvatettu kalankasvattamossa. Tutkimuksen tarkoituksena ei ole luoda yleispätevää tulosta, vaan tarkastella vapaa-ajan kalastuksen hiilijalanjäljen rakennetta ja luoda pohja tuleville tutkimuksille. Tässä kandidaatintyössä vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki saaliskiloa kohden?

- Mikä on vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki saaliskiloa kohden verrattuna ammattiverkkokalastukseen?
- Miten vapaa-ajan kalastuksen hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää?

Kandidaatintyö koostuu seuraavista luvuista: teoreettinen tausta, menetelmät ja aineistot, tulokset ja analyysi sekä johtopäätökset. Tarkemmat tulokset laskelmista ovat liitteenä työn loppupuolella.

2 Ilmastonmuutos

Ilmaston luonnollinen vaihtelevuus aiheuttaa ilmaston muuttumisen niin lyhyellä kuin pitkällä tarkasteluajanjaksolla. Ilmaston luonnollista vaihtelua on esiintynyt aina sekä paikallisesti että globaalisti. Luonnollinen vaihtelu on aiheuttanut väliaikaisia ja syklisiä muutoksia sääilmiöihin, kuten lämpötilaan ja keskisadantaan. Jääkausien aikaiset ja niiden väliset lämpimät jaksot ovat todennäköisesti aiheutuneet ilmaston luonnollisten syklien seurauksena. Kautta vuosituhansien maapallolla ovat vuorotelleet äärimmäisen kylmät ja äärimmäisen kuumat ilmastojaksot. (Wong 2016, 5.)

Viime vuosikymmenten kiihtyvän lämpenemisen tekijöistä puhuttaessa ihmistoiminnan vaikutusta ei voida sivuuttaa. Useat maineikkaat organisaatiot, kuten hallitusten välinen ilmastopaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), Yhdysvaltain liittovaltion sää- ja valtamerentutkimusorganisaatio (National Oceanic and Atmospheric Admisnistration, NOAA) ja Yhdysvaltain liittohallituksen alainen ilmailu- ja avaruushallintovirasto (National Aeronautics and Space Administration, NASA) ovat dokumentoineet todisteita kiihtyneestä ilmaston keskilämpötilan noususta teollistumisen jälkeen. (Wong 2016, 5.) Salosen et al. (2018) mukaan vuoteen 2016 mennessä ilmaston keskilämpötila oli noussut ennätykselliset 1,1 °C esiteolliseen aikaan nähden.

Ilmastonmuutoksella viitataan usein teollistumisen jälkeen havaittavaan ilmaston keskilämpötilan kiihtyvään lämpenemiseen. Yksinkertaisesti selitettynä ilmaston lämpeneminen ilmaisee ilmakehän asteittaista lämpötilan nousua, joka aiheutuu enimmäkseen kasvihuoneilmiöstä. Tarkastellessa ilmiötä tarkemmin, on määriteltävä ilmaston lämpötilaan vaikuttavat tekijät. Ilmasto on monimutkainen järjestelmä, joka koostuu maa-alasta, vesistöistä, ilmakehästä ja elävistä olennoista. Ilmastoa voidaan kuvailla ilmakehän avulla. Yleisesti ilmaston tulkitaan esittävän kaikkien säätyyppien keskiarvoa, joka koostuu lämpötilasta, tuulesta ja sadannasta tarkastellulla aikavälillä. (Wong 2016, 61.) Aurinko on päätekijä maapallon ilmasto-olojen muuttumisessa, minkä vuoksi auringonsäteilyn määrän muuttumisella on mah-

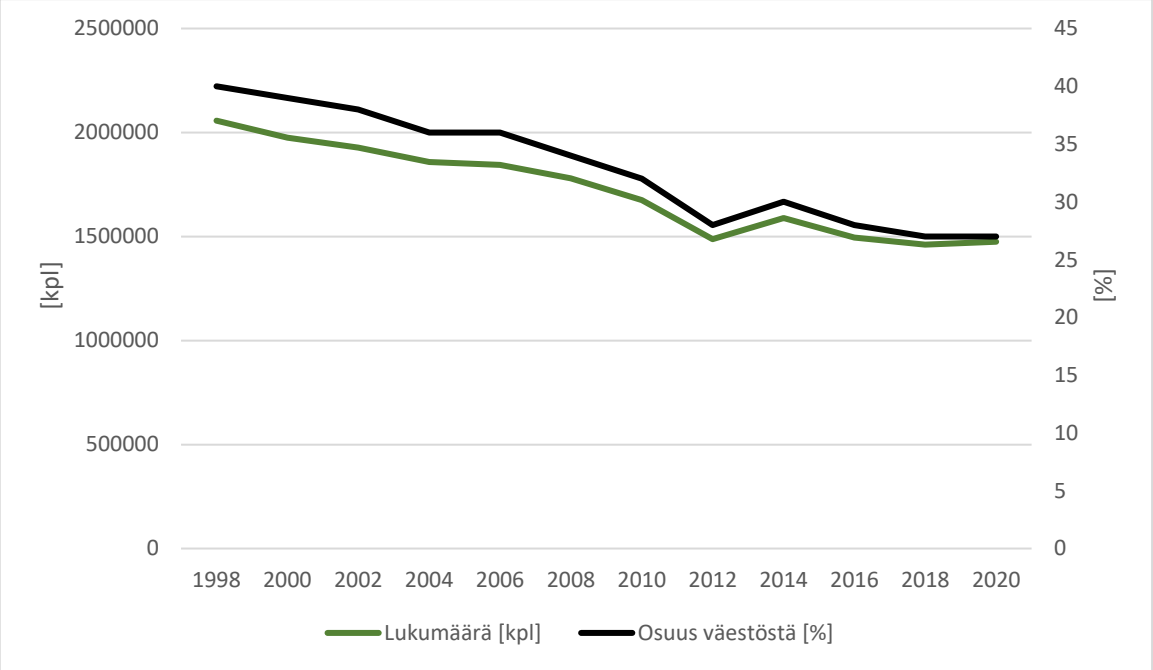
dollisesti merkittävä vaikutus ilmastojärjestelmään. Säteilymäärän muuttuminen voi aiheutua maan ja auringon etäisyyden, auringon säteilytehon, maasta heijastuneen säteilyn tai pilvipeitteen muutoksesta. (Wong 2016, 61–62.)

Kasvihuonekaasut, ilmakehän hiukkaset, sekä pilvet heijastavat osan maahan kohdistuvasta auringonsäteilystä takaisin maahan estäen näin lämpösäteilyn karkaamisen avaruuteen, jolloin ilmaston lämpötila nousee. Pilvet kuitenkin myös heijastavat osan maahan kohdistuvasta auringonsäteilystä. Ilmakehä koostuu typestä ja hapesta pääosin, mutta kasvihuoneilmiöön niiden vaikutus on olematon. Sen sijaan hiilidioksidi ja vesihöyry ovat merkittävimmät kasvihuonekaasut. Hiilidioksidin osuus ilmakehässä on lisääntynyt räjähdysmäisesti teollistumisen jälkeen pääosin fossiilisten polttoaineiden polton seurauksena. Puut käyttävät ilmakehän hiilidioksidia tuottaakseen happea, jolloin metsien hakkuu heikentää metsien hiilensidontakapasiteettia, mikä kasvattaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. (Wong 2016, 62.) Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus saavutti uuden ennätysarvonsa 400 ppm metaanin (1845 ppb) ja typpioksidin (328 ppb) ohella vuonna 2016 esiteolliseen aikaan nähden (Salonen et al. 2018, 1).

Kasvihuonekaasujen rajoittaminen on välttämätöntä ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen kannalta on oleellista arvioida eri toimintojen tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä. Tuotteille tai palveluille lasketut hiilijalanjäljet ilmaisevat tarkastellun prosessin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilijalanjälkeä tarkastelemalla saadaan selville, mistä elinkaaren vaiheesta syntyy suurimmat päästöt, minkä avulla päästövähennystavoitteet voidaan kohdentaa mahdollisimman tehokkaasti. Hiilijalanjälki auttaa myös kuluttajaa hahmottamaan tuotteen tai palvelun ilmastovaikutusta, jolloin ympäristöystävällisten valintojen tekeminen on helppoa ympäristövaikutuksiin perehtymättömälläkin kuluttajalla.

3 Vapaa-ajan kalastus

Suomessa oli Suomen virallisen tilaston (SVT) mukaan noin 1,5 miljoonaa vapaa-ajankalastajaa vuonna 2020. Tilasto päivitetään kahden vuoden välein. Suomalaisista noin 27 % harrastaa kalastusta eli lukeutuu vapaa-ajankalastajiin. (Luke 2022). Kuvassa 1 on esitetty vapaa-ajankalastajien määrän muutos vuosina 1998–2020.

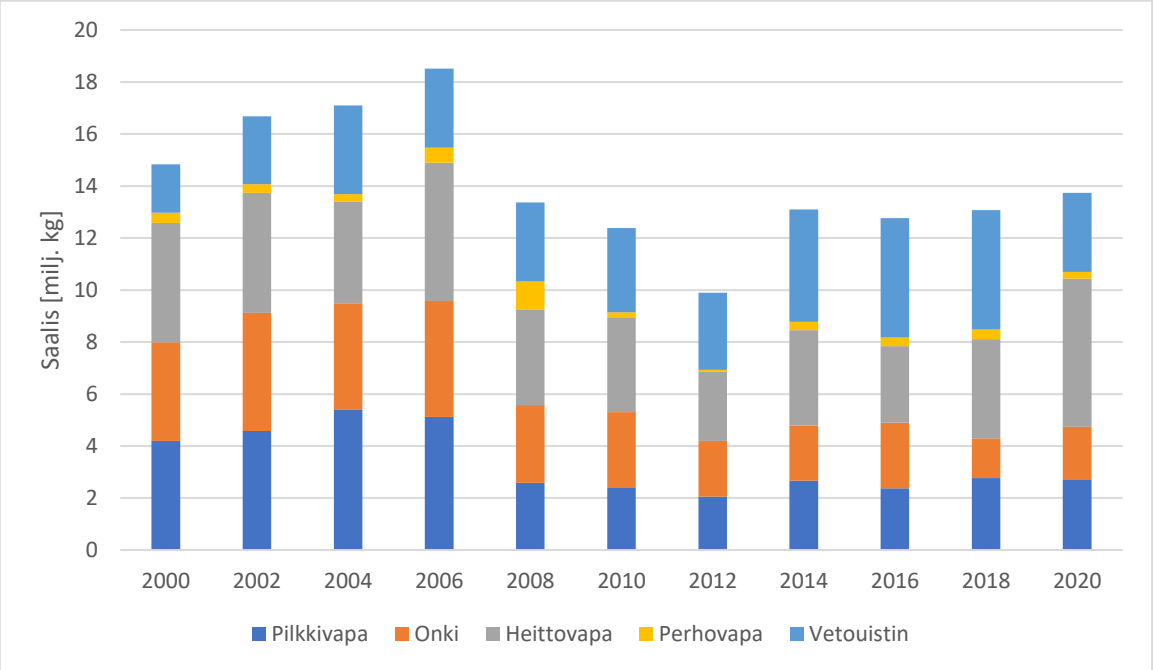


Kuva 1. Vapaa-ajankalastajien määrä ja osuus väestöstä vuosina 1998–2020. Mukaillen Luonnonvarakeskuksen (2022) tilastoa.

Vapaa-ajankalastuksen suosio on laskenut selvästi kuvan 1 tilaston mukaan. Kun vapaa-ajankalastajien osuus oli vielä 2000 luvun vaihteessa yli 35 %, oli osuus tasaantunut noin 27 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Suurimpana tekijänä muutoksen taustalla näyttäytyy Luken tilastotietokannan (2022) mukaan verkkokalastuksen ja onkimisen suosion lasku. Vuoteen 2018 mennessä verkkokalastajien määrä oli lähes puolittunut ja onkimisen harrastajien määrä on laskenut yli 400 000:lla. Nuorempi sukupolvi ei Sinervän(2015) mukaan ole yhtä kiinnostunut verkkokalastamisesta tai pilkkimisestä, millä on näin ollen ollut laskeva vaikutus vapaa-ajankalastajien määrään.

Vapaa-ajankalastus on nimensä mukaan vapaa-ajalla tapahtuvaa kalastusta. Tyypillisiä vapaa-ajankalastusmuotoja ovat onginta, heittokalastus, jigikalastus, perhokalastus, vetouistelu sekä pilkkiminen. Verkon, katiskan ja rysän käyttö on myös yleistä vapaa-ajankalastajien keskuudessa. Onkiminen on Suomessa vapaa-ajankalastuksen muodoista suosituin (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). Onkimisen osuus vuosittaisesta kokonaissaaliista oli kuitenkin vain yksi kymmenys Luken (2022) tilaston mukaan. Vapaa-ajankalastajien kokonaissaalis oli 30 miljoonaa kiloa vuonna 2020. Verkkokalastuksen osuus saaliista oli 36 % ja katiskan sekä rysän osuus oli 18 % eli pyydyskalastus muodosti yli puolet kokonaissaaliista. Ahven ja hauki ovat yleisimmät vapaa-ajankalastajien saaliskalalajit, osuuden ollessa noin 55 % kokonaissaaliista. (Luke 2022.)

Seuraavassa kuvassa on esitetty pilkkivavalla, ongella, heitto- ja perhovavalla sekä vetouistelemalla saatu saalis [milj. kg] vuosina 2000–2020. Pilkkimisen ja onkimisen osalla saaliissa huomataan tapahtuneen selkeää laskua 2000-luvun alusta, kun tarkastellaan kuvaa 2. Muissa diagrammin kalastusmuodoissa ei ole nähtävissä selkeää trendiä. Vapaa-ajan kalastus on nykyään elämyskeskeisempää, mikä mahdollisesti selittää pilkkimisen ja onkimisen suosion laskua. Pilkkimällä ja onkimalla saaliiskoko on yleensä pienempi ja kalastus on staattisempaa verrattuna muihin vapakalastuslajeihin.



Kuva 2. Vapaa-ajankalastajien saalis pilkkivavalla, ongella, heitto- ja perhovavalla sekä vetouistelemalla [milj. kg]. Mukaillen Luonnonvarakeskuksen (2022) tilastoa.

Suomen koko kalansaaliista vapaa-ajankalastajat pyytävät noin kolmanneksen, kun taas sisävesillä vapaa-ajankalastajien kalansaaliin osuus kokonaissaaliista on lähes 90 %. Ihmisravinnoksi vapaa-ajankalastajien saaliista päätyy kolme neljäsosaa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.) Kotimaisesta elintarvikekäyttöön päätyvästä kalasta yli 60 % on vapaa-ajankalastuksen saalista (Vainikka 2023). Vapaa-ajankalastus keskittyy suurien kaupunkien läheisyyteen ja Järvi-Suomen kesämökkialueille (Maa- ja metsätalousministeriö 2022).

4 Menetelmät ja aineistot

Työssä suoritettavat laskut toteutetaan hiilijalanjälkilaskennalla. Hiilijalanjälki selitetään ensimmäisessä alaluvussa. Tarkastellut tapaukset esitellään toisessa alaluvussa. Kolmannessa alaluvussa esitellään laskennan rajaukset. Neljännessä alaluvussa esitellään henkilöauton ja veneen polttoaineenkulutuksen laskenta.

4.1 Hiilijalanjälki

Tuotteen tai palvelun hiilijalanjäljen laskennassa tarkastellaan yleensä koko elinkaarta raaka-aineiden hankinnasta loppukäsittelyyn. Tuotteen tai palvelun elinkaari koostuu raaka-aineiden hankinnasta, suunnittelusta, tuotannosta, kuljettamisesta tai toimittamisesta sekä käytöstä ja loppukäsittelystä. Kasvihuonekaasuja syntyy elinkaaren eri vaiheissa ja mahdollisesti myös poistuu tuotteen elinkaaren aikana. (SFS-EN ISO 14067 2018, 7–20.) Tuotteen hiilijalanjälki ilmaisee ISO 14067- standardin (2018) mukaan: ”*Tuotejärjestelmän kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien summaa, joka ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina ja perustuu elinkaariarviointiin, jossa käytetään vain yhtä vaikutusluokkaa eli ilmastonmuutosta*”. Tuotteelle voidaan laskea myös osittainen hiilijalanjälki, jolloin tarkastelu rajautuu vain valittuihin elinkaaren vaiheisiin ja niiden sisältämiin prosesseihin (SFS-EN ISO 14067:2018, 11).

Tuotejärjestelmä koostuu perus- sekä tuotevirtojen muodostamasta sarjasta yksikköprosesseja, joilla on yksi tai useampi määritelty funktio. Tuotejärjestelmä kuvaa tuotteen tai palvelun elinkaarta. Perusvirrat muodostuvat ympäristöstä järjestelmään tulevista jalostamattomista materiaali- ja energia virroista, sekä järjestelmästä ympäristöön poistuvista loppuun käsitellyistä materiaali- ja energiavirroista. Hiilidioksidiekvivalentti (CO_2e) ilmaisee tuotteen tai palvelun yksikköprosessien aiheuttamien kasvihuonekaasujen säteilypakotteen summan hiilidioksidin säteilypakotteeseen nähden (SFS-EN ISO 14067:2018, 13).

Hiilijalanjäljen laskenta sisältää SFS-EN ISO 14067:2018 - standardin mukaan neljä vaihetta: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, elinkaari-inventaarioanalyysi, ympäristövaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. Hiilijalanjäljen laskennan tavoitteena on yleisesti laskea tuotteen tai palvelun potentiaalinen ilmastovaikutus hiilidioksidiekvivalenttina (CO_2e) elinkaaren ajalta tai valittujen rajausten mukaan huomioimalla merkittävät kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat (SFS-EN ISO 14067:2018, 23).

Elinkaari-inventaarioanalyysi (Life Cycle Inventory analysis, LCI) koostuu viidestä vaiheesta, jotka toteutetaan tarvittaessa. Elinkaari-inventaarioanalyysi alkaa tietojen kokoamisella ja varmentamisella, jonka jälkeen arvot suhteutetaan yksikköprosessiin sekä toiminnalliseen tai ilmoitettuun yksikköön. (SFS-EN ISO 14067 2018, 29). Toiminnallinen yksikkö ilmaisee tuotejärjestelmän määrällisen suorituskyvyn. Ilmoitettua yksikköä käytetään referenssiyksikkönä osittaisen hiilijalanjäljen laskennassa. Ilmoitettu yksikkö voi olla esimerkiksi 1 kg primääriterästä tai 1 m^3 raakaöljyä. (SFS-EN ISO 14067 2018, 15.) Tietojen suhteuttamisen jälkeen toteutetaan järjestelmän rajojen tarkentaminen, jolla rajataan tarkastelu hiilijalanjälkiselvityksen osalta merkittäviin syötteisiin ja tuotoksiin. Viimeinen vaihe elinkaari-inventaarionanalyysissa on allokointi. Allokointimenettelyssä yksilöidään muiden tuotejärjestelmien kanssa kytkeytyvät prosessit. Allokointimenettelyn tarkoituksena on kuvata alkuperäisiä syöte-tuotos-suhteita sekä syötösten ja tuotosten perusominaisuuksia mahdollisimman tarkasti.

Ympäristövaikutusarvioinnin (Life Cycle Impact Assesment, LCIA) tavoitteena on ymmärtää ja tarkastella tuotejärjestelmän mahdollisten ympäristövaikutusten laajuutta ja merkittävyyttä tuotteen elinkaaren aikana (SFS-EN ISO 14067 2018, 16). Ympäristövaikutusarvioinnissa jokaiselle tuotejärjestelmälle lasketaan ilmastovaikutus kertomalla vapautuneen tai mahdollisesti poistuneen kasvihuonekaasun massa ilmaston sadan vuoden lämmityspotentiaalilla, jonka IPCC ilmoittaa yksikössä CO_2e kg/kg, päästö (SFS-EN ISO 14067 2018, 39.)

Tulosten tulkinnassa yksilöidään aluksi merkittävät tulokset. Tämän jälkeen tulosten täydellisyyttä ja johdonmukaisuutta arvioidaan herkkyysanalyysi mukaan lukien. Arvioinnin ja

herkkyysanalyysin perusteella muodostetaan johtopäätökset, laskennan rajoitukset ja suositukset. (SFS-EN ISO 14067:2018, 30–39).

4.2 Case-tarkastelu

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjäljen koostumuksen selvittämiseksi tutkimuksessa luodaan kolme erilaista tapausta eli casea. Tapauksista luodaan erilaisia suurimpien hiilijalanjäljen osa-alueiden erottamiseksi. Tarkasteltavat tapaukset ja rajaukset esitetään seuraavissa alaluvuissa.

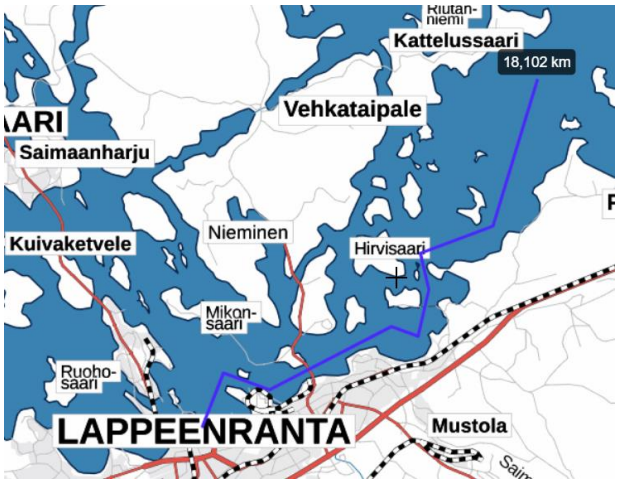
4.2.1 Case 1: Viehekalastusviikko Oulangan kansallispuistossa

Kalastusmatkan kalastusosuuden pituus on seitsemän vuorokautta. Matka Sokos Hotel Lappee – Oulangan luontokeskus, suoritetaan henkilöautolla. Matkan pituus yhteen suuntaan on 737 km (Google Maps 2022c), jolloin kokonaisajomatkaksi saadaan 1474 km. Autoa ei käytetä kalastusviikon aikana, vaan siirtyminen suoritetaan jalan. Kalastustapa matkalla on heittokalastus. Käytössä on avokelavapa ja -kela. Vieheinä reissulla on mukana kuusi vaappua sekä kuusi jigiä. Vieheitä säilytetään yhdessä pienessä vieherasiassa.

4.2.1 Case 2: Uisteluviikonloppu Saimaalla

Kalastusveneen oletetaan sijaitsevan Lappeenrannan satamassa, johon on matkaa 1 km (Google Maps 2022b) Sokos Hotel Lappeesta. Matka satamaan toteutetaan kävellen. Uisteluviikonloppu alkaa lauantaina aamupäivästä ja päättyy sunnuntaina illasta eli kalastusaika on noin kaksi päivää. Vetouistelussa on käytössä kuusi vetouisteluvapaa, joissa jokaisessa

on hyrräkela. Mukana veneessä on yhteensä 30 vaappua, joita säilytetään isossa vieherasiassa. Matkaa ensimmäiseen uistelukohteeseen Haukiselälle on noin 18 km. Siirtymäreitti on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Siirtymä (sininen viiva) ensimmäiselle kohteelle Lappeenrannan satamasta Haukiselälle. Kuva piirretty Maanmittauslaitoksen (2022) Karttapaikka-palvelulla.

Haukiselällä uistellaan 4 tuntia, minkä jälkeen siirrytään noin 10 km Kaidonselälle. Siirtymäreitti on esitetty kuvassa 4.

Kuva 4. Siirtymä (sininen viiva) toiselle kohteelle Haukiselältä Kaidonselälle. Kuva piirretty Maanmittauslaitoksen (2022) Karttapaikka-palvelulla.

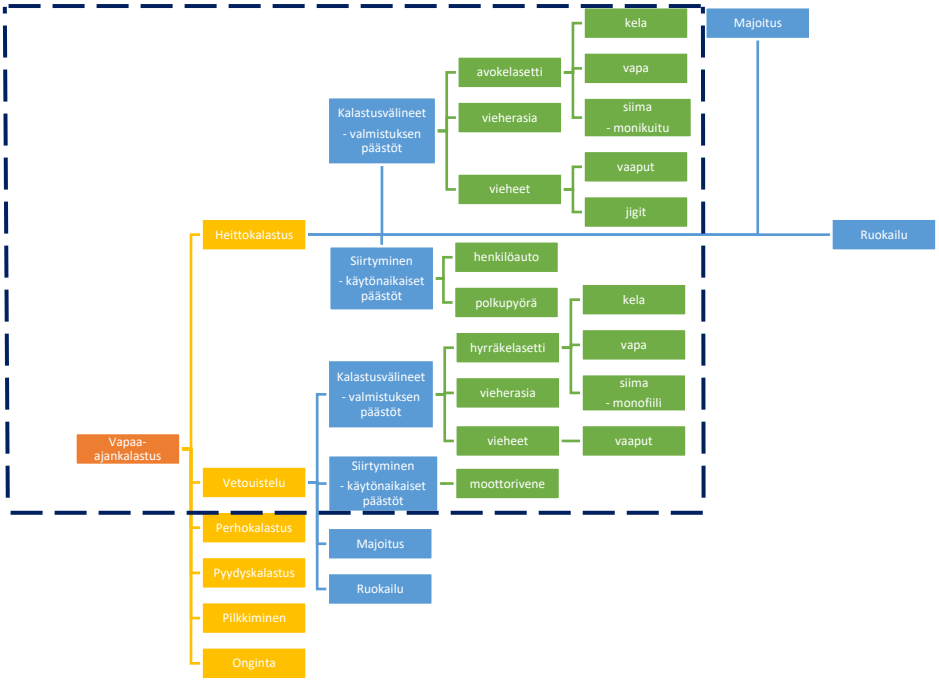
Kaidonselällä uistellaan myös 4 tuntia ja ensimmäinen päivä on tämän jälkeen ohi. Toisena päivänä uistellaan Kaidonselällä 6 tuntia, minkä jälkeen siirrytään noin 28 km tuloreittiä pitkin takaisin Lappeenrannan satamaan.

4.2.2 Case 3: Viehekalastuspäivä Kivisalmen pumppaamolla

Siirtyminen Sokos Hotel Lappeelta Kivisalmen pumppaamolle toteutetaan polkupyörällä. Pyöräilymatkan pituus suuntaansa on Google Maps- karttapalvelun mukaan noin 6,5 km (Google Maps 2022a). Pumppaamolla kalastetaan 6 tuntia. Käytössä kohteella on heittokalastusvälineet. Mukana vieheinä reissulla on kuusi vaappua ja jigiä jigipäineen, joita säilytetään yhdessä pienessä vieherasiassa.

4.3 Oletukset ja rajaukset

Tapauksissa tarkasteltavat- sekä ulos rajatut prosessit on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Tarkasteltavat sekä ulos rajatut prosessit.

Tarkastelu rajautuu kalastusmuotojen osalta viehekalastukseen ja vetouisteluun. Molemmissa tapauksissa tarkastellaan siirtymisen aiheuttamia käytönaikaisia päästöjä ja kalastusvälineiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. Majoitusta ja ruokailua eivät kuulu tarkasteltaviin prosesseihin.

Tarkasteltavien prosessien yksityiskohtaisemmat rajaukset ja oletukset niin siirtymisen kuin kalastusvälineidenkin osalta on esitetty taulukossa 1.

Tässä tutkielmassa ei itse selvitetä tuotteiden kasvihuonekaasupäästöjä vaan laskennassa hyödynnetään eri toimijoiden materiaaleille selvittämiä päästökertoimia. Päästökerroin ilmoittaa tuotteen tai palvelun tuotannosta ilmakehään vapautuvien kasvihuonekaasupäästön määrän suhteutettuna kasvihuonekaasupäästön aiheuttavaan prosessiin (EPA 2022). Päästökertoimen ilmoitustavassa käytetään eri tapoja. Sähköntuotannossa päästökerroin on tyypillisesti muotoa gCO_2e/kWh ja elintarvikkeilla muotoa $kgCO_2e/kg$. Päästökertoimen yksikön ollessa hiilidioksidiekvivalentteina, päästökerroin sisältää kaikki kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidipäästöiksi suhteutettuna. Päästökertoimen arvo vaihtelee paljon riippuen kertoimen määrityksessä tehdyistä rajauksista. (OpenCO_2.net). Polttoaineissa esimerkiksi päästökerroin kuvaa yleensä polttoaineen poltosta aiheutuvia päästöjä, mutta jättää huomiotta polttoaineen tuotannosta aiheutuneet päästöt.

Taulukko 1. Tarkasteltavat kohteet ja mallit.

	Malli	Lähde
Henkilöauto	Volvo V50 1.6 l Diesel	(Auto ABC 2022)
Henkilöauton yhdistetty kulutus	5,0 l/100 km	(Auto ABC 2022)
Vene	Quicksilver 755SD	(Quicksilver-boats 2022)
Perämoottori	Mercury 150 hv, polttoaine 95E	(Quicksilver-boats 2022)
Veneen perämoottorin kulutus uistelussa (1000 rpm)	3,20 L/h	(Quicsilver-boats 2022)

Veneen perämoottorin kulutus siirtymällä (5000 rpm)	41,4 L/h	(Quicksilver-boats 2022)
Veneen nopeus siirtymällä	50,2 km/h	(Quicksilver-boats 2022)
Avokelavapa (heittokalastus)	Hiilikuituvapa 222 cm 116 g	(Mistpool 2022)
Avokela	Paino 205 g, siimakapasiteetti 200 m/0,10 mm Alumiinia 50 % ja muovia (HD-PE) 50 % Siiman materiaali kuitusiima (HD-PE)	(Ruoto 2022) Oletus (Qinho group 2021)
Hyrräkelavapa (vetouistelu)	Hiilikuituvapa 260 cm	(Janne 2016)
Hyrräkela	Paino 309 g, siimakapasiteetti 250 m/0,33 mm Alumiinia 50 % ja muovia (HD-PE) 50 % Siiman materiaali monofiili (Nylon)	(Happy angler 2022) Oletus (SP-Elektroniikka 2023)
Vaappu	Rapala Countdown Elite	(Väisänen 2022)
Jigipää	Materiaali lyijy	(Härkönen 2019)
Jigi	Materiaali PVC-muovi	(Biltema 2022)

Heittokalastus- sekä uisteluvälineiden oletettu käyttöikä on esitetty liitteessä 1.

4.4 Henkilöauton ja veneen polttoaineen kulutus

Veneen polttoaineen kokonaiskulutus on siirtymien ja uistelun kulutuksen summa. Veneen polttoaineen kulutus siirtymällä lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$V_{\text{siirtymä,tot}} = V_{\text{avg,siirtymä}} s_{\text{siirtymä,tot}} \quad (1)$$

jossa

$V_{\text{siirtymä}}$	veneen polttoaineen kulutus	[l]
$V_{\text{avg,siirtymä}}$	veneen polttoaineen kulutus kilometriä kohden	[l/km]
$s_{\text{siirtymä,tot}}$	siirtymän kokonaispituus	[km]

Veneen polttoaineen kulutus kilometriä kohden $V_{\text{avg,siirtymä}}$ lasketaan kaavalla (2):

$$V_{\text{avg,siirtymä}} = \frac{V_{\text{siirtymä}}}{v_{\text{avg}}} \tag{2}$$

jossa

$V_{\text{avg,siirtymä}}$	veneen polttoaineenkulutus kilometrillä	[l/km]
$V_{\text{siirtymä}}$	veneen polttoaineenkulutus tunnissa	[l/h]
v_{avg}	veneen keskinopeus siirtymällä	[km/h]

Saadaan

$$\rightarrow V_{\text{avg,siirtymä}} = \frac{41{,}4\,\frac{l}{\text{h}}}{50{,}2\ \text{km/h}} = 0{,}825\ l/\text{km}$$

Veneellä siirtymisen kokonaiskulutukseksi saadaan näin ollen kaavalla (1):

$$\rightarrow V_{siirtymä,tot} = 0{,}825\ l/\text{km} \cdot (18 + 10 + 28)\text{km} = 46{,}183\ l$$

Veneen polttoaineen kulutus uistelussa lasketaan kaavalla (3):

$$V_{\text{uistelu,tot}} = t_{\text{uistelu,tot}} V_{\text{uistelu,avg}} \quad (3)$$

jossa

$V_{\text{uistelu,tot}}$	uistelun polttoaineen kokonaiskulutus	[l]
$t_{\text{uistelu,tot}}$	kokonaisuisteluaika	[h]
$V_{\text{uistelu,avg}}$	uistelun polttoaineen keskikulutus tunnissa	[l/h]

Uistelun polttoaineenkulutus on:

$$V_{\text{uistelu,tot}} = 14\ \text{h} \cdot 3{,}2\ l/\text{h} = 44{,}8\ l$$

Veneen polttoaineen kokonaiskulutus voidaan laskea kaavalla (4):

$$V_{\text{kok}} = V_{\text{siirtymä,tot}} + V_{\text{uistelu,tot}} \quad (4)$$

Polttoaineen kokonaiskulutus veneellä on näin ollen

$$\rightarrow V_{\text{kok}} = 46{,}183\ l + 44{,}8\ l = 90{,}983\ l$$

Henkilöauton polttoaineenkulutus tapauksen 1 kalastusmatkalla pohjoiseen lasketaan kaavalla (5).

$$V_{\text{tot}} = s_{\text{tot}} V_{\text{avg}} \quad (5)$$

jossa

V_{tot}	henkilöauton polttonaineen kokonaiskulutus	[l]
s_{tot}	kokonaisajomatka	[km]
V_{avg}	henkilöauton keskikulutus	[l/100 km]

Kokonaisajomatka tunnetaan henkilöauton keskimääräisen polttoaineen kulutuksen lisäksi, jolloin kokonaiskulutukseksi kalastusmatkalla saadaan:

$$\rightarrow V_{\mathrm{tot}} = s_{\mathrm{tot}} c_{\mathrm{yhd}} = 1474\ \mathrm{km} \cdot \frac{5{,}0\ l}{100\ \mathrm{km}} = 73{,}7\ \mathrm{l}$$

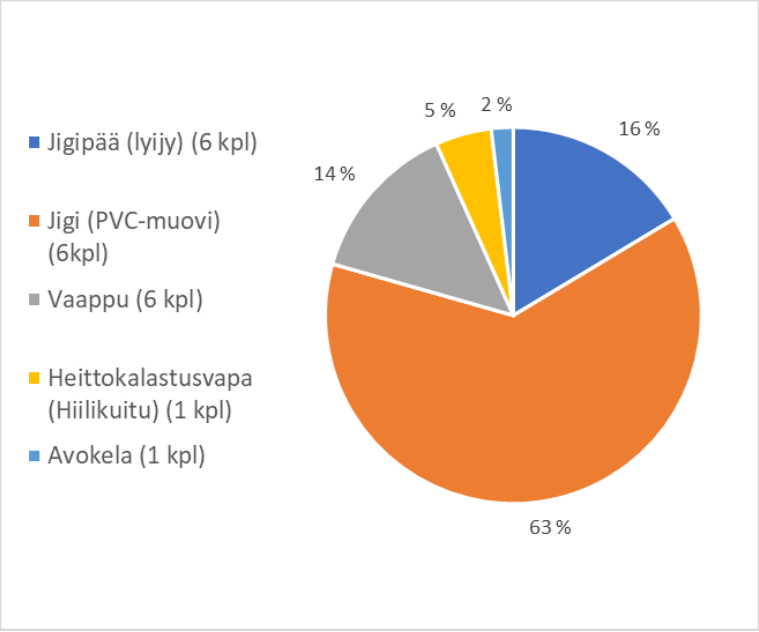
Henkilöauton ja veneen käytön hiilijalanjäljen laskenta on esitetty liitteessä 1. Heittokalastuksen ja uistelun kalastusvälineistön osalta laskentaa oli huomattavasti enemmän, minkä vuoksi tulokset on esitetty taulukoituna liitteessä 2. Kalastusvälineen käyttöikä on huomioitu laskennassa. Niin kalastusvälineen hiilijalanjälki kuin hiilijalanjälki/kalastuskerta on esitetty taulukossa, jolloin käyttöiän vaikutus kalastusvälineen kalastuskertakohtaiseen hiilijalanjälkeen on selkeästi havaittavissa.

5 Tulokset ja analyysi

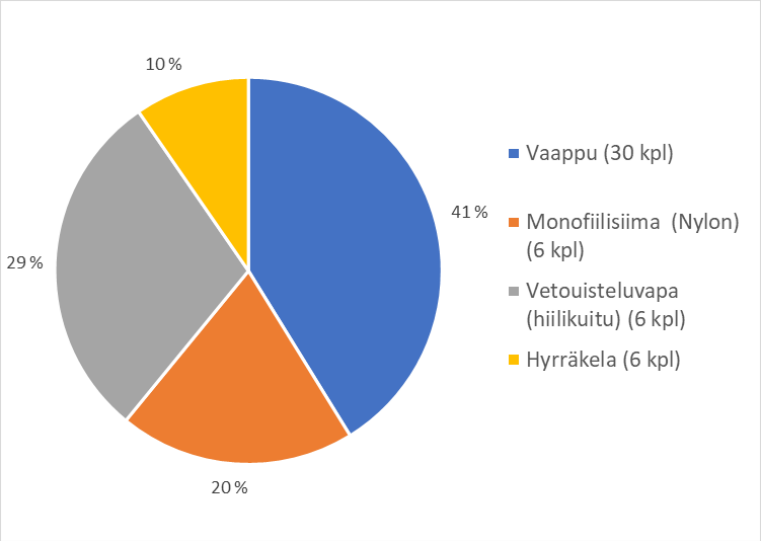
Tässä osiossa esitetään tutkimuksen oleellisimmat tulokset. Kuvaajia hyödynnetään tulosten hahmottamisen selkeyttämiseksi.

5.1 Kalastusvälineet

Niin heittokalastusvälineistön kuin uisteluvälineistönkin osalta vavan/vapojen hiilijalanjälki on suurin (kts. Liite 1), jos hiilijalanjäljessä ei oteta huomioon oletettua käyttöikää. Heittokalastuksessa vapa ja avokela muodostavat yli 60 % hiilijalanjäljestä ja vetouistelussa vastaava osuus on noin 80 %. Vapaa-ajan kalastuksen kalastusvälineistön hiilijalanjälki/kalastuskerta jakautuu heittokalastuksen osalta kuvan 6 ja vetouistelun osalta kuvan 7 mukaan.



Kuva 6. Heittokalastusvälineiden hiilijalanjälki/kalastuskerta jakautuminen, kalastusvälineiden käyttöikä huomioitu.



Kuva 7. Vetouisteluvälineistön hiilijalanjälki/kalastuskerta jakautuminen, kalastusvälineiden käyttöikä huomioitu.

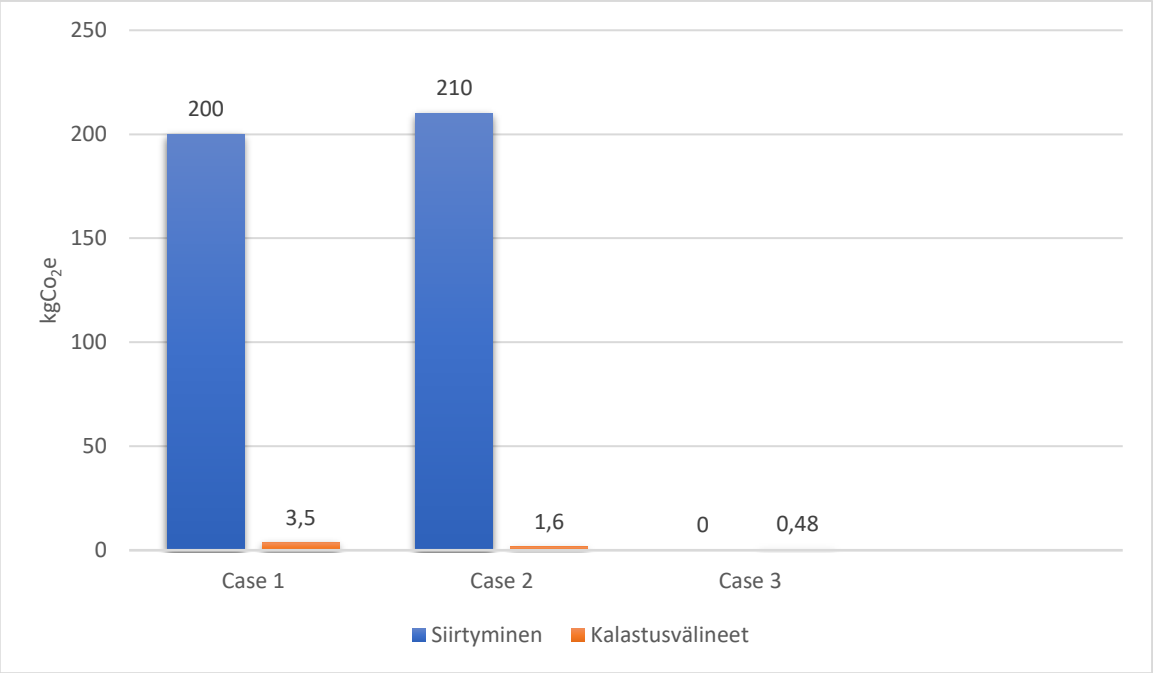
Kun tarkastellaan kalastuskertakohtaisia hiilijalanjälkiä, vavan ja kelan osuus kalastuskerran hiilijalanjäljestä laskee huomattavasti, sillä vavan käyttöikä on pitkä vieheisiin, kuten jigeihin ja vaappuihin nähden. Kalastuskertakohtaisen hiilijalanjäljen tarkastelussa huomataan, että vieheiden osuus on heittokalastuksessa yli 90 %, mutta vetouistelussa osuus laskee noin 40 %:iin. Jigin osuus heittokalastuksen kalastuskertakohtaisessa hiilijalanjäljessä on suuri, koska laskennassa on oletettu jigin ja jigipään käyttöiäksi vain kaksi kalastuskertaa, kun taas vaapulle oletettiin 20 kalastuskerran käyttöikä.

5.2 Kokonaishiilijalanjälki

Vapaa-ajan kalastuksen kokonaishiilijalanjälki muodostuu pääosin siirtymisestä, jos kalastuksessa tai kalastuspaikalle siirtymisessä käytetään polttomoottoritoimista henkilöautoa tai venettä (Kuva 7). Kuvasta 7 nähdään, että casen 1 kalastusvälineiden hiilijalanjälki on suurin. Casen 1 hiilijalanjälki koostuu pääosin automatkan hiilijalanjäljestä, joka on 200 kgCO_2e. Kalastusmatkan pituus vaikuttaa kalastusvälineiden hiilijalanjälkeen, koska laskennassa on huomioitu välineiden käyttöikä. Case 1 on pituudeltaan pisin, 7 päivää. Huomionarvoista on, että pitkäkestoisiin kalastusmatkoihin kuuluu yleensä myös muun muassa retkeilyä ja patikointia, jolloin muun muassa siirtymisen päästöt matkan aikana jakautuvat useammalle harrastukselle.

Hieman yllättävästi casen 2 veneellä siirtyminen aiheutti pitkää automatkaa suuremman hiilijalanjäljen. Casen 2 siirtymisen hiilijalanjälki oli 210 $kgCO_2e$. Veneen polttoaineenkulutus siirtymällä on huomattavan korkea, yli 40 l/h, mikä selittää veneen korkeaa hiilijalanjälkeä. Tyypillinen kalastusvene on todennäköisesti pienempi ja siten myös taloudellisempi, jolloin veneen päästöt olisivat maltillisemmat. Pienemmällä moottorilla varustetusta veneestä ei löytynyt kulutustietoja, joten laskenta oli suoritettava melko isolla perämoottorilla. Kuitenkin 150 hv:n moottoreitakin on myös kalastuskäytössä, joten tuloksia voi pitää luotettavina.

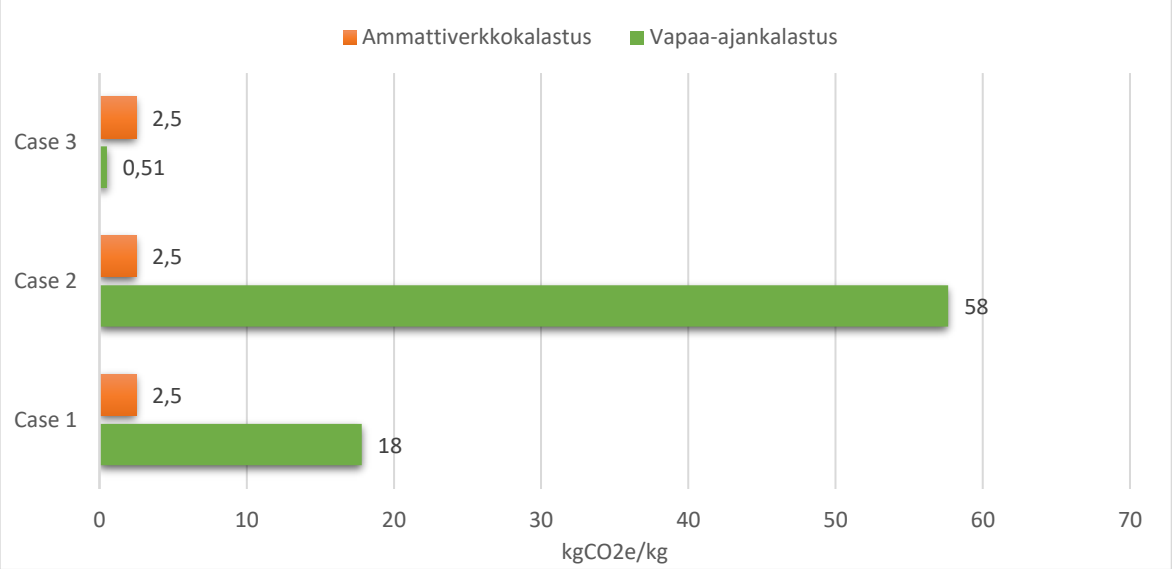
Casessa 3 siirtyminen ei aiheuttanut päästöjä, sillä siirtymismuotona oli polkupyörä. Tällöin casen 3 hiilijalanjälki muodostuu ainoastaan kalastusvälineistä, joiden hiilijalanjälki casessa 3 oli 0,48 $kgCO_2e$.



Kuva 8. Kalastusvälineiden ja siirtymisen osuus kalastusmatkan kokonaishiilijalanjäljestä tarkastelluissa tapauksissa [$kgCO_2e$].

5.3 Hiilijalanjälki saaliskiloa kohden

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjäljessä saaliskiloa kohden oli suurta vaihtelua eri tapausten välillä. Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki saaliskiloa kohden eri tutkimustapauksissa on esitetty kuvassa 8.



Kuva 9. Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjälki saaliskiloa kohden tarkastelluissa tapauksissa ammattiverkkokalastukseen nähden [kgCO_2e/kg, saalis].

Vapaa-ajan kalastuksen hiilijalanjäljen laskenta saaliskiloa kohden toteutettiin Kyrönjoen- ja Tornionjoen yksikkösaalistietojen perusteella. Yksikkösaaliiden arvot ovat liitteen 1 taulukossa 4. Casen 1 hiilijalanjälki oli 18 kgCO_2e/kg,saalis, mikä on suhteellisen pieni kalastusmatkan kokonaishiilijalanjälkeen nähden. Casen 2 hiilijalanjälki oli yli kolminkertainen caseen 1 nähden, 58 kgCO_2e/kg,saalis. Ero selittyy saalismäärällä. Casessa 1 kalastuspäiviä on seitsemän, kun taas casessa 2 vain kaksi, jolloin casen 2 saalis on merkittävästi pienempi caseen 1 verrattuna, koska päiväkohtainen yksikkösaalis on casessa 1 ja 2 lähes sama. Casen 3 hiilijalanjälki saaliskiloa kohden oli oletetusti pienin, 0,51 kgCO_2e/kg,saalis. Hiilijalanjälki saaliskiloa kohden on suurempi kokonaishiilijalanjälkeen nähden johtuen heittokalastuksen yksikkösaaliista, joka on alle 1 kg/kalastusvuorokausi.

6 Keskustelua

Verkolla kaupallisessa tarkoituksessa pyydetyn fileoidun ahvenen ilmastovaikutus oli Luonnonvarakeskuksen (Kankainen et al. 2022, 24–27) tutkimuksen mukaan 2,5 kgCO_2e/kg, kun taas Norjassa kasvatetun lohen ilmastovaikutukseksi tutkimuksessa määritettiin 4,6 kgCO_2e/kg tukkuun kuljetettua fileetä. Vapaa-ajan kalastuksen hiilijalanjälki saaliskiloa kohden oli casen 1 ja 2 osalta huomattavasti ammattiverkkokalastusta ja kalankasvatusta suurempi, mutta casen 3 hiilijalanjälki saaliskiloa kohden oli noin viidennes verkolla pyydettyyn ahveneen nähden, mitä voidaan pitää erittäin matalana arvona. Kankaisen et al. (2022, 26–27) tutkimuksessa ahvenen ilmastovaikutuksesta suurimman osuuden muodosti kalastus, kuten kaikissa muissakin kalastetuissa lajeissa. Kalastus tapahtuu ammattiverkkokalastajien toimesta pääosin moottoriveneellä, jolloin perämoottori aiheuttaa merkittävän osan kalastuksen päästöistä. Henkilöauton ja veneen käyttö olivat myös tulosten mukaan merkittävimmät päästölähteet.

Volyymit kaupallisessa kalastuksessa ja kalan kasvattamoissa ovat suuria, jolloin saaliskilokohtainen hiilijalanjälki on matalampi. Polttoaineen kulutus saaliskiloa kohden ahvenen verkkokalastuksessa oli 0,15 l/kg (Kankainen et.al 2022, 18.), kun taas casen 2 vetouisteluviikonlopun polttoaineen kulutus oli noin 24,4 l/kg. Tapauksen kaksi saaliina huomioitiin kaikki kalalajit, jolloin ero on todellisuudessa suurempi, sillä verkkoon jää yleensä myös muita kalalajeja. Vapaa-ajankalastuksen vertaaminen ammattiverkkokalastukseen on osittain ongelmallista. Vapaa-ajankalastajille luontokokemus on yleensä saalista tärkeämpi, kun taas ammattiverkkokalastuksessa mahdollisimman suuri saalis on päätavoite. Vapaa-ajankalastuksessa pyydä ja vapauta eli tuttavallisemmin catch and release- kalastusmuodon suosio on kasvanut viime vuosina paljon, mikä osaltaan vaikeuttaa vapaa-ajan kalastuksen todellisen saalismäärän arviointia, koska kaikkea vapaa-ajankalastajien saalista ei hyödynnetä ravintona.

Vapaa-ajankalastuksessa vähäpäästöisemmän ajoneuvon tai veneen käyttö laskee kalastuksen hiilijalanjälkeä merkittävästi. Tieliikenteen sähköistyminen on jo pitkällä, mutta vesiliikenteessä samanlaista muutosta ei ole vielä havaittavissa, vaikkakin matalatehoisia sähköperämoottoreita on ollut markkinoilla jo kauan. Tässä tutkimuksessa ei huomioitu henkilöauton tai veneen täyttöastetta. Täydellä henkilöautolla ja veneellä matkustaessa siirtymisen hiilijalanjäljen voidaan katsoa jakautuvan matkustajien kesken, jolloin matkustamisen hiilijalanjälki on matkustajaa kohden merkittävästi pienempi.

Kalastusvälineiden osalta jigien kierrätys on kasvussa ja kierrätetystä materiaalista tehtyjä tuotteita on jo saatavilla (Vapaa-ajankalastus 2023). Jigin hiilijalanjälkeä on muoviosan osuudelta jo näin ollen mahdollista vähentää käyttämällä kierrätettyjä jigejä. Kalastuspaikan pohjanmuodon tunteminen vähentää pohjaan jääneiden jigien määrää ja siiman kulutusta, jolloin kalastusvälineiden käyttöikä pitenee ja hiilijalanjälki kalastuskertaa kohden pienenee. Monofiilisiimaa on ollut saatavilla myös kierrätetystä materiaalista valmistettuna vuodesta 2021 (Rapala 2023). Kierrätetyn siiman käytöllä on mahdollista pienentää vetouistelun kalastusvälineiden hiilijalanjälkeä kohtalaisesti, sillä tulosten mukaan siiman osuus kalastusvälineiden hiilijalanjäljestä oli viidennes.

Vapaa-ajan kalastuksen hiilijalanjälki on yli vuorokauden kestävillä kalastusmatkoilla todellisuudessa korkeampi, kun tarkasteluun sisällytetään myös majoittuminen. Toisaalta, jos majoitutaan teltassa ei hiilijalanjälki nouse merkittävästi. Saalismäärissä on suurta eroa riippuen kalastajan kokemuksesta ja kalastuspaikasta, koska pienemmän kalastuspaineen vesillä kalaa on lähtökohtaisesti runsaammin ja saalis näin ollen todennäköisesti suurempi. Suuremmalla kalastuskertakohtaisella yksikkösaaliin arvolla saaliin hiilijalanjälki laskee mahdollisesti merkittävästikin, sillä kalastuspäivän saaliskilokohtainen hiilijalanjälki saadaan jakamalla kalastuksen kokonaishiilijalanjälki yksikkösaaliilla. Jos esimerkiksi heittokalastuksessa yksikkösaaliin arvo on 1 kg/kalastuskerta sijaan 2 kg/vrk, puolittuu kalastuskerran hiilijalanjälki saaliskiloon nähden.

Vapaa-ajan kalastaja on vastuussa etenkin sisävesien kalaston elinvoimaisuudesta, koska vapaa-ajankalastajat pyytävät pääosan sisävesien saaliista. Kalastus keskittyy suurten asutuskeskusten läheisyyteen, mikä aiheuttaa suuren paineen paikalliselle kalakannalle. Saaliin keskikoon pienentyminen on havaittavissa useassa vesistössä. Nykyään yhä useammat kalastajat päästävät isot yksilöt takaisin vesistöön, niiden suurten ympäristömyrkkypitoisuuksien ja kalakannan elinvoimaisuuden säilymisen vuoksi, sillä vanhempien kalojen mätimunien koko sekä määrä on selvästi ensikutijoita suurempi. (Vainikka 2023).

Saalismäärän säilyttäminen kohtuullisuuden rajoissa pienentää kalastuksen negatiivista vaikutusta kalakantoihin. Viehekalastuksen osalta saaliin vapauttaminen elävänä ja hyvävoimaisena on yleensä mahdollista. Verkkokalastuksessa kala ehtii kuolla verkkoon helposti, jos verkkoa ei tarkasteta riittävän usein, mikä ei ole harvinaista. Tällöin verkkoon jääneen alamittaisen tai rauhoitetun kalalajin vapautus elävänä ei ole enää mahdollista. Kalastuksen muista ympäristövaikutuksista näkyvimpiä ovat siimoihin ja verkkoihin sotkeutuneet vesilinnut. Pitkien siimanpätkien jättäminen rannalle sekä jigien pohjaan tarttuminen aiheuttavat mikromuovien osuuden lisääntymistä vesistöissä muovin hajotessa auringonvalon vaikutuksesta vähitellen pienemmiksi partikkeleiksi ja lopulta mikromuoviksi.

Laskennassa käytetyt päästökertoimien arvot olivat pääosin tuoreita. Kalastusvälineiden massat ovat käyttöön tarkoitettujen välineiden massoja, jolloin luotettavuus on hyvä, tosin vieherasioista ei ollut saatavilla tarkkoja massoja. Avokelan osalta tuloksissa on epävarmuutta, koska avokelan materiaaleista ja niiden osuuksista avokelassa ei ollut saatavilla täsmällistä tietoa. Kalastusvälineiden käyttöiät ovat myös arvioita ja kalastajien kesken kalastusvälineiden käyttöiässä on vaihtelevuutta etenkin vieheiden ja siiman osalta, joissa ero yleensä merkittävimmin ilmenee. Epävarmuuksista huolimatta tuloksista on mahdollista tehdä luotettavia johtopäätöksiä, koska kalastusvälineiden osuus kalastuskerran hiilijalanjäljestä on usein todella pieni.

7 Johtopäätökset

Vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjäljen osatekijöiden tarkastelussa suurimpana osatekijänä erottui selkeästi siirtyminen. Siirtymisen suuri osuus aiheutui fossiilisten polttoaineiden käytöstä, joten henkilöauton sekä veneen voimanlähteen vaihtaminen esimerkiksi sähköön mahdollistaisi vähähiilisemmän siirtymisen. Kalastusvälineiden osalta viehehävikin minimoimisella saavutetaan merkittäviä hiilijalanjäljen vähennyksiä etenkin heittokalastuksessa, missä viehehävikki on kohtalaisen suurta.

Vapaa-ajan kalastajan saaliskilokohtainen hiilijalanjälki on ammattiverkkokalastuksen saalista ja kalankasvatuksen tuottamaa kalaa pienempi, jos vapaa-ajankalastuksen siirtymät toteutetaan hiilineutraalisti. Polttomoottorikäyttöistä henkilöautoa tai venettä käytettäessä saaliskilon hiilijalanjälki on selvästi ammattikalastusta ja kalankasvatusta suurempi.

Vapaa-ajankalastuksella on merkittävä vaikutus sisävesien kalakantojen elinvoimaisuuteen, joten kalastajien omaehtoinen saaliin rajaaminen on tarpeellista etenkin suuren kalastuspaineen vesistöissä. Kalakannan elinvoimaisuuden turvaamisessa oleellisinta on isoimpien yksilöiden vapauttaminen ja saalismäärän pitäminen kohtuullisuudessa.

Tulevissa tutkimuksissa saalismäärän ja käytetyn kalastusajan kerääminen vapaa-ajankalastajilta lisää tulosten luotettavuutta. Lisäksi tarkastelemalla kaikkia vapaa-ajankalastusmuotoja on mahdollista muodostaa kokonaiskuva vapaa-ajankalastuksen hiilijalanjäljestä.

Lähteet

Auto ABC. 2022. Volvo V50 2007 1.6 D. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.auto-abc.eu/Volvo-V50/v10720-2007

Biltema. 2022. JIGI-SETTI. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.biltema.fi/tyokalut/kasityokalut/niittipihdit-ja-niitit/niittipihdit/jigi-setti-2000034514

Blumberga, D. & Grizane, T. 2020. Carbon Emissions in Recreation Fishing Travelling. Case of Latvia. Environmental and Climate Technologies 2020, vol. 24, nro. 3. s. 493-512 [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.10.2022]. Saatavilla: https://www-scopus-com.ezproxy.cc.lut.fi

EPA. 2023. United States Environmental Protection Agency. Basic Information of Air Emissions Factors and Quantification. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.2.2023]. Saatavilla: https://www.epa.gov

Härkönen, H. 2019. Millaista haittaa lyijystä on vesistössä. *Erälehti*. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://eralehti.fi/2019/10/16/millaista-haittaa-lyijysta-on-vesistoissa/

Google Maps. 2022a. Original Sokos Hotel Lappee – Kivisalmen pumppaamo. [Karttapalvelu]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.google.fi/maps

Google Maps. 2022b. Original Sokos Hotel Lappee – Lappeenrannan satama. [Karttapalvelu]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.google.fi/maps

Google Maps. 2022c. Original Sokos Hotel Lappee – Oulangan luontokeskus. [Karttapalvelu]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.google.fi/maps

Happy Angler. 2022. Okuma Komodo SS hyrräkela. [Verkkosivusto]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://happyangler.fi/tuote/okuma-komodo-ss-hyrrakela-69372363/

Huber, M., Knutti, R. 2012. Anthropogenic and natural warming inferred from changes in Earth's energy balance. *Nature Geosci* **5**, 31–36. [Verkkojulkaisu]. Saatavilla: https://www.nature.com/articles/ngeo1327

Jacob, A. 2019. Building confidence in recycled carbon fiber. Composites World. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.compositesworld.com/articles/building-confidence-in-recycled-carbon-fiber

Janne. 2016. Vapa-arvostelukimara. Hauenkalastajat. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: http://www.hauenkalastajat.fi/vapa-arvostelukimara/

Kankainen, M., Keskinen, T., Kiuru, T., Niukko, J., Saarni, K., Setälä, J., Silvenius, F. & Silvennoinen, K. 2022. Suomalaisten kalatuotteiden ilmastovaikutus. Luonnonvara- ja bio-

talouden tutkimus 13/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 37 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.10.2022]. Saatavilla: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/551647/luke-luobio_13_2022.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Luonnonvarakeskus. 2020. Tilastotietokanta. Vapaa-ajankalastuksen saalis muuttujina pyydys, laji ja vuosi. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: http://statdb.luke.fi

Luonnonvarakeskus. 2020. Tilastotietokanta. Vapaa-ajankalastajien määrä ja osuus väestöstä muuttujina vuosi, sukupuoli, ikäryhmä ja muuttuja. [Online-tietokanta]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: http://statdb.luke.fi

Maa-ja metsätalousministeriö. 2022. Vapaa-ajankalastus. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://mmm.fi/kalat/vapaa-ajankalastus

Nissinen, A. & Savolainen, H. 2019. Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö – ENVIMAT-mallinnuksen tuloksia. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://helda.helsinki.fi/handle/10138/300737

Maanmittauslaitos. 2022. Karttapaikka-palvelu. [Verkkosivusto]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka.

Motiva. 2020a. Bensiini. Energianlähteet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/bensiini

Motiva. 2020b. Diesel. Energianlähteet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/diesel

Mistpool. 2022. Daiwa Tatula Avokelavapa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://mistpool.com/fi/tuote/5032/daiwa-tatula-avokelavapa.html

OpenCO2.net. 2023. CO2-termit tutuiksi. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.2.2023]. Saatavilla: https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa.

Quicksilver-boats. 2022. Quicksilver-77sd performancedata. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://www.quicksilver-boats.com/media/0akjmywf/quicksilver-755sd-performance-data.pdf

Qinho Group. 2021. The Introduction of HDPE Braided Line. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.fishingnetsupply.com/news/the-introductionof-hdpe-braided-fishing-line-48037311.html

Rapala. 2023. Vastuullisuus. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.2.2023]. Saatavilla: https://rapalavmc.com/fi/vastuullisuus/#

Ruoto. 2022. Daiwa 20 Fuego LT. [Verkkosivusto]. [Viitattu 14.12.2022]. Saatavilla: https://www.ruoto.fi/fi/viehekalastus/daiwa-20-fuego-lt-etujarrullinen-avokela/p/043178613832/

Salonen, A., Siirilä, J., Valtonen, M. 2018. Sustainable Living in Finland: Combating Climate Change in Everyday Life. Sustainability. Basel, Switzerland. Vol.10 (2), p.104. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.3.2023]. Saatavilla: https://www.mdpi.com

SFS-EN ISO 14067. 2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. [Standardi]. Saatavilla: https://online-sfs-fi.ezproxy.cc.lut.fi

Sinervä, J. 2015. Vapaa-ajankalastuksen suosio romahti – verkot ja pilkkiminen jäämässä ”ukkojen” ajanvietteeksi. [Uutinen]. Saatavilla: https://yle.fi

SP-Elektroniikka. 2022. Monofil nylon siima n.0.36 mm 6.8 kg punainen n. 550 m. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.spelektroniikka.fi

Tianduo et al. 2019. Life-cycle analysis of energy consumption and GHG emissions of aluminium production in China. *ScienceDirect*. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 27.2.2023]. Saatavilla: https://ccsi.columbia.edu

Tokmanni. 2023. Vieherasia, koko L, matala. [Verkkosivusto]. [Viitattu 16.12.2022]. Saatavilla: https://www.tokmanni.fi/vieherasia-koko-l-matala-6417512509091

Torqueedo. 2023. [Verkkosivusto]. [Viitattu 17.1.2023]. Saatavilla: https://www.torqeedo.fi/

Vainikka, A. 2023. Suomen vapaa-ajankalastajat. Ekologisesti kestävä kalastus edellyttää saaliskalojen valikointia. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.2.2023]. Saatavilla: https://www.vapaa-ajankalastaja.fi

Valtioneuvoston kanslia. 2022. Yksityinen kulutus 2021. Suomalaisten kulutuksen hiilijalanjälki on pysynyt liian suurena. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 18.1.2023]. Saatavilla: https://kestavakehitys.fi

Vapaa-ajan kalastaja. 2022. Vastuullinen jigikierrätys. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 8.2.2022]. Saatavilla: https://www.vapaa-ajankalastaja.fi

Väisänen, T. 2022. Vaapun hiilijalanjälki. [sähköpostiviesti].

Winnipeg. 2012. Emission factors in kg CO2-equivalent per unit. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: https://legacy.winnipeg.ca/finance

Wong, K.V. 2016. Climate Change. *Momentum press*. Environmental Engineering collection. [E-kirja]. [Viitattu 20.2.2023]. Saatavilla: https://ebookcentral.proquest.com/lib/lut

LIITTEET

Liite 1. Hiilijalanjälkilaskennan tulokset

Taulukko 1. Heittokalastusvälineistön hiilijalanjälki

Heittokalastus:						
Kalastustarvike	Päästökerroin [kgCO2e/kg]	Lähde	Massa [kg]	Käyttöikä [kalastuskertaa]	Hiilijalanjälki [kgCO_2e]	Hiilijalanjälki/ kalastuspäivä [kgCO_2e]
Jigipää (lyijy) (6 kpl)	2.61	(Winnipeg 2012)	0.01	2	0.157	0.078
Jigi (PVC-muovi) (6kpl)	2	(Winnipeg 2012)	0.05	2	0.600	0.300
Vaappu (6	-	(Väisänen 2022)		20	1.320	0.066
Kuitusiima (HDPE) (1 kpl)	1.6	(Rubio-Domingo & Johnson 2022)	0.01	30	0.016	0.001
Heittokalastusvapa (Hiilikuitu) (1 kpl)	29.45	(Jacob 2019)	0.116	150	3.416	0.023
Avokela (1 kpl)			0.205			
alumiini	14.77272	(Tianduo etc. 2018)	0.1025	200	1.514	0.008
muovi (HDPE)	1.9	(Rubio-Domingo & Johnson 2022)	0.1025	200	0.195	0.001
Pieni vieherasia (PET)	2.6	(Rubio-Domingo & Johnson 2022)	0.2	500	0.520	0.001
				yhteensä	7.738	0.477

Taulukko 2. Vetouisteluvälineistön hiilijalanjälki

Vetouistelu:						
Kalastustarvike	Hiilijalanjälki [kgCO_2e]	Lähde	Massa [kg]	Käyttöikä [kalastuskertaa]	Hiilijalanjälki [kgCO_2e]	Hiilijalanjälki/ kalastuspäivä [kgCO_2e]
Vaappu (30 kpl)	-	(Väisänen 2022)	-	20	6.600	0.330
Monofiilisiima (Nylon) (6 kpl)	7.9	(Winnipeg 2012)	0.1	30	4.740	0.158
Vetouisteluvapa (hiilikuitu) (6 kpl)	29.45	(Jacob 2019)	0.2	150	35.340	0.236
Hyrräkela (6 kpl)			0.309			
alumiini	14.77272	(Tianduo etc. 2018)	0.1545	200	13.694	0.068
muovi (HDPE)	1.9	(Rubio-Domingo & Johnson 2022)	0.1545	200	1.761	0.009
Iso vieherasia(PET) (1 kpl)	2.6	(Rubio-Domingo & Johnson 2022)	0.2	500	0.520	0.001
				yhteensä	62.656	0.802

Taulukko 3. Henkilöauton ja veneen hiilijalanjälki

Liikkumistapa	Päästökerroin [kg/l]	Lähde	Polttoaineen kulutus [l]	Hiilijalanjälki [kgCO_2e]
Auto(diesel)	2,66	(Motiva 2020)	73,7	196
Vene(95E)	2,35	(Motiva 2020)	91,0	214

Taulukko 4. Yksikkösaaliit

Yksikkösaalis [kg/kalastusvrk]	Heittouistin	Vetouistelu	Lähde
Kyrönjoki	0,9435	1,868	(Tolonen 2022)
Tornionjoki	1,6		(Luke 2015)

Taulukko 5. Ilmastovaikutus eli saaliskilokohtainen hiilijalanjälki.

Ilmastovaikutus [kgCO_2e/kg]	
Case 1	18
Case 2	58
Case 3	0,51